

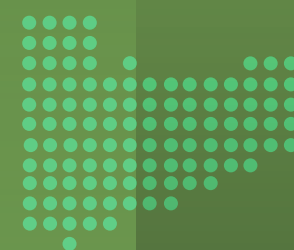


2017 世界制造业重点行业发展动态

2017世界制造业 重点行业发展动态

THE DEVELOPMENT OF KEY
MANUFACTURING INDUSTRIES IN THE WORLD

上海市经济和信息化委员会 编著
上海科学技术情报研究所



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technical Literature Press



微信号: shkjwx

ISBN 978-7-5439-7541-5



9 787543 975415 >

定价: 180.00元

<http://www.sstlp.com>



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technical Literature Press

2017世界制造业 重点行业发展动态

THE DEVELOPMENT OF KEY
MANUFACTURING INDUSTRIES IN THE WORLD

上海市经济和信息化委员会 编著
上海科学技术情报研究所

图书在版编目 (CIP) 数据

2017 世界制造业重点行业发展动态 / 上海市经济和信息化委员会编著. — 上海: 上海科学技术文献出版社, 2017

(上海经济和信息化发展报告)

ISBN 978-7-5439-7541-5

I. ① 2… II. ① 上… III. ① 制造业—工业发展—研究报告—世界—2017 IV. ① F416.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 195454 号

责任编辑: 祝静怡 忻静芬

2017 世界制造业重点行业发展动态

上海市经济和信息化委员会
上海科学技术情报研究所 编著

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市长乐路 746 号 邮政编码 200040)

全国新华书店经销
上海长城绘图印刷厂印刷

*

开本 889 × 1194 1/16 印张 17.50 字数 444 000

2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1-400

ISBN 978-7-5439-7541-5

定价: 180.00 元

<http://www.sstlp.com>

编审委员会

顾 问：周 波 金兴明

主 编：陈鸣波

副 主 编：吴金城 陈 超

执 行 主 编：史文军 陆栋生 杨荣斌 陈 晖

执 行 副 主 编：杨 政 陈 騫 曹 磊

编 辑：张 桑 郁世怡 南 洋

研究编写成员（按各章撰写先后顺序）：

崔晓文 黄 帅 宋 凯 汪逸丰 姚恒美

王德生 冯海玮 温一村 祝 毓 朱荪远

当前，全球制造业发展格局正发生重大调整，欧美等工业发达国家重点发展先进制造技术，推动新的生产方式与产业形态，抢占高端制造业；新兴发展中国家积极参与全球产业再分工，承接产业及资本转移。全球制造业发展模式正出现重要变化，一方面，在新一代信息技术支撑下，生产制造、研发设计及经营管理的数字化、协同化、智能化水平不断上升；另一方面，制造与服务渗透融合进程加剧，以服务促进制造模式变革，重塑制造业发展动力，生产型制造与服务型制造并肩发展已是大势所趋。

在全球新一轮产业变革加紧孕育兴起，我国经济发展进入速度变化、结构优化和动力转换新常态的背景下，本书以全球制造业升级创新、产业结构向高端迈进，再塑制造业竞争新优势作为主要视角，分析研究制造业结构调整与格局变化、模式升级与技术革新、机制创新与举措创新，以及制造业高端化、服务化、智能化、绿色化、开放化的演进态势，为我国探索实践产业经济创新转型发展新路，推动经济发展方式转变和参与国际竞争合作提供决策信息支撑。

总论篇分析全球制造业格局调整现状、前景与挑战，提炼重点行业与前瞻领域的新态势、新格局、新突破，解读美国、英国、德国、日本、新加坡等发达国家地区制造业战略规划与政策举措。行业篇涉及新型显示、通信设备、半导体、海洋工程装备与高端船舶、生物、智能制造装备、环保设备、新能源、新材料、新能源汽车等产业，反映全球市场演进与竞争格局、产业布局与结构调整、产品创新与技术革新、领先企业与新兴公司、生产组织与运营模式优化、产业融合与服务化、政府促进产业能级提升对策措施等动向，并予以趋势研判。热点篇侧重于研究互联网与工业融合创新的新平台、新模式、新途径；国外制造业绿色化和低碳化的主要政策与发展实践；全球人工智能发展及其对产业升级、经济转型、社会管理的支撑引领作用。

编写过程中，研究人员尽可能详实、客观地反映全球制造业最新动向、发

展特征与未来趋势。由于成书时间较为仓促、研究水平有限，书中内容与观点难免有所偏颇疏漏，唯望各界资深专家、学者批评指教。

编者

2017年12月

目 录

总 论 篇

第一章 世界制造业发展总体态势

一、世界经济发展总体态势	3
二、世界制造业总体发展动态与趋势	9
三、世界制造业重点行业发展态势	13
四、发达国家制造业战略新政与发展举措	20

行 业 篇

第二章 世界新型显示产业发展动态

一、世界新型显示产业总体发展态势	33
二、TFT-LCD 发展态势	37
三、OLED 发展态势	40
四、量子点显示发展态势	43
五、LED 照明发展态势	45
六、激光显示发展态势	47

第三章 世界通信设备产业发展动态

一、通信设备产业总体发展态势	49
二、通信设备重点与热点领域	51

第四章 世界半导体产业发展动态

一、世界半导体产业总体发展态势	62
二、世界半导体产业链发展及布局动向	70
三、主要跨国企业动向	73
四、主要国家（地区）产业促进动向	76
五、半导体行业前沿技术研究与布局	77

第五章 海洋工程装备与高端船舶产业

一、海洋工程装备与高端船舶产业总体态势	79
二、世界高端船舶发展动态	87
三、世界海洋工程装备发展动态	94

第六章 世界生物产业发展动态

一、世界生物产业总体发展态势	103
二、生物产业重点领域发展动态	105
三、主要国家和地区生物医药产业集群	114
四、精准医疗迎来发展窗口期	120

第七章 世界智能制造装备产业发展动态

一、世界智能制造装备产业总体发展态势	124
二、重点行业领域发展动态	125

第八章 世界新能源产业发展动态

一、新能源产业总体发展态势	140
二、光伏产业发展态势	144
三、风电产业发展态势	148
四、核电产业发展态势	150
五、生物质能产业发展态势	153
六、海洋能产业发展态势	155
七、能源互联网	158

第九章 世界环保产业发展动态

一、世界环保产业总体发展态势	164
二、发达国家环境监测行业动态	170
三、发达国家土壤修复动态	173
四、主要环保设备企业及其产品	177

第十章 世界新材料产业发展动态

一、世界新材料产业总体发展态势	182
二、电子信息材料	184
三、生物材料	188
四、新能源汽车材料	191
五、新材料前沿领域	194

第十一章 世界新能源汽车产业发展动态

一、新能源汽车产业总体发展态势	199
二、新能源汽车重点领域发展动态	205
三、车载动力电池及充电基础设施发展动态	209
四、汽车电子推动智能化、自动化和无人化发展	212

热 点 篇

第十二章 全球工业绿色化推进态势

一、全球工业绿色化发展总体态势	221
二、主要国家地区工业绿色化政策	226
三、制造企业绿色化发展经验	231
四、园区转型发展经验	236

第十三章 国外工业互联网主要进展与应用实践

一、全球工业互联网发展现状	241
---------------------	-----

二、发达国家工业互联网竞争态势	243
三、工业互联网主要机构联盟及标准化发展动态	247
四、制造企业工业互联网发展实践	252

第十四章 全球人工智能发展热点及趋势

一、人工智能产业市场现状	256
二、人工智能国家战略布局	258
三、人工智能核心企业动向	260
四、人工智能重点领域态势	265
五、人工智能技术对制造业的重要影响	266

总论篇

第一章

世界制造业发展总体态势

一、世界经济发展总体态势

2016年全球经济复苏进程艰难曲折，发达经济体增长持续低迷，私人投资增长放缓，消费需求疲弱，缺乏强劲复苏动力；新兴经济体增长缓中趋稳，但分化态势加剧，部分经济体经济结构单一、财政赤字偏高等结构性问题未得到根本改善。展望未来，全球经济保持低增长、大分化格局，国际贸易增长疲弱或成常态，全球跨国直接投资波动性增强，跨境投资流向反复多变等趋势日益明显。与此同时，全球风险因素错综复杂，特朗普治下的美国前进方向、“英国脱欧公投”后欧洲一体化进程前途未卜等挑战显得尤其突出。

（一）世界经济总体增长乏力，未来发展面临继续下行风险

当前世界经济仍处于后危机时代的转型和调整期，英国脱欧、金融动荡和政治动荡等多重风险因素加大世界经济增长的不确定性。联合国2017年1月《2017年世界经济形势与展望》报告显示，2016年世界经济增长速度估计仅为2.2%，是2009年大衰退以来最低的增长率。主要原因有两方面：一方面，人口老龄化、高福利、产业空心化等问题将持续困扰欧美国家；另一方面，大部分新兴经济体已陆续进入工业化、城市化快速推进的新阶段，日益成熟的技术和广阔的市场需求，将使新兴经济体成为世界经济增长的新动力。报告预测，美国经济2017年将增长1.9%，欧洲预计增长1.8%，中国预计增长6.5%。南亚将成为全球经济增长最快的地区，预计增长6.9%。印度经济增速将超过中国，2017年增速7.7%。俄罗斯经济随着石油价格的回升将从过去连续两年的衰退中企稳，2017年恢复1%左右的增长。

国际货币基金组织2017年4月发表《世界经济展望》报告预计，2017年全球经济增长率为3.5%，2018年世界经济增长率将上升到3.6%。尽管经济出现好转迹象，但风险依然偏于下行，尤其是在中期内，因为普遍存在政策的不确定性。下行风险源于多个潜在因素：一是向内向型政策转移，包括倾向实行保护主义的趋势，导致全球经济增长因贸易和跨境投资流减少而放缓；二是美国加息步伐快于预期，可能引致全球金融状况更快收紧，美元大幅升值，从而对脆弱经济体造成不利影响；三是金融



监管大力收缩，可能刺激过度冒险并增加未来发生金融危机的可能性；四是在部分产能大量过剩的发达经济体中，需求疲软、通胀低迷以及生产率增长乏力之间形成负面循环（表 1.1）。

表 1.1 2016—2018 年世界经济增长趋势

国家或地区	增长率 /%		
	2016 年	2017 年	2018 年
世界	3.1	3.5	3.6
发达经济体	1.7	2.0	2.0
美国	1.6	2.3	2.5
欧元区	1.7	1.7	1.6
德国	1.8	1.6	1.5
法国	1.2	1.4	1.6
意大利	0.9	0.8	0.8
西班牙	3.2	2.6	2.1
日本	1.0	1.2	0.6
英国	1.8	2.0	1.5
加拿大	1.4	1.9	2.0
其他发达经济体	2.2	2.3	2.4
新兴和发展中经济体	4.1	4.5	4.8
独联体国家	0.3	1.7	2.1
俄罗斯	-0.2	1.4	1.4
其他独联体国家	1.8	2.5	3.5
亚洲新兴市场和发展中经济体	6.4	6.4	6.4
中国	6.7	6.6	6.2
印度	6.8	7.2	7.7
东盟 5 国	4.9	5.0	5.2
欧洲新兴市场和发展中经济体	3.0	3.0	3.3
拉美和加勒比国家	-1.0	1.1	2.0
巴西	-3.6	0.2	1.7
墨西哥	2.3	1.7	2.0
中东、北非、阿富汗和巴基斯坦	3.9	2.6	3.4
沙特阿拉伯	1.4	0.4	1.3
撒哈拉以南非洲	1.4	2.6	3.4
尼日利亚	-1.5	0.8	1.9
南非	0.3	0.8	1.6

说明：1. 2017 年和 2018 年为预测值；

2. 其他发达经济体不包括七国集团（加拿大、法国、德国、意大利、日本、英国、美国）和欧元区国家

资料来源：国际货币基金组织，《世界经济展望》，2016 年 4 月

（二）全球货物贸易小幅增长，贸易保护涉及领域持续扩大

近年来，世界贸易增速连续低于世界经济增速，对世界经济增长的拉动作用明显减弱。其原因在于需求减少，信贷紧缩以及贸易保护主义加剧等。世贸组织 2017 年 4 月公布的数据显示，受世界经济增长持续放缓和金融市场动荡等因素的影响，世界货物贸易量增速仅为 1.3%，低于 2015 年 2.8% 的增速，远低于 2007 年 6.0% 的增长速度，低于金融危机前 1998—2008 年 5.7% 的平均增长速度。2016 年世界货物贸易出口总额为 15.46 万亿美元，同比下降 3.3%；进口总额为 15.79 万亿美元，同比下降 3.2%；美国货物贸易总额达到 3.706 万亿美元，超越中国重返贸易额第一位，中国以 3.685 万亿美元排名第二。中国货物贸易出口总额为 20 980 亿美元，居世界第一位，比 2015 年下降 7.7%；进口总额为

15 870 亿美元，居世界第二位，比 2015 年下降 5.5%（表 1.2，表 1.3）。

表 1.2 2016 年世界主要国家和地区货物贸易进出口额

国家或地区	出口额 / 亿美元	增长率 /%				进口额 / 亿美元	增长率 /%		
	2016 年	2014 年	2015 年	2016 年	2016 年	2014 年	2015 年	2016 年	
世界	154 640	0.3	-13.5	-3.3	157 990	0.6	-12.5	-3.2	
北美洲	22 190	3.1	-8	-3.2	30 670	3.4	-4.5	-2.9	
美国	14 550	2.6	-7.3	-3.2	22 510	3.6	-4.0	-2.8	
加拿大	3900	3.9	-13.9	-4.8	4170	0.9	-9.1	-4.5	
墨西哥	3740	4.4	-4.1	-1.8	3980	5.3	-1.5	-1.9	
中南美洲	5110	-7.0	-21.1	-5.6	5330	-4.0	-16.4	-14.5	
巴西	1850	-7.0	-15.1	-3.1	1430	-4.5	-25.2	-19.8	
其他中南美国家地区	3260	-6.9	-24.1	-6.9	3890	-3.7	-12.3	-12.4	
欧洲	59 420	0.5	-12.5	-0.3	59 200	1.2	-13.2	0.2	
欧盟 28 国	53 730	1.3	-12.5	-0.3	53 300	2.2	-13.4	0.1	
德国	13 400	3.4	-11.2	1.0	10 550	2.2	-12.9	0.3	
法国	5010	-0.1	-12.9	-0.9	5730	-0.7	-15.3	-0.1	
荷兰	5700	0.2	-15.3	0.0	5030	0.0	-12.9	-1.9	
英国	4090	-6.6	-8.9	-1.1	6360	4.6	-9.3	1.5	
意大利	4620	2.2	-13.7	0.9	4040	-1.1	-13.3	-1.6	
独联体	4190	-5.8	-31.9	-16.2	3330	-11.7	-32.4	-2.6	
俄罗斯	2820	-4.8	-31.3	-17.5	1910	-9.8	-37.3	-0.8	
非洲	3460	-7.6	-29.6	-11.5	5010	0.4	-13.8	-9.5	
南非	750	-4.1	-11.7	-7.8	920	-3.5	-14.2	-12.5	
其他非洲国家	2710	-8.2	-33.2	-12.5	4090	1.3	-13.8	-8.8	
石油出口国	1130	-13.6	-44.6	-27.6	1430	1.2	-19.1	-12.6	
非石油出口国	1580	1.6	-15.4	2.8	2660	1.3	-10.4	-6.6	
中东	7660	-4.3	-34.4	-9.5	6650	2.1	-7.7	-7.2	
亚洲	52 620	2.6	-7.9	-3.7	47 810	0.1	-14.5	-4.7	
中国	20 980	6.0	-2.9	-7.7	15 870	0.5	-14.3	-5.5	
日本	6450	-3.5	-9.5	3.2	6070	-2.5	-20.2	-6.3	
印度	2640	2.5	-17.1	-1.3	3590	-0.5	-15.1	-8.6	
新兴工业化经济体	11 310	1.3	-11.1	-3.5	10 410	1.1	-16.6	-5.8	

说明：中南美包括加勒比海；新兴工业化经济体包括中国香港、韩国、新加坡和中国台湾。

资料来源：世界贸易组织，2017 年 4 月

表 1.3 2016 年世界前十位国家和地区货物贸易进出口额

排名	国家或地区	出口额 / 亿美元	占世界份 额 /%	比 2015 年 增长 /%	排名	国家和地区	进口额 / 亿美元	占世界份 额 /%	比 2015 年 增长 /%
1	中国大陆	20 980	13.2	-8	1	美国	22 510	13.9	-3
2	美国	14 550	9.1	-3	2	中国	15 870	9.8	-5
3	德国	13 400	8.4	1	3	德国	10 550	6.5	0
4	日本	6450	4.0	3	4	英国	6360	3.9	1
5	荷兰	5700	3.6	0	5	日本	6070	3.7	-6
6	中国香港	5170	3.2	1	6	法国	5730	3.5	0
7	法国	5010	3.1	-1	7	中国香港	5470	3.4	-2
8	韩国	4950	3.1	-6	8	荷兰	5030	3.1	-2
9	意大利	4620	2.9	1	9	加拿大	4170	2.6	-5
10	英国	4090	2.6	-11	10	韩国	4060	2.5	-7

资料来源：世界贸易组织，2017 年 4 月

当前，世界贸易保护主义倾向日益严重，发达经济体企图凭借技术和经济优势，抢占未来新兴产



业发展的制高点，挤压其他经济体的发展空间，对新兴产业领域的贸易保护由此兴起。同时，发达经济体针对贸易伙伴采用新型贸易保护措施，如“绿色贸易壁垒”“蓝色贸易壁垒”“特保条款”“非市场经济条款”“337 调查”“301 调查”和“碳关税”等，贸易保护涉及的领域不断扩大，正逐步向新兴产业、高新技术产业扩散。

（三）外国直接投资增长势头减弱，发展中国家加大投资引入力度

联合国贸易和发展会议《2017 年世界投资报告：投资和数字经济》报告显示，2015 年全球投资实现强劲增长，2016 年全球外国直接投资流量增长势头减弱。在疲软的经济增长和重大政策风险影响下，2016 年全球外国直接投资流量下降 2%，降至 1.75 万亿美元。流入发达经济体的外国直接投资增长 5%，达到 1.032 万亿美元，北美地区流入量的稳定增长以及其他发达经济体流入量的大幅上升，弥补欧洲流入量的下滑。发达经济体对外直接投资下降 11%，达到 1 万亿美元，在全球外国直接投资流出总量中的占比较为稳定，保持 70% 以上，发展中经济体对外直接投资额为 3830 亿美元，转型经济体的对外直接投资下降 22%。

美国仍然是外国直接投资的最大流入国，2016 年吸引 3910 亿美元资金流入，其次是英国，吸收投资额 2540 亿美元，从 2015 年的第 14 位上升至第 2 位，中国全球外国直接投资流入量达 1340 亿美元，是全球第三大外资流入国。2016 年中国对外投资大幅增长 44%，达到 1830 亿美元，创历史新高，首次成为全球第二大对外投资国，主要归因于中国企业开展的大型跨国并购交易额大幅增长。来自二十国集团（G20）和亚太经合组织（APEC）的外国直接投资继续决定全球投资发展状况，流入 G20 国家的外国直接投资首次超过 1 万亿美元，英联邦国家、金砖国家（BRICS）、非洲、加勒比和太平洋国家集团（ACP）已是外国直接投资重要目的地（图 1.1，图 1.2）。

越来越多的发展中国家认识到外资流入的积极作用，如弥补投资缺口、促进出口增长、带来先进技术、引入竞争机制等。联合国贸易和发展会议指出，东南亚和南亚国家正积极吸引外国直接投资，这些国家出台的吸引外国直接投资的政策占发展中国家全部政策的 30% 以上。为了吸引更多的境外投资，不少发展中国家采取提供投资激励、实行投资自由化、改善投资环境、签订国际投资协议等方式和手段。个别发展中国家为加大吸引外资力度竞相出台税收优惠措施、提供公有土地租赁费用减免等优惠措施，放宽对外国直接投资的限制。

2016 年全球外国直接投资两大趋势值得关注：一是数字经济跨国公司显示出强劲发展动力。2010 年至 2015 年，贸易和发展会议分析的跨国公司 100 强中，数字经济跨国公司数量增加一倍以上，这类公司 41% 的资产和 73% 的销售额在海外发生，发展速度远高于传统跨国公司。二是国有跨国企业在全全球经济中的作用不断扩大。全球约有 1500 家国有跨国企业，仅占全球跨国企业的 1.5%，但其拥有 8.6 万多家海外分公司，相当于全球总数的 10%。国有跨国企业公布的绿地投资在 2016 年占全球总数的 11%，高于 2010 年的 8%。

尽管全球经济前景充满不确定因素，投资者仍然对未来跨境投资充满信心。贸易和发展会议预计 2017 年全球外国直接投资将增长 5%，达到 1.8 万亿美元，2018 年将增至 1.85 万亿美元，但仍低于 2007 年的峰值，原因是主要经济体投资前景改善将提升投资者信心，其中相当大规模的跨境投资增长将流入亚洲发展中经济体。

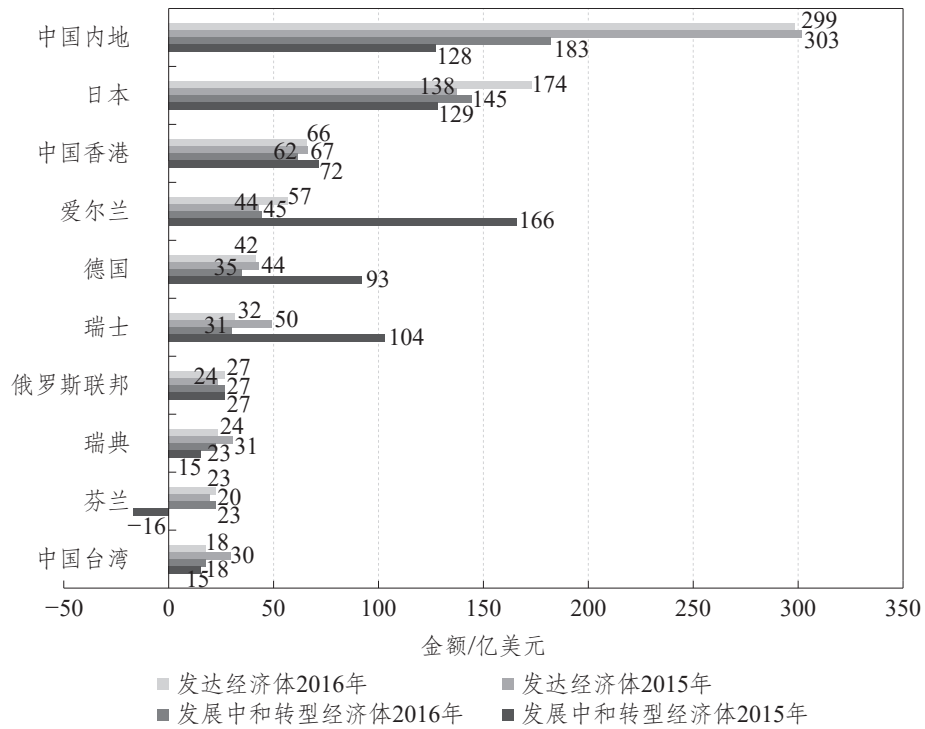


图 1.1 2016 年全球外国直接投资流出量前 20 位国家

资料来源：联合国贸易和发展会议，《2017 年世界投资报告：投资和数字经济》，2017 年 6 月

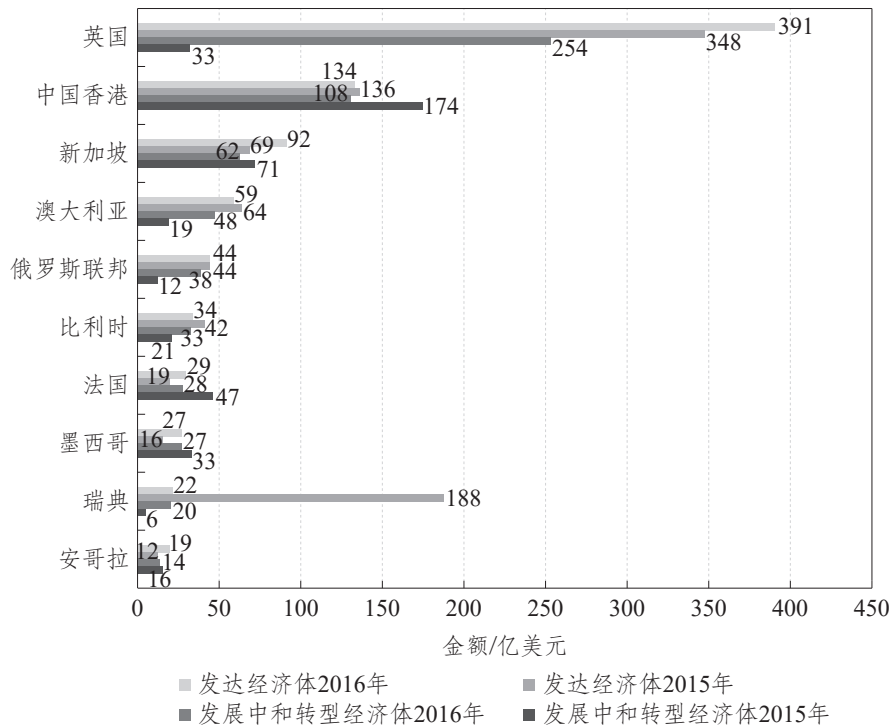


图 1.2 2016 年全球外国直接投资流入量前 20 位国家

资料来源：联合国贸易和发展会议，《2017 年世界投资报告：投资和数字经济》，2017 年 6 月



科尔尼咨询公司《2017 全球 FDI 信心指数》报告显示，全球四分之三的企业计划在未来三年内大幅增加境外投资。发达国家在 2016 年 FDI 信心指数排行榜的前 25 个席位中占 80%，创下历史最高水平，然而 2017 年所占席位比例将下滑至 72%，说明发达国家在 FDI 信心指数榜连续 5 年上升趋势将出现变化。从投资目的地看，全球投资者对美洲地区充满信心，最佳外商投资目的地美国连续五年排名榜首，加拿大仍位于前五，巴西排名第 16 位，但较上年下降四位，墨西哥前进一位升至第 17。过去两年中，投资者偏向于寻找安全的发达市场作为外商直接投资目的地，特别是欧洲市场，2017 年新兴投资目的地出现“新面孔”，阿联酋、新西兰和南非有望成为投资热门地区。

（四）全球就业现状仍未改善，岗位数量和质量皆待提高

全球正面临为新增劳动力人口创造有质量的工作岗位的重大挑战。国际劳工组织《世界就业和社会展望——2017 年趋势》指出，由于全球经济增长乏力、劳动力不断扩充、减贫进程缓慢，2016 年全球失业人口约为 1.977 亿人，大量的弱势形态就业以及缺乏高质量的就业机会情况仍然十分严重。预计 2017 年全球失业率将略有上升，总失业人口将新增 340 万，超过 2.011 亿，失业率将从 2016 年的 5.7% 上升至 5.8%；2018 年全球失业率将保持在相对稳定水平，但新增劳动力将再次超过劳动力市场创造的就业岗位，届时失业人口可能增加 270 万。

与 2016 年相比，预计 2017 年新兴经济体失业率上升 0.1%，达 5.7%，失业人数将增加 360 万人，总数达 1.47 亿人；2017 年发达国家失业人数和失业率均比上年有所减少，失业率将下降 0.1%，为 6.2%，失业人数将减少 67 万人，总数为 3790 万人；2017 年发展中国家失业率将下降 0.1%，为 5.5%，失业人数将增加 40 万人，总数为 1610 万人（表 1.4）。

表 1.4 2016—2018 年全球失业率及失业人数情况

地区	失业率 /%			失业人数 /100 万人		
	2016 年	2017 年	2018 年	2016 年	2017 年	2018 年
世界	5.7	5.8	5.8	197.7	201.1	203.8
发达国家	6.3	6.2	6.2	38.6	37.9	38.0
新兴经济体	5.6	5.7	5.7	143.4	147.0	149.2
发展中国家	5.6	5.5	5.5	15.7	16.1	16.6

资料来源：《世界就业和社会展望—2017 年趋势》，国际劳工组织，2017 年 1 月

虽然发达国家失业率将从 2016 年的 6.3% 降至 2017 年的 6.2%，但发达国家面临结构性失业，就业市场的改善速度正在放缓。欧洲和北美的长期失业率与经济危机之前相比仍高居不下，欧洲这一数字甚至逐年上升，2017 年和 2018 年美国失业率为 4.9% 和 5.0%，与 2016 年基本持平。

新兴经济体就业市场或将遭遇困境，国际劳工组织对中小企业近年来活力不足的状况表示担忧，因为这直接影响就业岗位数量的增加和质量的提高，尤其是劳动者占全球总数 54% 的发展中国家，失业率将从 2016 年的 5.6% 升至 5.7%。预计 2017 年中国失业率 4.6%，与 2016 年持平，2018 年将增长 0.1%。由新兴经济体和发展中国家组成的拉美和加勒比地区的就业市场尤为令人担忧，2017 年失业率或增加 0.3%，达 8.4%。

国际劳工组织提醒，全球范围内缺乏高质量的就业机会将可能导致社会动荡和在部分地区的迁徙行为，呼吁国际社会通力合作，提供财政刺激，增加公共服务的投资，提振全球经济，旨在 2018 年将

失业人口减少近 200 万。

二、世界制造业总体发展动态与趋势

(一) 发达国家调整完善新兴产业与技术创新导向

全球新兴产业布局策略有所调整，各国不再追求新兴产业的全面布局，而是根据本国资源实力、技术能力和研发优势，选择符合本国产业基础条件且具有全球引领效应的新兴产业细分领域予以重点培育。

近年来，美国重点支持清洁能源、机器人、3D 打印、新材料、人工智能、生物技术、页岩油气等研发、产业化及应用，特朗普政府将制造业作为提升美国经济的重点。美国信息技术与创新基金会向特朗普政府提出制造业发展建议，认为美国应该将制造业聚焦新兴领域，如石墨烯、金属材料、新型核能反应堆、人工智能系统、工程生物、航空航天、半导体、先进医疗器械。在美国科学基金会的赞助下，2016 年 10 月以加州大学圣迭戈分校和卡耐基梅隆大学为首的美国多所大学联合发布《美国机器人技术路线图：从互联网到机器人》（2016 版），给出一系列适用于不同制造领域的机器人关键技术，包括自适应与可重构的生产线、自主导航技术、与人类灵活性相当的手臂、未知环境下的感知技术、纳米机器人技术等。2017 年 1 月，特朗普就任美国总统后公布“美国优先能源计划”，延续美国能源独立的基本策略，重点发展页岩油气以及清洁煤技术。

英国加快国家制造业创新体系顶层设计和布局，在新一代信息技术、高端装备、新材能源、生物工程等重点领域，梳理确定一批国家制造业创新中心，使之成为国家制造业创新重要节点和参与新一轮全球制造业竞争的核心载体。英国政府投资 2 亿英镑，由英国技术战略委员会负责建立一批世界级技术创新中心（即弹射中心），在高价值制造业、细胞疗法、数字经济、未来城市、海上可再生能源、卫星应用、运输系统、能源系统、精准医学、药物发现、化合物半导体应用等领域建立弹射中心，计划在机器人和自治系统、低碳交通、基因组学、合成生物学等领域展开布局。

日本正面临老龄化、人口减少等问题和挑战，为发展环境适应型新兴产业技术，2016 年 6 月，日本产业技术综合研究所基于对 2030 年产业和社会发展趋势的预测，发布《2030 年研究战略》，提出日本产业创新的重点发展方向：一是超智能产业，包括实现人类知觉、控制的扩展，人工智能硬件和软件创新，数据流通保密技术，信息交换设备和高效率网络，新一代制造系统等。二是绿色产业，加强再生能源普及，开发新能源，开发节能储能技术，实现氢能源社会，推进环保资源开发和循环利用，开发环保的新催化剂、新化学合成技术等。三是生命产业，涉及超显微测量，新机能材料，新机能设备，合成技术创新，生理构造解析，生物芯片与健康可视化等。

顺应全球制造业智能化、服务化、可持续化、平台化趋势，韩国政府继 2015 年后再次调整新兴产业成长动力细分领域，产业通商资源部 2016 年 12 月发布《第四次产业革命时代下扶持新产业发展政策课题》，将电动及无人驾驶汽车、新能源、新一代半导体、尖端新材料、智能船舶、新一代显示器、增强现实及虚拟现实技术、机器人、生物养生、航空及无人机、物联网家电、高端消费品等列为国家未来重点发展产业，今后 5 年将投入 7 万亿韩元以上的研发资金，支持核心技术开发。同时，韩国政府将放开对上述产业的市场准入，实行准入负面清单制度。韩国政府预计到 2025 年上述新兴产业占韩



国出口的比重将由 2015 年的 6.6% 提高到 13.2%，并将创造 38 万个就业岗位。

（二）全球制造业转移步伐持续加快

在成本变动影响下，全球制造业布局逐渐调整，一方面，低端制造业向东南亚、南亚、非洲等地转移现象十分明显，另一方面，高端制造业呈现向发达国家加速回流趋势。总体来看，发达国家技术创新衍生的成本红利效应突出，低成本国家廉价劳动力优势正在产生吸引力，中国制造业劳动力成本优势正在减弱，技术和产业升级面临巨大挑战。

随着中国制造业的用工成本迅猛上升，越南、印度等东南亚、南亚国家的成本优势逐渐显现，低端制造业开始向东南亚、南亚和非洲等地区转移。《华尔街日报》报道，2008 年以来，中国制造业的平均工资水平累计上升 71%，原材料成本、土地成本，尤其是劳动力成本上升导致新一轮劳动密集型产业加速向东南亚等成本优势明显的国家和地区转移。波士顿咨询公司《全球制造业的经济挪移》（*The Shifting Economics of Global Manufacturing*）报告显示，现阶段制造业成本最低的国家为印度尼西亚、印度、墨西哥、泰国、中国，制造业成本最高的是澳大利亚、瑞士、巴西、法国、意大利、比利时。俄罗斯、巴西制造业成本优势减弱，而墨西哥、美国等由于劳动生产率提高和能源成本优势明显，制造成本优势逐渐显现。日本国际协力银行发布的日本制造业海外业务调查报告显示，2015 年度（2015 年 4 月至 2016 年 3 月）日本制造业海外生产比例达 35.6%，预计到 2019 年这一比例将达到 38.5%。造成这一现象的主要原因是海外市场扩大和追逐低工资、低成本的跨国企业竞争。日本汽车业的海外制造比率最高，达到 46.8%；机电业海外制造比例为 45.4%；化工行业海外生产比例为 30%；一般机械为 27.4%。调查显示，日本企业海外建厂的目标国家依次为印度、中国、印尼、越南、泰国、墨西哥、美国（表 1.5）。

表 1.5 全球各国制造业成本竞争力比较

项目	内容	国家
制造业成本竞争力面临挑战的国家	过去制造业成本低的经济体，由于不同原因导致竞争力削弱	巴西、中国、捷克、波兰、俄罗斯
制造业成本竞争力持续减弱的国家	过去制造业成本高的经济体，由于生产率低增长和能源成本提高，竞争力继续削弱	澳大利亚、比利时、法国、意大利、瑞典、瑞士
制造业成本竞争力保持稳定的国家	与全球领先者的相对竞争力保持大致稳定	印度、印度尼西亚、荷兰、英国
制造业成本竞争力的新星国家	由于工资适度增长、生产率持续提高、汇率稳定和能源成本有优势，相比其他经济体竞争力提高	墨西哥、美国

资料来源：《全球制造业的经济挪移》，波士顿咨询公司

全球制造业新一轮转移另一特点是高端制造业回流美国。麻省理工学院 2012 年的研究表明，33% 的海外美国企业考虑将制造业务迁回本土。美国“回流倡议机构”（Reshoring Initiative）2016 年 4 月统计数据显示，自 2010 年 2 月以来，制造业回流企业和外国投资共在美国国内创造 24.9 万个新工作岗位，仅 2015 年达 6.7 万个。在创造新的就业岗位的回流美国企业中 60% 从中国回流。据德勤会计师事务所发布的“2016 全球制造业竞争力指数”，中国目前是最具竞争力的制造业国家之一，但美国有望在 2020 年之前取代中国占据第一名。波士顿咨询公司研究认为，在不计算交通成本的情况下，美

国制造业与中国制造业在工资和能源成本等上的差距已从十年前的 14% 缩小至现在不足 5%，到 2018 年美国制造业成本将比中国低 2%~3%。

美国重新认识到制造业在推动技术进步、拉动就业方面的巨大作用，出台一系列政策吸引制造企业回归，如推出《重振美国制造业政策框架》《制造业促进法案》等一系列措施，将制造业放在核心地位，积极实施制造创新国家网络计划，鼓励企业在美国建厂，为制造业回流本土创造更好的条件。特朗普在 2016 年美国大选中的重要承诺之一是推动美国海外制造回归，为美国创造更多制造业岗位。特朗普就任美国总统后，提出将对那些将生产转移或打算转移至美国境外、并且打算将产品在美国销售的公司征收高额关税，与此同时，提出减税计划，争取吸引更多制造业回流美国。

（三）工业 4.0 已从概念走向落地实践

从全球制造业发展历程看，工业 1.0 是机械化生产的蒸汽时代，工业 2.0 是大批量生产的流水线模式和电气时代，工业 3.0 是高度自动化的电子信息技术时代，工业 4.0 则是建立在信息物理融合系统之上、虚实融合的“网络化生产时代”。目前，工业 4.0 已不再停留在实验室，而是真正走进工业生产实地。

德国机械设备制造业联合会 2015 年针对 431 家德国工程机械的调查显示，90% 的企业认为工业 4.0 有助于其在市场竞争中获得领先地位，57.2% 的企业表示他们的企业已经开展工业 4.0 项目，其中 20% 的企业表示正积极努力开发应用工业 4.0 解决方案。根据德国信息技术、电信和新媒体协会的数据，工业 4.0 相关产值增长迅速，2018 年预计达 70 亿欧元。德国工业 4.0 促进机构“工业 4.0 平台”统计，德国已有近 300 家制造业企业开展工业 4.0。2017 德国汉诺威工业博览会上，来自世界 75 个国家和地区的 5200 多家企业重点展示工业自动化、能源、工业供应商、研究与技术等 5 个方面的最新工业发展成果，展示 500 余项工业 4.0 的实际应用。

工业 4.0 不仅关乎制造，也涉及工业服务。西门子、博世、思爱普等工业 4.0 领军企业均在服务领域加大投入，创新商业模式。其中，前瞻性维修（通过物联网，实时监测、收集、分析、处理目标设备状态，提前做出故障判断并给出维修建议，避免设备意外停工，提高设备运作可靠性，降低维修成本）是工业 4.0 环境下的一种全新的维修服务理念，相关应用已经展开，如思爱普为意大利铁路公司超过 2000 台机车和列车车厢安装 600 万~700 万个传感器，这些传感器不间断地收集、传输列车各部分的数据，不仅包括机车动力数据，还有空调等设备数据。按照设计，在空调可能出现故障前 1~2 周，系统就会给出提示并提供解决方案，据测算可节约维修成本 8%~10%。

工业 4.0 的不局限于一条生产线、一座车间。按照“工业 4.0 平台”判断，工业 4.0 将持续改变工业未来生产及加工的方法，孕育出涵盖产品整个生命周期的智能价值链，灵活的个性化生产将成为新标准，资源消耗降低，生产的经济效益显著提升。

（四）人工智能加速与制造业的融合革新

人工智能凭借其强大的技术赋能性，短期内最突出的效益是可以让过去无法自动化的任务实现自动操作，长期来看，人工智能技术将逐渐与制造业深度融合，全面推进制造主体向智能化转型。

咨询公司埃森哲《人工智能如何增加产业利益并推动创新》(How AI boosts industry profits and



innovation) 报告显示, 到 2035 年, 人工智能将为全球制造业带来近 4 万亿美元的经济总增加值增长; 中国经济年增长率将在人工智能拉动下从 6.3% 提速至 7.9%, 人工智能对中国制造业带来的影响最为显著, 将推动制造业年增长率达到 2%。美国总统行政办公室发布《国家人工智能研究与发展战略规划》, 该战略规划体现出国家层级的人工智能发展框架, 框架底层是影响人工智能研发的基础与根本, 对所有人工智能研究而言至关重要, 涉及伦理、法律、社会影响、安全问题、标准与基准、数据集与环境、高技能人才劳动力等; 中间层是发展人工智能所需要的长期投资以及需要人与人工智能配合协作的领域, 覆盖数据分析、感知、通用人工智能、弹性人工智能、类人工智能、机器人、具备人类意识的人工智能、人体机能增进、自然语言处理、接口与可视化以及人工智能硬件设施; 框架顶层则是获益于人工智能的应用领域, 涵盖农业、通信、金融、交通物流、政府服务等领域。

人工智能短期内主要经济影响是将以前无法自动化的任务上升到自动化层面, 进而提高生产力和创造经济价值, 但它也可能影响到某些特定类型的工作, 尤其是减少对自动化依赖程度较高的生产或服务的人工需求。例如, 德国不断提升自动化水平及智能机器人的使用率, 已对就业领域产生巨大影响。调查统计显示, 机器人已“威胁”到德国 60% 的工作岗位。据剑桥大学“未来的雇佣关系: 就业将如何受电子化影响”调查显示, 德国现有的 3000 万个工作岗位中, 至少有 1800 万个可以被智能机器以及软件取代。调查发现, 不同工作岗位的失业风险程度取决于专业化分工、职位等级和工作性质, 基层的操作工种中有 86% 的工作岗位可以被机器人替代, 辅助劳动力则是受机器人威胁第二大的工种。

德勤《2017 年全球人力资本趋势报告》认为, 随着人工智能系统、机器人技术和认知工具日益成熟, 几乎每一个工作岗位都会被重新打造, 成为许多人口中的“技术增强的劳动力”(Augmented Workforce)。在这个趋势下, 企业必须重新思考如何设计岗位、组织工作、计划未来的业务增长。德勤预测随着技术迭代的加快, 数据处理和计算的能力将急速提高, 促进机器人技术和机器学习的发展; 完善的认知工具将取代部分知识性工作, 需要指出的是“机器人和人工智能将取代人类工作”的观念并不完全正确。

美国白宫经济顾问委员会研究表明, 自动化对低工资岗位的负面影响最大, 且存在一定风险, 特别是由人工智能驱动的自动化可能增加受教育程度较低和受教育程度较高的工人之间的收入差距, 从而增加社会不平等。总统行政办公室将进一步调查人工智能和自动化对美国就业市场的影响, 并对公共政策将如何解决此类问题进行研究并做出反馈, 确保工人能够被再培训, 并更好地与人工智能、自动化形成互补, 而不是直接竞争。

（五）智能工厂全面推动生产方式变革

基于智能工厂的全新生产系统促进制造方式变革, 智能生产过程中的生产决策、供应链优化等问题的解决需要借助无处不在的互联网基础设施和仿真系统。随着信息通信技术的持续发展, 智能工厂将越来越多地利用物联网、云计算、大数据、虚拟现实、增强现实、人工智能、机器人、3D 打印、无人驾驶运输、超宽带、精确定位等尖端技术, 将人、机器、应用系统和信息互相连接。

根据 Capgemini 公司 2017 年发布的《智能工厂报告》显示, 未来五年制造企业投资建设智能工厂将提升 27% 的制造业生产效率, 可能为全球经济带来每年 5000 亿美元的附加值。预计至 2022 年,

21%的工厂将建成智能工厂，运用物联网、大数据分析、人工智能、机器人提升生产力、质量和灵活性。经济合作与发展组织（OECD）《下一轮生产革命：对政府和商业的影响》提出下一轮生产革命是对数字技术、生物技术、纳米技术、3D打印、新型材料等新技术进行整合创新，相互交融的结果，具有生产数字化、智能化、个性化，产业组织模式分散化、扁平化、专业化，制造业服务化，服务业产品化，多业态融合等特点。

智能工厂是践行智能制造的重要载体和集中体现，无论是德国提出的工业4.0，还是美国提出的工业互联网，以及中国提出的“中国制造2025”，其核心内容涉及智能产品、智能服务、智能设备、智能流程，其背后的原动力都是智能技术与工业系统的对接与融合。美国、德国制造业龙头企业将智能工厂注入生产经营服务全过程，促成人、设备以及数据的无缝协作，实现数字和机器的全面融合，其着眼点并不局限于单个的设备，自动化工艺或者局部的生产设施，更注重通过网络的互联互通以及大数据、云计算、人工智能的价值重新塑造生产链与服务链，如西门子将产品从研发设计到生产制造，通过数字化工具将数据链、信息链串联一起，实现无缝的信息互联和柔性制造；位于德国洪堡的博世工厂能够在一条生产线上利用2000个不同的零件生产出200种不同的液压模块，利用无线射频识别技术，博世洪堡工厂的内部物流效率提高10%，库存积压减少近三分之一。与德国企业强调的“硬”制造不同，“软”服务是互联网经济发达的美国企业较为擅长的领域，通用电气对于智能工厂的关注点与发力点主要是注重软件、云计算、大数据等对于工业模式的颠覆，着力新型制造平台的研发投入和推广。日本三菱电机名古屋制作所采用人机结合的新型机器人装配产线，实现从自动化到智能化的转变，提高单位生产面积的产量。海尔洗衣机工厂采用高柔性的自动无人生产线，广泛应用精密装配机器人，通过射频识别（RFID）进行全程追溯，实现按订单配置、生产和装配，达到机物互联和人机互联。

三、世界制造业重点行业发展态势

（一）新型显示市场出现下滑，新兴技术与应用持续涌现

2016年全球新型显示市场收入1010亿美元，同比下滑超过10%。不过，随着新兴技术的不断成熟以及新的市场需求的释放，新型显示市场规模将迎来触底反弹，预计2017年营收规模将回升至1110亿美元，并在未来5年内保持平稳增长态势。

TFT-LCD液晶面板市场趋于饱和。虽然大屏化趋势仍在继续，但其增速开始放缓。高动态范围成像技术在高端显示领域加速普及，尤其是在50英寸以上的液晶电视领域。可弯曲的柔性液晶面板成为TFT-LCD显示领域的一大亮点。

AMOLED市场规模持续上扬。三星主导OLED手机市场，乐金则是推动OLED电视发展力度最大的整机厂商。VR/AR等近眼设备，数码相机、车载显示等终端产品越来越多地使用AMOLED屏幕。此外，随着三星Galaxy Edge手机的成功以及苹果对柔性屏需求的提升，柔性AMOLED市场将进一步增长。三星等面板厂商着手新型材料的开发，使其可以替换当前的刚性部件来生产可折叠或可卷曲的AMOLED屏幕。

量子点显示技术取得进步。在三星推动下，量子点进一步巩固其在高端液晶电视领域的地位。在既有的三大主流技术方案之外，三星等面板厂商从2016年下半年开始使用量子点彩膜技术，直接将量



子点材料放置于彩膜层当中，从而将彩膜功能实现从颜色过滤层向发光层的转变。

激光显示在大屏电视领域快速发展。投影和扫描是目前激光显示的两大主要研究方向。在光源结构技术上，光峰光电于2017年发布ALPD 3.0技术，使用“红色激光+红色荧光粉”的红光方案，并配合RGB三原色三段色轮体系，实现ALPD 3.0 CLO亮度与标称亮度的一致，有效解决简单增加红色激光带来的散斑干扰、色度一致性问题。

LED照明市场规模增长。LED在通用照明领域市场渗透率将进一步提高，在汽车照明、特种照明、小间距LED显示屏等应用方向将进一步拓展。欧美地区以通用照明为主攻方向，强调产品的高可靠性和高亮度。日本LED照明发展方向兼顾通用照明、汽车、手机和电视。韩国和中国台湾以笔记本电脑显示屏背光、LED-TV背光和手机背光为主攻方向。中国大陆主攻户外显示屏、广告屏和照明灯等领域。此外，包括小间距LED、UC-V LED、红外线LED、Micro LED在内的各个细分领域日益受到关注。

（二）通信设备产业总体平稳，量子通信前景值得期待

2016年全球通信设备产业需求平稳发展，通信设备支出为446亿美元，比2015年略有下降，预计2017年将增长至456亿美元，同比增长2.2%。市场竞争加剧引发通信设备行业集中度进一步提升，直接导致华为、爱立信、诺基亚和中兴这四家通信设备厂商格局变化。

第五代移动通信方面，2016—2020年全球5G设备市场将以32.06%的速度增长，美国的推进策略主要是通过发放新频谱来促进宽带移动通信的发展，欧盟着力方向包括推动5G与行业建立融合的生态系统、制定5G推进时间表、协调成员国加速推进5G技术发展。光通信方面，全球光通信市场保持平稳增长，光通信技术出现新突破，如光子神经形态芯片、光子集成多光子纠缠量子态及片上光频梳技术等。软件定义网络方面，软件定义网络已经逐渐落地成型，进入商用部署期。全球各大运营商和企业纷纷加大步伐，抢占软件定义网络市场。低功耗广域网方面，专为低带宽、低功耗、远距离、量连接的物联网应用而设计的低功耗广域网快速兴起。为了抢夺低功耗广域网商机，相关厂商纷纷组建联盟推出不同技术类型。

量子通信领域，中国已走在世界前沿，在标准化研究和实际应用方面，率先建立城际量子干线网，并发射全球首颗量子试验卫星，开展星地间量子纠缠通信实验。欧盟委员会发布《量子宣言》，计划于2018年启动10亿欧元的量子技术项目，其中在量子通信方面，规划5年内突破量子中继器核心技术，实现点对点安全量子通信，10年内实现远距离量子网络、量子信用卡应用等，目标是融合量子通信与传统通信。日本国立信息通信研究院计划在2020年实现量子中继，到2040年建成极限容量、无条件安全的广域光纤与自由空间量子通信网络。

（三）半导体产业出现复苏态势，业界竞争愈发激烈

2016年全球半导体产业整体呈复苏态势，销售额达到3389亿美元，产品单价的提升与终端需求的多样化是推动产业复苏的主要原因。在个人计算机以及手机芯片市场相对饱和的背景下，汽车半导体、物联网半导体将成为半导体市场新的增长引擎，两者未来5年的年均销售增幅预计都将超过10%。

产业链方面，设计、代工、封装测试、装备材料四大领域均取得不俗的增长。美国虽然在半导体设计业中依然处于绝对领先地位，但其优势相对减弱；以华为、中兴为代表的中国公司开始崛起。代工工业依然是强者恒强的局面，台积电以接近 60% 的市场份额稳居全球首位。封装测试业呈现出中国台湾、美国、中国大陆三足鼎立的局面，以日月光与矽品、Amkor 与 J-Devices、长电科技与星科金朋三大阵营为代表。装备材料业在经历 2015 年的短暂下滑后重拾增长，在台积电、镁光科技等企业推动下，中国台湾市场连续 5 年成为半导体装备市场龙头。

主要国家地区方面，美国总统科学技术咨询委员会提出“登月计划”，从顶层应用到底层组件技术七大领域加速半导体行业的创新。日本半导体产业持续萎靡，经济产业省积极介入东芝存储芯片的出售进程，实现以日资为主体的资本控股，防止技术外流。韩国则由政府牵头主导成立“半导体希望基金”，联合产业界着眼于新技术的研发，进一步应对来自中国大陆的挑战。中国台湾积极推动“半导体桂冠产学联盟”，产学合作培养高端人才。

公司方面，企业间并购持续推进，各大厂商在传统业务增速放缓的背景下聚焦新兴领域。英伟达在 2016 年异军突起，在人工智能芯片与无人驾驶领域推出新产品。英特尔在巩固个人计算机芯片业务的同时，借助美国制造业回流政策扶持，强化自身晶圆代工能力，将部分移动芯片移至美国本土生产。高通在移动芯片业务面临增长“天花板”的情况下开始向无人机、虚拟现实等新方向发展，通过并购恩智浦大力拓展汽车半导体业务。

后摩尔定律时代，需要新的超越硅基的技术路线图，涉及新材料、新制造技术、新结构、系统架构等。未来基于半导体的系统都必须最大限度地提高性能，同时最大限度地减少能源消耗并提供安全和保证。

（四）海洋工程装备与船舶市场表现欠佳，已进入深层调整阶段

海洋工程装备与船舶业在经历连续几年萧条之后，前景仍然难测。海洋工程装备已形成一条庞大的产业链，经历较长时期的低迷状态，全球海洋工程装备正进入深层次调整状态，竞争日趋激烈，企业亏损严重。船舶行业中，亚洲船厂境况急转直下，而欧洲船厂凭借邮轮等高技术客轮订单获得一线生机，而随着技术发展和环境变化，极地装备、智能船舶等成为未来发展方向。

全球海洋工程装备在经历 2016 年低迷之后，2017 年订单逐渐增多，但前景仍未明朗。钻井装备的租金和利用率仍呈下滑趋势，延迟、撤单情况十分严重，但也有部分船东如 Borr Drilling、挪威船东巨头 John Fredriksen 旗下子公司 Seatankers 等趁机“抄底”；生产装备在 2017 年呈现复苏迹象。其中，浮式储存再汽化装置以其灵活性和建造成本低等优点成为率先复苏的一类装备。从建造格局看，韩国船厂虽然深陷财务危机，但建造实力仍稳坐龙头。

全球极地气候变暖已使得极地航运和开采的可行性大幅提高，极地船舶因而逐渐成为热点。目前，极地航行环境条件与海冰力学特性、极地船舶冰载荷预报技术、极地船舶冰水动力学与结构性能、极地环境下船舶机电系统适应性与可靠性、极地船舶总体关键基础技术是极地船舶的核心技术，有待进一步研发。而从建造格局看，欧美仍在设计领域占绝对优势，韩、日、新加坡等国在建造方面有所建树，中国起步较晚，但正快速追赶。

智能船舶是一个新兴概念，多数智能船舶仍在研发阶段，其主要关键技术包括信息感知技术、通



信导航技术、能效控制技术、航线规划技术、状态监测与故障诊断技术、遇险预警救助技术、驾机一体化和自主航行技术等，罗尔斯—罗伊斯和现代重工等企业在此领域走在前列。

（五）生物技术实现重大突破，产业集聚特征愈发显著

据 MarketLine 咨询公司的年度行业报告显示，2016 年全球生物技术市场规模达到 3589 亿美元，较 2015 年增长 5.8%，增幅较 2013 年和 2014 年的大幅增长所回落。2012—2016 年全球生物技术市场复合年均增长率达到 8.8%，至 2021 年全球生物技术市场规模将达到 5284 亿美元。医疗健康一直是生物产业中最大的分支，2016 年产值为 2070 亿美元，比重达到全产业 57.7%；食品与农业产值为 461 亿美元，比重达到 12.8%；环境与工业产值为 392 亿美元，比重为 10.9%；服务提供商产值为 360 亿美元，比重为 10.0%；技术服务产值为 307 亿美元，比重为 8.6%

生物技术实现大量前所未有的突破。其中，最为重要、最有可能改变人类生活的当属 CRISPR 技术，以及人类胚胎生殖细胞编辑技术。此外，一系列具有突破性意义的生物技术创新成果获得审批，纷纷上市，包括安进公司治疗白血病新药 Blincyto 成为美国食品药品监督管理局批准的首例双特异性抗体；诺华旗下 Sandoz 公司的 Zarxio (Filgrastim-Sndz) 成为美国获得批准的首款生物仿制药等。《麻省理工科技评论》2017 年全球十大突破性技术榜单中，有四项与生物有关，包括基因疗法 2.0、细胞图谱、刷脸支付、治愈瘫痪，这四大技术有望在未来 15 年内为生物技术与医药行业带来明显变革。

全球生物产业呈现集聚发展态势，主要集中分布在美国、欧洲、日本、印度、新加坡、中国等国家和地区。其中美国、欧洲、日本等发达国家和地区占据主导地位。美国生物产业已在世界上确立代际优势，研发实力和产业发展领先全球，生物药品已被广泛应用到癌症、糖尿病等慢性疾病的治疗之中。在欧洲，坚实的产业基础和技术优势使其生物医药产业紧随美国，走在世界前端，同时人口老龄化的加剧使生物药物在欧洲拥有广阔的市场前景。日本生物领域的发展起步虽晚于欧美国家，但发展非常迅猛，居于亚洲领先地位。除日本以外，随着政府的积极培育和扶持，中国、印度、新加坡等亚洲国家的生物医药产业也快速发展。亚洲已经成为全球生物医药产业除北美、欧洲以外的中心。美国、欧盟国家、日本等持有 94% 以上的专利，尤其是美国占有世界近六成生物药专利，这体现出欧美等发达国家地区在生物药领域具有绝对的垄断地位。

（六）智能制造装备势头正劲，战略部署与应用推广齐头发展

智能制造装备产业已成为当今工业发达国家的主要竞争领域。德国、美国、日本、英国相继提出振兴制造业的规划，并逐步以信息化、数字化、智能化等方式推广实施。由于各国的制造业基础各不相同，提出的高端制造业的实现途径也有所区别，美国倡导“工业互联网”以整合全球工业资源，德国希望将传统工业与信息技术深度融合以继续保持其装备制造业的全球领导地位，日本利用机器人、人工智能以解决劳动力断层并支持未来的工业智能化。中国提出“中国制造 2025”战略，积极推动智能制造和“互联网+”融合发展战略。这些战略举措的核心都在于制造、产品和服务的全面交叉渗透，通过互联网、移动通信、大数据、云计算等多种技术与机器人、智能设备等实现产品、设备、人和服务的互联互通。

工业机器人、3D 打印和 MEMS 传感器保持强劲增长态势。由于全球自动化工业的发展，工业机

机器人应用范围和领域不断拓展，销量屡创历史新高；智能制造时代工业机器人将更加智能化、软硬件融合、虚实融合，并将关注人与机器的协作。3D打印作为一种全新的制造方式，增长速度及未来潜力巨大，2016年全球3D打印产业市场规模约为60.63亿美元，比2015年增长17.4%；桌面3D打印机销量增速较快，工业和专业级3D打印机占据全球3D打印市场份额高；汽车设计、航空航天和国防零部件、医疗保健是3D打印技术应用最多的领域。MEMS传感器具有体积小、重量轻、成本低、功耗低、可靠性高，适于批量化生产、易于集成和实现智能化等特点，在物联网时代快速发展，在消费电子、智能驾驶、智能工厂、智慧物流、智能家居、环境监测、智慧医疗等领域都有广泛的应用；2016年全球MEMS传感器市场规模约114亿美元，到2021年市场规模将达到220亿美元，复合年均增长率为14%；全球MEMS主要生产厂商集中于欧美日等发达国家，全球前十名MEMS厂商是博世、意法半导体、惠普、德州仪器、应美盛、安华高、Qorvo、楼氏电子、佳能和松下。

数控机床和智能控制系统经历快速增长后走势趋缓。2003—2008年，世界机床产值和消费持续快速增长；受全球金融危机影响，2009年机床产值和消费出现急剧下降，但是2010年和2011年快速反弹，2011年机床产值和消费均飙升至历史最高水平；随后世界机床产值逐年收缩；近年来，以德国“工业4.0”“中国制造2025”“美国再工业化”等战略为代表的产业创新正在加速推进，机床行业通过互联网、云计算创新模式谋取新的发展，抢占高端市场。2014年世界智能控制系统产业（包括可编程控制器和集散控制系统）快速发展，增速为5.6%，远高于2010—2014年3.9%的复合年均增长率，2015年和2016年产业规模增幅仅为0.4%和1.5%，呈现走缓趋势；可编程控制器向大型网络化、综合化方向和速度快、功能强的小型化方向发展；集散控制系统向开放化、全数字分散、先进控制与优化方向发展。

（七）新能源开发力度不断增强，成本下降助推装机容量持续扩大

受世界气候变暖的影响，世界能源消耗量维持低速增长，各国正致力于减少化石能源的消耗并加大对新型清洁能源的开发和利用力度。目前，欧美等发达国家为可再生能源的主要消费地区，然而随着以中国和印度为代表的发展中国家对可再生能源领域的持续关注，未来世界可再生能源增长重心有望转向新兴经济体。在可再生能源领域投资领域，受制于中国和巴西在可再生能源领域投资金额的大幅下降，2016年度世界可再生能源领域的投资总额减少。鉴于光伏和风电装机成本的大幅下降，2016年度世界可再生能源新增装机容量逆势上升，创历史新高。值得关注的是，世界正处于能源互联网建设的关键阶段，新能源与互联网技术的互相融合使得新能源在各个领域的应用范围逐步扩大，形成显著的应用示范效应。

光伏新增装机容量稳步增长。光伏原材料、安装及维护成本的下降使得世界光伏发电新增装机容量在总投资额下降的情况下持续增加。尤其是亚洲光伏市场规模持续扩大，发电累计装机容量已经超越欧洲，位居世界首位。此外，受联邦商业能源投资税收抵免政策取消预期的影响，美国在2016年第4季度出现光伏发电设备“安装潮”。

风电产业发展迅速。欧洲国家实行放大风力发电成本优势的拍卖机制，提高风电项目的中标率，未来欧洲风力发电新增装机容量有望连续上调。不过，中国对“弃风限电”现象的集中整治，美国政府对新能源领域支持力度的下降及巴西对可再生能源领域投资的缩减，可能会减缓未来世界风电市场



规模的扩增速度。

核电维持稳定增长，亚太地区成为亮点。受日本福岛核泄漏事件影响，欧美等发达国家已经基本停止建造新核反应堆，并将逐步退役现有核反应堆，日本短时间内难以恢复至原有水平。以中国、印度为代表的发展中国家成为世界核电复苏的主力。因此，未来世界核电市场规模有望继续扩大。

生物质能产业总体保持增长。生物质燃料增长率明显放缓，而生物质及垃圾发电新增装机容量却较大幅度增加。美洲地区仍占据生物质能产业主要份额，不过预计未来世界生物质能源市场增长的主要驱动力将来自欧盟和中国。随着生物质能利用技术的提高及新兴市场对生物质能源发展的重视，生物质能产业将朝多元化方向发展。

海洋能发展相对缓慢。受制于海洋环境的多样化及海洋能开发技术的制约，世界海洋能发展处于停滞阶段，2016年世界海洋能新增装机容量几乎为零。2015年度世界海洋能领域融资主要用于技术研发，表明海洋能开发仍处于初期。目前，欧洲走在海洋能开发利用的前列，半数以上的海洋能发电量来自欧洲。近年来，我国海洋能总体技术水平迅速提升，部分技术装置已达到或接近国际先进水平。

（八）环保产业进入升级关键期，低碳化与智能化已成大势所趋

世界环保产业市场规模持续稳定增长。2015年全球环保产业市场规模达到7998.43亿英镑，其中水处理依然是主要业务，其次是回收/循环领域，废弃物管理列第三位，其后依次是大气污染控制、土壤修复、环境服务等。从环保产业结构变化上看，将从污染治理逐渐向环境服务延伸，未来污染修复、环境咨询与分析等新型环境服务相关业务有望高速增长。

发达国家和地区在技术水平和市场份额上占有绝对优势。美国是世界最大的环保技术生产和消费国，占全球环保产业总值的19%，在固体废弃物和有害废弃物管理、环境工程和分析等方面遥遥领先于世界平均水平；日本在洁净产品设计和生产方面发展迅速，节能产品和生物技术也是集中发展的对象；德国是全球再生资源利用率最高的国家，近80%德国环保产业生产领域为研究和知识密集型产业。发展中国家受经济发展和城市化推动，产生对环境技术与服务的大量需求，环保产业处于快速发展阶段，全球环保市场重心已向发展中国家转移。

金融危机以来，能源资源等全球问题更趋凸显。主要国家出台激励机制和政策，大力推动节能环保产业和低碳技术发展。美国将节能环保视为新能源战略的核心内容，致力于建立碳排放“上限交易”机制、提高建筑物能效、完善家用电器节能标准、鼓励环保技术开发运用。欧盟计划在2014—2020年投入34.5亿欧元支持新一期环境与气候变化计划（LIFE），较上一期（2007—2013年）增长61.2%。英国政府持续加大能源利用效率、温室气体净化、废物循环使用和处理、可再生能源、清洁能源发掘和新能源开发等领域科技创新投入。法国大力推进能源低碳化和各项环保政策，推广相关技术。日本向联合国提交正式加入《巴黎协定》有关批准文书，设定到2030年温室气体排放量比2013年降低26%的减排目标。印度严格控制燃煤发电厂排放，将在15年内减少33%至35%的温室气体排放量。巴西将治污工作作为重要民生工程，大规模建设城市排污管线、污水处理等设施。

智能化设备在环境管理领域大有作为。环境传感器因其便携、智能、多样化等特性在环境监测设备行业广受青睐，气体传感器、水环境检测传感器、土壤污染检测传感器是环境监测系统的“三大基石”。随着物联网技术的发展，环保智能化方面有了新的探索和创新：借助物联网技术，把感应器和装

备嵌入各种监控对象中，通过超级计算机和云计算将环保领域物联网整合起来，实现人类社会与环境系统的整合，以更加精细、动态和智能的方式实现环境管理和决策，由此形成“智慧环保”设备。无人机、可穿戴设备以其独特优势也在环境监测领域得到应用，实现对环境的精准监测和管理。

（九）新材料创新高潮袭来，重点领域取得新突破

新材料产业总体发展态势良好，世界各国纷纷出台新材料战略计划，在战略侧重点上各有千秋；材料行业呈现集中化趋势，高端材料寡头垄断现象显著，国际上对企业之间收购并购交易的审查日益审慎，部分特大型并购交易处于延期阶段；新型材料的回收问题日益成为研究关注重点，将废弃物转化为能源或有价值的产品的材料回收技术受到广泛关注。

电子信息材料领域，半导体材料市场呈走高趋势，中游生产厂商增加设备投入和资本开支的意愿非常强烈；2016年半导体材料行业并购频发，巨头企业逐步完成全产业链的贯通；第三代半导体材料发展势头良好，产业布局呈现高度整合状态，各国加紧布局，在支持方向上以应用需求带动研发，引导资源进入产品开发和市场终端应用。显示材料中，有机发光二极管材料呈持续快速增长态势，上游材料主要供应商以日、美、德、韩公司为主，第三代有机发光材料有机热活性型延迟荧光材料已经崭露头角。

生物医用材料领域，生物医用材料市场不断增长，考虑到全球人口老年化增长，人类心血管疾病发病率不断增加等因素，心血管医用材料成为研究焦点，镍钛合金是目前主流支架材料，可降解镁合金材料被寄予厚望，在临床上应用较为成熟的可降解性聚合物支架材料主要以聚乳酸和聚乙醇酸为主；生物燃料材料虽然面临一系列挑战，但是用于交通和可再生能源供热的生物燃料市场仍在不断扩大，以热化学和催化技术生产的生物燃料成为新兴热点。

新能源汽车材料领域，汽车轻量化推行力度持续增加，以铝镁合金为代表的轻质材料发展向好，超高强度钢及钢铝混合等材料技术相对成熟，部分车型已量产上市，而涉及镁合金、碳纤维等新型材料的新能源车型多数仍在技术储备和样车试制阶段；锂电池材料呈迅猛增长态势，正极材料竞争激烈，三元材料和磷酸铁锂各有优势，负极材料产业集中度较高，以中日两国企业为主。

新材料前沿领域，超导材料表现出增长潜力，低温超导材料处于主导地位，氧化物超导材料是研究热点，重费米子超导材料尚待进一步探索；碳纳米材料中石墨烯市场发展前景看好，碳纳米管应用市场潜力较佳，其中多壁碳纳米管的应用尤为引人注目；超材料极具创新颠覆价值，研发初见成果。

（十）新能源汽车销量大幅上扬，上下游企业加紧研发与市场布局

2016年全球新能源汽车销量快速增长，纯电动和插电式混合动力乘用车总销量同比增长40%，全球保有量超过200万辆；丰田混合动力车截至2017年1月底的全球累计销量突破1000万辆。日本市场持续低迷，欧洲保持10%左右的温和增长，美国呈现出将近40%的快速增长，中国仍然是全球新能源汽车增速最快的地区。

跨国汽车企业持续激烈竞争。宝马和大众分别推出新能源汽车发展战略，并针对中国市场设定电动车销售目标；戴姆勒旗下奔驰采用全新“EQ”子品牌策略专注纯电动车发展；丰田从原有的混合动力



力与燃料电池技术开始向包括纯电动车在内的全方位环保车战略倾斜；日产和通用注重可再生能源生产电动车；福特和现代的企业战略规划主要集中在中国市场；特斯拉多方进行资本运作，持续推进车载电池生产和充电网络建设。

燃料电池汽车领域，2016—2017年跨国汽车企业与能源企业合纵连横。丰田与马自达深入合作，戴姆勒、宝马、丰田、本田、现代与壳牌、道达尔、液化空气、林德、英美资源、法国 Engie、阿尔斯通、川崎重工成立氢燃料委员会，本田和通用合资建立燃料电池系统制造基地，日产联合丰田、本田、JXTC 能源等 10 家企业建设氢燃料加注站，各种联盟与合作推动燃料电池汽车技术研发和加氢站建设加快进行。

车载动力电池领域，乐金化学、三星 SDI、松下等日韩车载动力电池企业在欧美积极建设电动工厂；特斯拉超级电池工厂 2017 年初开始量产；比亚迪、天津力神、宁德时代等多家中国车载动力电池企业规划扩建新的产品生产线，并与整车企业合作进行资本整合升级，推动动力电池企业与终端车企优势互补，在利润空间挤压下创造新的产业增长点。电动车辆充电基础设施建设也加快进行。美国大部分地区充电站数量年增长 125% 以上，宝马、戴姆勒、大众和福特合资建设欧洲超快速充电网络，日本电动汽车快速充电站已超过加油站数量。

汽车电子加快向智能化、自动化、无人化趋势发展。众多汽车跨国企业和零部件供应商从车身半导体、动力控制、安全控制、导航通信等多方面推进半自动驾驶阶段和高度自动驾驶阶段的无人驾驶技术研发，特斯拉研发的半自动驾驶汽车实现商业化；谷歌、百度等研发的无人驾驶汽车还处于测试过程中，高阶的无人驾驶多项相关技术瓶颈还未得到根本性突破。各国政府积极推进相关标准与法规修订，从主动安全技术升级为半智能并最终实现全工况无人驾驶将是一个循序渐进的长期过程。

四、发达国家制造业战略新政与发展举措

（一）美国：继续聚焦先进制造技术及其产业化

1. 国家制造创新网络（美国制造）取得新进展

国家制造创新网络（NNMI）作为政府、学术界和产业界公私合作的平台，打通“基础研究、应用研究、商业化”三大环节，提高制造业竞争力。从 2012 年 8 月至 2015 年 8 月，共成立 7 个制造创新机构。2016 年 9 月，NNMI 启用新名称“制造美国”（Manufacturing USA），昭示着 NNMI 在美国制造业复兴计划中的地位进一步提升。

2016 年以来，“制造美国”继续抓紧开展，至 2017 年 1 月，共成立 7 个制造创新机构，机构总数达 14 个（表 1.6）。

2016 年 4 月，位于马萨诸塞州剑桥的革命性纤维与织物制造创新机构（AFFOA）成立，由国防部牵头，建设资金投入包括联邦资金 7500 万美元，非联邦资金超过 2.5 亿美元，管理机构为麻省理工学院，成立时成员超过 89 家。该机构专注于在纤维科学上的尖端创新以及超强性能纤维和织物的商业化推广，主要技术方向包括：高强度质量比纤维；具有高湿蒸汽透气率的选择性渗透薄膜，提升纤维性能；高性能缝合与封闭系统等。

表 1.6 美国制造创新机构成立概况

机构名称	关注重点	地点	成立时间
美国制造 (AM)	增材制造	俄亥俄州扬斯顿	2012 年 8 月
数字制造与设计 (DMDII)	数字设计与制造	伊利诺伊州芝加哥	2014 年 2 月
明日轻质创新 (LIFT)	轻质金属制造技术	密歇根州底特律	2014 年 2 月
电力美国 (PA)	基于宽禁带半导体的电力电子器件	北卡罗来纳州罗利	2014 年 12 月
先进复合材料制造 (IACMI)	先进纤维增强聚合物复合材料	田纳西州诺克斯维尔	2015 年 6 月
AIM 光子 (AIM)	集成光子电路制造	纽约州罗彻斯特	2015 年 7 月
下一代柔性 (NextFlex)	半导体与柔性电子器件	加利福尼亚州圣何塞	2015 年 8 月
革命性纤维与纺织品 (AFFOA)	纤维与纺织品	马萨诸塞州剑桥	2016 年 4 月
基于智能制造的清洁能源 (CESMII)	先进的传感器、控制装置、平台和建模等	加利福尼亚州洛杉矶	2016 年 6 月
先进再生制造 (ARMI)	综合性的生物制造系统	新罕布什尔州曼彻斯特	2016 年 12 月
过程强化部署快速推进 (RAPID)	利用模块化化工过程强化提升能源生产率和效率	纽约	2016 年 12 月
生物制药 (NIIMBL)	使用活体细胞生成复杂生物疗法	特拉华州纽瓦克	2016 年 12 月
材料循环与再利用 (REMADE)	可回收、重用和再制造的绿色制造技术	纽约州罗彻斯特	2017 年 1 月
先进机器人制造 (ARM)	机器人制造相关技术	宾夕法尼亚州匹兹堡	2017 年 1 月

资料来源：<https://www.manufacturingusa.com/institutes>，上海科学技术情报研究所 (ISTIS) 分析整理

6 月，位于洛杉矶的基于智能制造的清洁能源制造创新机构成立，由能源部牵头，建设资金投入包括联邦资金 7000 万美元，非联邦资金超过 7000 万美元，管理机构为智能制造领导联盟，成员数近 200 家。该机构专注于先进的传感器、控制装置、平台和建模等，主要工作及目标是促进智能传感器、智能产品和智能数字过程控制的进步。

12 月，创立三个制造创新机构，分别是国防部牵头的先进生物组织制备 (ARMI)，能源部牵头的过程强化 (RAPID)，商务部牵头的生物制药 (NIIMBL)。ARMI 位于新罕布什尔州曼彻斯特，开发综合性的生物制造系统，包括高通量培养技术、3D 生物制造技术、生物反应器、存储方法、破坏性评估、实时监测 / 感知和检测技术等。建设资金投入包括联邦资金 8000 万美元，非联邦资金超过 2.14 亿美元，管理机构是先进可再生制造研究所，成立时成员达 87 家。RAPID 位于纽约，主要是利用模块化化工过程强化，开发突破性技术，改进油气、造纸和化学品等行业的制造工艺，在未来 5 年实现国内能源生产率和能源效率提升 20%。建设资金投入包括联邦资金 7000 万美元，来自 130 多个合作伙伴的非联邦资金 7000 万美元，管理机构是美国化学工程师学会。NIIMBL 是商务部牵头的首家制造创新机构，也是首家通过“开放性主题”竞标产生的制造创新机构，位于特拉华州纽瓦克，聚焦使用活体细胞生成复杂生物疗法，建设资金投入包括联邦资金 8000 万美元，非联邦资金超 1.29 亿美元，管理机构为新组建的独立非营利组织美国生物有限公司，成立时成员超过 150 家。

2017 年 1 月，创立两个制造创新机构，分别是位于纽约州罗彻斯特的材料循环与再利用 (REMADE)，位于宾夕法尼亚匹兹堡的先进机器人制造 (ARM)。REMADE 专注于可回收、重用和再制造的绿色制造技术。建设资金投入包括联邦资金 7000 万美元，来自超过 100 个合作伙伴的非联邦资金 7000 万美元，管理机构为可持续制造创新联盟。ARM 由国防部牵头，由新成立的国家非营利机构——美国机器人公司 (American Robotics) 管理，成立时成员达 223 家，建设资金投入包括联邦资金



8000 万美元，非联邦资金 1.73 亿美元。ARM 技术焦点包括六个主要领域：协作机器人；机器人控制；学习和控制；灵巧操作；自主导航和机动性；感知能力；测试和验证。ARM 致力于在关键的增长领域快速采用机器人技术，如，包括航空航天、汽车、电子和纺织品领域的制造业。

对于已创建的制造创新机构重点技术领域，按被列为制造创新机构关键技术的频次计算，与材料及材料工艺相关的超过 1/3，材料及其工艺在美国制造业创新中的重要性显而易见。14 个制造创新机构中，有 8 个涉及材料，6 个涉及材料工艺。此外，电子技术、传感器、数字化制造、轻量化制造、建模与仿真也是制造创新机构涉及频次较高的技术领域（表 1.7）。

表 1.7 美国制造创新机构技术领域

机构简称	技术领域																			
	材料	材料工艺	电子技术	传感器	数字化	轻量化	建模及仿真	设计	自动化	机器人	度量技术	生物技术	化学工艺	光子与光学	人工智能	生物制造	可回收	可重用	可持续制造	
AFFOA	√	√	√	√																
AIM			√	√										√						
AM	√	√				√														
ARM	√		√	√	√		√		√	√					√					
ARMI	√									√		√				√				
CESMII				√	√		√													
DMDII					√			√	√											
IACMI	√	√				√														
LIFT	√	√				√	√	√			√									
NextFlex			√	√	√															
NIIMBL	√	√									√	√								
PA	√		√																	
RAPID		√											√							
REMADE																	√	√	√	√

资料来源：<https://www.manufacturingusa.com/institutes>，上海科学技术情报研究所（ISTIS）分析整理

2017 年 1 月，德勤完成美国国防部委托的“制造美国”评估报告。根据报告分析得出的结论，“制造美国”初步运行成效令各利益方满意，达到最初设计和战略规划的目标，对于一些长期目标，则还需假以时日进一步观察。报告特别指出，相对于其他国家在先进制造领域的投入，美国政府对于“制造美国”的支持力度还需进一步加大。而且，随着机构规模的扩大，其运营和管理上也需要更大力度的投入，对机构适当的监管，是“制造美国”成功的关键。

2. 提出国家优先先进制造技术领域

2016 年 4 月，美国国家科技委员会的先进制造小组委员会（SAM）发布“联邦政府优先技术领域速览”，结合现状及未来发展趋势，提出国家优先先进制造技术领域。其中有 5 个重点潜力领域，分别为：先进材料制造（如高性能合金，轻量材料的生产技术等）；推动生物制造的工程生物（如人工合成蛛丝制造）；再生医学生物制造（如人体器官的活体 3D 打印）；先进生物产品制造（如生物燃油、生物化工品等）；药物连续制造。这 5 个重点潜力领域是广受联邦机构关注和资助的新兴技术领域，也是政产学研深入合作、未来投资的备选重点，其中 4 个涵盖生物制造（表 1.8）。

表 1.8 美国联邦政府优先技术领域

重点领域	描述	技术挑战 / 技术重点	联邦资助重点
先进材料制造	<p>先进材料使得前所未有的功能产品成为可能；</p> <p>为充分从先进材料获利，企业需要全新工具和方法，量身打造设计并加速大规模生产；</p> <p>先进材料生产横跨多个行业，如汽车、飞机、生物医药和电子，这些都是国家经济和安全的产业</p>	<p>轻质结构复合材料、储能材料、生物医疗器械材料等从纳米尺度开展结构研究，探索更好的手段方法；</p> <p>对制造工艺进行表征及建模，为加速新工艺开发及减少材料选择的冗余提供知识储备；</p> <p>产品需要测试，以保证其符合性能指标及安全要求；</p> <p>开发材料及终端用户性能表征方法</p>	<p>开发数据仓库及预测软件工具，推动新型结构金属、用于新型电子产品定向自组装的聚合物等新材料的设计；</p> <p>先进传感器技术及纳米制造工具，支持材料产品的规模化制造，包括碳纳米管复合材料、光学超材料、生物制药等</p>
推动生物制造的工程生物	<p>生物工程（包括生物合成）的进步，可广泛应用在化学、材料和细胞行业的制造中；</p> <p>美国生物工程研究处于领先地位，然而，还须加大投资，将新工具的开发转化为支持生物制造的有力技术和支持国土安全的新材料</p>	<p>多种方法阐述生物制造过程的鲁棒性和稳定性，包括更清晰掌握脱氧核糖核酸（DNA）稳定性与修复、表观遗传学及演化的生物机制，开发定量工具，推动制造环境中复杂生物设计的预测；</p> <p>开发能够完全协调的生物组件及工艺；</p> <p>未来实现生物制造体系中的有机体功能化</p>	<p>生物复杂性理解；</p> <p>新型技术开发；</p> <p>新型工程生物体设计 / 构建 / 测试的计算及自动工具的开发</p>
再生医学生物制造	<p>再生医学及干细胞的临床应用具有修复或替换功能不正常、退化或缺少的细胞、组织、器官的作用</p>	<p>建立稳健、可访问、规范的制造和测试平台和方法；</p> <p>新技术创新：极少或无损检测、用于新型药物或患者靶向治疗的试验台、用于生产复杂生物制品的替代工厂以及建模仿真设计平台等；</p> <p>关键技术领域：开发用户定义的通用测试设备或传感器，用于理解、监测和表征制造过程中的产物，建立制造标准等</p>	<p>基于干细胞的制造技术路线图；</p> <p>再生药物测量与标准；</p> <p>基于干细胞的再生医疗产品的开发和转化；</p> <p>干细胞衍生血液产品的开发和推广</p>
先进生物制品制造	<p>生物产品（高价值化学品、生物试剂、材料、燃料及来源于可再生生物资源的其他生物基中间体）起到减少石油使用的作用，将成为新兴生物经济的支柱</p>	<p>克服成本、土地使用、区域和资源差异等问题；</p> <p>高效、低成本、可靠的转换技术是生物制品工业化的关键挑战；</p> <p>原料和工艺变化会引起污染、堵塞、腐蚀或其他问题，需开展全集成系统运行数据的监控</p>	<p>生物燃料和生物能源工艺的基础性研究；</p> <p>开发原料物流技术和横向设计系统以降低成本；</p> <p>转化技术研发和应用；</p> <p>生物精炼项目示范和商业化</p>
药物连续制造	<p>连续生产可为制药和生物技术行业带来多重好处，如可以提升制药业的敏捷性、灵活性和鲁棒性，帮助减少由于药物短缺带来的对公众健康的威胁</p>	<p>建模和仿真技术的进步可以优化设备配置、制造技术路线和控制系统；</p> <p>传统小分子药物制造需要新型化学合成工艺；</p> <p>大分子生物技术产品的制造需改进生物反应器的配置以适应连续制造工艺的集成；</p> <p>整个合成工艺及下游工艺实时分析无缝集成；</p> <p>药物配方中的活性成分变为产品、实现商业化</p>	<p>面向食品药品的结构化复合粒子产品的设计、开发和制造基础科学研究；</p> <p>基于蛋白质药物的表征和制造；</p> <p>快速响应的小型化和分布式药物制造平台的开发；</p> <p>药物集成制造工艺模拟和仿真</p>

资料来源：上海科学技术情报研究所（ISTIS）分析整理



除了上述新兴技术领域，“联邦政府优先技术领域速览”还宣布9个已经投入大量资金的优先先进制造技术领域，分别是：增材制造；先进复合材料；数字制造和设计；柔性混合电子；集成光子；轻金属；智能制造；革命性的纤维和纺织品；宽禁带半导体电子。以及可能成为未来投资的技术领域，如先进机器工具 and 控制系统、辅助和软件机器人、化学和热学过程强化、可持续制造等。这些技术领域已经或将为“制造美国”设立的创新机构所覆盖。

（二）日本：部署应对工业4.0战略措施

在全球掀起工业4.0概念热潮之际，日本调整制造业方向，强化人工智能、精密部件、机器人等领域技术和产业优势，打造充满活力、适宜生活的社会。

1. 持续推进“超智能社会”

与专注工业的“德国工业4.0”“美国工业互联网”“中国制造2025”不同，日本在2016年1月“第五期科学技术基本计划（2016—2020）”中提出的“超智能社会”概念可视作日本版工业4.0。“超智能社会”是指通过最大限度利用信息通信技术，将网络空间与现实空间融合，使每个人最大程度享受高质量服务和便捷生活的社会形态。“超智能社会”超越工业的范畴，构想工业与整个社会的关系。

2016年5月，日本文部科学省发布《2016年度科学技术白皮书》，以“挑战超级智能社会”为主题，阐述“超智能社会”的未来场景、带来的挑战和应对举措。白皮书指出，日本要在“超智能社会”成为世界领跑者，需从三个方向进行规划和采取措施。

（1）科技研发：促进支撑“超智能社会”的研发及其系统化。计算机、网络、机器人和人工智能等技术是“超智能社会”的核心。日本在机器人、传感器、通信基础设施和实时数据保存方面占据领先地位，在超级计算方面也有不俗实力。但是，在信息科学领域的商业模式构建、数据分析技术方面却相对较弱，物联网和大数据利用也不够活跃。日本应进一步发挥优势，促进制造业发展和实时数据存储，利用机器人解决现实社会问题，加强信息技术领域的研发。应以联合单个系统的“系统化”工作为重点，构建能有效利用物联网的通用平台，开发能促进多系统间数据利用的接口与数据平台。针对“天顶卫星系统”“数据集成与分析系统”“公共认证基础”等通用系统提供的信息，开发相关技术或采取相应措施，促进信息在多系统间的应用。此外，边缘计算对于实现高速且多样化的实时数据处理也很重要。

（2）开放创新：针对“超智能社会”变革科技创新方法。面向“超智能社会”的实现，整顿相关制度，包括：合理促进包含个人信息在内的信息利用，合理促进有知识产权保护的信息利用，解决与制造商和服务提供商责任相关的问题，开发能确保网络安全的必备基础技术。此外，充分利用特区制度，推行相关措施。例如，在神奈川县藤泽市湘南区设立国家战略特区项目，简化特区内自动驾驶审批，针对完全自动驾驶开展试验。针对科研范式的转变，推进开放科学活动。利用大数据分析和人工智能技术，变革科研方法与途径，高效再利用研究人员创造出的海量学术信息。

（3）人才培养：培育能活跃于“超智能社会”的人才。目前，对于人工智能无法替代的领导力、创造性、挑战精神、感性和思维能力变得尤为重要。与其他发达国家相比，日本精通最先进技术的人工智能专家、数据科学家、网络安全人才以及拥有创业精神的人才在质和量方面都远远不足，需要采取措施大力培养。需要针对“超智能社会”进行教育内容和教育方法的变革，如培养科学素养、主动

学习和编程能力、信息道德等，推行大规模开放网络课程（MOOC）和自适应学习。此外，应整顿相应环境，便于在“超智能社会”重新开展学习，包括实施职业实用技能培训项目认证制度，创建能开展实用型职业教育的新型高等教育机构等，培养国民自主学习能力和主动解决问题能力。

此外，2016年与2017年的“科学技术创新综合战略”都将实现“超智能社会”作为核心战略目标，围绕建设“超智能社会”核心目标制定具体推进举措。

“科学技术创新综合战略2016”在“超智能社会”深化和推进方面，主要有两项工作。一是实现“超智能社会”的平台。具体包括五个方面：构建以创造新价值和新服务为基础的数据库；促进数据库的灵活运用；推进知识型产权战略和国际标准化；推进规章制度的改进，形成社会共识；推进能力研发和加强人才的培养。二是建设“超智能社会”的基础技术。进一步加强日本具有优势的技术，特别是网络安全技术、大数据分析技术及人工智能技术等，作为重要的研究对象并重点推进。

“科学技术创新综合战略2017”针对“超智能社会”制定的主要举措有：①在全民参与基础上推进官产学研一体化，重点激发年轻研究人员及风投企业的积极参与；②通过加强基础技术、推进实施“关联产业”等相关措施，实现各部委从基础研究到产业化措施的贯彻实施，通过“战略创新创造项目”协调各部委措施的方向性并逐步推进；③向全世界宣传、分享超级智能社会5.0理念，构建大数据平台支撑知识型社会。

2. 以人工智能作为实现“超智能社会”的核心

日本以人工智能作为实现“超智能社会”的核心，不断突破高精尖技术领域。以机器人等智能硬件为基础，以物联网、云计算等为手段，突出未来制造系统的协调性。为加快突破核心技术，日本成立机器人革命倡议协议会，作为推动“机器人新战略”的核心机构，下设物联网升级制造模式工作组等专门委员会和特别小组，依托政府部门开展工作，以保持产业政策实施的连续性和工作目标的针对性。设立信息物理系统（CPS）推进协会，负责修改跨领域、跨企业合作的市场规范，在安全性、技术、人才培养等方面，为尽早实现数据驱动型社会奠定基础。以“中小企业技术创新制度”为核心政策框架，通过灵活运用促进创新产业政策工具，激发中小企业创新活力。同时，推进“大学新产业创造计划”“革命性技术创新计划”等行动计划，深化产学研合作的创新机制，加快创新成果商业化。

日本政府更是不遗余力推进人工智能的发展，2016年设立“人工智能技术战略会议”，作为国家层面综合管理机构，其下以总务省、文部科学省和经济产业省协作方式，从产学研相结合的战略高度推进人工智能的研发和应用；将人工智能研究作为国家增长战略的优先领域，推进人工智能研究纳入“第五期科学技术基本计划（2016—2020）”“科学技术创新综合战略2016”和“科学技术创新综合战略2017”。

日本人工智能研发以“超智能社会”为主要拉动力，不仅针对产业部门，也针对物流、医疗等社会民生部门，尤其是针对老龄化社会健康及护理等对人工智能机器人的市场需求。为实现人工智能的产业化，2017年3月，日本政府制定路线图，计划分3个阶段推进人工智能的利用，实现制造业、物流、医疗和护理等行业效率的大幅提高。第一阶段（2020年前后），确立无人工厂和无人农场技术，普及新药研制的人工智能支持，实现生产设备故障的人工智能预测。第二阶段（2020—2030年），达到人与物输送及配送的完全自动化，机器人的多功能化及相互协作，实现个性化的新药研制，家庭与家电人工智能的完全控制。第三阶段（2030年之后），使护理机器人成为家族一员，实现出行自动化



及无人驾驶的普及（人为原因交通事故死亡率为零），能够进行潜意识的智能分析，实现本能欲望的可视化。

日本政府已将 2017 年确定为人工智能元年，在 2017 年政府预算中，对人工智能技术研发给予多方面支持。其中总务省预算 4.1 亿日元，内部补贴 273 亿日元，主要用于开发模仿大脑分类学习等技能的人工智能，推进脑信息通信技术和社会认知解析的技术研发；另外预算 6 亿日元，主要用于物联网、大数据、人工智能等信息通信平台的实证研究。文部科学省预算 71.09 亿日元，主要用于人工智能、大数据、物联网等网络安全一体化项目。经济产业省预算 45 亿日元，主要用于人工智能和机器人核心技术研发；2016 年第二次补充预算 195 亿日元，主要用于人工智能全球研发基地建设。厚生劳动省预算 4.7 亿日元，主要用于临床人工智能数据系统实证研究；预算 1.8 亿日元，主要用于探索人工智能支持新药研发活动。农林水产省预算 500 亿日元，主要用于新一代农林水产创新技术研发。国土交通省预算 3 亿日元，2016 年补充预算 0.6 亿日元，主要用于物联网、人工智能、机器人等技术应用；预算 4.86 亿日元，2016 年补充预算 0.9 亿日元，主要用于与海洋活动相关的物联网、人工智能、机器人等应用技术研发与实证。

3. 与德国联手推动工业 4.0

2016 年 4 月，日本就与德国签署副部级《物联网与工业 4.0 合作共同声明》，决定在“产业网络信息安全”“国际标准化”“法律法规改革”“中小企业物联网扶持”“物联网与工业 4.0 研发”和“人才培养”等 6 个领域深入合作。

2017 年 3 月，日本政府与德国政府联合签署《汉诺威宣言》，进一步推进物联网和工业 4.0 合作。除官方外，更带动民间一起推进物联网和工业 4.0 的合作。这是两国继 2016 年副部级共同声明之后，上升为正部级的一项工业 4.0 落地合作。从内容上看，在 2016 年共同声明中 6 个合作领域的基础上，新增“平台”“汽车产业”“信息通信领域合作”3 个领域。

《汉诺威宣言》九大合作领域分别是：①物联网与工业 4.0 领域的网络安全，尽早启动网络安全有关的国际标准化讨论，共同推进物联网信息安全的国际标准。②国际标准化：2017 年 1 月日本曾向国际电工委员会（IEC）提交物联网与工业 4.0 有关的标准提议，两国已召开 5 次专家会议。两国将在这一领域国际标准制定上发挥先导作用。③法律法规改革：落实 2016 年七国集团（G7）信息通信部长级会议中明确的数据流通准则，加强数据流通准则的效果评价合作，制定与完善物联网相关法律法规。④中小企业扶持：推动日本与德国物联网应用领先的中小企业之间互相交流，实现知识与资源的共享。两国政府从资金层面，加强对中小物联网企业国际合作的扶持。⑤研发：日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）与德国人工智能研究中心（DFKI）在人工智能领域缔结合作备忘录。两国政府从资金层面，加强对企业间合作研发的扶持。⑥平台：推动物联网与工业 4.0 社会组织的深入合作和交流。⑦数字化人才培养：合作开展制造业企业员工的数字化技能培训以及技能提升工程。⑧汽车产业：推进汽车产业政策协议。除了充电基础设施合作之外，还要启动无人驾驶汽车以及智能网联汽车等研发工作。⑨信息通信领域合作：主要集中在人工智能、第五代移动通信技术的开发，持续开展两国信息通信产业政策对话。

上述合作中，围绕汽车产业，两国签署《电动汽车·无人驾驶汽车·智能网联汽车等备忘录》，拟定 8 个重点合作项目：电动汽车以及新一代充电系统；氢燃料电池汽车以及其他新能源汽车；无人驾驶

汽车与智能网联汽车，以及相关的信息安全技术与3D导航等技术；两国间的标准化以及国际标准化；应对国际规则；中小企业扶持；人才培育；研发。两国将通过示范项目交流信息，积极促进企业与研究机构间开展合作，并约定每年定期举两国局长级会谈。

（三）新加坡：推动制造业转型升级

近年来，制造业占新加坡经济的比率逐年下滑，2015年新加坡制造业产值萎缩5.2%，占国内生产总值的19.8%。面对当前周期性经济疲软和制造业结构性萎缩，2016年，新加坡频出重拳，大力推动制造业转型升级。

1. 推进先进制造业发展

制造业能持续为研发、分销和售后服务等行业提供优质工作，也会带动其他产业发展。根据新加坡劳工部估算，制造业增值每增加10亿新元，就能为其他产业带来3亿新元增值，提供2400个就业机会。基于制造业对新加坡经济的战略价值，新加坡政府承诺多管齐下，推动先进制造科技的发展，帮助制造业转型升级。同时鼓励本地研究机构与从业者合作以提高企业创新能力，开创新商机。

从“全国科技1995年计划”起，新加坡政府每隔5年拨款投入研发和创新领域，即研究、创新与企业计划（RIE计划）。2016年，新加坡政府发布新一轮“研究、创新与企业计划2020”（RIE2020），在2016—2020年提供190亿新元用于研发，比“RIE2015”五年计划的资助额度（160亿新元）提高18%。这笔经费中，约86亿新元投入四个具备战略意义的科研领域，包括先进制造、生物医药、服务与数字经济及城市方案。其中先进制造领域获得33亿新元经费，占总拨款的17%，涵盖八个关键的行业领域：航空航天、电子、化学、机械系统、海洋与近海、精密模块组建、生物医药制造以及医学技术制造业，此外还有四个技术交叉领域，分别是：机器人与自动化、数字制造、增材制造和新材料。

增材制造（又称“3D打印”）是获得新加坡政府RIE2020计划支持的一个重要领域，政府希望协助新加坡本地精密工程业者迈向高产值制造业，从数码制造科技中获益。2015年9月，新加坡就成立全国增材制造创新组合（NAMIC），重点支持新加坡具有开发能力与竞争优势的行业应用3D打印，应用行业包括航空航天、船舶和海洋、精密工程、医疗技术、建筑、设计等。2017年5月，新加坡新开设3D Metalforge增材制造中心，这是新加坡首个端到端金属增材制造中心，该中心能为海事、精密工程和建筑业者提供金属零件或生产少量产品。为将利益最大化，政府将整合创新价值链，充分利用创新生态系统内政府机构、公共机构研究人员、大学以及企业等各相关方的能力，共同推进先进制造领域的发展。

2. 推出“产业转型计划”

根据政府2016财政年度预算案，新加坡2016财年的公共开支预算总额预计达到734.3亿新元，较上一年度增长7.3%，占其国内生产总值的17.9%。加大对企业的扶持力度、引导产业转型创新是此次财政预算案的“亮点”，新加坡政府拟推出系列举措帮助和引导企业及产业转型创新。其中最为引人关注的是斥资45亿新元，推出“产业转型计划”（Industry Transformation Maps），从企业、产业和创新三个方面推动新加坡经济转型，以帮助新加坡企业适应宏观经济形势变化。在帮助企业转型方面，政府将采取多项举措帮助企业使用新技术、扩大规模，并推动企业国际化。针对新加坡人力资源短缺瓶颈，2016财政预算案分别拨款4亿新元和4.5亿新元，帮助企业应用自动化项目和机器人技术，助力



中小企业应对劳动力市场紧缩。

在产业转型方面，选定 23 个重要产业制定“产业转型蓝图”，这些产业占据新加坡国内生产总值 80% 以上的份额，包括精密工程业、电子工业、航空航天业、医疗保健业、食品服务业、零售业、酒店业、物流业等。政府将根据各个产业的需求量身定制蓝图，并不断调整来确保计划与时俱进。为支持“产业转型蓝图”和加强各政府部门间的协调，政府为每个产业领域设立小组团队，包括来自经济发展局、标新局、国际企业发展局、科技研究局和劳动力发展局等部门的职员。技能、创新与生产力理事会（CSIP）负责所有产业转型蓝图的推行工作。“产业转型蓝图”中的 23 个产业被划分为六个产业组合（集群），CSIP 旗下的六个小组分别负责不同产业组合（表 1.9）。

表 1.9 新加坡“产业转型计划”集群和产业

集群	制造业	建筑环境	贸易和连通	国内基本服务	专业服务	生活方式
产业	精密工程	建筑	批发贸易	医疗保健	专业服务	食品制造
	能源和化学品	房地产	陆地运输	教育	金融服务	食品服务
	海洋	安全	海上运输		信息通信和媒体	酒店
	航空航天	环境服务	航空运输			零售业
	电子		物流			

说明：深色区域为已推出蓝图的产业

资料来源：新加坡贸易与工业部

3. 精密工程业转型发展已经启动

新加坡精密工程业共聘用 9.4 万个员工，2014 年的增值为 88 亿新元，占当年制造业整体增值的近 15%。新加坡政府 2016 年 10 月推出精密工程业产业转型蓝图，是制造业中首个推出转型蓝图的领域。政府通过开发新增长领域、加大创新力度和提升员工技能，帮助本地精密工程企业转向数码化生产，力争到 2020 年创造 3000 个专业人员、经理、执行人员和技师（PMET）工作机会，产业增值从 2014 年的 88 亿新元增加至 140 亿新元。精密工程业的新增长领域包括增材制造、机器人、先进材料、感应器、激光和光学等，行业转型提供更多新型优质工作，包括机器人协调员和工业数据科学家等。经济发展局（EDB）主导该行业的转型工作。

根据蓝图，政府通过两项计划鼓励创新，帮助本地精密工程企业迈向数码时代。首先，新加坡科技研究局（A*STAR）旗下的新加坡制造技术研究院（SIMTech）和先进再制造与科技中心（ARTC）设立数码化制造平台，为企业开发相关科技和解决方案。第一阶段工作预计在 2017 年完成。其次，经济发展局让一批企业率先测试和采用新科技，再将这些科技推广到整个行业。铭板集团就是其中一家数码带头人，引进机器人并打造智慧工厂。铭板集团 2016 年 10 月与四家科技工程企业签署合作备忘录，通过引进数码管理系统和机器人，打造高度自动化的智慧工厂，将生产力提高 20%~30%。集团计划在未来 3~5 年投资 1000 万新元至 1500 万新元，在本地两家工厂率先推行智慧工厂计划，再逐步推广到马来西亚和中国的工厂。集团在新加坡的 300 名员工中，约一半是技能较低的操作员。集团已设立培训中心，帮助他们学习新技能，以便跟上集团未来的发展方向。

2017 年 5 月，奥地利 AMS 集团（艾迈斯）投资 5 亿新元在宏茂桥设立新厂，这是精密工程产业近十年最大投资项目。AMS 集团以生产高效能光学感应半导体为主，其高性能传感器与解决方案运用于智能手机、智能家居与建筑、工业自动化以及与物联网有关的各项装置，如自动驾驶汽车不可或缺

的 3D 光学雷达 (LiDAR) 即是公司和产业未来重点之一。宏茂桥新厂面积 2.78 万平方米, 于 2017 年 7 月正式投入生产, 以微光学元件封装为主。新厂内有最先进的制造流程, 生产以研发驱动的革新产品。重新培训技能是新加坡产业转型中的一项核心计划, AMS 集团与劳动力发展局共同发起两项为期半年的专业人士转业计划, 目标是在两年训练 160 名本地员工, 创造需具备更高专业技能的就业机会。AMS 集团打算未来几年再投资数亿美元, 用于技术、设备及扩充人员。

主要参考文献

- [1] United Nations. World Economic Situation and Prospects 2017 [R]. 2017.
- [2] International Labour Organization. World Employment Social Outlook Trends 2017 [R]. 2017.
- [3] International Monetary Fund. World Economic Outlook [R]. 2016.
- [4] United Nations Conference on Trade And Development. World Investment Report 2017 [R]. 2017.
- [5] The Boston Consulting Group. The Shifting Economics of Global Manufacturing [R]. 2014
- [6] 德勤 . 2016 全球制造业竞争力指数 [R]. 2016.
- [7] 德勤 . 2017 年全球人力资本趋势报告 [R]. 2017.
- [8] Accenture. How AI boosts industry profits and innovation [R]. 2017.
- [9] 制造美国 [R/OL]. <https://www.manufacturingusa.com/institutes>
- [10] 新加坡贸易和工业部 . <https://www.mti.gov.sg>
- [11] 重装上阵 美国制造布局继续 [R/OL]. <http://news.hexun.com/2017-01-19/187801546.html>
- [12] 日本提出发展工业 4.0 的政策措施 [R/OL]. http://www.casipm.ac.cn/zt/ydkb/201610/t20161025_4685179.html
- [13] 日德签署《汉诺威宣言》联手推动第四次工业革命 [R/OL]. <http://www.ccpitecc.com/article.asp?id=7237>

行业篇

第二章

世界新型显示产业发展动态

2016 年全球新型显示产业延续蓬勃发展态势，产业链布局更加完善，企业间竞争愈发激烈，中国大陆、日本、韩国、中国台湾“三国四地”格局依旧。新兴技术不断成熟，新型应用持续涌现，TFT-LCD 技术仍然占据主导地位，OLED 抢占中小尺寸市场，柔性显示在智能移动终端“大行其道”，量子点等广色域技术应用逐渐铺开。

一、世界新型显示产业总体发展态势

（一）产业规模企稳回升

由于产能过剩与需求饱和，平板显示在 2015、2016 两年经历较大幅度的滑坡，营收规模仅为 1140 亿和 1010 亿美元，跌幅超过 11%。随着全球宏观经济的弱复苏，尤其是美国经济相对好转与中国经济企稳，IHS Markit 预计 2017 年全球平板显示或将迎来反弹，营收规模有望达到 1110 亿美元，较 2016 年增长 9.3%，2017—2020 年全球平板显示将保持稳步回升的趋势（图 2.1）。

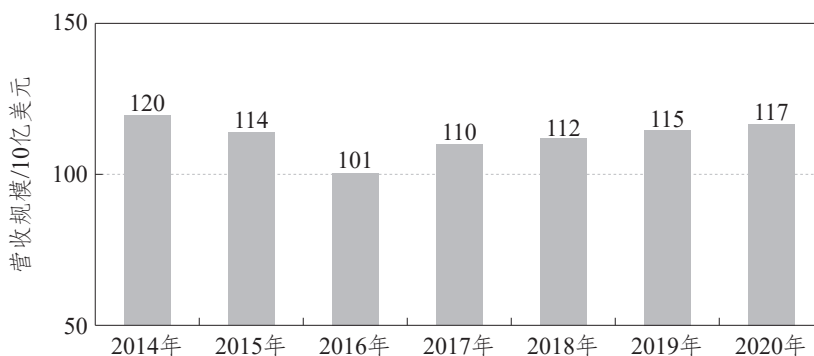


图 2.1 2014—2020 年全球平板显示营收规模

说明：2017—2020 年为预测值
资料来源：IHS Markit



营收规模回升的首要原因是价格的反弹。单元面板价格的增长带来整体规模的反弹，如 32 英寸 open cell 面板价格在 2016 年底同比增幅超过 30%。其次是高端产品需求扩大及其带来的高溢价，消费者对高端产品，如大尺寸电视、高精度显示器、超高清面板需求不断扩大。与此同时，搭载 AMOLED 屏的智能手机、使用氧化物薄膜及低温多晶硅面板（Oxide/LTPS）的笔记本电脑和桌面显示器也受到大量消费者的青睐。

（二）大尺寸偏好推动市场需求

2016 年显示面板需求量达到 1.88 亿平方米，从需求结构来看，电视面板占重要份额，占比超过 70%，达到 1.33 亿平方米，平板电视的平均尺寸首次突破 40 英寸，达到 41.3 英寸。其次是来自显示器、笔记本和平板电脑，其需求量为 3400 万平方米，所占比例为 18%。手机面板需求位列第三，需求量为 1200 万平方米，占比仅为 6%（图 2.2）。

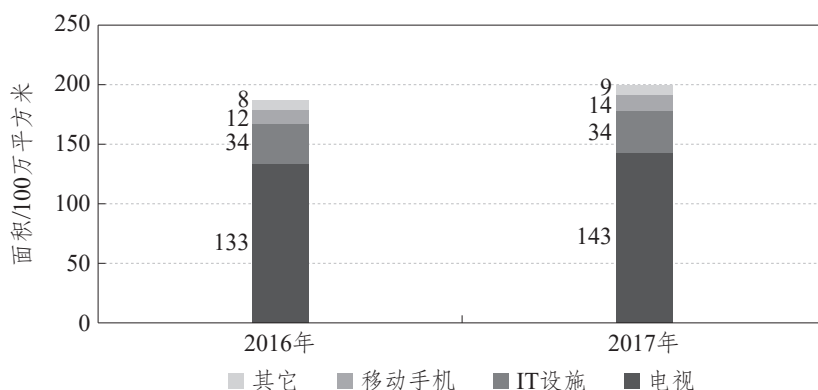


图 2.2 2016—2017 年全球电视面板需求变化

说明：2017 年为预测值
资料来源：IHS Markit

消费者对大尺寸电视的偏爱推动电视面板需求的增长，2017 年显示面板出货面积将进一步扩大，预计达到 2 亿平方米，同比增长 6%。推动面板出货增长的主要来自电视，预计 2017 年电视面板的出货量将达到 1.43 亿平方米，同比增长 8%。显示器、笔记本和平板电脑显示面板出货量相对平稳，手机面板出货量虽然增幅超过 10%，达到 1400 万平方米，但占比仅为 7%，对显示面板的推动并不显著。

（三）AMOLED 抢占中小尺寸市场

近年来，AMOLED 的低良率、高成本等问题获得显著改进，包括三星显示、乐金（LG）显示、夏普、日本显示（JDI）、京东方、天马、国显光电、华星光电等企业大幅提高 AMOLED 面板产能，投入更多资源用于 AMOLED 技术研发。全球 AMOLED 面板产能预计将从 2014 年的 500 万平方米大幅增长到 2020 年的 3000 万平方米。

2014 年以来，AMOLED 在手机面板市场的渗透率逐年提高，与之相对的则是氧化物（oxide）和

非晶硅 (a-Si) TFT LCD 面板的下滑。低温多晶硅 (LTPS) 面板则相对保持稳定。预计 2020 年 AMOLED 在手机中占有率将达到 36%，成为手机领域最主流的显示技术 (图 2.3)。

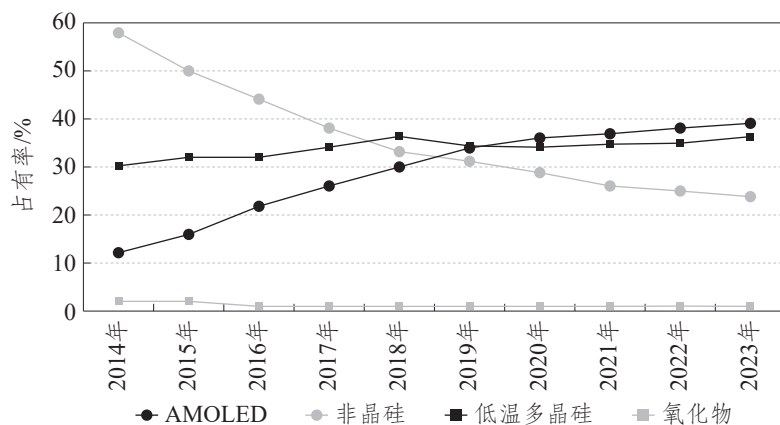


图 2.3 2014—2023 年按技术分类的全球手机面板市场占有率

说明: 2017—2023 年为预测值
资料来源: IHS Markit

除手机之外, AMOLED 在其他中小屏应用中渗透率也显著提高, 尤以智能手表最为明显。由于具有响应速度快、能耗低等优势, AMOLED 在虚拟现实/增强现实 (VR/AR) 显示等近眼显示领域愈发重要。在车载显示领域, AMOLED 的高对比度、柔性可弯曲、广色域等特性为其带来更好的应用 (图 2.4)。

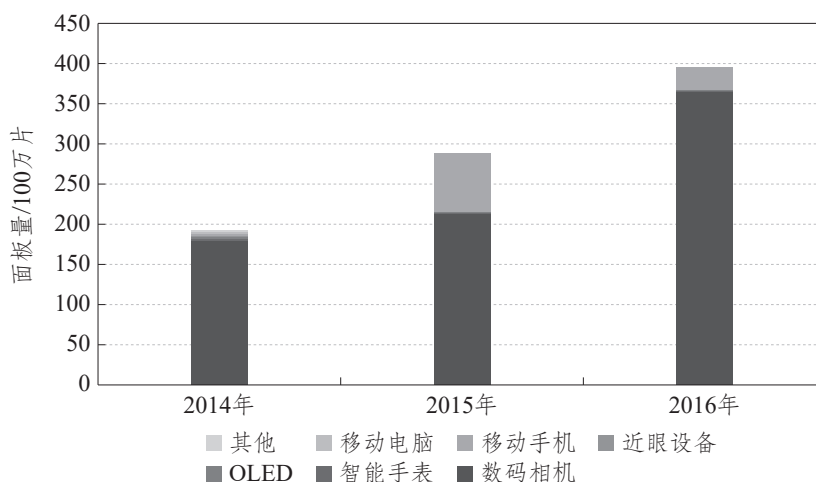


图 2.4 2014—2016 年全球 AMOLED 面板应用分布

资料来源: IHS Markit

(四) 柔性显示有望迎来爆发性增长

受制于产能规模, 2016 年柔性 AMOLED 面板出货量为 5900 万片, 尚未形成大范围应用, 随着三星显示和乐金显示全球新的柔性显示生产线开始投产, 越来越多的智能手机厂商将柔性屏应用在高端



手机，如苹果公司计划在新一代 iPhone 手机上使用 AMOLED 屏，预计 2017 年柔性显示面板出货量将达到 1.39 亿片，同比增长 135%，柔性面板在所有显示面板中的出货比例预计将达到 3.8%。到 2023 年全球柔性显示面板出货量将快速增长到 5.6 亿片（图 2.5）。

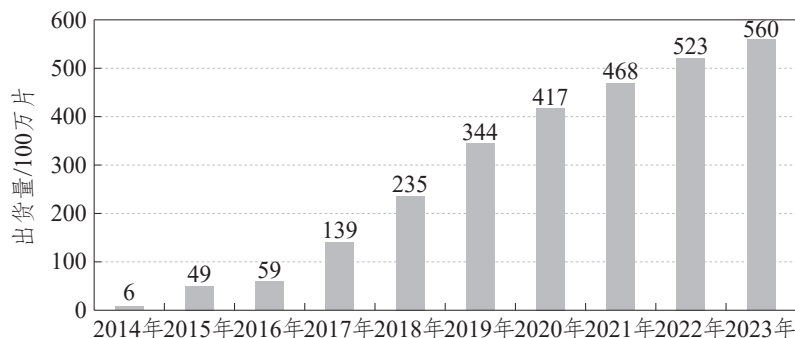


图 2.5 2014—2023 年全球柔性显示面板出货量

说明：2017—2023 年为预测值
资料来源：IHS Markit

从应用类型看，智能手机在柔性面板市场应用中占比最高，2016 年达到 76%，其余应用主要为智能手表。其他柔性显示应用如平板电脑、虚拟 / 增强现实设备、车载屏幕、OLED 电视等依然规模有限，预计 2023 年以前难以迎来大规模的爆发。

（五）广色域持续推进

广色域（WCG, wide color gamut）主要应用于高端显示领域，包括 OLED 和量子点（QD, quantum dots）等技术。随着超高清（4K、8K 分辨率等）电视的兴起，电视厂家为了提高产品竞争力，开始大规模采用广色域技术。IHS Markit 数据显示，2016 年全球广色域面板出货量达到 4.48 亿片，市场渗透率达到 12.3%。预计 2019 年广色域面板出货量将达到 8.69 亿片，市场渗透率进一步提高到 22.2%（图 2.6）。

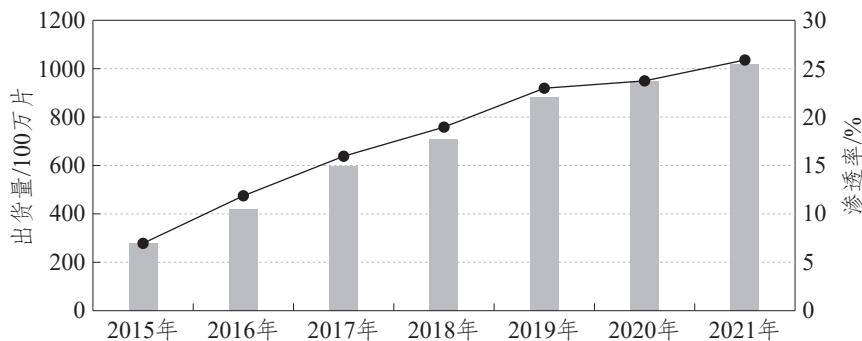


图 2.6 2015—2021 年全球广色域面板出货量

说明：2017—2021 年为预测值
资料来源：IHS Markit

OLED 广色域主要应用于手机，量子点则偏向于电视。2016 年 AMOLED 出货量占整个广色域显示的 93%，出货面积占到 31%；量子点面板出货量为 510 万片，出货面积为 400 万平方米。随着整机厂商在高端电视中大幅度采用量子点技术，预计 2019 年量子点面板出货面积将达到 1500 万平方米，市场份额达到 38%。由于量子点材料中所采用的镉元素是有毒物质，具有安全隐患，技术人员开发无镉应用（Cadmium-free）。2016 年无镉量子点应用在量子点技术中占据 80% 以上的市场份额（图 2.7）。

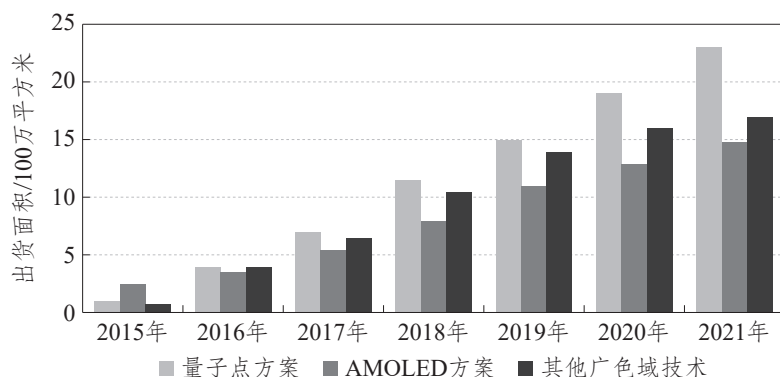


图 2.7 2015—2021 年全球广色域面板出货面积

说明：2017—2021 年为预测值

资料来源：IHS Markit

（六）新型应用带来新机遇

车载显示的崛起，可穿戴设备中的智能手表、智能眼镜，数字标牌设备中的公共大尺寸显示设备，以及工业领域的显示应用正为新型显示带来新的增长机遇。例如，随着汽车电子化程度的加深，车载显示产品数量显著增长，尤其是中小尺寸车载显示屏幕需求大幅增长。IHS Markit 预测，2017 年全球车载显示市场规模将达到 116 亿美元，其中，中控显示（Center Stack Displays）和仪表显示（Instrument Cluster Displays）分别为 61 亿和 48 亿美元，平视显示系统（Head-Up Displays）市场规模虽然仅为 7.31 亿美元，但增长潜力不容低估。

二、TFT-LCD 发展态势

（一）整体市场趋于饱和

群智咨询（Sigmaintell）的数据显示，2016 年全球液晶电视面板出货量为 2.58 亿片，同比下降 2.5%；总面积为 1.3 亿平方米，同比增长 8%，主要原因是平均面板尺寸从 42.7 英寸增长至 44.8 英寸。其中，32 英寸液晶电视面板占出货总量的 30%，39 至 45 英寸占比为 30%，55 英寸占比为 12.4%，65 英寸占比为 3%。

从全球面板企业的出货份额看，韩企乐金显示超越三星，排名全球第一，三星跌至第二；中国台湾的群创排名第三；京东方的重庆 8.5 代线持续扩产，产能明显增加，液晶电视面板出货量达到 4000 万片，出货份额提升到 15.4%，排名全球第四；华星光电得益于 t2 生产线的扩产，出货份额超过友达（表 2.1）。



表 2.1 2015—2016 年全球 TFT-LCD 液晶面板出货量市场份额

品牌	市场份额 /%	
	2015 年	2016 年
LG 显示 (LGD)	20.6	20.6
三星显示 (SDC)	19.1	18.3
群创	18.5	15.9
京东方	13.1	15.4
华星光电	9.5	12.7
友达	10.2	10.5

资料来源：群智咨询

2017 年，全球 TFT-LCD 面板市场将受限于产能和良率的提升速度，以及韩国厂商部分产线退出，供应量增加的面积幅度将较往年进一步减少。自 2015 年开始，韩国厂商积极调整产品组合，集中精力投入 OLED 显示技术的发展。

(二) 大尺寸 TFT-LCD 面板增速趋缓

全球大尺寸 TFT-LCD 面板产能增长有限。Witsview 数据显示，2016 年全球大尺寸 TFT-LCD 面板出货面积约 2.08 亿平方米，同比增长 6.6%，预计 2017 年该数据将小幅提升至 2.16 亿平方米，年增长率仅为 3.9%，为 2014 年以来的最低值（图 2.8）。

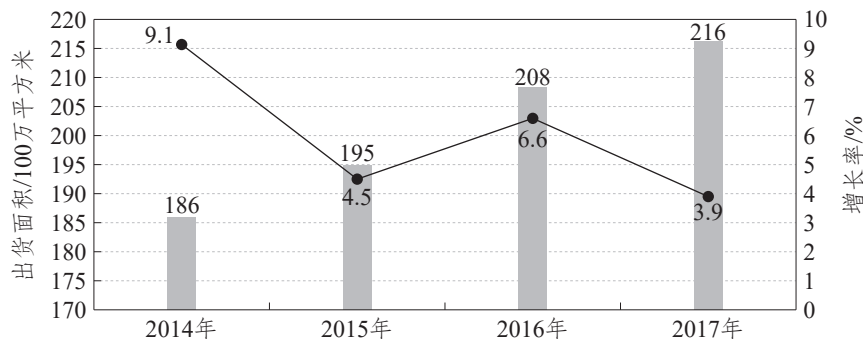


图 2.8 2014—2017 年全球大尺寸 TFT-LCD 面板出货量

说明：2016 年为估计值、2017 为预测值

资料来源：WitsView

韩国厂商开始积极调整产品类型，加大对 OLED 技术的开发，选择性地关闭非晶硅（a-Si）大尺寸 TFT-LCD 生产线。手机面板方面，2015 年三星显示决定关闭旗下 5 代线 L5 的生产线。2016 年上半年，乐金显示关闭六代线 P6 的生产，转而规划以中小尺寸产品为主的 LTPS 生产线。2017 年三星显示的 5 代线 L6 及乐金显示的五代线 P4 都将有部分产能停止投产。电视面板方面，三星显示因看重 AMOLED 的产品定位，于 2016 年第四季底关闭一座 7 代线厂 L7-1。乐金显示则计划在 2017 年收缩 8.5 代线 P8 10%~15% 产能，转而发展大尺寸 AMOLED 电视面板。

2017 年产能增加将主要来自群创路竹 8.6 代线、京东方福州 8.5 代线以及惠科重庆 8.6 代线。京东方福州厂主要产品为市场较稀缺的 43 英寸面板，相对于该公司擅长生产的 32 英寸及 55 英寸面板，43 英寸面板的稳定增长仍有待时日。惠科则由于没有面板生产经验，8.6 代线初期所释出产能有限。

（三）HDR 在高端显示领域加速普及

2016 年全球 4K 电视出货量达到 5500 万台，预计将在 2019 年超过 1 亿台。随着 4K 面板的普及，具备高动态范围成像（HDR, High Dynamic Range）功能的液晶电视成为 TFT-LCD 面板厂商关注的焦点，HDR 技术将更多地应用在 50 英寸以上电视中，其比例超过 80%（图 2.9）。

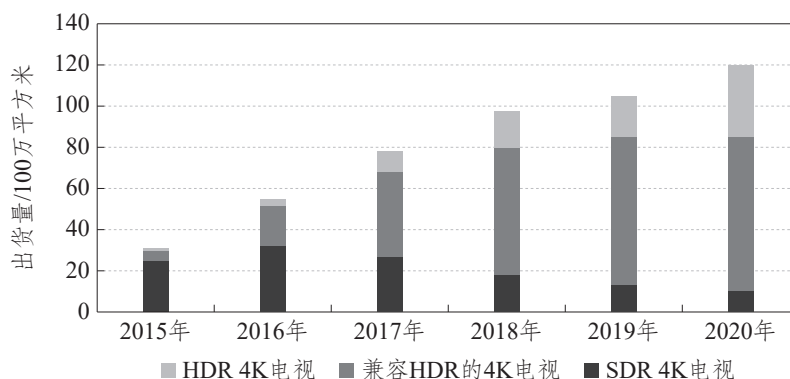


图 2.9 2015—2020 全球 4K 电视出货量

说明：2017—2020 年为预测值

资料来源：IHS Markit

IHS Markit 数据显示，2016 年全球 HDR 电视出货量达到 430 万台。虽然电视的整体出货量正趋于饱和，但是高端显示领域的 HDR4K 超高清电视将加速普及。考虑到成本、利润等因素，整机厂商更多地采用兼容 HDR 格式的 SDR4K 液晶电视。

继电视采用 HDR 技术之后，液晶显示器领域也正进一步普及 HDR 技术，尤其是电子竞技用显示器的市场需求快速上升，为厂商布局重点领域之一。不过，由于现阶段尚未有专用于液晶显示器等产品的 HDR 规范，所以多数厂商仍然遵循 UHD Alliance 为电视产品所订定的标准 HDR—10，但液晶显示器与电视的硬件规格和尺寸差异较大，液晶显示器等产品无法沿用 HDR—10 规范。

（四）柔性 TFT-LCD 面板成为发展亮点

TFT-LCD 面板发展亮点之一是柔性屏。为了与可弯曲的 OLED 面板竞争，日本 JDI 等厂商将目光置于柔性液晶面板。2017 年 1 月，JDI 开发一款名为“Full Active Flex”的柔性 TFT-LCD 面板。该面板基于塑料材质基板实现柔性效果，产品大小为 5.5 英寸，主要应用领域为智能手机终端。JDI 计划该产品 2018 年实现量产，与 AMOLED 展开竞争。

为实现柔性效果，JDI 改进 LCDcell 和 LCD 模组集成流程的各个环节，使用全新的材料和技术，包括新的薄膜基板（new film substrate）、低温氧化物半导体（LTOS, Low Temperature Oxide Semiconductor）TFT 技术，并改进 LCD cell 弯曲制作流程。

产品规格参数方面，JDI Full Active Flex 柔性面板提供 1080 分辨率，401PPI，屏幕刷新率可支持 60/30/15 赫兹三挡调节，亮度为 500 坎德拉/平方米，对比度达到 1500 : 1（表 2.2）。



表 2.2 JDI Full Active Flex 面板规格

项目	指标
显示尺寸	5.5 英寸
像素	1080 × 1920 全高清
像素密度	像素密度 401
刷新频率	60 赫兹 / 30 赫兹 / 15 赫兹
LCD 模式	IPS 光控取向膜
亮度	500 坎德拉 / 平方米
对比度	1500 : 1

资料来源：JDI

除了智能手机之外，JDI 希望将 Full Flex Active 的应用范围扩展到其他领域，如车载显示器等，因为可弯曲显示屏能够进一步提升汽车的中控台设计水平。AMOLED 在应对车载显示屏的温差要求以及耐用性方面依然存在技术难点需要克服。此外，JDI 希望将柔性 TFT-LCD 面板渗透到移动计算领域，因为大尺寸 AMOLED 在成本上依然不具备竞争力。

（五）中国 LCD 零部件生产布局日趋完善

随着多条 8 代线以上的 LCD 生产线在中国量产，中国零组件厂商（如玻璃基板与偏光片等）加快布局速度。玻璃基板供应方面，现阶段中国玻璃基板厂商最大的玻璃熔炉只可对应到 6 代线，2016 年下半年东旭集团宣布与日本电气硝子（NEG）合作，将在福州投资 8.5 代线的玻璃熔炉，此举将进一步提升中国厂商生产新世代线玻璃基板的技术能力，有望与康宁、旭硝子、日本电气硝子等形成竞争。偏光片供应方面，中国偏光片厂商如盛波、三利谱等皆以生产 CSTN 用或以偏光片后段的裁切加工为主，前段偏光片进口多依赖外国厂商。2016 年开始这一状况有所改变，东旭集团与日本住友化学、韩国东友集团合作，在无锡成立旭友电子材料，重点发展前段偏光片生产，而三利谱也在合肥投资幅宽 1390 毫米及 1490 毫米的偏光片生产线。同时，锦江集团通过入主昆山奇美材料进入偏光片领域。一线厂商如日本的日东、住友，中国台湾的明碁、奇美都将面临来自中国大陆厂商的挑战。

三、OLED 发展态势

（一）AMOLED 面板市场规模持续上扬

IHS Markit 数据显示，由于成本降低、消费电子市场终端广泛应用，以及新产能大规模增长，2016 年全球 AMOLED 面板出货量达到 3.95 亿片，同比超过 40%，营收规模为 150 亿美元，同比增长 25%，2017 年 AMOLED 市场出货预计将同比飙升 63%，达到 252 亿美元（图 2.10）。

智能手机是最主要的驱动力，面板出货量达到 3.5 亿片，智能手机市场对 AMOLED 面板的需求急剧增加，AMOLED 在智能手机中的渗透率从 2015 年的 17% 上升到 2016 年的 21%。三星显示在该领域的市场份额超过 99%。其余份额由和辉光电、乐金显示、天马、维信诺等瓜分。其次为智能手表和移动 PC，出货量分别为 2800 万片和 856 万片。OLED 电视面板出货量从 2015 年 42 万片跃升至 2016 年 94 万片，同比增幅超过 100%。乐金是推动 OLED 电视发展力度最大的整机厂商之一，该公司已经

将其 AMOLED 电视面板生产线扩展到 65 英寸。此外，VR/AR 等近眼设备，数码相机、车载显示等终端产品也越来越多地使用 AMOLED 屏幕。鉴于 AMOLED 具有的高对比度、可弯曲、广色域等特性，其在工业领域同样具有广泛的应用前景。

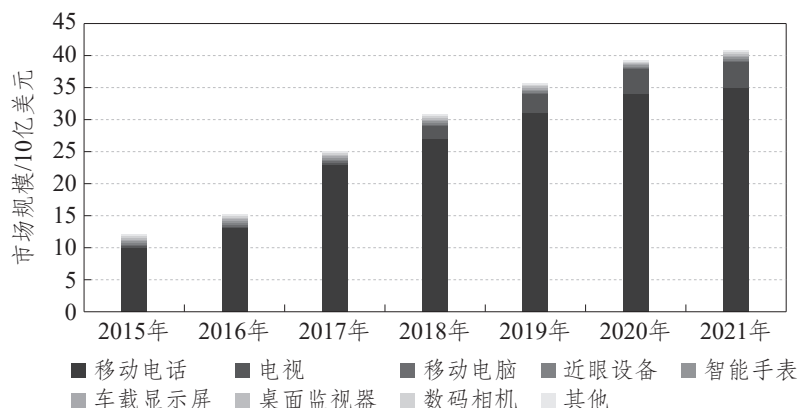


图 2.10 2015—2021 年全球 AMOLED 面板应用市场规模

说明：2017—2021 年为预测数据

资料来源：IHS Markit

（二）AMOLED 电视面板正在崛起

AMOLED 电视面板尚处于初步发展阶段，受制于成本居高不下与产能不足，AMOLED 电视尚无法成为市场主流。IHS Markit 数据显示，2016 年全球 AMOLED 电视面板出货量不足 100 万片，但其市场增长不容小觑，预计 2023 年全球 AMOLED 电视面板出货量将突破 1000 万片，复合年均增长率达到 42%（图 2.11）。

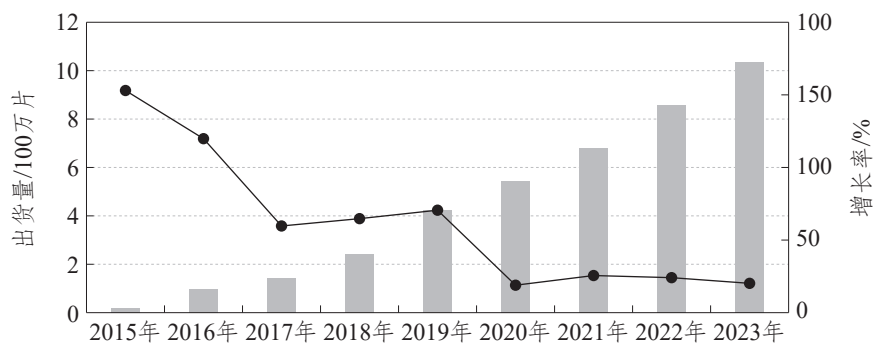


图 2.11 2015—2023 年全球 AMOLED 电视面板出货量

说明：2017—2023 年为预测值

资料来源：IHS Markit

乐金显示是 AMOLED 电视面板的主要供应商。鉴于超高清电视在整机市场取得的成功，乐金显示正在改变生产战略，将于 2017 年停止生产全高清电视面板，转而将重点放在增加 4K 分辨率 AMOLED 面板出货量，特别是 65 英寸面板。乐金显示面临主要问题在于：首先，65 英寸 AMOLED 电视面板产



量低于需求，在该公司 8 代线工厂，能够生产 3 片 55 英寸面板的生产线只能生产 1 片 65 英寸面板。如果生产 77 英寸面板，总产量将会更低。其次，公司现有的八代线工厂中生产的玻璃基板主要适用于 55 英寸面板，并不符合 65 英寸面板要求，因此生产 65 英寸面板并不能达到八代线工厂的最佳输出量。符合 65 英寸面板的玻璃基板尺寸的是 10.5 代线工厂，它可切割八片面板，而八代线工厂只能切割三片。为此，乐金显示将考虑新的 10.5 代线工厂，以最有效地生产 AMOLED 电视面板。

（三）VR 显示市场增长迅速

2016 年 VR 显示器市场迎来显著增长。IHS Markit 数据现实 2016 年 AMOLED 近眼显示设备营收突破 1 亿美元，并将在 2020 年达到 1.6 亿美元。

2015 年，大多数 VR 厂商采用的是 1 寸以下的微型显示器（MicroDisplay），如硅基液晶（LCoS）和 OLEDoS（OLED on CMOS）显示器，试图提供高分辨率、反应快、功耗低、小而轻的 VR 设备。然而这种显示器太小，为了保证宽阔的视角，它必须放置在贴近眼睛的位置。基于 VR 对显示器的要求，5 英寸的超高清 AMOLED 显示面板将是 VR 设备的“完美”配备。AMOLED 显示面板轻而且反应快。此外，VRAMOLED 显示面板可以充分利用环境光，不需要偏光器，因此它的发光效率更高，功耗更低。

（四）柔性面板快速渗透

随着三星 Galaxy Edge 手机的成功以及苹果对柔性屏需求的提升，柔性 AMOLED 市场将进一步增长，IHS Markit 预计 2017 年柔性 AMOLED 面板营收增幅超过 150%，同期非柔性 AMOLED 营收规模则将缩减 2%，柔性 AMOLED 面板营收规模将在 2017 年三季度首次超越非柔性 AMOLED 面板，达到 32 亿美元，柔性 AMOLED 面板的营收比也将持续维持在 52% 以上（图 2.12）。

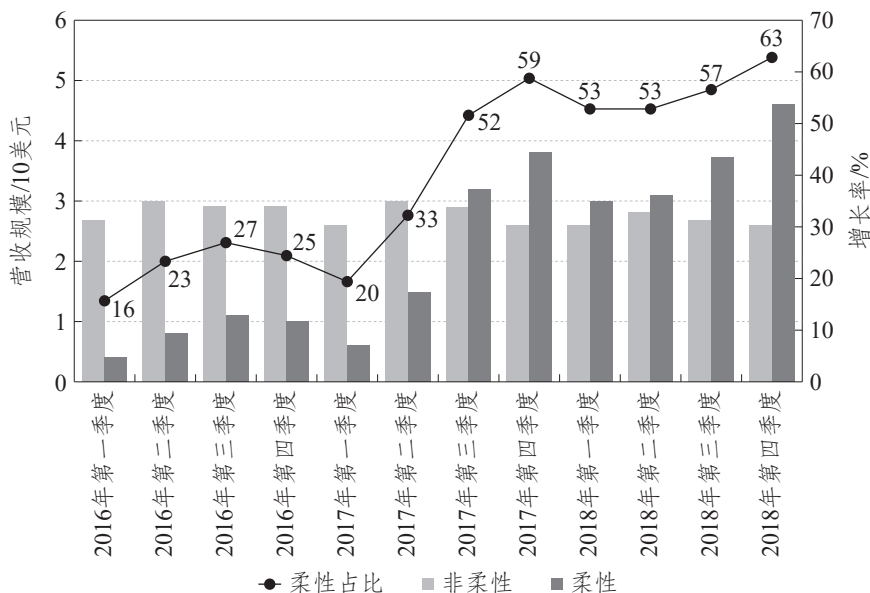


图 2.12 2016—2018 年全球 AMOLED 面板营收规模

说明：2017 年、2018 年为预测值
资料来源：IHS Markit

2016—2020年，中国、日本和韩国将新建46家柔性AMOLED工厂，每家工厂每月产能达到3万片基板。这些工厂将新增1860万平方米塑料基板产能，是当前产能的13倍。推动柔性AMOLED面板大幅增长最大的驱动力来自手机行业。三星和乐金从2013年开始将柔性屏应用在旗舰手机当中。虽然受制于面板产能问题而尚未成为市场主流，但从2016年以来，越来越多的面板厂商开始进入柔性屏市场，产能问题有望缓解。制约柔性面板发展的最大阻碍依然是过高的价格。随着柔性屏生产良率的提升以及产能的提高，柔性AMOLED屏的价格问题有望得到有效解决。此外，AMOLED面板制造商着手开发新型材料，使其可以替换当前刚性部件来生产可折叠或可卷曲的结构。

（五）中国厂商面临三大难题

只有和辉、国显、京东方等少数中国面板制造企业成功试生产AMOLED，不过这些企业的AMOLED面板质量无法和三星显示等抗衡。

首先是技术上的瓶颈。AMOLED和LCD技术完全不同。大多数供应给面板厂商的LCD组件为半成品（背光模块，导光板，液晶等），所以面板厂商可以简单将它们按顺序组装。但对于柔性AMOLED而言，很多组件是以原材料形式提供的（共有10到14种小分子材料）。正因为如此，面板厂商需要根据特定的配方混合它们以制造出成品。这对于中国面板厂商着实是不小的难点。

其次是供应链欠完善。中国厂商缺乏成熟且稳定的供应链。三星显示作为AMOLED的先驱，通过不断摸索和反复试验，已经发展AMOLED技术和其供应链近十多年的时间，三星显示也因此掌握众多稳定甚至于具有垄断性质的AMOLED显示屏设备和材料供货商，例如三星显示在与FMM（精细金属掩模板）供货商签订的合约中规定不能向其他面板厂商供应QHD分辨率的FMM面板。

四、量子点显示发展态势

（一）量子点显示市场规模取得突破

在三星等厂商的推广下，量子点技术于2015年开始应用于显示市场。IHS Markit数据显示，2016

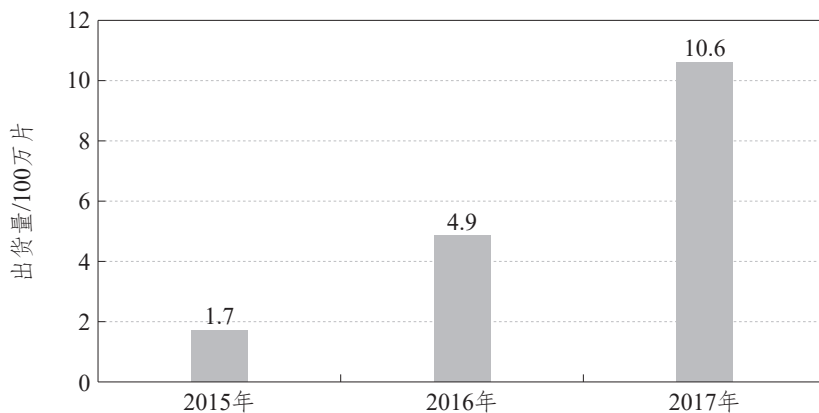


图 2.13 2015—2017 年全球量子点显示屏出货量

说明：2017年为预测值
资料来源：IHS Markit



年全球量子点显示屏出货量达到 490 万片，同比增长 188.7%。预计 2017 年量子点显示屏的出货量将超过 1000 万片，进一步巩固其在高端显示市场的地位（图 2.13）。

2013 年，索尼公司首先将量子点技术应用于 LCD 电视。2015 年，三星公司开始将量子点技术大规模应用于 LCD 电视。IHS Markit 数据显示，自 2015 年以来量子点电视市场已进入成熟发展阶段，相关零部件需求亦日益增长。2016 年全球量子点显示设备出货量为 730 万台，预计 2021 年市场规模将增加至 3100 万台（图 2.14）。

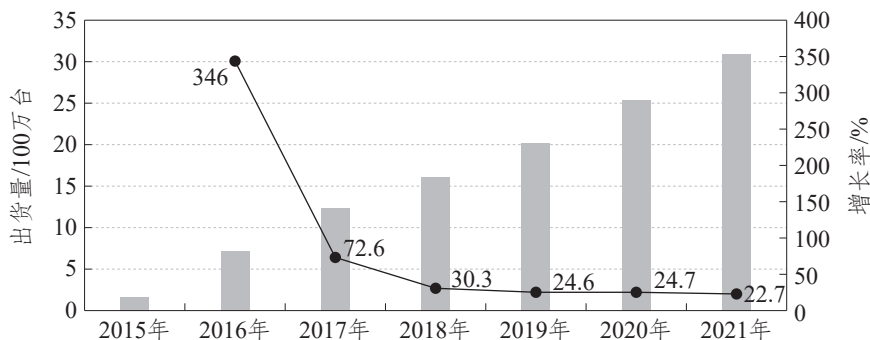


图 2.14 2015—2021 年全球量子点显示设备出货量

说明：2017—2021 年为预测值
资料来源：IHS Markit

（二）彩膜技术引领量子点技术发展

量子点主流技术方案包括 on-surface、on-edge 和 on-chip。其中，将量子点薄膜直接置入背光板（BLU, backlightunit）的光学膜中的 on-surface 方案占据 80% 的量子点显示市场份额。将量子点材料封装在玻璃管内的 on-edge 方案占据 20% 的市场份额。另一种 on-chip 方案直接将量子点材料与 LED 一并封装，是较为理想和极具前景的量子点技术，但出于产品良率和价格考虑，尚未能实现商业应用，一旦价格问题得到解决并实现大规模量产。

2016 年下半年，三星、乐金等面板厂商开发出量子点彩膜技术（QDcolorfilter, QDCF）。该技术与既有的 on-surface、on-chip、on-edge 三大技术不同，直接将量子点材料放置于彩膜层当中，从而将彩膜功能实现从颜色过滤层向发光层的转变。

液晶模组里的控光机制是靠两片偏光片和液晶来完成，这个机制允许彩色滤光片在两个偏光片的中间，但量子点放在偏光片中间会破坏光的极性，导致液晶的控光功能失效，唯有靠偏光片内制或 QDCF 外制才能解决。因此，彩膜技术不仅在 LCD 的架构下具有潜力，更长远来看还能用在 Micro LED 上。

（三）三星公司量子点产品竞争优势明显

在量子点技术、特别是量子点电视方面，三星处于绝对领先地位。2015 年三星公司将量子点电视作为其自有品牌“SUHDTV”公之于众，并建立起包括背光系统在内的从材料到薄膜的自有供应链。2016 年末，三星斥资 7000 万美元收购全球三大量子点材料制造商之一的美国 QD Vision。此外，三星

是拥有超过 300 项量子点技术专利的德国 Nanosys 公司的主要投资者。

在三星的下一代电视路线图中，量子点将作为重点帮助三星在电视市场保持领先，而另一种广色域技术 OLED 将主要应用于三星的手机产品。现阶段，就三星电子的 QLED（Quantum Dot Light Emitting Diodes）技术而言，其实质是在显示模块背光中置入一张布满量子点的薄膜（QDEF），透过背光照射来达到高色彩饱和效果，这与一般液晶电视在显示模块的设计上并无不同，友达、京东方及夏普等高端电视面板上都采用类似设计。三星也在研究自发光的 QLED 技术，使用 2~10 纳米的量子点，实现更低的成本，优化清晰度和光稳定性能。中国电视整机厂商中，TCL 和海信已推出量子点 LCD 电视作为其高端机型，其中 TCL 通过直接向韩国量子点制造商“Sangbo”投资，以增强其量子点技术研发。

五、LED 照明发展态势

（一）多元应用与成本上涨推动 LED 照明营收规模增长

2016 年全球 LED 市场保持稳步增长态势，主要得益于 LED 需求在室内通用照明、建筑照明、景观照明、背光源和户外 LED 大屏幕等领域的多元应用，以及上游原材料成本的上涨，尤其是铜、铝等大宗金属材料在 2016 年下半年出现较大幅度的价格上涨，使得 LED 照明厂商提高 LED 价格。Ledinside《2017 全球照明市场展望》数据显示，2016 年 LED 照明市场规模达到 296 亿美元，较 2015 年同比增长 15%。预计 2017 年 LED 照明市场规模将达到 331 亿美金，LED 照明渗透率达到 52%。未来 3 至 5 年，LED 在通用照明领域市场渗透率将进一步提高，在汽车照明、特种照明、小间距 LED 显示屏等应用方向将进一步拓展，这将成为未来推动 LED 新一轮爆发式增长的主要驱动力（图 2.15）。

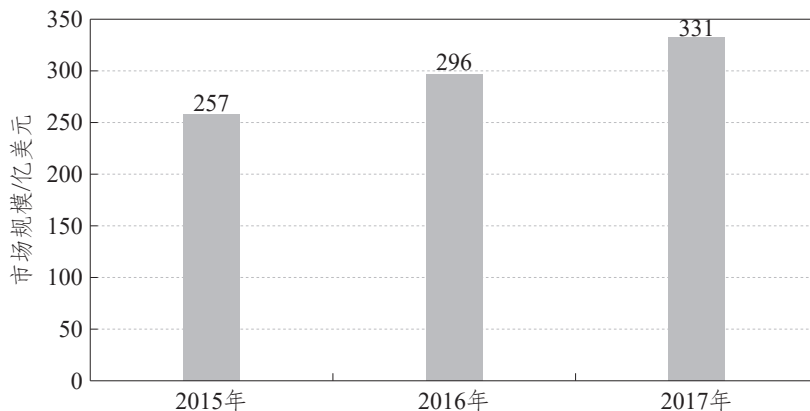


图 2.15 2015—2017 年全球 LED 照明市场规模

说明：2017 年为预测值
资料来源：LEDinside

从各地区发展情况看，欧美地区以通用照明为主攻方向，强调产品的高可靠性和高亮度。日本 LED 技术处于领先地位，无论是通用照明还是背光显示都具备强大实力，其发展方向兼顾通用照明、



汽车、手机和电视。韩国和中国台湾地区，以笔记本电脑显示屏背光、LED-TV 背光和手机背光为主要方向。中国大陆主攻户外显示屏、广告屏和照明灯等领域。

（二）LED 细分领域开始受到关注

LED 细分领域包括小间距 LED、UC-V LED、红外线 LED、Micro LED 等。小间距 LED 显示屏市场成为厂商关注的焦点。2016 年小间距显示屏受到多家 LED 显示屏厂商的青睐，主要原因在于消费者对高画质的需求日渐提高。小间距 LED 显示屏带动 LED 使用数量呈几何级数的增长，吸引许多中国 LED 封装厂扩充产能来抢攻这一市场。

深紫外光谱 UV-CLED 是 LED 厂商关注的下一个蓝海市场。UV-CLED 拥有杀菌与净化的功能，家电、水处理，空气净化等应用领域对其存在一定需求。UV-CLED 芯片的外部量子效率仍然很低，且价格昂贵，主要是日本、欧美研究机构进行技术开发，尚不具备规模经济效益。鉴于市场需求逐渐加大，越来越多的 LED 厂商开始重视 UV-CLED 并投入研发资源。从市场营收状况看，日本与韩国厂商稳坐前五名，依次为日亚化、Nitride Semiconductors、Seoul Viosys、LG Innotek 与 USHIO/Epitex。

红外线 LED 应用更趋多元。红外线 LED 具有技术相对成熟、成本低廉等特点，主要应用包括虹膜辨识、VR 体感侦测等。近年来红外线雷射渐受市场重视，包括手持式装置与车联网都已经导入该技术应用。能提供虹膜辨识的 LED 厂商主要为欧司朗、晶电、光磁、研晶、弘凯、光宝、Vishay、Epitex 等。终端应用方面，三星 GalaxyS8 的虹膜辨识解决方案，即为结合近红外线摄影机、摄影机控制技术 with 生物辨识技术，当用户观看屏幕，手机上的红外线 LED 灯便会闪烁，再由红外线摄影机拍下虹膜纹路，以辨识身份。

MicroLED 技术有望植入可穿戴设备，智能手表、VR/AR 显示设备。虽然现阶段 MicroLED 距离取代 TFT-LCD 以及 OLED 仍相当遥远，且市场上也仍有众多新型显示器技术在竞争，但部分厂商已计划推出市场定位不同于 LCD 或者是 OLED 面板的 Micro LED 显示应用，通过较低的 PPI 或相对较少的像素数量来加速实现量产。全球已有多家厂商或企业展开 Micro LED 技术研发，如 LuxVue、eLux、VueReal、X-Celeprint、CEA-Leti、索尼及冲电气工业（OKI）；中国台湾的翰创、工研院、Mikro Mesa 及台积电。

（三）车用 LED 市场增长潜力巨大

近年来，国际一线 LED 供货商已逐渐减少在背光与照明市场的比重，转而发展车用照明。LEDinside 数据显示，2016 年车用 LED 产值为 24.54 亿美元，同比增长 35%。预计 2017 年车用 LED 产值将达到 28.17 亿美元，同比增加 14.8%。其中，车内 LED 照明市场由于低功率 LED 渗透率相对较高，因此增长空间相对有限；车外 LED 照明市场则将迎来可观的增长幅度，预计 2015—2020 年复合年均增长率将达到 12%（图 2.16）。

全球车用 LED 市场主要由欧司朗、Nichia 和 Lumileds 三家公司所占据，其中，欧司朗一家独大。总体而言，车用 LED 的高可靠需求使得欧司朗等企业继续保有市场垄断优势，不过，随着二线品牌 LED 供应商在质量上获得突破，将有机会打破市场垄断的局面，如亿光、DOMINANT Opto 等公司在车用 LED 光源市场，IWASAKI 在车用照明检测等方面都推出具有一定竞争力的产品。

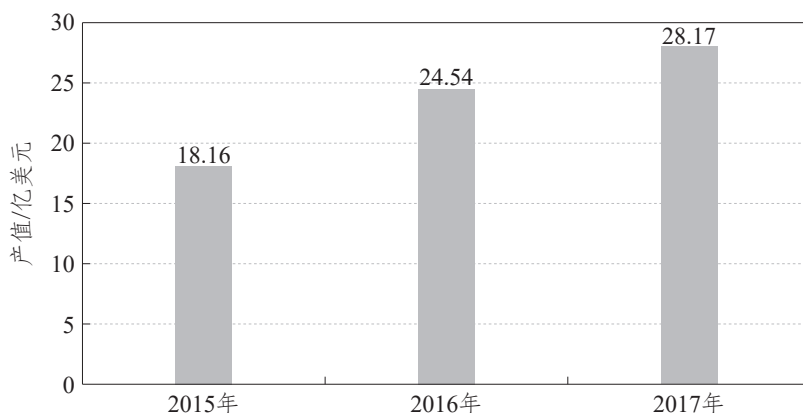


图 2.16 2015—2017 年全球车用 LED 产值

说明：2017 年为预测值

资料来源：LEDinside

（四）全球 LED 元件市场整体表现低迷

全球 LED 元件市场规模出现下降。来自中国台湾光电协进会（PIDA）的数据显示，2016 年全球各区域 LED 元件产值（含 LED 磊芯片、晶粒、封装、模组）总计为 170 亿美元，同比减少 2%。美国及韩国地区衰退最大，均下滑 13%；日本地区下滑 12%；中国台湾地区经过产能比重调整、提高四元等利基型产品比重，降低竞争激烈的蓝光产品及产值，因而仅减少 2%；欧洲地区表现尚可，年增长 7%；中国大陆因政策扶植，表现优于全球大部分地区，较上年增长 18%，跃升全球首位，PIDA 预计 2017 年中国大陆将超越中国台湾，取得 LED 元件区域产值龙头的地位。

六、激光显示发展态势

（一）ALPD3.0 推动激光显示产品迈上更高台阶

2017 年 4 月，作为 ALPD（Advanced Laser Phosphor Display）技术的发明者，光峰光电发布新一代 ALPD 技术，即 ALPD3.0。传统 ALPD 技术具有高亮、高效和经济性的特点。但是，传统 ALPD 技术也有其缺点，即和三原色 RGB 三片式 DLP 和 LCD 投影系统相比较，在色彩表现力上依然不能令人满意。为了实现更高效的亮度而广泛使用的四段色轮技术，成为 ALPD 产品真正进入“高端色彩”应用市场的障碍。

对此，ALPD3.0 提出“红色激光加红色荧光粉”的红光方案，并配合 RGB 三原色三段色轮体系，实现了 ALPD3.0 CLO 亮度与标称亮度的一致、红光能量占比提升到 20% 以上，并有效解决简单增加红色激光带来的散斑干扰，色度一致性问题。

ALPD3.0 在解决激光显示色彩效果提升的问题同时，进一步实现 ALPD 技术产品亮度效能的提升。采用 UDX3.0 技术的巴可 UDX 4K 投影机，实现了高达 32000 流明的亮度输出，满足任何大型放映厅的应用需求。同时，ALPD3.0 技术更是实现全开关对比度 2000 : 1 以上，超过现有产品 1000 : 1、



1500 : 1 的水平。

（二）投影和扫描成像是两大研究方向

激光显示有两个主要的研发方向。第一个方向是将激光作为新型光源进行投影向大屏幕方向发展，一般采用 LCD、LCOS，或者是 DMD 芯片作为光调制器，配合镜头在屏幕上进行投影显示。投影式显示器体积、功耗比扫描式大，不同的投影距离需要调焦才能清晰成像，但投影式激光已经度过原理研究阶段，正在开展大规模生产阶段的攻关。

瑞士巴可（Barco）、美国科视（Christie）、日本电气（NEC）、索尼以及中国的迪威视讯、长虹、海信专注投影技术的开发。市场上可以见到的影院投影机、工程机以及激光电视都是投影式激光的产品。

激光显示的另一个研究方向是用三基色激光束在屏幕上进行高速扫描直接成像。激光扫描比起投影式显示在系统体积、功耗方面更有优势，且不同投影距离无需调焦就可以实现清晰显示。但是激光扫描显示技术发展较为缓慢，技术攻关与扫描显示相应的产品还停留在产业化初期，维视图像（Micro Vision）、韩国 Iljin、讯宝（Symbol）、Light Blue Optics（LBO）等公司专注于此项技术。

（三）个性化、定制化带来更广阔的市场空间

激光投影显示应用呈现个性化、定制化特点。单纯的设备供应已经难以满足用户的需求，激光显示厂商更关注的是终端用户的需求，寻求创新性投影技术来解决音视频应用中遇到的复杂问题。而差异化的激光显示解决方案和定制化的产品将是厂家针对需求细分化、层次化之后的应对思路。激光投影显示应用将创造巨大的市场空间，如博物馆、规划馆、科技馆、艺术馆等场馆的数字化展示，主题公园影音项目驱动的特种显示、舞台演出、光影秀等，都在不断地为激光投影应用创造新的市场。

主要参考资料

- [1] IHS Markit, Markit.ihs.com
- [2] trendforce, www.trendforce.com.tw
- [3] DIGITIMES, www.digitimes.com
- [4] LEDinside, www.ledinside.com
- [5] Ofweek, www.ofweek.com

本章撰写：黄帅

第三章 世界通信设备产业发展动态

一、通信设备产业总体发展态势

(一) 全球通信设备产业需求平稳

2016年全球通信设备支出为446亿美元，比2015年略有下降，预计2017年将增长至456亿美元，同比增长2.2%，到2020年，全球通信设备支出将达为493亿美元，2015—2020年平均增幅为2%左右（图3.1）。

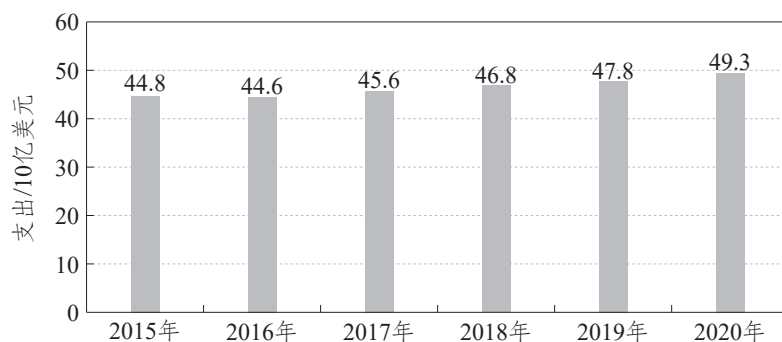


图 3.1 2015—2020 年全球通信设备支出及预测

说明：2017—2020 年为预测值

资料来源：Statista 2017

(二) 市场竞争加剧进一步提升通信设备行业集中度

市场竞争加剧引发通信设备行业集中度进一步提升，直接导致华为、爱立信、诺基亚和中兴这四家通信设备厂商格局的变化。根据财报数据，四大通信设备厂商在2015—2016年的整体业务变化如图3.2所示（图3.2）。

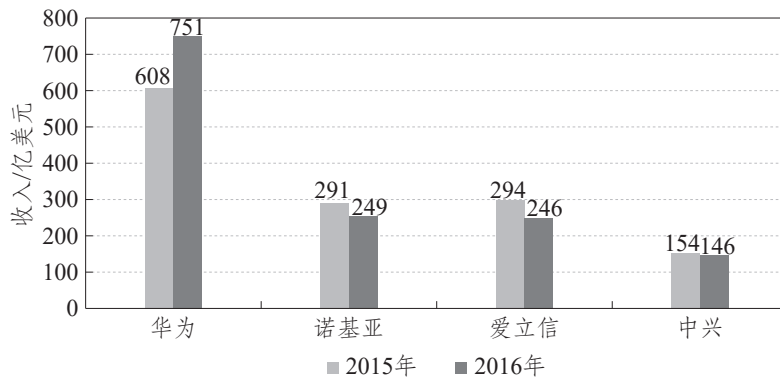


图 3.2 2015—2016 年四大通信设备厂商整体业务收入排名

资料来源：www.cww.net.cn

可以看出，在公司整体业务收入上，四大通信设备厂商在 2016 年的表现相对 2015 年变化并不大，主要特点如下。

“领头羊”华为以 24% 的复合年均增长率拉开和其他三家企业的收入差距，考虑汇率影响，2016 年华为是唯一一家实现营收增长的厂商，且营收规模突破 700 亿美元并超过其他三家之和，相当于诺基亚或爱立信的 3 倍和中兴的 5 倍之多。

诺基亚通过并购阿尔卡特—朗讯，超越爱立信排名第二，基本上实现其通过并购做大体量以在营收规模上抗衡对手的目的，但两家体量相当的公司之间实行并购后能否实现“1+1>2”的效果，对于诺基亚的管理层而言充满挑战。

考虑汇率因素，爱立信在四家企业中收入降幅最大，在外部市场变化和内部人事更迭的双重夹击之下，增长乏力是爱立信难以破解的困局。

排在末尾的中兴虽然在最近 3 ~ 4 年增长势头明显，但营业收入始终徘徊在 150 亿美元左右，已然说明其现有的业务架构不足以支撑公司收入出现规模性突破，除非其也像诺基亚一样采取外向扩张的并购举措，否则在现有市场格局之下难以翻身。

整体业务收入对比体现出四大通信设备厂商的规模差距，但由于各家公司战略导向差异而导致其业务布局的不同，仅比较整体业务收入难以直接体现出各公司在相同市场、重合业务上的竞争实力对比，因此需要做进一步细分比较（表 3.1）。

表 3.1 2016 年四大通信设备厂商业务收入占比

2016 年业务收入占比	华为	诺基亚	爱立信	中兴
运营商市场 /%	56	92	100	58
消费者市场 /%	34	8	—	33
政企行业市场 /%	8	—	—	9

资料来源：www.cww.net.cn

如表 3.1 所示，爱立信的业务组成最为单一，几乎全部集中在运营商业务领域；诺基亚虽然通过 NokiaTechnology 涉足消费者市场并以收购 IP 及应用产品发力企业业务，但以运营商客户为主的网络业

务仍在公司营收中占比超过 90%；华为和中兴则通过多元化战略在运营商业务、企业业务和消费者业务进行扩张，特别是以手机为主的消费者业务在近两年发展迅猛，从收入结构看，其运营商业务仍在其整体业务收入中占有近 6 成的份额。因此四大通设备信厂商之间竞争激烈的重合市场仍然集中运营商业务领域（图 3.3）。

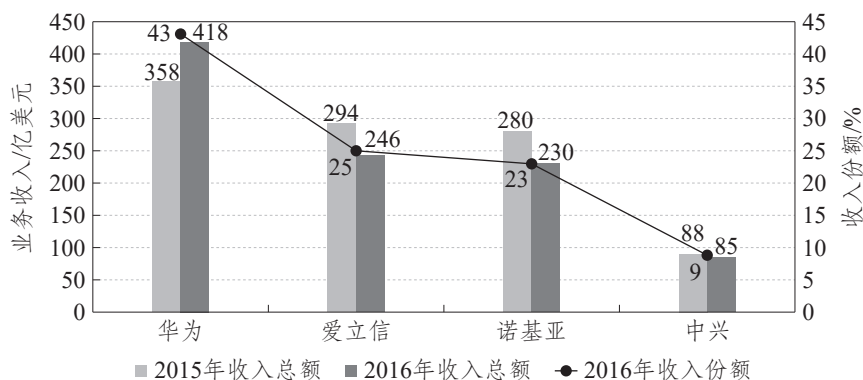


图 3.3 2015—2016 年四大通信设备厂商运营商业务收入

资料来源：www.cww.net.cn

在中国和亚太占据市场份额优势的华为受益于中国 4G 网络建设和印度、泰国基础网络建设投资增加，其 2016 年的收入总额获得进一步增长；而爱立信和诺基亚则受累于美国和日本市场需求疲软导致收入下滑；此消彼长之间华为在运营商业务领域一家独大的市场地位得到进一步加强，其收入份额由 2015 年的 35% 上升到 2016 年的 43%，爱立信和诺基亚分别占 25% 和 23%，中兴所占市场份额仅 9%，在“一中两外”的夹击之下更凸显出中兴面临的困局。

根据 GSMA 的统计，全球移动运营商的固定资产投资（CAPEX）在 2015 年达到峰值，接近 2000 亿美元，2016 年下降 6%，GSMA 预计这一下滑趋势将持续到 2020 年 5G 网络投资逐步启动。因此，由网络技术升级换代断档期而导致的“寒冬”可能在通信设备业蔓延，对于华为、诺基亚、爱立信和中兴这四大通信设备厂商而言，2017 年是一个“难熬的冬天”。

二、通信设备重点与热点领域

（一）第五代移动通信（5G）

1. 5G 设备市场稳步增长

2016—2020 年全球 5G 设备市场将以 32.06% 的速度增长。到 2020 年，全球将部署 850 万个小型基站，美国、欧洲和亚太地区将引领增长。目前，美国市场份额为 43%，领先全球 5G 设备市场；其次是欧洲、中东和非洲地区（36%）；随后是亚太地区（21%）。根据爱立信移动报告显示，5G 移动用户到 2021 年预计将达到 1.5 亿。

华为和 TELUS 宣布实现 29.3Gbps 的无线速度，速度相当于当前 LTE 标准的 200 倍。美国无线巨头 AT&T 进行点对点毫米波无线技术的试验。爱立信也与全球 20 多家移动运营商就 5G 网络和用例展



开合作。韩国移动服务提供商 SK 电讯和三星也宣布在韩国户外环境成功实现 28 吉赫的 5G 系统测试。

5G 技术商业部署还将有待时日。虽然 Verizon 将在 2017 年底开始以固定无线接入 (FWA) 的形式开始试用 5G, 但预计大规模 5G 部署仍将至少 6 年。期间, 运营商将大力投入 LTE 标准的提升, 而不是在全面标准化之前全面投入 5G。电信公司将通过诸如信元密集、MIMO 和载波聚合 (在许可和非许可频谱中) 等措施, 进一步投资于演进 LTE-Advanced。

2. 欧美政府升级 5G 发展策略

美国 5G 推进策略主要是通过发放新频谱来促进宽带移动通信的发展。欧洲地区, 欧盟着力方向包括推动 5G 与行业建立融合的生态系统、制定 5G 推进时间表、协调成员国加速推进 5G 技术发展。

美国是世界上第一批发布 5G 频率规划的国家, 对全球 5G 发展起到极大的激励作用。2016 年 7 月, 美国联邦通信委员会划定 5G 频段, 颁布《用于移动业务的 24 兆赫以上频段》的公告, 确定 27.5~28.35 兆赫、37~38.6 兆赫、38.6~40 兆赫及 64~71 兆赫四个频段为 5G 频段。至此, 美国政府对于 5G 频率规划从授权机制到频段规划已基本确立并完成, 为未来的 5G 频段预留一定可操作空间。

美国联邦通信委员会研究进一步为 5G 开放其他频段的可能性, 通过采用频谱共享机制, 在新型无线服务、当前和未来的卫星业务、联邦应用之间寻找频谱需求的平衡, 较为理想的目标是在低频段、中频段和高频段中分别开放频谱资源, 这些频谱资源将为新一代移动无线网络部署提供保障。

欧盟特别注重 5G 与行业的充分融合, 在《关于 5G 架构的观点》白皮书中提出 5G 网络架构应具备为汽车、能源、食品、农业、医疗、教育等垂直行业提供定制化专网组网服务的能力, 5G 技术与商业生态系统的对接, 有利于 5G 网络能够高效率、低成本地提供各类新兴业态服务。

2016 年 9 月, 欧盟推出《5G 行动计划》, 提出 5G 时间进程: 2017 年 3 月公布测试计划, 并开始测试, 2017 年年底之前制定出完整的 5G 部署路线图; 2018 年开始预商用测试; 2020 年年底前, 每个成员国确定至少一个提供 5G 服务的城市; 2025 年各成员国在主要陆地交通道路实现 5G 覆盖。另外, 英国政府于 2017 年 3 月发布《下一代移动技术: 英国 5G 战略》。作为英国 5G 技术发展和部署的蓝图, 政府将投入约 1600 万英镑资助建立 5G 移动技术中心和“国家 5G 创新网络”, 用以试验和演示 5G 应用。

3. 5G 移动通信标准逐渐成形

针对 5G 标准定义出现两种截然不同的架构。一种是 3GPP 提出的必须与现有“演进封包核心”(EPC) 架构搭配的, 该混合式系统又称为“非独立式”(NSA) 架构。另一种架构则为“独立式”架构, 以重复运用混合式系统提出的元件来定义新的 5G 核心网络 (5GCN)。这两种架构协定中的较低层级 (尤其是 Layer 1 与 Layer 2) 将成为 5G 新无线电 (5G NR) 技术的基础区块。

值得注意的是, 5GNR RAN1 工作小组提出以正交频分多工 (OFDM) 为基础的弹性参数实体层 (PHY, Layer 1) 早期架构, 最多可包含 8 个次载波。该实体层将针对低于 6 兆赫与介于 24 至 40G 兆赫之间的频带运作。现阶段, 增强型移动宽带 (EMBB) 有望成为优先使用案例。

4. 5G 信道编码技术取得新突破

5G 要实现的 10Gbps 甚至 20Gbps 的峰值速率、千亿的连接、1 毫秒的时延能力, 必须以革命性技术创新来提升网络性能。高效信道编码技术以尽可能小的业务开销增加信息传输的可靠性, 信道编码效率的提升将直接反映到频谱效率的改善。

2016 年 10 月, 华为宣布率先完成中国 IMT-2020 (5G) 推进组第一阶段的 5G 空口关键技术

验证和测试后，在 5G 信道编码领域的极化码（Polar Code）技术上再次取得突破：静止和移动场景、短包和长包场景的外场测试增益稳定性能优异，与高频毫米波频段上的组合测试实现高达 27Gbps 的业务速率。

（二）光通信

1. 光通信市场保持平稳增长

市场研究公司 Lightcounting 数据显示，2016 年全球光器件和模块市场估计增长 17% 左右，其中密集波分复用（DWDM）超过 30%，SONET/SDH、光纤通道、FTTx、无线回程和光互联（AOC 和 EOM）等处于持平或下滑态势。2017—2021 年光器件和模块市场复合年均增长率约为 10%，应用于云计算数据中心的光器件和模块市场的复合年均增长率将达到 20%。2016 年中国市场对全球光通信贡献作用突出。中国移动新增 3000 万 FTTH 用户，部署超过 5 万个 100G 密集波分复用端口，对众多城域和城域接入网进行升级，带动大量 10G 模块需求。光模块和各种器件的市场皆创新高，其中中国市场是最大的“金主”。进入 2017 年，光通信发展比较放缓，主要因素是运营商的固定资产投资已经无法主导光通信市场需求。此外，数据中心互联和企业网中的密集波分复用网络部署还只是带宽需求市场的一小部分。2017 年互联网公司的数据中心互联市场需求将非常旺盛，亚马逊和脸谱（Facebook）公司都称其数据中心流量年增长超过 100%，预计因数据中心建设而带动的带宽增长将达到 100%，2017 年的光通信市场需求将继续增长。

2. 光通信技术演进与重要突破

（1）芯片光传输频宽密度增加 10~50 倍

美国研究人员已成功利用现有互补金属氧化物半导体（CMOS）标准技术，制作出一颗整合光子与电子元件的单芯片。这颗新芯片每平方毫米的频宽密度达 300Gbps，是目前电子微处理器的 10 ~ 50 倍。整合光子与电子元件的半导体微芯片可加快资料传输速度、增进效能并减少功耗。半导体技术的进步使芯片可执行更多运算，却无法增加芯片间通信的频宽。目前芯片传输所消耗的功率已超过芯片功耗预算的 20%，这项新技术在低功耗的情况下改善一个数量级的芯片通信频宽，未来还可能协助达到百万兆等级的运算。

（2）光子神经形态芯片问世

美国普林斯顿大学的科研团队研制出全球首枚光子神经形态芯片，并证明其能以超快速度计算。该光学设备的采用波分复用原理，证明连续时间递归神经网络（CTRNN）的编程工具可以应用于更大的硅光子神经网络。

（3）利用城市现有光纤实现远距离量子传输

美国国家航空航天局使用城市光缆实现远距离量子传输，其通过“暗光缆”在加拿大卡尔加里市将激光光子传送 5.9 公里。研究人员采用未经使用过的“暗光缆”进行量子传输，同时通过特别设计的光子传感器对传输光子进行检测。这是首次在现有的城市光缆中实验量子传输，是量子互联网发展的一个重要里程碑。

（4）欧盟启动“芯片到芯片”通信技术研究

欧盟启动 ICT-STREAMS 项目，研发电路板级高速芯片到芯片通信的收发机和路由技术，目标是



将先进刀片服务器密度提升4倍，吞吐量增加16倍，功耗降为原来的1/10。该项目引入硅光电技术和波分复用作为提升容量、降低功耗的路由机制，将分别在光引擎级和板级实现1.6Tbs和25.6Tbs的吞吐量。在服务器机架设计中采用芯片到芯片通信是目前高端服务器发展的热点，可以有效增加数据吞吐能力，并减少物理空间、网络复杂度、开关及线缆的用量和能耗。

(5) 最高密度光纤传输技术形成新突破

日本电报电话公司（NTT）、藤仓和北海道大学研发出全球最高密度光纤，能在不足250微米的光纤直径上实现114信道传输。这一研发打破光纤芯线的传输容量界限，在数据通信需求持续增加的环境下，有望持续保证光纤传输基础。日本电报电话公司与北海道大学为在小于250微米的直径内实现超过100信道的多路复用，优化可传输3种及6种光（模式）的光通道（纤芯）的折射分布，并对减少光信号干扰的纤芯配置进行研究。结果显示，通过呈蜂窝状排列19个可进行6模波导的纤芯，可以在小于250微米的光纤直径中实现114信道（6模×19芯）多路复用。藤仓也以此制作出8.85公里长的光纤。

(6) 光子集成多光子纠缠量子态及片上光频梳研究成果显著

中科院西安光学精密机械研究所与加拿大魁北克国立科学研究所、香港城市大学、澳大利亚墨尔本皇家理工大学等单位合作，利用微环谐振腔中的自发四波混频效应，以时域分离、相位可调的光脉冲对为泵浦源，得到跨越S-C-L三个通信波段的频率间隔为200兆赫的纠缠光子对。该纠缠光子源是迄今为止带宽最宽的量子频梳，其量子干涉条纹可见度达到93.2%。通过在两个不同的谐振波长上同时提取两对光子，得到四光子纠缠态，其量子干涉条纹可见度达到89%。该研究开创片上产生和控制复杂量子态的时代，并提供可规模化集成的光量子信息处理平台。

(7) 光纤传输速率突破1Tb/s

诺基亚贝尔实验室、德意志电信T-Lab实验室以及慕尼黑工业大学在光纤通信现场试验中，通过一项新的调制技术，使得光纤网络传输速率达到1Tbs。当可调传输速率随着信道情况和通信量需求而进行动态适应的时候，光网络的灵活性和性能可以得到最大化。德意志电信提供一个独特的网络基础设施来评估和演示类似此类的高度创新的传输技术。

(8) 基于LED实现610Mbps单路实时传输

中国科学院半导体研究所对单路实时610Mbps的可见光通信进行第三方测试，结果表明基于1瓦荧光型白光LED和PIN探测器在OOK调制下单路实时传输平均速率610Mbps，在传输距离6.2米时，平均误码率为 $3.5e-5$ 量级，远低于前向纠错的误码率上限要求 $3.8e-3$ 。

(三) 软件定义网络(SDN)

1. SDN步入商用部署期

SDN使用户优化网络资源，提高网络敏捷性。受大数据、云计算发展驱动，经过十年发展，SDN已经逐渐落地成型，进入商用部署期。根据市场研究机构Research and Markets发布数据显示，到2023年，全球运营商软件定义网络市场预计将达到95亿美元，复合年均增长率为42.3%。根据IHS Markit数据中心网络设备季度市场跟踪报告，包括设备、控制和管理软件在内的软件定义广域网(SD-WAN)市场在2017年第二季度共计营收7800万美元，与2017年第一季度的3850万美元相比，增长102%（图3.4）。

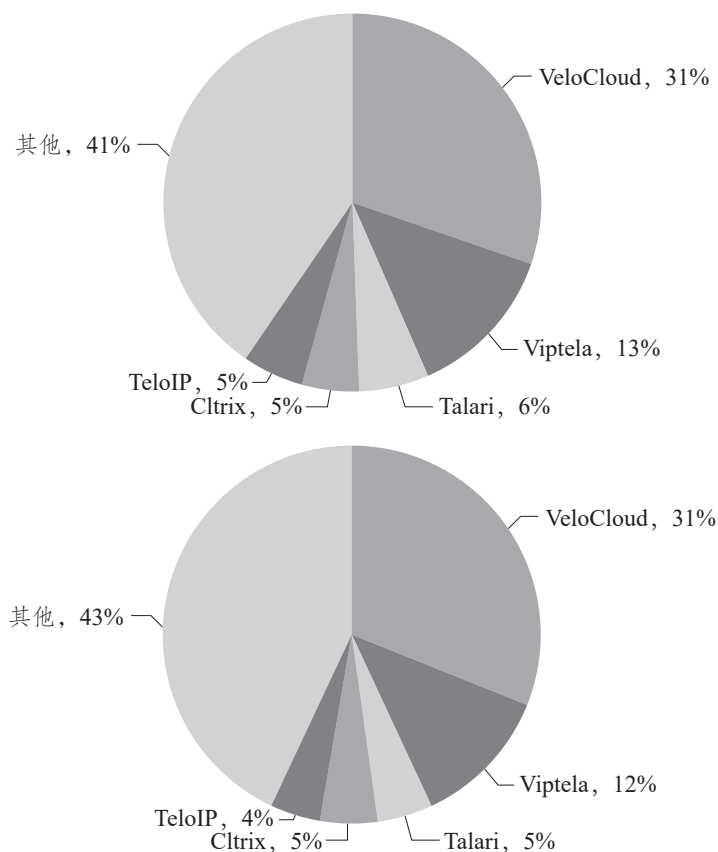


图 3.4 2017 年上半年全球 SD-WAN 厂商市场份额

资料来源: www.sdnlab.com

2. 全球运营商加快部署 SDN

全球各大运营商和企业纷纷加大步伐, 抢占 SDN 市场。

在美国, Verizon 自 2009 年起利用 SDN 技术改造网络, 2016 年 4 月, 公司在美国完成跨 5 个数据中心的 OpenStack 云计算部署, 7 月 Verizon 推出虚拟网络服务包, 该网络服务的软件包包括安全、广域网优化、SD-WAN 服务, 旨在帮助用户过渡到虚拟基础架构的模式。2017 年 AT&T 目标是实现 55% 网络系统向 SDN 转型。

欧洲地区, 英国电信从 2016 年开始推出“数字化潜能”计划, 聚焦于包括未来数据中心及 SDN、5G、物联网等方面, 并加快对动态网络服务 (Dynamic Network Services) 投资的步伐, 2017 年 6 月公司宣布下一代广播网络中 SDN 架构的测试计划, 推出基于 SDN-WAN 技术的解决方案, 该方案在 2017 年第一季度实现 700 万美元的收入。

Orange 测试一种支持 SDN 的 vCPE 解决方案, 公司着眼于为中小型企业提供虚拟化服务, 已经推出 EasyConnect 品牌, 该品牌涵盖包括 IP-VPN、防火墙、网页内容过滤和其他能够通过一个自助式门户进行控制的服务。

中国三大运营商积极布局 SDN。近年, 各大运营商推动既定的网络重构计划落地实施, SDN 商用



规模逐步扩大: SDN 已经成为数据中心必选技术; 面向企业客户的随选网络服务成为 SDN 部署主要驱动力, 以 SD-WAN 为代表的企业连接服务得到越来越广泛的应用。中国联通集团网络研究院和江苏联通共同组织 SD-UTN 现网测试。中国电信持续在 SDN 技术和应用研究领域投入大量资源, 并在基于传送 SDN 的创新业务研究和开发工作中进行深入尝试。在跨域测试中, 中国电信实验室成功实现与中国联通和韩国 SKT 实验室的跨运营商互联互通。中国移动已经在云计算数据中心规模部署 SDN, SPTN 进入规模试点阶段, 骨干网流量调优进入小规模试点节点, vBRAS 进入测试验证阶段。

3. 标准组织与开源社区共促 SDN 技术演进

伴随云计算发展, SDN 技术从数据中心逐步走向广域网, 网络功能虚拟化 (NFV) 架构日趋成熟, 控制转发分离的 SDN 技术与软硬件解耦的 NFV 架构结合, 正在引发一场通信网络架构的变革。在这场变革中传统的标准组织继续起到引领技术方向、统一架构、统一接口、保证互联互通的作用; 同时, 开源社区加速技术的成熟和推广, 形成事实标准与标准组织输出物相互补充的局面。

ONF (Open Networking Foundation) 在 SDN 标准中布局最为全面, 共建立 10 个工作组和 1 个讨论组。自 ONF 在 2011 年由谷歌和微软等众多行业巨头组建, 便制定 OpenFlow 工作协议的标准, 推动 SDN 发展。ONF1.0 阶段主要任务是以数据中心、校园网为目标的 SDN 网络提供架构模型和接口协议, 也为 SDN 向更广泛的运营商网络发展奠定基础。2014 年进入 2.0 阶段后运营商参与力度大幅增加。

2016 年 10 月, ONF 与另一家 SDN 行业关键组织 ON.Lab 签署协议, 合并为一个统一的组织, 整合各自的标准和开放源码, 名字沿用 ONF。ON.Lab 是 2012 年由斯坦福大学和加州大学伯克利分校的研究者成立, 开发面向服务提供商的两个主要的开源 SDN 项目—开放的网络操作系统 (ONOS)、按数据中心重新架构的中心机房 (CORD)。此次合并是将 ON.Lab 在开源方面取得的成绩, 与 ONF 关于 SDN 的标准结合起来, 加速 SDN 应用落地。合并后 ON 计划推广网络操作系统和按数据中心重新架构的中心机房, 将继续更新 OpenFlow, 并把接口标准化工作扩展到 OpenFlow 之外。

(四) 低功耗广域网 (LPWAN)

1. 低功耗广域网技术趋于多样

物联网的快速发展对无线通信技术提出更高的要求, 专为低带宽、低功耗、远距离、大量连接的物联网应用而设计的低功耗广域网 (Low-Power Wide-Area Network, LPWAN) 快速兴起。为了抢夺 LPWAN 商机, 相关厂商纷纷组建联盟推出不同技术类型。

LPWAN 技术可被分为授权频段的广域网技术及非授权频段的广域网技术两类, 不同的 LPWAN 技术在接入网络、部署方式、技术特点、功耗性能及服务模式上都有所差异。授权频段的广域网技术包括被 3GPP 通过的 NB-IoT 以及由 LTE 技术演进而来的 eMTC。非授权频段广域网技术包括 Sigfox、LoRa (表 3.2)。

2. LoRa

LoRa 技术核心专利是由美国 Semtech 公司于 2012 年 3 月从法国 Cycleo 公司购买, Semtech 公司作为最大的芯片供应商, 是全球 LoRa 产业的主要推动者。

2015 年 3 月, Semtech 牵头成立开放、非营利组织 LoRa 联盟, 发起成员还包括法国 Actility, 中

表 3.2 全球低功耗广域网四种主要技术对比

项目		Sigfox	LoRa	eMTC	NB-IoT
基本情况	简介	2010年由法国Sigfox推出,已经获得3个运营商的支持,网络覆盖法国、美国、西班牙、荷兰和英国15个国家	2013年诞生在美国Semtech公司,部分主流运营商支持,已经有17个国家公开宣布建网计划,120多个城市地区正在运行LoRa网络	2016年eMTC核心标准在R13版本中冻结,目前全球四大洲9家运营商予以支持	2016年NB-IoT核心标准在R13版本中冻结,全球主流运营商、企业予以支持
	国际影响	2016年底该技术已经覆盖美国20%的人口、100多个美国城市。2017年继续扩大在美国大城市的覆盖,包括西雅图、费城和巴尔的摩-华盛顿在内,并计划到2017年底覆盖美国40%的人口	2015年3月LoRa联盟宣布成立,联盟成员数量达330多家,包括国际商业机器公司(IBM)、思科、法国Orange等重量级厂商	2017年初全球AT&T、KPN、KDDI、NTT DOCOMO、Orange、Telefonica、Telstra、TELUS和Verizon等9家主流运营商宣布支持LTE-M	2017年年底可能在60个国家和地区开始覆盖,目前只是进行场外试验,包括对终端和基站的商用验证
	国内影响	暂时未进入中国	2016年12月中国LoRa物联网产业运营联盟由鹏博士、Semtech发起,鹏博士计划在全国200多个城市布局LoRa网络	2016年10月中国移动联合多家知名厂商进行基于3GPP标准的eMTC商用产品实验室测试	国内三大运营商予以支持和部署
性能	网络部署	独立建网/非授权频谱	独立建网/非授权频谱	现有蜂窝基站复用/授权频谱	现有蜂窝基站复用/授权频谱
	传输速率	最低,短信形式(12bit)	低(<50Kbps)	最高(1Mbps的峰值速率)	适中(160~250Kbps)
	模组、芯片成本	最低	低	最高	底
	单基站覆盖能力	最高	高	高	高
	适用范围	单基站覆盖能力是LTE基站的20倍,适用于对数据传输速率和频率要求低,节约成本的物联网需求	任何人都可以购买LoRa基站,可自组网对数据保密性要求高,自组私有物联网,适合区域性部署	可以基于现有LTE网络直接升级部署,支持移动性和语音,传输速率高,适用于车联网	可以基于现有LTE网络直接升级部署,综合性能最佳

资料来源: www.sigfox.com、www.lora-alliance.org、www.3gpp.org

国 AUGTEK 和荷兰皇家通信等企业。不到一年时间,成员企业 150 余家,其中不乏国际商业机器公司(IBM)、思科、法国 Orange 等重量级产商。LoRa 联盟在产业链中的每一环(终端硬件产商、芯片产商、模块网关产商、软件厂商、系统集成商、网络运营商)均有企业。

LoRa 采用线性扩频调制技术,其通信距离可达 15 公里以上。相比其他广域低功耗物联网技术(如 Sigfox),LoRa 终端节点在相同的发射功率下可通信的距离更远。频段方面,LoRa 系统为非授权频段技术,主要工作在 1 吉赫以下免许可频段,欧洲常用频段为 433 兆赫和 868 兆赫,在美国常用频段为 915 兆赫。网络架构上,LoRa 采用星型网络架构,与网状网络架构相比,具有低延迟、简单的特点,基于 LoRa 的扩频芯片,可以实现节点与集中器直接组网连接,构成星形。对于远距离的节点,



可使用网关设备进行中继组网连接。功耗和性能方面，LoRa 终端接收电流仅 10 毫安，睡眠电流 200 纳安，电池寿命可达 10 年。此外，LoRa 基于测量多点对一点的空中传输时间差试点定位，使得在 10 公里范围内终端的定位精度控制在 5 米。

从成本和市场推广看，LoRa 终端通信模块成本约 5 美元，适用于具备功耗低、距离远、容量大以及可定位跟踪等特点的物联网应用。LoRa 网络已经在全球多地进行试点或部署。据统计，全球 16 个国家部署 LoRa 网络，56 个国家开始进行试点，如美国、法国、德国、澳大利亚、印度等。荷兰 KPN 电信、韩国 SK 通信在 2016 年上半年部署覆盖全国的 LoRa 网络，并提供基于 LoRa 的物联网服务。法国 Orange 计划在 2017 年年底前完成全法国范围的 LoRa 网络覆盖。

LoRa 技术在我国尚未形成规模应用多，已启动的应用是 AUGTEK 公司在京杭大运河完成 284 个 LoRa 基站的建设，覆盖 1300 公里的流域。从事 LoRa 模块和方案开发的厂商包括洲斯物联、思创汇连、普天通达、八月科技、NPLink、门思科技、利尔达、通感微电子、上海雍敏、武汉拓宝、博大光通、唯传科技、三凡信息等公司。

3. SigFox

Sigfox 具有双向通信功能，具备成本低、功耗低的特点。成本方面，当通信运营商希望通过部署短波技术以最大限度地提高携带数据的时候，SigFox 使用的是波段是最长波。Sigfox 采用超窄带宽 (UNB) 技术，该技术每秒只能处理 10 到 1000 比特的数据，能支持成千上万的连接。基于该技术的网络，不仅成本远低于传统的蜂窝网络，而且其网络所占用的 900 兆赫无线频段在美国不需要授权。Sigfox 使用的通信芯片成本低于 1 美元，每个基站可以连接 100 万个终端。据估算，仅需建设 1 万个基站其网络就可以覆盖整个美国，建成覆盖全球的物联网仅需数百亿欧元。

功耗方面，Sigfox 网络设备消耗仅 50~100 微瓦的功率。相比较而言，移动电话通信则需要约 5000 微瓦。接入 Sigfox 网络的设备每条消息最大长度大约为 12 字节，每天每个设备所能发送的消息不能超过 140 条。

4. NB-IoT

2014 年，华为提出窄带技术 NBM2M，先后与高通、爱立信等公司的方案融合，由此演进成为 NB-IoT。2016 年 6 月，NB-IoT 核心协议标准在 3GPP 获得通过。

不同于 Sigfox 和 LoRa 应用时需要单独组建网络，而且使用的频谱没有授权，在安全性上也可能存在缺陷。NB-IoT 是 3GPP 推出的标准技术，经过多次讨论、已成为被全球广泛接受的全新窄带物联网技术标准，是技术演进和市场竞争的综合产物。

从接入网络看，由于 NB-IoT 是在 LTE 基础上发展起来，主要采用 LTE 的相关技术，并针对自身特点进行相应调整。当 NB-IoT 与 LTE 并存部署时，下行链路中的 NB-IoT 和 LTE 互不影响。

从性能和功耗看，基站覆盖范围广，终端以低于 2G 的功率即可接入网络，和 2G 相比 NB-IoT 能实现多达 20dB 以上的增益，使得 NB-IoT 网络能够覆盖更广、更深，并有能力覆盖到地下停车场、地下管网；终端工作在低功耗模式下，如采用节能模式只需 15 微瓦。

从部署看，因为 NB-IoT 可直接部署于 2G/3G/4G 网络，现有无线网络基站的射频与天线可以复用。对于小流量、时延不敏感的应用场景，NB-IoT 单个扇区可以支持 5 万 ~10 万个终端的接入，较现有 2G/3G/4G 高出 50~100 倍以上。因此，运营商只需要很低的建设成本，就可以快速形成 NB-IoT 的

承载能力。

目前，NB-IoT 阵营得到全球主流通信运营商、设备商和芯片厂商的支持。NB-IoT 已被沃达丰、中国移动、中国电信、中国联通等运营商采纳，并被华为、爱立信、高通、英特尔等产业链上游厂商积极推动。沃达丰 2016 年 9 月宣布在西班牙马德里成功完成首个 NB-IoT 商用网络试验，计划 2017 年正式商用部署；中国电信在 2017 年上半年部署基于 800 兆赫 NB-IoT 网络，并实现全网覆盖；中国联通 2015 年 7 月在上海建成并开放全球第一个 4.5G 的 NB-IoT 示范点，2016 年在国内 7 个城市启动基于 900 兆赫、1800 兆赫的 NB-IoT 外场规模组网试验，2017 年开始推进重点城市的 NB-IoT 商业部署；华为已经具备 NB-IoT 芯片的量产能力，2017 年底将在全球范围内支持 NB-IoT 商用网络，加速促进 NB-IoT 技术在智能设备、共享单车、智慧家庭、水污染监测以及车联网等领域的规模化商用。

5. eMTC

3GPP 一直将物联网作为 LTE 的重要演进方向。eMTC 是 3GPP 在不改变 LTE 自身技术体制基础上，通过适当改造，实现对物联网的支持，核心标志是推出 CatM 类别的终端。未来会根据技术、应用场景等发展随着 LTE 协议共同演进。2016 年 3 月，3GPP 正式宣布 eMTC 已经在 R13 中被接纳，标准已正式发布。

NB-IoT、eMTC 同属 3GPP 标准内的 LWPAN 技术，两者技术特点与功耗性能方面接近。在中国，NB-IoT 的“风头”完全盖过 eMTC，但在美国却是另一番景象，AT&T、Verizon 两家巨头都在力推 eMTC。MWC2017 大运营商联合宣布支持 eMTC。2017 年 3 月底，Verizon 在美国本土推出第一个全国性的商用 LTE Cat-M1 网络，覆盖面积达到 240 万平方公里，Verizon 借此展示其在物联网发展方面的领先地位。AT&T 2016 年 10 月在旧金山建立 eMTC 物联网的首个站点，之后在俄亥俄州建立第二个站点，计划在 2017 年年中将 eMTC 网络覆盖美国，年底将 eMTC 网络覆盖至墨西哥。

（五）量子通信

1. 中国处于量子通信领先地位

当前，围绕量子科技领域的研发，全球各国都在激烈拼争，争相抢占创新制高点。其中，量子通信技术方面，中国已走在世界前沿。在标准化研究和实际应用方面，中国率先建立城际量子干线网，并发射全球首颗量子试验卫星，开展星地间量子纠缠通信实验。

2016 年 8 月中国成功发射全球首颗量子通信卫星“墨子号”，星地高速量子密钥分发实验、广域量子密钥网络实验及在空间尺度进行量子纠缠分发和量子隐形传态实验如期展开，进一步推动空间量子通信领域实用化应用。

2016 年年底，国家量子通信骨干网“京沪干线”竣工，是全球第一条量子通信保密干线，总长 2025 公里，总投资额约 5.6 亿元，途经北京、济南、合肥、上海等多个城市，可应用于金融、政务等重要信息的保密传输。

纵观 2016 年全年，量子通信在中国实现快速发展，组网不断扩大，关键技术不断取得进展，预计到 2021 年，量子通信在政府服务领域应用占比将达到 30%；金融领域应用其次，占比为 22%；商业领域、国防军事紧随其后，占比分别为 20%、16%（图 3.5）。

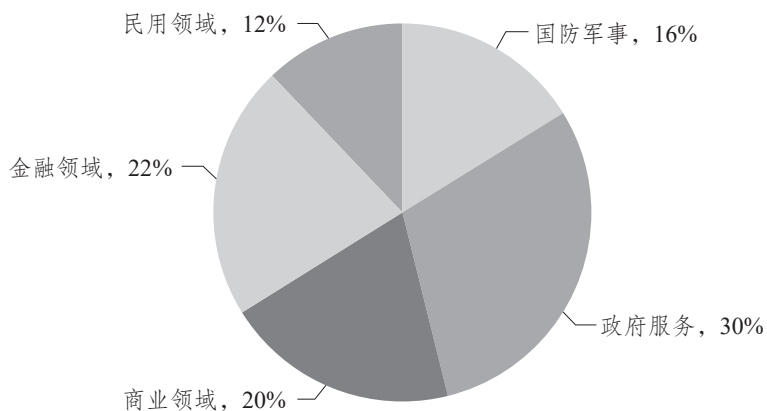


图 3.5 2021 年中国量子通信应用占比预测

资料来源：前瞻产业研究院

2. 发达国家（地区）发布量子通信计划

2016 年 3 月，欧盟委员会发布《量子宣言》，计划于 2018 年启动 10 亿欧元的量子技术项目，其中在量子通信方面，规划 5 年内突破量子中继器核心技术，实现点对点安全量子通信。10 年内实现远距离量子网络、量子信用卡应用等，目标是融合量子通信与传统通信。

美国将“量子跃迁”（Quantum Leap）作为未来五年“六大科研前沿”和颠覆性技术之一，认为人类正站在下一代量子革命的门槛上，量子力学正在导致变革性技术，将大力促进交叉性基础研究。事实上，最早是美国拉开量子通信实验研究的序幕，早在 1989 年，国际商用机器公司（IBM）在实验室中以 10 比特/秒的传输速率、32 厘米的距离成功实现世界上第一个量子信息传输。

日本在量子通信领域注重实用和专利，2011 年，日本研究小组将量子密码技术应用于电视会议系统，充分实现世界上最快的密钥生成速度。日本提出以新一代量子通信技术为对象的长期研究战略，并计划在 2020—2030 年间建成绝对安全保密的高速量子通信网。目前，日本每年投入 2 亿美元，规划在 5~10 年内建成全国性的高速量子通信网。日本国立信息通信研究院计划在 2020 年实现量子中继，到 2040 年建成极限容量、无条件安全的广域光纤与自由空间量子通信网络。

3. 量子通信器件研发进展

（1）俄罗斯

2017 年 4 月，莫斯科国立大学物理系与俄罗斯 InfoTeks 公司宣布，在俄罗斯先期研究基金会 2014—2017 量子通信技术计划支持下，两家机构联合研发量子加密信道编码器，可用于银行系统和分布式数据处理中心，以及其他对数据安全要求高、数据处理量大的行业。

这是俄罗斯首次运用量子信息加密技术研制工业设备。这一高性能量子编码器通过光纤通信链路提供绝对安全的信息传输，能以 10Gbps 的速度对信息自动加密，同时量子密钥分配信道将每隔几秒自动更新一次，频繁自动更新密钥也是该设备主要优势之一。此前，俄罗斯先期研究基金会量子光学技术实验室已利用量子技术研发非加密信道的安全密钥分配设备，并于 2016 年 9—10 月在俄罗斯电信公司光纤通信线路上成功进行试验，在莫斯科州诺金斯克市和巴甫洛夫斯克市之间（相距 32 公里）

安全部署密钥，该试验在全自主模式状态下运行 21 个昼夜。

(2) 美国

2016 年 8 月，美国国家科学基金会拨款开发用于安全通信的量子技术。使用常规光纤上的纠缠来设计、制造和展示量子通信的微芯片，这是一种超紧凑（厘米级）微芯片，可以生成和检测量子存储器的纠缠，预测和挑选光子，而且无需低温冷却，并展示基于千兆赫兹时钟频率编码时间信息的量子密钥分发协议。

(3) 日本

2017 年 7 月，日本国家信息通信技术研究所（NICT）研制出世界上最小、最轻的微卫星 SOCRATES 量子通信发射机（SOTA），并成功地演示在科加尼市光电地面站中的单光子状态接收卫星信息。SOTA 重 6 公斤，尺寸 17.8 厘米，宽 11.4 厘米，高 26.8 厘米。它以 700 公里 / 秒的速度从 600 公里的高度以每秒 1000 万比特的速度向地面传输激光信号，NICT 成功检测到这一速度下的 SOTA 通信信号。

主要参考文献

- [1] 2017 Telecommunications Trends, www.strategyand.pwc.com
- [2] FUTURE TRENDS IN FIBER OPTICS COMMUNICATION, International Journal on Cybernetics & Informatics (IJCI) Vol. 6, No. 1/2, 2017 年 4 月
- [3] Ericsson Mobility Report 2017, www.ericsson.com
- [4] 2017 Telecommunications Industry Outlook, www.deloitte.com
- [5] ADVANCING QUANTUM INFORMATION SCIENCE: NATIONAL CHALLENGES AND OPPORTUNITIES, <https://www.whitehouse.gov>
- [6] A COMPREHENSIVE LOOK AT Low Power, Wide Area Networks, www.link-labs.com

本章撰写：宋凯



第四章 世界半导体产业发展动态

一、世界半导体产业总体发展态势

(一) 产业规模企稳复苏

经历 2015 年的短暂下滑后，受益于多个细分市场对芯片需求的增长以及产品单价的回升，2016 年全球半导体销售额达到 3389 亿美元，较 2015 年增长 2%。美国半导体行业协会（Semiconductor Industry Association）预计 2017、2018 年半导体销售额将达到 3460 亿美元和 3540 亿美元（图 4.1）。

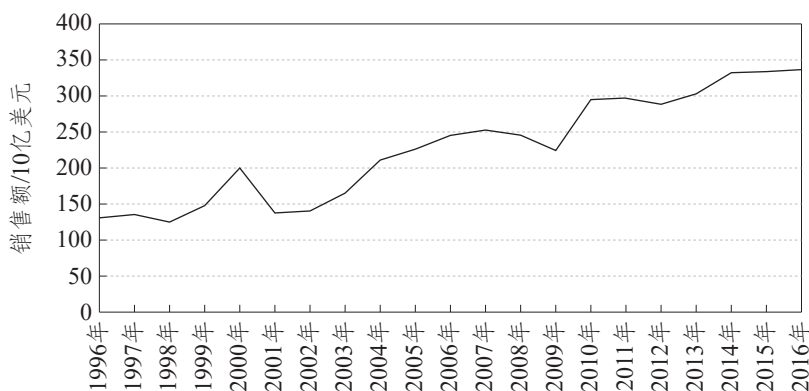


图 4.1 1996—2016 年全球半导体销售额

资料来源：世界半导体贸易统计组织和美国半导体行业协会，2017 年 5 月

亚太地区成为全球最大的半导体市场，销售额从 2001 年的 398 亿美元提高到 2016 年的 2080 亿美元，占据全球 61.5% 的市场份额，北美、欧洲和日本市场份额依次为 19.3%、9.7% 和 9.5%（图 4.2）。

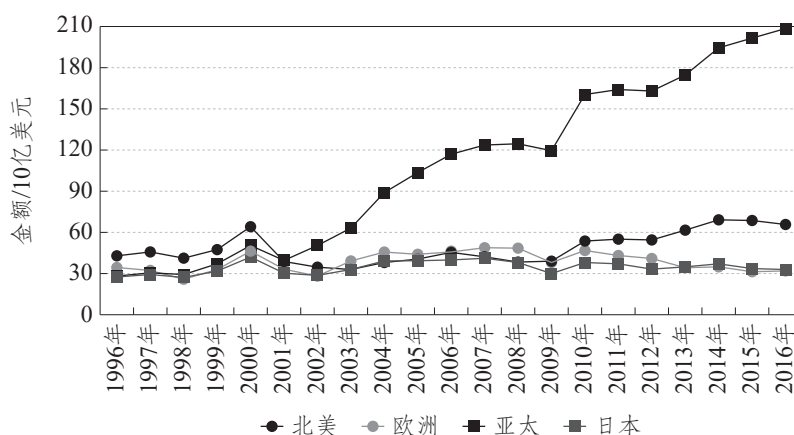


图 4.2 1996—2016 年全球半导体产业区域市场规模

资料来源:世界半导体贸易统计组织和美国半导体行业协会, 2017 年 5 月

半导体细分领域按销售份额从高到低依次为逻辑芯片 (Logic)、存储芯片 (memory)、模拟芯片 (analog) 和微处理器 (MPU), 这些细分领域占据整个半导体销售额的 76%。其中, 逻辑芯片销售额 910 亿美元, 同比增长 0.8%; 存储芯片销售额 770 亿美元, 同比下滑 0.6%; 模拟芯片销售额 480 亿美元, 同比增长 5.8%。增幅最大的细分市场来自传感器领域, 销售额达到 110 亿美元, 同比大增 22.7% (图 4.3)。

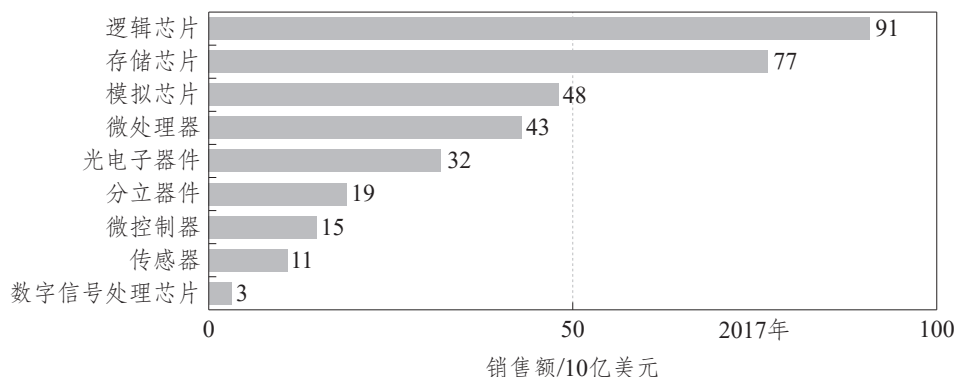


图 4.3 2016 年全球半导体细分领域销售额

资料来源:世界半导体贸易统计组织和美国半导体行业协会, 2017 年 5 月

(二) 美国依然占据主导地位

美国在全球半导体产业竞争中依然保持领先地位。从各国半导体企业市场份额来看, 2016 年美国企业贡献了占全球半导体销售额的 48%, 欧洲企业占比为 10%。亚洲三强韩国、日本和中国台湾地区企业的占比依次为 17%、11% 和 7%。中国大陆的占比为 5%。区域市场份额方面, 在中国、亚太和欧洲市场, 美国半导体企业都占据 50% 以上的市场份额, 但其在日本的市场份额仅为 40% (图 4.4, 图 4.5)。

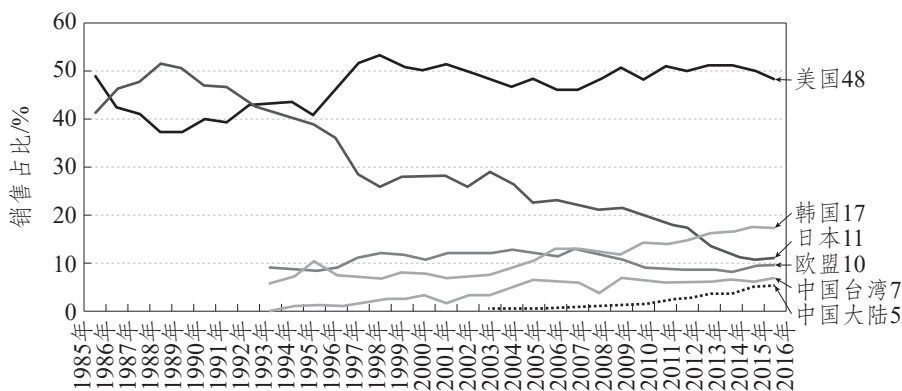


图 4.4 1985—2016 年全球各地区半导体企业销售占比

资料来源：世界半导体贸易统计组织、美国半导体行业协会、IHS Global、普华永道，2017 年 5 月

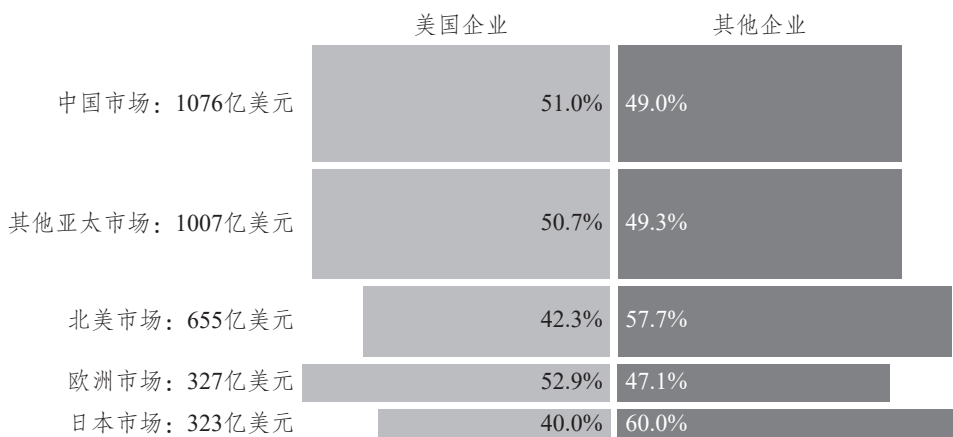


图 4.5 美国半导体企业在全不同地区的市场占比

资料来源：世界半导体贸易统计组织和美国半导体行业协会，2017 年 5 月

2016 年，美国半导体公司将大约 46% 左右的晶圆制造产能置于美国本土生产。亚洲地区成为其第二大市场，占到大约 33% 左右的份额（图 4.6）。

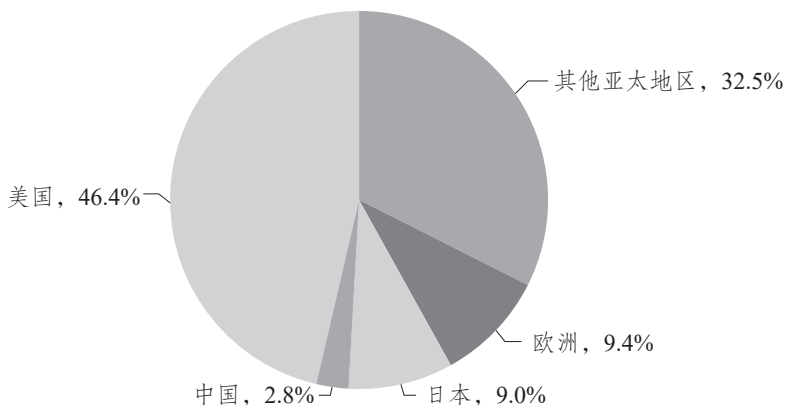


图 4.6 总部位于美国的半导体企业晶圆产能全球分布

资料来源：IC Insights 和美国半导体行业协会，2017 年 5 月

研发与资本投入是维持半导体产业竞争力的主要驱动。2016年，包括无晶圆厂（fabless）在内的全美半导体企业研发支出和资本投资达到569亿美元。1996年到2016年美国半导体企业研发支出和资本投资的复合年均增长率达到5.3%，投资占销售比例基本保持稳定，受市场波动和经济周期的影响很小（图4.7）。

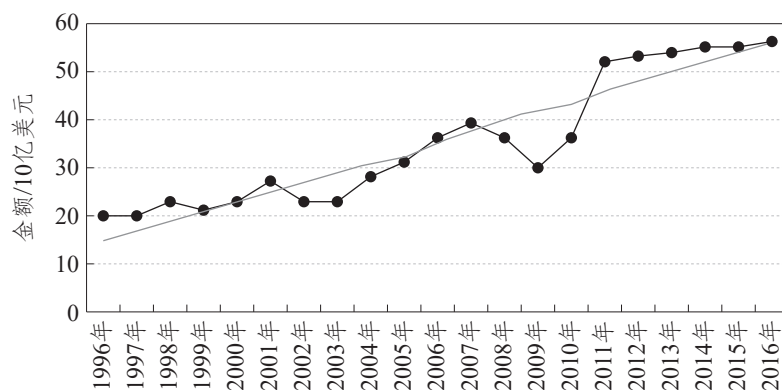


图 4.7 1996—2016 年全美半导体研发与资本投入变化

资料来源：各半导体公司年报和美国半导体行业协会，2017年5月

1996年到2016年，美国半导体企业研发支出的复合年均增长率约为8.1%，高于销售增速（4.8%）。过去20年里，每年的研发支出占销售额的百分比都超过10%，2016年达到18.5%。这个数字在美国各大制造业中首屈一指（图4.8）。

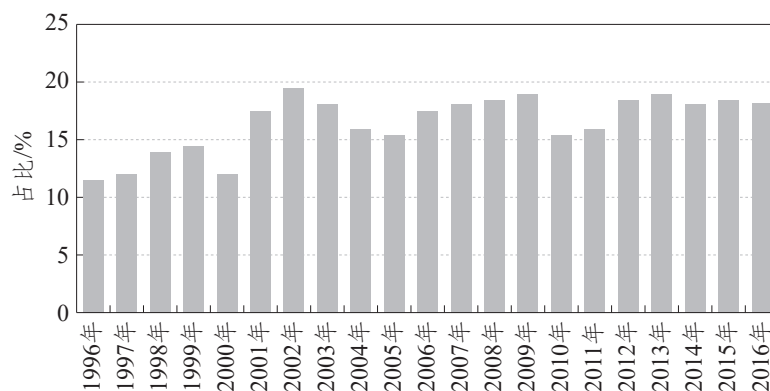


图 4.8 1996—2016 年美国半导体企业研发支出占销售额比

资料来源：各半导体公司年报和美国半导体行业协会，2017年5月

根据2016年欧盟工业研发投资年报显示，美国半导体研发支出占销售额的比例仅次于制药和生物技术产业，位居行业第二。从全球来看，这是其他国家半导体行业所无法比拟的（图4.9，图4.10）。

（三）中国市场高速增长

来自中国半导体行业协会数据显示，2016年中国半导体产业销售额达到4335.5亿元，同比增长

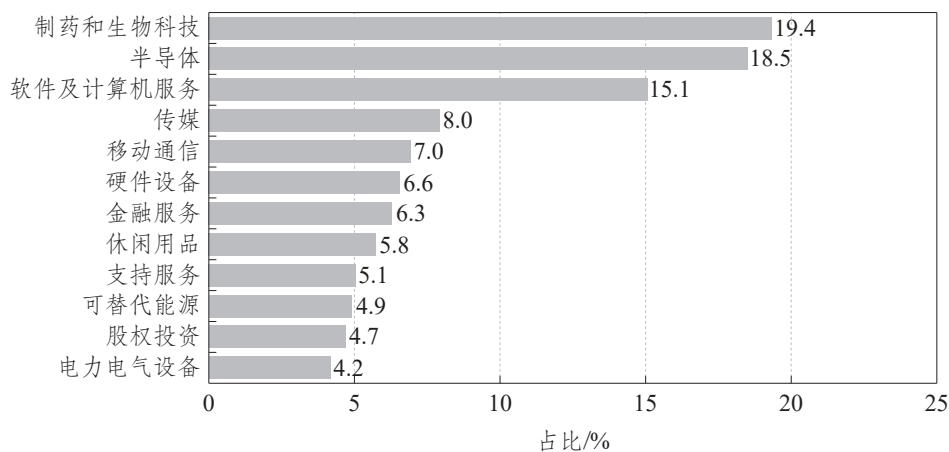


图 4.9 2016 年美国各行业研发支出占销售额比

资料来源：2016 年欧盟工业研发投资年报，2017 年 5 月

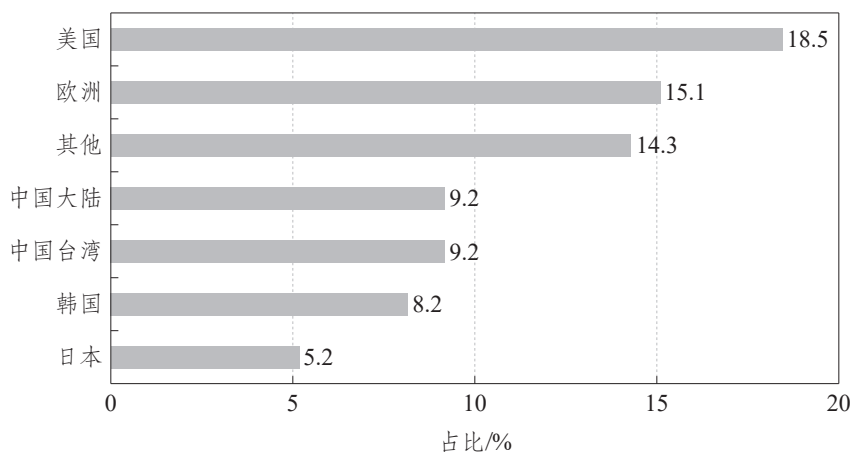


图 4.10 2016 年全球各地区半导体研发支出占销售额比

资料来源：2016 年欧盟工业研发投资年报，2017 年 5 月

20.1%。其中，设计业继续保持高速增长，销售额为 1644.3 亿元，同比增长 24.1%；制造业受到国内芯片生产线满产以及扩产的带动，2016 年依然快速增长，同比增长 25.1%，销售额为 1126.9 亿元；封装测试业销售额 1564.3 亿元，同比增长 13%。

在《国家集成电路产业发展推进纲要》和国家集成电路产业投资基金的推动下，中国半导体市场已成为全球增长的引擎。近两年以中资为主导开展的国际并购金额达到 130 亿美元，已引起美国等西方优势国家的重视，针对中国企业并购采取更为严厉的审查。面对更为严峻的外部挑战，如何整合现有资源将成为国内企业考虑的重点（图 4.11）。

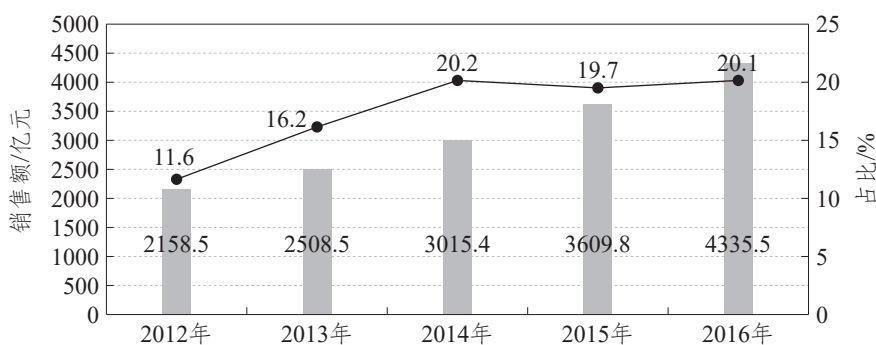


图 4.11 2012—2016 年中国半导体市场销售额

资料来源：中国半导体行业协会，2017 年 2 月

（四）企业并购持续推进

2016 年半导体产业并购继续围绕战略整合和新领域布局展开。一方面，龙头企业为实现规模经济和降低成本，持续开展出于战略整合目的的国际并购。另一方面，随着产业进入后摩尔时代，企业加快布局新兴市场，细分领域竞争格局加快重塑，围绕物联网、汽车电子、数据中心、人工智能等领域的并购日趋活跃。

并购金额上，2016 年半导体并购呈现出规模大、交易金额高、强强联合的特征，不乏交易金额在百亿美元以上的并购，如高通以 470 亿美元并购恩智浦，成为半导体史上最大的并购案。在资本推动下，半导体细分领域的龙头和骨干企业将继续被收购和整合，如存储器、代工制造、图形处理器等领域。并购方面，半导体并购聚焦至新兴和细分领域，2016 年围绕汽车电子、物联网等领域的并购案交易金额超过 1000 亿美元，数量超过 30 起。高通收购恩智浦，联合布局物联网、自动驾驶、第五代移动通信等领域，软银公司收购 ARM 布局物联网领域，三星电子收购汽车电子零部件供应商 Harman 公司进军汽车电子行业。

（五）存储芯片大有作为

虽然 2016 年存储芯片市场表现平淡，但是随着 DDR4 DRAM 芯片的大规模应用，存储芯片市场将成为整个半导体市场增长的主要动力。IC Insights 数据显示，2016 至 2021 年，存储芯片的复合年均增长率将达到 7.3%，位列半导体主要类别首位（图 4.12）。

DDR4 是电子元件工业联合会（JEDEC, Joint Electron Devices Engineering Council）于 2012 年推出的第四代 DDR 产品，2014 年首次出现在高性能服务器和高性能终端产品上，如英特尔的 22 纳米 Haswell-E 处理器。2016 年 DDR4 快速渗透到数据中心服务器、大型机、高端个人计算机。DDR4 能够提升存储速率，提高消费电子产品的 SDRAM 容量，支持堆栈式存储芯片，其模组密度和传输速度都是 DDR3 的两倍，能耗降低 20%。

2016 年 DDR4 在 DRAM 芯片市场高歌猛进，市场份额占到 45%，较 2015 年提升 25 个百分点。由于相对 DDR3 的价格溢价逐渐减弱，大量微处理器都直接使用 DDR4 的控制器和接口，如英特尔的 14 纳米 X86 核心处理器。IC Insights 预计 2017 年 DDR4 将超过 DDR3，占据 58% 的市场份额（图 4.13）。

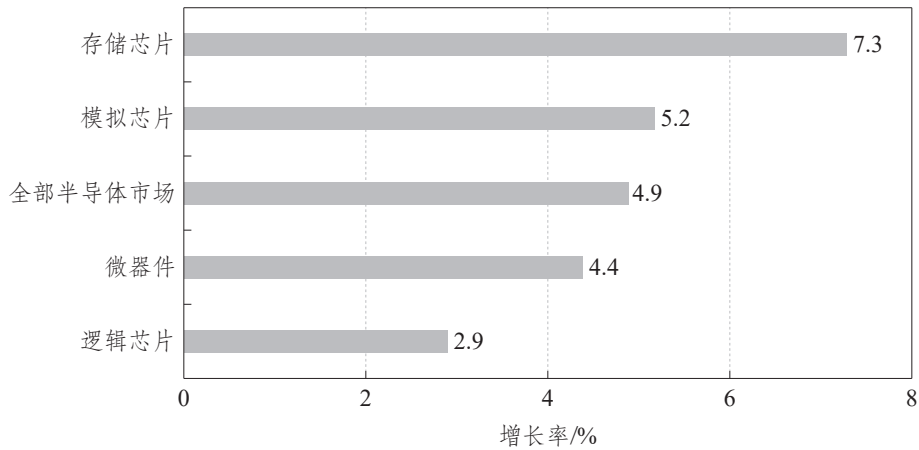


图 4.12 2016—2021 年半导体分类产品市场增长预测

资料来源: IC Insights, 2017 年 1 月

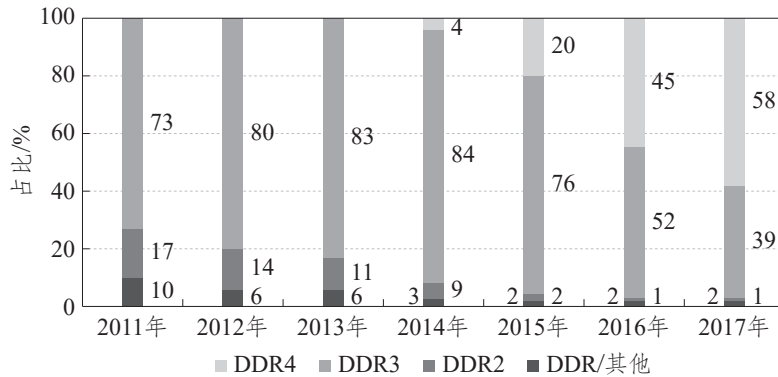


图 4.13 2011—2017 年全球 DRAM 市场份额占比

说明: 2017 年为预测值

资料来源: IC Insights, 2017 年 4 月

(六) 终端消费推动产业增长

全球半导体最主要的驱动力主要来自终端产品。消费者对于这类产品的需求主要来自个人计算机和移动设备。尤其在亚洲、拉丁美洲以及东欧和非洲等新兴市场, 消费者对终端的需求进一步推动半导体产业的增长。

2016 年半导体各大应用终端中, 移动通信产品贡献 31.5% 的销售额, 位居各大应用首位。其后依次为计算机、工业 / 政府应用和消费电子产品, 市场份额依次为 29.5%、13.9% 和 13.5%。汽车应用半导体的市场份额达到 11.6% (图 4.14)。

(七) 汽车半导体市场需求回暖

移动通信设备和个人计算机一直是推动半导体市场增长的主要应用领域。随着个人计算机和手机市场的逐渐饱和, 一批新兴应用逐渐涌现, 如自动驾驶技术推动下的汽车半导体市场。

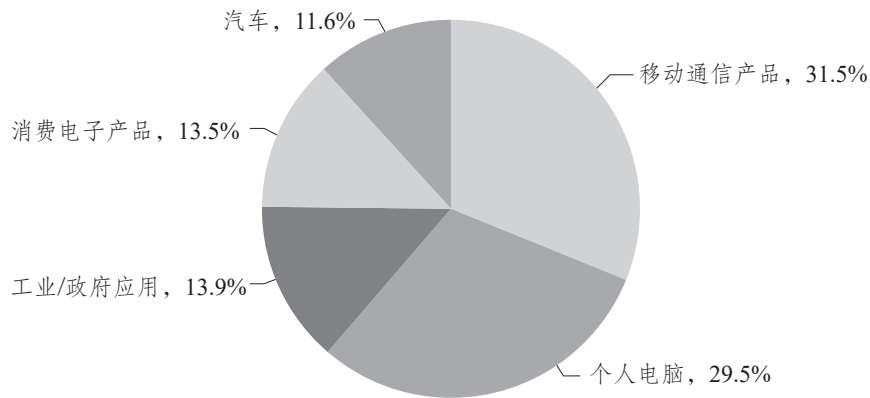


图 4.14 2016 年全球半导体市场终端应用占比

资料来源：世界半导体贸易统计组织，2017 年 5 月

全球汽车半导体市场正在经历非同寻常的变化。2014 年全球汽车半导体市场增长 11.5%，2015 年出现下降，下滑的主要原因在于汽车模拟集成电路、DRAM、Flash、通用 / 专用逻辑集成电路的汽车半导体平均售价下滑。然而，2016 年下半年开始，由于汽车系统的需求增长，汽车半导体市场增长重新回到两位数，2016 年全年增长 10.8%，达到 229 亿美元。预计 2017 年汽车半导体市场将迎来新一轮爆发式增长，增幅预计会达到 22.4%（图 4.15，表 4.1）。

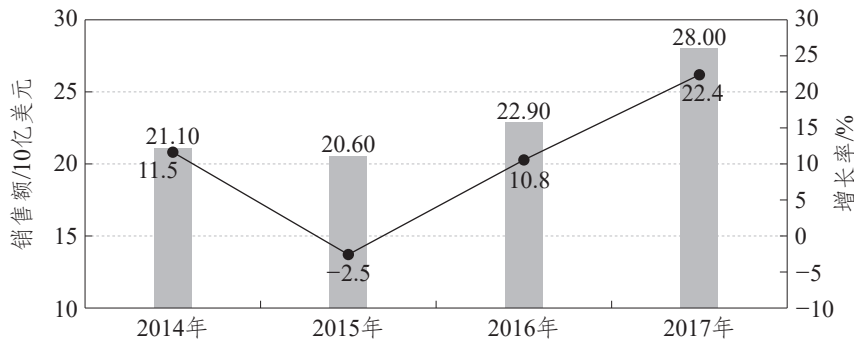


图 4.15 2014—2017 年全球汽车半导体市场规模

说明：2017 年为预测值

资料来源：IC Insights，2017 年 5 月

表 4.1 2016—2017 年全球汽车半导体细分市场规模

设备类型	销售金额 / 100 万美元		增长率 / %
	2016 年	2017 年	
模拟芯片	10 827	13 049	20.5
微控制器	5989	6579	9.9
逻辑芯片	2910	4161	43.0
MOS 存储器	1706	2578	51.1
数字信号处理芯片	1026	1126	9.7
微处理器	405	492	21.5
总计	22 863	27 985	22.4

说明：2017 年为预测值

资料来源：IC Insights，2017 年 5 月



二、世界半导体产业链发展及布局动向

(一) 设计业：中国崛起

2016 年全球半导体设计业销售收入达到 904 亿美元，同比增长 7.4%，占据全部半导体销售收入的 30%（2006 年该数据仅为 18%）。

从地理分布来看，美国半导体设计公司依然占据龙头地位，市场份额达到 53%，但较 2010 年的 69% 有所下滑，部分归因于美国公司博通（Broadcom）于 2016 年 2 月 1 日被位于新加坡的安华高科技（Avago Technology）以 370 亿美元收购。中国台湾位居第二，市场份额为 18%，与 2015 年持平。日本和欧洲的市场份额都小于 1%。

最显著的增长来自中国大陆，其市场份额从 2010 年的 5% 跃升至 10%。不过，这一增长大多归因于企业内部之间的销售转移，如海思芯片 90% 都销往母公司华为。如果扣除海思、中兴、大唐三者的销售收入，这一市场份额将降低至 6%。企业排名方面，2009 年，全球半导体设计 50 强公司中，中国大陆企业仅占有一席，2016 年该数字为 11 家（图 4.6，表 4.2）。

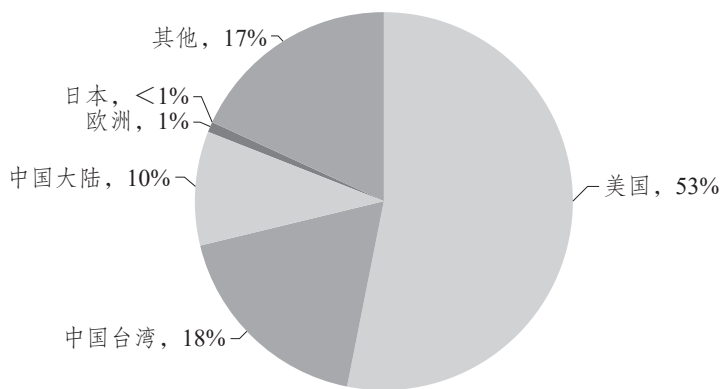


图 4.16 2016 年全球各地区半导体设计业销售额占比

说明：1. 总部位于新加坡的新博通占比为 16%；

2. 扣除海思（华为）、中兴、大唐的企业内部转移后中国公司占比为 6%

资料来源：IC Insights, 2017 年 3 月

表 4.2 2009 年、2016 年全球半导体设计 50 强中国企业

2009 年	2016 年
海思	海思，展讯，中兴微电子，大唐，南瑞智芯微电子，中国华大，锐迪科微电子，芯成半导体，瑞芯微电子，全志科技，澜起科技

资料来源：IC Insights, 2017 年 3 月

欧洲地区，多起并购导致欧洲半导体设计市场份额从 2010 年的 4% 滑落至不足 1%。2015 年一季度，高通收购欧洲第二大设计厂商、来自英国的 CSR；二季度，英特尔收购欧洲第三大设计厂商、来自德国的 Lantiq。目前，欧洲地区仅剩英国厂商 Dialog 一家半导体设计 50 强公司。亚洲地区中，日本 Megachips 公司 2016 年销售收入增幅达到 20%。但是如果剔除日元汇率变化（使用 2015 年底的日元汇率），其增幅仅为 8%。Silicon Works 公司则位居韩国半导体设计业首位。

(二) 代工业：强者恒强

2016 年全球代工业销售额达到 500 亿美元，同比增长 11%。ICInsights 预计从 2016 年至 2021 年，代工业销售额复合年均增长率将达到 7.6%，2021 年将达到 721 亿美元。

代工厂共有两类主要客户，即设计厂商（fabless IC Companies）和整合元件制造商（IDM, Integrated Device Manufactures），前者的代表是高通、英伟达、AMD 等，后者则有安森半导体、德州仪器、东芝等。设计厂商的成功以及整合元件制造商越来越多的外包业务促进代工业发展。此外，中小企业越来越倾向于无晶圆模式，如富士通、IDT 半导体等。

2016 年全球纯代工十强厂商，前四强分别是台积电（TSMC）、格罗方德（GlobalFoundries）、联电（UMC）、中芯国际（SMIC），共占据 85% 的市场份额，台积电一家市场份额高达 59%，销售额增长 29 亿美元，达到 295 亿美元，同比增幅 11%（表 4.3）。

表 4.3 2016 年半导体纯代工十强企业销售额

2016 年排名	2015 年排名	公司 (总部所在地)	2014 年 收入 / 100 万 美元	2013— 2014 年 增长率 / %	2014 年 销售额 占比 /%	2015 年 收入 / 100 万 美元	2014— 2015 年 增长率 / %	2015 年 销售额 占比 /%	2016 年 收入 / 100 万 美元	2015— 2016 年 增长率 / %	2016 年 销售额 占比 /%
1	1	台积电 (中国台湾)	25 138	25	59	26 574	6	59	29 488	11	59
2	2	格罗方德	4355	6	10	5019	15	11	5545	10	11
3	3	联电 (中国台湾)	4331	9	10	4464	3	10	4582	3	9
4	4	中芯国际 (中国大陆)	1970	0	5	2236	14	5	2921	31	6
5	5	力晶 (中国台湾)	1291	9	3	1268	-2	3	1275	1	3
6	6	TowerJazz (以色列)	828	64	2	961	16	2	1249	30	2
7	7	世界先进 (中国台湾)	790	11	2	736	-7	2	800	9	2
8	8	华虹半导体 (中国大陆)	665	14	2	650	-2	1	712	10	1
9	9	东部高科 (韩国)	541	20	1	593	10	1	672	13	1
10	11	x-fab (欧洲)	330	14	1	331	0	1	510	54	1
其他			2280	3	5	2405	5	5	2251	-6	<1
总计			42 519	18	100	45 237	6	100	50 005	11	100

资料来源：IC Insights, 2017 年 1 月

前十强中增长最快的是来自欧洲的 X-Fab，销售增幅达到 54%，首次位列全球前十，该公司主要生产模拟、混合信号、高压设备等，其在 2016 年三季度收购另一家纯代工厂 Altis。来自中国的中芯国际、以色列的 TowerJazz 分别以 31% 和 30% 的增幅位列第四、第六位。从地理区域看，7 家公司来自亚太地区，欧洲 X-Fab、以色列 TowerJazz，以及美国 GlobalFoundries 是仅有的亚太以外的纯代工厂商。

(三) 封装测试业：三足鼎立

封装测试厂可以分成两类。一类是自己生产半导体，并拥有自己的专属（in-house）封装测试厂，



如恩智浦和仪器德州等；另一类就是专门为半导体厂作封装测试代工服务的专业（Subcontractor）封装测试厂，如矽品、日月光、安靠、力成、南茂、长电科技等。

来自中国台湾工业技术研究院（IEK）的数据显示，2016年全球半导体封装测试业产值为272亿美元，中国台湾产值为152亿美元，占比达到55.9%。IEK认为，全球专业委外封装测试代工产值比重持续提升，整合元件制造厂（IDM）比重将持续降低。若将封装与测试分开，专业测试比重提升将比专业封装更为迅速。

半导体封装测试业呈现中国台湾、美国、中国大陆三足鼎立，以日月光与矽品、Amkor与J-Devices、长电科技与星科金朋（STATS ChipPAC）三大阵营为代表。日月光与矽品在宣布共组产业控股公司之后，首要需观察的是其在全球半导体封装测试市场是否触及反托拉斯的问题，未来与台积电在高阶逻辑封装测试领域的竞争也将逐步浮出台面。Amkor收购J-Devices后将稳固全球第二大半导体封装测试厂的地位，并将保持在全球汽车芯片封装测试市场的龙头地位。长电科技继续推进收购STATS ChipPAC后续的资源整合。

受到半导体整体投资增长的推动，2016年全球半导体封装测试设备投资额达到18.31亿美元，同比增长3.9%。Gartner预计2017—2019年半导体封装测试设备的投资增幅都将超过10%（图4.17）。

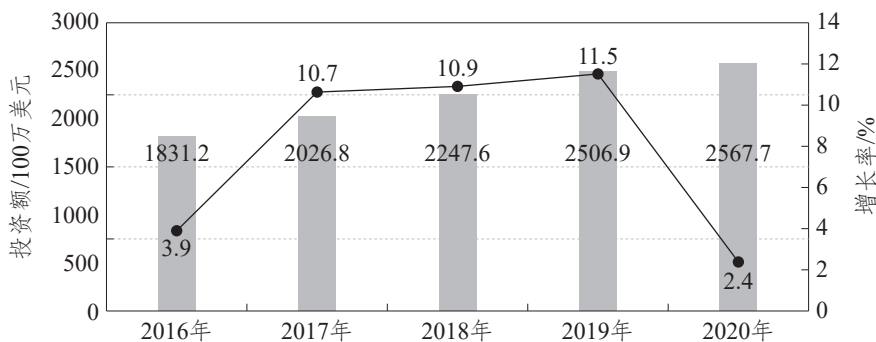


图 4.17 2016—2020 年全球半导体封装测试设备投资额

说明：2017—2020 年为预测值
资料来源：Gartner，2017 年 1 月

（四）装备材料业：重拾增长

国际半导体产业协会（SEMI）数据显示，2016年半导体制造装备销售收入达到412亿美元，同比增长12%。半导体材料（包括晶圆材料和封装材料）销售收入达到443亿美元，同比温和上涨2%。从装备销售收入类别来看，仅晶圆制造、掩模板/光罩、晶圆厂设备的合计收入有所减少。除此之外，晶圆处理设备增长14%，集成与封装设备增长20%，测试设备增长11%（图4.18）。

中国台湾连续五年成为半导体装备市场的龙头，很大程度上是由于台积电（TSMC）的16纳米产能和10纳米技术演进，以及镁光（Micron）的20纳米和18纳米产能所推动。韩国位居第二，两大半导体巨头三星和SK海力士（SK Hynix）都加大在韩国本土市场的投资。中国大陆以30%的增幅位于第三位，英特尔、三星等知名企业都大幅度增加在中国的投资。日本与北美市场分列四、五位（图4.19）。

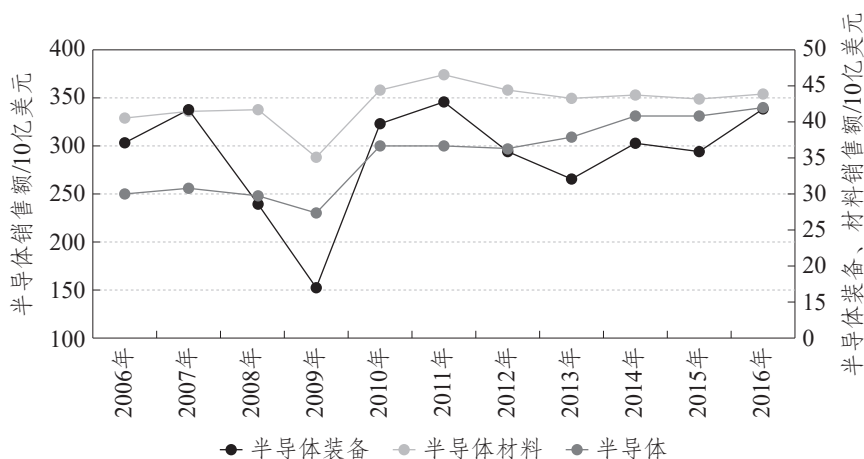


图 4.18 2006—2016 年全球半导体、半导体装备、半导体材料销售额

资料来源:世界半导体贸易统计组织,国际半导体设备与材料协会,2017年4月

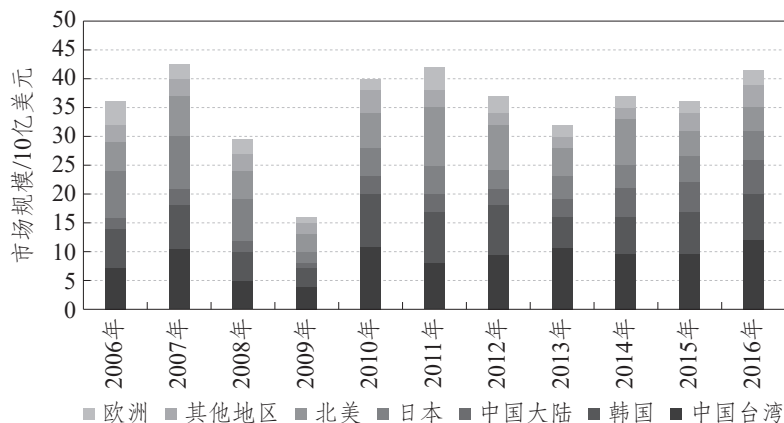


图 4.19 2006—2016 年全球半导体装备市场规模

资料来源:国际半导体设备与材料协会,2017年4月

从材料销售收入类别来看,晶圆厂材料增加3%,封装材料增加1%。合金线材料从金过渡到铜,影响到整个封装材料的收入,如果排除半导体键合金线(bonding wire),封装材料销售收入的增幅能达到2%。中国台湾连续七年占据材料市场首位,市场份额达到22%。其后依次为韩国、日本和中国大陆,市场份额依次为16%、15%和15%。由于中国大陆加强半导体生产的能力,其材料市场规模已经与日本旗鼓相当,占据全球17%的晶圆产能(不包括分立器件)(图4.20,图4.21)。

三、主要跨国企业动向

2016年,英特尔、三星电子、高通、博通和SK海力士的从营收规模位居全球前五,合计占据39.8%的半导体市场份额。不过,只有英特尔和三星在2016年保持收入增长,高通、博通和SK海力士出现不同程度的下滑(表4.4)。

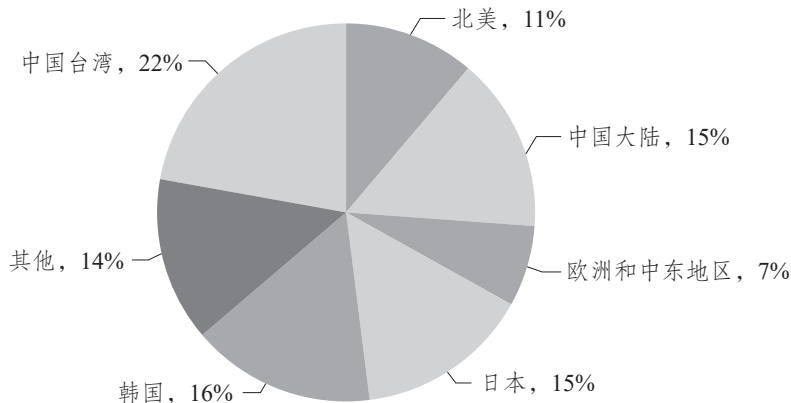


图 4.20 2016 年全球半导体材料市场份额

资料来源：国际半导体设备与材料协会，2017 年 2 月

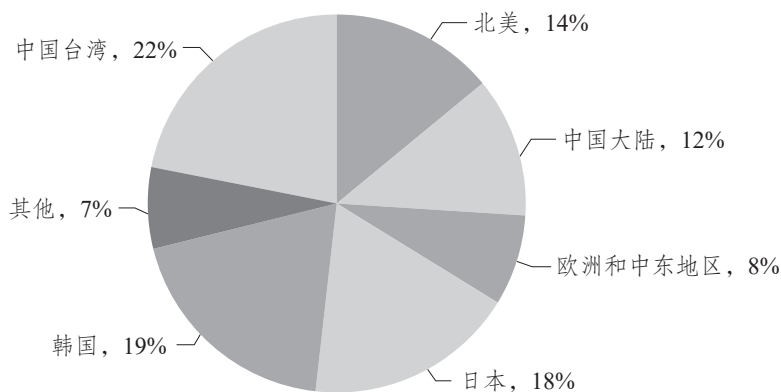


图 4.21 2016 年全球晶圆产能分布 (不包括分立器件)

资料来源：国际半导体设备与材料协会，2017 年 2 月

表 4.4 2016 年全球半导体 10 强企业收入

2015 年排名	2016 年排名	公司名称	2015 年收入 / 100 万美元	2016 年收入 / 100 万美元	增长率 /%
1	1	英特尔	51 420	54 981	6.9
2	2	三星电子	38 713	40 323	4.2
4	3	高通	16 496	15 405	-6.6
-	4	博通	15 304	14 979	-2.1
3	5	SK 海力士	16 502	14 699	-10.9
5	6	镁光科技	14 080	12 963	-7.9
6	7	德州仪器	12 258	12 686	3.5
8	8	东芝	8833	10 258	16.1
7	9	恩智浦	9619	9306	-3.3
13	10	联发科	6654	8733	31.2
总计			189 879	194 333	2.3

资料来源：IHS Markit，2017 年 3 月

在全球二十大半导体供应商中，安森半导体（ON Semiconductor）、英伟达（nVidia）、联发科（MediaTek）2016 年营收增幅都超过 30%，位居前三。其中，安森和联发科主要通过多起并购实现业绩增长，英伟达则为其图形处理器开拓多个新的应用市场。高通依然是全球最大的无晶圆厂（fabless）半导体企业，联发科和英伟达紧随其后位居二三位。凌云逻辑（Cirrus Logic）是 2016 年无晶圆厂半导体公司中业绩增幅最大的企业，主要为苹果和三星的智能手机提供芯片。

（一）英特尔：制造业回流背景下强化晶圆代工业务

英特尔在个人计算机时代“一骑绝尘”，但是在移动处理器上落后于三星和台积电。2016 年英特尔财报显示，存储芯片是增长最快的业务领域之一，营收规模 8.16 亿美元，较上一年增加 25%。

特朗普当选美国总统，其在竞选期间曾提议，作为美国企业回流本土的补偿，将美国企业回流本土的海外资金税率从 35% 降低到 10%。如果这一政策落实，英特尔将能够节省近 70 亿美元的税收（海外资产为 269 亿美元）。反观像英伟达、高通等没有晶圆工厂、全部依靠中国台湾和韩国的制造商生产产品，如果需要缴纳的附加税超过美国本土的生产成本，这些公司必然考虑寻找美国国内的代工商。这些被“逼”回美国本土的订单无疑将成为英特尔巨大的优势，英特尔也将得益于此并进一步强化晶圆代工能力。目前，英特尔 KabyLake 芯片使用的是 14 纳米制程，在 2017 年的消费电子展（CES）上，英特尔展示了用 10 纳米制程的 Cannon Lake 芯片。英特尔已将 7 纳米制程延期至 2022 年之后发布，而多家芯片厂商都已经开始在 7 纳米芯片上布局，且速度都比英特尔要快。Global Foundries 计划从 2018 年开始 7 纳米制程芯片的生产，台积电计划将于 2018 年量产 7 纳米制程产品，三星也计划在 2018 年年初量产 7 纳米制程的产品。因此，英特尔亟须打造 10 纳米制程芯片，通过和苹果公司接触，争取将部分 A 系列处理器移至美国本土生产。此外，英特尔已获得 ARM 架构移动处理器的代工授权，这将有助其获得更多订单。

（二）英伟达：发力人工智能与自动驾驶半导体应用

英伟达是 2016 年表现较为出色的半导体企业之一，营收增幅超过 30%。业务布局上，近两年公司以人工智能和无人驾驶为重点。

人工智能核心产品方面，2016 年英伟达发布基于 Pascal 架构的 Tesla P4&P40 芯片，以及 Tesla P100 深度学习芯片。其中，Tesla P4&P40 主要负责图像、文字和语音识别，而 Tesla P100 主攻学习和训练任务。在图形处理器领域，英伟达在 2016 年 4 月上发布 NVIDIA DGX-1，配备 Tesla P100 GPU，能够快速设计深度神经网络（DNN），运行速率是搭载旧版图形处理器系统的 12 倍。英伟达称其为世界上首款专为深度学习而打造的系统。

自动驾驶方面，英伟达推出 Drive PX 系列自动驾驶解决方案，在 2017 年电子消费展上，英伟达发布 Drive PX2 车载电脑，这款产品将配备在特斯拉的新一代量产车上，英伟达有望在汽车产业的上游供应链占据优势地位。

（三）高通：并购恩智浦发力汽车电子业务

2016 年高通业务发展并不顺利，其在移动芯片发展空间已接近“天花板”，全年营收下滑 6%。对



此，高通寻找新的市场方向，包括无人机、增强/虚拟现实等，并希望骁龙（Snapdragon）芯片能够进入不断增长的汽车市场。

为了快速占领新兴市场，高通选择收购这一途径。2016年10月，高通宣布以470亿美元价码收购恩智浦，这是半导体市场迄今为止最大规模的一笔交易。恩智浦在快速增长的芯片市场上的地位奠定高通收购的决心，其所擅长的汽车电子、射频技术在物联网、自动驾驶领域具有广阔市场前景；作为全球最大的汽车半导体公司，恩智浦在全球客户超过2.5万家，宝马、大众、丰田、福特等都是其客户。

四、主要国家（地区）产业促进动向

（一）美国：政府打造“蛙跳式”策略，确保领先地位

美国是全球半导体行业的领头羊。2016年，美国半导体公司销售额占据全球半导体市场48%的份额，英特尔、高通分列半导体十强第一、第三位。虽然产业地位牢固，但是美国也居安思危，着力制定政策应对挑战。

2017年1月，美国总统科学技术咨询委员会（President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST）发布《确保美国半导体的领导地位》（*Ensuring Long-term US Leadership in Semiconductors*）。报告指出，美国半导体的创新、竞争及其完整性正在面临重大挑战。首先，由于材料、设备和技术本身的限制，市场的速度变化，半导体创新的步伐已经放缓。其次，中国正全力打造半导体产业链，进而威胁到美国的半导体行业竞争力，带来新的全球利益格局。

报告提出实施“蛙跳式”策略来保持美国半导体产业的领先。为此，决策者应根据应用驱动方式、十年一个阶段、补偿弱势产业投资以及降低设计成本4个指导设计原则，甄选战略领域，即登月计划。登月计划应横向集成全部计算机技术，从顶层应用到底层组件技术，包括最终的应用软件、应用编程模型、平台软件服务、平台编程模型、操作系统服务、计算机系统架构（处理、存储和互联）、组件技术。基于新技术组合，登月计划进行相应生态系统的开发，未来十年内部署的组件技术包括神经形态计算、光子学、传感器、CMOS（子节点在7纳米或新的3D结构）、磁学、基于数据流的架构、超高性能无线系统、非易失性存储器SRAM、碳纳米管与相变材料、生物/人类健康、量子计算、末端纳米3D打印、计算和存储DNA技术。

总统科学技术咨询委员会建议改善美国本土半导体企业经营环境：一是保证人才的输出与流入，继续推进本土人才培养，并吸引来自世界各地的人才。二是在先进技术领域进行投资，政府对先进技术的投资能加速创新。三是推进税收改革为企业创造一个更适宜于全球竞争的税收体系。四是加速先进设施建设的审批，如简化半导体工厂审批流程等。

（二）日本：政府介入防止核心技术外流

日本半导体产业的发展始终伴随着日本政府的身影。从早期的超大规模集成电路计划（VLSI）、“超尖端电子技术开发计划”到新一代半导体的研究计划“飞鸟计划”（ASUKA）、“未来计划”（MIRAL）以及“SOC基础技术开发计划”（ASPLA），均反映通过政府部门牵头、企业和研究机构参

与，进行半导体关键基础技术研发，生产验证、推动工艺标准化的努力。

2016年，日本在全球半导体市场中占比仅为11%，仅剩东芝一家企业位列全球半导体前十。2017年，随着东芝存储器（TMC, Toshiba Memory Corporation）出售的推进，日本半导体仅存的一家大型公司极有可能“行将落幕”。在东芝闪存芯片业务的出售进程中，日本政府积极介入，动用《外汇及外国贸易法》制止以中国台湾富士康牵头的企业联合体（包括苹果、亚马逊、夏普等）的收购，转而通过成立美日韩联合体（包括日本开发银行、日本产业革新机构、美国贝恩资本、韩国海力士半导体）进行资本控股。

（三）韩国：成立产业基金应对挑战

韩国半导体企业销售额占全球市场比重达到17%。尤其在存储器领域，韩国的三星电子和SK海力士两大公司几乎垄断全球三分之二的市场份额。2016年三星电子在DRAM存储器领域的市场占有率达到50%，SK海力士则占据25%左右的市场份额。

韩国国内的半导体产业分工明确，从设计、制造、加工、包装、运输等每一个环节都布有企业，且一家半导体工厂周围聚集着为数众多的配套企业。根据SEMI的研究报告显示，韩国和欧美日顶级设备厂商的技术差距为2年，材料方面则是3年。

为应对来自中国大陆半导体企业的挑战，韩国政府主导牵头，三星电子和SK海力士领军，共同筹组总规模为2000亿韩元的“半导体希望基金”，投资具有发展潜力的半导体企业。其中，三星出资500亿韩元、SK海力士则出资250亿韩元。“半导体希望基金”由于资金规模不大，预期将以技术研发为主，而非建置新厂、扩张产能。韩国政府希望该基金能够应对来自中国的挑战，成为促进韩国系统半导体企业发展“催化剂”。

（四）中国台湾：积极促进半导体人才成长

2016年中国台湾半导体产值为758亿美元，同比增长8.2%，设计、制造、封装、测试产值同比分别增长10.2%、8.3%、4.5%和6.5%。半导体产业繁荣的背后，人才这一非技术因素成为制约当地半导体产业发展的主要因素。

台湾地区半导体产业发展过程中，人才是成功关键之一。但是，近年来台湾地区在育才、吸才、聚才、留才、用才的相关措施上相对不足，对此，产学研积极推动成立“半导体桂冠产学联盟”，台湾地区半导体产业协会（TSIA）成立“TSIA半导体奖”，希望为产业培养未来杰出人才。“产学联盟”中包括台积电、联发科、日月光等12家公司，以及台湾大学、台湾“清华大学”、台湾“交通大学”等20所大专院校，希望通过培育更多博士级人才，致力于研发半导体前瞻技术。“产学联盟”目标一年拨款10亿新台币，其中60%将由产业界出资，剩余的40%由政府支持。

五、半导体行业前沿技术研究与布局

2017年3月，美国半导体行业协会发布半导体未来愿景报告，提出半导体未来发展的技术蓝图和发展需求，并给出影响行业进步至关重要的14个领域，用以指导未来的研究投入。



技术蓝图设计方面，过去几十年，摩尔定律一直是驱动半导体技术发展的关键，半导体研究的很大比例集中在继续缩小晶体管尺寸所需的许多技术，材料和工艺。当前，摩尔定律正逐渐减缓或即将结束已是不争的事实。为了使半导体行业继续实现性能改进，需要新的超越硅基的技术路线图，包括新材料、新制造技术、新结构、系统架构和应用。未来基于半导体的系统（无论是小型传感器、高性能计算机还是介于其间的系统）都必须最大限度地提高性能，减少能源消耗并提供安全和保证。

满足未来计算的技术研究方面，为了实现分布式、网络传感器、大量数据中心和计算能力结合的未来，需要一个基础性科学技术研究的广泛平台，目标是使计算范式能够从根本上提高能源效率、性能和功能，同时确保适当的安全性。一方面，冯·诺依曼计算领域需要进一步推进，如低功耗，低电压，超 CMOS 逻辑和存储器件及相关材料。另一方面，在非冯诺依曼计算中，需要研究超越传统 CMOS 的器件和电路，超越传统冯·诺依曼结构的新型计算架构，超越传统的信息处理方法，新的记忆元素和材料，以实现未来半导体产业的创新。另外，需要研究开发新的材料和可微缩的过程，从而形成新的制造范式，并将这些新技术融入产品中。越来越多的垂直整合的多学科方法将是下一代技术发展的关键。新技术的研究应与软件和其他系统组件共同设计。支持物联网，以云计算为主，高性能计算以及许多半导体应用所需的技术层次中，材料、结构、器件和电路等基础研究有助于架构进步，从而能支持算法和软件的创建，进而支持新型应用。

半导体技术重点研究领域方面，来自多个领域的专家团队确定 14 个相互依存的技术重点领域，包括先进的设备、材料和封装；互联技术和体系结构；智能存储与内存；电源管理；传感器和通信系统；分布式计算和网络；认知计算；基于生物学的计算和存储；先进的体系架构和算法；安全和隐私；设计工具、方法和测试；下一代制造模式；环境健康与安全；材料与工艺；创新计量与表征。这 14 个关键领域按照技术堆栈的层级、由低（材料和设备）到高（架构和算法）进行组织，其次是横向维度，如安全性、设计工具、制造和计量。

主要参考资料

- [1] IHS Markit, technology.ihs.com
- [2] SIA 2017 Facebook, May 2017, www.semiconductors.org
- [3] SIA SRC Vision Report, March 2017, www.semiconductors.org
- [4] IC Insights, <http://www.icinsights.com>
- [5] Mckinsey, Mobility trends: What's ahead for automotive semiconductors, <http://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/mobility-trends-whats-ahead-for-automotive-semiconductors>
- [6] PCAST, Report to the President: Ensuring Long-term US leadership in Semiconductors, January 2017, https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_ensuring_long-term_us_leadership_in_semiconductors.pdf

本章撰写：黄帅

第五章

海洋工程装备与高端船舶产业

一、海洋工程装备与高端船舶产业总体态势

海洋工程装备与船舶产业在经历连续几年的萧条之后，前景仍难测。其中，亚洲船厂境况急转直下，而欧洲船厂凭借邮轮等高技术客轮订单获得一线生机。相关行业的企业都面临着财务困境，盈利者寥寥，致使兼并、联盟频起，也有部分转型求生。而随着技术发展和环境变化，极地装备、智能船舶等成为未来发展方向。

（一）海工造船持续低迷

2016年海洋工程装备和造船业总体表现不佳。根据IHS公司的统计，全球新增造船订单仅798艘，较2015年下降64.9%；总计1068万修正总吨（CGT），较2015年下滑78.4%。这导致全球造船订单总量在2016年只有5065艘、8921万修正总吨（图5.1、图5.2）。

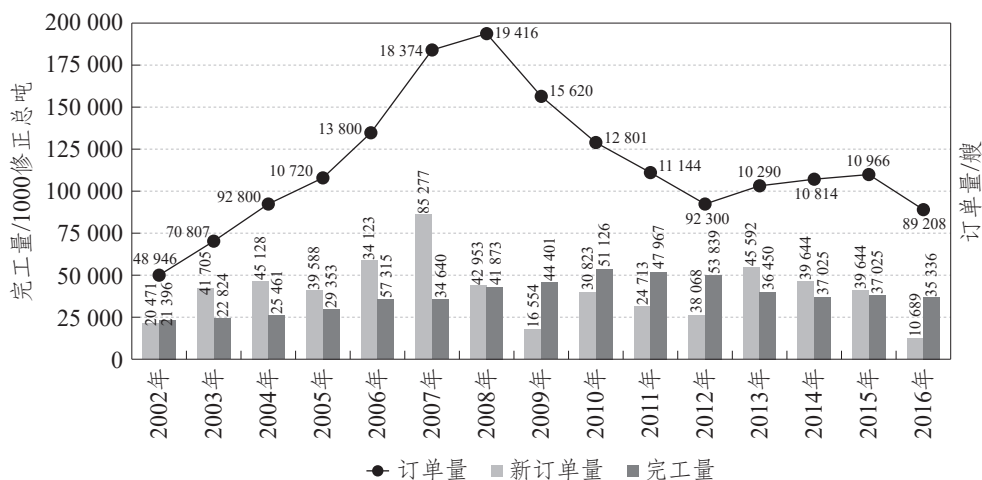


图 5.1 2002—2016 年全球商用造船订单量和完工量（按修正总吨 CGT 计）

资料来源：IHS Fairplay

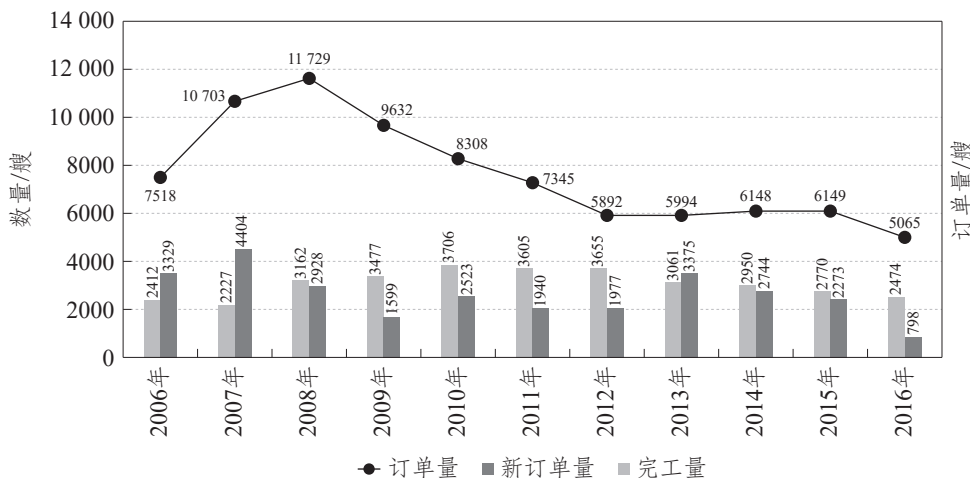


图 5.2 2006—2016 年全球商用造船订单量和完工量 (按艘数计)

资料来源：IHS Fairplay

与此同时，新造船价格一路下滑。由于市场对新船需求的大幅萎缩，船厂间竞争更为惨烈，使得新订单价格一跌再跌。克拉克森新造船价格指数 (Clarkson's Newbuilding Price Index) 显示，各币种船舶价格指数在 2009 年金融危机之后一直都呈下滑趋势。近三年，价格指数一直徘徊在低位 (图 5.3)。

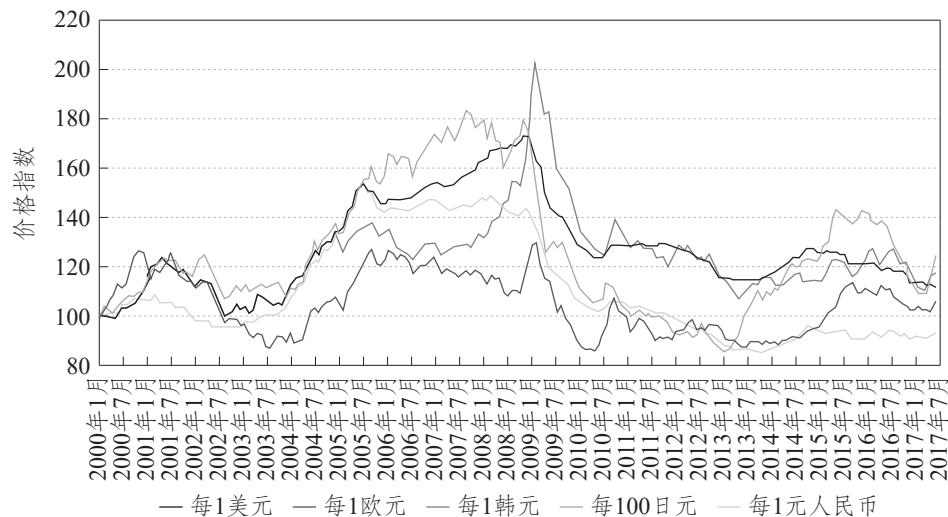


图 5.3 2000—2017 年克拉克森新造船价格指数

资料来源：克拉克森公司，2017 年

海工装备运营市场一片惨淡。以钻井平台为例，根据能源咨询公司 Rystad Energy 数据，截至 2017 年年中，全球自升式钻井平台的利用率为 56%，另有 11% 的钻井平台完全被搁置，而剩余 33% 的钻井平台则处于待工状态。Rystad Energy 认为，为了平衡市场供需关系，全球至少 20% 的自升式钻井平台应当被拆解。运营市场需求的萎缩导致海工建造业的萧条。以海工强国韩国为例，根据中船重工经

济研究中心的数据，2016年新接订单方面，韩国仅收获1座液化天然气浮式储存及再气化装置（LNG-FSRU）新造订单和1座浮式储油船（FSO）改装订单，与2015年的20亿美元相比下降85%。新接订单自2011年靠大量钻井船（18艘）以及浮式生产储卸油船（FPSO）等高价值量订单达到顶峰之后，连续5年下降（图5.4）。

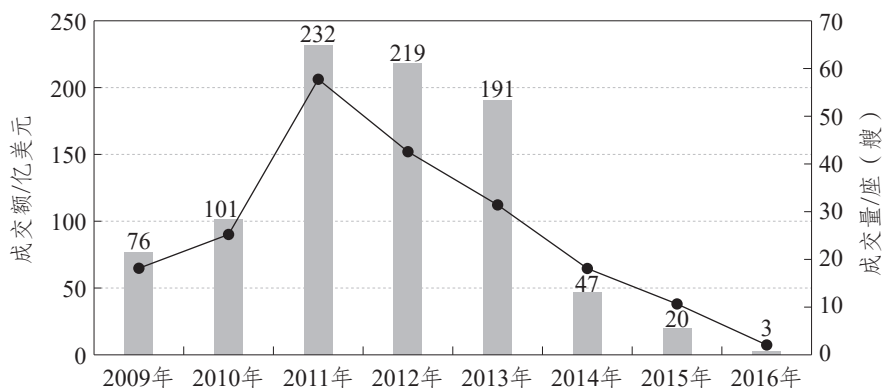


图 5.4 2009—2016 年韩国海洋工程装备订单成交量及成交额

资料来源：中船重工经济研究中心，2017年

（二）区域表现：亚洲萧条、欧洲回暖

从区域发展看，亚洲的三大主流造船国韩国、中国和日本都遭遇大量订单削减，而欧洲船厂则因客船和邮轮订单的增加，迎来“小阳春”。

2016年全球新订单萎缩75%。中国仍然是最大的造船承担国，接单215艘，总计330万修正总吨。欧洲船厂以总计270万修正总吨的量排名第二。韩国（200万修正总吨）和日本（150万修正总吨）排名第三和第四。由于运力过剩，油轮、集装箱和散货船的需求急剧下滑，货运船的新船订单2016年减少80%，客船和邮轮需求则比2015年近乎翻倍（图5.5，图5.6）。

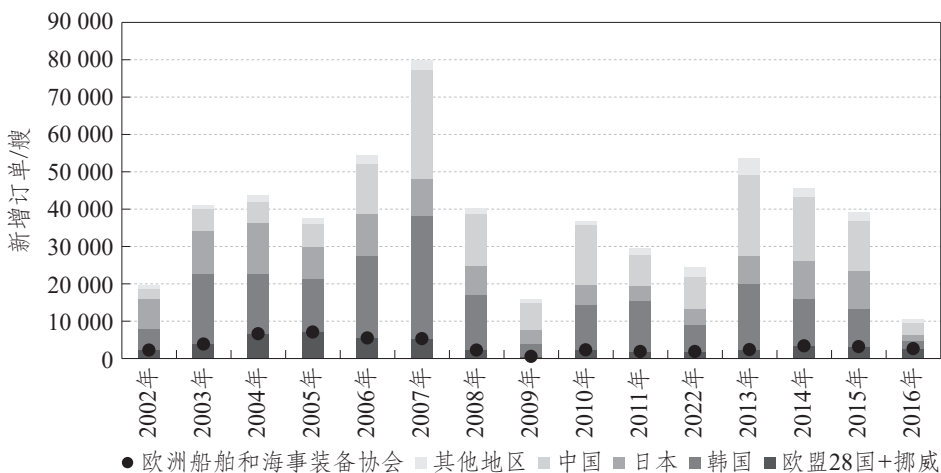


图 5.5 2002—2016 年造船承接国新增订单辆

资料来源：IHS Fairplay、SEA Europe

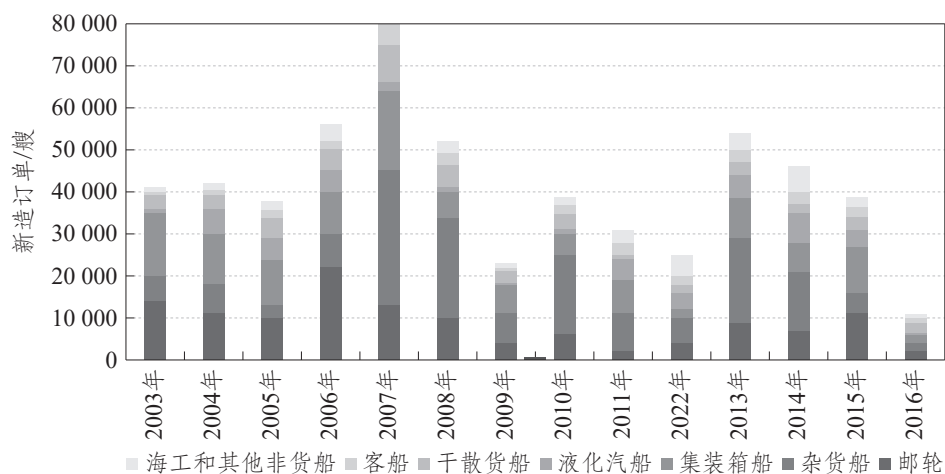


图 5.6 2003—2016 年新造订单的船舶类别分布

资料来源：IHS Fairplay、SEA Europe

1. 中国：传统订单锐减，高附加值船竞争力增强

2016 年，中国船厂遭遇订单大削减，新造订单数较 2015 年锐减 70%，主要原因是散货船和普通集装箱船等传统市场的萎缩。这使得船舶交付数量远超新订单数量（图 5.7，图 5.8）。

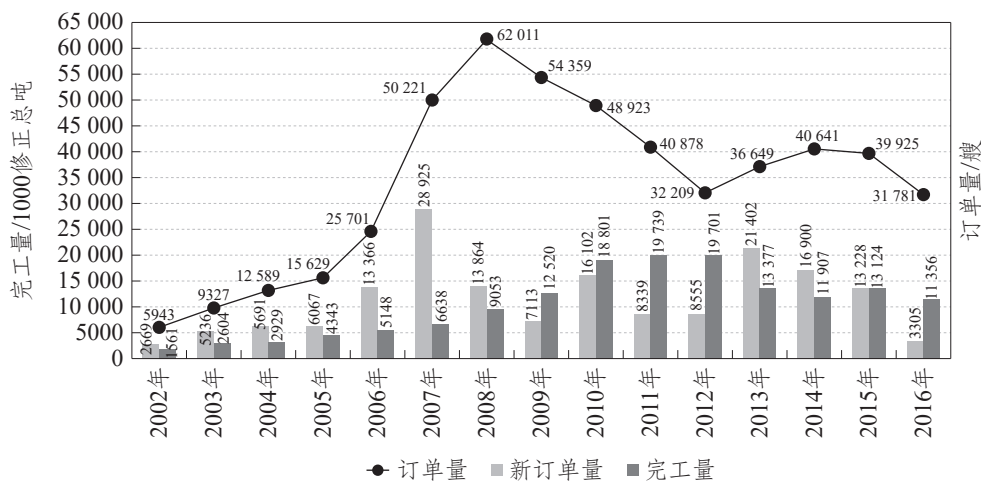


图 5.7 2002—2016 年中国商用造船订单量和完工量 (按修正总吨 CGT 计)

资料来源：IHS Fairplay

中国在高附加值船舶建造方面已逐步建立优势。例如，2016 年 7 月，印度船东 Varun Shipping 宣布计划订造 6 艘大型液化气体运输船 (VLGC)，总价值约为 4.2 亿美元。在全球新船订单枯竭的状况下，Varun Shipping 的订单吸引到现代重工、大宇造船等韩国船企的激烈竞争，韩国造船业认为韩国船企能够凭借液化气船技术优势获得这份订单。然而，Varun Shipping 最终选择江南造船建造这 6 艘 VLGC，并与江南造船签署意向书；2017 年 1 月，中国船厂黄埔文冲获得来自冰岛船东 Eimskip 的 3+3

艘 2200TEU 冰级集装箱船订单。

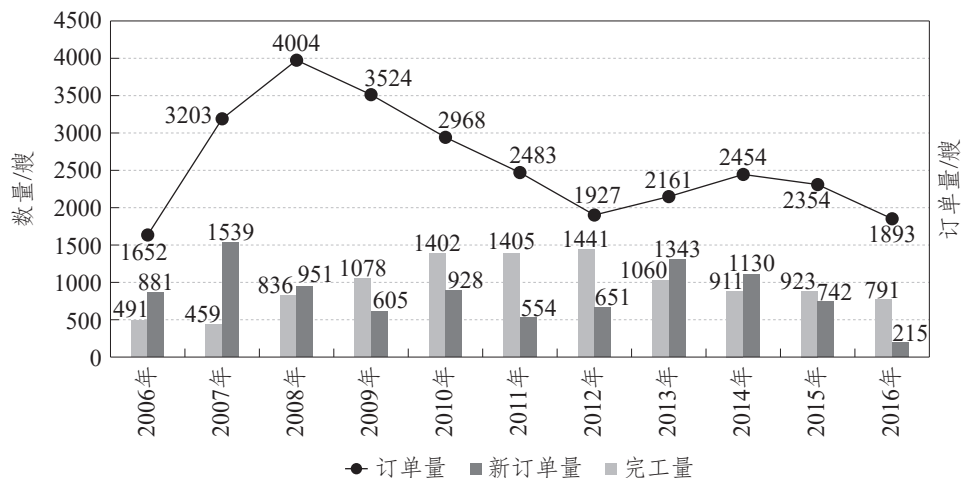


图 5.8 2006—2016 年中国商用造船订单量和完工量（按艘数计）

资料来源：IHS Fairplay

2. 韩国：海工受创严重，但龙头地位仍保

韩国船厂陷入艰难困境。低油价严重打击海工装备的新造市场，导致已有订单交付的拖延和取消，这使得韩国船厂在 2015 年损失近 70 亿美元。而新造订单 2016 年较上一年更锐减 73%。船舶和海工装备交付量则稍高于 2015 年，为 1170 万修正总吨（图 5.9，图 5.10）。

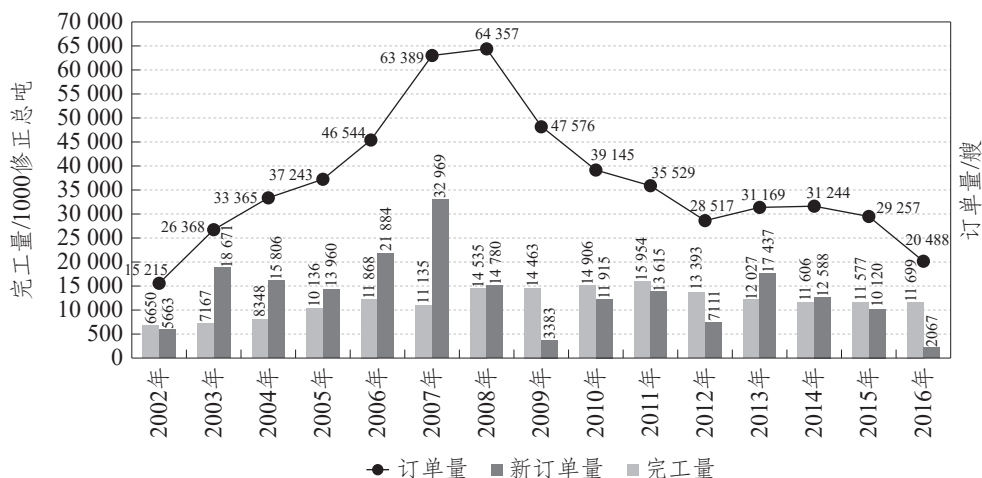


图 5.9 2002—2016 年韩国商用造船订单量和完工量（按修正总吨 CGT 计）

资料来源：IHS Fairplay

尽管如此，韩国居于高附加值船和海工装备领域的龙头地位。克拉克森公司的数据显示，截至 2017 年 5 月底，韩国三大船厂大宇造船、三星重工和现代重工的手持订单量位居全球前三位。其中，大宇造船巨济船厂手持订单量位居第一，为 88 艘船舶，626 万 CGT；现代重工蔚山船厂位居第二，手

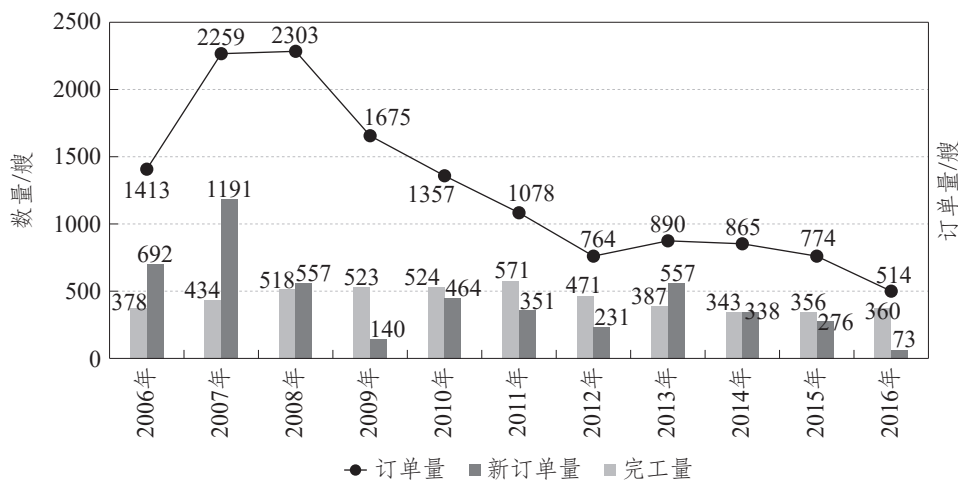


图 5.10 2006—2016 年韩国商用造船订单量和完工量（按艘数计）

资料来源：IHS Fairplay

持订单量为 65 艘船舶，333 万 CGT；三星重工巨济船厂位居第三，手持订单量为 60 艘船舶、总计 320 万 CGT。来自中船重工的数据显示，2017 年一季度，全球海洋工程装备成交额约 32 亿美元、17 座/艘，其中，韩国凭借 3 艘大型 FSRU 和一座半潜式生产平台订单获得约 20 亿美元订单额，订单金额占总量 62.5%，优势明显。

3. 日本：规模继续萎缩，日元升值导致雪上加霜

日本造船厂近年来发展堪忧。根据 IHS 公司的数据，2016 年日本船厂订单减少 68.5%，新增造船订单只有 151 万修正总吨。自 2013 年来日本政府所实施的日元贬值政策的扶持作用逐渐失效。2016 年年初，日元开始升值，随着英国脱欧公投，日元升值速度大幅加快，尤其是 6 月底英国脱欧公投引

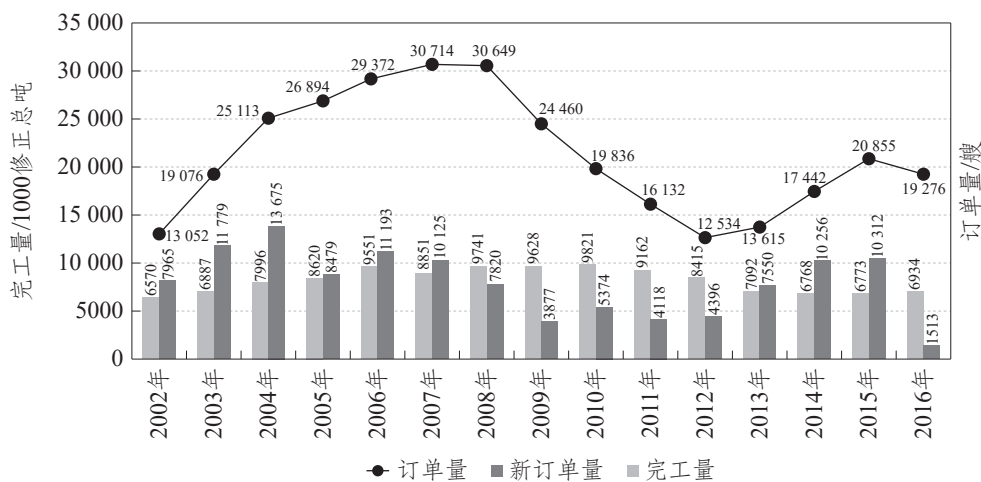


图 5.11 2002—2016 年日本商用造船订单量和完工量（按修正总吨 CGT 计）

资料来源：IHS Fairplay

发日元上涨，造船利润不断被汇率升值所侵蚀。克拉克森数据统计显示，截至2017年6月中旬，日本船厂的接单量只有约90万载重吨，比2016年同期进一步减少41%。面对订单枯竭导致的工作量不足，大部分日本船企依然拒绝低价接单，而是选择缩减规模以应对市场衰退（图5.11，图5.12）。

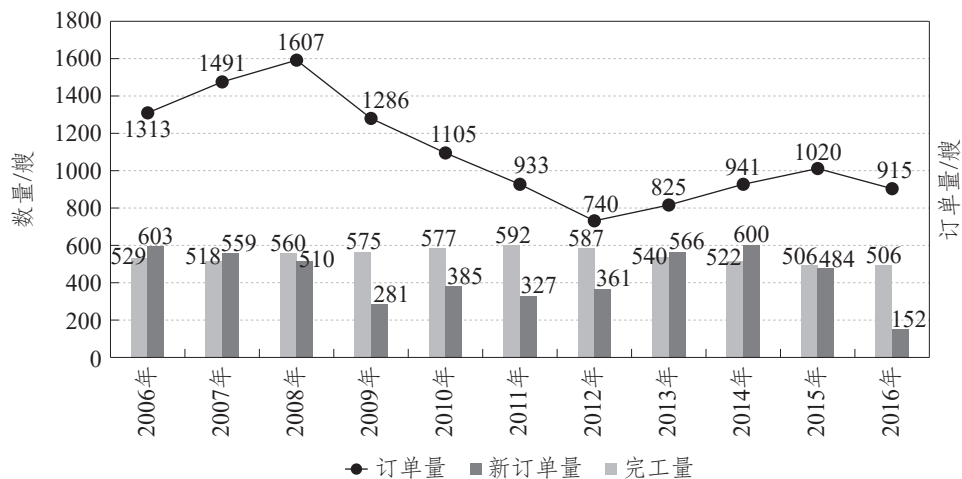


图 5.12 2006—2016 年日本商用造船订单量和完工量（按艘数计）

资料来源：IHS Fairplay

4. 欧洲：发展渐有起色，受益于非货运船需求的增长

欧洲船厂自2012年开始，订单量逐渐增长（2016年相较于2015年略有减少）。根据欧洲船舶和海事装备协会（SEA Europe）的数据，2016年，欧洲地区船厂共新增155艘船订单，总计270万修正总吨（CGT）。其中，62%（按CGT计）来自客船订单，其次是海工船和其他一些非货运船（ONCCV）。其中，客运船和非货运船订单（ONCCV）的需求正在增长，而海工船和设备需求则在减少。2016年欧洲订单价值的增长主要归功于客船和其他非货运船（ONCCV），使得欧洲船厂市场份额

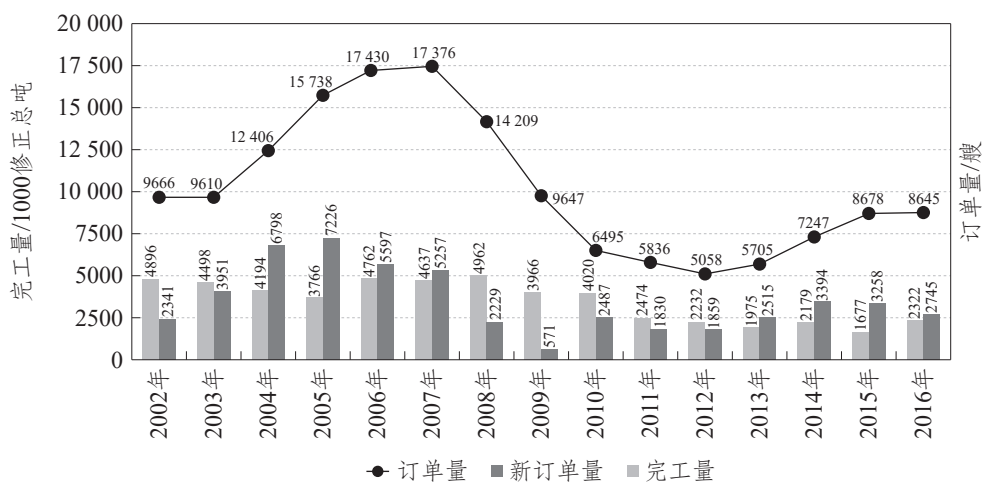


图 5.13 2002—2016 年欧盟 28 国和挪威商用造船订单量和完工量（按修正总吨 CGT 计）

资料来源：IHS Fairplay



增至全球的 19% (图 5.13, 图 5.14)。

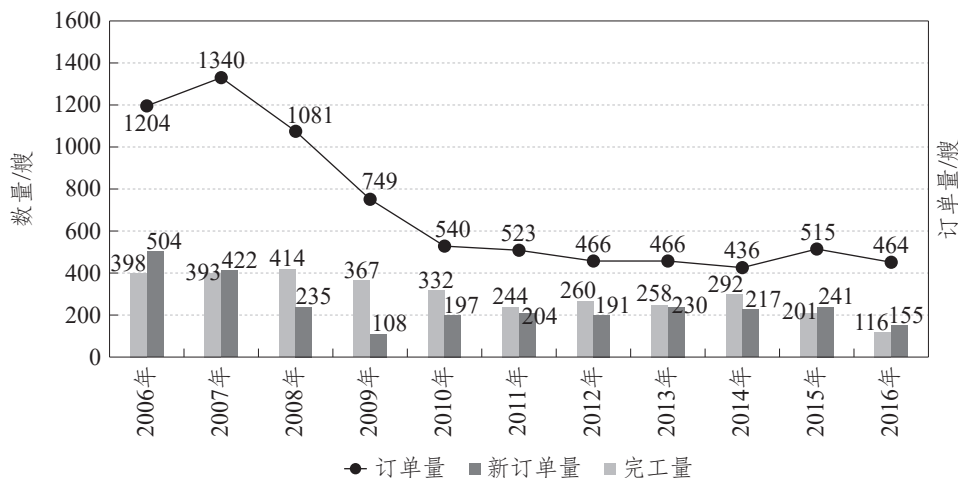


图 5.14 2006—2016 年欧盟 28 国和挪威商用造船订单量和完工量

资料来源：IHS Fairplay

(三) 企业：兼并、联盟，转型求生

低迷的航运需求导致造船业长期萎靡，而油价走低也导致海工装备需求市场迅速萎缩，致使许多船厂出现难以为继的困境。这一状况迫使不少企业选择抱团取暖，通过兼并或联盟方式度过造船和海工业“严冬”。例如，2016年8月三菱重工宣布同今治造船（Imabari）、大岛造船和名村造船（Namura）商议组建新的造船联盟，实现优势互补。2017年3月底，三菱重工与今治造船、名村造船达成原则性协议，就商船业务展开对话，建立造船联盟。2017年5月，意大利 Fincantieri 集团与 STX 法国（STX France）现有持股方 STX Europe 正式签署收购协议，收购 STX 法国 66.66% 的股份，收购价格为 7950 万欧元，意图通过这一联手方案，巩固 Fincantieri 和 STX 法国船厂在高科技造船领域的全球领先地位。

此外，部分船厂选择业务转型，退出竞争惨烈的传统造船和海工市场，转而改行建造邮轮等客船订单或其他装备。例如，2016年中旬，招商局重工面对海上钻井平台低迷市场，联合荷兰船东进军海上钻井平台拆解市场，共同投资 10 亿欧元建造两艘大型深水半潜式起重平台，用于深水废旧海底结构、地基、系泊设备、钻井平台的拆卸和拖带。港船重工开始重点调整非船产品结构，2017年6月，天津新港船舶重工有限责任公司与北京环达公司签订 4060 台中置轴轿运车车架定制合同，合同金额 2 亿多元。2017年7月，挪威 Fosen 船厂宣布和江苏韩通船舶重工签署意向书，将组建合资公司建造客滚船、滚装船和邮轮。

(四) 技术：绿色、智能、极地成为发展主题

虽然整个市场不济，船舶低碳减排进程仍在不断深化。2016年4月，国际海事组织（IMO）第 69 届海上环境保护委员会（MEPC69）会议同意建立船舶燃油数据消耗收集机制，计划能效改进施行“三步走”：2019年1月开始第一阶段，即实施数据搜集；2020年 MEPC76 开始第二阶段，即数据分析

阶段；2022年MEPC78进入第三阶段：开始制定决策阶段，最终在2023年MEPC80会议上，通过IMO减排战略，包括短期、中期和长期措施以及相关的实施时间表。

2016年10月底，国际海事组织海上环境保护委员会第70次会议通过决议，同意全球船用燃料的硫排放上限从3.5%下调至0.5%，于2020年1月1日强制生效。2017年7月的国际海事组织第71届海上环境保护委员会（MEPC71）上，再一次确认上述“限硫令”的实施。这使得船舶绿色化变得迫在眉睫，并使LNG燃料船发展成为热点。韩国政府已出台LNG动力船舶新产业培育方案，拟采取公共机构示范性订购、向造船企业核心技术开发、设备国产化等方面提供研发经费支援、改造港口基础设施等措施，争取到2025年实现LNG动力船舶占国内新建船舶订单的10%、占国际新建船舶订单的70%，并建成5个LNG燃料加注码头。其他国家与船企也都在积极尝试建造LNG燃料用船只和建设相关配套设施。

智能船舶和极地装备方兴未艾。智能船舶方面，多国都已经着手部署智能船舶研发计划，如韩国海洋水产部于投资1.14亿美元启动“Smart Navigation”智能航海研发项目；日本推出“i-shipping”计划和设立海事业大数据中心；芬兰国家技术创新局（TEKES）联合坦佩雷理工大学、奥伯学术大学等多家科研机构与企业进行“高级自主航行应用计划”（AAWA）的项目研发等。罗尔斯-罗伊斯公司、韩国现代重工等投入智能船舶研发，以求夺得先机。极地装备方面，随着全球变暖，北极航道的经济性变高，北极航运和资源开采的可行性提高，极地船舶未来的需求量可能急剧增加。除了环北八国（加拿大、丹麦、芬兰、冰岛、挪威、瑞典、美国和俄罗斯）外，韩国、德国、越南等也在积极投入相关研发和建造项目，其中，俄罗斯建造技术最高，诸如芬兰Arctech公司等欧美企业在冰区船设计方面仍遥遥领先，韩国如三星重工等在整船建造方面则起步较早、实力雄厚，预期未来极地船舶的建造竞争将逐渐升级。

二、世界高端船舶发展动态

（一）极地船舶

全球极地气候变暖使得极地航运和开采的可行性大幅提高，极地船舶因而成为热点。极地航行环境条件与海冰力学特性、极地船舶冰载荷预报技术、极地船舶冰水动力学与结构性能、极地环境下船舶机电系统适应性与可靠性、极地船舶总体关键基础技术是极地船舶的核心技术，有待进一步研发。从建造格局看，欧美仍在设计领域占绝对优势，韩、日、新等国在建造方面有所建树，中国起步较晚，但正快速追赶。

1. 北极航道经济性及极地船舶需求分析

（1）三条北极主航道航线布局

随着全球变暖，极地航运的经济性逐渐显现。目前，北极航道主要有三条，分别是：东北航道、西北航道与北极点航道。其中，北极点航道从白令海峡出发，不走俄罗斯或北美沿岸，直接穿过北冰洋中心区域到达格陵兰海或挪威海；东北航道也称为“北方海航道”，大部分航段位于俄罗斯北部沿海的北冰洋离岸海域。从北欧出发，向东穿过北冰洋巴伦支海、喀拉海、拉普捷夫海、新西伯利亚海和楚科奇海五大海域直到白令海峡；西北航道大部分航段位于加拿大北极群岛水域，以白令海峡为起点，



向东沿美国阿拉斯加北部离岸海域，穿过加拿大北极群岛，直到戴维斯海峡。

(2) 北极航道较传统航道的优势

北极航道较传统航道的优势主要如下。

一是总航程与航行时间较短。相较于国际航运市场上连通亚欧的三条主要航线^①（最短一条总航程约 10761 海里，理论耗时约 35 天），北极航道总航程最长预计只有 6700 海里，耗时约 22 天，平均航程缩短近 3000 海里，航行时间有望缩短 9~10 天，理论上能节约不少燃料油消耗，还能有效提高货运效率。

二是总通航成本低。一方面，与三条传统航道相比，北极航道能为船东减少近 30% 的航程与时间，意味着船舶燃料、人工、物料包括资金价值等与时间相关的成本也将降低 30% 左右。另一方面，埃及军方控制下的苏伊士运河和巴拿马政府控制下的巴拿马运河的通行费用始终居高不下。而经北冰洋航行的船舶无需支付昂贵的运河通行费用，即使在冰情严重时雇佣破冰船开道的费用也远低于苏伊士运河和巴拿马运河的通行费，在总体航运成本方面具有明显优势。

三是与传统欧亚航道相比，北极航道的总体安全性更高。从亚洲经过苏伊士运河和好望角到达欧洲的船舶都不可避免地需要经过海盗猖獗的亚丁湾海域，而经巴拿马运河的航线也需要航经时有海盗出没的东南亚地区海域。北极航道航行的船舶能够有效地避开东南亚和索马里地区海盗的威胁。同时，经苏伊士运河或绕行好望角的航行方案均需要通过政治经济形势敏感的波斯湾地区，而北极航道主要由俄罗斯、美国、加拿大等强国控制，安全性在总体上更高。此外，未来北极航道的总体通航密度不会像传统航道那么高，因此船舶在航行过程中发生碰撞的可能性更低，总体的航行安全性也会更高。

(3) 北极通航渐增，极地船舶需求扩大

由于极地航道的经济性较好，同时伴随着全球气温的升高，北冰洋适合通航时间的延长，商用通行、旅游以及极地资源开采的可行性提高，极地航道对于船东的诱惑力正在加强。在争夺北极航道使用和控制权的同时，发展极地船舶成为各国抢占极地资源、开辟新航道的重要抓手之一。虽然面临诸多技术问题，但近年来极地航道的船舶通航数不断增加，未来对极地船舶的需求量预计将不断扩大，冰区油船、极地 LNG 船、极区散货船、极区海工船、极地破冰船等新型极地船型的需求不断增加。

俄罗斯北极物流中心发布的 2016 年度俄罗斯北方海航道（即东北航道）的通航数据显示，2016 年共有 297 艘船舶通过此航道通行，总通航次数为 1705 次，共运输货物 726.6 万吨，同比增长 35%。从吨位来看，通航船舶的注册吨位均不超过 5 万吨，其中 0~5000 吨的船舶数量最多（128 艘）；从船舶类型来看，杂货船的数量最多（91 艘），其次为油船（45 艘）、科考船和拖船（均为 27 艘）；从冰级来看，50 艘船舶没有冰级符号，冰级符号在 Ice 1 至 Ice 3 之间的共 66 艘，冰级符号在 Arc 4 至 Arc 7 之间的共 165 艘，其余为破冰船；从通航时间来看，夏季通航时间（7 月 -11 月）的通航次数为 1211 次，其中 9 月的通航次数最高（345 次），冬季通航时间的通航次数为 494 次（表 5.1）。

^① 国际航运市场上连通亚欧的三条主要航线：一条是经马六甲海峡、苏伊士运河、直布罗陀海峡到达欧洲的航线，总航程约 10761 海里，理论耗时约 35 天；第二条是经巴拿马运河和大西洋到达欧洲的航线，总航程约 14139 海里，耗时约 40 天；第三条是绕行非洲好望角的航线，总航程约 12071 海里，耗时约 46 天。

表 5.1 极地船类型及其需求分析

船型	需求分析
冰区油船	随着北极油气资源开发的不断深入和未来北冰洋航线的畅通, 北极地区航行油船的需求将逐年增加。冰区航行油船船队规模也将逐年增大
极区 LNG 船	由于北极寒冷地区天然气储量丰富, 极区 LNG 船需求将增加
极区散货船和集装箱船	针对加拿大海上补给和矿石运输的需求, 灵便型散货船以及可用于铁矿石出口的好望角型散货船将成为极地船舶未来发展的一个分支。与此同时, 北极新航道的出现将促进极区航行大型集装箱船型的研发
极区海洋工程船	极区蕴藏丰富石油及其他资源, 但由于极区气候恶劣, 极区近海钻井仍面临较大挑战
极地破冰船	该类型船包括常规破冰船、多用途破冰船、科考船等。该船型具备良好的冰区航行能力、破冰能力和冰区操作性, 常作为其他类极地船的护航船舶, 在建造技术上要求更高, 正是各国研发极地船的技术高点, 对于促进极区航道畅行具有重要意义

资料来源: 岳宏, “极地规则发展及极地船技术现状”, 《船舶物资与市场》, 2017 年第 2 期

2. 极地船舶分类及关键技术发展

(1) 极地船舶分类

按照功能, 极地船舶大致可分为极地运输船、极地科考船、极地海洋工程船和专业破冰船等。按照所适应的冰况, 根据 2017 年 1 月 1 日已经实施的《极地规则》(Polar Code), 极地水域航行船舶分为三类: A 类船舶: 可以抵御中等厚度的当年冰的船舶; B 类船舶: 可以抵御较薄的当年冰的船舶; C 类船舶: 在开放水域或弱于 A 类和 B 类船舶对应的冰况航行的船舶。

(2) 关键技术研究现状

极地船舶与常规船舶的不同之处在于: 高要求的船体强度, 船舶要能承受冰压力和冲击载荷; 强劲的动力设备包括推进机械, 确保船舶在冰中不失去动力; 可靠的设备系统在低温环境中能正常运行, 确保航行安全。其核心关键基础技术主要涉及极地航行环境条件与海冰力学特性; 极地船舶冰载荷预报技术; 极地船舶冰水动力学与结构性能; 极地环境下船舶机电系统适应性与可靠性; 极地船舶总体关键基础技术等。

其中, 极地航线环境条件与海冰力学特性的研究可以为极地船舶设计时的冰载荷准确预测提供理论依据, 主要采取冰水池模拟试验, 拥有冰水池的有俄罗斯克雷洛夫国家科学中心、日本海上技术安全研究所 (NMRI)、美国寒区研究与工程实验室 (CRREL)、加拿大水力学中心等, 中国只有天津大学拥有一座较小尺寸的冰水池, 难以满足极地船舶实验的需求。极地船舶冰载荷预报技术方面, 加拿大北极石油开发者协会 (APOA)、美国寒区研究与工程实验室 (CRREL) 等环北极八国 (加拿大、丹麦、芬兰、冰岛、挪威、瑞典、俄罗斯、美国) 机构都开展了大量研究。极地船舶冰水动力学与结构研究方面, 日本走在前列, 已经开发了 HIREST 止裂钢, 能够提升船用材料在低温下的力学性能。极地环境下船舶挤点系统适应性和可靠性方面, 国外已针对机械设备润滑机理展开大量研究, 中国仍有较大差距。此外, 极地船舶总体关键基础技术的研发方面, 尤其是平衡船舶动力与环保要求方面仍有诸多技术问题有待解决。

3. 极地船舶建造格局及动态

欧美国家在极地船设计配套方面优势明显, 俄罗斯多年前已经开始使用核动力破冰船, 日、韩、



新等在整船建造领域领先一步。中国在极地船舶建造方面仍与发达国家存在较大差距。

(1) 欧美设计配套占绝对优势

欧美国家在极地船舶的设计和配套方面遥遥领先。以对设计要求最高的破冰船为例，欧美国家，尤其是环北极国家的设计和建造能力较强。其中，俄罗斯是拥有破冰船最多的国家，也是世界上唯一一个拥有不同类型、大型核动力的破冰船队国家，已拥有的破冰船多达 20 艘，包括 7 艘核动力破冰船。其中，“胜利 50 周年”是迄今现役的最大、破冰能力最强的核动力破冰船。俄罗斯政府推动建造新一代 22220 型核动力破冰船，由俄联合造船公司建造，第一艘“北极”号已于 2016 年中旬下水，预计前两艘船将于 2019 年 12 月及 2020 年 12 月投入服务。芬兰在极地船舶的设计领域优势明显，该国主要设计和制造公司包括 ABB Marine、Arctech 赫尔辛基造船厂等，已为各国设计建造约 60 余艘各种类型的破冰船。芬兰自身也拥有 3 艘破冰船，都是柴电力破冰船。美国曾经拥有 7 艘破冰船，随着船只寿命的临近，只有一艘重型破冰船“北极星号”和一艘中型破冰船“希力”号尚在使用。为提升破冰船建造能力，美国参议院拨款委员会主席科克伦 2016 年建议海军造船基金提供 10 亿美元，用于为美国海岸警卫队恢复已停产 20 余年的破冰船研制生产工作。极地破冰船再投资计划已纳入 2017 财年美国国防拨款法案。此外，欧盟已于 2006 年设立“北极光”号破冰船建设项目，该项目造价 6.5 亿欧元，由欧洲研究破冰船联盟负责（该机构由全球 10 个国家的 15 家机构组成），该船设计由德国瓦锡兰船舶设计公司牵头，是世界上第一艘常年在北冰洋巡游、具有冰下钻探能力的国际海洋科考船，已于 2014 年建成（表 5.2）。

表 5.2 俄罗斯现有核动力破冰船一览

船名	初航年份	航运公司
Arktika	1974	摩尔曼斯克航运公司
Rossiya	1986	摩尔曼斯克航运公司
Sovjetskij Sojuz	1990	摩尔曼斯克航运公司
Yamal	1992	摩尔曼斯克航运公司
胜利 50 周年	2007	摩尔曼斯克航运公司
Taymyr	1989	摩尔曼斯克航运公司
Vaygach	1990	摩尔曼斯克航运公司

资料来源：臧瑞斌，极地破冰船世界各国发展概况及中国极地发展策略，中国水运，2016 年 11 月

(2) 亚洲整船建造实力较强

韩国、日本和新加坡等亚洲国家在极地船舶建造方面较有经验。其中，韩国实力最强，并且很早就开始进行极地船舶研发，以三星重工为例，其在 2008 年 4 月至 2009 年 4 月，交付 66 艘冰区船舶，包括 24 艘集装箱船、17 艘阿芙拉型油船、20 艘苏伊士型油船和 3 艘穿梭油船等。三星重工将冰区船舶作为其新技术研发的重要方向，大力开发北极钻井船、破冰 LNG 船、破冰集装箱船，还将浮式生产储油卸油装置（FPSO）的石油开采生产和存储设备搬到破冰船上，开发出破冰 FPSO 等新概念船。韩国 STX 集团开发大型冰级集装箱船、极地破冰穿梭 LNG 船等。韩国大宇造船将破冰油船和北极钻井船等冰区船舶作为重点高技术产品进行研发。此外，日本在极地科考船、冰区 LNG 船、冰区油船等领域表现突出，新加坡则在极地海工领域表现突出。作为世界船舶工业的后来者越南已染指极地船舶领域，承接 6 艘冰区加强支线集装箱船的建造任务。

(3) 中国起步晚、正快速追赶

中国在极地船舶领域起步较晚，技术与欧美、日韩相比有一定差距。中国现役唯一能在极地破冰前行的船只“雪龙”号极地科考船于1994年开始服役，该船从乌克兰进口的破冰船基础上改进而来，虽然具备一定的破冰能力，但在船舶的设计、船体的结构和船舶的动力方面并未达到专业破冰船的水平。

不过，中国通过自主研发和与国外先进企业的合作不断增强实力。2015年，由中国船级社（CCS牵头）、中国船舶重工集团公司第702研究所等参与的国家高技术船舶科研计划项目“国际极地水域船舶安全规则应用研究”启动。子项目研究包括冰区航行阻力、推进、冰载荷应用及船体结构强度研究等，以推进极地船舶设计以及配套规范标准的发展。另一国家高技术船舶科研计划项目“极地自破冰科学考察船基本设计关键技术研究”，由中国船舶工业集团公司第708研究所牵头，中国极地研究中心、江南造船（集团）有限责任公司和哈尔滨工程大学等单位共同研发。中船重工第701研究所、武汉理工大学、华中科技大学、南通中远川崎船舶工程有限公司等国内研究机构和企业进行此领域的研发。2016年初，由广船国际有限公司建造的全球首艘极地重载甲板运输船“奥达克斯”号交付，突破“雪龙”号科考船的破冰性能，冰区等级达到俄罗斯规范中的最高冰区等级 Arc7，实现中国在极地船舶建造领域重大突破。2017年6月，金陵船厂为芬兰 ESL Shipping 公司建造的全球首制 25000 吨 LNG 高压双燃料杂货船“VIKKI”号举行命名仪式，该船是全球首制的双燃料冰区加强杂货船，满足 ICEA 冰区等级要求和 IMO TierIII 标准，能够在零下 30 摄氏度的冰区航行，破冰能力达 0.8 米，未来将主要在波罗的海和北极冰区航线运营。同月，由上海彩虹鱼海洋科技股份公司牵头投资、荷兰达门船厂设计并主导建造的彩虹鱼“深渊极客”号极地科考探险船项目，在上海黄浦江北外滩启动，预计详细设计于 2017 年内完成，2018 年初开工建造，2021 年初投入运营，成为中国首例由民营企业投资建造的第一艘极地科考探险船。招商局重工（江苏）建造的中国首艘探险邮轮也正在设计建造中，这艘 1A 冰级探险邮轮是与美国公司 SunStone Ships 合作设计的，符合最新极地规则要求。新船长 104.4 米、宽 8.2 米、7400 吨，航速可达 15 节，设计用于探险巡航，预计将于 2019—2020 年南极暖季期间交付。

(二) 智能船舶

智能船舶是一个新兴概念，多数智能船舶仍在研发阶段，其主要关键技术包括信息感知技术、通信导航技术、能效控制技术、航线规划技术、状态监测与故障诊断技术、遇险预警救助技术、驾机一体化和自主航行技术等。罗尔斯-罗伊斯和现代重工等企业在此领域处于前列。

1. 智能船舶定义

智能船舶的定义尚未完全成型。2006年，国际海事组织（IMO）提出 e-Navigation 概念，提出通过电子信息手段，在船上和岸上收集、综合和显示海事信息，实现船—船、船—岸和岸—岸之间信息的相互沟通，以达到船舶安全、经济航行和环境保护的最终目标，可谓是智能船舶的最初概念。2015年出台的中国船级社《智能船舶规范》如此定义：“智能船舶指利用传感器、通信、互联网等技术手段，自动感知信息和数据，并通过自动控制技术和大数据处理分析技术来实现智能化运行。”

理论上，智能船舶可分为四个发展阶段：第一阶段，智能船舶仅限于船用设备状态远程监控和数据分析；第二阶段，智能船舶利用云计算、物联网和大数据分析等技术，通过连接岸上中心为船舶定时提供安全、环保和能效优化建议，实现半自动化航行；第三阶段，智能船舶在船舶数据分析的基础



上,加入港口物流信息,实现船岸信息间的无缝连接,实时动态地完成航行、船期和港口操作等的优化;第四阶段,智能船舶将实现全自主化无人驾驶和港口自动化装卸与物流。当前的智能船舶正处于由第一阶段向第二阶段的过渡阶段。

在大数据时代背景下,船舶智能化已经成为当今船舶制造与航运领域发展的必然趋势。“通过机理做模型、通过阈值做监控、通过经验做管理”传统模式已经慢慢被边缘化,非智能化的船舶将无法满足未来船东的要求。2015年9月,英国劳氏船级社(LR)、奎纳蒂克集团和南安普顿大学合作推出《全球海洋技术趋势2030》(GMTT 2030)报告,将智能船舶列为18个关键海洋技术之一。中国船级社于同年发布《智能船舶规范》,明确智能船舶在智能航行、智能船体、智能机舱、智能能效管理、智能货物管理、智能集成平台等方面的具体要求,以规范和引导智能船舶发展。2015年由国务院发布《中国制造2025》对船舶智能制造等重点说明。由于智能船舶的发展将能有效解决船舶在节能减排、人力成本和船舶安全性等方面面临的主要问题,将决定各国船舶工业在未来船舶市场的地位,因而成为各大造船国家的“必争之地”。

4. 智能船舶关键技术

《智能船舶规范》将智能船舶的功能分为智能航行、智能船体、智能机舱、智能能效管理、智能货物管理和智能集成平台,基本囊括智能船舶所应具备的所有功能。智能船舶七大关键技术是与船舶有关的信息感知技术、通信导航技术、能效控制技术、航线规划技术、状态监测与故障诊断技术、遇险预警救助技术、驾机一体化和自主航行技术。

其中,信息感知技术是指船舶能够基于各种传感设备、传感网络和信息处理设备,获取船舶自身和周围环境的各种信息,使船舶能够更安全、可靠航行的一种技术手段。对于船舶自身状态信息的感知主要依靠压力、温度、转速、液位等传感器技术,已发展得较为成熟。而对于船舶周围环境信息的感知,一般通过船舶自动识别系统、海事雷达、视频摄像机、激光传感器、激光雷达传感器、风速传感器、风向传感器、能见度采集设备、计程仪、水深仪、航行数据记录仪、电子海图(电子航道图)以及船岸交互信息来获取,这一领域尚有待进一步深入研究。通信导航技术是用于实现船舶上各系统和设备之间,以及船舶与岸站、船舶与航标之间的信息交互。船舶常用的导航技术包括早期的无线电导航和现在广泛使用的卫星导航。能效控制技术主要是在保证船舶安全和营运效率的前提下,能够通过优化控制船舶航速、装载量、吃水、航线等,以最大限度降低船舶营运能效指数(EEOI)的一系列技术。航线规划技术是指通过线性规划方法、混合整数规划模型、遗传算法、模拟退火、粒子群优化算法等智能算法(解决随机旅行时间问题)等方法,智能实时选择船舶在航道内的位置和航道,以达到优化航线并兼顾绿色环保目的的技术。状态监测与故障诊断技术利用大数据分析技术、智能诊断技术对船舶设备状态进行自我监测与故障诊断的技术。遇险预警救助技术主要是为了降低船舶碰撞和搁浅事故。船舶自主航行技术在国外研究较早,美国、以色列等已开发了无人驾驶水面舰艇用以军事观察和扫雷,中国也已开展了相关研究,如中国气象局与航天科工集团合作研发的“天象一号”、青岛北海船舶重工等合作研发的“水面无人智能测量平台工程样机”、珠海云洲智能科技有限公司研发的“领航者”、上海海事大学研发的“海腾01”号等。

总体而言,智能船舶环境感知技术、通信导航技术、状态监测与故障诊断技术等理论和实际应用都已较为成熟,能效控制技术、航线规划技术、安全预警技术、自主航行技术等缺少在真实环境下的验证。

2. 各国智能船舶发展现状

智能船舶技术尚未成熟，多数都处于试验阶段。为在智能船舶市场抢占先机，日本、韩国、新加坡及欧美国家均已积极投身于智能船舶的研制。例如，韩国政府非常重视智能船舶，2016年10月韩国政府发布《造船产业竞争力强化方案》提出投资350亿韩元支持智能船舶相关核心技术开发，12月宣布投资7万亿韩元支持包括智能船舶在内的12大新产业发展；同年韩国海洋水产部启动“Smart Navigation”智能航海研发项目，项目总投资1.14亿美元。日本国土交通省推出“i-shipping”计划，将物联网、大数据技术运用到船舶运营和维修中，通过及时反馈信息达到设计、建造、运营和维护一体化的效果，全面提升竞争力，并于2017年初推出资金援助项目，在本财年为日本造船业提供3.5亿日元资金，用于促进造船业发展数字技术。新加坡海洋与船舶技术中心（TCOMS）则于2017年3月与罗尔斯-罗伊斯签署谅解备忘录，开发诸如智能感知、一体化建模等对开发未来以船舶数据为基础的解决方案而言必不可少的基础共性技术。芬兰国家技术创新局（TEKES）则出资660万欧元，于2015年启动名为“高级自主航行应用计划”（AAWA）的项目，由芬兰国家技术研究中心、坦佩雷理工大学、奥伯学术大学、阿尔托大学、图尔库大学等芬兰科学研究机构与罗尔斯-罗伊斯公司、德他马林公司（Deltamarin）、纳帕公司（NAPA）、DNVGL集团和国际海事卫星组织（Inmarsat）等知名海事企业组成一个国际开发团队，探求集技术性、经济性、合理性、安全性为一体的船舶自主航运综合解决方案，该项目共分为三个阶段，2015年为阐明概念和方案设计阶段，2016年—2017年为完善实施方案并持续改进阶段，2018年为方案验证和项目验收阶段。

中国在智能船舶领域起步较晚，但近几年发展较快。2013年，中船系统研究院与美国国家科学基金会（NSF）智能维护系统中心（IMS）联合成立“海洋装备信息智能管理与应用技术创新中心”，以推动相关核心技术和产品的研发。2015年9月，中船系统研究院与招商局集团所属招商局能源运输股份有限公司签订开展“船舶智能化、航运智能化”战略合作协议，在新造船舶上开展智能化技术试点应用。2015年12月，由中国船舶工业集团公司主办的智能船舶发展论坛暨智能示范船i-DOLPHIN船型发布会在沪举行，以海豚命名的“会思考”智能船舶开启全球首艘智能船舶进入设计建造阶段。2017年6月，由海航科技集团领衔的无人船开发联盟正式成立，联盟成员包括美国船级社（ABS）、中国船级社（CCS）、中国舰船研究设计中心、沪东中华造船集团有限公司、中国船舶及海洋工程设计院（708所）、罗尔斯-罗伊斯船舶、上海船用柴油机研究所（711所）、瓦锡兰中国有限公司和海航科技集团，成为中国首个无人船联盟，以期集合国内外先进技术，共同研制集自主决策、自主航行、环境感知、远程操控和绿色安全于一体的“无人船”，填补中国相关领域空白。

3. 智能船舶重点企业

（1）罗尔斯-罗伊斯：重点打造无人驾驶船

罗尔斯-罗伊斯公司（Rolls-Royce Marine）于2014年开始开发名为“未来操作体验概念”（Future Operator Experience Concept）的岸基遥控系统。2016年3月，该公司与芬兰国家技术研究中心（VTT）、阿尔托大学和坦佩雷大学人机互动研究中心结成合作伙伴，拟于2020年前推出成型产品。通过与VTT进行技术合作，罗尔斯-罗伊斯公司已能够有效评估远程遥控自动化船舶的设计方案。2017年4月，罗罗公司与新加坡海工和船舶中心（TCOMS）达成战略合作并签署谅解备忘录。根据协议，双方将共同致力于为智能船舶研发全球顶级的基础性技术框架，例如智能传感技术、数字化模型技术



以及集成建模技术等。同期，罗尔斯-罗伊斯公司与瑞典渡船公司 Stena Line AB 签署协议，将合作研发首套船舶智能感知系统。智能感知系统将融合各种传感器传来的数据，以及现有船上系统的信息，比如自动识别系统（AIS）和雷达等，通过对数据进行融合分析，为船员提供更好的船舶周围环境感知度，以使船舶的操作运行更加简便、安全、高效。此外，罗尔斯-罗伊斯公司研究人员进行新型智能船舶具体参数和外观的初步设计，并联合大学、设备制造商及船级社等，解决未来实现智能船舶实用化面临的经济、社会、法务、监管和技术等方面问题。

（2）现代重工：致力智能船舶系统建设

现代重工自 2011 年开始开发智能船舶技术，是全球首家开发智能船舶技术的船厂。2011 年，现代重工推出拥有全船统一网络的初级版智能船舶，其主要特点是提高商船航运效率，能根据节省燃油费用和减少排放等原则，选择最佳航线、保持船舶的最佳航运状态，对船上的各种配套设备、部件进行“会诊”，诊断其是否存在不正常现象，从而降低船舶的日常保养维修费用，至今，该系统已经应用到其交付的约 300 艘船上。2017 年 7 月，现代重工推出综合智能船舶解决方案（Integrated Smart Ship Solution, ISSS），预计可以将每年船舶运营成本降低 6%，该解决方案已部署在一艘 6500 车位汽车运输船和一艘 25000 载重吨超大型矿砂船（VLOC）上，并完成现场试验。

现代重工还与其他合作伙伴共同研发智能船舶相关系统和设备。2016 年，其与埃森哲合作推出 OceanLink 智能船舶数据服务系统，借助该系统嵌入新建船舶中的传感器网络，船主能够获取各种航行信息，包括位置、天气及洋流数据，所装载设备和货物的状态数据。这一系统还可对船队运营数据进行实时分析，通过数据可视化技术呈现分析结果，使船主能够实时监控其船舶状态和航行条件。同年，现代重工与微软、英特尔、SK 航运、大田创意经济与创新中心（DCCEI），以及蔚山创意经济与创新中心（UCCEI）进行合作，共同开发名为“航运服务软件”智能软件项目，计划在 2019 年部署至智能船舶。2017 年，韩国现代重工与沙特阿拉伯国家航运公司（Bahri）签署智能船舶领域的合作协议，将在船用发动机和发电机等船用电器设备的远程模拟技术、远程遥控技术领域展开合作。

三、世界海洋工程装备发展动态

全球海工装备在经历 2016 年的低迷之后，2017 年订单逐渐增多，但前景仍未明。其中，钻井装备的租金和利用率仍呈下滑趋势，延迟、撤单严重，但也有部分船东趁机抄底。生产装备现复苏迹象，其中，浮式储存再汽化装置（FSRU）成为率先复苏的一类装备，而从建造格局来看，韩国船厂虽然深陷财务危机，但建造实力仍稳坐龙头。随着海工供应商竞争日益激烈及市场低迷，海工企业面临着严重的债务困境，重组频现，只能“抱团取暖”或者转拓其他业务。

（一）钻井装备

1. 租金和利用率持续下滑

全球海工钻井装备运营仍不景气，租金和利用率齐跌。以半潜式钻井平台和钻井船为例，根据 IHS 公司的数据，全球工作水深大于 2286 米的半潜式钻井平台的日租金连年下滑，至 2017 年 3 月，日租金低于 20 万美元，利用率更是下滑至 40%；工作水深大于 2286 米的钻井船境况相似，至 2017

年3月，日租金也只有20万美元，闲置率达到40%（图5.15，图5.16）。

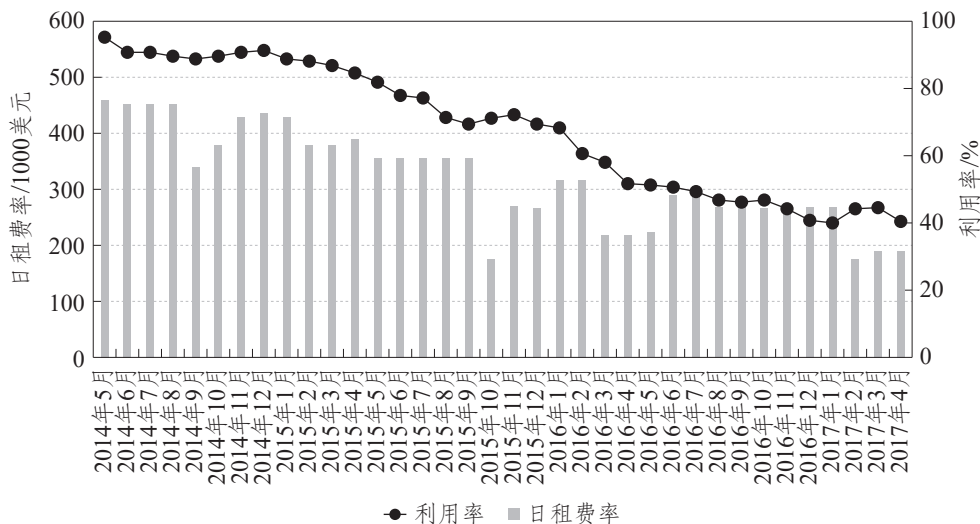


图 5.15 2014—2017 年全球半潜式钻井平台（大于 2286 米）日均租费和利用率

资料来源：HIS MarkIT，2017 年

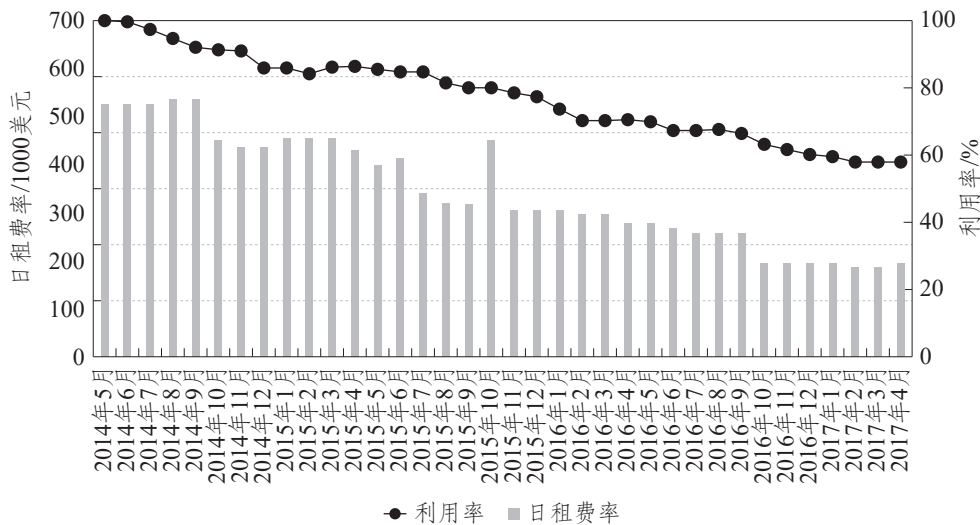


图 5.16 2014—2017 年全球钻井船（大于 2286 米）日均租费和利用率

资料来源：HIS MarkIT，2017 年

2. 延迟、撤单情况严重

低迷的钻井装备租赁市场导致海工钻井装备建造需求的萎缩，已订购海洋钻井装备的船东选择延迟订单交付甚至撤单以降低风险，如全球第二大超深水钻井平台运营商 Seadrill 公司拒绝交付现代重工建造的“West Mira”半潜式钻井平台；海上钻井承包商太平洋钻井公司拒绝交付三星重工建造的超深水钻井船“Pacific Zonda”号。来自中船重工经济研究中心的数据显示，2016 年，全球计划交付海洋工程装



备订单 791 座 / 艘，实际交付 337 座 / 艘，订单交付率只有 42.6%。从具体装备类型看，钻井装备延迟或撤单情况最为严重，其中浮式钻井装备按时交付率仅 17%，自升式钻井装备交付率为 30%（图 5.17）。

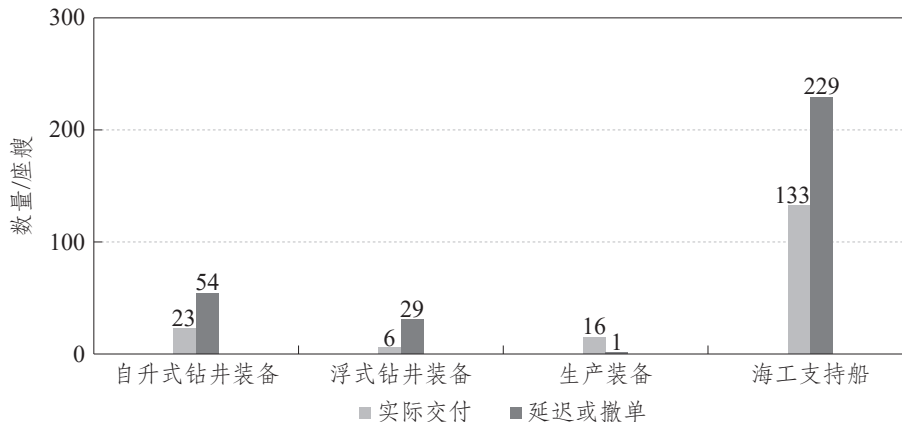


图 5.17 2016 年全球主要海工装备延迟或撤单量及占比

资料来源：中船重工经济研究中心，2017 年

3. 船东巨头抄底钻井市场

钻井租赁和建造市场的不景气让多数船东望而却步，但也有船东巨头认为有机可乘，选择抄底买入。2016 年 12 月，Borr Drilling（原名为 Magni Drilling）在奥斯陆完成 1.55 亿美元的股票发行，每股为 2 美元，所得款项用于收购 Hercules Offshore 旗下 2 座现代化的自升式钻井平台“Hercules Resilience”号和“Hercules Triumph”号，售价 1.3 亿美元。这两座平台均由吉宝远东船厂建造，于 2013 年交付。Hercules Offshore 公司在 2010 年底订造这 2 座钻井平台时的造价约为 2.33 亿美元。此后，Borr Drilling 公司 2017 年初与 Transocean 签署一份意向合同，以 13.5 亿美元的低价打包收购 Transocean 全部 15 座自升式钻井平台，包括 Transocean 正在运营的 10 座自升式钻井平台以及正在新加坡吉宝远东建造的 5 座自升式钻井平台。同年，挪威船东巨头 John Fredriksen 旗下子公司 Seatankers 确定以约为 3.6 亿~3.75 亿美元的价格收购现代三湖重工第六代超深水半潜式钻井平台“West Mira”号，造价约为 6.5 亿美元。未来海运钻井市场走势如何仍未可知，船厂巨亏已是不争事实，而船东抄底之举是否明智尚需时日鉴证。

（二）生产装备

1. 整体现复苏迹象

海工生产装备需求仍然较低，与 2016 年相比，2017 年初已逐渐显现复苏迹象。根据中船重工经济研究中心的数据，2017 年 1-7 月，全球浮式生产平台订单已经成交 6 艘，成交金额约 62 亿美元，成交金额自 2013 年以来首次出现大幅反弹。其中，三星重工表现最为抢眼，先是 1 月份从英国石油公司（BP）获得金额高达 12.7 亿美元的半潜式生产平台订单，用于 BP 公司位于美国墨西哥湾的 Mad Dog 项目，6 月份从意大利埃尼集团（Eni）获得一艘价值 25 亿美元的浮式液化天然气生产储卸装置（FLNG，又称 LNG-FPSO）的订单。新加坡吉宝岸外海事则凭借一艘浮式生产储油卸油装置（FPSO）

改装、一艘 FLNG 改装、一座张力腿平台，在激烈的市场竞争中争取到三份订单。上海外高桥则于 2017 年 7 月从荷兰 SBM 公司初获得一艘 FPSO 船体建造合同（图 5.18）。

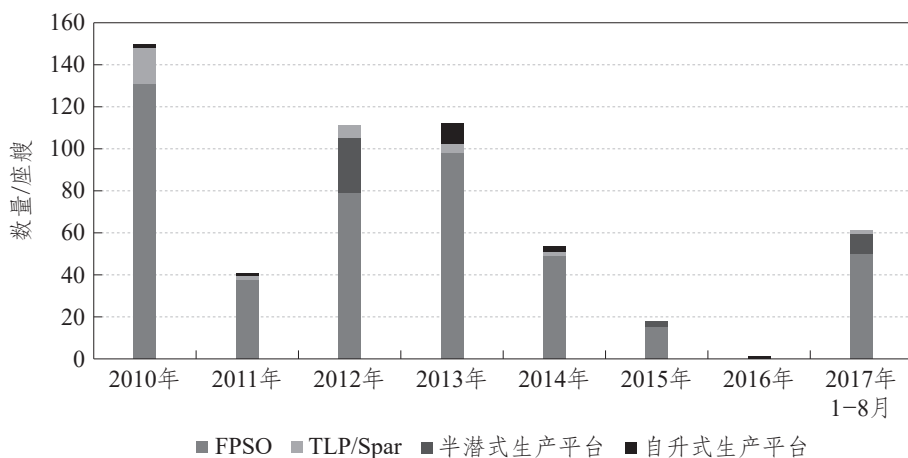


图 5.18 2010—2017 年全球海洋生产装备新造订单

说明：截至 2017 年 8 月

资料来源：中船重工经济研究中心，2017 年

2. 浮式储存再气化装置（FSRU）成新贵

尽管航运、造船依然一片低迷，浮式储存再气化装置（FSRU）却订单连连。2017 年初，韩国三大船企现代重工、三星重工、大宇造船海洋接连获得 FSRU 订单，2017 年 1 月，现代重工接到挪威公司 Hoegh LNG 的 1 艘 17 万立方米 FSRU 订单，交付期定于 2018 年第四季度；同期，三星重工接到来自 Hoegh LNG 的 FSRU 订单，将建造 1+3 艘 FSRU，每艘造价约为 2.3 亿美元；2 月，现代重工又获土耳其建造 1+1 艘 FSRU 合同，每艘价值约为 2.3 亿美元；2 同期，大宇造船海洋与 Excelebrate Energy 签署意向书，将建造 1+6 艘 17.34 万立方米 FSRU，总价值约为 16 亿美元。中国和新加坡船企也有所斩获，2017 年 1 月，太平洋海工（舟山）与韩国和印尼的合资企业 Jaya Samudra Karunia（JSK）签署 1 艘 2.6 万立方米的小型 FSRU 订单。新加坡海工承包商 PaxOcean 新增 1 艘 2.6 万立方米的中小型 FSRU，用于巴厘岛 BenoaLNG 项目。

FSRU 的需求逆势而上，究其原因，主要有如下三点。

一是国际油价回升提升海工整体需求，石油输出国组织（OPEC）2016 年 11 月同意从 2017 年 1 月起将日产量减少约 120 万桶，期限为 6 个月；在该协议快到期之时，在 2017 年 5 月会议上延期九个月至 2018 年 3 月。原油减产协议的达成，一度使布伦特油价涨幅超过 20%，提振市场信心。

二是 FSRU 具有经营方式灵活的优点。与同为浮式生产装置的浮式储油船（FSO）等装备相比，FSRU 于 2005 年才在全球实现运营，由于其既具有运输功能，可作为液化天然气（LNG）运输船；又具有储存功能，可作为海上终端，远离发电厂、工业区或人口密集区停泊。淡季时可以满足中东和亚太地区的季节性或临时性消费的需求，同时可作为建造大型陆上装备之前的过渡设施。因此在海工市场复苏之际，成为最快回暖的一类装备。

三是经济性高。以 1 艘 17 万立方米的 FSRU 为例，新建订单价一般不到 3 亿美元，改装只需 1



亿~1.5 亿美元，而在陆上新建接收终端，至少要花费 10 亿美元甚至更多；加之 FSRU 建造周期短，新造时间在 2 年左右、改造则仅需 1 年时间，租用的话更是可以立马投入使用，因此船东的投资回报见效也就更快，从而更具比较优势。

3. 韩国优势仍明显，中国努力追赶

建造实力方面，虽然在 2016 年面临严重的财务困境，韩国三大造船厂仍然是海工装备建造的领头羊。根据中船重工经济研究中心的数据，2017 年一季度，全球海洋工程装备成交额约 32 亿美元、17 座/艘，其中仅韩国接单 20 亿美元，凭借 3 艘大型 FSRU 和一座半潜式生产平台订单一举夺魁，占比达到 63%（按交易额算），而中国虽然接单数量较多（9 座/艘），但是以风电开发及运营维护装备居多，含金量较韩国订单有较大差距（图 5.19）。截至 2017 年 7 月，韩国的大宇造船、现代重工和三星重工几乎建造全球所有的大型主流 FSRU，而中国船厂中仅惠生海工建造过中小型 FSRU，即为 Exmar 公司以 EPCIC 模式（设计、采购、施工、安装以及调试）总承包建造的世界首艘小存储量 FSRU。不过，中国船企正在尝试和努力获得更高附加值的建造订单。例如，沪东中华已完成 17.2 万立方米 LNG-FSRU 的研发设计工作，有望成为首家建造大型 LNG-FSRU 的中国船厂。上海外高桥造船海洋工程有限公司 2017 年 6 月与国际 FPSO 运营商 SBM Offshore 签订 FAST4WARD 新型 200 万桶 FPSO 船体 EPC 总包合同，是外高桥海工自 2007 年开工建厂以来签订的最大金额的海洋工程订单，也是截至全球最大吨位、最大储油量的新型海上浮式生产储油装置之一。

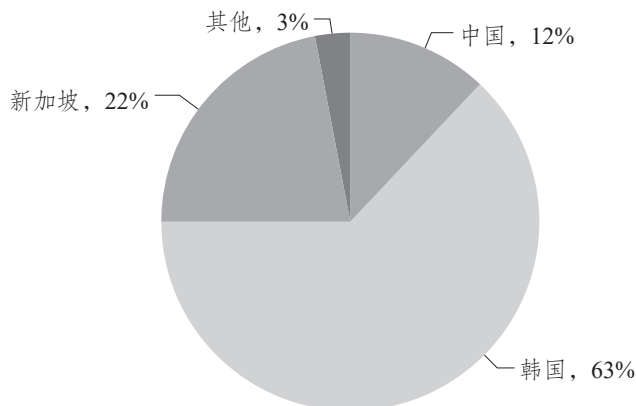


图 5.19 2017 年第一季度全球海工成交金额占比

资料来源：中船重工经济研究中心，2017 年

（三）企业动态

1. 供应商增多，竞争激烈

深海工程装备行业参与者逐渐增多，竞争日趋激烈。其中，浮式生产储油卸油装置（FPSO）供应商较多，改装和新装备建造船厂以及上部组块供应商主要分布在亚洲的中国、韩国、日本、新加坡、印度尼西亚以及南美的巴西等国，而项目管理和转塔供应商则以美国、挪威等欧美国家为多，其中以美国休斯敦的企业最为密集。从实力来看，韩国现代重工、三星重工、大宇造船，新加坡吉宝船厂、胜科集团等在各类型装备的船体组块方面具有较大优势、涉猎较广，而欧美企业如挪威的 Aker Solution、Kvaerner 公司，美国的 Wood Group、Doris Engineering 等都较为资深（表 5.3 至表 5.6）。

表 5.3 主要深水立柱式平台 (SPAR) 供应商一览

装备类型	主要供应商 (公司所在地)
船体设计	Aker Solution(挪威)、Bennett Offshore (美国休斯敦和新奥尔良)、FloaTEC (美国休斯敦)、Houston Offshore Engineering (美国休斯敦)、TechnipFMC (美国休斯敦)、WorleyParsons INTECSEA (美国休斯敦)
上部工程	Aker Solution(挪威)、AMEC Foster Wheeler (美国休斯敦)、Audubon Engineering Solutions (美国休斯敦)、CB&I (美国休斯敦)、KBR (美国休斯敦)、McDermott (美国休斯敦)、TechnipFMC (美国休斯敦)、Wood Group (美国休斯敦)、WorleyParsons (美国休斯敦)
船体组块	Gulf Marine Fabricators (美国德克萨斯州)、现代重工 (韩国)、大马海事重工 (MMHE) (马来西亚)、McDermott (阿联酋和印度尼西亚)、TechnipFMC (芬兰)
上部组块	大宇造船海洋株式会社 (DSME) (韩国)、Dragados (西班牙)、Dragados Offshore (墨西哥)、Gulf Island Fabricators (洛杉矶)、Gulf Marine Fabricators (美国德克萨斯州)、Heerema Fabrication Group (荷兰)、现代重工 (韩国)、Kiewit (美国德克萨斯州)、Kvaerner Stord AS (挪威)、McDermott (墨西哥、印度尼西亚、阿联酋)、大马海事重工 (MMHE) (马来西亚)、三星重工 (韩国)、胜科集团 (SembCorp) (新加坡)

说明: 截至 2017 年 3 月

资料来源: Offshore Magazine、Wood Group, 2017 年

表 5.4 主要半潜式浮式生产装置 (Semi FPS/FPU) 供应商一览

装备类型	主要供应商 (公司所在地)
船体设计	Aker Solution(挪威)、Bennett Offshore (美国休斯敦和新奥尔良)、Doris Engineering (美国休斯敦和法国巴黎)、Exmar Offshore (美国休斯敦)、Fried & Goldman (美国休斯敦)、FloaTEC (美国休斯敦)、GustoMSC (荷兰)、GVA (瑞典哥德堡)、Kvaerner (挪威奥斯陆)、MODEC (美国休斯敦)、SBM Offshore (美国休斯敦)、TechnipFMC (美国休斯敦)、WorleyParsons INTECSEA (美国休斯敦)
上部工程	Aker Solution(挪威)、Audubon Engineering Solutions (美国休斯敦)、CB&I (美国休斯敦)、Doris Engineering (美国休斯敦和法国巴黎)、KBR (美国休斯敦)、Kvaerner (挪威奥斯陆)、McDermott (美国休斯敦)、TechnipFMC (美国休斯敦)、Wood Group (美国休斯敦)、WorleyParsons (美国休斯敦)
船体组块	BraFELS (巴西)、中集来福士 (中国)、中远船务集团大连造船厂和青岛造船厂; 大宇造船海洋株式会社 (DSME) (韩国)、现代重工 (韩国)、Kvaerner Stord AS (挪威)、三星重工 (韩国)、胜科集团 (SembCorp) (新加坡)
上部组块	BraFELS (巴西)、精砺控股 (Dyna-Mac) (新加坡)、大宇造船海洋株式会社 (DSME) (韩国)、Gulf Island Fabricators (洛杉矶)、Gulf Marine Fabricators (美国德克萨斯州)、现代重工 (韩国)、Kiewit (美国德克萨斯州)、Kvaerner Stord AS (挪威)、Kvaerner Verdal AS (挪威)、McDermott (墨西哥、印度尼西亚、阿联酋)、三星重工 (韩国)

说明: 截至 2017 年 3 月

资料来源: Offshore Magazine、Wood Group, 2017 年

表 5.5 主要张力腿平台 (TLP) 供应商一览

装备类型	主要供应商 (公司所在地)
船体设计	Aker Solution(挪威)、Doris Engineering (美国休斯敦和法国巴黎)、FloaTEC (美国休斯敦)、HOE (美国休斯敦)、MODEC (美国休斯敦)、SBM Offshore (美国休斯敦)、TechnipFMC (美国休斯敦)、Technip MHB Hull Engineering (TMH) (马来西亚)、WorleyParsons INTECSEA (美国休斯敦)
上部工程	Aker Solution(挪威)、Audubon Engineering Solutions (美国休斯敦)、CB&I (美国休斯敦)、Doris Engineering (美国休斯敦和法国巴黎)、KBR (美国休斯敦)、McDermott (美国休斯敦)、TechnipFMC (美国休斯敦)、Wood Group (美国休斯敦)、WorleyParsons (美国休斯敦)
船体组块	BraFELS (巴西)、中远船务集团启东造船厂、大宇造船海洋株式会社 (DSME) (韩国)、吉宝 FELS 船厂 (新加坡)、大马海事重工 (MMHE) (马来西亚)、胜科集团 (SembCorp) (新加坡)、三星重工 (韩国)、Signal Shipyard (美国德克萨斯州)



(续表)

装备类型	主要供应商(公司所在地)
上部组块	Dragados Offshore (墨西哥)、大宇造船海洋株式会社(DSME)(韩国)、Gulf Island Fabricators (洛杉矶)、Gulf Marine Fabricators (美国德克萨斯州)、现代重工(韩国)、吉宝 FELS 船厂(新加坡)、Kiewit (美国德克萨斯州)、Kvaerner Stord AS (挪威)、Kvaerner Verdal AS (挪威)、McDermott (墨西哥、印度尼西亚、阿联酋)、大马海事重工(MMHE)(马来西亚)、三星重工(韩国)

说明:截至2017年3月

资料来源:Offshore Magazine、Wood Group, 2017年

表 5.6 主要浮式生产储油卸油装置(FPSO)供应商一览

装备类型	主要供应商(公司所在地)
改装船厂	BraFELS (巴西)、中船澄西新荣船舶有限公司(中国靖江)、中远船务集团大连造船厂和青岛造船厂、Drydocks World (阿联酋)、韩通船厂(中国)、Inhauma 船厂(巴西)、Jurong Aracruz 船厂(巴西)、裕廊船厂(新加坡)、吉宝 FELS 船厂(新加坡)、大马海事重工(MMHE)(马来西亚)、ONG's Hadrian 船厂(英国)、PT Karimun Sembawang 船厂(印度尼西亚)、胜科集团(新加坡)
新造船船厂——船体建造	Atlantico Sul 船厂(巴西)、BraFELS (巴西)、中远船务集团南通船厂、大连造船厂和青岛造船厂、大宇造船海洋株式会社(DSME)(韩国)、大连船舶重工、Ecovix-BG (巴西)、现代重工(韩国)、IHI 株式会社(日本)、江南造船厂(中国上海)、江苏韩通船舶重工(中国南通)、吉宝 FELS 船厂(新加坡)、L&T 造船厂(印度)、三菱重工(日本)、青岛北海船舶重工(中国)、Rio Grande 1 船厂(巴西)、三星重工(韩国)、上海外高桥造船厂(中国)
上部组块/整合	Aibel AS (挪威和泰国)、Atlantico Sul 船厂(巴西)、BraFELS (巴西)、中国海洋石油有限公司(COOEC)(中国)、Dragados Offshore (墨西哥)、大宇造船海洋株式会社(DSME)(韩国)、精砺控股(Dyna-Mac)(新加坡)、Estaleiro Rio Grande (巴西)、吉宝 FELS 船厂(新加坡)、Kiewit (美国德克萨斯州)、ONG's Hadrian 船厂(英国)、OSX 船厂(巴西)、Profab (新加坡)、Rio Grande 1 船厂(巴西)、SAIPEM Karimun Facility (印度尼西亚)、Sembmarine SLP (英国)、SMOE Jurong 船厂(新加坡)、TH Heavy Engineering Berhad (马来西亚)、UTC Engenharia (巴西)
项目管理/工程管理	Aibel AS (挪威和泰国)、Aker Solution(挪威)、Bechtel (美国休斯敦)、Blackstone Process Solutions (马来西亚)、Bluewater Offshore (荷兰)、BW Offshore (挪威)、CB&I (美国休斯敦)、中国海洋石油有限公司(COOEC)(中国)、Doris Engineering (法国巴黎和美国休斯敦)、Deltamarin (芬兰)、Friede & Goldman (美国休斯敦)、Global Mariner Offshore Services (马来西亚)、KBR (美国休斯敦)、L&T Valdel Engineering (印度)、MODEC (美国休斯敦)、SBM Offshore (美国休斯敦)、SEVAN MARINE ASA (挪威)、Sembmarine SSP Inc. (美国休斯敦)、TechnipFMC (美国休斯敦)、TeeKay (挪威奥斯陆)、Wood Group (美国休斯敦)、WorleyParsons (美国休斯敦)
转塔式系泊系统供应商 ^①	Bluewater (美国休斯敦)、London Marine Consultants (LMC)(英国)、NOV-APL(美国休斯敦)、Orwell Offshore (英国、马来西亚、新加坡)、SBM Offshore (美国休斯敦)、SOFEC (美国休斯敦)、Teekay Petrojarl Production & Onesubsea (美国休斯敦)

说明:截至2017年3月

资料来源:Offshore Magazine、Wood Group, 2017年

2. 经营艰难,重组频见

由于海工市场持续性不景气,海工企业大都经营惨淡,负债累累甚至破产者众多。2017年3月,希腊船东 George Economou 旗下的钻井承包公司 Ocean Rig 及其子公司正式申请破产重组, OceanRig 公司自2016年以来,船队价值大幅缩水约40%,截至2016年底,负债总计达到32.5亿美元。2017年5月,全球最大海工船东、中国最主要的海工建造客户 Tidewater 公司宣布申请债务总额约16亿美

^① Turret supplier, 转塔是 FPSO 中连接油管和锚链绳的重要部件,技术含量很高。

元的破产保护，此前，Tidewater 公布的 2016 年第三季度财报显示该公司该季度净亏损 2.977 亿美元导致公司难以为继。同月，美国拥有 60 年历史的海工船东 GulfMark Offshore 公司正式申请破产保护重组以消除 4.3 亿美元未偿债务。2017 年 8 月，新加坡海上服务供应商、船东 EMAS Offshore Limited 及其两家子公司 EMAS Offshore Pte Ltd 和 EMAS Offshore Services Pte Ltd 向新加坡最高法院申请重组保护。其他进行破产申请和债务重组的公司包括物探公司 SeaBird、新加坡 Marco Polo Marine、美国船东 Hornbeck Offshore、新加坡 Ezra Holding 公司及其下属的 Emas Chiyoda Subsea 公司等。除此之外，一些公司虽未破产，但也深陷困境。例如马来西亚大马海事重工（MMHE）公布 2017 年第二季度财报，亏损达到 1430 万令吉，相比 2016 年同期的 220 万令吉亏损显著增加。海上钻井承包商 Transocean 公司 2017 年第二季度净亏损高达 16.9 亿美元，而 2016 年同期则是盈利 8200 万美元。挪威钻井承包商 Seadrill 也在艰难推进自身债务重组，如果最终受挫，不排除申请破产保护的可能。

3. 抱团取暖，拓展业务

为渡过海工业寒冬，海工相关企业纷纷“抱团取暖”，通过收购、兼并、合作等方式提升竞争力，争取生存空间。海工装备运营行业整合速度明显加快，进入深度调整期。例如，2017 年 4 月，挪威海工船东 Solstad Offshore、Farstad Shipping 以及 Deep Sea Supply 的合并申请获得挪威公平竞争管理机构通过，合并后的新公司将更名为 Solstad Farstad，船队规模达到 154 艘，包括 66 艘平台供应船（PSV）、55 艘三用工作船（AHTS）和 33 艘施工支援船。2017 年 5 月，英国海洋钻井承包商 Ensco 收购美国竞争对手 Atwood Oceanics 公司，换股收购 Atwood 总值 8.39 亿美元的全部股票，成为全球第一大海上钻井平台保有者。2017 年 8 月，总部位于瑞士的深水钻井企业 Transocean 收购挪威竞争对手 Songa Offshore 的整个自升式钻井平台船队，收购单价每股 47.5 挪威克朗，整体收购规模在 34 亿美元左右。2017 年 7 月，韩国天然气公司（KOGAS）与韩国国内航运公司达成协议，合作开展浮式储存和再气化装置（FSRU）业务，合作航运公司包括 H-Line Shipping、Hyundai LNG Shipping、泛洋海运、SK 航运和大韩海运（KLC）等。与此同时，部分船东开始向传统油气服务业务以外的领域拓展，寻找新的发展方向，如丹麦 Maersk Supply Service 向客户提供海工船，用于开发东北太平洋克拉里昂—克里帕顿断裂带海底多金属结核。法国海事服务商波邦公司（Bourbon）首次介入风电系泊系统安装领域。物探公司 PGS 探索利用其现有船只和技术发展清理垃圾海洋业务的可能性。

主要参考文献

- [1] Offshore magazine, Wood Group.2017 Deepwater Solutions & Records for Concept Selection [R]. 2017.
- [2] Shipyards' & Maritime Equipment Association.Sea Europe Shipbuilding Market Monitoring Report No 42 [R]. 2017.
- [3] Danish Ship Finance. Shipping Market Review [R]. 2017.
- [4] ISL. World Merchant Fleet [R]. 2017.
- [5] 岳宏. 极地规则发展及极地船技术现状 [J]. 船舶物资与市场, 2017 (2): 47-50.
- [6] 于新伟、陈林、王化明等. 破冰船技术发展现状分析 [J]. 造船技术, 2017 (3): 1-4.
- [7] 严新平、柳晨光等. 智能航运系统的发展现状与趋势 [J]. 智能系统学报, 2016 (11): 807-817.



[8] 严新平. 智能船舶的研究现状与发展趋势 [J]. 交通与港航, 2016 (1): 25-26

[9] 国际船舶网 . <http://www.eworldship.com/>

[10] 航运界 . <http://www.ship.sh/>

本章撰写: 汪逸丰

第六章

世界生物产业发展动态

一、世界生物产业总体发展态势

（一）生物技术进入颠覆性创新时代

近年来，生物技术实现大量前所未有的突破。其中，最为重要、最有可能改变人类生活的当属 CRISPR 技术，以及人类胚胎生殖细胞编辑技术。CRISPR 是指成簇的、规律间隔的短回文重复序列，利用这一技术可对 DNA 片段实施针对性改造，不仅对人类影响巨大，而且对农作物及其他动植物也同样意义非凡。此外，一系列具有突破性意义的生物技术创新成果获得审批，纷纷上市，包括安进公司（Amgen）治疗白血病新药 Blincyto 成为美国食品药品监督管理局（FDA）批准的首例双特异性抗体；诺华旗下 Sandoz 公司的 Zarxio（Filgrastim—Sndz）成为美国获得批准的首款生物仿制药；水恩科技公司（Aquabounty Technologies）培育的、生长速度比养殖鱼类快很多的转基因三文鱼获得批准，成为首例可食用的转基因动物。《麻省理工科技评论》2017 年全球十大突破性技术榜单中，有四项与生物有关，包括基因疗法 2.0、细胞图谱、刷脸支付、治愈瘫痪，这四大技术有望在将来的 15 年内为生物技术与医药行业带来明显变革。

（二）生物技术产业规模平稳上升

据 MarketLine 咨询公司的年度行业报告显示，2016 年全球生物技术市场规模达到 3589 亿美元，较 2015 年增长 5.8%，增幅较 2013 年和 2014 年的大幅增长所回落。2012—2016 年全球生物技术市场复合年均增长率达到 8.8%（图 6.1）。报告预测，至 2021 年全球生物技术市场规模将达到 5284 亿美元，较 2016 年增长 47.2%，2016—2021 年复合年均增长率为 8% 左右。医疗健康一直是生物产业中最大的分支，2016 年产值为 2070 亿美元，比重达到全产业 57.7%；食品与农业产值为 461 亿美元，比



重达到 12.8%；环境与工业产值为 392 亿美元，比重为 10.9%；服务提供商产值为 360 亿美元，比重为 10.0%；技术服务产值为 307 亿美元，比重为 8.6%（图 6.2）。

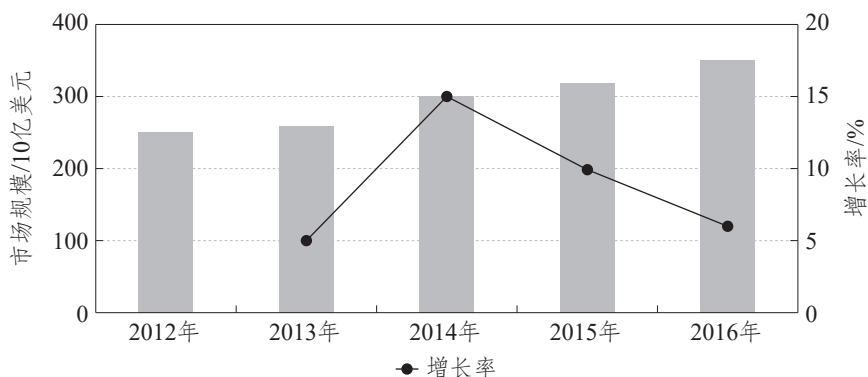


图 6.1 2012 - 2016 年全球生物技术市场规模

说明：2016 年为估计值
资料来源：Marketline

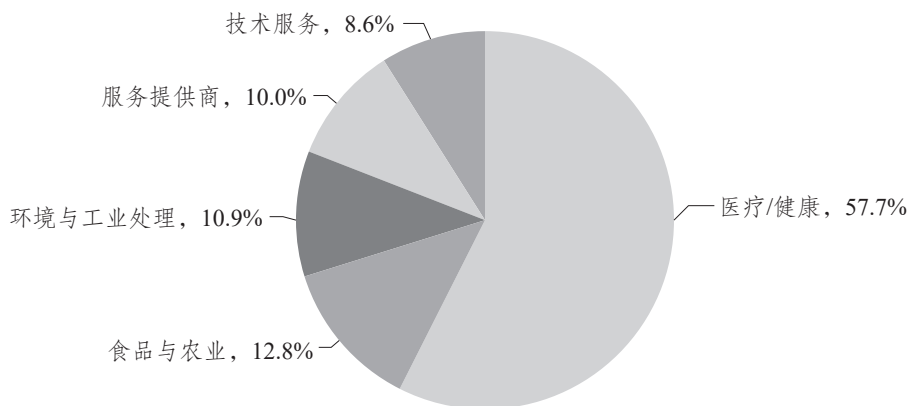


图 6.2 2016 年全球生物技术产业各领域所占比重

资料来源：Marketline

（三）全球生物产业竞争格局已形成

全球生物产业呈现集聚发展态势，主要集中分布在美国、欧洲、日本、印度、新加坡、中国等国家和地区。其中美国、欧洲、日本等发达国家和地区占据主导地位。美国生物产业已在世界上确立代际优势，研发实力和产业发展领先全球，生物药品已被广泛应用到癌症、糖尿病等慢性疾病的治疗之中。在欧洲，坚实的产业基础和技术优势使其生物医药产业紧随美国，走在世界前端，同时人口老龄化的加剧使生物药物在欧洲拥有广阔的市场前景。日本生物领域的发展起步虽晚于欧美国家，但发展非常迅猛，成为亚洲领先。除日本以外，随着政府的积极培育和扶持，中国、印度、新加坡等亚洲国家的生物医药产业也快速发展起来。亚洲已经成为全球生物医药产业除北美、欧洲以外的中心。美国、欧盟国家、日本等持有 94% 以上的专利，尤其是美国占有世界近六成生物药专利，这体现出欧美等发达国家地区在生物药领域具有绝对的垄断地位。据 MarketLine 咨询公司的年度行业报告显示，2016 年

美国生物技术产业产值为 1646 亿美元，位居全球第一，占比 45.9%；亚太地区排第二，产值为 868 亿美元，占比 24.2%；欧洲、中东和其他地区的占比分别 18.3%、1.9% 和 9.7%（图 6.3）。

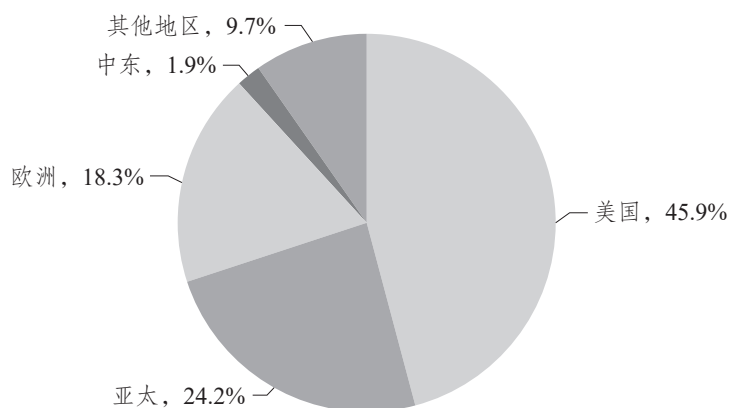


图 6.3 2016 年全球生物技术产业各地区所占比重

资料来源：Marketline

（四）生物技术投融资依然看好

数据分析机构硅谷银行（Silicon Valley Bank）发布 2016 年上半年全球生物医药投资报告，估计 2016 年全年投资总额将达到 90 亿~95 亿美元，投资人对于未来仍然非常看好，特别是生物仿制药、细胞治疗、精准医疗等领域。2016 年上半年生物医药产业 A 轮融资数量激增，生物制药领域共有 58 笔 A 轮融资。医疗器械和诊断工具领域，2016 年上半年 A 轮融资数超过 2015 年，均有 24 笔 A 轮融资，其中液体活检公司 Grail 价值 1.25 亿美元的 A 轮融资引人注目。业内人士认为，这反映投资者对临床前阶段的重视。2016 年上半年生物制药领域风险投资公司的中位数投资额达到 4280 万美元，相比 2015 年上升 40%，是 2013 年的近 3 倍。2016 年 7 月，由美国风险投资公司 Third Rock Ventures 推动创立的 Fulcrum Therapeutics，其 A 轮融资高达 5500 万美元，专门攻克基因调控疗法，治疗罕见疾病。美国初创生物科技公司 Oncorus 的 A 轮融资 5700 万美元，用于开发溶瘤病毒，可见投资者对早期在研新药非常青睐。

二、生物产业重点领域发展动态

（一）生物医药

尽管多个国家政府在控制医药费用的增长，但临床的客观需求、新产品和新技术的开发等因素依然强有力地支撑全球医药市场稳定发展。

据医药行业咨询机构昆泰艾美仕（QuintilesIMS）公司发布的《2021 年全球药品市场展望报告》显示，2016 年全球药品支出增速放缓，2014 和 2015 年约 9%，未来 5 年复合年均增长率维持在 4%~7%。2014、2015 年短期增长主要是受肝炎和癌症新药的推动，但是到 2021 年，这些新药对增长的促进作用将有所下滑。预计 2021 年基于发票价格的全球药品支出将接近 1.5 万亿美元，相比 2016 年预期支



出水平高 3700 亿美元。全球支出增长推动力大多源自（尤其是在成熟市场）肿瘤、自体免疫和糖尿病治疗，这些治疗预计将出现重大创新。美国将继续保持其全球最大的药品市场地位，而新兴市场将占据前 20 大市场中的 9 个位置。中国将继续保持其自 2012 年以来的全球第二大市场地位。在原研品牌药的推动下，成熟市场的支出将有所增加，而非原研药将继续推动新兴市场，这些药物平均占新兴市场药品用量的 91% 和支出的 78%（图 6.4）。

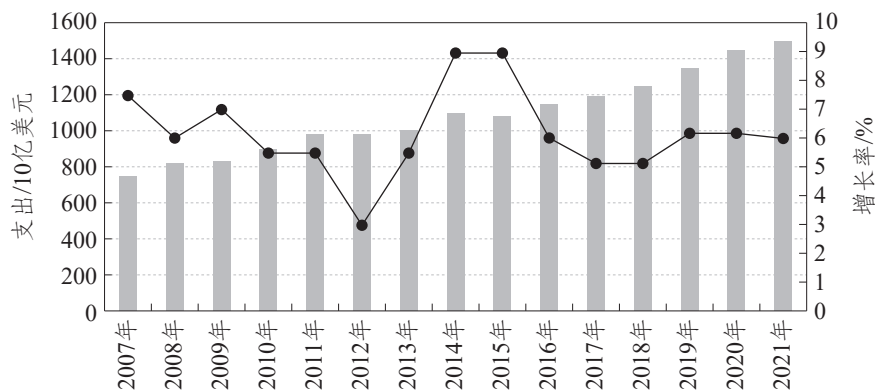


图 6.4 2007—2021 年全球药品市场支出

说明：2017—2021 年为预测值
资料来源：昆泰艾美仕

从药物研发角度来看，2016 年全球处于临床后期阶段的药物达到 2240。预计到 2021 年，每年平均约有 45 种新活性物质（NAS）上市，涉及领域包括癌症、自体免疫疾病、代谢性疾病、神经系统等。除了对现有药物进行持续研究外，靶细胞和跨疾病研究也将有所进展。研发中出现超特定“药物”的开发，将对传统的监管审批和商业化方式提出挑战，其中包括首次用于人类的全新平台，例如基因组编辑技术 CRISPR 等，这可能改变癌症个体化治疗。此外，利用微生物群（人体自带的肠道细菌）和再生细胞技术，包括从人体的某个部位获取的干细胞用于治疗另一部位的疾病，都有望推进多种疾病的治疗（图 6.5）。

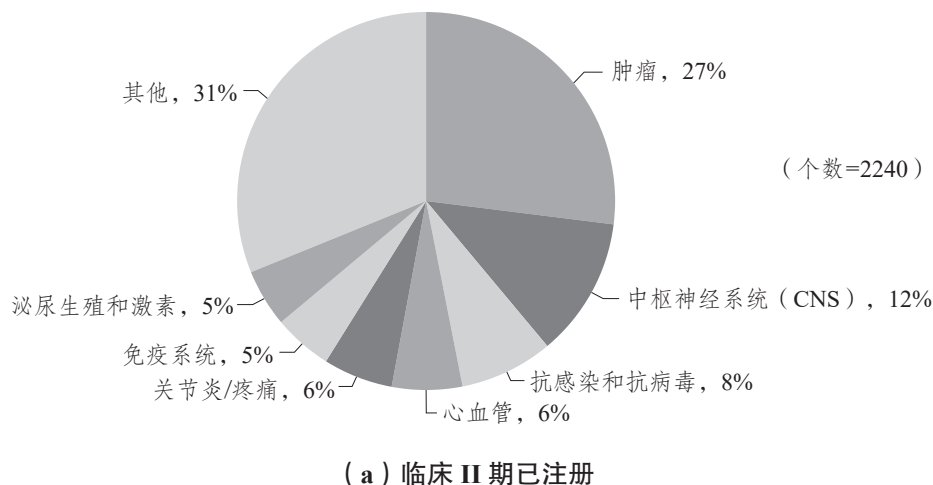
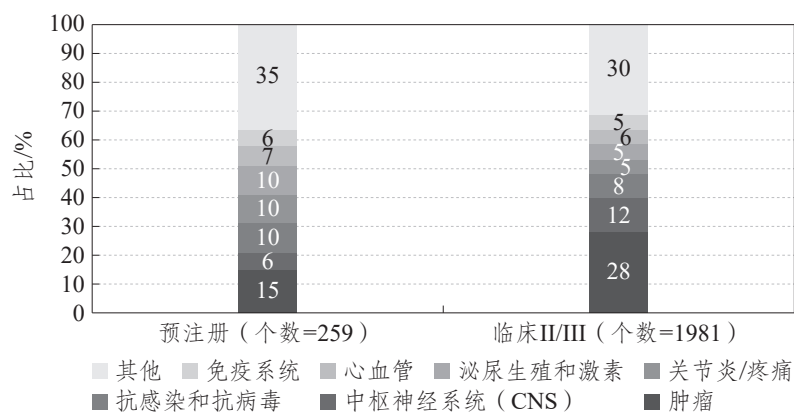


图 6.5 2016 年全球处于临床后期阶段的药品分类



(b) 研发百分比

图 6.5 (续) 2016 年全球处于临床后期阶段的药品分类

资料来源: 昆泰艾美仕

1. 生物医药行业总体态势

(1) 药物监管审批模式革新

美国食品药品监督管理局 (FDA) 大规模重组, 药品检查机构进行新的部门划分。监管事务办公室 (ORA) 新设立药品质量运营办公室 (OPQO), 对应于药品审评与研究中心 (CDER), 该中心由六个部门组成: 两个位于总部, 四个设在各地办公室。这一改变将有助降低药物监管和审批的不确定性, 并提高效率。

中国新药审批也大幅提速, 中国食品药品监督管理局 (CFDA) 设立优先审批制度, 鼓励创新, 加快具有临床价值和临床急需药品的研发上市。中国还出台一系列与新药申请和评价的新政: 2016 年 4 月, 中国食品药品监督管理局 (CFDA) 发布关于落实《国务院办公厅关于开展仿制药质量与疗效一致性评价的意见》; 2016 年 6 月, 国务院印发《药品上市许可持有人制度试点方案的通知》等。

(2) 新药研发回报率逐年下降, 专利悬崖 2.0 到来

据德勤会计事务所对 12 家大型制药企业的持续追踪结果显示, 制药巨头的研发效率仍很低迷, 投资回报率从 2010 年的 10.1%, 下降至 2016 年的 3.7%。与此同时, 研发一个新药的平均成本已从低于 12 亿美元, 增长至 15.4 亿美元, 而且需要耗时 14 年才能推出一个新药。更为严峻的是, 制药巨头的研发管线中处于后期阶段的药物不足, 这意味着美国食品药品监督管理局 (FDA) 在未来几年批准的新药数量仍可能会保持在较低水平。

2017 年, 将有合计年销售额高达 265 亿美元的 18 个原研药的专利保护到期, 这是 2025 年前最凶猛的一波专利保护到期大潮。其中, 制药巨头涉及的重磅产品包括罗氏的 Rituxan (利妥昔单抗)、葛兰素史克 (GSK) 的 Advair、礼来的 Humalog 和 Cialis、阿斯利康的 Byetta、辉瑞的 Viagra 和默沙东的 Vytarin 等。

(3) 大型制药公司重磅级药物获利颇丰, 但面临压力巨大

2017 年 3 月, 知名医药网站 Fiercepharma 发布一年一度的全球制药巨头收入前 15 强排行榜,



2017 年收入排行前 15 家公司的销售额同比增长约 4%，其中有 4 家公司收入下降，其余均呈现增长。前 15 位的公司依次为强生、辉瑞、罗氏、诺华、默沙东、赛诺菲、葛兰素史克、吉利德、艾伯维、拜耳、阿斯利康、安进、梯瓦、礼来、百时美施贵宝。2016 年，全球销售额超过 10 亿美元的重磅炸弹药物共有 118 个（按公司和商品名计算，不去重），111 个已公布销售数据的重磅炸弹药物公司分布见图 6.6，主要集中在强生、默沙东、罗氏、诺华、吉利德、百时美施贵宝、辉瑞、安进等。

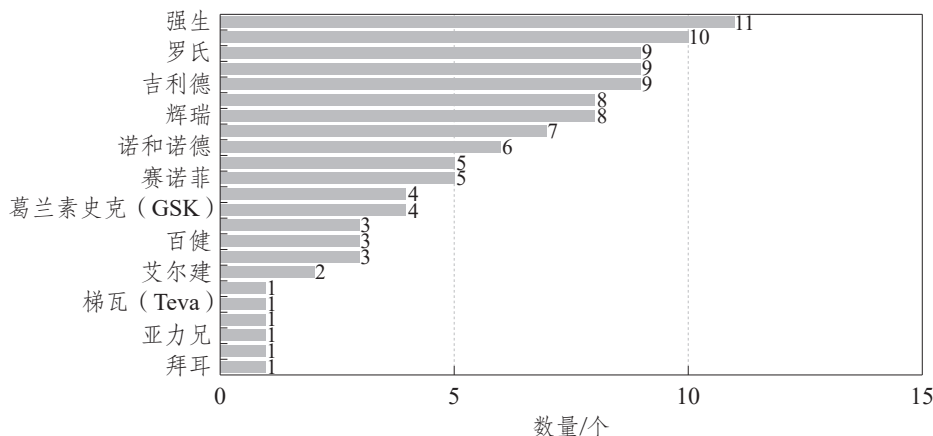


图 6.6 2016 年全球销售额超过 10 亿美元的重磅炸弹药物按公司排名

资料来源：Fiercepharma

据 PharmaVitae 机构（从属于 Datamonitor Healthcare）2017 年发布的《大型制药公司 2025 展望》报告显示，至 2025 年，全球大型制药公司在处方药市场将实现 390 亿美元的收入增长，总收入达到 4640 亿美元，但复合年均增长率仅为 0.9%。虽然大型制药公司通过重磅级新药获利颇丰，但如此低的年增长率也说明它们所面临的问题。

（4）生物类似药呈现蓬勃发展之势

生物类似药是指在质量、安全性和有效性方面与已获准注册的参照药具有相似性的治疗用生物制品。相对化学仿制药，生物类似药的生产工艺和要求要高很多。通常而言，制造商需开发新的细胞系，独立重新制订制造过程，并需对原研药相似的疗效和安全性进行验证。

2016 年，全球排名前 10 大药品中 7 个为生物药，其中 6 个是单抗，仅修美乐销量就达 160 亿美元，罗氏当家品种三大单抗总销量收入 206 亿美元，占罗氏药品收入 53%。从全球范围看，生物类似药的研发主要集中在促红细胞生成素（EPO）、生长激素、利妥昔单抗、曲妥珠单抗、贝伐珠单抗、阿达木单抗、依那西普和英夫利西单抗等专利过期的大品种。由于生物类似药研发门槛较高，参与者主要集中在诺华（山德士）、辉瑞（Hospira）、安进、默沙东、三星等少数巨头。

2. 生物医药主要门类

（1）肿瘤药物与疗法

癌症是全球最主要的死因之一。根据世界卫生组织在 2015 年公布的数据，当年癌症在全球造成 880 万死亡案例。尽管依旧有着巨大的医疗需求，但随着人们对癌症背后生物学机制的不断深入了解，肿瘤的临床治疗上已经出现创新与变化。2017 年 1 月由美国癌症学会（American Cancer Society）发布

的年度肿瘤报告显示，在过去的二十多年里，美国的癌症总体死亡率下降 25%，成效显著。

肿瘤药物是最大的研发类别，包括免疫、细胞治疗和多种分子靶向药物。从研发管线上看，癌症仍然是“众病之王”，肿瘤相关项目超过五大领域（神经、感染、免疫、肠胃道、肌肉骨骼）的总和。全球在研的 1 期临床试验中，和癌症相关的项目数为 1757 个，接近一半。治疗方案的选择基于肿瘤诊断，主要根据患者的家族史、基因标志物或者肿瘤生物标志物。癌症治疗的绝对数量、治疗方案的潜在组合以及参与研发的公司类型，都将在未来 5 年显著改变癌症治疗的前景。

肿瘤免疫疗法无疑是业内关注的热点，作为一种突破性的疗法，它显著改善多种癌症的治疗效果。在肿瘤免疫疗法中，抗 PD-1 与抗 PD-L1 的分子已获批治疗诸多肿瘤类型。除了这些分子外，肿瘤免疫疗法的发展还出现两大趋势：首先，更多具有全新作用机制的新药正在早期研发之中，并有望对多种肿瘤进行治疗；其次，研究人员正在尝试更多的组合疗法，以求提高肿瘤免疫疗法的效果。

（2）干细胞疗法

干细胞具有强大自我更新能力、高度繁殖以及多向分化的潜能，被医学界称为“万用细胞”，是再生医学的核心成分。根据英国咨询公司 Visiongain 调查报告显示，2010 年全球干细胞市场规模大约为 215 亿美元，2014 年市场规模已经超过 500 亿美元，预计到 2018 年全球干细胞治疗的潜在市场规模将达到 1195 亿美元，到 2020 年，全球干细胞与精准医疗产业规模可能将达到 5000 亿美元。干细胞产业将产生比整个传统制药行业更大的利润，成为世界生物医药产业的重要发展方向和新的经济增长点。全球已有超过 700 家公司开展干细胞及转化医学相关的研究，竞争日趋白热化。从市场分布来看，北美和西欧仍是最大的干细胞市场，分别占据 44% 和 38% 的市场份额，亚太地区排名第三，约占 17% 的市场份额。

干细胞研究多次入选《科学》(Science) 杂志评选的世界十大科学进步，美国、日本、欧洲等多个国家和地区政府均对该领域制定相关的发展政策并予以巨额投入：美国国立卫生院 (NIH) 每年对干细胞领域的固定资助在 10 亿美元以上，并逐年上升，2015 年达到 14.29 亿美元；日本通过科技创新综合战略 (2014)，在 10 年内仅针对诱导多能干细胞 (ipsc) 相关研究提供 1100 亿日元的长期资助。2017 年，韩国 FDA 食品药品安全处食品药品安全评价院发布《干细胞药品开发与限制动向报告书》，对全球干细胞临床研究数据和各国监管政策进行精细的分类和数据分析。报告显示，从 1999 年至 2016 年，美国国立卫生研究院 (NIH) 的临床登录网站上登记的干细胞药品临床研究共 314 例，美国 (155 例)，韩国 (46 例)，中国 (29 例) 名列前三。干细胞药物研究针对的病种主要有神经系统 (49 例)、骨骼系统 (48 例)、心脏 (42 例)、血管 (31 例)、肠胃系统 (27 例)、免疫系统 (21 例)、肺 (19 例) 等。

近年来，国际在干细胞基础研究方面继续深入，在多能性维持、微环境调控、命运决定、细胞重编程等基础研究领域获得一系列突破性成果，为干细胞领域的发展奠定坚实的基础，并推动该领域向应用领域迈进。2016 年 2 月，世界上首个得到完全批准大规模生产的干细胞产品 Temcell (最初被称为 Prochymal) 在日本上市销售。

（3）抗生素

抗生素耐药性是指抗生素及其他抗感染药不再能有效杀死细菌，因为后者发展出抵御能力。多数科学家认为，如果听任抗生素耐药性肆意蔓延，那么常见的传染病将无法治疗，一个多世纪以来取得进步，即许多致命疾病几乎被消灭的局面将被逆转。



英国政府委托威廉信托基金会于2016年5月发表《抗生素耐药性综述》，也称为“O'Neil报告”指出，到2050年，抗生素耐药性将直接导致全球1000万人死亡。2016年，强生、辉瑞、阿斯利康、葛兰素史克、艾尔健、罗氏、默克、诺华以及赛诺菲等大型药企签署一份协议，以应对超级细菌的蔓延。

2016年6月，美国食品与药品监督管理局（FDA）抗菌药物咨询委员会投票并推荐使用默克公司的抗体 bezlotoxumab 用于艰难梭菌预防，bezlotoxumab 将成为继 MedImmune 公司的 synagis 之后的第二种获批抗体药物，用于治疗呼吸道合胞病毒感染。科学家们希望将基因编辑技术 CRISPR/Cas9 系统转变超为一种精细微生物治疗体系，以精确杀死那些潜在的致命细菌。

（4）孤儿药

根据美国国家卫生研究院（NIH）的定义，罕见病指的是那些在美国影响不到20万人的疾病。日本和欧盟这个数字则分别为5万和25万。据估计，这些疾病大约有7000种。尽管单个疾病的患者人数不多，但汇集到一起，仅美国的罕见病患者总人数就达到3000万。据统计，这些罕见病中，有85%~90%的罕见病非常严重，可能威胁到患者的生命。然而，有大约95%的罕见病依旧缺乏获批的疗法。

美国国会在1983年通过《孤儿药法案》，鼓励医药公司生产罕见病新药。自该法案推出后，每年获得孤儿药资格的新药数呈井喷之势。自法案出炉到2016年11月15日，美国食品药品监督管理局（FDA）一共颁发了3913项孤儿药认定，与之相关的批准数达到了583款。孤儿药的重要性已逐渐被各大药企所认可，Evaluate Pharma 预测到2022年，世界孤儿药销售总额将达到2090亿美元，未来5年的年复合增长率将达到11%，是全部处方药增长率（5.3%）的两倍还多，而2022年孤儿药的市场也将占据处方药物总市场的21.4%，这个数字在2000年仅为6%。2016年全球孤儿药销售额最额最高的公司是诺华，销售额达到了129亿美元，第二位的是百时美施贵宝，其销售额达到135亿美元。

（5）疫苗

EvaluatePharma 公布的疫苗销售额分析报告显示，葛兰素史克（GSK）到2022年将以80多亿美元的销售总额跃居榜首，而2015年其仅排名第四。2015年葛兰素史克完成与诺华公司之间的资产互换交易，得到对方的疫苗业务。预测葛兰素史克的疫苗业务将以6%的速度增长，并最终2022年以85.5亿美元的销售总额坐上该领域头把交椅；2022年赛诺菲将坐上疫苗行业的第二把交椅；辉瑞得益于其用于肺炎球菌的超级产品沛儿（Pevnar 13），其疫苗业务已经有很大发展。2015年，Pevnar13在美国的销售总额增长102%，全球销售总额为62.45亿美元，成为全球销量前十的药品中唯一的疫苗产品。EvaluatePharma 预测，至2022年Pevnar13将占据近15.5%的疫苗市场，销售额在60.69亿美元左右。同时，辉瑞可能通过并购来实现疫苗超越。预计到2022年，葛兰素史克、赛诺菲、辉瑞和默沙东预计将占疫苗市场80%的份额。

2017年达沃斯世界经济发起联盟，对将来可能形成流行病的病毒开发疫苗，这是目前为止世界上与此相关的最大项目。这个新项目被称为流行病防范创新联盟（CEPI），已筹到4.6亿美元资助，包括来自惠康基金会和比尔及梅琳达·盖茨基金会的各1亿美元，其余由挪威、德国和日本政府提供。加上印度和欧盟委员会将来的捐款，流行病防范创新联盟（CEPI）希望到2022年筹集到10亿美元。联盟并不完全依赖制药业，而是试图将学术界、私人公司、政府和融资工作联系在一起，从实验室研究

中至少获得四种疫苗，通过开发和测试，使它们可以在未来 5 年内批量生产，首批针对的病毒包括中东呼吸综合征冠状病毒，拉萨病毒和尼帕病毒。

2016 年，美国国立卫生院（NIH）启动大型多国艾滋病疫苗临床试验。2010 年美国国立卫生研究院（NIH）下属的国家过敏症和传染病研究所（NIAID）的科学家在艾滋病感染者体内发现两种可有效中和艾滋病病毒的抗体 VRC01 和 VRC02，并在体外实验中证明两者能阻止 90% 以上已知的 HIV 病毒株对人类细胞的感染。2016 年国家过敏症和传染病研究所（NIAID）的科学家们开始启动 VRC01 的临床试验，这是一个横跨北美、南美、非洲的多国多中心大型临床试验，计划招募约 4200 名受试者，将测试 VRC01 的静脉输液是否可防止艾滋病感染，检验其安全性和耐受性。

（二）生物农业

1. 转基因农作物

2016 年，多位诺贝尔奖获得者联合发表声明，支持生物技术 in 农作物中的应用。联合国粮食与农业组织、国际食物与政策研究所、20 国集团以及可持续农业 2030 议程指导下的其他类似机构，均致力于在 15 年或者更短的时间内解决饥饿和营养问题。此外，美国国家科学、工程和医学院发表一份针对 1996 年以来有关转基因作物的 900 项研究的综述，发现转基因作物和传统作物在对人类健康和环境带来的风险方面没有区别。

国际农业生物技术应用服务组织（ISAAA）的报告显示，转基因作物已商业化 21 年，2016 年 26 个国家种植 1.851 亿公顷转基因作物，比 2015 年的 1.797 亿公顷增加 540 万公顷，年增长 3%。其中 19 个为发展中国家，7 个为发达国家。发展中国家的种植面积占全球转基因作物种植面积（1.851 亿公顷）的 54%，而发达国家的种植面积占 46%。四大主要转基因作物大豆、玉米、棉花和油菜的种植面积虽然下滑，但仍然是 26 个国家中种植最多的转基因作物。其中转基因大豆的种植面积最大，为 9140 万公顷，占全球转基因作物总种植面积的一半。从全球单个作物的种植面积来看，2016 年转基因大豆的应用率为 78%、转基因棉花的应用率为 64%、转基因玉米的应用率为 26%，转基因油菜的应用率为 24%。美国、巴西、阿根廷、加拿大、印度、巴拉圭、巴基斯坦、中国、南非、乌拉圭是种植面积最大的前十大国家（表 6.1）。

为了迎合农民和消费者的新转基因作物及性状进行田间试验，包括作为主粮的作物及性状，例如：菲律宾和孟加拉的富含 β -胡萝卜素的黄金大米，乌干达的抗束顶病毒转基因香蕉，澳大利亚的抗枯萎病转基因香蕉和正在进行田间试验的抗病、抗旱、含油量和谷粒成分改变的转基因小麦，英国的高产和高生物物质含量小麦，乌干达的抗晚疫病马铃薯品种 Desiree 和 Victoria，欧盟的防挫伤和更少丙烯酰胺产生的抗晚疫病、抗线虫马铃薯品种 Maris Piper，印度的抗虫鹰嘴豆和木豆；还包括作为主要蔬菜和油料来源的作物和性状，比如印度的转基因芥菜，印度和印度尼西亚的抗旱甘蔗，以及欧盟的富含 $\Omega-3$ 的亚麻荠等。

根据 Cropnosis 机构估计，2016 年全球转基因作物的市场价值为 158 亿美元，同比增长 3%，占 2016 年全球作物保护市场 735 亿美元的 22%，全球商业种子市场 450 亿美元市值的 35%。预计全球已收获的“最终商业产品”（转基因作物和其他收获的产品）的农场出场收入是转基因种子单独价值的 10 倍以上。



表 6.1 2016 年生物技术农作物种植面积各国排名

排名	国家	种植面积 /100 万公顷	转基因作物
1	美国 *	72.9	玉米、大豆、棉花、油菜、甜菜、苜蓿、木瓜、南瓜、马铃薯
2	巴西 *	49.1	大豆、玉米、棉花
3	阿根廷 *	23.8	大豆、玉米、棉花
4	加拿大 *	11.6	油菜、玉米、大豆、甜菜、苜蓿
5	印度 *	10.8	棉花
6	巴拉圭 *	3.6	大豆、玉米、棉花
7	巴基斯坦 *	2.9	棉花
8	中国 *	2.8	棉花、木瓜、白杨
9	南非 *	2.7	玉米、大豆、棉花
10	乌拉圭 *	1.3	大豆、玉米
11	玻利维亚 *	1.2	大豆
12	澳大利亚 *	0.9	棉花、油菜
13	菲律宾 *	0.8	玉米
14	缅甸	0.3	棉花
15	西班牙 *	0.1	玉米
16	苏丹 *	0.1	棉花
17	墨西哥 *	0.1	棉花、大豆
18	哥伦比亚 *	0.1	棉花、玉米
19	越南	<0.1	玉米
20	洪都拉斯	<0.1	玉米
21	智利	<0.1	玉米、大豆、油菜
22	葡萄牙	<0.1	玉米
23	孟加拉 *	<0.1	茄子
24	哥斯达黎加	<0.1	棉花、大豆、菠萝
25	斯洛伐克	<0.1	玉米
26	捷克	<0.1	玉米
	总计	185.1	

说明：* 表示种植面积在 5 万公顷以上的转基因作物种植大国
资料来源：国际农业生物技术应用服务组织（ISAAA）

2. 农业生物制品

据世界农化网《全球农业生物制品检测市场报告》显示，从 2016 年起，全球农业生物检测市场预计将以 10.4% 的复合年均增长率增长，到 2021 年将达到 11.2 亿美元。该市场主要由全球有机作物的大量种植、农业领域严厉政策的实施以及生产企业在生物制品研发上的投资增加等因素驱动。按产品类型分，生物农药主导农业生物制品检测市场，其次为生物刺激素。全球范围内生物农药作为有害化学农药的替代物，其使用量日益增长。另外，生物农药登记法规规定，生物农药在进入市场之前，在不同的国家需要检测若干个参数。北美地区因对生物制品较高的采用率，使得北美地区预计成为增长最快的市场。预计 2017—2021 年美国 and 加拿大将主导北美地区农业生物制品检测市场，合同研发组

织（CRO）为迎合生产企业需求，将扩张和建立一批新的机构。美国不仅是北美地区主要的农业生物制品检测市场，也是全球主要市场。亚太地区及非洲和中东等未开发地区较高的增长潜力，将为该类市场的主体带来新的增长机会。

孟山都与诺维信生物农业（BioAg）联盟是世界最大的农业微生物研究项目。该联盟一直致力于开发新一代微生物农业产品，2015年已经在美国50个试验地点对2000个微生物进行50万个小区田间试验。BioAg联盟已经引入两种类型的微生物产品：一种是提高作物肥料利用的菌剂；另一种是生物防治产品，有助于防控病虫害。这些产品可以在作物定植前处理种子，也可以直接施用于处于生长期的作物或是直接施用于耕作后的土壤。

（三）生物制造

生物制造技术是将制造技术与生物技术相结合，在微滴、细胞和分子尺度科学层次上，通过受控组装完成器官、组织和仿生产品制造的科学与技术的总称。生物制造主要包括仿生制造和生物成形制造。其中，仿生制造是传统制造技术与材料科学、生命科学、信息科学等学科领域相结合，采用生物形式实现制造或以制造生物活体为目标的制造方法，主要包括生物组织和结构的仿生，生物遗传制造和生物控制的仿生；生物成形制造采用生物方法制造复杂精密零件，主要包括生物去除成形、生物约束成形和生物生长成形。

美国在2010年启动主题为“制造和生物制造：先进材料与关键工艺”的高风险、高回报型竞争项目，并在《2020年制造技术的挑战》中将生物制造列为11个主要方向之一。2016年5月，美国陆军缔约司令部成立先进组织生物制造创新中心（ATB-MII）。该创新中心聚焦先进组织生物制造领域，包括用于修复、再生和模拟组织器官功能的生物替代品及其衍生的一系列医疗产品。美国商务部宣布成立国家生物制药制造创新机构（NIIMBL），机构位于特拉华州纽瓦克，包括来自25个州超过150名政府、工业界、学术界和非营利组织成员。

（四）生物能源

世界生物质能协会（WBA）《2017全球生物能源统计报告》（第四版）显示，2014年全球生物质供应量已增至59.2EJ（10的18次方焦耳），比上年增长2.6%。占全球能源供应10.3%。生物质供应量占可再生能源供应总量的四分之三。其中，全球液态生物燃料产量达到1260亿升，美国和巴西生产951亿升；固态生物燃料产量迅速增加，产量为2800万吨（一年增加160万吨），欧洲占59%的产量。韩国和日本是仅次于欧盟最大的进口商；沼气产量达587亿标准立方米几乎一半的沼气生产在欧洲。木炭产量维持5200万吨。

2017年，美国农业部发布有关玉米乙醇生命周期温室气体平衡的研究报告，显示玉米乙醇整个生命周期的温室气体排放量与汽油相比减少43%。这得益于美国实施从玉米种植到乙醇提炼，贯穿乙醇生产全链条的技术改进和创新。一方面，通过改良玉米品种、改进耕作方式，提高玉米产量、降低种植过程的能耗和温室气体排放，另一方面通过不断推动乙醇提炼技术进步，如使用热电联产，使用填埋气作为能源等，提高乙醇的产量和纯度，降低排放。2005—2015年美国通过科技创新，使玉米产量增长10%以上，同期的乙醇产量显著增加，从2005年的39亿加仑提高到2015年的148亿加仑。美



国农业部预计，通过玉米产量、工艺燃料转换和运输效率提高，到2022年玉米乙醇的温室气体排放将达到比汽油低近50%的目标，玉米乙醇将成为未来美国化石燃料的重要替代品。

（五）医疗器械

国际评级机构惠誉（Fitch）旗下研究机构BMI Research在《全球医疗器械报告2017第二季度》（*Global Medical Devices Report Q2 2017*）中显示，2016—2021年全球医疗器械市场的复合年均增长率为5.5%。从区域分布看，西欧地区是全球范围内的商业化程度较好的市场，亚洲市场增速较快，美国医疗器械市场发展高于平均水平，而东欧地区由于政策、经济原因，其医疗器械市场发展将低于平均水平。从细分市场看，2011—2016年牙科、患者救护、矫形外科和修复市场增长最快，复合年均增长率达到5.7%、5.4%、5.3%和5.1%。

美敦力收购柯惠后，成为全球最大医疗器械公司。并购交易、业务剥离以及汇率负面影响等是影响医疗器械公司排名的主要因素。MedtechInsight发布2016年全球医疗器械公司100强，在体外诊断、心脏病学、整形外科及影像器械4个细分领域排名中，罗氏诊断、美敦力、DePuy Synthes（属于强生旗下）以及通用医疗分居榜首（表6.2）。

表 6.2 2016 年全球医疗器械排名前 20 位企业

排名	企业	销售额 /100 万美元
1	美敦力 (Medtronic)	28833.00
2	强生 (Johnson & Johnson)	25137.00
3	GE 医疗 (GE Healthcare)	17639.00
4	西门子医疗 (Siemens Healthineers)	15020.18
5	康德乐 (Cardinal Health)	12430.00
6	飞利浦医疗 (Philips Healthcare)	12109.36
7	罗氏诊断 (Roche Diagnostics)	11255.57
8	丹纳赫 (Danaher)	10949.90
9	BD 医疗 (Becton Dickinson)	9955.00
10	史塞克 (Stryker)	9946.00
11	雅培 (Abbott Laboratories)	9710.00
12	波士顿科学 (Boston Scientific)	7477.00
13	百特国际 (Baxter International)	7218.00
14	欧姆龙 (Omron)	6888.07
15	贝朗医疗 (B Braun)	6802.42
16	捷迈邦美 (Zimmer Biomet)	5997.80
17	圣犹达医疗 (St Jude Medical)	5541.00
18	3M	5420.00
19	奥林巴斯医疗 (Olympus Medical)	5031.56
20	施乐辉 (Smith & Nephew)	4634.00

资料来源：MedtechInsight

三、主要国家和地区生物医药产业集群

全球生物医药产业呈现集聚发展态势，主要集中分布在美国、欧洲、日本、印度、新加坡、中国

等国家和地区，其中美国、欧洲、日本占据主导地位。基因工程与生物技术新闻（GEN）根据产业研发投入、公司数量、就业岗位、专利等衡量指标，评选并发布 2017 年美国、欧洲以及亚太地区生物医药集群三大榜单。

（一）美国

美国汇聚全球顶尖的生物医药人才，几十年来产业一直保持繁荣兴旺，集群发展特点显著。2017 年，基因工程与生物技术新闻（GEN）发布报告显示，美国生物医药拥有十大集群，依次为波士顿—剑桥地区、旧金山湾区、新泽西州、圣地亚哥市、马里兰州 / 华盛顿大都会区、“大费城”、西雅图市、罗利—达勒姆地区、洛杉矶地区和芝加哥地区。

1. 波士顿 - 剑桥地区

波士顿是美国乃至全球顶级的生物与制药中心，超过 100 家的制药公司位于波士顿的剑桥和肯德尔广场区域（Kendall Square area）。2016 年，彭博商业周刊将波士顿所在的马萨诸塞州评为“最具创新州”的第一位；在全球城市发展动力（CMI）排名中，波士顿的创新能力位列全球第五。波士顿地区不仅是众多创业公司的创始之地，也是大型制药公司的聚集之所。据马萨诸塞州生物技术委员统计数据，波士顿地区生物制药公司拥有雇员近 5.7 万人。2015 年，波士顿 41 家研究机构共获得美国国立卫生院 3491 个项目资助，合计 11.74 亿美元研究经费，经费额占到当年美国国立卫生院总经费的 7.3%，这也是波士顿连续 21 年成为获得资助最多的城市。

2. 旧金山湾区

旧金山湾区（简称“湾区”）是美国加利福尼亚州北部的一个大都会区。2016 年，彭博商业周刊将旧金山所在的加利福尼亚州评为“最具创新州”的第二位；在全球城市发展动力（CMI）排名中，旧金山的创新能力位列全球第十。根据旧金山湾区经济开发部的数据，该地区 300 亿美元的收入来自生物技术和生命科学领域，提供就业岗位数超过 30 万个。顶尖制药公司 BioMarin 制药、基因泰克、诺华、拜耳和吉列德等均在旧金山湾区开展业务。

3. 新泽西州

新泽西州拥有制药公司、医疗器械公司和生命科学企业 3000 余家，雇员 11.5 万人，每年生命科学制药产业为州国内生产总值（GDP）贡献约 340 亿美元。该地区知名企业包括强生、赛诺菲公司、默克、罗氏、诺华、拜耳、百时美施贵宝和辉瑞等。

4. 圣地亚哥市

圣地亚哥市（San Diego）是加利福尼亚州第二大城市，也是美国第七大城市，该地区有超过 1100 家生命科学企业，雇员超过 3.4 万人。该地区重要的生物制药公司包括葛兰素史克、基因泰克、武田制药、赛默飞世尔以及 BD 生命科学等。该地区生命科学投资基金超过 5.5 亿美元。

5. 马里兰州 / 华盛顿大都会区

马里兰州最大的城市巴尔的摩市距华盛顿 50 公里，两者组成著名的巴尔的摩—华盛顿大都会区。马里兰州是美国拥有博士学位最多的科学家和工程师的聚集之地。马里兰州—华盛顿大都会区也是美国管辖生物医药行业政府的聚集地，美国食品药品监督管理局、美国国立卫生研究院、美国药典委员会（USP）、弗雷德里克国家癌症研究实验室（Frederick National Lab for Cancer Research）和沃尔特里



德医院 (Walter Reed) 等皆在此特区。该地区生物医药从业人员超过 4.1 万名, 行业税收占到整个地区税收的四分之一以上。

6. “大费城”

“大费城”费城生命科学从业者超过 4 万人, 研发投入超过 26 亿美元。全球顶级的 15 家制药公司有 11 家将总部设立在此, 还有 700 多家生命科学公司, 知名企业包括强生、默克、赛诺菲、辉瑞以及阿斯利康等等。该地区设立“高质量治疗项目研发计划”, 由企业界和政府共同投资。

7. 西雅图市

西雅图生物和医药产业拥有 55 家生物医药公司, 雇员约 7600 人。百时美施贵宝、CTI BioPharma、Etubics、Juno Therapeutics、Kinetia 和诺和诺德 (Novo Nordisk) 均在此设有公司。此外, 西雅图已成为生物医药的孵化基地, 吸引大批投资界的关注。

8. 罗利—达勒姆地区

罗利和达勒姆皆属于北卡罗来纳州, 该州有 500 多家生物和制药公司, 雇员 58000 余名, 过去 10 年里, 该地区生物产业增长率高达 23%, 远超过其他州, 对大学研究和设施、雇员培训、人才激励和基础建设等累计投资约 12 亿美元。如今, 大量的生物医药公司聚集在罗利—达勒姆地区以及由北卡州立大学、杜克大学与北卡大学组成的研究“铁三角”地带, 包括百健公司 (Biogen)、葛兰素史克、默克、诺和诺德、诺华以及辉瑞公司。

9. 洛杉矶地区

洛杉矶地区拥有 100 多家医药和生物技术公司, 其中大部分是创业公司, 例如 Astellas Pharma、ImmunoCellular Therapeutics、Nantcell、Xenco 和 Synedgen, 也不乏诸如安进公司等生物技术巨头。近年, 洛杉矶地区至少有 5 家创新企业被大公司收购, 例如 Allergan 以 20 亿美元并购 Kythera Biopharma; 赛默飞以约 10 亿美元并购 One Lambda; 新基药业以 40 亿美元并购 Abraxis Biosciences; 强生以约 10 亿美元并购 Cougar Biotechnology 以及西门子以约 20 亿美元并购 Diagnostic Products 公司。

10. 芝加哥地区

芝加哥地区拥有生物医药行业雇员 3 万余人, 顶尖企业包括雅培实验室 (Abbott Laboratories)、百特医疗 (Baxter)、Sigma-Aldrich、查尔斯河实验室 (Charles River Laboratories)、武田制药 (Takeda)、密理博 (Millipore)、新基医药 (Celgene)、艾伯维 (AbbVie) 等。

(二) 欧洲

欧盟努力打造相关基础设施, 以破除生物产业不断提高的技术壁垒。媒体基因工程与生物技术新闻 (GEN) 发布 2017 年欧洲生物医药十大集群, 排名依次为英国、德国、法国、荷兰、西班牙、瑞士、瑞典、比利时、丹麦和意大利。

1. 英国

英国是世界五大制药业强国之一, 全球前 100 位处方药的五分之一在英国研发。英国葛兰素史克公司和阿斯利康公司位列全球前 10 大制药企业; 英国生物技术产业居全球第二, 仅次于美国, 欧洲三分之一的生物技术公司位于英国; 欧洲药品管理局 (EMA) 总部设在伦敦。2016 年, 英国生物医药行业获得风险投资 6.81 亿欧元, 设立基金 4921 项, 拥有生物制药公司 1857 家, 这些数据均位列欧洲第

一名。此外，从业人员 23.5 万人，409 项专利在申请，236 项授权。

2. 德国

2016 年德国生物医药行业获得公共研究基金 3379 项，风险投资 2.16 亿欧元，授权专利 570 项，另有 1194 项在申请，相关劳动力超过 15 万人，公司数量 1300 多家。北莱茵威斯特法伦州是德国重要的生物制药基地。德国正努力试图维持其在欧洲大陆的技术领导地位，并在 2014 年启动“高新技术战略”生物医药当然中国与德国的最高领导人技术合作上达成了高度共识，双方将在包括生物制药等一系列高新技术领域进行深入合作，以及实现后续的转化。

3. 法国

2016 年法国生物医药行业拥有公司约 600 家，风险投资 2.91 亿欧元，基金 3061 项，提供近 10 万个相关工作岗位，在专利数量方面，法国表现相当突出，2016 年有 387 项获授权，909 项在申请。法国主要的生物技术园区有位于南特圣纳泽尔大都市 Atlantopole、法国西部的 Biogenouest、布列塔尼的 Capbiotek、埃夫里 - 科尔贝埃索纳的 Genoplote、里昂的 Lyonbiopole 以及巴黎地区的 Medicen。

4. 荷兰

2016 年荷兰生物医药行业有 162 项专利获授权，259 项处于申请中，设有相关基金 2147 项，提供工作岗位 3.5 万个，风险投资 6.35 亿欧元。本土制药企业方面，总部位于荷兰阿姆斯特丹市的 Norgine 公司以 3.42 亿美元的价格收购 Merus 实验室。此外，argenx 公司完成首次公开募股（IPO），实现融资 1.14 亿美元。普华永道会计师事务所和荷兰药物创新协会共同发表了一份行业报告指出，荷兰政府在政策上支持低价药物的销售，将不利于该国的创新药物发展。

5. 西班牙

西班牙拥有 628 家生物制药企业，提供岗位近 2.8 万个，设有研究基金 2140 项，2016 年相关专利总量不高，99 项获得授权，222 项在申请中。风险投资方面，西班牙生物制药公司 Sanifit 实验室开发用于治疗钙过敏症的透析患者的一类创新候选药物 SNF742 进入临床 II 期，获得 3660 万欧元的 C 轮融资，打破西班牙制药行业纪录。

6. 瑞士

瑞士近年来在生物科技方面的发展速度较快，2016 年本土企业药品销售额比 2015 年增长 11.7%，从业人员数量同比增长 3.2%，超过 1.5 万人，设有基金 1105 项，共有 281 家生物科技公司。瑞士生物医药专利数量表现突出，2016 年有 319 项专利获授权，845 项在申请，行业风险投资达到 3.99 亿欧元。全球制药与健康护理巨头强生公司计划以 300 亿美元收购瑞士制药商爱可泰隆（Actelion），这一事件获得广泛关注。

7. 瑞典

瑞典有着扎实的制药工业基础，曾孕育许多优秀制药企业，例如 Astra（即现在的 AstraZeneca）和法玛西亚（Pharmacia，2003 年被辉瑞收购）。2016 年，瑞典生物医药企业 596 家，提供相关岗位 4 万余个，有 125 项专利在申请，91 项获授权，获风险投资 3438.4 万欧元。尽管瑞士拥有隆德大学（Lund），乌普萨拉大学（Uppsala），哥德堡大学（Göteborg）等世界一流研究机构，但是其研究经费投入和专利数量却同比下降。总部位于瑞典首都斯德哥尔摩的 Aprea Therapeutics 公司实现 4600 万欧元的 B 轮融资；阿普雷亚（Aprea）公司宣布将与纪念斯隆—凯特琳癌症中建立合作伙伴关系，共同对其



前列腺癌候选药物 APR-246 进行药物联用的临床前评估。

8. 比利时

2016 年比利时生物医药集群排名相对于 2015 年上升 1 位，主要是得益于专利数量的突出表现，获授权专利 126 项，269 项在申请；研究基金达到 1220 项，从业人员数量超过 3 万人。比利时从事生物科技研究的公司有 300 余家，获风险投资 1014.4 万欧元。比利时本土企业逐渐成熟起来，例如，Imcyse 公司（从佛兰德鲁汶大学诞生的）对其用于治疗 Type 2 糖尿病的疫苗与法国国立卫生和医学研究所（INSERM）合作进行临床 I 期的研究；蒙 - 圣吉贝尔的制药企业 Celyad 获得美国食品与药品监管局的快速审批资格，该公司的 C-Cure cell therapy 可以使用患者自身的干细胞来治疗缺血性心脏衰竭，公司希望借此优势吸引投资者，并对项目继续进行深入研究。

9. 丹麦

2016 年丹麦生物医药公司 160 家，就业岗位 4 万个，获得风险投资 1042.7 万欧元。丹麦拥有灵北（Lundbeck）、诺和诺德（Novo Nordisk）以及 Bavarian Nordic 等制药巨头，以及丹麦早期基金（Danish early-stage funds Novo Seeds）和 Lundbeck 基金等。大哥本哈根地区投入使用的基因研究中心获得丹麦政府 1341 万欧元的资金支持。大哥本哈根和瑞典斯堪尼区共同组成的医药谷是丹麦生物技术的支柱，聚集 155 家生物技术公司，其中委托合同研究机构（CROs）和委托合同生产机构（CMO）数量超过 80 家。

10. 意大利

意大利生物医药行业 2016 年有 2058 项研究获得资助，在欧洲排名第六位，专利方面有 145 项获批，189 项在申请，位居欧洲第八名；据意大利新技术、能源、可持续经济部 (ENEA) 报告，意大利全境有 290 家从事创新医疗和诊断的公司，公司数量在欧洲排名第九名；投资欧洲（Invest Europe）数据显示，意大利生物医药相关从业人员仅 6847 名，风险投资 927 万欧元。近来意大利生物科技领域呈现下滑趋势，当务之急应提高可用资金数额，以此更好地支持初创型企业，米兰的技术转移服务商 AurorA-TT 宣布计划成立 5000 万欧元基金，用于帮助生物科技公司实现技术的转化，完成第一轮融资。意大利制药公司 Newron Pharmaceutical 获得赞邦（Zambon）公司 1.27 亿美元的资金支持，用于继续对其治疗帕金森的药物沙芬酰胺 (safinamide) 研究。

（三）亚太地区

亚太地区生物制药产业发展迅速，创投媒体亚洲科技（Tech In Asia）数据显示，亚太地区 2016 年第一季度生物技术领域风险投资总额达到 1.74 亿美元，较 2015 年第四季度的 1.5 亿美元增长 16.0%，较 2015 年第一季度的 940 万美元增长 85.1%。此外，汤森路透年度专利创新排行显示，2015 年全球排名前十的生物技术专利创新机构中有四家来自亚洲，生物技术专利创新数量的上升反映出亚太地区生物制药产业的强劲发展势头。基因工程与生物技术新闻（GEN）发布的排名显示，2017 年亚太地区生物医药八大集群依次为中国大陆、日本、印度、韩国、中国台湾、澳大利亚、新加坡、马来西亚。

1. 中国大陆

中国已成为亚洲生物技术产业规模最大的国家之一，2015 年研发投入为 408.8 亿美元，公司数量为 7500 家左右，提供就业岗位 288 万个。中国也是 2015 年亚太地区生物技术产业首次公开募股数额

最高的国家，共有 11 家公司筹集到 30.47 亿美元。创新成果产出上，中国取得优异成绩，2015 年共发表超过 8 万篇生命科学论文，并申请超过 2 万种生物技术专利。

2. 日本

日本仍然是亚洲的生物科技和制药强国。2015 年生物技术研发投入为 170.1 亿美元，位列亚太地区第二。行业就业岗位从十年前的 21 万个，上升至约 87.8 万个。2015 年日本生物科技产业首次公开募股数额排名亚太地区第五，其中两家生物制药完成初始融资总计 3850 万美元，Solasia 药业募集近 3200 万美元。2017 年，日本武田制药公司完成其对美国抗癌药制造商 ARIAD 制药公司高达 52 亿美元的收购交易。同期，日本的玻璃建材公司旭硝子 Asahi Glass (AGC) 斥资 5.1 亿美元，收购 CMC 生物制品公司，CMC 公司主要从事高价值细胞系构建、药用活性成分开发生产以及生物制药销售。业内人士认为，日本对处方药价格的遏制是抑制生物医药创新的一个因素。

3. 印度

根据药品出口促进委员会和印度品牌资产基金会的统计，印度生物技术与制药公司数量排名亚太地区第二位，截至 2016 年，共有 3492 家制药公司和 800 余家生物技术公司。印度内阁经济委员会计划投入 2.5 亿美元，用于产学研合作，开发生物治疗、疫苗、诊断和医疗设备，以及用于基础设施的建设、推动公共和私营部门的技术转让，在 2025 年之前实现生物技术产业规模达到 1000 亿美元。印度政府还将设立 50 个新生物孵化器、150 个技术转移办公室和 20 个生物连接办事处，并在研究机构和大学中大力推广生物技术。

4. 韩国

韩国的生物医药公司数量在亚太地区排名第五。2016 年 11 月，韩国三星生物制剂上市，首次公开募股约 20 亿美元，2017 年 7 月韩国生物仿制药公司 Celltrion 首次公开募股，筹集资金 6.97 亿美元。韩国卫生福利部于 2016 年 9 月发布一系列措施，包括对新药、医疗器械增加更多研发投入，目标是到 2020 年，在韩国国内开发上市的药品数量能增加到 17 个，增加 94 万个就业机会，并使韩国成为全球生物药物强国。2017 年 3 月，韩国未来创造科学部宣布创建 1 亿美元的基金，以帮助生物技术创业公司及其融资工作。

5. 中国台湾

根据经济合作与发展组织 (OECD) 的数据，2015 年中国台湾在生物技术领域研发投入为 336.63 亿美元，提供就业岗位约 3.8 万人，均排名亚太地区第六。到 2020 年，中国台湾生物产业将增加到 3 万亿新台币。2015 年中国台湾生物公司持续保持强劲势头，首次公开募股总计约为 3.51 亿美元，排名亚太地区第四名。中国台湾如果能解除对天使投资的限制，并为投资生物技术创业的个人提供免税政策，并延长税收抵免的时间，则可以吸引更多的海外资源和投资者。

6. 澳大利亚

据经济合作与发展组织的报告，澳大利亚生物科技业 2015 年实现产值 35.59 亿美元。AusBiotech 数据显示，该国生物产业提供职位 4.8 万人，专利水平排名亚太地区第五位。澳大利亚的 Imagion 生物系统公司完成首次公开募股，获得 1200 万澳元的募集资金，该公司的生物成像检测技术旨在没有辐射的情况下尽早发现癌症。澳大利亚政府刚推出 500 万澳元的生物技术视野计划，旨在支持研究团队以及中小型企业，方向瞄准医学和 3D 解剖等。澳大利亚最大的生物技术公司 CSL 公司已成为白蛋白行



业的领军企业，以 3.52 亿美元收购血浆衍生疗法制造商中国武汉中原瑞德 80% 的股权。

7. 新加坡

根据世界知识产权组织和经济合作与发展组织的数据，2015 年新加坡生物医药行业研发投入为 122.7 亿美元，排名亚太地区第七位，专利排名第六。新加坡启动新发展计划，激励生物科技公司。新加坡科技局（A-STAR）下属的开发技术部（ETPL）等机构将为优秀创业公司提供研发以及资金支持。新加坡免疫疗法开发商阿斯兰制药公司在中国台湾完成 11.57 亿新台币的融资。

8. 马来西亚

马来西亚拥有生物医药从业人员 3.1 万人和 283 家 BioNexus（在马来西亚生物科技中占核心地位）指定企业，研发投入约百亿美元，排名亚洲第八，专利研究排名亚太地区第九。2005 年马来西亚启动第一个国家生物技术计划，目标是将生物技术产业所占比重提升至国内生产总值的 5%，到 2020 年该领域从业人员增加至 17 万人。2016 年 6 月，马来西亚宣布大力扶植生物药物行业，将马来西亚生物技术公司更名为马来西亚生物经济发展公司。2017 年 1 月，马来西亚生物经济发展公司通过创建生物科技商业化基金 2.0，拨出 1 亿令吉（约合 2400 万美元）的贷款，资助 BioNexus 公司和其他企业投资的具有成长潜力的项目。

四、精准医疗迎来发展窗口期

精准医疗是以个体化医疗为基础，随着基因组测序技术快速进步以及生物信息与大数据科学的交叉应用而发展起来的新型医学概念与医疗模式。美国医学界在 2011 年首次提出“精准医疗”的概念。2015 年年初，美国前总统奥巴马在国情咨文中提出投入 2.15 亿美元启动“精准医疗计划”，并在全球范围内被广泛重视和关注。近年，精准医疗市场增速远超医药行业整体水平。据 BCC Research 数据显示，2015 年全球精准医疗市场规模近 600 亿美元，2016—2020 年增速预计为 15%，是医药行业整体增速的 3~4 倍。

（一）在政策引导下，精准医疗行业捷报频传

英、法等国欧洲发达国家纷纷推出一系列研究计划。2012 年，英国启动 10 万人基因组计划，主要是针对癌症和罕见病患者，2015 年英国在《自然》杂志上发表群体基因组测序结果，该结果是迄今为止规模最大的基因组测序成果，展示 10 万人基因组计划的重大进展。2016 年 6 月，法国启动基因组医疗 2025 计划，政府投资 6.7 亿欧元，初期目标针对癌症、糖尿病和罕见病，2020 年以后计划将扩大到一般的疾病领域。

2016 年以来，中国政府加紧布局，如科技部提出到 2030 年在精准医疗领域投入 600 亿元。《科技部关于发布国家重点研发计划精准医学研究等重点专项 2016 年度项目申报指南的通知》指出，精准医疗将是 2016 年优先启动的重点专项之一，并正式进入实施阶段；国家发展与改革委员会批准在全国建设 27 个基因检测技术应用示范中心；国家卫生和计划生育委员会公布“临床用单细胞组学技术研发”等 61 个进入“精准医疗研究”重点专项的项目清单；中国科学院宣布启动中国人群精准医疗研究计划等。除国家层面外，中国不少地方政府就精准医疗做出部署，如湖南、贵州等地出台支持或者促进基

因检测技术应用的政策措施，推动基因检测技术在重大疾病防治上的应用。

在政策的引导下，精准医疗领域的突破性成果不断涌现。2017年5月，美国食品与药品管理局（FDA）加速批准默沙东公司的PD-1抑制剂Keytruda（pembrolizumab，“派姆单抗”）用于治疗携带微卫星不稳定性高（MSI-H）或错配修复缺陷（dMMR）分子特征，且不可切除或转移性实体瘤的成人和儿童癌症患者。这是美国FDA批准的首款不依照肿瘤来源，而是依照生物标志物进行区分的抗肿瘤疗法，具有里程碑式的意义。随后，美国食品药品监督管理局批准oncomine dx靶向检测，成为下一代测序（NGS）技术的里程碑事件。这种下一代测序技术能够筛选出与非小细胞肺癌相关的23种基因突变，并且可以同时检测3种经由FDA批准的非小细胞肺癌疗法相关生物标记物的伴随诊断测试。此外，美国已有不少机构实施对部分癌症类型的精准治疗，比如MD安德森癌症中心能够根据患者的驱动基因、致病基底，针对非小型细胞肺癌、黑色素瘤等多种癌症类型进行匹配（表6.3）。

表 6.3 精准医疗三个层次

层次	主要技术	内容
基础层次	基因测序	基础层次基因测序是精准医疗的基础。无论是细胞治疗还是基因治疗，首先要通过基因测序诊断病情才能设计方案。在实施精准医疗方案过程中，需要大量的细胞和分子级别的检测
中等层次	细胞免疫治疗	通过对免疫细胞的功能强化和缺损修复，提高免疫细胞的战斗力。这种技术治疗癌症效果好，但操作难度大，对患者身体素质要求较高，难以大面积推广
最高层次	基因编辑	癌症本质上是人体基因变异导致的细胞分裂失控。基因剪辑就是对患者癌变细胞的变异基因进行批量改造，使之成为正常细胞

资料来源：《精准医疗将引领未来医学新时代》

（二）基因测序推动精准医疗迅猛发展

据BCC Research预测，全球基因测序市场规模从2007年的800万美元增长至2013年约45亿美元，预计至2018年将达到约117亿美元。Markets and markets预测中国基因测序2012—2017年复合年均增长率有望达20%~25%。

基因测序技术将给医疗临床带来一场颠覆性革命，也是精准医疗的入口。基因测序技术的突破升级是带动市场规模增长的主要因素。一方面，基因测序技术的不断发展，在越来越多的领域得到应用，基因测序的准确性不断提高；另一方面，二代基因测序（高通量）技术使测序成本大幅下降。艾瑞咨询《2016年全球二代基因序列行业投研报告》显示，平均每兆数据量基因测序成本和单人类基因测序成本大幅度下降，2001年人类基因组测序成本高达9526.3万美元，如今单人类基因组测序成本已下降到几千美元。未来基因测序成本有望进入“百元时代”。

基因测序的发展重心已经从繁重的人工测序转向数据分析，而基因数据分析和解读是关系到基因测序发展和精准医疗应用的关键环节。基因测序的数据分析主要存在两个方面难点：第一，虽然基因数据量规模不断扩大，但大量数据分散在不同的国家、城市、医院，缺乏统一性。分散、游离状态的数据不利于精准医疗研究。第二，数据缺乏标准化，即便是同一家医院，由于生物测序设备、软件甚至流程不同，测序结果有所差异。

（三）数据驱动精准医疗跨界融合

数据是精准医疗行业发展的“原动力”，准确、海量的数据是精准医疗的重要实现条件，如何更有



效地汇集、存储、管理和分析数据是精准医疗面临的关键挑战。以数据分析、云计算为主导的信息技术与生物技术有机融合，从而实现对海量数据的提取和分析等，推动精准医疗的创新和实践。随着大数据时代的开启以及基因组学、蛋白质组学和代谢组学的发展，包括白血病、肺癌、乳腺癌、神经胶质瘤等癌症的生物标志物或关键致病基因的研究取得实质性进展，如在临床上可以根据患者个体基因组信息来制定治疗方案。

英特尔等信息行业巨头都在以各种不同的方式跨界切入精准医疗。例如，英特尔发布其在中国精准医疗领域的解决方案建议书，内容涉及创新解决方案、合作案例、参考架构推荐等，并提出“24小时精准医疗”愿景。英特尔、华大基因、阿里云的三方合作，建立中国乃至亚太地区首个定位精准医疗应用云平台。英特尔与华大基因、诺禾致源等企业等推出一系列基因检测合作，针对如何进行大规模、安全、高效的数据分析，持续为各种分析场景提供算法级的优化，并在现场可编程门阵列（FPGA）加速引擎方面加速投入，促进机器学习和人工智能技术有效应用在精准医疗中。飞利浦公司和威彻斯特医疗中心（WMCHealth）为个性化肿瘤治疗方案提出精准医学倡议，拟利用飞利浦公司的IntelliSpace基因组学解决方案将大规模的基因组学分析与患者临床数据相整合。

（四）新兴精准医疗公司异军突起

波士顿正成为全球精准医疗公司聚集的热点地区之一，涌现出 Editas Medicine、Intellia Therapeutics、蓝鸟生物（Bluebird Bio），以及 Moderna Therapeutics 等精准医疗领域全球领先的创新企业。

成立于 2013 年的 Editas Medicine 致力于将基因编辑技术应用到人类治疗中，从基因层面进行精准的分子改造，开发出直接更改致病基因的疗法。该公司在基因编辑、蛋白质工程、分子和结构生物学，以及 CRISPR/Cas9 和 TALENs 技术方面都处于领先的地位。Editas Medicine 拥有相关领域内的 21 项专利，还有 200 项专利正在申请当中，是 CRISPR 基因编辑领域首家 IPO 公司。

Intellia Therapeutics 成立于 2014 年，主要致力于 CRISPR/Cas9 技术在白血病、癌症等领域应用。2015 年 1 月，Intellia Therapeutics 与 CAR-T 领域处于领先地位的诺华展开一项长达 5 年的研发合作计划，将促使 CAR-T 技术与 CRISPR/Cas9 基因组编辑技术结合，开发出疗效更强大的癌症治疗方法。

蓝鸟生物（Bluebird Bio）成立于 1992 年，是一家为儿童提供基因检测与基因疗法的医药公司，通过对患儿的基因研究，为小儿麻痹症、儿童营养不良、贫血等病症提供针对性早期治疗，是基因治疗领域的“独角兽”。Bluebird Bio 进行多个临床项目，如用于治疗儿童大脑肾上腺脑白质营养不良的 Lenti-D 以及治疗 β 地中海型贫血和镰刀状细胞贫血药物 LentiGlobin。

Moderna Therapeutics 成立于 2010 年，致力于研究信使 RNA（mRNA），主攻疗肿瘤、传染病和罕见疾病治。Moderna Therapeutics 的核心技术是促进病患在自己的细胞内制造药物，而不是服用或注射的药物。2015 年 1 月，公司完成史上生物技术公司最高融资额 4.5 亿美元。这笔融资让 Moderna 成为世界上药物研发行业中最有价值的公司之一。

主要参考文献

[1] MarketLine 公司 . Global biotechnology industry profile [R]. 2017.

- [2] 昆泰艾美仕. 2021 年全球药品市场展望报告 [R]. 2017.
- [3] 国际农业生物技术应用服务组织 (ISSAAA). Global status of commercialized GM/Biotech crops: 2016 [R]. 2017.
- [4] PharmaVitae: Big Pharma Outlook 2025 [R]. 2017.
- [5] 世界农化网: 全球农业生物制品检测市场报告 [R]. 2017.
- [6] 基因工程与生物技术新闻 (GEN): <http://www.genengnews.com/>.
- [7] MedtechInsight: <https://medtech.pharmamedtechbi.com/>.
- [8] 阮晋蒙. 精准医疗将引领未来医学新时代 [J]. 新经济导刊, 2017 (1-2): 27-30.

本章撰写: 姚恒美



第七章

世界智能制造装备产业发展动态

智能制造装备是具有预测、感知、分析、推理、决策、控制功能的各类制造装备的统称，是在装备数控化基础上提出的一种更先进、更能提高生产效率和制造精度的装备类型。智能制造装备产业是与智能制造装备的研发、生产及应用等环节相关联的产业。基于智能制造装备在高端装备的核心地位，智能制造装备产业已成为当今工业发达国家的主要竞争领域。

由于智能制造装备产业涉及的领域很宽泛，本章着重分析智能制造装备重点行业如工业机器人、3D 打印设备、MEMS（微机电系统）传感器、数控机床和智能控制系统发展动向。

一、世界智能制造装备产业总体发展态势

（一）工业机器人、3D 打印和 MEMS 传感器市场增长强劲

近年来，工业机器人、3D 打印和 MEMS 传感器保持强劲增长态势。由于全球自动化工业的发展，工业机器人应用范围和领域不断拓展，销量屡创历史新高，2016 年全球工业机器人销量达 29 万台，比上年增长 14%；3D 打印作为一种全新的制造方式，受到美、欧、日发达国家和地区的普遍关注，尽管整个产业仍处于起步阶段，规模相对较小，但是增长速度及未来潜力巨大，2016 年全球 3D 打印产业市场规模约为 60.63 亿美元，比 2015 年增长 17.4%；MEMS 传感器具有体积小、重量轻、成本低、功耗低、可靠性高，适于批量化生产、易于集成和实现智能化等特点，在物联网时代快速发展，在消费电子、汽车工业、航空航天、机械、化工及医药等领域都有广泛的应用，2016 年全球 MEMS 传感器市场规模约 114 亿美元，到 2021 年市场规模将达到 220 亿美元，复合年均增长率为 14%。

（二）数控机床和智能控制系统经历快速增长后走势趋缓

2003—2008 年，世界机床产值和消费持续快速增长。受全球金融危机影响，2009 年机床产值和消费出现急剧下降（降幅高达 35%），但是 2010 年和 2011 年快速反弹，2011 年机床产值和消费均飙升至历史最高水平。随后世界机床产值逐年收缩，据欧洲机床工业协会（CECIMO）发布的数据，

2016年世界机床产值约为598.1亿欧元，比2015年的615.5亿欧元下降2.82%。2014年世界智能控制系统产业快速发展，增速为5.6%（远高于2010—2014年3.9%的复合年均增长率），2015年和2016年产业规模增幅仅为0.4%和1.5%，呈现走缓趋势。

（三）智能制造技术及装备是各国重振制造业的重要法宝

当前，德国、美国、日本、英国相继提出振兴制造业的规划，并逐步以信息化、数字化、智能化等方式推广实施。由于各国的制造业基础各不相同，提出的高端制造业的实现途径也有所区别，美国倡导“工业互联网”以整合全球工业资源，德国希望将传统工业与信息技术深度融合以继续保持其装备制造业的全球领导地位，日本利用机器人、人工智能以解决劳动力断层并支持未来的工业智能化。中国提出“中国制造2025”战略，积极推动智能制造和“互联网+”融合发展战略。这些战略举措的核心都在于制造、产品和服务的全面交叉渗透，通过互联网、移动通信、大数据、云计算等多种技术与机器人、智能设备等实现产品、设备、人和服务的互联互通。

二、重点行业领域发展动态

（一）工业机器人

1. 全球工业机器人销量继续保持稳定增长态势

据国际机器人联合会（IFR）2016年9月发布的数据显示，2016年全球工业机器人销量预计达到29万台，比上年增长14%，再创历史新高（图7.1）。IFR预计未来2~3年内全球工业机器人销量有望继续保持稳定增长态势，2017—2019年复合年均增长率不低于13%，到2019年，全球投入使用的工业机器人数量有望达到260万台，其中新增使用140万台。

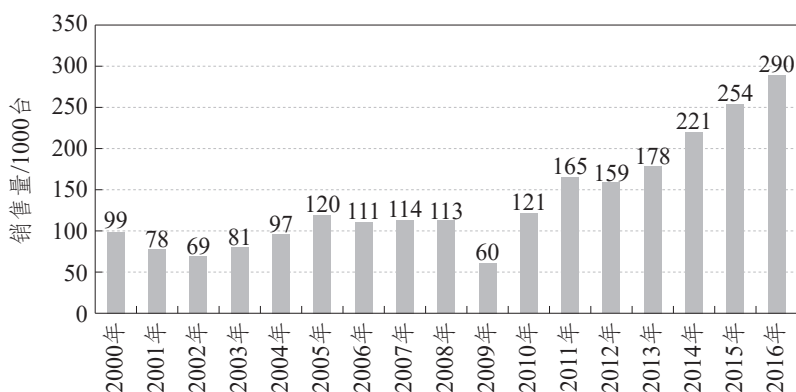


图 7.1 2000—2016 年世界工业机器人年销量

说明：2016 年为估值

资料来源：国际机器人联合会（IFR）

2. 汽车、电子/电气和金属加工业是工业机器人销量增长的主要驱动力

带动工业机器人销量大增的行业主要是汽车及汽车零部件制造业、电子/电气制造业和金属加工



业。据国际机器人联合会数据显示，2015年上述三个行业的工业机器人销量分别为9.5万台、5.33万台和3.46万台，增幅分别为10%、8%和16%（图7.2），三者的销量之和占全球工业机器人总销量的比例约达到70%。

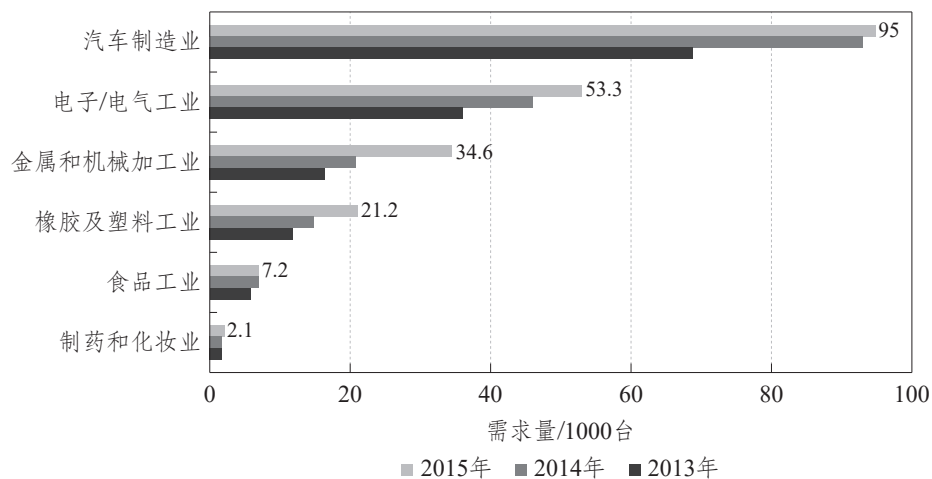


图 7.2 2013—2015 年制造业各行业对工业机器人的需求情况

资料来源：国际机器人联合会（IFR）

3. 亚太地区工业机器人市场强劲增长

据国际机器人联合会 2017 年 2 月发布的数据，亚洲工业机器人产业加速发展，2010—2015 年，运营中的工业机器人数量上升 70%，达到 887400 台。仅 2015 年，工业机器人年销量就跃升 19%，达 160600 台，连续第四年创下新高。2015 年中国工业机器人销量为 6.86 万台（增幅约为 20%），超过整个欧洲地区的销量（5 万台），是全球最大的工业机器人市场，占亚太地区（包括澳大利亚和新西兰）销量份额的 43%；其次是韩国，市场份额占比 24%；日本第三，占比 22%；2015 年中日韩三国工业机器人销量之和占亚太地区的份额高达 89%。

受益于“中国制造 2025”战略规划，中国将继续发挥亚太地区乃至全球工业机器人销量增长的驱动作用，并将继续扩大其优势；为实现到 2020 年中国工业机器人密度^①达到 150 的目标，未来几年中国将再安装 60 万~65 万台工业机器人。据国际机器人联合会 2017 年 8 月最新统计数据，2016 年中国工业机器人的销量约为 8.7 万台，增幅约为 27%，占世界销量份额的 30%，2017—2019 年中国仍有望保持 20% 的增幅，到 2019 年，中国工业机器人销量占世界销量的份额将达到 40%。此外，亚太地区的韩国、日本、中国台湾和其他东南亚国家的工业机器人销量也将持续增长。2015 年韩国和日本的工业机器人销量分别为 3.7 万台和 3.5 万台，增幅分别为 55% 和 20%，是全球第二大和第三大市场，预计 2016—2019 年韩国和日本工业机器人的复合年均增长率将在 5% 以上。

^① 工业机器人密度是指：在制造业中每 1 万名雇员所拥有的工业机器人的数量。工业机器人密度可反映一个国家/地区工业自动化的发达程度。在制造业中，汽车制造业的工业机器人密度遥遥领先于其他行业，因此国际机器人联合会除了统计工业机器人密度外，还分别统计汽车制造业的工业机器人密度和普通工业（指制造业中除了汽车制造业以外的所有工业）的工业机器人密度。

就工业机器人密度而言，韩国工业机器人密度在亚太地区中最高，为 531；其次是新加坡，398；日本排名第三，305。韩国、新加坡和日本的工业机器人密度不仅在亚太地区排名靠前，而且也位居世界排名的前 10 位。

4. 欧盟地区工业自动化程度最高

欧盟地区工业自动化水平居于全球前列，65%的欧盟成员国的工业机器人密度高于世界工业机器人密度的均值（69）。在超过工业机器人平均密度的 22 个国家中，有 14 个位于欧盟地区。就汽车制造业的工业机器人密度看，欧盟地区的优势显而易见，汽车制造业的工业机器人密度最高的前 10 个国家中，5 个是欧盟成员国。其中，德国工业自动化程度最高，其工业机器人密度为 301，远高于世界工业机器人平均密度。

5. 汽车制造业带动美国工业机器人销量大幅增长

据国际机器人联合会 2016 年 9 月发布的数据，2015 年美国工业机器人销量约为 3.6 万台，比上年增长 17%，是全球第四大市场。汽车制造业是美国工业机器人销量大幅增长的主要驱动力。目前，美国汽车制造业的工业机器人密度排名全球第三，仅次于日本和韩国。2010—2015 年，来自美国、欧洲和亚洲的主要汽车制造商开始进行重组方案，6 年间共约安装 8 万台工业机器人应用于汽车制造业。与此同时，美国汽车制造业的发展带来越来越多的新工作岗位，受雇于汽车制造业的人数增长约 23 万人。

6. 智能制造时代工业机器人发展新趋势

智能化。目前，众多科技巨头投身制造更加智能的机器人。例如，谷歌训练其六轴机器人能够抓起不同形状和材质的物体。发那科（Fanuc）使用深度学习算法，研究如何在捡起随机摆放的物体方面保持 90% 的精准度。发那科与英伟达（Nvidia）结成合作伙伴共同提高现有机器人运行效率，通过分析视觉系统和传感器数据优化机器人运动等。

虚实融合。通过大量仿真、虚拟现实，能够把虚拟现实与车间的实际加工过程有机结合起来。虚拟现实结合系统可以降低对机器人依赖，降低生产成本，提高效率，进一步消除机器人的安全隐患。通过虚拟现实模拟，机器人的每一个轨迹和位置都能在使用者的预料和控制中，并防止出现意外。

人机协作。协作机器人（collaborative robot）是一种设计和人类在共同工作空间中能进行近距离互动的机器人。大部分工业机器人是自动作业或是被人引导作业的。协作机器人则不同，它能和人类近距离接触，在生产生活中充当不同角色，如在办公室环境下它可以是和人类一起工作的自主机器人，在工厂中它可以充当没有防护罩的工业机器人。尽管协作机器人尚无法达到传统机器人的精准度和效率，不过前者更具优势，包括安全、可移动、灵活、节省空间，且安装部署和编程更为简单。IHS Markit 预测协作机器人市场规模会从 2015 年的 1.08 亿美元增长到 2020 年的 5.7 亿美元。多家工业机器人供应商已开发出协作机器人，包括 ABB 的 YuMi，UNIversal Robots 的 UR3、UR5 和 UR10，Rethink Robotics 的 Sawyer 和 Baxter，以及发那科的 CR-35iA 等。

（二）3D 打印设备

1. 3D 打印市场规模稳步向上

全球 3D 打印市场持续保持快速增长态势。据美国专注添加制造技术咨询服务公司沃勒斯（Wohlers Associates）发布的 2017 年度报告显示，2016 年全球 3D 打印市场规模约为 60.63 亿美元，



比 2015 年增长 17.4%，增速低于 2015 年的 25.9%（图 7.3）。2016 年增幅下降主要源于行业内最大两家公司（3D 打印机市场领导者 Stratasys 和 3D Systems）的市场收入下滑（这两家公司收入总值 13.1 亿美元，占 3D 打印市场规模的 21.7%），如果排除这两家公司，3D 打印市场规模增长幅度约为 24.9%。

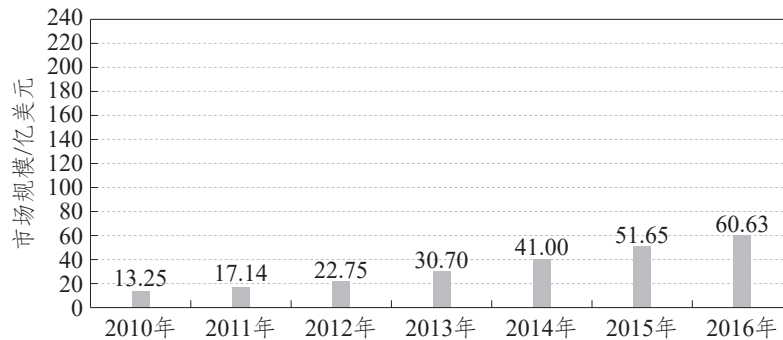


图 7.3 2010—2016 年全球 3D 打印产业市场规模

资料来源：Wohlers Associates，上海科学技术情报研究所（ISTIS）分析整理

虽然 2016 年全球 3D 打印市场规模的增幅下降，但是 3D 打印制造商的数量正在稳步上升。2016 年，有 97 家公司在生产和销售 3D 打印系统，2015 年为 62 家，2014 年和 2011 年则分别为 49 家和 31 家。

2. 桌面 3D 打印机销量增速较快

全球对桌面 3D 打印机的需求在不断增加。据伦敦市场研究公司 CONTEXT 2017 年 1 月发布的数据，2016 年前三季度，全球 3D 打印机销量同比增长 25%，这主要归功于低价桌面 3D 打印机销量的增长。在已交付的 217073 台 3D 打印机中，96% 是个人或桌面 3D 打印机，其平均价格低于 1000 美元。同期，桌面 3D 打印机的销量同比增长 27%，而工业级 3D 打印机的销量则减少 12%，只售出 7726 台。

桌面 3D 打印机领域，台湾地区三纬国际（XYZprinting）仍是全球领先者，2016 年前三个季度，其销量占全球比例约为 22%（表 7.1）。全球排名第三的 3D Systems 退出该领域，而排名第一的 Stratasys 重新定位业务方向，其旗下的 MakerBot 离开低端市场。然而，众多新品牌和由成功的众包行为催生的初创公司不断涌现，如 Monoprice、Wanhao。虽然 Stratasys 和 3D Systems 相继离开桌面 3D 打印机市场，但其他品牌，尤其是三纬国际，填补这一空白。

表 7.1 2016 年前三季度桌面 3D 打印机销量及收入排名前 5 位企业

排名	公司名称	销量 / 台	销量占比 / %	排名	公司名称	收入 / 100 万美元	收入占比 / %
1	XYZprinting	46 300	22	1	Ultimaker	33.2	14
2	Ultimaker	17 999	9	2	Stratasys/MakerBot	31.4	13
3	M3D	15 060	7	3	XYZprinting	22.5	9
4	FlashForge	13 462	6	4	Formlabs	22.3	9
5	Monoprice	13 023	6	5	3D Systems	14.5	6

资料来源：天工社 3D 打印（Maker8.Com）

3. 工业和专业级 3D 打印机销量减少

据 CONTEXT 公司发布的数据, 自 2015 年第 1 季度以来, 专业和工业级 3D 打印机的销量一直处于下降状态, 截至 2016 年第 2 季度销量已减少 20%, 2017 年第 1 季度工业和专业级 3D 打印机的销量继续下降, 同比下降 8%。但是, 出货量下降并不意味着收入下降, 这是因为工业和专业级 3D 打印机的平均价格从 111241 美元上涨到 128549 美元, 这个类别的收入增长 6%。与此同时, 专业和工业级 3D 打印机市场仍然占据全球 3D 打印市场收入的 78%。

值得一提的是, 在过去两年里, 3D 打印机市场领导者 Stratasys 和 3D Systems 公司经历收入下滑。2015 年 Stratasys 的 3D 打印机出货量减少 32%, 而 3D Systems 下降 66%; 2016 年两家公司收入继续下滑。尽管如此, 2016 年前三季度, Stratasys 的工业级 3D 打印机收入仍占该领域全球总市场份额的 35%; 其次是 EOS, 占比 19%; 3D Systems 排名第三, 占比 10% (表 7.2)。

表 7.2 2016 年前三季度专业和工业级 3D 打印机收入排名前 5 位企业

排名	公司名称	收入 /100 万美元	收入占比 /%
1	Stratasys	305	35
2	EOS	163	19
3	3D Systems	86	10
4	SLM Solutions	49	6
5	Concept Laser	44	5

资料来源: 天工社 3D 打印 (Maker8.Com)

4. 金属 3D 打印机仍是工业级市场的亮点

虽然工业级 3D 打印市场热度已有所降温, 但金属 3D 打印机的销量是该领域的发展亮点。2016 年金属 3D 打印机的销量年增长 29%。根据 CONTEXT 公司的数据显示, 3D 打印行业 5 家最赚钱的公司中有三家涉足金属 3D 打印, 这三家公司分别是德国的 EOS 和 SLM Solutions、瑞典的 Arcam。2016 年下半年, 通用电气 (GE) 业务也涉及金属 3D 打印机领域, 收购前五家金属 3D 打印机公司中的两家 (Arcam 和 Concept Laser)。

5. 汽车设计、航空航天和国防零部件、医疗保健是 3D 打印技术应用最多的领域

目前, 3D 打印技术在消费电子、汽车、航空航天、医疗、军工、地理信息、艺术设计等多个领域得到应用。据 IDC 公司 2017 年 1 月发布的《世界半年度 3D 打印消费指南》(IDC Worldwide Semiannual 3D Printing Spending Guide) 数据显示, 2016 年全球 3D 打印应用收入约为 132 亿美元, 其中汽车设计和快速原型打印、航空航天和国防零部件市场贡献较大, 分别约为 39 亿美元和 24 亿美元, 占比为 29.6% 和 17.8%。医疗保健 3D 打印应用预计将变得更加重要, 到 2020 年其收入将超过 31 亿美元 (医疗植入物和医疗设备打印、产品创造和原型打印、假体 3D 打印将分别产生超过 10 亿美元的收入), 增长主要得益于美国和西欧国家医疗保健提供商在该领域的持续投资。

6. 欧洲发布 3D 打印战略

2017 年 6 月, 欧洲机床工业协会 (CECIMO) 发布《欧洲 3D 打印战略》(European Additive Manufacturing Strategy) 报告, 提出进一步整合 3D 打印技术, 需要改进的重点领域包括教育和技能、研发等。教育和技能方面, 建议之一采取一种自上而下的方式, 鼓励 3D 打印公司参与课程编制, 借此教育工作者能更容易掌握 3D 打印发展趋势。研发方面, 欧洲机床工业协会建议为 3D 打印建立一个



“综合研究环境”，内容包括通过降低行政负担和缩短提案批准时间来鼓励初创企业和中小企业参与研发，以及建立一个在线门户网站等，吸引中小企业更多地参与欧盟研发活动将增加欧洲地区用户对3D打印系统的应用。

（三）MEMS 传感器

MEMS（Micro-Electro Mechanical System）传感器是采用微电子和微机械加工技术制造出来的新型传感器。与传统的传感器相比，MEMS 传感器^①具有体积小、重量轻、成本低、功耗低、可靠性高，适于批量化生产、易于集成和实现智能化等特点。物联网时代下的传感器对物理尺寸十分敏感，传感器的微型化对物联网产业的发展至关重要。MEMS 传感器正逐步取代传统机械传感器的主导地位，在消费电子、汽车工业、航空航天、机械、化工及医药等领域展开广泛应用。

1. MEMS 传感器的支柱地位显著

传感器和执行器是智能系统的关键设备，包括 MEMS、图像传感器、磁传感器、化学传感器、生物传感器、光学传感器、射频（RF）器件等。据麦姆斯咨询（MEMS Consulting）预计，全球传感器和执行器市场规模将从 2016 年的 380 亿美元增长至 2021 年的 660 亿美元，复合年均增长率为 12%。在这一蓬勃发展的市场中，MEMS 处于支柱地位，以 114 亿美元占据 2016 年全球传感器和执行器市场的 30% 份额并以 14% 的复合年均增长率增长，到 2021 年全球 MEMS 传感器市场规模将达到 220 亿美元（图 7.4）。

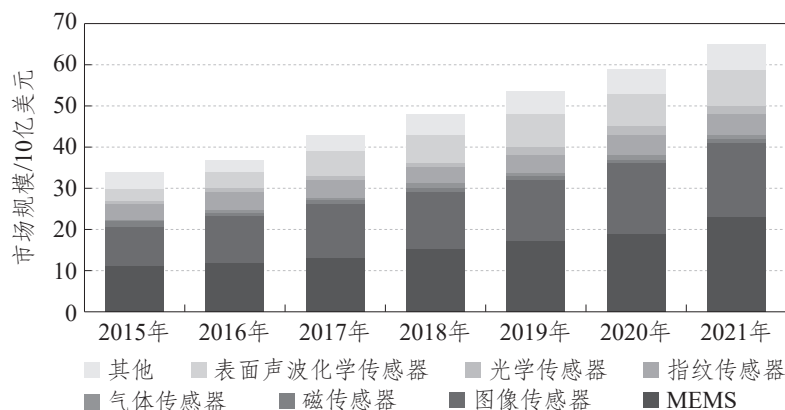


图 7.4 2015—2021 年全球传感器市场规模

资料来源：麦姆斯咨询（MEMS Consulting）

2. 射频 MEMS、振荡器、微流控和气体传感器成为 MEMS 增长驱动力

射频（RF）MEMS（包括 BAW 滤波器和开关）正处于爆发性增长态势之中，如图 7.5 所示，预计 2022 年射频 MEMS 市场规模约为 100 亿美元。BAW 滤波器、双工器和多工器占据绝大部分的射频 MEMS 市场份额。

MEMS 振荡器和谐振器的出货量预计到 2022 年将超过 10 亿颗，这主要归因于其在时钟器件

^① MEMS 传感器种类繁多，主要的 MEMS 传感器包括运动传感器、压力、麦克风、环境、光传感器等。其中运动传感器可分为陀螺仪、加速度计、磁力计，环境传感器可细分为气体、温度和湿度传感器。

市场中的渗透率提升。该领域的领先企业主要是 SiTime（现属于 MegaChips）和 Discera（现属于 Microchip）。MEMS 时钟器件具有良好的动态性能、小尺寸和低功耗等优点，已经获得广泛应用，尤其是物联网设备。

硅基微流控是另一类具有高增长特点的 MEMS 器件，2017—2022 年的复合年均增长率高达 20%。下一代 DNA 测序正在推动硅基微流控的医疗应用。

伴随集成气体传感器的可穿戴设备和物联网设备越来越多，环境监测传感器市场前景良好。据预测，环境监测 MEMS（包括气体传感器和化学传感器）2017—2022 年的复合年均增长率为 16%。

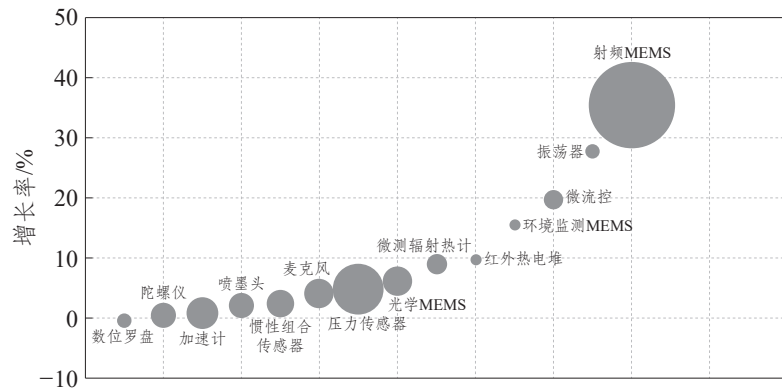


图 7.5 2017—2022 年不同 MEMS 器件复合年均增长率

资料来源：詹姆斯咨询（MEMS Consulting）

3. 全球 MEMS 主要生产厂商集中于欧美日等发达国家

全球前十名 MEMS 厂商是博世、意法半导体、惠普、德州仪器、应美盛（InvenSense）、安华高（Avago）^①、Qorvo、楼氏电子、佳能和松下（表 7.3）。博世因为其在汽车电子和消费电子的双重布局，占据第一的位置，2016 年销售额为 11.6 亿美元（图 7.6）。

表 7.3 全球前 10 名 MEMS 厂商及代表产品

公司名称	总部地址	概况	代表产品
博世（Bosch）	德国格尔林根	博世 MEMS 传感器应用于可穿戴设备、物联网等新领域，根据整合性与功率表现规划相关产品线，分别为应用于传感器节点的高整合 / 高功率 MEMS 传感器，应用于穿戴式装置的高整合 / 低功率型，搭载于物联网标签的单一元件 / 高功率型，以及智慧开关用单一元件 / 高功率型等	高智能传感器解决方案 BHV250 和 BHV160
意法半导体（STMicroelectronics）	瑞士日内瓦	生产产品包括加速度计、陀螺仪、数字罗盘、惯性模块、压力传感器、湿度传感器和麦克风、智能传感器、感测器中枢、温度传感器和触摸传感器等	6 轴 MEMS 惯性传感器模块 LSM6DSL 和 LSM6DSM
德州仪器（Texas Instruments）	美国德克萨斯州达拉斯	主要从事数字信号处理与模拟电路方面的研究、制造和销售。	基于 MEMS 的 TI DLP Pico

^① 2016 年安华高以总计约 370 亿美元的现金和股票收购博通，这是迄今全球芯片业历史上最大规模的一桩并购案，安华高现已更名为博通有限公司。



(续表)

公司名称	总部地址	概况	代表产品
安华高 (Avago)	美国加州圣何塞	安华高提供模拟、混合信号和光电器件及子系统, 主要包括光电产品、射频/微波器件及企业专用集成电路三大类产品	体声波 (BAW) 滤波器 ACPF-7241
惠普 (Hewlett-Packard)	美国加州帕罗奥多	主要专注于台式机、服务器、笔记本电脑、打印机、数字视频、软件、计算机与信息服务等业务, 涉及产品包括 MEMS 喷墨打印头	基于极速独立供墨系统的喷墨打印头
Qorvo	美国北卡罗来纳州格林斯博罗	Qorvo 由 RFMD 和 TriQuint 两家半导体公司于 2015 年合并成立。RFMD 是设计和生产高性能射频解决方案的全球领先企业; TriQuint 采用砷化镓 (GaAs)、氮化镓 (GaN)、声表面波 (SAW) 和体声波 (BAW) 技术设计、开发和生产先进的高性能射频解决方案	BAW 和 SAW 滤波器 890084
楼氏电子 (Knowles Electronics)	美国伊利诺伊州艾塔斯卡	楼氏电子是先进的微声设备、特种组件以及移动通信、消费电子、医疗科技、军事/空间和其他工业终端市场的人机界面解决方案市场领导者和全球供应商。产品包括助听器元件、MEMs 麦克风、扬声器、受话器、传感器、电容器、振荡器等	表面贴装 MEMs SPH0641LM4H-1
应美盛 (InvenSense)	美国加州森尼韦尔	应美盛是智能型运动处理方案的先驱企业, 以多轴角速度陀螺仪见长	六轴重力加速度智能传感器芯片系列: MPU-6050、MPU-6000、MPU-6555、MPU-6500、ICM-20608
松下 (Panasonic)	日本大阪府门真市	松下是全球首屈一指的半导体供应商, 并提供尖端半导体解决方案及软件	MEMS 陀螺仪传感器 EWTS8RK, EWTS8RN

资料来源: 上海科学技术情报研究所 (ISTIS) 分析整理

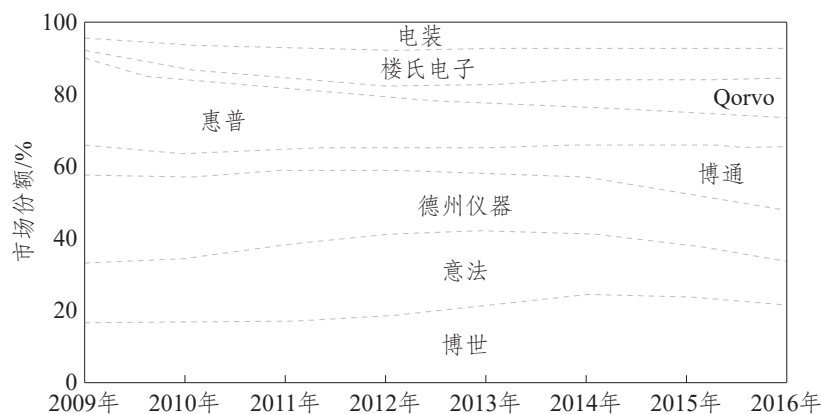


图 7.6 2009—2016 年全球领先的 MEMS 公司市场份额变化情况

资料来源: 麦姆斯咨询 (MEMS Consulting)

目前,大部分 MEMS 行业的主要厂商是以 Fabless (只做设计,没有生产)为主,例如楼氏、惠普、佳能等。同时,也有 IDM (Integrated Device Manufacture, 集成器件制造模式)厂商垂直参与到整条产业链的各个环节,比如博世、意法半导体等都建有自己的晶元代工生产线。

4. MEMS 传感器趋向微型化、材料多样化、无源化

微型化:可穿戴技术、便携式设备越来越要求传感器的小型化,纳米技术、集成化技术以及封装技术的研究发展将推进 MEMS 将实现更小的封装。

材料多样化:随着材料合成技术的发展以及制造工艺的多样化,已有研究人员将氧化锆功能陶瓷、软磁薄膜和薄带材料、光纤材料、生物材料等新型材料用于制造 MEMS 传感器,传感器的制造材料将更加多样化。

无源化:物联网时代,网络化的测控系统往往需要用到无线 MEMS 传感器,作为将非电量转化为电量的传感器,电源是关键。利用能量收集芯片收集太阳能、风能等其他能源,再将其转换为电能为传感器提供电源,无线传感模块与能量收集技术的结合将使 MEMS 传感器实现无源化。

5. MEMS 应用领域广泛

除了智能手机, MEMS 传感器在可穿戴设备、AR/VR、无人机、车联网、智能工厂等领域应用日渐广泛。

可穿戴设备应用:可穿戴设备基本功能之一是通过传感器实现运动传感, MEMS 传感器在可穿戴设备中可实现运动追踪、心跳速率测量等。小米手环采用亚德诺 (ADI) 的 MEMS 加速度和心率传感器实现运动和心率监测;苹果手表内部除了 MEMS 加速度计、陀螺仪、MEMS 麦克风,还使用脉搏传感器。

AR/VR 应用:AR/VR 设备需要足够精确测定头部转动的速度、角度和距离,采用 MEMS 加速度计、陀螺仪和磁力计来进行测定是重要的解决方案之一。Oculus Rift、HTC Vive、PlayStation VR 都采用 MEMS 加速度计和陀螺仪,未来 AR/VR 设备也可能使用 MEMS 眼球追踪技术。

无人机应用:MEMS 传感器在无人机飞行姿态控制技术上有较大的施展空间。结合加速度计和陀螺仪,可以算出角度变化,并确定位置和飞行姿态。MEMS 传感器能在各种恶劣条件正常工作,同时获得高精度的输出。

车联网应用:智能汽车主动安全技术成为备受关注的新兴领域,需要 MEMS 加速度传感器和角速度传感器来感测车身姿态;语音成为人与智能汽车的重要交互方式, MEMS 麦克风迎来发展新机遇。此外, MEMS 传感器在汽车领域的应用包括安全气囊 (应用于正面防撞气囊的高 g 值加速度计和用于侧面气囊的压力传感器)、汽车发动机 (应用于检测进气量的进气歧管绝对压力传感器和流量传感器)等。

智能工厂应用:智能工厂内的传感器应用非常广泛,工业生产各个环节都需要传感器进行监测,并把数据反馈给控制中心,以便对出现异常节点进行及时干预,保证工业生产正常进行。如 MEMS 温度、湿度传感器可用于环境条件监测, MEMS 加速度计用来监测工业设备的振动和旋转速度,高精度的 MEMS 加速度计和陀螺仪为工业机器人提供精确的位置信息。

(四) 数控机床

1. 世界机床产值继续呈现萎缩状态

2003—2008 年,世界机床产值和消费持续快速增长。受全球金融危机影响,2009 年机床产值



和消费出现急剧下降（降幅高达 35%），但是 2010 年和 2011 年快速反弹，2011 年机床产值和消费均飙升至历史最高水平。随后，世界机床产值逐年收缩（图 7.7 和图 7.8）。据欧洲机床工业协会（CECIMO）2017 年 1 月发布的数据，2016 年世界机床产值约为 598.1 亿欧元，比 2015 年的 615.5 亿欧元下降 2.82%。

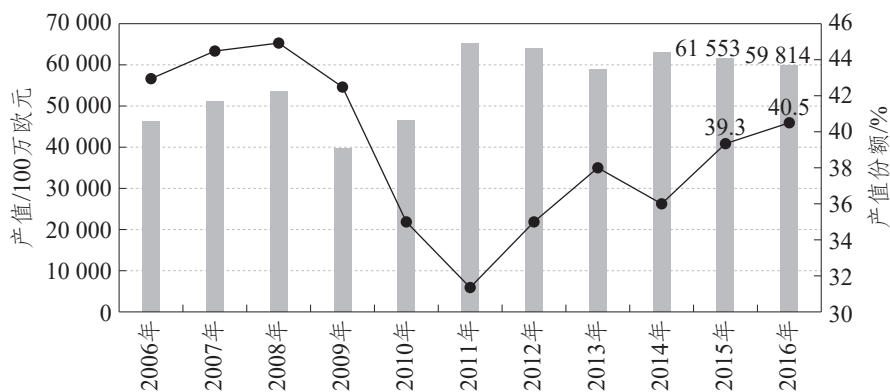


图 7.7 2006—2016 年世界机床产值和欧洲机床份额占比变化图

说明：2016 年为估计值

资料来源：欧洲机床工业协会（CECIMO）

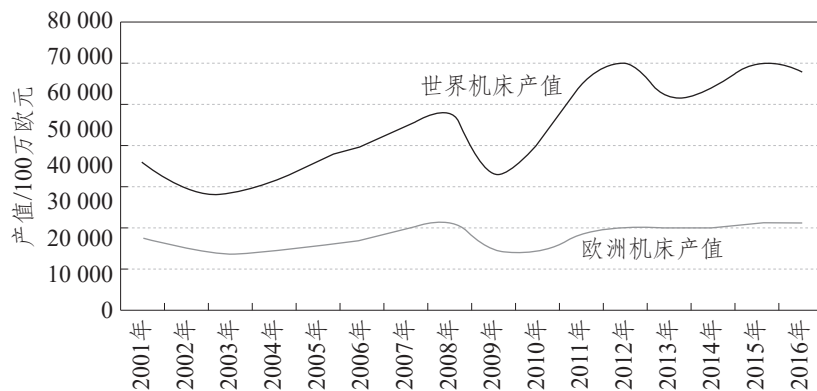


图 7.8 2001—2016 年世界及欧洲地区机床产值趋势变化图

说明：2016 年为估计值

资料来源：欧洲机床工业协会（CECIMO）

2. 主要国家和地区机床产值呈现下降态势

据欧洲机床工业协会（CECIMO）2017 年 1 月发布的数据，2016 年中国大陆机床产值约为 161 亿欧元（占全球份额的 26.9%），较 2015 年下降 4.5%，排名全球第 1 位；日本机床产值约为 123 亿欧元（占全球份额的 20.6%），基本和上年持平，排名第 2 位；德国排名第 3 位，机床产值约为 112 亿欧元（占全球份额的 18.7%）；排名第 4 至第 10 位的国家 / 地区分别是意大利、中国台湾、美国、瑞士、韩国、西班牙、奥地利。2016 年意大利、西班牙和印度三国市场表现良好，增幅分别为 5.6%、3.0% 和 9.9%，是为数不多的出现正增长的国家；韩国、英国和美国机床产值降幅较大，分别为 -20.0%、-19.0% 和 -16.6%（表 7.4）。欧洲地区 15 个机床工业协会成员国的机床总产值约为 242 亿欧元，约占

全球份额的 40.5%，其中，德国、意大利和瑞士三国机床产值之和约占欧洲地区机床总产值的 3/4。

表 7.4 2016 年世界主要国家机床产值

国家或地区	产值 /100 万欧元	占全球份额 /%	2015—2016 增长率 /%
欧洲地区	24 203	40.5	0.2
其中：德国	11 182	18.7	NA
意大利	4 671	7.8	5.6
瑞士	2 904	4.8	-7.6
西班牙	944	1.6	3.0
奥地利	847	1.4	-4.0
英国	823	1.4	-19.0
中国大陆	16 078	26.9	-4.5
日本	12 295	20.6	0.1
韩国	2 900	4.8	-20.0
美国	2 923	4.9	-16.6
中国台湾地区	3 073	5.1	0.1
印度	759	1.3	9.9
加拿大	390	0.7	-3.6
俄罗斯	356	0.6	-3.6
泰国	350	0.6	-3.6
新加坡	330	0.5	-3.6
波兰	199	0.3	-3.6
其他地区	781	1.3	-3.6
总计	59 814	100	-2.7

说明：2016 年为估计值

资料来源：欧洲机床工业协会（CECIMO）

3. 中美德日意机床消费之和占全球机床消费额三分之二

据德国机床制造商协会（VDW）发布的 2016 年全球机床市场部分数据显示，2016 年全球机床消费 677 亿欧元，较 2015 年下降 3%。中美德日意五国机床消费之和约占全球机床消费额的 2/3，其中，中国以 217 亿欧元再次夺魁，若以欧元计算，降幅不足 1%；美国和德国则以 78 亿欧元和 60 亿欧元分列机床消费榜单的第二和第三位，其中美国市场消费额下降 2%，德国市场增长 4%（图 7.9）。在位居前列的市场中，意大利、印度和日本也实现两位数增长。

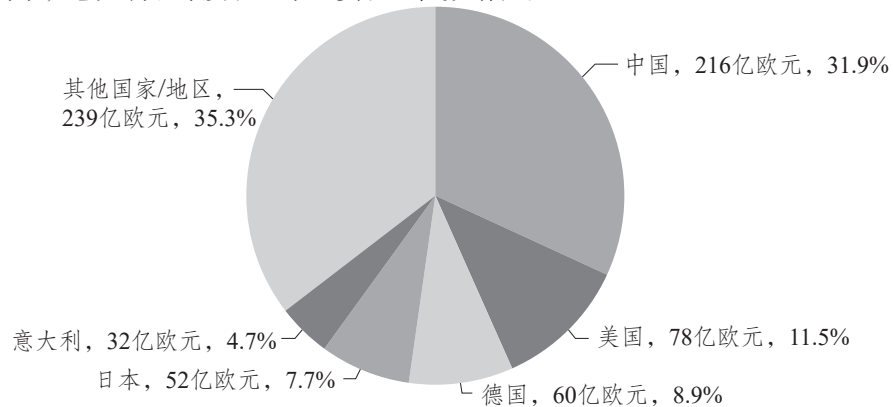


图 7.9 2016 年前五大机床消费国情况

资料来源：德国机床制造商协会（VDW）



4. 德日意三国机床出口优势明显，中美两国机床进口额遥遥领先

机床出口方面，传统机床制造大国依然优势明显。2016年德国机床业以76亿欧元成为全球出口冠军。相比之下，日本受亚洲需求疲软影响，出口额损失近1/5，下降至66亿欧元，排名第二。意大利以30亿欧元的出口额，名列第三。

机床产品的进口与消费方面，美国是全球第二大市场，机床产品消费总量不及第一名中国的三分之一。2016年美国机床消费总额下降1%，跌至78亿欧元。与此同时，美国机床进口额下降8%，从2015年的47亿欧元下降至2016年的43亿欧元。美国主要是国内机床销售额支撑机床市场，机床消费额占据国内机床产品总产值的60%。尽管如此，自2012年以来美国机床市场的营业额始终保持着较高水平。2016年墨西哥的机床业进口额实现增长，从2015年的20亿欧元增加至2016年的21亿欧元，增长主要利益于墨西哥汽车工业的发展带来的机床需求。机床消费方面，2016年墨西哥以22亿欧元的消费额占据全球第七的位置，排在韩国之后。

5. 数控机床行业借“互联网+”、云计算谋取新发展

近年来，以“德国工业4.0”“中国制造2025”“美国再工业化”等战略为代表的产业创新正在加速推进，机床行业通过互联网、云计算创新模式谋取新发展，布局高端市场。

在工业4.0及“互联网+”背景下，智能化是数控机床及系统未来发展与竞争的关键。从制造技术本身来看，数控系统的智能化表现出操作智能化、加工智能化、维护智能化和管理智能化的特点。例如，日本马扎克、大隈等公司提供主轴抑振、智能防碰撞等先进功能；德国的西门子、海德汉，日本的发那科、三菱的数控系统都通过增加智能化技术不断提升产品性价比。如西门子数控系统采用模块化的结构设计，打造出从低端的801到高端的840D的产品链，其中，828D是西门子推出的紧凑型数控系统，它集CNC、PLC、操作界面以及轴控制功能于一体，支持车、铣两种工艺应用，系统采用NV-RAM技术进行数据存储与保护，因而无电池、无硬盘、无风扇、免维护。828D最多可控制6轴，可进行4轴联动插补，采用基于80位浮点数进行插补计算，纳米计算精度充分保证系统的控制精确性。沈阳机床集团推出自主开发的i5系列数控机床，建立起世界领先的机床生态系统，i5智能机床被誉为“指尖上的工厂”，操作者可以通过互联网智能终端设备对机床进行操作、管理、监控。

在云计算基础上，德国斯图加特大学提出“全球本地化(glocalized)”云端数控系统。该系统将传统数控系统的人机界面、数控核心和可编程控制器(PLC)都移至云端，本地仅保留机床的伺服驱动和安全控制，在云端增加通信模块、中间件和以太网接口，通过路由器与本地数控系统通信。由此在云端衍生出机床的“数字孪生(Digital Twin)”，该“数字孪生”可在多个信息域同时存在，在产品阶段承担方案论证、结构和功能验证以及性能参数优化的作用；在构建工厂的规划阶段参与完成布局规划、系统优化模拟仿真等工作；在运行阶段进行加工状态判断和预测，实现机床的智能控制和预防性维护，直到产品报废终结。

(五) 智能控制系统

1. 智能控制系统市场将重返稳定增长态势

据MarketLine 2017年5月发布的数据显示，2013—2016年世界智能控制系统(包括集散控制系统DCS和可编程控制器PLC，不包括基于工业控制系统和软件)市场发展起伏较大，2013年增幅仅为

0.4%，2014年高达5.6%，远高于2010—2014年3.9%的复合年均增长率，2015年增幅又降至0.7%，2016年市场规模为202.3亿美元，增幅达1.5%（图7.10）。MarketLine预计，2016—2021年世界智能控制系统市场重返稳定增长态势，复合年均增长率约为3.8%，到2021年市场规模将达243.3亿美元，较2016年增长20.2%。

2016年集散控制系统市场规模达102.6亿美元，占世界智能控制系统市场规模的比例为50.7%；2016年世界可编程控制器市场规模约为99.7亿美元，占智能控制系统总额的49.3%。

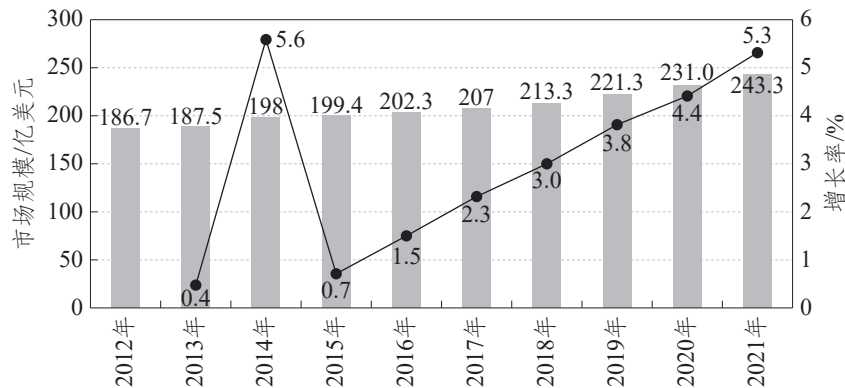


图 7.10 2012—2021 年世界智能控制系统市场规模

注：2017—2021 年为预测值
资料来源：Marketline

世界智能控制系统市场区域分布方面，2016年欧洲地区、亚太地区和美国智能控制系统市场规模分别为84.0亿美元、70.8亿美元和36.1亿美元，占世界智能控制系统市场规模的比例分别为41.5%、35.0%和17.8%（表7.5）。

表 7.5 2016 年世界智能控制系统市场地区分布情况

项目	欧洲	亚太	美国	中东	其他	全球
市场规模 / 亿美元	84.0	70.8	36.1	3.4	7.9	202.3
分布比例 / %	41.5	35.0	17.8	1.7	3.9	100

资料来源：MarketLine

2. 企业收购加速行业整合力度

美的收购库卡、高创：2017年1月，美的集团正式宣布，其对德国库卡历经6个月的要约收购正式完成，已全部支付本次要约收购涉及的款项共计40亿欧元。收购交割完成后，美的集团通过境外全资子公司MECCA合计持有库卡集团3760.57万股股份，约占库卡集团已发行股本的94.55%。2月，美的再次收购以色列运动控制系统解决方案提供商高创（Servotronics）50%的股份。库卡的优势在于机器人本体生产、工业自动化方案、系统集成、以及智能物流等领域布局，而高创则专注于运动控制和伺服电机等专业领域上的技术储备和产品储备。根据发展规划，美的将通过库卡和高创完成在机器人和自动化领域的布局：通过高创旗下公司Swisslog布局机器人商用领域，通过库卡布局家庭机器人。



至此，美的将整合智能制造解决方案，打造机器人、自动化生产、物流、工业服务等全产业链。

ABB 收购贝加莱：2017 年 4 月，ABB 公司在官网上宣布正式收购贝加莱（B&R）。贝加莱是一家自动化技术领域的全球性领导厂商，专注于机器人和工厂自动化产品和软件为基础的开放式架构解决方案。通过收购，贝加莱和 ABB 将实现优势资源互补，贝加莱将成为 ABB 工业自动化部门的一部分（机器人和工厂自动化单元），ABB 分阶段把自己原有的 PLC 和伺服驱动产品加入到新的业务单元。利用贝加莱在可编程控制器、IPC、伺服运动控制，以及强大的应用程序和软件平台、庞大的安装基础、客户访问和定制的自动化解决方案，ABB 将扩大在工业自动化领域的领导地位，在数字化产品上迈出重要一步。

3. 可编程控制器（PLC）发展方向

向大型网络化、综合化方向发展：实现信息管理和工业生产相结合的综合自动化是可编程控制器技术发展的趋势。现代工业自动化已不再局限于某些生产过程的自动化，采用 32 位微处理器的多处理器并行工作和大容量存储器的超大型可编程控制器实现超万点的输入/输出（I/O）控制，大中型 PLC 具有如下功能：函数运算、浮点运算、数据处理、文字处理、队列、阵运算、PID 运算、超前补偿、滞后补偿、多段斜坡曲线生成、处方、配方、批处理、故障搜索、自诊断等。强化通信能力和网络化功能是大型可编程控制器发展的重要方向，主要表现在：向下将多个可编程控制器与远程输入/输出站点相连，向上与工控机或管理计算机相连构成整个工厂的自动化控制系统。

向速度快，功能强的小型化方向发展：小型化可编程控制器在工业控制领域具有不可替代的地位，随着应用范围的扩大，体积小、速度快、功能强、价格低的可编程控制器广泛应用到工控领域的各个层面。小型可编程控制器将由整体化结构向模块化结构发展，系统配置的灵活性得以增强。小型化发展具体表现在：结构上的更新、物理尺寸的缩小、运算速度的提高、网络功能的加强、价格成本的降低。小型可编程控制器的功能得到进一步强化，可直接安装在机器内部，适用于回路或设备的单机控制，不仅能够完成开关量的输入/输出控制，还可以实现高速计数、高速脉冲输出、PWM 波输出、中断控制、PID（比例、积分、微分）控制、网络通信等功能，更利于机电一体化的形成。

4. 集散控制系统（DCS）发展方向

开放化：集散控制系统功能向开放式方向发展。传统集散控制系统的结构是封闭式，不同制造商的系统之间难以兼容。而开放式集散控制系统将可以赋予用户更大的系统集成自主权，用户可根据实际需要选择不同厂商的设备和软件资源接入控制系统，达到最佳的系统集成。未来，集散控制系统将与可编程控制器、火控系统（FCS）及其他控制设备、软件资源实现集成。

全数字全分散：仪表技术向数字化、智能化、网络化方向发展。工业控制设备的智能化、网络化发展，可以促使过程控制的功能进一步分散下移，实现“全数字”“全分散”控制。另外，由于这类智能仪表具有精度高、重复性好、可靠性高，并具备双向通信和自诊断功能等特点，使系统的安装、使用和维护工作更为方便。

先进控制与优化：工控软件向先进控制方向发展。广泛应用各种先进控制与优化技术是挖掘并提升 DCS 综合性能最有效、最直接的方法，主要包括先进控制、过程优化、信息集成、系统集成等软件开发和应用。

主要参考文献

- [1] International Federation of Robotics (IFR) . World Robotics Report 2016: European Union occupies top position in the global automation race [R]. 2016-09-29.
- [2] International Federation of Robotics (IFR) . Deployment of robots soars 70 percent in Asia [R]. 2017-02-01.
- [3] CECIMO . European Additive Manufacturing Strategy[R]. 2017-06.
- [4] Wohlers Associates. Wohlers 2017 Report on 3D Printing Industry Points to Softened Growth [R]. 2017-04. CECIMO .
- [5] CECIMO Economic and Statistical Toolbox [R]. 2017-01.
- [6] CECIMO . CECIMO Economic and Statistical Toolbox [R]. 2017-05.
- [7] 郝旭欢等 . MEMS 传感器的发展现状及应用综述 [J]. 无线互联科技, 2016-02.
- [8] 李定川 . DCS 集散控制系统技术瞭望 [J]. 智慧工厂, 2017-02.
- [9] 陈卓 . 可编程控制器 PLC 的发展趋势综述 [J]. 电子世界, 2016-01.
- [10] <http://www.memsconsulting.com/>.
- [11] http://www.vdw.de/web-bin/owa/homepage?p_sprache=e.

本章撰写: 王德生



第八章 世界新能源产业发展动态

一、新能源产业总体发展态势

(一) 世界能源消耗低速增长

受全球气候变暖的影响，各国加大对新型清洁能源的开发和利用，可再生能源对传统能源如石油和煤炭形成一定冲击。

据英国石油公司发布的《BP 世界能源统计年鉴 2017 年版》，2016 年世界能源基础消耗量较 2015 年增加 1%，维持 2014 年以来低速增长的趋势（2014 年增长率为 1%，2015 年增长率为 0.9%），显著低于近十年 1.8% 的年均增长率。几乎所有的新增能源需求都来自高速发展的新兴经济体，仅中国和印度的新增能源需求便占世界增长总量的一半以上。由于能源消耗的持续低迷，2016 年世界二氧化碳排放量较 2015 年仅增加 0.1%，增速创下 1981 年以来的最低水平。

传统能源如石油、煤炭、天然气的消耗量基本维持稳定，其中煤炭的消耗量下降 1.7%，呈现连续下滑趋势，主要原因是中国经济转向可持续增长模式以及政府促使煤炭向更加清洁低碳能源的转型。即便如此，石油、天然气和煤炭仍为世界经济提供动力的主导能源，预测到 2035 年三者仍将占能源总供给的四分之三以上。

可再生能源（含核能与水电）所占比重则逐年升高。2016 年可再生能源增加 14.1%，增加量为历史最高，相当于 5300 万吨油当量。新增可再生能源以风能和太阳能为主，占比分别为 1/2 和 1/3；2016 年，世界水电和核能的增长率分别为 2.8% 和 1.3%，该增长量主要来自中国。根据英国石油公司发布的《BP 世界能源展望 2017 年》预计，世界能源结构逐步转型，未来 20 年来自可再生能源（含核能与水电）领域的能源供给将占总能源供给增长总量的一半以上（图 8.1）。

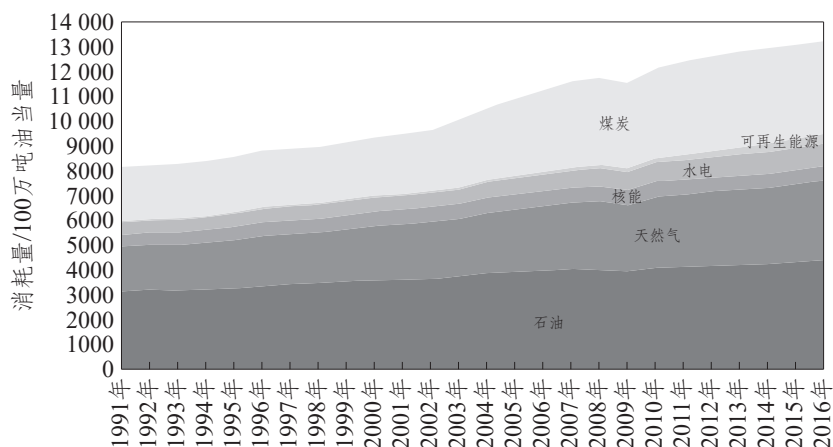


图 8.1 1991—2016 年世界不同能源消耗统计

资料来源:英国石油公司,《BP 世界能源统计年鉴 2017 年版》

2016 年,亚太地区为石油、煤炭和水电的主要消费区域,其中煤炭消耗量占全世界的 73.8%;欧洲及欧亚大陆地区则为新能源、核能及天然气的主要消费者。非洲区域受经济发展水平的限制,对各类能源的消耗占比均较小(图 8.2)。

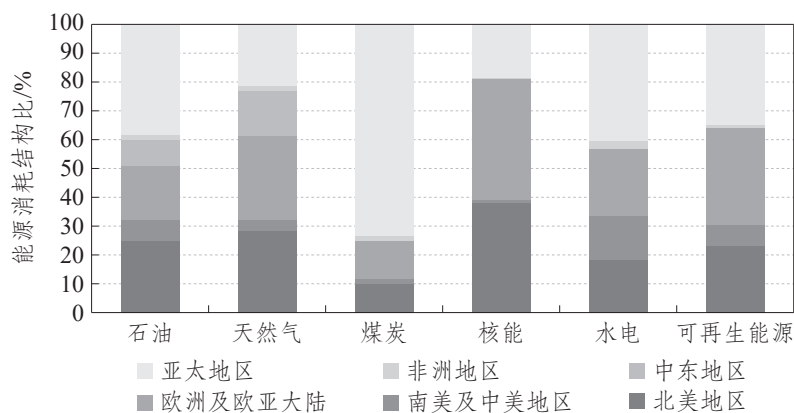


图 8.2 2016 年不同地区能源消耗结构比

资料来源:英国石油公司,《BP 世界能源统计年鉴 2017 年版》

(二) 欧美仍为可再生能源主要消费地区

2016 年,世界可再生能源的增长率为 14.1%,略低于近十年的平均增长率。不过,可再生能源的年度增加总量(约为 5290 万吨油当量)仍创历史最大涨幅,其中太阳能和风能占据新增可再生能源的主要份额。世界可再生资源使用的主要地区分布在亚太、欧洲及欧亚大陆和北美地区,其中亚太地区可再生能源占世界可再生能源比例为 34.4%,欧洲及欧亚大陆地区为 34.3%,北美为 23.1%。亚太地区对可再生能源增长的贡献最显著,且中国已经超越美国成为世界最大的可再生能源利用国家。



2016年,可再生能源提供世界约7.5%的能源供给,较2015年的6.7%有所提高。欧洲、北美、南美及中美地区的可再生能源占比高于世界平均水平,不过2016年欧洲及欧亚大陆地区的可再生能源的增加量较2015年变化不大。2014年以后,非洲对可再生能源的利用逐渐增加,2016年可再生能源占比已经接近3%,较2014的1%大幅提高。受中国和印度两大能源消耗国的影响,亚太地区的可再生能源占总能源比例仍低于世界平均值,不过随着中国在可再生能源领域的发展和向低碳经济的逐渐转型,该比例有望持续提高;中东地区作为世界主要的石油出产地,对可再生能源的关注度较低,可再生能源占比将长期处于较低水平(低于0.5%)(图8.3)。

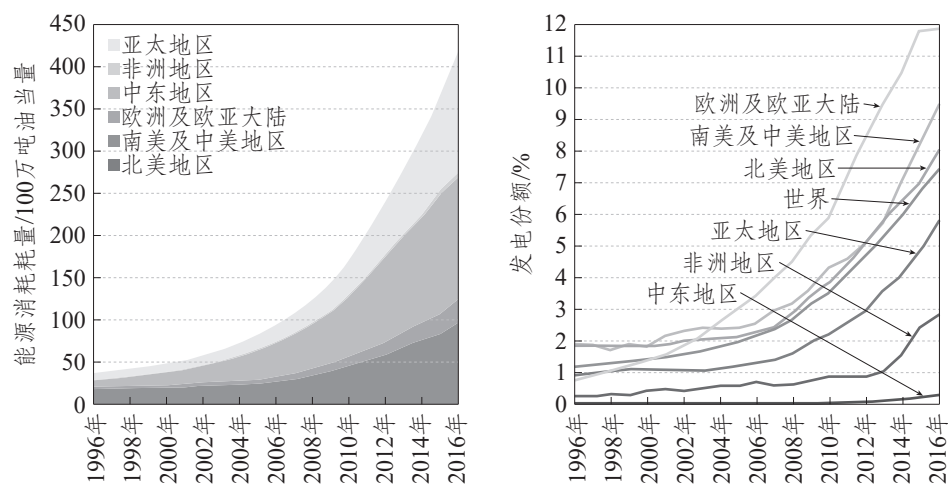


图 8.3 1996—2016 年世界不同区域可再生能源消费量及比例

资料来源:英国石油公司,《BP 世界能源统计年鉴 2017 年版》

(三) 世界可再生能源领域投资总额减少

据联合国环境署(UNEP)发布的《2017年世界可再生能源投资趋势报告》显示,2016年可再生能源新增投资总额较2015年下降23%(图8.4)。

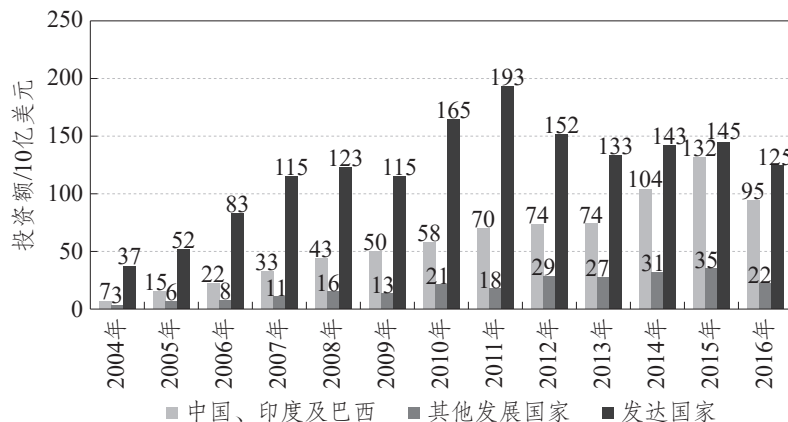


图 8.4 2004—2016 年世界不同经济体可再生能源投资变化

资料来源:联合国环境规划署,《世界可再生能源投资趋势 2017》

2016年发达国家在可再生能源领域投资总额为1250亿美元，较2015年下降14%。2014年之前，发达国家在可再生能源领域的投资一直高于发展中国家。直至2015年，发展中国家在可再生能源领域的投资升至1670亿美元，首次超过发达国家（该年度为1450亿美元）。

由于发展中国家在可再生能源领域投资大幅降低，2016年发达国家在可再生能源领域的投资总额再次超过发展中国家。2016年发展中国家的投资总额为1170亿美元，较2015年下降500亿美元，主要原因是中国、巴西在可再生能源方面的投资总额出现下降，前者2016年投资总额为729亿美元，较2015年下降34%，后者为61亿美元，较2015年下降17%。

2016年发达国家在可再生能源领域投资总额较2015年减少200亿美元。其中，美国、日本、英国在可再生能源领域的投资基本稳定，德国则下降34%。值得关注的是，比利时、丹麦、挪威三个国家的可再生能源投入有所增加，其中挪威的投资总额提高87倍（表8.1）。

表 8.1 2016 年可再生能源投资前十位国家

国家	投资金额 / 亿美元	较 2015 年的增长率 /%
中国	72.9	-34
美国	29.8	-2
英国	22.5	2
印度	8.4	-4
德国	8.4	-34
巴西	6.1	-17
日本	4.4	-4
比利时	2.7	196
丹麦	2.4	190
挪威	2.1	8761

资料来源：联合国环境规划署，《世界可再生能源投资趋势 2017》

（四）可再生能源投资主要流向为风能和光伏产业

2016年世界可再生能源投资仍以光伏和风能为主，尽管两者较2015年的投资额均出现一定程度的下降，其中光伏投资为1140亿美元，较2015年下降34%，风能投资为1120亿美元，较2015年下降9%，生物质能和小型水电投资较2015年变化较小，分别为70亿和30亿美元。生物质燃料和海洋能受制于技术水平，投资方向均以研发为主，2016年总投资较小，分别为20亿美元和2亿美元，较2015年分别下降37%和7%。此外，地热能较2015年的行业规模有所扩大，行业投资呈现小幅增长趋势，增长率为17%。虽然风能和太阳能投资出现一定幅度的下滑，然而技术的日益成熟和成本的逐步降低，使得风能和太阳能仍将在未来很长一段时期内仍将占据可再生能源的主要份额。

（五）成本下降促使可再生能源发电新增装机容量创新高

2016年，世界可再生能源（不包括大型水电）投资总额为2416亿美元，较2015年下降23%。其中太阳能、风电、生物质燃料及海洋能投资金额均出现不同程度下降，如太阳能、风电和生物质燃料投资分别下降34%、9%和37%，生物质（废弃物资源化）和小型水电投资维持2015年水平，地热能是唯一投资额增加的可再生能源行业，较2015年增加17%（图8.5）。

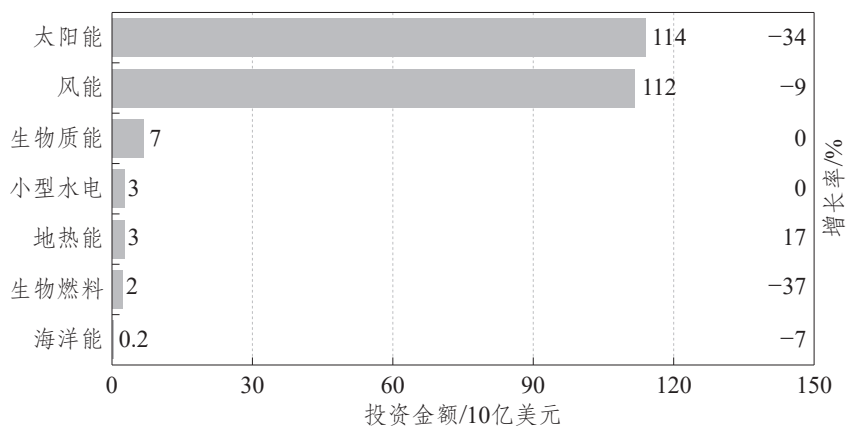


图 8.5 2016 年不同可再生能源行业的投资变化

资料来源：联合国环境规划署，《世界可再生能源投资趋势 2017》

光伏发电、陆上和海上风力发电的成本均大幅下降，其中光伏发电成本下降 13.0%，陆上风电装置成本下降 11.5%，海上风电装置下降 10.0%。尽管世界可再生能源投资大幅下降，可再生能源新增装机容量从 2015 年的 127.5 吉瓦增加到 2016 年创纪录的 138.5 吉瓦，其中可再生能源中以太阳光能增量最高，2016 年新增装机容量为 71 吉瓦，较 2015 年增长 32%，风能发电新增装机容量为 51 吉瓦，较 2015 年增长 12%。据测算，2016 年世界可再生能源（含太阳能、生物质和废弃物、地热、水电和海洋能）新增装机容量占世界发电新增装机容量的 55.3%。

国际可再生能源署（IRENA）发布的《可再生能源装机容量统计 2017》（*Renewable Energy Capacity Statistics 2017*）显示，截至 2016 年底，世界可再生能源装机容量达到 2006 吉瓦，其中水电占总装机份额最大，达到 1122 吉瓦。此外，风能和太阳能发展尤为强劲，累计装机容量分别为 467 吉瓦和 296 吉瓦。世界可再生能源发电总装机容量，除水电、风电、太阳能三足鼎立外，还有生物质能（110 吉瓦）、地热能（13 吉瓦）以及以潮汐、海浪、海流为主的海洋能（500 兆瓦）发电。

（六）未来可再生能源发电增长重心转向中国

据英国石油公司发布的《BP 世界能源展望的 2017 年版》预计，2015—2035 年可再生能源发电量将快速增加，年均增长可达 7.6%。欧盟在可再生能源发电使用上继续领先，据欧盟电力部门预测到 2035 年，可再生能源发电占比有望翻番，达到 40%。世界范围看，可再生能源发电占总发电量的份额也将从 2015 年的 7% 升至 2035 年的近 20%。

预计未来 20 年欧盟、美国新增可再生能源发电占比将出现一定幅度的下降，中国有望成为可再生能源新增发电增长幅度最大的国家，其增量超过欧盟和美国之和。当前中国可再生能源在发电中的占比还低于世界平均水平，预计到 2030 年左右中国有望实现超越（图 8.6，图 8.7）。

二、光伏产业发展态势

受世界光伏材料持续产能过剩的影响，光伏材料大幅下跌，加之安装和维护成本的持续走低，使

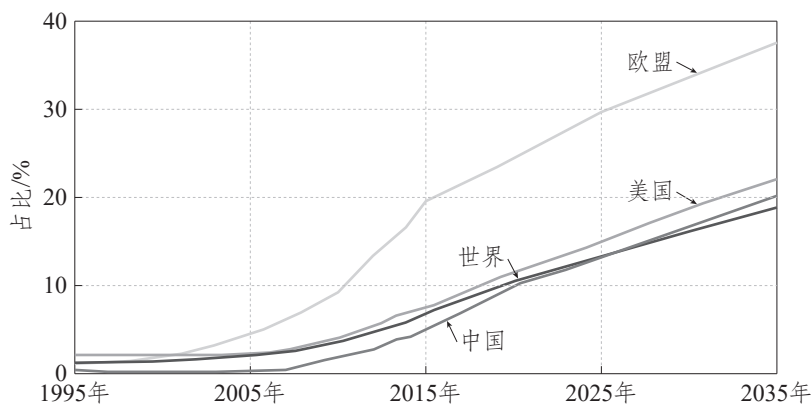


图 8.6 1995—2035 年世界不同地区可再生能源发电占比

资料来源：英国石油公司，《BP 世界能源展望 2017 年版》

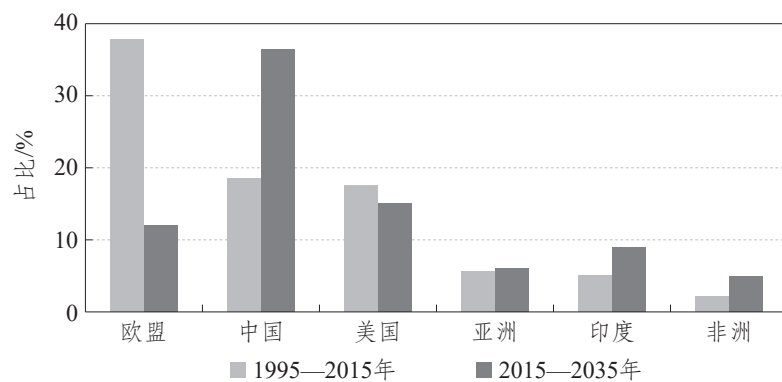


图 8.7 1995—2035 年世界不同地区新增可再生能源发电占比

资料来源：英国石油公司，《BP 世界能源展望 2017 年版》

得 2016 年世界光伏发电新增装机容量在世界光伏产业总投资额下降 34% 的情况再创新高，新增装机容量为 71 吉瓦，较 2015 年增长 32%；亚太地区表现尤为抢眼，累计装机容量超过欧洲，占世界光伏发电总装机容量的 48.4%。不过在光伏发电补贴方面，中国和美国政策走向较大分歧，这无疑给世界光伏市场带来很多不确定性因素。

（一）世界光伏新增装机容量稳步增长

从世界光伏市场需求来看，经过前期的市场增长，中国、日本及美国等国家对光伏装机需求均逐步进入稳态化，对于世界光伏装机的增量贡献逐步减弱。但是，受益于光伏成本的持续快速下降，光伏发电在印度、东南亚、南美及拉美等地区的优势逐步显现，多个新兴地区国家陆续出台支持光伏发展的相关政策，带动新兴市场光伏装机维持平稳增长。整体来看，世界光伏需求仍将维持稳定增长趋势，预计 2017 年、2018 年世界光伏新增装机容量有望分别达到 78 吉瓦和 80 吉瓦，复合年均增长率



5%左右。

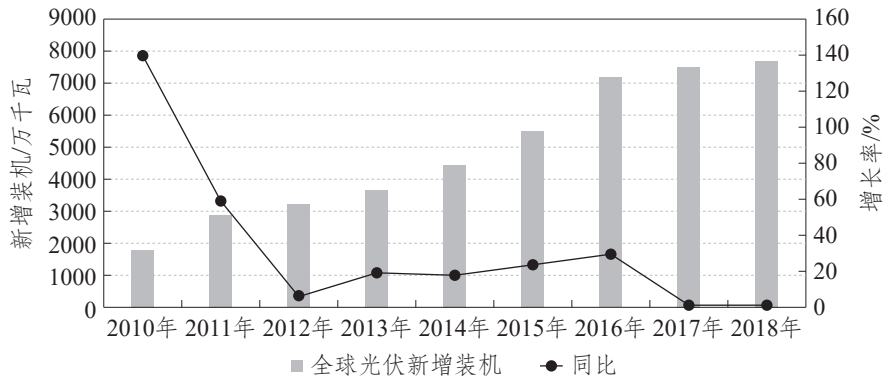


图 8.8 2010—2018 年世界光伏新增装机容量

说明：2017 年、2018 年为预测值
资料来源：赛迪顾问

（二）亚太地区光伏累计安装量首次超过欧洲

世界光伏产业仍旧延续良好增长势头。2016 年度世界光伏电源累计装机容量为 301 吉瓦，较 2015 年提高约 33.2%，除欧洲及欧亚大陆地区外，其他区域都维持 50% 左右的增长率，尤其是亚太市场的光伏产业表现尤其抢眼，2016 年亚太地区的光伏发电新增装机容量为 146 吉瓦，较 2015 年提高 53.8%，一举超越欧洲，成为光伏发电市场规模最大的地区，约为世界总份额的 48.4%；2016 年欧洲光伏市场表现低迷，光伏发电新增装机容量仅为 6.7 吉瓦；北美市场表现较为稳定，光伏发电新增装机容量为 15.1 吉瓦。此外，拉丁美洲、非洲和中东光伏市场也维持较快增速，不过在世界市场占据的份额仍较低，分别位 1.0%、0.8% 和 0.5%（表 8.2）。

表 8.2 2010—2016 年世界光伏电源累计安装量统计

地区	光伏电源安装量 / 兆瓦							增长率 / %	份额 / %
	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年		
北美	2350	4547	8190	13 416	20 335	28 255	43 335	53.4	14.1
南美及中美	104	151	302	417	754	2028	2987	47.3	1.0
欧洲及欧亚大陆	30 654	53 390	70 802	81 836	89 864	98 630	105 371	6.8	35.0
中东	83	204	276	556	796	953	1420	49.0	0.5
非洲	223	331	409	689	1518	1653	2491	50.7	0.8
亚洲	6015	11 559	18 824	40 090	63 880	94 861	145 869	53.8	48.4
世界	39 430	70 182	98 803	137 005	177 147	226 380	301 473	33.2	100

资料来源：英国石油公司，《BP 世界能源统计年鉴 2017 年版》

亚太地区光伏产业迅速扩增主要源于中国和日本。2016 年度中国累计光伏发电装机容量达 78 吉瓦，较 2015 年增长 79.3%，占世界 25.9%，已经超过美国和德国，成为世界光伏发电累计装机容量最大的国家。日本光伏电源表现良好，截至 2016 年累计装机容量为 42.7 吉瓦，增长率为 25.2%。

北美市场则由美国主导。截至 2016 年底，美国光伏发电累计装机容量为 40.3 吉瓦，较 2015 年增长 57.6%。此外，欧洲光伏市场增速缓慢，尤其是英国、德国、意大利、西班牙等国家光伏发电累计

装机容量增幅较小(图 8.9)。

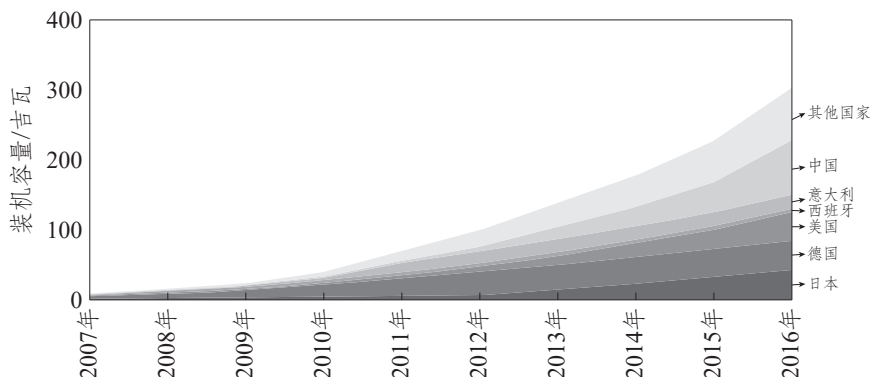


图 8.9 2007—2016 年世界光伏产业累计装机容量统计

资料来源:英国石油公司,《BP 世界能源统计年鉴 2017 年版》

(三) 受政策影响美国光伏装机容量扩增迅速

根据咨询公司 GTM Research 与美国太阳能工业学会发布的数据,2016 年美国光伏发展迅猛,全年光伏新增装机容量达到 14.762 吉瓦,比 2015 年增加近一倍。2016 年,美国光伏发电新增装机容量首次超越其他电源新增装机,占新增装机的 39% (燃气发电占 29%,风电占 26%)。

2016 年美国光伏安装量的爆发与政府对光伏补贴政策密切相关。2014—2015 年光伏业界普遍认为太阳能的投资税收抵免(ITC)将于 2016 年底取消,所以加大对光伏项目的投资力度,力图搭上抵免的“末班车”。在针对取消原油出口禁令和可再生能源政策调整两方面问题的磋商下,美国民主党和共和党达成一致,太阳能的投资税收抵免政策被延长 5 年至 2021 年年底。GTM Research 预测 2017 年美国光伏发电新增装机容量将略微下降至 13.2 吉瓦,其中 66% 为大型地面光伏。到 2022 年,美国每年光伏发电新增装机容量将超过 18 吉瓦(图 8.10)。

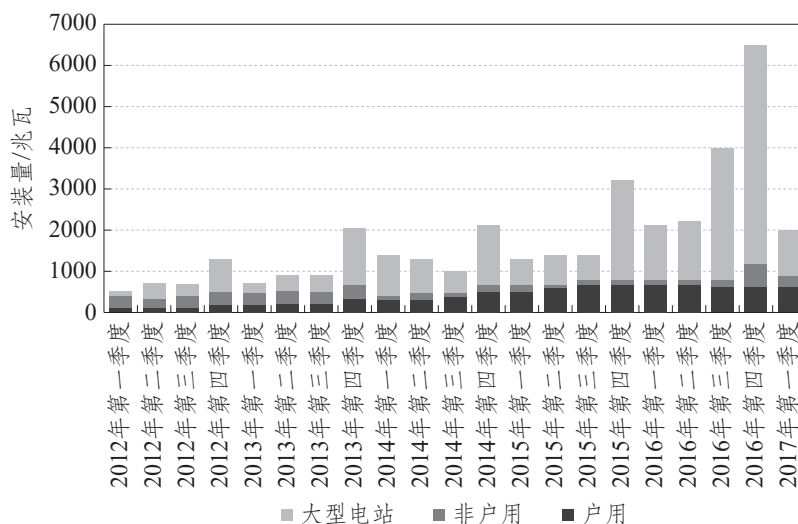


图 8.10 2012—2017 年第一季度美国新增光伏发电装量



资料来源：GTM Research,《2017年二季度美国光伏市场一览》

从光伏价格看，2016年第四季度光伏系统平均成本相比2015年同期下降20%。2016年第四季度美国屋顶光伏系统价格为2.89美元/瓦，商用建筑光伏系统平均价格为1.62美元/瓦，而大型地面光伏系统（无跟踪系统）平均价格为1.06美元/瓦、单轴跟踪光伏系统平均价格为1.18美元/瓦。

（四）光伏产能过剩加重

据彭博新能源财经（BNEF）估算，2016年世界光伏发电需求约为70吉瓦，然而到2016年底，光伏产能为160吉瓦。虽然2017年太阳能光伏发电装机容量有望继续增加，但增速势放缓，必然导致太阳能设备产能过剩形势的恶化，使其价格持续走低。继2016年太阳能电池板价格下跌35%之后，2017年以来该部件价格又下跌8%，受供应过剩形势恶化的影响，2017年下半年太阳能电池板的价格可能还会加速下跌。太阳能报价机构PVinsights表示，2017年多晶硅太阳能电池板平均市场价格将下降至每瓦0.35美元。

中电联数据显示，2017年前四个月中国光伏新增装机8.9吉瓦，同比大增51%。随着光伏发电补贴力度的减少，2017年下半年中国光伏发电相关设备特别是作为商品出售的多晶硅产品的售价可能会大幅下跌。

三、风电产业发展态势

风电成本已经逐渐接近煤电，经济性逐步显现，由此受到各国青睐和关注，尤其是逐步推广实行的供电拍卖机制，更加增加风力发电的成本优势。随着风电成本进一步下降，其对煤电的替代作用将更为明显。未来一段时间内，欧洲有望迎来风力发电的快速发展期，而中国作为世界风电市场规模最大的国家之一，由于前期风力发电设备无序、过度的安装，在短时间内发展速度有所减缓。

（一）欧美及中国引导世界风电规模迅速扩大

风电产业在世界范围内快速发展。世界风能理事会（GWEC）发布的《世界风电统计数据2016》显示，截至2016年底，世界风电总装机容量达到486.7吉瓦。2001—2016年，世界风电总装机容量增长近20倍，仅2016年世界风电新增装机容量就超过54.6吉瓦。预计2017年风电新增安装量将达到60吉瓦，到2021年底世界风电安装总量将突破800吉瓦。

据欧洲工业集团Wind Europe发布的报告显示，2016年欧洲风电新增装机容量首次超过煤炭容量，占有所有电力设施的51%，风能成为继天然气之后欧洲的第二大能源。此外，2016年欧洲地区风电新增装机容量占欧洲所有新增发电装机容量的44%，风能发电量占据欧洲国家电力需求总量的11.4%。预计到2030年风电将满足欧洲国家1/4的电力需求，风电将成为欧洲清洁能源系统的主流。

风能成美国占比最大的可再生能源。美国风能协会（AWEA）数据显示，2016年美国风电新增装机容量约为8.5吉瓦，风电累计装机容量达到82.2吉瓦，超过水电累计装机容量（2016年美国水电新增装机容量仅为0.4吉瓦），成为装机容量占比最大的可再生能源。此外，2016年美国风能发电行业为美国提供超过10万个就业岗位。

2016年，中国风电新增装机容量为23.3吉瓦，累计装机容量168.7吉瓦，其中海上风电新增装机容量为2.2吉瓦，累计装机容量为14.4吉瓦。2016年中国风电新增装机容量占世界42.7%，累计装机容量占世界34.7%，是第二名美国的两倍以上，中国风电无论新增装机还是累计装机均排名世界第一，在世界风电市场具有举足轻重的地位。然而，由于前期过度、无序的开发建设投资，中国“弃风限电”现象严重。2016年，中国能源局印发《关于建立监测预警机制促进风电产业持续健康发展的通知》，对划定为红色预警的区域暂停2017年风电项目的新增核准和并网。据此，丹麦可再生能源咨询机构MAKE下调2017年中国风电新增吊装和并网预期容量至20吉瓦以下。

（二）美国、巴西风电市场深受政策调整影响

丹麦可再生能源咨询机构MAKE预计，受清洁能源计划夭折影响，2017年二季度美国风电市场未来10年新增容量预测较一季度下调4.5吉瓦。主因之一是特朗普政府在减排方面的迟疑态度及美国国内税务政策调整的预期，影响到包含风电在内的可再生能源项目的开发进度。

2016年巴西风电新增装机容量仅为2吉瓦，受4.2吉瓦的风电项目交付的影响，预计巴西风电新增装机容量将在2018年达到顶峰。巴西取消拍卖会制度后，国内风电订单签署情况黯淡；加之巴西清洁能源领域的投资大幅下降和巴西发展银行（BNDES）上调对新能源领域的贷款基准利率，导致巴西国内新能源企业融资困难。随着以中国公司为主的国际电力企业乘机进入巴西市场，巴西政府表示巴西发展银行（BNDES）将不再承担该国清洁能源项目的融资来源。

（三）欧洲风电新增容量预期有望连续上调

目前，风电价格较其他类型的可再生能源存在较大优势。受拍卖机制的带动，欧洲风电市场规模有望持续扩增。

未来3年，欧洲市场将成为世界唯一保持预测连年上调的区域，上调区域主要集中于德国、西班牙市场。据西班牙《国家报》报道，西班牙能源部举行的3吉瓦的清洁能源拍卖中，中标者全部为风能制造商，风电报价低至4.3欧分/千瓦时（约合人民币0.33元/千瓦·时），创造欧洲陆上风电最低价格。受此影响，生物能源和光伏发电企业全部出局。此外，德国首个陆上风电项目招标会签署807兆瓦项目；俄罗斯市场宣布将即将开展的招标会容量由原先的1.3吉瓦上调至1.9吉瓦。

（四）南亚、拉美风电装机容量显著增加

2016年，印度风电新增装机容量为3.6吉瓦，创下本国新增装机新纪录，位列2016年世界新增装机容量第四名。印度风电累计装机容量达到28.7吉瓦，排名列世界第四。随着印度太阳能公司首次中标风电项目（1吉瓦），标志着竞争性电价机制已经开始进入南亚地区。预计到2020年，印度风电累计装机容量将达到42.1吉瓦，超过德国，跃居世界第三。

拉丁美洲市场除巴西外，智利新增装机容量达到创纪录的513兆瓦，累计容量达到1424兆瓦。乌拉圭新增装机容量为365兆瓦，累计容量达到1210兆瓦。此外，秘鲁（93兆瓦）、多美尼加（50兆瓦）和哥斯达黎加（20兆瓦）等国家风电装机容量都显著增加。尽管阿根廷2016年没有新增装机，但是在建项目容量高达1.4吉瓦。



非洲风电发展相对沉寂，仅有 418 兆瓦新增装机容量出现在南非。目前，由于国内政治斗争，南非可再生能源项目处于搁浅状态；摩洛哥成功完成超过 800 兆瓦的风电招标项目并启动建设；肯尼亚 Turkana 湖项目接近尾声；埃及的可再生能源发展的计划受到阻碍，前景不明。大洋洲也相对沉寂，2016 年澳大利亚风电新增装机容量为 140 兆瓦，不过澳大利亚的风电市场有望持续扩大。

（五）风电维护市场规模十年内有望翻番

GlobalData 分析表明，世界风电运行维护市场预计将从 2016 年的 137 亿美元增长到 2025 年的 274 亿美元，复合年均增长率达到 8.0%。2016 年，海上风电占风电运行维护市场的比例超过 8%，预计到 2025 年将达到 18.4%。

中国拥有世界最大的风电运行维护市场。据统计，2016 年中国风电运行维护市场占世界市场规模的 30%，到 2025 年该份额将下降到 27.4%。2016 年，中国风电新增装机容量超过 23 吉瓦，占世界新增风电装机容量的 42.7%，累计风电装机容量增至 168.7 吉瓦，中国风电行业的持续增长为运行维护承包商提供更多的工作。

美国是世界第二大风电运行维护市场，2016 年占比为 14.6%。德国占世界市场份额的 14.3%，预计 2025 年将降低至 11.9%。印度的市场份额有望从 2016 年的 5.6% 上升到 2025 年的 6.4%，英国的市场份额将从 2016 年的 5.3% 增长到 2025 年的 7.1%。

四、核电产业发展态势

自 1951 年美国实验增殖堆 1 号（EBR-1）首次利用核能发电以来，世界核电至今已有近七十年的发展历史。近年来，世界核电市场规模保持稳定，并且与水电、煤电共同构成世界能源供应的三大支柱，在世界能源结构中起着重要作用。受核泄漏事件的负面影响，发达国家已经基本停止启动新核反应堆，然而以中国为代表的发展中国家正在大力发展核电产业，有望成为核电产业发展的主要推动力。

（一）世界核电产业发展平稳

1970—1990 年期间，世界核电产业迅速发展，到 1990 年世界核电发电量已经接近 2000 太瓦·时。1991—2011 年，核电产业稳步增长，直至 2011 年日本福岛核电站泄漏事故，导致日本核电产业迅速下降，致使亚洲乃至世界核电产业在 2011 年出现大幅下降。随着核电政策与舆论环境渐趋缓和，2013 年后核电产业逐渐恢复，尽管新建核电站数目相比福岛事故前大幅度减少，但世界核电装机容量依然呈现出平稳上升的趋势。根据英国石油公司发布的《BP 世界能源展望 2017 年版》报告，预计 2015—2035 年核电发电量将稳步增长，年均增长率约为 2.3%，将继续保持其在电力部门的份额。

核电退役市场规模逐渐增大。预计核电退役市场规模将从 2016 年的 48.4 亿美元增长至 2021 年的 85.5 亿美元，年均增长率 12.1%。欧洲将成为核电退役市场的主导，美国核电站面临老化且临近退役，该国核电退役市场也将显著增大。鉴于发达国家老旧核电站退役速度快于新增核电站建设速度，预计未来 20 年内，欧洲核电规模将下降 30%，北美核电规模下降 15%。虽然日本将逐步重启核反应堆，但短期内难以恢复至福岛核泄漏事故之前水平（图 8.11）。

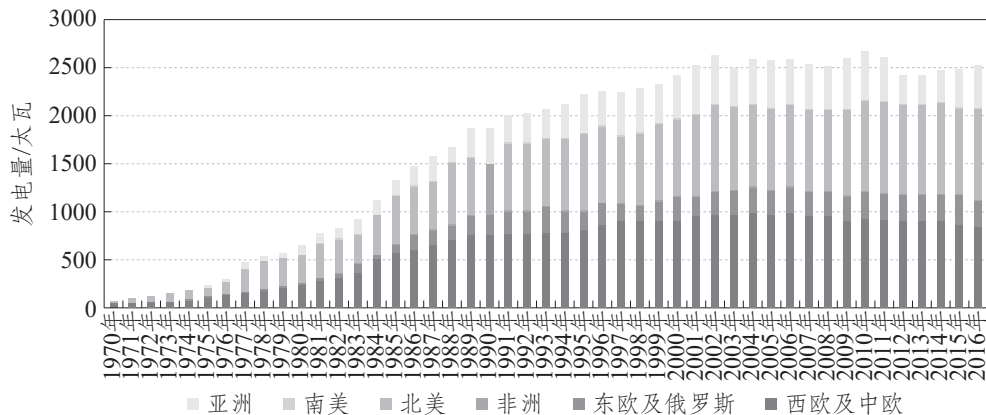


图 8.11 1970—2016 年度世界核能发电量

资料来源：世界核协会（WNA），《世界核性能报告 2017》

截至 2016 年底，世界共有 448 座核反应堆在运行，其中有 289 座是压水反应堆，占总反应堆的比例为 64.5%；沸水反应堆数量为 78 座，占总反应堆的 17.4%；加压重水反应堆数量为 49 座，占总反应堆的 10.9%，其余反应堆数量较少（表 8.3）。

表 8.3 世界运行核电反应堆统计

项目	沸水反应堆	快中子反应堆	气冷式反应堆	轻水石墨反应堆	加压重水反应堆	压水反应堆	总计
数量 / 座	78	3	14	15	49	289	448
比例 / %	17.4	0.7	3.1	3.3	10.9	64.5	100

说明：统计截至 2016 年 12 月

资料来源：世界核协会（WNA），《世界核性能报告 2017》

（二）欧美仍旧是核电主要消费者

核电产业集中在欧洲、北美和亚太地区，其他区域占据的份额较小。2016 年欧洲地区核电消费占世界的 43.6%，其次是北美，占比为 36.7%，亚太地区排名第三，所占份额为 17.9%。值得注意的是，亚太地区核电消费量逐年递增，2016 年度核电消费总量较 2015 年提高 11.3%，而欧洲下降 2.7%，北美也仅小幅上涨 0.7%。其他区域如拉美、中东、非洲及大洋洲的核电消费占比均不足 1.0%。

美国仍旧是世界上最大的核电消费国，2016 年美国核电消费量相当于 1.9 亿吨油当量，占世界核电总消费的 32.4%；其次是法国，该国消费量相当于 0.9 亿吨油当量，占世界核电总消费的 15.4%；中国核电消费量相当于 0.48 亿吨油当量，较 2015 年提高 24.5%，位居第三位。日本的核电消费呈现逐年上升趋势，但距福岛核泄漏事故之前仍有很大差距。

发达国家能源消费已经达到顶峰，在民众对于核电安全性存在疑虑和误解的背景下，大部分发达国家选择发展度电成本相对较高的风电、光伏等新能源，未来部分发达国家能源消费可能出现下降趋势（表 8.4）。



表 8.4 2010—2016 年世界核电主要消费国家

国家	能源消费量 /100 万吨油当量							市场份额 / %
	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	
美国	192.2	188.2	183.2	187.9	189.9	189.9	191.8	32.4
加拿大	20.4	21.0	21.3	23.2	24.1	22.8	23.2	3.9
法国	96.9	100.0	96.3	95.9	98.8	99.0	91.2	15.4
德国	31.8	24.4	22.5	22.0	22.0	20.8	19.1	3.2
俄罗斯	38.5	39.2	40.2	39.1	40.9	44.2	44.5	7.5
乌克兰	20.2	20.4	20.4	18.8	20.0	19.8	18.3	3.1
英国	14.4	15.6	15.9	16.0	14.4	15.9	16.2	2.7
中国	16.7	19.5	22.0	25.3	30.0	38.6	48.2	8.1
日本	66.2	36.9	4.1	3.3	—	1.0	4.0	0.7
韩国	33.6	35.0	34.0	31.4	35.4	37.3	36.7	6.2

资料来源：英国石油公司，《BP 世界能源统计年鉴 2017 年版》

（三）发展中国家有望成为核电发展主力

受页岩气兴起的影响，美国天然气价格低廉，发电企业更倾向于投资燃气发电站。再加上民众对于核电安全性、核废料处理等问题的担忧，未来核电发展面临较大压力。德国已经宣布 2022 年前关闭所有核电站。法国是核电占比最高的国家，现已开始限制核电发展，以摆脱对核电的过度依赖，2015 年法国通过新的环保法案，提出 2050 年前核电占法国发电的比例将降至 50%。比利时、意大利、瑞士等欧洲国家也在讨论关闭核电的计划，并推迟或者取消一批在建核电项目。

发展中国家是新建核电的主要力量，分布在发展中国家的在建核电站约占 83%。还有一批发展中国家虽无在建核电站，但在积极谋划建设。肯尼亚计划在 2025 年前建设装机容量为 1 吉瓦核电站，到 2033 年前将核电装机容量提升至 4 吉瓦。尼日利亚 2012 年与俄罗斯核电企业签署合作协议，建设 4 台核电机组，计划在 2025 年建成第一座核电站。埃及、孟加拉国、约旦、立陶宛、波兰、越南等发展中国家也已经将建设核电站提上日程。

（四）中国有望成为未来主要核能源开发国

截至 2016 年底，世界仍有 61 座核反应堆处于建设中，其中有 40 座位于亚洲（20 座位于中国），东欧和俄罗斯共 11 座，北美 4 座，南美 2 座，西欧 4 座。2016 年启动建设的三个反应堆有 2 座位于中国，1 座位于巴基斯坦。

据英国石油公司发布的《世界能源展望 2017 版》预计，到 2035 年欧盟核电发电量将较 2015 年下降 30%。以美国、日本、英国、德国为代表的经合组织国家在 2025—2035 年将停止启动新核反应堆，而中国正处于核扩张阶段，2015—2025 年启动的核反应堆数量将占世界总数量的一半，2025—2035 年该比例有望上升至 75%（图 8.12）。

（五）未来核电行业安全性将大幅提高

出于对环保、生态和世界能源供应等方面的作用，核电作为一种高效、清洁、低碳的能源，近年来已被越来越多的国家接受和采用，世界部分地区掀起核电建设热潮。截至 2016 年底，已经有超过 60 个国家正在考虑或启动建造核电站。据国际原子能机构预测，到 2030 年世界核电装机容量将增加 40% 以上。

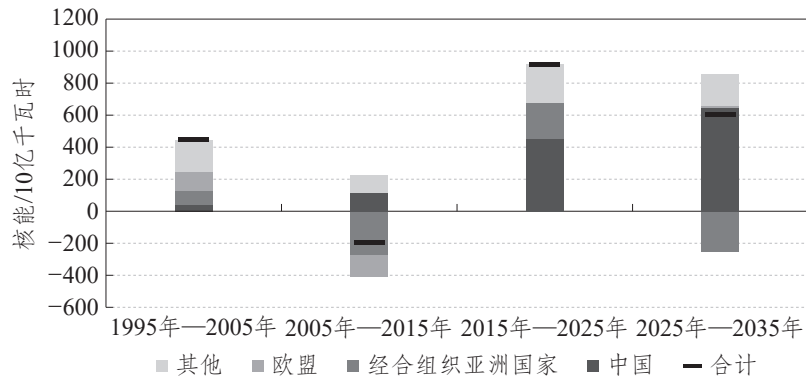


图 8.12 1995—2035 年世界核能利用区域分布与预测

资料来源：英国石油公司，《BP 世界能源展望 2017 年版》

核电安全问题始终是世界能源行业关注的焦点。国际核能界总结三里岛、切尔诺贝利及福岛三大核泄漏事故的教训，基于二代核电技术进行改进与创新，研发出第三代核电技术，在提高核电安全性和经济性方面取得重大突破。第三代核电技术采用改进型和革新型设计的新型反应堆，发生核泄漏的风险概率有望在已有基础上降低一个数量级，同时降低建造和运行等成本，使其低于煤电、油电和水电等传统发电方式，大幅提高核电安全性、可靠性和经济性。

五、生物质能产业发展态势

2016 年世界生物质能产业总体保持增长，其中生物质燃料较 2015 年略有增长，生物质及垃圾发电新增装机容量较 2015 年有较大增加。随着各种生物质能利用技术的不断进步，以及各新兴市场国家对生物质能源发展的重视，生物质能将会得到更加广泛的应用，生物质能产业将朝多元化方向发展。

（一）美洲占据世界生物质燃料产量主要份额

2006—2016 年，世界生物质燃料产业快速发展，2006 年生物质燃料产量仅为 0.28 亿吨油当量，到 2016 年该产量已经上升至 0.82 亿吨油当量，平均年增长率为 14.1%。近两年生物质燃料产量增速放缓，2015 年生物质燃料增长率仅为 0.4%，2016 年生物质燃料增长率为 2.6%。

美洲地区占据世界生物质燃料产量主要份额。2016 年北美地区生物质燃料占比为 45.0%，拉丁美洲占比 27.2%，合计为 72.2%。此外，亚太、欧洲及欧亚大陆地区占比分别为 11.1% 和 16.7%。

目前，生物质燃料主要由生物柴油和生物乙醇构成，拉丁美洲市场以生物乙醇为主，欧洲和亚太市场以生物柴油为主。巴西生物乙醇的产量下降，导致拉丁美洲的生物乙醇产量增速放缓。不过，在印度尼西亚 114.9 万吨油当量生物柴油产量的带动下，亚太市场生物质燃料产量仍有所提高。

在生物质液体燃料方面，中国虽位居世界第四位，但与美国和巴西的差距非常大。由于传统化石能源供给充分，能源价格处于相对低位，中国生物乙醇和生物柴油产量明显下降，中国国家统计局发布数据显示，2016 年 1—7 月生物乙醇产量仅 56.1 万吨，同比下降 9.5%；生物柴油产量 2.9 万吨，同



比下降 34.3%。现阶段中国生物质液体燃料主要以粮食作物为主，以纤维素为原料生产乙醇的第二代生物质液体燃料技术上仍不成熟（图 8.13）。

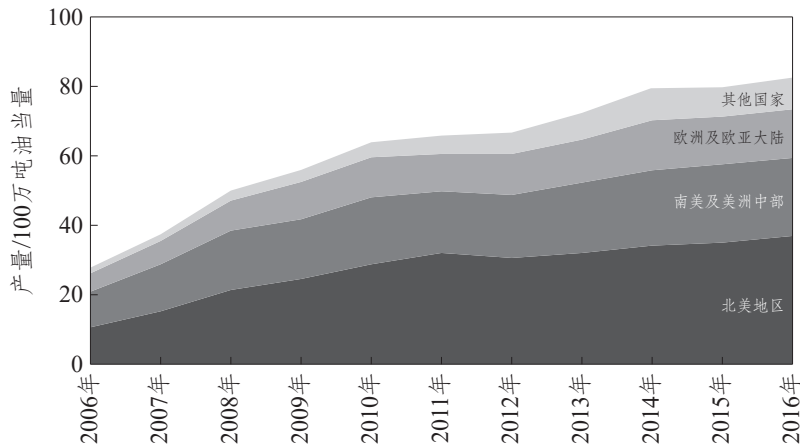


图 8.13 2006—2016 年世界生物质燃料产量趋势

资料来源：英国石油公司，《BP 世界能源统计年鉴 2017 年版》

（二）亚洲带动生物质与垃圾发电快速发展

国际可再生能源机构发布的《可再生装机容量统计 2017 年版》显示，2016 年世界生物质及垃圾发电新增装机容量为 109.7 吉瓦，较 2015 年增加 8.5%，预计 2020 年世界生物质及垃圾发电累计装机容量将达到 150.3 吉瓦。其中亚洲地区生物质及垃圾发电新增装机容量增长速度最快，较 2015 年上升 20.0%，主要贡献来自中国和印度。2016 年，生物质及垃圾发电新增装机容量最高的区域仍为欧洲，不过其增长率明显放缓，较 2015 年仅增长 3.7%。美洲市场则由南美和北美所占据，其中巴西和美国是世界上最主要的生物质和垃圾发电的国家，拉丁美洲占比仅为 7.1%。除此之外，非洲、亚欧大陆、中东和大洋洲地区生物质及垃圾发电新增装机容量较小（表 8.5）。

表 8.5 2008—2016 年世界主要地区生物质及垃圾发电新增装机容量

地区	装机容量 / 兆瓦								
	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
世界	56 899	63 701	69 413	74 740	81 412	88 794	64 516	101 108	109 731
非洲	681	685	715	809	915	946	982	1018	1018
亚洲	13 223	15 939	16 877	17 862	20 290	23 079	25 987	29 368	35 249
拉美	1321	1394	1388	1464	1529	1623	1784	2066	2401
亚欧大陆	1356	1337	1316	1298	1341	1407	1622	1673	1803
欧洲	21 651	24 337	26 546	29 555	31 593	32 498	34 090	35 641	36 953
中东	6	9	15	55	60	62	69	74	80
北美	11 519	11 600	11 855	11 804	12 564	13 701	14 402	14 612	14 699
大洋洲	961	994	997	998	1002	996	1013	1025	1025
南美	6182	7406	9703	10 894	12 318	14 482	14 568	15 631	16 504

资料来源：国际可再生能源机构，《可再生装机容量统计 2017 年版》

（三）美国、巴西和中国为生物质及垃圾发电主要力量

巴西是世界上生物质及垃圾发电新增装机容量最大的国家，2016 年新增装机容量高达 14.2 吉瓦，

较 2015 年提高 6.5%，但增速较 2009—2013 年（平均年增长率约为 20.0%）明显放缓。美国自 2008 年开始，生物质及垃圾发电新增装机容量维持缓慢增长的趋势，至 2016 年累计增长量为 23.7%。以德国、英国、意大利为代表的欧洲国家生物质及垃圾发电行业呈现出快速扩增趋势，而瑞典和芬兰等国生物质及垃圾发电行业起步较早，近年来装机容量增速有所放缓。

以中国、印度和泰国为代表的亚太市场成为世界生物质及垃圾发电行业的亮点。2016 年中国生物质及垃圾发电新增装机容量较 2008 年提高 3.7 倍，泰国提高 2.1 倍，印度则提高 4.3 倍。其中，2016 年中国生物质能发电新增装机容量约为 9.3 吉瓦，预计到 2021 年中国生物质能发电新增装机容量将达到 19.2 吉瓦，实现新增装机容量翻番；2016 年印度生物质及垃圾发电新增装机容量高达 9.2 吉瓦，较 2015 年提高 63.9%（表 8.6）。

表 8.6 2008—2016 年世界生物质及垃圾发电新增装机容量前 10 位国家（兆瓦）

国家	装机容量 / 兆瓦								
	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
巴西	5054	5717	7927	9028	9922	11 601	12 342	13 310	14 179
美国	10 068	10 269	10 423	10 509	11 240	12 306	12 441	12 461	12 458
中国	3270	4600	4563	4939	5761	7789	8547	10318	12140
德国	5268	5989	6612	7257	7660	8377	8977	9206	9336
印度	2121	2563	3151	3758	4280	4685	5152	5605	9185
英国	1703	1897	2085	3106	2988	3646	4048	4713	4993
瑞典	3567	4079	4120	4272	4406	4081	4528	4763	4893
意大利	1433	1871	2183	1631	3555	3762	3772	3782	3833
泰国	1621	1695	1767	1975	2196	2634	2829	3231	3446
芬兰	1895	1792	1811	1923	1911	1995	2020	2040	2170

资料来源：国际可再生能源机构，《可再生装机容量统计 2017 年版》

（四）世界生物质能源产业有望持续扩大

受世界经济低迷、原油总需求下滑以及页岩油供给冲击的影响，原油价格出现快速下降，这将对生物质液体燃料市场带来较大冲击。尽管如此，能源短缺国家仍将采用生活垃圾、餐厨废油、苔藻等生物原料生产的“次生”生物质液体燃料作为传统液体燃料的补充，因此未来生物质能源市场规模有望保持相对稳定增长速度。

未来世界生物质能源市场增长的主要驱动力来自欧盟地区和中国。欧盟拟通过法律修正案设定到 2020 年“次生”生物质液体燃料占交通运输燃料消费总量达到 2.5%，2025 年达到 4%。随着政策激励以及技术的不断完善，欧盟范围内生物质及垃圾发电将保持较高的增长速度，预计到 2020 年，欧洲人均生物质能源使用量有望较 2015 年翻番；中投顾问发布的《2016—2020 年中国生物质能发电产业投资分析及前景预测报告》预测，到 2030 年中国生物质能技术提供能源产品的成本均可等于或低于同时期、同类化石能源产品的总成本，到 2050 年，生物质能利用可替代化石能源总量将超过 3 亿吨标准煤。

六、海洋能产业发展态势

据估计，世界海洋能（不包括海洋风能、海洋表面的太阳能以及海洋生物质能等）理论储量为 7.7×10^4 吉瓦，技术上可开发利用的海洋能约为 6.4×10^3 吉瓦，存量较为丰富。受制于开发技术水平，



目前世界海洋能发电总装机容量仅为 0.5 吉瓦，开发程度极低，尤其是 2016 年世界海洋能新增装机容量几乎为零，发展停滞，急需技术突破。近年来，中国海洋能保持较好的发展态势，到 2020 年中国海洋能开发利用水平有望跻身世界一流。

（一）世界海洋能发电装机容量增加缓慢

世界海洋能发电延续停滞态势，2016 年世界海洋能新增装机容量为零。海洋能发展受限的主要原因是与风能、太阳能等新能源相比，潮汐能发电成本较高，设备升级所需材料供给不足。

截至 2016 年底，世界海洋能发电累计装机容量为 536 兆瓦，其中潮汐能装机容量占海洋能总装机容量超过 90%。目前，潮汐能发电是潮汐能最主要的利用方式，其他形式的海洋能应用多数停留在探索阶段。

已投入使用的海洋能发电站包括：位于韩国始华湖的潮汐能电站，装机容量为 258 兆瓦；位于法国朗斯河口的潮汐能电站，装机容量为 241 兆瓦；位于加拿大芬迪湾的潮汐能电站，装机容量为 23.0 兆瓦；位于中国浙江江厦的潮汐能电站，装机容量为 4.0 兆瓦；位于俄罗斯斯基斯洛湾的潮汐能电站，装机容量为 2.0 兆瓦。

近年来，海洋能发电技术取得长足进步，陆续有试验电站进入商业化运行。随着海洋能发电技术日益成熟和成本持续下降，将有越来越多的海洋能发电系统接入电网运行（表 8.7）。

表 8.7 2007—2016 年世界海洋能发电累计装机容量统计

国家或地区	装机容量 / 兆瓦									
	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
世界	267	267	269	271	525	528	527	527	533	536
亚洲	4	4	5	5	259	259	259	259	262	262
中国	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
韩国	0	0	1	1	255	255	255	255	258	258
欧亚大陆	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
俄罗斯	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
欧洲	241	241	241	243	243	246	244	245	248	248
挪威	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0
荷兰	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
法国	240	240	240	240	240	240	240	240	241	241
葡萄牙	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
英国	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4
北美	20	20	20	20	20	20	20	20	20	24
加拿大	20	20	20	20	20	20	20	20	20	23
美国	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
大洋洲	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
澳大利亚	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
南美洲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
非洲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

资料来源：国际可再生能源机构，《可再生装机容量统计 2017 年版》

彭博新能源预计，2016—2021 年世界海洋能发电新增总装机容量将达到 294 兆瓦，新增装机容量主要分布在欧洲，特别是法国和英国。预计到 2021 年，世界海洋能累计装机容量将达到 823.7 兆瓦，

欧洲仍将是世界主要的海洋能发电市场。

(二) 欧美融资相对活跃，研发投入保持稳定

世界海洋能发电融资进入低潮期。海洋能发电项目融资高峰期出现在 2006 年、2007 年，分别达到 9.01 亿美元和 7.62 亿美元。由于股票市场融资和项目融资减少，2015 年世界海洋能发电的融资额仅为 2.15 亿美元，较 2014 年减少 1.57 亿美元，同比减少 42.2%

欧美为海洋能发电主要融资区域。2015 年欧洲海洋能发电融资总额为 1.08 亿美元，占比约为 50%，其次为美洲，发电融资总额为 0.71 亿美元，占比约为 33%。2015 年，英国海洋能发电融资仅为 0.37 亿美元，较 2014 年减少 76.7%，降幅位居世界首位，该年度欧洲其他地区的海洋能发电融资总额为 0.69 亿美元，较 2014 年的 0.65 亿美元略有增加；美国海洋能发电融资总额为 0.51 亿美元，较 2014 年减少 15%，美洲其他地区 2015 年海洋能融资总额为 0.2 亿美元，较 2014 年提高 150%；韩国 2015 年海洋能融总资额与 2014 年基本持平，不过亚太其他地区却明显降低，由 2014 年的 0.57 亿美元下降到 2015 年的 0.14 亿美元（表 8.8）。

表 8.8 2007—2015 年世界海洋能发电融资区域分布

国家或地区	融资额 / 亿美元								
	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
英国	1.24	0.87	1.02	1.08	0.71	0.48	0.56	1.59	0.37
法国	0	0	0.03	0.03	0.09	0.14	0.09	0.15	0.09
其他欧洲地区	0.90	0.35	0.84	0.56	0.94	0.69	0.56	0.50	0.60
美国	1.12	0.20	0.39	0.62	0.43	0.45	0.52	0.60	0.51
其他美洲地区	0.01	0.11	0.50	0.23	0.10	0.13	0.13	0.08	0.20
中国	0.14	0	0.01	0	0	0	0	0	0
韩国	3.99	0.02	0.04	0.08	0.07	0.07	0.07	0.23	0.24
其他亚太地区	0.22	0.28	0.40	0.04	0.28	0.75	0.29	0.57	0.14
合计	7.62	1.83	3.23	2.64	2.62	2.71	2.22	3.72	2.15

资料来源：汉能集团，《世界新能源发展报告 2016》

除了 2006、2007 年项目融资额较高以外，海洋能发电的融资主要来自逐年增加的研发投入，表明海洋能开发仍处于初期，资本市场融资的风险较大。预计在未来 5 年研发投入在世界海洋能发电融资的资金类型中仍将占主要地位（表 8.9）。

表 8.9 2006—2015 年世界海洋能发电融资资金类型构成

资金类型	融资额 / 亿美元									
	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
研发投入	0.25	0.43	0.62	1.23	1.72	1.24	1.58	1.87	1.78	1.81
股票市场	0	1.11	0.03	0.08	0	0.04	0.04	0.01	0.43	0.04
风投与私募	0.65	1.57	0.86	0.64	0.61	0.45	0.48	0.34	0.25	0.28
项目融资	8.11	4.51	0.32	1.28	0.31	0.89	0.61	0	1.26	0.02
合计	9.01	7.62	1.83	3.23	2.64	2.62	2.71	2.22	3.72	2.15

资料来源：汉能集团，《世界新能源发展报告 2016》

(三) 中国海洋能迅速崛起

国务院及相关部委发布《海洋可再生能源发展“十三五”规划》《可再生能源发展“十三五”规



划》《“十三五”国家科技创新规划》《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》等一系列国家战略规划，极大推动中国海洋能产业发展及技术自主创新。同时，绿色电力证书等创新发展机制的提出，为海洋能产业发展提供稳定的机制保障。2010年5月，中国设立海洋可再生能源专项资金，截至2017年4月底，专项资金实际支持103个项目，实际投入经费总额近10亿元。

国家海洋技术中心发布的《中国海洋能技术进展2017》年度报告显示，中国海洋能总体技术水平迅速提升。通过专项资金项目的研发，部分技术装置已达到或接近国际先进水平。例如，浙江舟山联合动能新能源开发有限公司研建的LHD—3.4兆瓦模块化潮流能发电机组首批1兆瓦模块在浙江舟山海域并网发电，截至2016年12月累计发电170兆瓦·时，使中国成为世界第三个实现兆瓦级潮流能并网发电的国家。中海工业有限公司和中国科学院广州能源研究所联合研制的100千瓦鹰式波浪能发电装置工程样机，截至2017年2月累计发电量超过30兆瓦·时。江夏潮汐电站改造后的1号机组，截至2017年1月底累计发电量达2.45吉瓦·时。

七、能源互联网

（一）能源互联网特征与演进

能源互联网是以电力系统为核心，以互联网及其他前沿信息技术为基础，以大规模可再生能源和分布式电源接入为主，能够实现信息技术与能源基础设施融合，冷、热、气、水、电等多种能源优化互补，以及能量和信息双向流动的能量对等交换与共享的网络系统。

与智能电网相比，能源互联网更加开放、更多互联，表现在由主要关注单一的电力系统转向关注供电、供热、供冷、供气、电气化交通等综合能源系统，实现多种能源系统的开放互联；由与信息技术融合转向与互联网融合，利用互联网思维和技术，改造现有能源行业，形成新的商业模式和新业态。

由传统电网到能源互联网的演变需要经历以下历程：小型电网阶段，19世纪后期至20世纪中期，该阶段主要为城市或局部区域电力配置的小型孤立电网，整体自动化水平低，输送电压等级为220千伏；大型互联电网阶段，20世纪末，该阶段跨区、跨国互联电网已经建成，并实现自动化调控，输送电压等级已达330千伏以上；智能电网阶段，当前至2030年，该阶段主要协调发展国家级电网和跨国电网，推动信息网络和智能技术应用，输送电压等级达到1000千伏；能源互联网阶段，2030年后，该阶段信息互联、高度智能化的跨洲、泛国家电网特高压主干电路成为电力运输载体。其中，智能电网向能源互联网的过渡时期又可以分为四个阶段（表8.10）。

目前，全球跨国、跨洲的电力交易已广泛开展，不过跨洲的电力交易规模大幅落后于跨国交易。2016年，全球跨国交易电量达到7650亿千瓦时，跨洲交易量仅为300亿千瓦时。欧洲为电力跨国交易最频繁的地区，2016年度电力交易量为4800亿千瓦时，而东亚是全球跨国电力交易最少的区域，2016年的交易量仅为11亿千瓦时。此外，电力也由资源相对丰富的区域或国家流向电力需求相对旺盛的区域或国家。2016年，俄罗斯及中亚地区对外输出电量最高，达149亿千瓦时（东亚42亿千瓦时和欧洲107亿千瓦时），而南亚和非洲基本无跨洲电力交易。

表 8.10 能源互联网建设阶段

阶段	年份	主要内容
第一阶段	2015—2020	分布式能源、储能、智能电表、充电桩、智能逆变器的普及，构成能源互联网基础设施
第二阶段	2017—2023	多主体进入售电领域，电力交易市场机制基本建立
第三阶段	2020—2025	售电和电力市场交易，加上发电主体的波动性，导致配电的智能进化和开放
第四阶段	2025—2030	从更加灵活的配电调度，到智能组网，再到以大数据和人工智能、机器学习为技术支撑的自组织网络

资料来源：世界能源互联网发展合作组织，《世界能源互联网发展与展望 2017》

（二）国外能源互联网发展现状

目前，能源互联网存在三种发展模式：一是侧重信息互联网（Internet of Energy, Smart Grid 2.0）：借助互联网收集信息，分析决策后指导能源网络的运行调度，信息网络可以认为是能源网络的支持决策网络，其本质与当前的智能电网类似，以德国的“E-Energy”为典型代表；二是侧重能源网络结构（Energy Internet）：借鉴互联网开放对等的理念和体系构架，形成包括骨干网（大电网）、局域网（微网）及其连接网络的新型能源网，采用自治或中心控制的方法实现能源的共计平衡，其实质为一种分布式的能源网络，以美国的 FREEDM 为典型代表；三是革新性能源互联网（Intenergy）：互联网技术与能源网络的深度融合，结构上难以区分能源网络和信息网络；运行模式上采用区域自治和骨干管控相结合的方式，能源和信息的双向通信，信息流支撑能源调度，能源流引导用户决策，最大限度地利用可再生能源，以日本的数字电网为代表。

1. 日、美、德等发达国家引领能源互联网建设

2008 年，美国国家科学基金会建立“未来可再生能力能源传输管理”（Future Renewable Electricity Energy Delivery Management, FREEDM）研究中心，试图通过分布式智能网络通信中枢管理分布式电源和储能设备，目前 FREEDM 项目仍处于试验阶段；2011 年，日本电气公司、东京大学和日本产业技术综合研究所（National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, AIST）共同研发“数字电网”以促进可再生能源的开发利用，该技术方案已通过美国电力研究院（U.S. Electric Research Institute, EPRI）的验证；德国“E-Energy”计划作为德国绿色信息技术先锋行动计划的主要组成部分，旨在实现整个能源供应体系中的数字化互联及计算机控制和监测。为了分别开发和测试智能电网的核心要素，2008 年德国 6 个城市试点“E-Energy”，目前已经推广至德国 11 个城市（表 8.11）。

美国 FREEDM 针对可再生能源的日益普及，美国 FREEDM 的系统理念是在电力电子、高速数字通信和分布控制技术的支撑下，建立具有智慧功能的电网构架，吸纳大量分布式能源。通过综合控制能源的生产、传输和消费各环节，实现能源的高效利用和对可再生能源的兼容。

日本的数字电网完全建立在信息互联网之上，用互联网技术为其提供信息支撑，通过逐步重组国家电力系统，逐渐把同步电网细分成异步自主但相互连接的子电网，给发电机、电源转换器、风力发电场、存储系统、屋顶太阳能电池以及其他电网基础结构等分配 IP 地址。电力路由器与现有电网及能源局域网相连，可以根据相当于互联网地址的“IP 地址”识别电源及基地，旨在通过电力路由器完成能源分配。



表 8.11 美、日、德能源互联网计划

国家	年份	主要内容
美国	2008	国家科学基金会支持建立 FREEDM (Future Renewable Electricity Energy Delivery Management) 研究中心, 致力于研究微型电网和分布式发电设备的即插即用技术
	2008	北卡大学设立研究中心致力于研究效仿网络路由器的“能源路由器”, 以实现能源的路由
	2011	美国能源部发起 Sunshot 计划, 拟在 2020 年前将太阳能光伏系统总成本降低 75%, 达到 6 美分/千瓦·时
日本	2011	日本政府将在未来 20~30 年内逐步淘汰 500 亿瓦核电产能以开启可再生能源发电计划
	2011	日本财团提出通过逐步重组国家电力系统, 将太阳能和风力发电设备等中小型分散电源所产生的电能通过互联网数据传输方法按用户需要进行分配, 建立独立数字电网
德国	2008	在与德国联邦环境、自然保护和核安全部的共同协作下, 总预算约为 1.4 亿欧元、为期四年的“E-Energy”正式启动
	2011	德国第六能源研究计划决定 2011—2014 年拨款 34 亿欧元, 重点资助与能源互联网相关的关键技术, 包括可再生能源、能源效率、能源储存系统、电网技术以及可再生能源在能源供应中的整合等

资料来源: 上海科学技术情报研究所 (ISTIS) 整理

E-Energy 是基于信息与通信技术的未来能源系统。它提出在整个能源供应体系中实现完全数字化互联以及计算机控制和监测的目标。E-Energy 充分利用信息和通信技术开发新的解决方案, 以满足未来以分布式能源供应为主的电力系统需求。它将实现电网基础设施与用电器之间的相互通信和协调。其目标不仅是通过供电系统的数字联网保证稳定高效供电, 还要通过现代信息和通信技术优化整个能源供应和使用系统。

能源互联网相关法律法规正在逐步完善。目前, 国外能源互联网的建设与发展主要由政府推动, 尤其是新能源和智能电网的“互联网化”领域, 政府制定出相应的政策战略, 为能源互联网的发展建立良好的环境。美国推出清洁能源复苏战略, 重点发展可再生能源、新能源汽车、智能电网等; 德国通过《可再生能源法》改革方案, 对可再生能源发电设施扩建及入网补贴政策予以调整, 以期降低成本, 鼓励竞争; 英国已制定出“2050 年智能电网路线图”, 支持智能电网技术的研究和示范, 建设工作将严格按照路线图执行; 加拿大公布智能电网标准路线图, 明确建议建立一个指导委员会, 来推进智能电网标准化和政策目标制定工作; 丹麦则启动新的智能电网战略, 通过多阶电价和建立数据中心等措施, 促进消费者自主管理能源消费。

2. 互联网、电力及新能源巨头率先涉足能源互联网领域

能源互联网重点企业主要集中在美国、德国、日本等发达国家, 以互联网、电气和新能源巨头为主, 如谷歌、通用电气、思科等。其中, 互联网企业的“跨界”动向值得关注 (表 8.12)。

表 8.12 不同类型企业进入能源互联网领域的特点

企业类型	特点	代表企业
互联网企业	基于自身核心产业能力和信息技术能力建立复合系统, 引入节能、智能化等技术改造现有产品, 使能源设备、家电、电动汽车等具有节能和互联的特征, 并通过延伸服务, 进入家庭智能设备管理、能源管理等服务领域	谷歌、苹果、亚马逊
电力企业	结合现有智能电网, 在电网发展结构上逐步向分散化和智能化发展; 挖掘已有业务潜能, 转型为集成式能源服务供应商	法国电力公司、CPS Energy
新能源企业	借助智能化能源网络收集信息, 通过节能技术、产品和大数据分析技术提供多种能源服务, 涵盖能源管理、能效提升解决方案、分布式能源系统运维租赁等服务	远景能源、Forgitit

资料来源: 世界能源互联网发展合作组织, 《世界能源互联网发展与展望 2017》

(1) 互联网企业

互联网企业巨头谷歌是最早在涉足新能源领域的科技巨头，谷歌投资新能源的初衷是降低公司运营成本。研究机构 Gartner 预测，2017 年世界将有 860 万个大型数据中心。美国能源局统计表明，美国本土数据中心年耗电总量已经占美国年发电量的 1.5%。而据另一项统计，仅谷歌全美的数据中心每年电费支出就超过 10 亿美元。

2007 年，谷歌开始在山景城总部的屋顶上装置发电功率为 1.6 兆瓦的太阳能面板，满足数据中心 1/3 的电能需求，这项工程标志着这家硅谷巨头正式进入可再生能源市场。同年，谷歌宣布投资可再生能源研究。2008 年 10 月，谷歌提出“清洁能源 2030 计划”，提出通过清洁能源减少 95% 的温室气体排放、推广电动汽车、建立高效能的电能分配网络以有效减少美国对石油资源的依赖。2009 年底谷歌成立能源业务部。随后，谷歌能源业务部就 NextEra 能源资源公司的两座风力发电厂投资近 4000 万美元，并与其签订风能供电采购协议，此后进行数十亿美元的清洁能源投资，投资至少 15 个风能、太阳能项目。2014 年，谷歌与合作伙伴共同建设的艾文帕太阳能发电站，并成为世界最大的运营单站点光伏电站之一。预计到 2017 年谷歌有望实现其办公场地和数据中心所用电力 100% 来自可再生能源。

苹果公司也尝试涉足新能源领域的。2013 年，苹果聘请美国环保署前署长丽萨·杰克逊出任首席环境主管。苹果公司发布的《2015 年环境责任报告》显示，截至 2014 年底，苹果在美国的运营设施（包括企业办公室等）100% 使用可再生能源；美国数据中心自 2012 年起，也 100% 使用可再生能源；此外，全球约有 87% 的运营设施使用可再生能源。

2015 年 2 月，苹果公司宣布斥资 8.5 亿美元，从第一太阳能公司位于加州的太阳能发电项目购买 130 万千瓦电力，这成为美国太阳能行业到目前为止接获的最大的企业用户订单。2016 年 6 月，苹果公司成立苹果能源有限责任公司。该公司在特拉华州注册并独立运行。苹果能源公司令能源业瞩目的举动是申请联邦许可证，以直接向客户出售俄勒冈州、内华达州、加利福尼亚州三个新园区的设备中产生的过剩可再生能源，由此互联网企业开启售电侧尝试。

亚马逊于 2014 年 11 月宣布计划利用可再生能源为自己规模巨大的云计算中心提供电力，除西德克萨斯州外，亚马逊已在美国的印第安纳、北卡罗莱纳、俄亥俄和弗吉尼亚州建设风力和太阳能发电厂，除了为亚马逊网络服务云数据中心提供还能够对 24 万户美国家庭提供电力服务。亚马逊投资的位于西得克萨斯州斯库瑞县的风电厂将于 2017 年下半年建成运营，这也是亚马逊旗下最大的可再生能源项目。

(2) 电力企业

法国已经安装 3500 万个智能电表，智能电表采集的主要是个体家庭的用电负荷数据。以每个电表每 10 分钟抄表一次计算，3500 万个智能电表每年产生 1.8 万亿次超标记录和 600 太字节（TB）数据，电表产生的数据量将在 5~10 年达到拍字节（PB）级。为此，法国电力公司的研发部门成立大数据项目组，借助大数据技术研究海量数据的处理架构，以电网调度进行局部优化，实现用电的需求侧管理和实时电价，并为可再生能源电网的接入奠定基础。

(3) 新能源企业

远景能源在世界范围内拥有数千台风力发电机。该公司在叶片和风机内外部加装近百台传感器和雷达，用雷达监测风的流动性、强弱，通过传感器收集各项数据，汇总到云端计算分析，在利用数据



分析专家系统、主动性能控制和基于可靠性的决策算法等，使得发电效率较同类产品提高 20% 以上。远景新能源大数据平台解决海量数据分析与处理问题，优化风力发电运行方案，最大限度提高发电量并延长设备寿命，使得运营成本大大降低，从而实现高效的能量输出。

3. 跨界融合成为能源互联网发展趋势

能源互联网与油气、电网、工业互联网、楼宇互联网等系统已经深度融合并形成显著的应用示范效应。

“互联网 + 油气”。2015 年，施耐德电气首次针对石油石化及化工行业展出全方位整体解决方案，施耐德电气将能源互联网的拓展置于其物联网大体系的一个分支。旗下 Foxboro Evo 过程自动化系统、Triconex 安全系统、SimSci-Esscor 解决方案、过程仪表和 Wonderware 软件等过程自动化产品和解决方案，以及云平台、数据中心、能源管理系统、能源监测系统、配电设备等，帮助石油石化及化工行业用户实现安全效率、过程效率、能源效率和机器效率的共同提升。

“互联网 + 电网”。在构建未来智能电网方面，西门子研究人员将多种不同类型的能源资源合并起来，如石油、天然气、风电、太阳能、生物质和废热等，以确保这些能源资源以尽可能高效、环保的方式，生产出电能、暖气、冷气和饮用水。在平衡电能供需方面，西门子提供的自组织电力自动化系统 SOEASY，可实现覆盖范围内各个供电设施与用电设备间的电能交易。

“能源互联网 + 工业互联网”。2015 年，ABB 正式加入工业互联网联盟（IIC），其目的在于推动工业互联网在制造业、能源和资源型产业转型上产生积极作用。ABB 在控制系统、通信技术和工业传感器等方面拥有多年的工业互联网领域的领先经验，通过这些技术优势，ABB 将帮助客户利用数据来优化海上平台、采矿、机器人、海洋船舶、化工和造纸业等不同领域的业务运营。

“能源互联网 + 楼宇互联网”。研华科技推出的能源管理方案包括 WebAccess 开放式整合平台、“WebAccess+BEMS”能源管理系统、Director 指挥联动平台等应用，为建筑量身进行“能源体检”，不仅让建筑耗能可视化、数据化，还能分析、模拟、预测，协助业主指定更精准的节能方案。

主要参考文献

- [1] 汉能集团 . 世界新能源发展报告 2016 [R]. 2016.
- [2] 世界能源互联网发展合作组织 . 世界能源互联网发展战略白皮书 [R]. 2017.
- [3] 世界能源互联网发展合作组织 . 世界能源互联网发展与展望 [R]. 2017.
- [4] 英国石油公司 . BP 世界能源展望 2017 年版 [R]. 2017.
- [5] 英国石油公司 . BP Statistical Review of World Energy [R]. 2017.
- [6] Global Wind Energy Council (GWEC). Global Wind Report Annual Market Update 2016 [R]. 2017.
- [7] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Capacity Statistics 2017 [R]. 2017.
- [8] United Nations Environment Programme (UNEP). Global Trends in Renewable Energy Investment 2017 [R]. 2017.
- [9] United Nations Environment Programme (UNEP). REN21 UNEC Renewables Energy Status Report 2017 [R]. 2017.

[10] U.S. Energy Information Administration (EIA). Annual Energy Outlook 2017 [R]. 2017.

[11] World Nuclear Association (WNA). World Nuclear Performance Report 2017 [R]. 2017.

本章撰写：冯海玮



第九章 世界环保产业发展动态

国际上对环保产业没有统一的定义，对环保产业的分类也各不相同。经济合作与发展组织（OECD）认为环保产业是指在防治水、空气、土壤污染及噪声，缩减和处理废物及保护生态系统方面提供产品和服务的行业；美国环保产业分为环保服务、环保设备和环境资源三大类；日本将环保产业分为环境保护、环境恢复、能源供给、清洁生产、洁净产品、废弃物处置和利用等六个部分。

从上述定义和分类看，现代社会的环保产业不仅限于治理空气污染、废水、垃圾、噪声、土壤和海洋污染以及环境监测相关产品、设备、服务，其内涵已延伸到发展具有节省能源和减少资源投入等效应的新领域。

一、世界环保产业总体发展态势

（一）全球环保产业市场规模持续稳定增长

随着经济的发展和人口的增长，能源资源等全球问题更加凸显，环境保护和可持续发展早已是国际社会共识。近年来，世界环保产业发展迅速，市场规模持续稳定增长。据智研咨询的报告，2015年全球环保产业市场规模达到7998.43亿英镑，水供应/废水处理、回收/循环和废弃物管理等所有环保项目市场规模不断扩大（表9.1）。

从环保产业分项目看，水处理、固废管理依然是主要业务。2015年水供应/废水处理市场规模最大，达到2841.55亿英镑；其次是回收/循环领域，为2294.1亿英镑；废弃物管理列第三位，达到1714.1亿英镑。其后依次是大气污染控制、土壤修复、环境服务等。

从环保产业结构变化上看，将从污染治理逐渐向环境服务延伸。环保产业一般包括环境污染治理和环境服务两大方面。环境污染治理包括废水处理、废弃物处理处置、大气污染控制、噪声污染控制等产品的开发、设计及运营。环境服务包括环境影响评估、环境污染治理评估、危险废物处置风险评估、环境调查、环境咨询、生态系统恢复等。从表9.1可以看出，与环境服务业相关的污染修复、环境咨询与分析服务等在环保产业中占有一定比重，未来新型环境服务相关业务有望高速增长。

表 9.1 2010—2015 年全球环保市场结构

项目	市场规模 / 亿英镑					
	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
水供应 / 废水处理	2447.31	2517.72	2600.8	2689.23	2763.52	2841.55
回收 / 循环	1947.08	2016.13	2082.66	2153.47	2225.24	2294.1
废弃物管理	1466.33	1512.75	1562.67	1615.8	1660.41	1714.1
空气污染	289.01	295.79	305.55	315.94	331.4	346.2
污染土地复垦和整治	278.45	288.19	297.7	307.82	319.92	328.24
环境咨询及相关服务	245.18	254.46	262.86	271.79	281.44	293.36
噪音和振动防治	66.19	68.88	71.15	73.57	76.34	79.58
环境监测、仪器仪表和分析	45.36	47.18	48.74	50.39	53.22	56.71
海洋污染防治	36.73	38.16	39.42	40.76	42.73	44.59
总计	6821.64	7039.26	7271.56	7518.79	7754.22	7998.43

资料来源：智研数据中心

发达国家和地区在技术水平和市场份额上占有绝对优势。发达国家在 20 世纪 90 年代后，生态环境破坏已基本得到控制，环保产业处于稳定、成熟发展的阶段，越来越重视环境安全技术与生态标志产品开发，洁净技术与洁净产品的相对重要性明显上升。目前，美国、日本等国家都将环保产业作为经济复苏的重要动力。其中美国是世界最大的环保技术生产和消费国，占全球环保产业总值的 19%，在固体废弃物和有害废弃物管理、环境工程和分析等方面遥遥领先于世界平均水平；日本在洁净产品设计和生产方面发展迅速，节能产品和生物技术也是集中发展的对象；德国是全球再生资源利用率最高的国家，其将节能环保产业作为支柱产业，企业持续不断技术创新是德国保持节能环保国际竞争力的重要基础，近 80% 德国环保生产领域属于研究和知识密集型。

发展中国家的经济发展和城市化推动，引起能源、材料生产迅猛增长，出现许多环境问题，产生对环境技术与服务的大量需求，环保产业处于快速发展阶段。全球环保市场重心已大幅度向发展中国家转移，据统计，美国、日本、德国在亚洲环保市场的大气污染控制、废水处理、固体废弃物处理等领域已占据很大份额，且因地制宜采取“本土化”战略，未来还将积极布局发展中国家的节能环保市场。

（二）主要经济体“脱碳”取得良好进展

普华永道从 2000 年起连续追踪 G20 国家的减排情况，根据碳强度（每百万美元国内生产总值所排放二氧化碳量）的变化情况评估各国低碳经济指数。据统计，2000 年至 2015 年，全球平均脱碳率仅为 1.3%，在不采取任何措施的常规排放情景下，全球的碳预算预计在 2036 年用完。

2016 年 11 月，普华永道发布《低碳经济指数 2016》报告，结果显示，主要经济国家 2015 年脱碳率进展基本符合预期，达成 2015 年《巴黎协定》期望的 2.8% 脱碳率水准，下降幅度是过去的两倍以上。但依照这一趋势，全球碳预算也仅将延长到 2040 年。中国、英国和美国位居《低碳经济指数 2016》榜单前三位，数据显示，2015 年中国碳强度下降率为 6.8%，在 G20 所有国家中力度最大；英国碳强度下降率为 6.0%，美国为 4.7%，南非、墨西哥、加拿大和印度也都达到国家自主贡献（INDC）目标要求的年均减排。然而，阿根廷、印度尼西亚、巴西、沙特阿拉伯和意大利 2015 年的碳强度下降率均低于它们所提交的国家自主贡献目标所要求的年均减排率。

中国首次位列 G20 国家低碳经济指数首位，这是煤炭消费量下降、服务业快速增长及经济结构转



型的结果。中国消费全球 50% 煤炭产量，中国煤炭消费量的变化对全球煤炭市场及碳排放具有显著影响。中国煤炭消费量下降是中国碳排放量增速放缓的最主要因素，政府所采取的提高空气质量和电力能效等措施也有所成效。随着中国寻求经济再平衡，服务业显著增长，自 2010 年以来服务出口年均增长 14.3%。金融服务主导服务业增长，过去 5 年金融中介行业占中国国内生产总值份额增长 1.5 倍。尤其是中国在绿色金融领域取得进展，2015 年中国绿色债券市场刚刚起步，但前 7 个月中国发行的绿色债券已占全球同期发行的绿色债券的 40% 以上，成为全球最大的绿色债券市场。

基于全球国内生产总值每年 3% 的增长以及实现 2 摄氏度全球温控目标的碳排放预算，全球仍需采取大幅快速减排行动，至 2100 年年均碳强度下降率需达到 6.5%。大多数 G20 国家需要进一步采取削减碳排放强度的行动，鼓励在低碳基础设施和低碳产品领域加大投资。普华永道预计只有欧盟、美国和日本能够在 2030 年实现 2 摄氏度温控目标所需的平均碳排放强度（表 9.2）。

表 9.2 全球低碳经济指数

国家或地区	2014—2015 年碳排放强度变化 /%	国家自主贡献 (INDC) 目标下 2015—2030 年碳排放强度年际变化 /%	2000—2015 年碳排放强度年际变化 /%	2014—2015 年能源相关排放变化 /%	2014—2015 年实际国内生产总值增长 /%	2015 年碳排放强度 / 吨
世界	-2.8	-2.8	-1.3	0.2	3.1	295
G7 国家	-3.6	-3.4	-2.1	-1.9	1.8	252
E7 国家	-4.0	-2.5	-1.3	0.5	4.6	363
中国	-6.4	-3.5	-2.4	0.04	6.9	475
英国	-6.0	-3.1	-3.5	-3.8	2.3	157
美国	-4.7	-4.3	-2.4	-2.4	2.4	301
南非	-4.5	-4.5	-1.7	-3.2	1.3	583
墨西哥	-4.4	-3.9	-0.6	-2.0	2.5	206
加拿大	-4.2	-3.9	-1.9	-3.1	1.1	351
日本	-2.7	-3.0	-0.9	-2.3	0.5	257
土耳其	-2.6	0.7	-0.9	1.3	4.0	211
印度	-2.0	-1.9	-1.5	5.4	7.6	276
韩国	-1.4	-4.3	-1.3	1.1	2.6	419
德国	-1.1	-3.1	-1.9	0.5	1.7	195
欧盟	-0.7	-3.1	-2.3	1.2	1.9	180
澳大利亚	-0.5	-4.5	-2.1	1.8	2.3	347
法国	-0.2	-3.1	-2.6	0.9	1.2	121
俄罗斯	0.0	0.8	-3.2	-3.7	-3.7	418
阿根廷	0.0	-2.2	-0.8	1.4	1.3	190
印度尼西亚	0.6	-5.9	0.0	5.4	4.8	208
巴西	0.8	-3.9	0.2	-3.0	-3.8	157
沙特	1.1	-0.3	0.5	4.6	3.5	411
意大利	4.7	-3.1	-1.8	5.5	0.8	153

说明：1. G7 国家包括美国、日本、德国、英国、法国、意大利和加拿大；E7 国家包括巴西、俄罗斯、印度、中国、印度尼西亚、墨西哥和土耳其。

2. 浅色填充代表排名前 5，深色填充代表排名后 5。

3. 碳排放强度是指每百万美元国内生产总值所排放二氧化碳量

资料来源：PwC. The Low Carbon Economy Index 2016, 2016.11

（三）各国聚焦节能环保和低碳技术发展

金融危机以来，能源资源问题更趋凸显，主要国家都出台激励机制和政策，大力推动节能环保产业和低碳技术发展。

美国将节能环保视为新能源战略的核心内容。2009年，美国政府宣布在10年内投资1500亿美元发展清洁能源产业，力争“2035年美国80%电力来自清洁能源”。2013年，美国公布第一份全国气候行动计划，其核心是减少发电厂的碳排放，加强清洁能源发展。美国还致力于建立碳排放的“上限交易”机制、提高建筑物能效、完善家用电器节能标准。同时，美国推行绿色税收，出台税收奖励制度，鼓励环保技术的开发与运用，对排污企业征税。政府还注重打造环保技术协同创新体系，加大成果转化力度。美国节能环保产业研发成果转为专利或技术许可证的比例高达70%以上，处于世界领先地位。

欧洲在环保领域处于世界领先地位。欧盟每年在环保方面的投入超过800亿欧元，占国内生产总值的比例超过2.25%。欧盟环境与气候变化计划（LIFE）已实施4期，累计支持3708个环境研发创新项目，为节能环保技术研发提供专门的金融支持。2013年，欧盟委员会宣布在2014年至2020年间投入34.5亿欧元支持新一期LIFE计划，较上一期（2007—2013年）的21.4亿欧元增长61.2%。英国政府持续加大能源利用效率、温室气体净化、废物循环使用和处理、可再生能源、清洁能源发掘和新能源开发等领域的科技创新投入。在减少碳排放方面，2016年，英国投入4000万英镑，率先在伦敦等4座城市建设快速充电设施，鼓励电动车的推广应用，最终将在全国范围内实施相关措施。英国政府计划到2032年大幅降低碳排放量，将二氧化碳减排目标定为在1990年的水平上降低57%；到2050年，将二氧化碳排放量在1990年的水平上至少降低80%。

日本是节能环保行业中走在世界前列的亚洲国家。2010年，日本政府提出中长期温室气体削减路线图，即到2020年减少25%，2050年减少80%，这一承诺有力促进日本企业对节能环保技术产品的投入。2016年，日本出台核反应堆废弃物填埋处置标准草案，核心内容包括将核反应堆报废后的部分高放射性废弃物深埋到地下70米以下，要求电力公司等有关责任方应在填埋后的三四百年持续监测放射性物质有无泄漏。同年，日本向联合国提交正式加入《巴黎协定》有关批准文书。目前，日本温室气体排放量约占全球总排放量的4%，日本政府设定的减排目标是，到2030年温室气体排放量比2013年降低26%。

印度将严格控制燃煤发电厂排放。数据显示，印度现有的发电厂九成以上都是燃煤发电，能源使用效率低，排放大多不达标，环境污染大是突出问题。印度政府2015年10月宣布，在15年内减少33%~35%的温室气体排放量，以实现联合国应对全球气候变化的目标和可持续发展。此外，根据印度环保部2015年12月出台的规范，印度将严格控制燃煤发电厂的排放，重点解决颗粒物、二氧化硫和氮氧化物等造成城市空气污染的主要污染物。

巴西将治污工作作为重要民生工程。数据显示，从2015年8月到2016年7月，巴西亚马逊雨林遭砍伐面积同比增加29%。面对不断减少的亚马逊雨林，巴西政府加强执法巡查和惩罚力度，其中巴西和中国联合研制的地球资源遥感卫星，在监测亚马逊地区森林砍伐中发挥着重大作用。巴西全国只有39%的城市生活污水得到有效处理，城市地下水受到污染的区域占58%，为此，巴西政府拨款大规



模建设城市排污管线、污水处理等设施，拟投入 30 亿美元建设和改造全国 1198 座城市的雨水采集、自来水供应和污水处理系统。

（四）智能化设备在环境管理领域大有作为

在环境监测设备行业，环境传感器因其便携、智能、多样化等特性而受到青睐。它能够感知周围环境，实现对气压、温度、湿度、空气质量等数据的实时检测。气体传感器、水环境检测传感器、土壤污染检测传感器是环境监测系统的“三大基石”。气体传感器可检测氮氧化物、硫氧化物、氯化氢等引起酸雨的气体，二氧化碳传感器、臭氧传感器、氟利昂等可检测温室效应气体，对判定环境污染状况、监测大气环境提供非常关键的技术支持。据市场研究公司 Yole Développement 预测，2021 年全球气体传感器市场规模将达到 9.2 亿美元，2015 年至 2021 年的复合年均增长率为 7.3%，其中环境监测在所有应用领域中位列第三（图 9.1）。水环境监测传感器可监测水资源的动态变化，对于合理开发、利用、保护水资源具有重要意义。市场研究咨询公司 MarketsandMarkets 预测，至 2025 年，水环境监测市场规模将达到 46.9 亿美元。土壤污染检测传感器可有效检测及分析评估土壤中重金属污染、挥发性有机化合物中的有害成分，及时避免和减少土壤污染情况的发生。

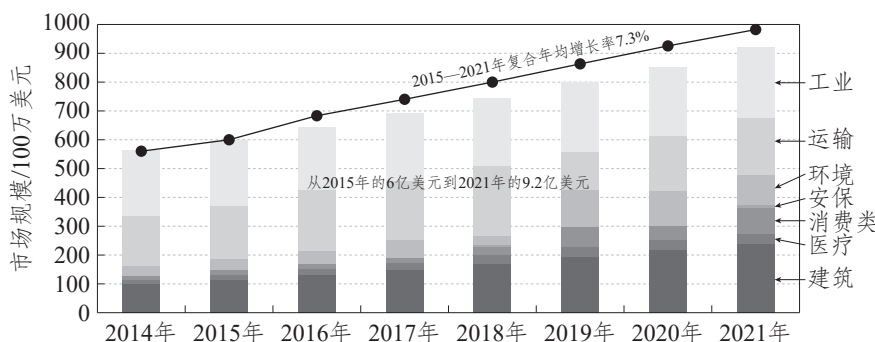


图 9.1 2014—2021 全球气体传感器市场规模及预计

资料来源：Yole Développement's. Gas Sensors Market and Technology Trends, 2016.10

随着物联网技术的发展，环保智能化出现新的探索和创新。借助物联网技术，将感应器和装备嵌入各种监控对象中，通过超级计算机和云计算将环保领域物联网整合起来，实现人类社会与环境系统的整合，以更加精细、动态和智能的方式实现环境管理和决策，由此形成“智慧环保”设备。

国外环保智能化建设起步较早，如欧盟 OSIRIS 计划、新加坡“NUSwan”平台等。OSIRIS 属于欧盟全球环境与安全监测计划（GMES, Global Monitoring for Environment and Security），是欧洲对环境进行有效管理的一套综合信息基础架构。OSIRIS 针对空气质量及污染、地下水污染、森林火灾和工业建筑火灾 4 种情境进行实验，其中空气质量及污染模拟示范区设在西班牙巴利亚多利德，将监测到的一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮、二氧化氮、臭氧等数据以无线技术传输至监控中心，进行污染物扩散模拟预测分析。新加坡国立大学科研小组研发的智能化机器平台——NUSwan（smart water assessment network），对水库水质进行实时监测。NUSwan 外形似白天鹅，在水库水面上行驶且无人驾驶，自动监

测水质，通过羽毛感应梯度变化，可以更精确分析流域水体中营养物的分布。NUSwan 系统还可以用于了解水库中不同深度的水体情况，进行水体监督、污染源追踪，甚至可以用作早期预警及决策系统。欧洲 SOIMON 研发团队成功研制出全新的土壤污染现场快速检测装置，并获得欧委会专家组的评审鉴定。该装置由各类探测器及传感器组成，采用辐射探测或传感技术，可有效检测及分析评估土壤中重金属污染、挥发性有机化合物有害成分，进行现场采样、现场分析并获得结果。该装置适用于任何土质结构的检测，有效检测率高达 95% 以上，降低检测成本 50% 以上。

目前，无人机、可穿戴设备以其独特优势在环境监测领域得到应用。迪拜市垃圾管理部门部署无人机机队，在垃圾站、海滩、沙漠露营地等全市范围监督乱丢垃圾的行为，并向管理部门提供数据和高清照片。法国 Sensaris 公司研发出穿戴式无线传感器，结合全球定位系统，内置蓝牙传输设备，由装有蓝牙的手机接收传感器的监测信息，再借手机上网功能，将信息上传至当地的中央服务器。使用者将这套设备配戴在手腕上，可以收到噪声和空气质量等信息，此传感器已大规模部署在巴黎地区。

（五）“一带一路”给环保产业“走出去”带来机遇

随着“一带一路”大型项目和经济开发活动，贸易和投资力度加大，资源、能源等要素流动性加大，极有可能产生环境挑战，包括土地占用、水土流失、水环境污染、大气环境污染等传统环境问题，以及生物多样性保护、生态廊道保护等新问题。“一带一路”沿线国家的投资主要集中在采矿、建筑、木材和基础设施建设等行业，对生态环境影响极大。如果不重视环境保护问题，将不可避免对当地环境产生负面影响。这也为中国环保产业“走出去”提供现实基础。

中国环保产业体系较为完善，产业供给能力和技术达到国际先进水平，多个中国环保企业已把东南亚作为固废市场目标开发区，如锦江集团在越南、泰国布局，建设垃圾焚烧发电项目。中冶国际工程集团有限公司作为工程总承包商承接越南污水处理项目，非洲莫桑比克、阿尔及利亚的供水项目。北控水务在马来西亚吉隆坡的 Pantai 第 2 污水处理厂项目已完成竣工验收。

“一带一路”沿线大多是新兴经济体和发展中国家，拥有丰富的自然资源，但发展方式粗放、人口密集大、生态环境脆弱，对自然资源的不合理开发已导致生态环境遭到一定程度的破坏，推动绿色发展的呼声不断增强，沿线国家积极制定政策，向绿色经济转型。

白俄罗斯和哈萨克斯坦提出绿色发展战略。白俄罗斯在发电、供热、住房建设、交通、石油和成品油生产等方面贯彻新的绿色经济原则，全国正在实施约 10 项环保战略和规划，以保障综合性、可持续发展的自然资源使用，保证国家生态和经济社会的可持续发展。哈萨克斯坦总统提出“绿色桥”倡议和绿色战略发展构想，颁布向绿色经济过渡的相关行动计划，制定向绿色经济过渡的方针。如《哈萨克斯坦 2050》和其他规划文件中提出一些雄心勃勃的目标，包括未来新能源和可再生能源达到整个能源生产的 50%，到 2050 年单位国内生产总值能耗将在 2008 年基础上下降 25%。

俄罗斯、孟加拉国等国家完善环保领域法律法规。俄罗斯近几年不断扩大和完善环保领域的法律法规，通过并且实施一系列重要法律草案。为了建立和完善相关法律法规，俄罗斯建立一系列平台，提高公众绿色意识和合理使用资源的意识，有效利用自然资源 and 开展绿色公益。吉尔吉斯斯坦对《森林法》《水法》《大气保护法》等法律进行修改，并于 2013 年将应对气候变化列入 2017 年优先方向。



孟加拉国在 2011 年修改宪法，使条款中包含环境保护相关内容，通过一系列政策指南，如《可持续和可再生能源开发法》，可再生能源的商业生产得以享受免税待遇。

环保企业“走出去”不仅是“一带一路”国家的现实需求，也是中国环保企业自身发展的需要，更能推动环保产业转型发展，提升技术水平和市场化程度。与此同时，企业“走出去”面临的风险与不确定性也较大，目标国环保产业状况、环境管理机制及政策要求、投资环境、法律环境、政商关系等都是需要掌握和处理的问题。我国需要在国家层面提供支撑环保产业“走出去”的机制，提高企业风险管控能力。

二、发达国家环境监测行业动态

环境监测是制定环境政策、认识环境现状和挑战、验证环境政策有效性的重要依据。环境监测对象主要包括空气污染、水体污染、土壤污染和噪声污染，监测产品可分为环境监测仪、环境传感器和环境软件三大类。根据采样方法的不同，环境监测可分为间断监测、连续监测、被动监测和主动监测四种类型。

（一）全球环境监测市场

据 MarketsandMarkets 发布的全球环境监测市场发展报告，2016 年全球环境监测市场中，市场份额最大的为环境监测仪，主要是因为污染监测仪的安装数量、发展中国家对水和空气监测仪器的需求、环境监测仪器的保有量都在增加。不同采样方法的仪器中，连续监测仪器在 2016 年所占的市场份额最大，主要是因为对企业的环境要求增加以及全球范围内主要环境监测市场的环境污染加剧。

从地域范围看，2016 年全球环境监测市场最大的地区是北美，其次是欧洲。美国占据主要市场份额归因于政府为环境监测站的维护和运作提供越来越多的资金，以及美国环保局（EPA）的严苛规定。市场增速最快的是亚太地区，主要原因是亚太国家（如中国、印度）的快速工业化带来的环境法规越来越严格，履行区域间环境安全协议的需求不断增长。

全球环境监测市场主要公司有美国安捷伦、丹纳赫、霍尼韦尔、赛默飞世尔、通用电气、艾默生、特利丹，德国西门子、默克，瑞士 TEConnectivit 等。这些公司在环境监测市场具有强大的竞争力，为全球和本地提供大量环境监测产品。其中位列全球环境监测市场前五位的分别是安捷伦、丹纳赫、霍尼韦尔、西门子和赛默飞世尔，共占全球市场的 18.1%。新产品的不断推出和改进是这些公司在全球市场发展的关键增长策略。此外，战略收购、地域扩张和合作也是这些公司加强产品组合，在环境监测市场上实现增长的主要策略。

由于政府控制环境污染的积极性在增加，如不断增加用于污染控制和监测的政府资金，持续安装环境监测平台，积极发展环境友好型工业，由此推动全球环境监测市场的发展。MarketsandMarkets 预计，未来 5 年全球环境监测市场复合年均增长率约为 7.7%，到 2021 年将达到 195.6 亿美元。然而，与环境监测解决方案相关的高产品成本、污染控制改革的缓慢实施、新兴国家环境技术的高出口壁垒等因素是制约市场增长的主要因素。除此之外，新兴国家对环境法规的不确定和不一致成为制约市场增长的因素之一。

（二）美国、日本环境监测行业

1. 美国

（1）环境监测市场

由于政策和市场需求（主要是建筑业）的增加，2016年美国环境监测市场收入为17.53亿美元。企业的分布位置与大客户、经济水平和个人生活质量需求密切相关，监测机构通常使自己更加接近潜在客户，以便更快速的提供特定服务。美国水和空气质量监测机构主要集中分布在东南部、西部和五大湖地区，这些地区分布有超过监测机构总数一半的企业。各大洲环境监测市场分布大致为：加利福尼亚（12.9%）、德克萨斯（9.7%）、佛罗里达（5.0%）、宾夕法尼亚（4.4%）、俄亥俄（4.3%）、纽约（4.0%）、伊利诺伊（3.8%）。加利福尼亚、纽约和伊利诺伊之所以拥有较高的市场份额，是由于很多大型高科技制造业公司坐落在这些区域，这些客户具有更多的环境监测服务需求（图9.2）。

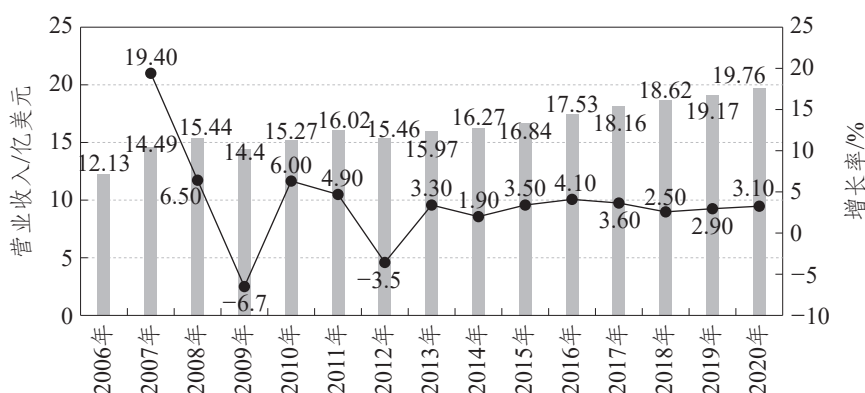


图 9.2 2006—2020 年美国空气和水监测营业收入

说明：2016 为估计值，2017—2020 年为预测值

资料来源：美国环境监测市场分析

2016 年至 2020 年，随着房屋开工数量、居住环境标准和工业生产指数继续上涨，环境监测行业的需求将越来越高。此外，基础设施投资将增加对环境检测行业的需求，环境监测运营商将在环境分析中发挥重要的作用。因此，预计该行业年收入增长率保持在 3.2% 左右，2020 年将达到 20 亿美元。

（2）环境监测设备制造商

广阔的市场空间催生大量环境监测设备制造商，美国环境监测企业数量在 2010 年至 2015 年以年均 1.2% 的速度增长至 2800 多家，2016 年至 2020 年，预计以年均 0.1% 的速度增长至 3300 多家。但美国环境监测市场份额分布比较分散，排名前 5 的企业总计拥有 10% 的环境监测市场。赛默飞世尔、安捷伦、哈希和 Waters 等企业是其中的佼佼者，在环境监测领域有长期的积累且都实现全球化布局。美国环境监测企业进入中国的时间较早、开展业务成熟，覆盖从上游核心原材料到主要分析仪器以及下游环境监测运营服务各个环节。

以赛默飞世尔为例，其总部在美国麻省，是纽约证券交易所上市公司，也是全球仪器设备与科学服务的领导者，产品服务包括质谱仪、光谱仪、无机/有机分析、环境监测等。公司在 2009 年将环境仪器事业总部从美国搬至中国，引领全球环境监测业务。赛默飞世尔在大气污染监测领域的成绩较为



突出,提供空气质量监测仪器和解决方案、污染源延期监测仪器和系统、现场和应急监测、大气复合污染(灰霾)监测解决方案和 airpointer 环境空气质量系列产品,尤其是细颗粒物(PM_{2.5})和烟气连续监测系统领域占据中国国内重要市场。此外,公司的水质监测产品包括实验室水质分析仪和在线水质分析仪,辐射测量和保护产品包括放射性污染监测、放射性测量、辐射环境监测等。

(3) 环境监测管理体系

美国环境监测管理体系是一个高度分散的、合作式的联邦体系,即联邦环保局牵头,负责制定环境法规、国家标准以及监测目标的实现。在地区层次上,环保局所辖机构包括华盛顿总部及在全国10个区域的分支,或称为地区办公室,另外设有若干环境分析实验室。地区办公室对其管辖的各州实施管理,代表环保局执行联邦环境法律、实施环保局各种项目,促进跨州区域性环境问题的解决。环境分析实验室的主要职责是负责发展分析监测技术、协助质量管理、进行技术指导、解决疑难分析问题、验证新的分析方法及技术等,承担绝大部分样品采集及分析任务。此外,美国环境监测工作涉及其他政府部门、民间团体、环境工程单位、环境分析实验室等。

水环境监测除环保局外,地质调查局、鱼类及野生动物服务局、国家海洋及大气管理局、国防部等均担负水环境监测任务;各州政府环保局及州地质调查局、卫生局也担负地区的水环境监测任务;民间单位,如大学、独立的第三方环保组织、各州水务公司等为本地区自发开展各类水体调查监测工作。除此之外,一些环保志愿者配合官方开展水质采样以及简单的物理、化学水质参数现场监测等工作。

大气监测方面,环保局华盛顿总部设有大气和辐射办公室,专门负责全国大气污染防治工作。环保局还组建并运行州、地方空气监测网络以及国家空气监测网络,监测环境空气质量标准中的指标污染物,评估空气质量。

环境监测规范方面,美国环保局组建若干环境分析测试技术研究中心,分别负责大气、水、土壤、固体废物、生物、噪声、辐射等环境监测技术规范、分析标准方法、质量保证和控制(QA/QC)体系的研究和制订工作,并根据不同监测对象和内容签订合同实验室。以QA/QC为例,它是由法律驱使及保障的,除联邦政府、环保局外,涉及环境监测项目的其他部门,各州政府都设有环境监测QA/QC的法律规范。具体环境监测项目都有各自一套QA/QC体系,包括系统设计—数据质量目标、项目质量保证计划、数据审核及确认、数据质量评价等。

2. 日本

(1) 环境监测主要公司

经过多年的发展,日本涌现出一批如岛津、HORIBA(堀场集团)、横河电机在内的知名环境监测企业。

岛津公司是日本著名分析仪器厂商,业务涵盖分析测试仪器、医疗仪器、航空产业机械等领域,并以光技术、X射线技术、图像处理技术三大核心技术为基础推出新产品。岛津在世界各地建有分公司与生产工厂,设立200多家代理商,构成巨大的销售和服务网络。岛津环境监测主要领域和产品包括:①在线水质分析,如在线TN(总氮)、TP(总磷)分析仪,在线TOC(总有机碳)分析仪,新一代紫外吸收法在线COD(化学需氧量)仪;②水、土壤、污泥等的TOC测定,如总有机碳分析仪;③烟道气分析,如在线式气体分析仪;④其他环境监测领域,如色谱、分光光度计,气相色谱质谱联用仪,光谱仪等。

HORIBA 是全球领先的分析与测量系统供应商,业务涉及汽车测试、科学仪器、过程和环境仪器、医疗诊断和半导体仪器等,环境监测主要关注汽车排放和烟道气测量、空气污染、水污染监控等。HORIBA 环境监测主要领域和产品包括:①大气污染成分分析,如空气污染分析仪;②烟气分析系统,如烟气排放连续监测系统 CEMS;③水质测量分析,如水质分析仪、高精度 pH(酸碱值)计、水质监测系统;环境放射线监测,如环境放射线监测仪。

(2) 环境监测管理体系

环境省是日本环境行政主管部门,地方自治体的都道府县也都设有环境监测部(局),开展大气和水质连续监测,其监测数据上报环境省。其他省厅,如国土交通省、厚生劳动省、农林水产省各司其监测职责。除政府部门外,还有许多社会机构参与环境监测,包括专业化的营利性环境监测组织、企业、社会公众等。

政府主要负责规则划定、综合监督和技术指导。政府部门按照职能不同分为环境保护、环境事业、环境技术支持 3 类。环境保护部门负责地方性环境监测法律法规的制定等工作;环境事业部门负责环境监测相关策略制定并负责与社会部门之间的协调与对接;环境技术支持部门对内负责环境监测标准、内容和范围的制定更新,对外负责环境监测认证、资质审核等技术支持。

社会机构主要承担监测职能。社会机构中的不同成分承担不同职能,而且社会机构职能的发挥大多依靠自觉。企业作为污染源,依照法律自觉开展内部污染监测和管理。社会技术组织与政府之间为委托和雇佣关系,承担政府在环境监测方面部分责任,主要行使公益性的环境监测职能;社会技术组织可向企业提供有偿环境监测及污染治理服务,同时向政府承诺透明、公正的环境监测与监督责任。社会公众对环境污染问题进行监督,发现环境污染与破坏等问题可向政府举报或投诉。

三、发达国家土壤修复动态

土壤污染是当前重要的环境问题之一,主要包括重金属污染、石油污染、化肥污染、农药污染等。土壤修复是对各种污染土壤治理和定向培育的过程,已成为当前环保工程的热点。

(一) 土壤修复技术进展

土壤修复技术是一项多学科的综合技术,涵盖化学、材料学、地质学、物理学、环境学、生物学等。发达国家土壤修复技术的研发历程大致分为 3 个阶段:20 世纪 80 年代以前,治理方式为物理、化学修复,修复技术主要采用挖掘填埋、客土法、稳定/固化、土壤气提、化学萃取;20 世纪 80 年代至 21 世纪初,治理方式为物理、化学和生物修复,修复技术主要采用 IMC(隔离、维护和控制)、淋洗、化学萃取、化学氧化还原、玻璃固化和热脱附;21 世纪以来,治理方式为物理、化学和生物修复,广泛关注高效低成本的修复方法,研究重点为植物修复及自然转移和衰减。

目前,已有的土壤修复技术达到一百多种,常用技术有十多种,大致可分为物理、化学和生物三种方法。

物理修复是通过各种物理作用过程将污染物从污染土壤中去掉或者分离的技术,局限性是能量消耗高、需要专门设备、处理成本高、工作量大,只能处理小面积的污染土壤。早期物理修复方法有焚



烧法、换土法以及隔离法等，目前这些方法一般应用于处理突发的紧急事件。现在出现一些经济可行的新技术、新工艺，包括：①电修复法。主要迁移作用有电渗析、电迁移、自由扩散和电泳等，具有经济效益高、不破坏现场生态环境以及接触毒物少的优点，更加适用于治理渗透系数低的密质土壤。②土壤气相抽提法。利用抽真空或注入空气产生的压力迫使非饱和区土壤中的气体发生流动，从而将其中的挥发和半挥发性有机污染物脱除。该法具有可操作性强、处理污染物的范围宽、可由标准设备操作、不破坏土壤结构及可回收利用废物等优点。③热脱附法。通过加热土壤到一定温度，使其中的有机物蒸发并与土壤相分离的过程。如加拿大某场地检测出多环芳烃类，氰化物以及其他无机、有机污染物，通过低热分离，使土壤中有机污染物物脱离，多环芳烃脱附率在 99% 以上，氯酚类去除率在 98% 以上。但该法需要消耗大量的能力并且容易破坏土壤中的有机质和结构水，同时还会向空气挥发有害蒸汽而造成二次污染。

化学修复通过土壤中的吸附、溶解、氧化还原、拮抗、络合螯合或沉淀作用，以降低土壤中污染物的迁移性或生物有效性。但化学法处理易破坏土壤团粒结构、处理成本高、存在二次污染的风险。常用方法有：①稳定/固化：稳定是在土壤中加入化学物质，将污染物转化为不易溶解、迁移能力小、毒性小的形式；固化是将含有重金属的污染土壤与固化剂按照一定比例进行混合，形成渗透性较低的固化物。如中国农业科学院试验站连续多年开展利用新型钝化阻抗剂治理镉污染土壤的大田应用研究，主要目标是利用钝化阻抗剂降低常见蔬菜中的镉含量。稳定/固化技术的优点是技术成熟可靠、安全、排放少、处置成本较低，缺点是将污染物固定在混合体内而非去除，土壤内污染物总量未得到削减。②萃取法：使用有机溶剂对石油污染的土壤中的原油进行萃取、分离，回收油用于回炼，分离的溶剂可循环使用，适用于受油污浓度较高的土壤。③淋洗法：受到污染的土壤经过清水淋洗液或含有化学助剂的水溶液淋洗出污染物。如加拿大某场地发现酚类等油类有机污染物，将污染河段砂石、土壤挖出后置于淋洗装备中洗涤，再通过沉淀、过滤、吸附等步骤处理，最终污染砂石及土壤达到修复目标。

生物修复是利用生命代谢活动使污染的土壤恢复到健康状态，具有快速、高效、费用低、易于管理与操作等优点，是一种绿色、环境友好修复技术，但存在过程缓慢、污染物降解的有些中间产物有毒性、场地条件和环境因素对修复效率影响大、修复效果不稳定等局限。主要有三类：①微生物修复。利用土壤中某些微生物对一种或多种污染物具有沉淀、吸收、氧化和还原的作用来降低土壤重金属的吸收，修复被污染的土壤和降解复杂的有机物。如意大利某地区土壤中轻质烃、重质烃、矿物油和重金属等超标，采用微生物修复技术有效修复约 8500 立方米受石油烃污染的土壤。但该技术很难同时修复多种复合重金属污染土壤、应用难度较大。②植物修复。利用能够富集重金属的植物清除土壤重金属污染，可以分为植物提取、植物挥发、植物稳定和植物降解 4 种类型，其中植物提取修复是应用最多、最有发展前景的技术。植物修复更接近自然生态，具有投资少、修复周期短且无二次污染等优点。在植物修复技术基础上，辅以化学、微生物等修复技术提高综合效率，是未来植物修复的研究方向。③动物修复。通过土壤动物群修复受污染的土壤，分为直接作用（吸收、转化和分解）和间接作用（改善土壤理化性质，提高土壤肥力，促进植物和微生物的生长）。

虽然土壤修复技术很多，但各种方式各有优势和适用范围，而且，没有一种修复技术可以针对所有污染土壤，大多数修复技术对土壤或多或少会产生副作用。为了克服单一方法的缺点，发挥不同修

复技术的长处,研究土壤污染综合修复技术,开发物理、化学和生物联合修复工艺显得尤为重要。目前土壤污染修复技术还在探索中发展,多种污染物复合或混合污染土壤的组合式修复以及多技术、多设备协同的场地土壤—地下水一体化修复是发展趋势。

(二) 土壤污染治理相关法律

世界各国都重视对土壤治理技术的研究。许多国家对土壤环境保护进行立法,尤其是发达国家已建立起较为全面的土壤污染修复治理法律法规体系和技术标准。

日本是世界上土壤污染防治立法较早的国家。日本以《环境基本法》为基础,从农用地和城市用地两个方面构建土壤污染的基本法律框架。1970年,颁布针对农用地保护的《农用地土壤污染防治法》,并多次进行修订。2002年,颁布《土壤污染对策法》,详细规定工业用地被污染后的治理方法,弥补城市用地土壤污染防治法律方面的空白。《土壤污染对策法》也多次进行修订,并颁布《土壤污染对策法施行令》《土壤污染对策法实施规则》等一系列法律法规细化落实。日本还制定实施《土壤污染环境标准》等土壤污染及地下水污染的监测标准。

美国与土壤污染防治相关的立法主要是1980年颁布的《综合环境反应、赔偿与责任法》,制定的直接起因是拉夫运河事件,通过建立“超级基金”来管理清理或缴纳清理污染土壤的费用,并且将资金用于一些暂时无法进行追偿的污染土壤的清理工作,因此该法案又名《超级基金法》。《超级基金法》的原则是“谁污染、谁负担”,实行严格、连带和具有追溯力的责任。这部法律对于快速有效解决美国污染地块的治理与修复问题起到非常明显的作用,震慑了土壤的可能污染者。除此之外,美国还制定《超级基金增补和再授权法案》《棕色地块法》《小型企业责任免除和棕色地块振兴法案》等补充法案,《固体废物处置法》《清洁水法》《安全饮用水法》《有毒物质控制法》等辅助法案。

荷兰是欧盟最先拥有土壤保护专门立法的国家。1970年就开始起草《土壤保护法》,1982年制订《暂行土壤保护法》,1986年《土壤保护法》制订完成。1994年,荷兰将《土壤保护法》和《暂行土壤保护法》两部法律合并为新的《土壤保护法》。该法又多次进行修订,并整合此前制定的各种零散的土壤保护法案、决议和判决等,形成较为系统、全面的新的《土壤保护法》。2008年生效的《土壤质量法令》设立土壤修复目标值和干预值,建立起新的土壤质量标准框架。

德国政府于1985年制定联邦土壤保护战略,将土壤保护作为环境保护的重点工作,污染预防则成为土壤保护的重中之重。20世纪90年代末,出炉专门的土壤保护法律《联邦土壤保护法》和《联邦土壤保护条例》。《联邦土壤保护条例》根据不同土壤类型,为其中污染物含量划定不同界限,确定土壤污染治理的责任人和相关费用的承担方。除了专门的土壤保护法律,德国的垃圾处理、采矿、排放物控制等法律法规也包括土壤污染防治的内容。

从各国土壤污染治理立法体例上看,既有专项立法,也有分散立法。专项立法是将土壤环境保护和污染防治的相关内容作为单行法规进行立法,如日本、荷兰、德国等;分散立法是没有专门的土壤环境保护或土壤污染防治的法律,但多在《环境保护法》中设专章规定土壤环境保护或土壤污染防治的内容,如美国。专项立法已经成为世界土壤污染防治立法的潮流。从立法进程看,由于认识和经济水平等原因,各国土壤环境保护立法多采用多次修订的方式,逐步完善土壤污染控制的具体环节,不断强化土壤污染控制,同时培育与立法进程相适应的土壤污染修复产业。



（三）土壤污染风险管控

规范有序的调查评估是土壤污染管控的前提和基础。发达国家将风险意识贯穿土壤环境管理的全过程，建立土壤污染风险评估方法，指导污染土壤的调查、监测和修复。

日本对可能存在污染的土壤开展调查与评估，调查中发现污染物质，且浓度超过土壤质量标准，则将这一地块划定为污染区，登记在指定污染区登记簿中，并可供公众查阅。根据公众健康危害风险存在与否，日本将污染区分为两类：一类是需治理污染区，另一类是改变土地利用形态时需报告的污染区（需报告区）。在采取治理措施消除对公众健康危害的风险后，需治理污染区可以变更为需报告区。只有采取治理措施将污染降低到法定标准以下才可以将污染区从登记簿中删除。

美国《超级基金法》规定的土壤污染调查和修复包括一系列程序：经过发现、筛选的地块录入“超级基金场地管理信息系统”；运用“危险分级系统”对地块进行评分，超过一定分值就录入“国家优先清单”；随后进行修复调查和可行性研究，形成“修复决定记录”，并对外公开。“修复决定记录”包含地块使用历史、地块描述、地块特性、公众参与、执法活动、过去和现在的活动、受污染的介质、存在的污染物、响应行动的范围和作用、所选择进行治理的修复措施等信息。针对不同用地方式，美国采用风险评估的模式，计算每个污染地块的修复目标值。美国还根据住宅、商业/工业等不同用地方式颁布技术标准，以经济有效控制污染地块的开发风险，如旨在保护人体健康的《土壤环境风险筛选值》，旨在保护生态受体安全的《土壤生态筛选导则》等。

在欧洲，荷兰《暂行土壤保护法》基于土壤背景值和专家经验提出最初的 A、B、C 土壤标准值体系；根据工业用地、农业用地、居住用地和商业用地等不同土地利用方式，确定土壤污染物的目标值和干涉值；只对超过干涉值的土壤进行修复，将受到污染但没有超过干涉值的土壤纳入可持续土地管理。德国 1986 年开始进行土壤状况检测，目前在 16 个联邦州共建立约 800 个监测点，按全国统一标准取样并监测土壤物理、化学及生物特性，每隔几年在已取样地点重复取样，以了解土壤变化情况和趋势。德国还设立土壤信息综合数据库系统，收集并分析土壤地质学数据、土壤发展趋势以及污染物数据等，为联邦和各州制定土壤污染预防和治理措施提供支持，这些信息也都对公众公开。

从发达国家经验看，对于不同污染地块，普遍的做法是结合具体地块条件、规划用地方式等，开展污染土壤的风险调查和评估，并依据污染程度的不同以及用地方式的不同，确定污染地块土壤的修复目标值。建立污染地块管理信息系统，对污染地块实施分类和动态管理也是发达国家的通行做法。同时，注重对污染地块使用历史、受污染介质、修复措施等信息的公开，强化对污染地块的环境监督及公众参与。

（四）土壤修复资金筹措

土壤污染治理与修复需要投入的费用较高，发达国家主要遵循“污染者付费”的原则，同时拓宽资金来源渠道，采用政府拨款、政府补贴、借助市场机制等多渠道筹措土壤污染治理与修复资金。

日本污染防治费用主要体现在“原因者负担”“受益者分担”两个原则，即原因者与受益者共同负担。一方面，为防止发生公害与实施自然保护而采取措施所产生的费用公平分担给相关企业，另一方面，也由措施实施后的受益者分担一部分费用。政府和地方公共团体则相互协作，给予必要的财政支持。

为了促进对具有商业价值的地块开发，美国提出“棕地（被污染的老工业用地）开发”的土壤环境管理模式，国家为受到污染而没能得到有效开发的土地提供各种补贴和政策优惠，鼓励企业进行土壤修复和土地开发。《超级基金法》规定责任主体对于土壤治理费用的承担实行严格责任和连带责任，且责任具有追溯力。严格责任指只要排放危险物质都要承担责任，连带责任即对于多个责任主体，可向任何一个主体追偿全部治理费用。除了从污染责任者追讨修复和管理费用外，“超级基金”资金还源于国内生产石油和进口石油产品税、化学品原料税、环境税以及常规拨款等。从设立“超级基金”至今，美国“棕地”清理修复费用大约 70% 由责任者支付，每块地修复时间一般在 10 年至 20 年。截至 2016 年 4 月，美国“国家优先清单”名单上还有 1328 块“棕地”，有 391 块“棕地”从名单上删除。

英国污染地块修复费用按照“污染者付费”的原则由污染者承担，在污染者无法找到的情况下，修复费用由土地所有者或业主承担。除政府用税收承担土壤修复成本外，地方授权机构和英国环境部还会获得其他资助，用于土壤调查和污染修复。在加大财政对土壤污染防治投入的同时，英国政府也重视借助市场机制修复污染土地。由于土地污染信息公开，许多土地所有者或开发商自愿修复污染土地，使其达到土地质量标准，以增加地块的市场价值。英国政府还采取补贴等措施鼓励农民进行土地环境保护。

德国对污染地块治理实行“谁污染、谁付费”原则，对于无主土地，先由政府垫钱修复，然后调查污染始作俑者，最终确定污染者进行治理或者支付费用。如果污染企业无力治理，即使向政府提出申请并获得批准，仍要承担 10% 的费用，其余 90% 的费用由联邦政府和州政府共同承担。从实际情况来看，只有少数企业获得政府资助。针对历史遗留的矿区环境问题，德国联邦政府成立矿山复垦公司专门从事矿山恢复工作，复垦所需资金按照联邦政府 75%、州政府 25% 的比例分担。

四、主要环保设备企业及其产品

环保设备企业大致可以分为专业环保设备公司和大型垄断企业中的环保设备分部或子公司两种形式。专业环保设备公司集科研、设计、制造、安装于一体，如专业提供水质分析的美国哈希公司。大型垄断企业中的环保设备分部或子公司可为石油、化工、冶金、造船等设备配套提供环保设备和服务，技术比较全面，具有很强竞争优势，如西门子、东芝等。

（一）哈希

美国哈希公司（HACH）创立于 1947 年，总部设在美国科罗拉多州，是水质分析解决方案提供商。1999 年，哈希公司加入美国 Danaher（丹纳赫）集团，成为 Danaher 集团下属的一级子公司。

哈希作为水质分析仪器仪表供应商，旗下拥有许多知名品牌，工厂分别位于美国、德国、瑞士、法国和英国，也在中国建立了生产基地。

1. 提供全系列水质分析技术和产品

在水质分析领域，哈希产品分析手段多样化，技术水平和市场覆盖都具有杰出表现。其全系列产品包括实验室分析仪、便携式分析仪、在线分析仪、水质自动采样器、流量计等，为纯水 / 超纯水、饮用水、市政污水、工业废水、工业循环水、环境监测以及高校科研等各个领域的用户提供优质的水



质监测解决方案。

哈希注重技术革新，致力于为用户提供高精度的仪器和专家级服务，公司在美洲、欧洲和亚洲都有强大的研发团队，获得专利 500 多项，覆盖 130 多个专利族，有 100 多种哈希测试方法被美国 EPA 所认可。其 LDO 荧光法溶解氧测定技术是水质分析领域内的一项重大突破，Guardian Blue 管网水质监测系统获得 R&D 杂志评选的 100 个重要技术研发新产品大奖之一，总有机碳分析仪可以有效解决污水处理厂含油、含盐、悬浮物、颗粒物等高量程、水质复杂、难于检测和处理等技术难题。

近年来，哈希对水质分析检测投入极大财力，不断并购国际知名品牌，吸收更多先进技术，形成以哈希、OTT、XOS、特洁安、Sea-Bird Coastal 五大品牌为支撑的丹纳赫水业务平台，全面提升整个产业链的附加价值。完整的水质分析解决方案囊括江河湖海水、饮用水、市镇污水、工业用水和工业污水等几乎所有的水质领域，为水质环境的改善、分析做出贡献。以哈希 NH4D sc 氨氮分析仪为例，在市政污水、工业过程水中主要可应用于三种工况：①市政污水处理厂的氨氮浓度趋势的监测。在脱氮除磷的工艺控制上，通过监测硝化池出水的氨氮含量，调整氧气的设定点，保证稳定的硝化过程。②生活污水处理厂的曝气池氨氮浓度监测，配合溶解氧的测量，用于反控曝气量的大小。③工业过程水中离心、分离、过滤后的水样的氨氮浓度的趋势监测。

2. 注重开发适合中国用户需求的产品

当前，中国对环境发展所需仪器种类和性能提出更高要求，中国市场已经成为哈希公司发展不可或缺的一环。

为了更贴近中国市场，更好满足中国用户的需求，帮助用户解决在水质监测领域面临的问题，哈希已经开始产品本地化工作，使得产品的交货期缩短并可以享受便捷及时的售后服务支持。哈希专为中国市场量身定做 CODmax 铬法 COD 分析仪、1900C 便携式浊度仪和 DR1010 COD 测定仪等产品。

哈希正不断开发适合中国市场的新产品以满足中国水质分析的特殊需要，全面提升为中国客户提供整体解决方案的能力。目前，哈希在中国不仅建立研发和生产基地，还拥有 100 多人的技术服务团队，维修服务网络遍布北京、上海、广州、重庆、成都、武汉、西安、济南等地。2015 年，哈希中国制定多个标准化的服务合同产品，另外，根据客户反馈意见，哈希已着手产品培训、比对验收、定制化客户服务等新服务的开展。

（二）东芝

东芝集团创立于 1875 年，是一家有着悠久历史的知名跨国企业，业务范围广泛，涉及数码产品，电子元器件、社会基础设施建，家用电器等领域，几乎囊括生产生活的各个方面。目前，东芝将能源、社会基础设施和半导体存储确立为重点业务领域，在大力推动变革的基础上，努力打造能够在全全球竞争中取胜的事业结构。

东芝从企业发展角度考虑，认为经营不只是销售环节，而是包括设计、生产、销售，直到产品寿命结束的回收等全生命周期。在这种经营方针指引下，东芝致力于节能环保产品的研发，走上企业可持续发展的道路。

1. 二氧化碳分离回收设备入选日本实证项目

二氧化碳分离回收技术（Carbon dioxide Capture and Storage, CCS）是从排出二氧化碳的设备中分

离、回收、储存二氧化碳的技术。使用这个技术可以减少、回收并储存从火力发电厂烟气中释放的二氧化碳。

东芝使用化学吸收法，根据运行条件使用具有选择性吸收、释放二氧化碳特性的吸收液。火力发电厂中产生的尾气被引至吸收塔，尾气中的二氧化碳被吸收，吸收液呈二氧化碳富状态。该液体被引至再生塔，通过加热释放出二氧化碳，返回到二氧化碳贫状态，在吸收塔中再次吸收二氧化碳，如此构成连续分离回收火力发电厂烟气中二氧化碳的系统。燃烧后回收技术不仅用于燃煤火力，也适用于燃油火力、燃气火力、燃气联合循环、生物质火力等各种产生二氧化碳的机组。此外，不仅是新建电厂，已建电厂也同样可以安装 CCS 系统。由于可以任意设定二氧化碳回收量，所以 CCS 系统可以适应市场的多样化需求。

针对世界市场和顾客对 CCS 的需求，东芝在向客户提供二氧化碳分离回收技术的同时，也对设备规划、研究和评估，以向发电机组提供高性能且最优化的二氧化碳分离回收技术。2009 年 9 月，东芝在位于福冈县大牟田市（株）sigma power 有明三川发电厂建设二氧化碳回收量 10 吨 / 日规模的试验机组，进行二氧化碳分离系统的开发、改良及验证。2011 年在保加利亚进行以二氧化碳分离回收的未来应用为前提的超临界燃煤火力发电设备的可行性研究。

2016 年 7 月，东芝入选日本环境省“环保型 CCS 实证项目”。该实证项目的实施期间是 2016 年度至 2020 年度，东芝将在 Sigma Power 有明三川发电厂建设可对 500 吨以上二氧化碳实施分离及回收设备，这一处理量相当于该发电厂每天排放二氧化碳的 50%。另外，三川发电厂还在更换支持生物质发电的设备，计划到 2020 年完成设备更新时，建成全球首座对生物质发电站所排放的二氧化碳实施分离及回收的大型 CCS 实证设备。通过此次实证业务，运用东芝在该发电厂的中试设备，在 2020 年度之前使 CCS 技术投入使用。

2. 拥有先进的水处理设备 & 监控系统

东芝拥有先进的水处理技术与装备，提供适宜的水处理监控系统。

沼气发酵生物反应（UASB 型）。沼气发酵生物反应处理工艺具有经济、有效利用能源、方便管理等特点，可以实现高浓度有机废水的高效率低成本处理，而且在处理废水过程中产生的生物气体可以通过发电机或者锅炉转换成电能或热能，从而实现资源循环利用。该处理系统特别适合于食品加工厂等排出的有机物浓度较高（BOD 质量浓度 2000 毫克 / 升以上）的废水处理。

给排水监控系统 TOSWACS-V。TOSWACS-V 监控系统凝集东芝在给排水处理领域的长期经验，是以方便、实用、能够不断扩展为理念而开发的专业水处理监控系统，具有广泛灵活的网络适应性、方便扩展和更新内容等特点，使水厂的管理和维护更方便。

水质预警仪。采用对有毒有害物质敏感的微生物（铁氧化菌），对于混入供水系统中的有毒有害物质极其敏感，适应于各种不同水质的水源，可以连续 24 小时不间断监测并发送水质异常的警报。该装置可在 30 分钟以内检测出浓度为 0.05 毫克 / 升的氰化物，是一种主导日本乃至世界技术潮流的尖端水质预警仪。

臭氧发生器。臭氧有仅次于氟的强氧化能力，可以按照用途和目的达到处理水的效果。根据原料气体的供给装置、冷却装置、排臭氧分解装置等机器构成及反应设备的形态、处理对象、处理能力、安装地点的不同，系统的构成也不尽相同。产品系列包括 WOM-A、WHO-A、WHO-U、WOM-B、



WHO-V、WHO-B，产生臭氧浓度从 20 克 / 立方米到 150 克 / 立方米。

（三）西门子

西门子股份公司创立于 1847 年，是全球领先技术企业，业务遍及 200 多个国家，专注于电气化、自动化和数字化领域。作为世界最大的高效能源和资源节约型技术供应商之一，西门子在高效发电和输电解决方案、基础设施解决方案、工业自动化、驱动和软件解决方案、医疗成像设备和实验室诊断等领域占据领先地位。

近年来，西门子致力于提供更有效利用能源的解决方案，利用智能产品和系统为全球节能和环保业务提供创新解决方案，并且尽可能高效地利用现有原材料，使能源运营更高效、可持续和环保。

1. 为发电厂提供碳捕集技术和设备

节约资源和减少污染是当今火力发电厂不断追求的目标。西门子碳捕集技术包括将火力发电厂使用的燃料气体中的二氧化碳移除，也包括气化炉技术和燃烧前碳捕集技术，提供整条处理链——从发电到废气处理和二氧化碳分离，以及在管道输送中的二氧化碳压缩。

燃烧前碳捕集。西门子整体煤气化联合循环解决方案（IGCC）可从原料煤转化而成的合成气中捕获碳，在气体进入燃气轮机前，捕获的二氧化碳即可以被存入地下，使电厂对环境造成极小的污染。同时，又能够共燃低品质燃料，如低品位煤、精炼厂剩料、废料和生物燃料。通过碳捕集，整体煤气化联合循环电厂可以完全满足低碳的能源需求。使用合成气 / 氢气的燃气轮机可以达到非常高的效率等级。西门子气化燃料技术全面且专业，保证 IGCC 电厂达到最优设计，不仅确保电厂保持极高的效率和极低的排放，也可最大化整个生命周期的供电量和可靠性。

燃烧后碳捕捉。燃烧后碳捕集是将二氧化碳从火力发电厂排放的废气中分离出来，通过燃烧后碳捕集技术可以减少二氧化碳排放。西门子利用专有技术，使用氨基酸盐配方的 PostCap 处理进行燃烧后碳捕集。燃烧后碳捕集可以应用于新电厂，也可以对现存电厂进行升级改造。此外，新建电厂可以进行碳捕集预设计，在未来升级改造中实现燃烧后碳捕集。

2. 提供先进的污水处理技术和设备

西门子拥有专业软件与自动化技术，提供先进的污水处理设备和加工技术，可为污水处理厂保驾护航。

污水处理工厂内的各种净化步骤（从栅房到澄清器）相互配合，通过设备的合理使用，能确保净化的高纯度。西门子过程仪器品种齐全，部件精度高，在净化过程中起到重要作用。其过程控制系统不仅可收集需要的信息，也可以将信息用于过程控制和优化，还可用于维护和修理。

在供水与污水处理行业，对当前需求和特定需求进行快速响应至关重要。西门子作为系统集成商，可对标准系统进行快速调整，以满足客户的各种特定需求；作为操作工程师，可使系统提示更为简洁直观，真正实现防患于未然。凭借为不同行业定制的各种块库，西门子专为过程控制系统和可视化系统推出高效的过程组态辅助工具和附加组件，创建各种水处理特定应用的预组态模块，开发形成污水处理厂全集成自动化解决方案，具有经济实用、性能稳定、操作维护方便等优势。

西门子工厂自动化工程有限公司（SFAE）在中国的污水处理项目有沈阳仙女河污水处理厂自控系统、上海松江东北部污水处理工程自控系统、芜湖城东污水厂自控系统等，力求以最优化的自控方案

满足工艺要求,如沈阳仙女河污水处理厂采用国际先进的生物滤池法工艺,具有占地面积小、污水停留时间短、处理效率高、节省投资等特点。

主要参考文献

- [1] PwC. The Low Carbon Economy Index 2016 [R]. 2016.11
- [2] Yole Développement's. Gas Sensors Market and Technology Trends [R]. 2016.10
- [3] “一带一路”国家瞄准绿色经济·低碳地产 [J]. 2016(1): 28-29
- [4] 蒋火华 席俊清 吴怀民 白璐. 日本的环境监测. 环境监测管理与技术 [J]. 2003(5): 44-46
- [5] 高桥康夫. 日本的环境监测. 中国机构改革与管理 [J]. 2017(3): 35-36
- [6] 徐铁兵 梁静 孙玉艳. 几种典型的土壤污染修复技术综述. 价值工程 [J]. 2013(14): 313-314
- [7] 2017年国际环保产业基本情况统计及前景趋势分析预测 http://www.sohu.com/a/120449607_131990
- [8] 2016年世界科技发展回顾(能源环保篇) <http://www.ccchina.gov.cn/Detail.aspx?newsId=65912>
- [9] 节能环保产业市场分析:全球500强凭何抢占制高点? <http://ecep.ofweek.com/2015-03/ART-93008-8420-28941895.html>
- [10] 国外智慧环保有哪些具体应用案例 <https://sanwen8.cn/p/453OSKg.html>
- [11] 美国环境监测市场分析 <http://www.instrument.com.cn/news/20160328/187335.shtml>
- [12] 发达国家土壤环境管理经验值得借鉴 http://news.xinhuanet.com/2016-06/01/c_1118969606.htm
- [13] 张涛 陈明功. 土壤污染修复技术分析及其应用案例 [J]. 广东化工, 2016(23): 60,68
- [14] 哈希公司网站 <http://www.hach.com.cn/>
- [15] 西门子公司网站 <https://www.siemens.com/global/en/home.html>
- [16] 东芝集团网站 <http://www.toshiba.com.cn/>

本章撰写:崔晓文



第十章

世界新材料产业发展动态

一、世界新材料产业总体发展态势

(一) 世界各国纷纷出台新材料战略计划

近年来，众多国家和地区制定并发布一批与新材料相关的战略计划。其中，美国于2009年、2011年和2015年三次发布《美国国家创新战略》，清洁能源、生物技术、纳米技术、空间技术、健康医疗等优先发展领域均涉及新材料；2012年制定《先进制造业国家战略计划》进一步加大对材料科技创新的扶持力度；欧盟先后发布《欧盟能源技术战略计划》《能源2020战略》，均包括低碳材料，在“地平线2020”计划中对多个领域先进材料科技创新提供相关支持；日本将创新制造工艺和先进材料开发实现深度节能列为重点推进的技术创新领域之一；巴西、印度、俄罗斯等新兴经济体采取重点赶超战略，在新能源材料、节能环保材料、纳米材料、生物材料、医疗和健康材料、信息材料等领域制定专门规划，力图在未来国际竞争中抢占一席之地。值得注意的是，多个国家和地区对能源材料都极为重视，组织筹划国家重点研发计划重点专项（表10.1）。

中国对新材料产业的关注度也非常高，国务院《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》提出要发展新材料提质和协同应用工程；加强新材料产业上下游协作配套，在航空铝材、碳纤维复合材料、核电用钢等领域开展协同应用试点示范，搭建协同应用平台；工业和信息化部出台《中国制造2025》，明确提出新材料是十大重点发展领域之一；国家发展和改革委员会发布增强制造业核心竞争力三年行动计划（2015—2017），其中新材料（高性能纤维及应用）是行动计划中七大重点领域之一；科技部发布《新材料产业发展指南》，其中提出三大领域：先进基础材料、关键战略材料、前沿新材料。

表 10.1 世界各国和地区有关新材料领域的战略计划

国家和地区	发展计划	涉及新材料相关领域
美国	先进制造业国家战略计划、重整美国制造业政策框架、先进制造伙伴计划 (AMP)、纳米技术签名倡议、国家生物经济蓝图、电动汽车国家创新计划 (EV Everywhere)、“智慧地球”计划、大数据研究与开发计划、下一代照明计划 (NGLI)、低成本宽禁带半导体晶体发展战略计划	新能源材料、生物与医药材料、环保材料、纳米材料, 先进制造、新一代信息与网络技术和电动汽车相关材料, 材料基因组, 宽禁带半导体材料
欧盟	欧盟能源技术战略计划、能源 2020 战略、物联网战略研究路线图、欧洲 2020 战略、可持续增长创新、欧洲生物经济、“地平线 2020”计划、彩虹计划、OLED100.EU 计划、旗舰计划	低碳产业相关材料、信息技术 (重点是物联网) 相关材料、生物材料、石墨烯等
英国	低碳转型计划、英国可再生能源发展路线图、技术与创新中心计划、海洋产业增长战略、合成生物学路线图、英国工业 2050	低碳产业相关材料、高附加值制造业相关材料、生物材料、海洋材料等
德国	能源战略 2050: 清洁可靠和经济的能源系统、高科技战略行动计划、2020 高科技战略、生物经济 2030 国家研究战略、国家电动汽车发展规划、工业 4.0	可再生能源材料、生物材料、电动汽车相关材料等
法国	环保改革路线图、未来十年投资计划、互联网: 展望 2030 年	可再生能源材料、环保材料、信息材料、环保汽车相关材料等
日本	新增长战略、信息技术发展计划新国家能源战略、能源基本计划、创建最尖端 IT 国家宣言、下一代汽车计划、海洋基本计划	新能源材料、节能环保材料、信息材料、新型汽车相关材料等
韩国	新增长动力规划及发展战略、核能振兴综合计划、IT 韩国未来战略、国家融合技术发展基本计划、第三次科学技术基本计划	可再生能源材料、信息材料、纳米材料等
俄罗斯	2030 年前能源战略、2020 年前科技发展、国家能源发展规划、到 2020 年生物技术发展综合计划、2018 年前信息技术产业发展规划、2025 年前国家电子及无线电电子工业发展专项计划、2030 年前科学技术发展优先方向	新能源材料、节能环保材料、纳米材料、生物材料、医疗和健康材料、信息材料等
巴西	低碳战略计划、2012—2015 年国家科技与创新战略、科技创新行动计划	新能源材料, 环保汽车、民用航空、现代生物农业等相关材料
印度	气候变化国家行动计划、国家太阳能计划、“十二五”规划 (2012—2017 年)、2013 科学、技术与创新政策	新能源材料、生物材料等
南非	国家战略规划绿皮书、新工业政策行动计划、2030 发展规划、综合资源规划	新能源材料、生物医药材料、航空航天相关材料等

资料来源:《中国战略性新兴产业发展报告 2017》, 2016

(二) 材料行业并购审查日益严格

自 2015 年开始, 国际上对企业之间收购并购交易的审查日益审慎, 原定于 2016 年完成的一些特大型并购交易不得不延期, 由于不同国家监管机构在大型交易案件中合作越发密集, 来自某个国家的反对意见有可能影响到世界其他国家监管机构对该事件的态度。此外, 鉴于美国特朗普政府政策的不确定性、英国脱欧等一系列因素, 未来并购交易的监管审查预计会更加严格。

以陶氏化学—杜邦公司并购案为例, 该并购于 2015 年 12 月启动, 已数度推迟, 由于杜邦陶氏合并案成功后会形成世界上最大的化学公司, 基于反垄断的考虑, 欧盟委员会和美国反垄断机构都在数次延期之后给出有条件的批准方案, 该并购案预计可以于 2017 年完成; 再如于 2016 年 9 月 14 日宣布的德国历史上最大的并购案——德国制药和农化公司拜耳孟山都一案, 拜耳旗下主要包括医药保健、



作物科学、材料科技三大主要业务，孟山都是一家跨国农业公司，既是全球最大的种子公司，也是转基因种子的最大生产商，该并购一旦成功将会改变农用化学品行业的格局，需要通过约 30 个国家的反垄断审查，预计于 2017 年年底完成，预计该并购将面临延期。中国最大的化工企业中国化工收购先正达一案经过相关国家政府的严格审批，两方企业主要业务分别涉及材料科学、生命科学、高端制造、基础化工和农业化学品领域。该并购最终通过美国外国投资委员会（CFIUS）等 11 个国家的安全审查机构和美国、欧盟等 20 个国家和地区反垄断机构的审查，历时一年半。

（三）高端材料寡头垄断现象显著

目前，多家知名化工材料企业凭借其技术研发、资金和人才等优势不断向新材料领域拓展，在高附加值新材料产品中占据主导地位。

如信越、SUMCO、Siltronic、SunEdison 等企业占据国际半导体硅材料市场份额 80% 以上。半绝缘砷化镓市场 90% 以上被日本的日立电工、住友电工、三菱化学和德国 FCM 所占有。陶氏化学、通用电气、Wacker 公司和 Rhone-Poulenc 公司及日本一些公司基本控制全球有机硅材料市场。杜邦、大金、Hoechst、3M、Ausimont、ATO 和 ICI 等 7 家公司拥有全球 90% 的有机氟材料生产能力。美国科锐（Cree）公司的碳化硅衬底制备技术具有很强市场竞争力，飞利浦（Philips）控股的美国 Lumileds 公司的功率型白光发光二极管国际领先，美、日、德等国企业拥有 70% 的发光二极管（LED）外延生长和芯片制备核心专利。小丝束碳纤维的制造基本被日本的东丽纤维公司、东邦公司、三菱公司和美国的 Hexel 公司所垄断，而大丝束碳纤维市场则几乎由美国的 Fortafil 公司、Zoltek 公司、Aldila 公司和德国的 SGL 公司所占据。美铝、德铝、法铝等世界先进企业在高强高韧铝合金材料的研制生产领域居世界主导地位。美国的 Timet、RMI 和 AllegenTeledyne 三大钛生产企业是世界航空级钛材的主要供应商。

（四）材料循环利用问题受到日益关注

新型材料的回收问题日益成为关注重点，尤其是车辆用碳纤维复合材料、包装用生物塑料、增材制造材料等材料的循环再利用。美国 Lux 市场研究公司发布的《材料回收领域风险投资活动趋势观察》显示，在“循环经济”技术创新中，材料回收创新技术获得大部分资助，用于将废弃物转化为能源或有价值的产品。从 2011 年到 2016 年第一季度，“循环经济”创新技术共获得 6.68 亿美元的资助，其中材料回收技术占 69%，占 155 份资助合约数量的 65%。废弃物转换能源技术占总资助的 16%，其次是废水处理技术。在材料回收技术方面，废弃物处理技术资金超过 48%，资助合约数量占 42%。废弃物收集技术位居第二，资金和资助合约数量都占 36%。废弃物处理中最主要的技术针对具体材料的专用技术，而废弃物收集已经将技术重点转换到软件和数据分析方面。

二、电子信息材料

（一）半导体材料

1. 半导体材料市场走高

根据国际半导体产业协会（SEMI）公布的数据，2016 年全球半导体材料市场规模较 2015 年提高

2.4%，收入增长 1.1%。其中，晶圆制造材料市场为 247 亿美元，封装材料市场为 196 亿美元。相较 2015 年晶圆制造材料市场的 240 亿美元及封装材料市场的 193 亿美元，分别增加 3.1% 及 1.4%。地区方面，中国台湾以 97.9 亿美元的市场规模，连续第 7 年成为全球最大半导体材料地区，韩国与日本仍维持第二及第三名，中国大陆排名则提升至全球第四。中国大陆、中国台湾与日本是增长最快的市场，欧洲、其他地区与韩国的材料市场仅微幅增长，北美则呈现萎缩状态（表 10.2）。

表 10.2 2015—2016 年全球半导体材料市场规模

地区	市场规模 / 亿美元		增长率 / %
	2015 年	2016 年	
中国台湾	9.42	9.79	3.9
韩国	7.09	7.11	0.2
日本	6.56	6.74	2.8
中国大陆	6.08	6.53	7.3
其他地区	6.09	6.12	0.6
北美	4.97	4.90	-1.4
欧洲	3.07	3.12	1.5
总计	43.29	44.32	2.4

资料来源：SEMI，2017.4

在全球晶圆代工厂等厂商产能扩张、技术提升等因素的带动下，2017 年全球半导体市场景气度持续上行，根据国际半导体产业协会和日本半导体制造设备协会（SEAJ）分别发布的北美半导体设备制造商接单出货比值（Book-to-Bill ratio）和日本半导体设备制造商接单出货比值显示，自 2016 年初以来，全球半导体制造设备厂商的订单需求十分旺盛。2016 年中北美接单出货比值和日本接单出货比值分别有 10 和 11 个月不低于 1，说明中游生产厂商增加设备投入和资本开支的意愿非常强烈，看好行业未来 2-3 年的发展前景，半导体材料需求呈顺势走高态势。

2. 半导体材料行业并购频现

2016 年全球半导体材料行业并购案达 46 起，台湾地区的环球晶圆成功并购 SunEdison Semiconductor，合并后环球晶圆的市场占有率达到 17% 左右，仅次于日本信越及 Sumco，成为全球第三大半导体硅晶圆制造商。Infineon 收购科锐（Cree）分拆的 Wolfspeed 对产业格局影响非常大，Wolfspeed 过去三十年来一直属于 Cree 公司，是碳化硅功率器件和碳化硅基氮化镓射频功率解决方案的主要供应商之一，这次收购与 Infineon 在 2015 年初收购国际整流器公司所获得的技术和资源形成良好互补，Infineon 公司因此掌握多项碳化硅器件制造工艺，成为该领域的市场领先者。

半导体巨头均逐步完成从材料、器件、模组和系统解决方案全产业链的贯通。这一轮半导体材料企业并购反映出电子信息产业在全球化趋势下，以往的供应商与客户关系、供应商之间的竞争关系都面临全新的挑战，有些选择退出半导体领域，有些则寻求多元化经营以分散风险。

3. 第三代半导体材料发展势头迅猛

第三代半导体材料是以碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）和氮化铝（AlN）等为代表。其相比于第一、二代半导体，具有宽带隙、高导热率、高临界击穿电压、高抗辐射能力、高电子饱和速率等优点，是制作大功率、高频、高温及抗辐射电子器件的理想材料。目前 SiC 和 GaN 材料的生产和应用技术已经比较成熟，AlN 和金刚石材料的研究还处于起步阶段。



(1) 第三代半导体材料产业布局呈现高度整合状态

全球 SiC 半导体材料生产商主要分布在美国、欧洲和中国，如美国的 Wolfspeed 公司、道康宁 (Dow Corning) 公司和 II-VI Incorporated，德国 SiCrystal 公司，以及中国天科合达蓝光半导体有限公司、天岳晶体材料有限公司、天域半导体科技有限公司、瀚天泰成电子科技 (厦门) 有限公司。其中，Wolfspeed 公司是全球最大的 SiC 衬底供应商，市场规模占到全球 SiC 衬底的 85% 以上。

自 20 世纪 90 年代后，GaN 进入快速发展时期，年增长率达到 30%。全球 GaN 半导体器件市场呈现高度整合的状态，GaN 材料的生产与器件厂商主要分布于美国、欧洲和日本，包括美国的 RF Micro Device 公司、Freescale semiconductor 公司，德国的 Infineon 公司、Azzurro 公司，英国的 Plessey Semiconductors 公司，日本的富士通公司和松下公司，加拿大的 GaN Systems 公司等。中国 GaN 衬底材料处于 4 英寸研发阶段，尚未产业化。

(2) 各国加紧布局第三代半导体材料

各国政府对第三代半导体非常重视，为抢占第三代半导体技术制高点，通过国家级创新中心、协同创新中心、联合研发等形式，联合企业、高校、研究机构及相关政府部门，在支持方向上以应用需求带动研发，引导资源进入产品开发和市场终端应用 (表 10.3)。

表 10.3 2016 年各国第三代半导体材料政策措施

时间	地区	主体	方式	内容
2016	美国	总统科学和技术顾问委员会 (PCAST)	成立半导体工作组 《确保美国在半导体领域的长期领导地位》报告	加强半导体产业发展，使国家经济和安全收益 通过在尖端领域的持续创新，美国才能够减少 由中国产业政策所带来的威胁，以增强美国经济
		政府机构 / 企业	联合研发	美国国家宇航局 (NASA)、国防部先进研究计划署 (DARPA) 等机构通过研发资助、购买订单等方式开展 SiC、GaN 研发、生产与器件研制
2016	英国	创新英国	化合物半导体应用创新中心	投入 400 万英镑加速化合物半导体器件商业应用
		卡迪夫大学	化合物半导体研究所和半导体研究中心	合作企业和机构 26 家，大学、政府、英国工程与物理科学研究委员会 (EPSRC) 投资超过 6000 万英镑，聚焦电力电子、射频 / 微波、光电、传感器技术
2016	日本	政府机构	联合研发项目	“有助于实现节能社会的新一代半导体研究开发”的 GaN 功率元件开发项目，为期 5 年，第一年 (2016 年度) 预算为 10 亿日元
2016	韩国	政府机构	研发项目	重点围绕高纯 SiC 粉末制备、高纯 SiC 多晶陶瓷、高质量 SiC 单晶生长、高质量 SiC 外延材料生产四个方面。在功率器件方面，启动了功率电子的国家项目，重点围绕 Si 基 GaN 和 SiC

资料来源：《第三代半导体材料及应用产业发展报告 2016》，2017

(二) 显示材料

1. OLED 材料呈现持续增长

2016 年全球 OLED 材料市场规模达到 6.77 亿美元，相比 2015 年增长 16%。根据市场研究公司 UBI Research 发布数据显示，全球 OLED 发光材料市场将以 46% 的平均增长速度增加，2021 年将达到

43.23 亿美元。持续快速增长的原因是有源矩阵有机发光二极管（AMOLED）手机和大尺寸面板的增长。同时，乐金（LG）显示加大尺寸显示电视的生产和推广。中国面板企业开始加速制造 AMOLED 面板。

在全球 OLED 材料市场中，三星显示和乐金显示合计约占 94%。2016 年韩国 OLED 发光材料需求产能达到 36 吨，占材料需求的 93%，主要是三星和乐金显示公司，其中三星公司需求约占全球材料需求 64%，乐金显示需求约占全球 29%。

2. 日、德、美、韩占据 OLED 上游材料优势

OLED 上游所涉及的材料主要包括有机材料、氧化铟锡（ITO）玻璃、偏光片及封装胶等，其中有机材料与 OLED 面板的发光具有最紧密的关系，表 10.4 列举 OLED 各层所用到的主要商业材料及全球主要生产厂商。上游材料的主流生产厂商主要集中在日本、德国、美国及韩国，其中日本厂商优势明显（表 10.4）。

表 10.4 OLED 核心商业材料及全球主要生产厂商

名称		材料	全球主要生产厂商
有机材料	空穴传输层（HTL）	TPD、NPB PVK、Spiro-TPD、Spiro-NPB	德国默克、出光兴产、斗山电子、德山公司、保土谷化学
	空穴注入层（HIL）	Cu PC、TiO PC、m-MTDATA、2-TNATA	出光兴产、斗山电子、德山公司、保土谷化学
	电子传输层（ETL）	Alq3、Almq3、DVPBi、TAZ、OXD、PBD、PND、PV	出光兴产、斗山电子、JNC
	有机发光层（OLL）	Alq3、Almq3、Blue、TBADN	出光兴产、斗山电子、德山公司、默克、新日铁化学、保土谷化学、JNC、陶氏化学、东丽、住友化学、UDC
ITO 玻璃 / ITO 膜		ITO+ 钠钙基或硅硼基基片玻璃 / PET 膜	美国康宁、旭硝子、电气硝子、安瀚视特、东旭光电、彩虹股份、乐金显示、安可光电、莱宝高科、信安高新、正太科技、正达科技、冠华科技、日本日电工、尾池工业、帝人化学

资料来源：山西证券研究所，2016

OLED 面板中有机材料主要有空穴传输层、空穴注入层、电子传输层及有机发光层，主导 OLED 的自发光特性。目前日本厂商在该领域占据明显优势，拥有出光兴产、保土谷化学、新日铁化学、德山公司、JNC 等一系列有机材料生产企业，并主要向三星、乐金等 OLED 领域龙头供货；此外，德国、美国及韩国厂商在有机材料领域占据一席之地。

按照发光方式分类，有机发光材料又分为荧光发光材料和磷光发光材料，目前采用荧光材料的厂商较多，该材料寿命较长，但缺点为发光效率较低；而磷光材料由于具有较高的外量子效率，是业界普遍较为看好的一类发光材料，其缺点是寿命相对荧光材料较短，数量较荧光材料少，且蓝色磷光材料尚在开发中，离应用还有一定距离，在 OLED 材料的整体需求中，磷光材料比重一直在增加。应用方面，红色磷光材料已经大规模应用商业 AMOLED 设备中，供应商主要有美国 UDC、日本东丽、住友化学、默克等；绿色磷光材料供应商主要有美国 UDC、陶氏化学、出光兴产、住友化学、新日铁化学、斗山、默克和三星 SDI 等；蓝色磷光材料在初始亮度的 95% 状态下使用寿命最长无法超过 1000 小时，使用寿命短是制约蓝色磷光材料大规模应用的一大瓶颈。



第三代有机发光材料——有机热活性型延迟荧光（Thermally Activated Delayed Fluorescence, TADF）材料已经崭露头角，研发机构包括美国UDC、日本九州大学最先端有机光电子研究中心（OPERA）和德国Cynora公司。日本九州大学最先端有机光电子研究中心（OPERA）于2012年宣布其开发出虽为荧光材料但内部量子效率能够达到100%的OLED新型发光材料，OPERA将该材料命名为Hyperfluorescence TADF技术，并将其授权给Kyulux公司；德国Cynora公司专注研发蓝色TADF发射器。这两家公司的目标是在2017年底或2018年初发布首批商业材料。

在ITO玻璃方面，上游玻璃基板市场主要由美国及日本厂商掌握，主要包括美国康宁、日本旭硝子及电气硝子等；而全球ITO玻璃的生产则主要集中于中国台湾及中国大陆，主要生产厂商包括莱宝高科、信安高新、正太科技、正达科技及冠华科技。

三、生物材料

（一）生物医用材料

1. 生物医用材料市场不断增长

中国工程科技发展战略研究院《中国战略性新兴产业发展报告2017》数据显示，2015年，全球生物医用材料市场规模为3050亿美元，预计2020年将达到6140亿美元，2010—2020年的复合年均增长率为15%。该市场增长可归因于：全球政府机构增加的经费、不断增长的可植入设备市场、髋关节和膝关节置换手术的数量增加、老年人群的高增长以及心血管疾病的发病率不断上升（图10.1）。

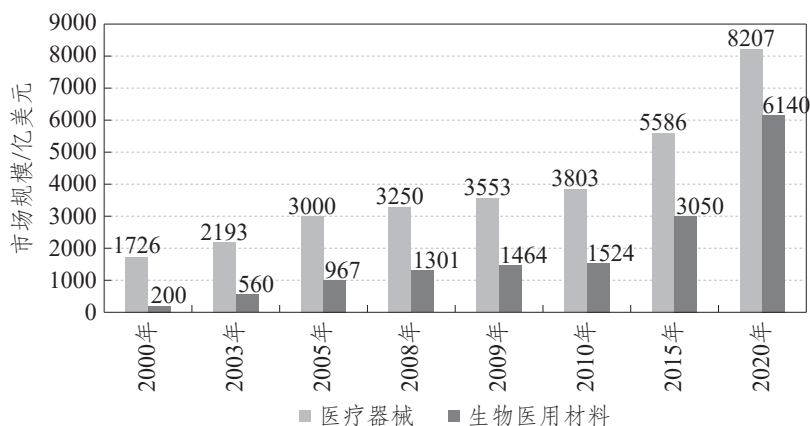


图 10.1 2000—2020 年全球生物医用材料市场规模

说明：2020 年为预测值

资料来源：《中国战略性新兴产业发展报告 2017》，2016

2. 心血管医用材料成为研究焦点

应用类型方面，全球生物材料市场可以分为心血管、矫形、眼科、牙科、整形手术、伤口愈合、组织工程、神经/中枢神经系统和其他应用。根据市场调研公司 Allied Market Research 数据显示，2016 年全球高值耗材以骨科和心血管两类应用产品的需求最大，分别占全球生物医用材料市场的 37.5% 和

36.1%；其次以伤口护理和整形外科为主，约占全球生物医用材料市场的 9.6% 和 8.4%。考虑到全球人口老龄化的增长，人类心血管和骨科疾病发病率不断增加，未来心血管医用材料的需求会进一步增加。

近年来，大量以生物材料为基础的介入医用导管、血管支架和封堵器等生物医疗器件的使用，极大地丰富心血管疾病的治疗手段，有效提高人类的生命质量水平，然而，目前使用的心血管医用材料还远未达到理想的效果：比如人造血管，起初是用尼龙织成，后因尼龙降解，在生体内植入后发生破裂而被淘汰，已经商品化的多种高分子材料大口径人造血管均达到实用水平，包括涤纶（聚酯）人造血管、真丝人造血管、膨化聚四氟乙烯（ePTFE）人造血管，但小口径人造血管研发一直未取得满意的结果，目前最细的人工血管直径大约 3 毫米，但顺应性较差，移植物的通畅率仅为 30%，尤其是直径小于 6 毫米的 ePTFE 人造血管上述缺点更加明显，远期通畅率极差。总体来看，心血管医用材料还有极大的发展空间，生物技术、组织工程、3D 打印等一系列领域的不断进步也在为心血管医用材料的不断更新换代提供更多支撑。

3. 新型心血管支架材料被赋予众望

镍钛合金（Ni-Ti alloy）是目前主流的支架材料。镍钛合金相变温度范围很大（-50~80 摄氏度），应用范围很广，但是经过十多年的应用逐渐暴露出不足和弊病，如易致血栓形成，再狭窄率高，造成血管壁损伤以及永久保留体内等等。支架本身可利用一些表面处理的方式，减少新生坏死组织发炎之产生或是产生血栓的几率，例如涂布肝素（heparin）或二氧化钛（TiO₂）；或是利用高分子材料涂布于表面，形成覆膜型支架。

可降解镁合金材料被寄予厚望，它在理论上克服永久性支架的缺点，是未来支架发展方向之一，镁合金与其他可降解材料相比具有一系列独特的优点：良好的机械性能，植入后不易导致早期回缩；支架降解后可恢复血管正常收缩性，重建普通支架置入后消失的血管动力；具有良好的组织相容性，植入后血管内皮化速度快、致血栓性低；可在同一病变处进行多次介入干预，更适合患先天性疾病的儿童；降解产物镁还是人体丰富的阳离子，具有抗心律失常作用。目前研究中的可降解镁合金支架有：AE21（2% 铝，1% 稀土元素），AM60（6% 铝，0.3% 锰），WE43（4% 钇，0.6% 锆，3.4% 稀有金属），铥钇镁合金支架（5.2%~9.9% 铥，3.7%~5.5% 钇），镁锌锂合金支架等。不过，镁合金降解速率过快的的问题阻碍其进一步应用：镁合金通常在 3 个月时间内基本降解完毕（AE21 在约 89 天内完全降解；WE43 在约 28 天内失去支架支杆连续性；AZ31 支架在约 2 个月内部分支杆降解断裂，失去支撑作用）。

目前，临床上应用较为成熟的心血管可降解性聚合物支架的材料主要以聚乳酸（PLA）和聚乙醇酸（PGA）为主，PLA 和 PGA 会通过水解反应逐渐降解，产物为二氧化碳和水，具有较好的血液相容性和组织相容性，已被应用于临床医学。医学可降解聚合物支架包括 Igaki-Tamai 支架、Abbott BVS 支架、XINSORB 支架，其中雅培的 Abbott BVS 支架已经通过欧洲的 CE 认证，可以正式用于临床。可降解性聚合物支架的优势在于免除患者服用抗血小板药物的必要，但其价格是传统支架的两倍，且可降解心血管支架厚度是传统金属支架的约两倍左右，不适用血管较弯曲或钙化的心血管患者。

（二）生物燃料材料

1. 生物燃料材料面临新挑战

虽然全球已有 63 个国家采用政策措施来提高生物燃料的生产和在交通领域的应用，但生物燃料的



可持续性仍饱受争议，争议的主题包括原料生产所导致的土地使用变化、粮食安全与水污染影响、温室气体减排等。

此外，自 2014 年下半年以来，国际油价价格下跌，而未来原油价格的走势并不明朗，受石油价格的影响，生物燃料市场的发展及其在交通领域的应用面临着不小的挑战。各国现存的生物燃料政策也面临着一系列问题：美国生物燃料标准设定的缺陷性日益凸显，市场表现尚不确定，2017 年年初美国掺混税收抵免（BTC）政策失效，何时恢复尚不确定，特朗普当选总统之后可再生燃料政策面临变数，其对美国生物燃料市场带来的影响尚未确定；欧盟关于生物燃料的可持续性问题的争议仍在继续。

根据国际能源署（International Energy Agency, IEA）发布的可再生能源中长期市场报告，尽管面临着系列不利条件，但是用于交通和可再生能源供热的生物燃料市场仍在不断扩大，全球生物燃料产值仍有望在 2020 年达到 1390 亿升。

2. 热化学和催化技术成为新兴热点

以乙醇、第一代生物柴油为代表的第二代生物燃料以糖料作物、谷物和油籽为主要原料，近年来频频印发争议，欧洲委员会内部研究机构联合研究中心开展的研究显示，用油菜籽之类的粮食作物制成的生物柴油对气候造成的危害比传统柴油还要大，其会增加对农作物的需求，迫使人们砍伐森林和排干湿地来种植粮食，导致粮食价格通胀，美国 Lux 研究咨询公司的《生物燃料展望 2022：全球生物燃料产能扩张新时代的黎明》（*Biofuels Outlook 2022: The Dawn of a New Era in Global Biofuel Capacity Expansion*）报告显示，到 2022 年，第一代生物燃料将继续占据市场主导地位，但市场份额将下调 6%，降至 85.5%；以第二代生物柴油为代表的第二代生物燃料的原料是非粮食作物，包括秸秆、枯草、甘蔗渣等，但由于原料分散、采集成本大以及转化率等一系列问题，其发展仍存在瓶颈，到 2022 年，由于再生柴油（renewable diesel）等低碳及高性能的即加即用生物燃料（drop-in biofuels）的出现，第二代生物燃料市场份额预计将有所下降。基于非食品原料及产生的全新燃料将占新产能配置的半数以上，这对生物燃料行业而言尚属首次，技术发展上，热化学和催化工艺将迎来新时代，新兴的热化学和催化技术将超过生物转化工艺，占生物燃料行业新增能力部署一半以上（图 10.2）。

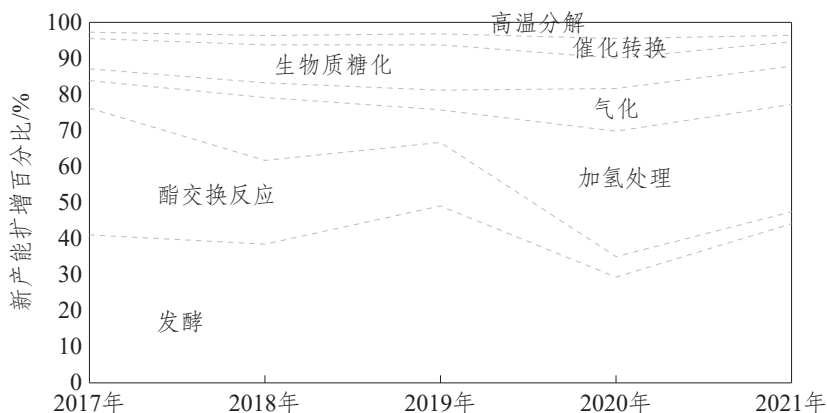


图 10.2 促进生物燃料产能扩增的新兴技术

资料来源：《生物燃料展望 2022：全球生物燃料产能扩张新时代的黎明》，2016

对于热化学法生产生物燃料的研究已有很长一段时间，2014年3月，《自然》杂志撰文指出，针对第二代生物乙醇久攻不克的状况，液态生物能源的研发重点已经由酶或酵母等的微生物法，转向采用热化学法生产烃类生物燃油。此种方法的优点包括：一是在合成过程中稍微改变工艺条件，便可获得一系列生物合成燃油，包括汽油、柴油、润滑油乃至航空煤油，经济效益更好；二是上述生物合成燃油属于即加即用生物燃料（drop-in biofuels），不受与常规燃油掺混比例的限制；三是用热化学转化途径生产烃类生物燃料，可以使用几乎任何含木质纤维素的生物质，原料渠道极大拓宽，还能充分利用生物质原料中其他转化途径难以利用的半纤维素。在北美进入大规模示范生产的6家木质纤维素类生物燃料公司中，已有ENERKEM、KIOR和INEDO BIO三家转向采用热化学法（而不再是微生物法）生产烃类生物燃料。由于原料可改用木质类残留物和有机垃圾，不仅来源得以扩充，而且成本也大幅下降。

新型生物燃料生产过程首先是生物油制备步骤，包括直接液化和间接液化两种：间接液化是指先将生物质气化再通过费托合成制备燃料油的方法；直接液化包括快速热解液化和高压液化两种，与快速热解所得油品相比，以水为溶剂的高压液化方法所得生物油的氧含量更低，且氧原子多以二氧化碳形式去除，对提高碳氢比有利；而生物油的精制处理技术主要包括催化加氢和催化裂解，其中加氢催化的常用催化剂为钌催化剂，工艺为在加压、供氢溶剂中对生物油进行加氢处理，以水或二氧化碳的形式除去氧，达到提高生物油能量密度的目的；而催化裂解精制是指在常压下，通过催化裂解及催化重整过程，脱除生物油中的氧原子，获得以烃类为主的高辛烷值燃料油的精制方法，目前评价最高的催化剂是分子筛ZSM-5，但催化剂的使用寿命并不理想，这是制约该领域进一步发展的主要瓶颈。

四、新能源汽车材料

（一）汽车轻量化材料

全球汽车市场的高速发展及大气污染问题愈加严重，汽车轻量化推行力度持续增加，以铝镁合金为代表的轻质材料发展向好。新能源汽车受动力电池重量、续航里程制约，对轻量化的需求更加迫切。对于新能源汽车企业而言，轻量化技术可以降低电池成本并换来更高的续航里程，虽然起步成本高，但是已有部分新能源汽车企业开始布局轻量化技术，并形成多种材料技术路线并存的局面：超高强度钢及钢铝混合等材料技术相对成熟，部分车型已量产上市；而涉及镁合金、碳纤维等新型材料的新能源车型多数仍在技术储备和样车试制阶段。

德国实行轻量化材料的占比最高，其次是美国和日本。德国的能耗和排放政策非常严格，汽车工业结构上以高端车豪华品牌最多，同时机械制造企业也很强，在推动汽车轻量化方面有着得天独厚的优势。美国情况类似，豪华品牌车型多，电动汽车发展快，以特斯拉为代表的轻量化程度较高。日本在碳纤维方面领先优势明显，以波音公司和宝马汽车为代表企业所用的碳纤维基本源于日本。

1. 铝合金材料已得到应用

与传统汽车不同，新能源汽车采用电池作为动力驱动，受动力电池重量、动力电池续航里程的制约，车身减重要比传统汽车迫切；传统金属材料不能胜任新能源汽车。资料显示，在构成新能源汽车的2万多个零件中，约有86%为金属材料。以特斯拉Model S为例，其采用全铝车身，有效控制整体



重量，整车重量为 2100 千克，在同类车型中具有明显优势，部件材料多采用锻造铝合金，在车身占比 17.29%，大约为 360 千克。百公里加速仅需 2.50 秒，续航高达 500 公里，刷新电动车续航记录。此外，特斯拉正在研发的第二代 Roadster 电动跑车百公里加速目标只有 2 秒，所使用的轻量化材料和技术令人期待。数据显示，铝镁合金占压铸件总比例稳步增加，在 2015 年达到 13.4%。未来受益于汽车轻量化，铝合金需求预期将持续增加。从趋势判断，铝合金材料很可能取代传统的钢材，成为汽车轻量化的主要材料，但是由于焊接等一系列技术难题需要攻克，大部分汽车企业还不能将此种材料加以大规模应用。

2. 汽车钢板材料减重成为热点

使用高强度材料降低钢板厚度规格是近年来汽车轻量化的重要方式。当钢板厚度分别减小 0.05 毫米、0.01 毫米和 0.15 毫米时，相对应的车身减重分别为 6%、12% 和 18%。

采用高强度结构钢棒代替原使用材料，例如屈服强度大于 550 兆帕斯卡，抗拉强度大于 700 兆帕斯卡的超高强钢（UHSS），以及强度在 500 兆帕斯卡到 1500 兆帕斯卡之间的先进高强度钢（AHSS），加工硬化指数高，有利于提高冲撞过程中的能量吸收，在减重的同时提高汽车的安全性，增加构件的抗变形能力，在保持高成形性的同时提高强度和抗凹陷性，为车身钢板的减重和实现轻量化创造条件。

由于高强钢板材强度的提高，传统的冷冲压工艺在成型过程中容易产生破裂现象，无法满足高强度钢板的加工工艺要求。在无法满足成型条件的情况下，目前国际上开始逐渐转向研究超高强度钢板热冲压成形技术。该技术是综合成形、传热以及组织相变的一种新工艺，主要是利用高温奥氏体状态下，板料的塑性增加，屈服强度降低的特点，通过模具进行成形的工艺。

3. 工程塑料应用逐渐普及

由于价格低廉、可塑性高，越来越多的高性能塑料和塑料复合材料被大规模应用在汽车上，目前德国汽车上的工程塑料用量最多，平均占整车用料的 15% 以上。德国塑料和复合材料在汽车上的用量超过 300 千克（美国和法国 220 ~ 249 千克，日本 126~150 千克，中国 90~110 千克）。到 2020 年，发达国家汽车平均用的塑料量可能到 500 千克以上。一般塑料的比重在 0.9 ~ 1.6，玻纤增强复合材料的比重也不会超过 2.0，而 A3 钢为 7.6，铝为 2.7。使用塑料可以减轻零部件约 40% 的重量。

现阶段常见的汽车工程塑料有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、改性聚苯醚和丙烯—丁二烯—乙烯（ABS）等。聚酰胺材料主要应用于动力、底盘零部件及结构件，约占整车塑料的 20%；聚碳酸酯、聚甲醛、改性聚苯醚等材料主要应用于电子电器零部件及结构件，约占整车塑料的 15% 左右；ABS 工程塑料主要应用于汽车内外饰零部件等地。随着新能源汽车的广泛使用，未来汽车的车顶、车门、座椅部件、轮毂以及汽车周边结构件都有可能改用工程塑料重点开发方向是结构件、功能件、外装件的高性能塑料。

4. 碳纤维材料有望成为汽车轻量化“利器”

碳纤维是一种含碳量在 95% 以上、高强度、高模量纤维的新型纤维材料。碳纤维是一种力学性能优异的新材料，它的比重不到钢的 1/4，抗拉强度一般都在 3500 兆帕斯卡以上，是钢的 7~9 倍，抗拉弹性模量为 23000~43000 兆帕斯卡，同样高于钢，其还具有一些比较典型的非金属特点，比如耐腐蚀。目前，碳纤维在成本上还不具有优势，其成本是铝的 2~2.5 倍。因此，在整个轻量化过程中碳纤维可以作为很好的补充材料，可以跟铝或其他金属进行搭配。例如德国宝马公司旗下的 i3、i8 系车身均使用碳纤维，底盘使用铝合金，其中 i3 系 4 人座纯电动汽车的碳纤维增强树脂基复合材料单体构造乘员

舱模块可由两个成年男子轻松抬起，整车质量仅为 1195 千克，比传统电动车减轻 250~350 千克。宝马在碳纤维的使用上走在其他车企前面，计划到 2020 年将碳纤维车身的制造成本降到和铝合金相当。

（二）锂电池材料

目前，新能源汽车研发的重点涉及电池技术和能量控制技术、电力驱动与控制技术等，而这些技术的发展与进步与以锂电池为代表的电池材料的开发密不可分。中国化学与物理电源行业协会动力电池应用分会发布《2016 年中国新能源动力电池产业发展报告》显示，动力锂电池市场已经成为全球锂电池市场快速增长的重要引擎。未来 5 年，全球动力锂电池市场将继续迅猛增长，预计至 2022 年总需求量和市场规模将分别达到 54.9 吉瓦·时和 267 亿美元。

锂电池内部包含正极材料、负极材料、电解液（电解质）和隔膜材料，正极材料成本超过 40%，隔膜成本在 20%~30% 之间，电解液在 10%~15% 之间，而负极材料小于 10%。

1. 正极材料竞争激烈

正极材料领域，磷酸铁锂（LFP）近年来受到广泛的关注和应用，是中大容量、中高功率的动力锂电池材料的首选，此外，三元电极材料镍钴锰酸锂（NCM）、镍钴铝酸锂（NCA）在动力电池领域受到追捧；由于其能量密度较磷酸铁锂高，因此被视为磷酸铁锂的替代材料。

从技术角度来看，磷酸铁锂具有安全性好，循环寿命长，原材料资源丰富，不造成环境污染等一系列优势，但缺点也很明显，除了低温下循环性能极差以外，最主要的缺陷是其导电率和振实密度低，其能量密度只有 120~150 瓦·时/千克；NCA 具有很高的比容量，但其缺点也很明显，未来发展趋势是开发高镍低钴 NCA 来降低成本提高容量，以及研发高压实 NCA 来提高体积比，采用包覆工艺降低 NCA 对湿度的敏感性。应用方面，美国特斯拉采用的是 NCA 正极材料动力电池，技术处于领跑地位，日本松下采用 NCA 和硅碳负极组合制成的 18650 型电池容量高达 3500 毫安·时，循环寿命 2000 次以上；NCM 三元材料具有比容量高、循环寿命长、安全性好、价格低廉的优点，但它同样具有平台相对较低，首次充放电效率低的缺点，采用 NCM 的主要有韩国乐金、浙江微宏动力以及珠海银隆，NCM 发展趋势主要是制造低钴层状三元材料。

动力锂电池竞争主要集中在电池正极材料的选择，三元材料比磷酸铁锂容量大、电压平台高、振实密度大、低温性能好，而磷酸铁锂有着三元材料无法比拟的循环稳定性和热稳性。基于此，在实际生产中，多数企业采用的是磷酸铁锂与三元材料并重的战略。日系电池厂商大多采用镍钴铝酸锂（NCA）和镍钴锰酸锂（NCM）三元材料为正极材料，美系电池厂商主要采用磷酸铁锂正极材料（表 10.5）。

表 10.5 国内外锂电池正极材料厂商分布

分类	地域	正极材料厂商	电池厂商	整车厂商
磷酸铁锂	国外	日本电工	AESC	克莱斯特、通用、雪佛兰
	国内	杉杉、中国宝安贝特瑞	比亚迪、CATL、国轩高科、沃特玛、万向、力神、中航锂电、南都电源、雄韬股份、亿纬锂能、鹏辉能源、骆驼股份	比亚迪、北汽、一汽、腾势、江淮、奇瑞、力帆



(续表)

分类	地域	正极材料厂商	电池厂商	整车厂商
锰酸锂	国外	日亚化学、日本户田	E-OneMoli、Sony、Sanyo	三菱、日产、本田
	国内	中信国安盟固利、湖南瑞翔	江苏锰克、苏州星恒、力神	
NCM	国外	韩国：乐金化学、三星SDI、L&F、Ecopro、Umicore、TODA； 日本：松下、三洋、索尼	乐金、三星SDI、SK、松下、AESC	日产、丰田、梅赛德斯、迈尔斯
	国内	当升科技、杉杉、格林美、湖南瑞翔、宁波金和、厦门钨业、长远科技	智慧能源(福斯特)、比克、力神、波士顿、猛狮科技、亿纬锂能、鹏辉能源、骆驼股份、金鹰股份	北汽、吉利、广汽、东风、江淮、众泰、康迪、奇瑞、长安
NCA	国外	松下、TODA、乐金	松下、乐金	特斯拉

资料来源：浙商证券研究所

2. 负极材料产业集中度较高

负极材料包括三大类：碳材料、金属氧化物材料和合金类材料，目前应用量最大的是石墨材料，包括人造石墨和天然石墨；金属氧化物的代表材料是钛酸锂材料，主要应用在快充型的电池；合金类材料中硅基材料是热点。

全球锂电池负极材料产业主要集中于中国和日本，两国占据全球负极材料销量的95%以上。其中日本企业在技术水平方面处于领先地位，中国由于石墨矿产资源丰富，在负极材料生产方面成本优势明显。2016年，全球负极材料按销量排名前六的企业分别为贝特瑞、日立化成、杉杉股份、三菱化学、日本碳素和日本JFE，市场份额之和为71.1%。其中日立化成、杉杉科技、日本碳素和日本JFE以人造石墨为主，贝特瑞、三菱化学以天然石墨为主。

3. 隔膜行业格局有所变动

锂电池隔膜的功能十分重要，可将正极与负极材料隔开，防止两极接触而造成短路，容许离子通过而不能让电子通过，从而完成充放电过程中锂离子在正负极之间的快速传输。隔膜性能的优劣直接影响着电池内阻、放电容量、循环使用寿命以及电池安全性能的好坏。

受益于下游新能源汽车电池的带动，全球锂离子电池隔膜产业在2015年整体产量为14.2亿平方米，产值达到20.75亿美元，同比分别增长19.83%和12.18%。2010年前后，日本旭化成、日本东燃化学、美国Celgard呈三足鼎立的局面，三家企业产品占据全球隔膜市场份额的77%。近年来，中国和韩国企业逐步掌握干法隔膜制备工艺并持续扩大产能，行业市场格局有所变化。2016年日本旭化成、日本东燃、韩国SKI、美国Celgard、韩国W-scope 5家隔膜企业的市场占有率为62%，相较于2015年的68%下降6个百分点，行业集中度有所分散。

五、新材料前沿领域

(一) 超导材料

1. 超导材料蕴含增长潜力

超导材料在超导状态下具有零电阻特性，该特性可以实现在极小面积的电磁铁中通过巨大的电流，

从而产生场强极高的磁场。利用超导材料可以制备场强高、体积小、重量轻的超导磁体，具有常导材料所无法比拟的优势。超导体可以用于信息通信、强稳恒磁场、工业加工、无损耗输电、生物医学、磁悬浮运输和航空航天等领域。根据 Transparency Market Research 公司预测，到 2020 年全球超导材料的市场规模将达到 13 亿美元。

目前，超导应用仅利用零电阻、完全抗磁性和超导相位相干等物理特征，主要分为强电应用和弱电应用：强电应用指的是一方面超导体在低温下可以实现稳定的零电阻超导态，超导线圈可以通过较大的电流而无焦耳热的产生，比如超导输电、超导电缆；另一方面包括超导磁体，常规稳恒磁体若要实现强磁场必须采用非常粗的铜导线，并将其泡在水中冷却，这使得磁体体积特别庞大，而且必须持续不断地通上电流，消耗更多的电能，相比之下，超导磁体具有体积小、稳定度高、耗能少等多种优势，正因如此，在生物学研究和临床医学上采用的高分辨核磁共振成像技术大都是采用超导磁体。弱电应用利用的是在超导隧道结中存在约瑟夫森效应，即超导电子对可以隧穿两个超导体之间很薄的绝缘层，其隧穿电压敏感依赖于外加磁场，利用约瑟夫森效应制备的超导量子干涉仪（SQUID）是最为精确的微弱磁场探测器之一，具体应用包括超导量子比特器件、模数转换器和陀螺仪等。

2. 主要超导材料

（1）低温超导材料处于主导地位

根据组成和转变温度的不同，超导材料可分为低温超导材料和高温超导材料，在强电应用领域，国际电工委员会（IEC）定义 25 开尔文以上的材料为高温超导体，25 开尔文以下为低温超导体。目前具有实用价值的低温超导材料主要有 NbTi 和 Nb₃Sn 材料。

传统的低温超导材料，特别是以 NbTi 和 Nb₃Sn 为主的低温超导材料，由于其具有优良的机械加工性能及超导电性，从 20 世纪 60 年代开始一直处于主导地位。一些科研工程项目，如加速器、热核聚变堆以及质子对撞机等都采用大量的 NbTi 和 Nb₃Sn 超导材料；目前，医学核磁共振成像的超导磁体大都用低温超导材料绕制。但是，由于低温超导材料只能工作在 4.2 开尔文的液氮温区，低温环境成为超导技术大规模应用的瓶颈。

（2）氧化物超导材料成为研究热点

氧化物超导材料主要有 Bi-Sr-Ca-Cu-O（BSCCO）和 Y-Ba-Cu-O（YBCO）材料、Tl-Ba-Ca-Cu-O（TBCCO）材料。以 YBCO、BSCCO、TBCCO 等为代表的氧化物超导材料可以工作在液氮温区（77 开尔文）、甚至液化天然气温区（113 开尔文），属于高温超导材料。以 BSCCO 高温超导带材为代表的第二代高温超导带材已经进入产业化阶段，应用于实用化超导设备及装置研发。以 YBCO 涂层导体为代表的第二代高温超导带材，由于其在高场下载流能力优于第一代 BSCCO 高温超导带材，近年来成为超导材料领域的研究热点，美国和日本相继开展大规模研究计划。Tl 系超导体的临界转变温度高于液化天然气温区，是当前最有可能在该温区实际应用的超导材料，但由于 Tl₂O₃ 具有高挥发性和剧毒等一系列不利特性，此类研究成果甚少。

（3）重费米子超导材料尚待进一步探索

重费米子超导材料是最早被发现的非常规超导材料，不过绝大部分重费米子材料的超导临界温度都在 5 开尔文甚至 1 开尔文以下，只有钚（Pu）系的材料具有较高的临界温度，其中 PuInGa₅ 为 8.7 开尔文，Pu Co Ga₅ 为 18.5 开尔文。然而元素 Pu 作为原子弹重要原料之一，具有非常强的放射性和毒



性，所以目前世界上关于 Pu 系的重费米子超导研究还非常困难和稀少。

重费米子超导材料种类繁多，迄今已有四十余种，涵盖多种类型的晶体和电子结构。这些材料中存在异常丰富的奇异态，并且与超导相伴而生，其量子临界涨落是导致重费米子超导的诱因，但又与超导态形成竞争。这些独特性质源自重费米子物理的三个基本特征：一是重费米子为强关联电子体系，强关联电子的集体效应为这些复杂多样的量子物态提供平台；二是重费米子材料中具有多个能量尺度，包括局域近藤耦合、非局域交换作用、晶体场劈裂、自旋-轨道耦合等等，这些能量尺度大小相仿，体系位于几种作用相互竞争的临界区，细节上的微小差异可能导致电子性质上的显著区别；三是这些特征能量尺度都比较低，只有 10 开尔文的量级，可以比较容易地通过压力、磁场、化学替代等手段在实验室中进行调控，实现对各种不同量子基态的系统性研究。因此，重费米子超导研究在过去三十多年间积累丰富的实验数据，但在理论上，由于材料的复杂性以及上述多种效应的竞争，一直缺乏广泛认可的深入研究。

总体来看，重费米子超导材料极大地挑战现有的物理理论框架，常规金属超导的 BCS 理论 [根据巴丁 (J.Bardeen)、库珀 (L.V.Cooper) 和施里弗 (J.R.Schrieffer) 的名字首字母命名] 在重费米子超导中已经不再适用，对于重费米子超导材料的研究还存在大量空白。

(二) 碳纳米材料

1. 石墨烯市场发展前景看好

根据中国经济信息社发布的《2016—2017 中国石墨烯发展年度报告》，2016 年全球石墨烯市场规模为 755 万美元，随着石墨烯制备技术进一步推动规模化应用，未来 5~10 年内市场将进入高速发展期，2025 年全球石墨烯市场规模有望达到 21.03 亿美元。

国家和地区发展方面，发达国家对石墨烯功能器件研发和应用极为重视，美、欧、日、韩等地区大力扶持石墨烯功能器件研发和产业化应用。欧美企业占据全球石墨烯产业链关键环节，在石墨烯制备技术、复合材料、核心电子元件等领域保持领先优势。

产品应用方面，预计到 2025 年，复合材料将成为石墨烯的最大应用领域，但由于能量存储应用前景预期尚不明朗，石墨烯复合材料增长速度很难保持持续高速增长，预计到 2025 年，石墨烯复合材料市场将增长到 7500 吨。其中，石墨烯防腐涂料成为石墨烯复合材料中的重要一员，随着石墨烯价格的下降，石墨烯涂料将从高端涂料市场向中端涂料市场渗透，从而进一步确保石墨烯涂料在石墨烯复合材料中的领先地位。此外，石墨烯增强纤维在运动用品和快消品上的应用初见端倪，石墨烯建筑外墙材料、石墨烯汽车结构材料等应用也在积极研发中。

2. 碳纳米管应用市场潜力较佳

碳纳米管具有导热能力、弹性、抗拉强度、吸收能力强等优点，已广泛应用在纳米、半导体、光电器件等领域。美国 Research and Markets 公司《全球碳纳米管市场——按类型、应用和地理划分趋势和预测 (2016—2025)》数据显示，2015 年全球碳纳米管市场达到 12.5 亿美元，2016—2025 年复合年均增长率将达到 17.9%；2018 年单壁碳纳米管市场规模将达到 6.89 亿美元。亚太地区碳纳米管制造能力最强，其次是北美和欧洲。亚太地区的碳纳米管制造能力主要聚焦在日本、韩国、中国台湾和中国大陆、新加坡。

全球碳纳米管市场由为数不多的生产商所主导，包括美国 CNano、比利时 Nanocyl、中国科思创 (Covestro)、日本 Showa Denko、美国 Arkema、美国 carbon solutions、美国 catalyx nanotech 和英国剑桥纳米技术 (CNT) 等公司。未来 5 年生产碳纳米管企业的数量预期将翻倍。Lux 研究咨询公司发布的《碳纳米材料更新报告 2016》(Carbon Nanomaterials Update 2016) 报告显示，碳纳米管线状和层状产品生产商 Nanocomp 技术公司是唯一居于“主导”地位的公司，开发直向碳纳米管片的 N12 技术公司则为具有“高潜力”的公司。

碳纳米管市场发展主要源于多壁碳纳米管的应用，它已成为炭黑的优越替代品，而不仅仅是作为许多开发商青睐的“超强”材料。此外，多壁碳纳米管已成功进入锂离子电池市场，成为导电复合材料炭黑的替代品，而导电复合材料多应用于燃油管和电子产品包装。

(三) 超材料

1. 超材料极具创新颠覆价值

超材料是一种通过在材料关键物理尺度上的结构有序设计，突破某些表现自然规律的限制，获得超出自然界原有普通物理特性的超常规材料。美国权威调研机构 n-tech Research 研究表明，美国国防部先进研究项目局 (DARPA) 2015 年在超材料领域的投资增长 75%，同年，超材料被美国国防部 (ASD-R&E) 列为重点关注的六大颠覆性基础研究领域之一。超材料在世界范围内都属于前沿创新领域，超材料智能结构及装备产业化在全球范围内亦属空白领域。

2. 超材料研发初见成绩

目前，超材料的应用研究热点包括：研发称实现完美隐身的“隐身斗篷”；依托超材料谐振损耗特性制造超材料吸波体；在微波电路或天线中应用超材料来提高其性能。

超材料基础研究领域，美国、德国、新加坡和英国科研团队处于优势地位。在新型人工分子和原子设计方面，美国加州大学伯克利分校、英国伦敦大学帝国理工学院、德国耶拿大学在理论结构设计和实验论证方面进行大量研究，相继提出不同类型的谐振结构模式。美国宾夕法尼亚大学和英国南安普顿大学从现有的线性无源系统出发，对电磁超材料进行可行性调研；在新型传感型超材料方面，德国达姆施塔特工业大学和美国德州大学奥斯汀分校分别研究电磁场局域增强及其对周围环境的介电性敏感等特性。

超材料关键技术领域，欧美地区在超材料产品的工业应用领域优势依旧。拥有超材料技术公司 (Metamaterial Technologies Inc)、Kymeta 公司、Kyocera 无限公司，以及航空航天和国防设备承包商，包括波音公司、洛克德马丁公司、三星公司和雷神公司等。如超材料技术公司专门从事超材料研究、纳米加工和计算电磁学活动，与空中客车、洛克希德马丁公司等公司合作，开发不同类型超材料；Kymeta 公司致力于生产一种能在卫星和移动交通工具（比如汽车、飞机和轮船）之间建立宽带连接的高性能超材料天线 mTenna，比起传统的卫星天线，mTenna 更加轻薄、廉价和高效，只需把 mTenna 安装在移动交通工具上，就能在该移动交通工具和卫星之间建立宽带连接。

超材料应用方面，美国、瑞典、俄罗斯、韩国已在军用及民用领域取得一系列成果，军用领域美国 F-22 战斗机成功应用具有隐身功能的超材料——天线罩，LPD17 圣安东尼奥级两栖船坞运输舰用超材料制成全封闭式的隐身桅杆，美国海军在新一代 E2“鹰眼”预警机上安装超材料智能天线罩，解



决传统天线罩图像畸变问题；瑞典的维斯比级护卫舰上传感器被超材料天线罩封闭包围；俄罗斯海军舰艇现代“激烈号”上使用超材料干扰机天线罩。民用领域，韩国乐金电子在 BL40 手机的天线部分采用美国 Rayspan 公司的左手材料（指介电常数和磁导率都为负值的材料，电磁波在其中的传播满足“左手定则”，因而得名“左手材料”）。

中国对超材料的研发和产业化逐渐铺开，如深圳光启形成以超材料技术为核心的光启创新技术专利池在智能隐材料、超传感材料和智能通信系统等领域已有产业化成果。2016 年 10 月经国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会批准，中国正式发布实施超材料领域的国家标准《电磁超材料术语》，这是全球第一份超材料领域的国家标准。

3. 超材料仍待进一步挖掘和研究

整体而言，超材料研究发展迅速，在军事、民用领域展开初期应用，不过距离产业化应用还有很长一段路：一是加快关键技术研发。如拓宽超材料的工作频率和方向。目前，超材料的工作频率还只限定在红外层次，并且大多数负折射率材料只能在某些角度上实现负折射。尤其是对隐身装置而言，拓宽工作波段和各向同性的特性，对实现超完美隐身有很大益处。此外，智能超材料功能的设计和性能的优化及相关模拟仿真方法有待加强，不同超材料中间相互作用的研究有待实现。二是破解产业化关键瓶颈。譬如，超材料还处于实验室到产品中试阶段，并且现阶段实验室还很难做到三维超材料的研发，如何实现大规模制造大体积超材料已成为实现超材料广泛应用的前提。

主要参考文献

- [1] Lux Research. Observing Trends from VC Investment Activities to Material Recycling Fields [R], 2016.
- [2] Lux Research. Biofuels Outlook 2022: The Dawn of a New Era in Global Biofuel Capacity Expansion [R], 2016.
- [3] Research and Markets. Carbon Nanotubes (CNT) Market by Type (Single, Multi Walled), Method (Chemical Vapor Deposition, Catalytic Chemical Vapor Deposition, High Pressure Carbon Monoxide), Application (Electronics, Chemical, Batteries, Energy, Medical) – Global Forecast to 2022 [R], 2017.
- [4] 中国工程科技发展战略研究院. 中国战略性新兴产业发展报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [5] 刘义鹤, 江洪. 第 3 代半导体材料企业发展状况初探 [J]. 新材料产业, 2016 (11): 21-25.
- [6] 杨义峰, 李宇. 重费米子超导与竞争序 [J]. 物理学报, 2015 (21): 217401-1-217401-22.
- [7] 第三代半导体产业技术创新联盟. 第三代半导体材料及应用 2016 产业发展报告 [R]. 北京: 第三代半导体产业技术创新联盟, 2017.
- [8] 山西证券研究所. 新材料行业系列报告之 OLED——大势已成, 应风披靡 [R], 2016.
- [9] 中国化学与物理电源行业协会动力电池应用分会. 2016 年中国新能源动力电池产业发展报告 [R], 2016.

本章撰写: 温一村

第十一章

世界新能源汽车产业发展动态

一、新能源汽车产业总体发展态势

(一) 全球新能源汽车销量快速增长

2016年,全球轻型车销量超过9000万辆,同比增长2%;新能源汽车市场则呈现高速增长态势。混合动力领域,截至2017年1月底,丰田混合动力车的全球累计销量突破1000万辆,达到1004.9万辆,成为新能源汽车市场的重要组成。电动汽车领域,2016年全球纯电动和插电式混合动力乘用车总销量达到77.4万辆,同比增长40%,比轻型车整体增速高出20倍;截至2016年年底,全球电动汽车市场保有率已经超过200万辆,其中61%为纯电动汽车,39%为插电式混合动力车型。全球电动汽车各类车型从2013年的70款增加到2016年的130款,一些在电动汽车开发领域比较领先的汽车制造商的新能源车型在其整体产品阵容中占比已经达到25%,充电设施数量增加10倍,车用电池成本在过去三年里平均下降50%。不过,目前电动汽车在全球的占比仍然很低,只有0.85%,但是已经是2010年的将近10倍。

从地区看,根据欧洲汽车制造商协会数据,2016年欧洲包括电动汽车、插电式混动车与燃料电池汽车在内的新能源车型总销量206584辆,比2015年销量增长9.7%,其中纯电动和插电式混动车销量分别同比增长2.9%和17%。此外,混合动力汽车及轻度混动车总销量增长29%,达到303506辆。部分欧洲国家的电动汽车占比较高,例如挪威插电式混合动力车型占轻型车的比例已经达到24%,荷兰与瑞典分别为5%和3.2%。

在日本,由于丰田、本田等日本汽车厂商主推的量化新能源汽车类型为混合动力,因此混合动力车占较大市场份额,纯电动和插电式混合动力车销量占比较少,2016年日本纯电动与插电式混合动力



车型销量同比下滑 12%，连续第二年出现下滑。

在美国，由于燃油价格相对较低，民众更愿意选择油耗偏高的多功能运动车（SUV）和皮卡汽车。2016 年美国电动汽车累计销量接近 16 万辆，与 2015 年相比增长 37%；纯电动车和插电式混合动力车型之间的比例为 54 : 46。燃料电池汽车 1074 辆，所占市场份额为 0.01%。

中国新能源汽车市场在“骗补”风波、补贴新政未出台等因素影响下增速有所放缓，但仍然是全球新能源汽车增速最快的地区之一，推出的多项新能源汽车策，如限购城市免牌照、大额中央和地方补贴、新能源产品电池目录以充电标准等，推动新能源汽车市场快速发展。2016 年中国新能源汽车生产 51.7 万辆，销售 50.7 万辆，比上年同期分别增长 51.7% 和 53%。其中，纯电动乘用车产销同比增长 73.1% 和 75.1%，插电式混合动力乘用车产销同比增长 29.9% 和 30.9%；纯电动和插电式混合动力乘用车销量在全球占比达到 45%，比 2015 年占比提高 10 个百分点。

从市场销量情况看，2016 年全球电动汽车各车型销量榜单中，日产“LEAF”（聆风）以 51882 辆夺冠，比紧随其后的“Model S”仅多约 1000 辆；比亚迪唐以 31405 辆位列第 3；其后为 2017 款雪佛兰“沃蓝达”、宝马“i3”、特斯拉“Model X”、比亚迪“秦”、比亚迪“e6”等。从榜单变化来看，比亚迪以 100183 辆的销量再次蝉联全球电动汽车制造商销量冠军，特斯拉市场成绩出色，而奥迪、大众、福特等整体销量表现一般，标致、菲亚特克莱斯勒、本田等未进入销量前二十，传统汽车品牌的新能源汽车业绩明显不如新进入者，这表明全球纯电动和插电式混合动力车市场仍然处于萌发状态，尚没有形成相对稳定的格局。

从政策反应看，多个国家政府积极出台鼓励新能源汽车市场的政策，例如 2016 年 9 月欧亚经济联盟计划于 2017 年 8 月 31 日前取消目前 17% 的轻型电动汽车进口关税，5 吨以下电动货车关税从 15% 降至 5%；2016 年 11 月英国宣布将投资 3.9 亿英镑推进电动汽车和自动驾驶汽车发展；2016 年 11 月美国联邦法院通过大众集团赔偿议案，从大众集团向美国市场赔偿的 147 亿美元中安排 12 亿美元研究零排放汽车，并将与密歇根环境质量部（DEQ）、密歇根交通部（MDOT）、密歇根经济发展公司（MEDC）等公共及私人企业就征求合法权利进行合作，以此全面促进零排放汽车研究投资计划达成；2016 年 12 月中国向世界贸易组织技术性贸易壁垒协定委员会（WTO/TBT）提交《企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理暂行办法（征求意见稿）》和《新能源汽车生产企业及产品准入管理规定（草案）》。

预计全球新能源汽车市场将继续保持良好的增长态势。世界能源理事会（WEC）发布的《世界能源透视 2016：电气化移动》报告指出快速发展电动汽车的必然性及未来电动汽车的市场空间，预计 2020 年电动汽车占全球新车销量的比重将提高至 16%，至少较目前水平增长 15 倍。IHS Markit 预测，截至 2040 年电动汽车市场占有率将达到 15%~35%，50% 的电动汽车车主为新用户。

（二）汽车厂商新能源汽车发展战略

2016—2017 年，宝马和大众分别推出新能源汽车发展战略，并针对中国市场设定电动车销售目标；戴姆勒旗下奔驰采用全新“EQ”子品牌策略专注纯电动车发展；丰田从原有的混合动力与燃料电池技术开始向包括纯电动车在内的全方位环保车战略倾斜；日产和通用汽车注重可再生能源生产电动车；福特和现代的企业战略规划主要集中在中国市场；特斯拉多方进行资本运作，持续推进车载电池生

产和充电网络建设。

宝马集团 2016 年全球汽车销量达到 236.76 万辆，同比增长 5.3%；虽然失去全球豪华品牌首席之位，但仍实现收入和利润连续第 7 年增长，2017 年税前利润率目标定位 10% 以上。在新能源汽车领域，宝马一直在电气化领域具有较强优势，在欧洲市场其新能源汽车销量已经占到宝马总销售量的 4% 左右。继 2002 年“高效动力（BMW Efficient Dynamics）”、2008 年“高效混合动力科技（BMW Active Hybrid）”、2010 年电动车战略之后，宝马在 2016 年 3 月提出“第一战略”和“iPerformance”概念，扩大 BMW 主品牌在高端市场的发展空间，以“BMW i”为创新平台推进新能源领域业务，2016 年宝马电动汽车全球销量 6.2 万辆，旗下已拥有 7 款电动汽车，2017 年电动汽车销量有望达到 10 万。根据规划，宝马将在未来 20 个月内发布数十辆新车型，包括全新 SUV、纯电动车及超豪华轿车等；在 2018 年年底之前将提出 40 款全新及升级车，包括宝马品牌、Mini 和劳斯莱斯品牌；2021 年还将推出一款续航里程较短的燃料电池车。智能化领域，宝马 i 部门将由电动车转变为自动驾驶研发部门，未来将融汇数字互联和自动驾驶技术。2016 年 7 月，宝马集团与英特尔和 Mobileye 建立合作关系，计划于 2021 年将基于 BMW iNEXT 的自动驾驶车辆投入量产。此外，在中国燃油车市场，宝马集团 2016 年全年销量首次突破 50 万辆大关；在中国新能源汽车市场，宝马从插电混动车型寻找突破，逐渐向纯电动车型过渡。目前，宝马集团在中国已推出 5 个车系共 9 款新能源车型，拥有超过 40 家 BMW 授权经销商，2017 年将上市的宝马 5 系将推出插电式混动车型。同时，宝马在充电设施建设方面展开布局，截至 2016 年底安装 1500 个公共充电桩，计划在 2017 年再安装 1000 个。

大众集团虽然因尾气门事件遭到 64 亿欧元的罚款，但 2016 年全球销售仍然达到 1030 万辆，同比增长 3.8%，一举超越丰田成为全球销量冠军车企；高销量的同时也带来高利润，2016 年大众集团的营业利润高达 71 亿欧元。在燃油车领域，大众正在增长放缓的北美市场上强化大型 SUV（多功能运动车）和大型豪华车等盈利高的量产品牌；继续研发汽柴油发动机，计划到 2020 年将其能效及清洁性（尾气排放量）提升 10~15 个百分点。在新能源汽车领域，过去五年大众已斥资 30 亿欧元用于研发替代性驱动技术（alternative drive technologies），预计未来 5 年内投资额将增加三倍。2016 年，大众公布到 2025 年的经营战略“TRANSFORM 2025+”，计划通过全面的组织改革、调整电动汽车及高盈利量产车等产品战略及构建新的盈利基础等，到 2030 年成为交通运输行业的领先企业。按照规划，大众将在 2019 年完成“MEB”模块化平台研发工作，2021 年开始在本地生产采用电动汽车用平台“MEB”的车型，以 MEB 平台和 I.D. 概念车家族为基石推进电动车发展，以纯电动车生产为主，兼顾插电式混动车型，根据需求打造长/短轴距以及不同续航里程的车型，预计到 2025 年推出 30 多款纯电动车型，设定 2025 年电动车年销目标 100 万辆。此外，大众积极开拓新的盈利业务，利用联网汽车构建自主数字平台，提供更加贴近用户的服务，从汽车制造商转型为全球领先的移动方案提供商，并不断提升电池技术、自动驾驶和人工智能等核心实力。按照规划目标，大众的营业利润率将从 2015 年的 2% 提高到 2020 年的 4%，到 2025 年进一步提高到 6%。在中国燃油车市场，大众针对占有较大市场份额但近几年发展缓慢的现象进行策略转变，计划在北京建设未来中心进行本土化研发与设计并在中国市场拥有完全独立的决策权，2 至 3 年内针对快速增长的 SUV 市场推出 10 余款本土化生产的 SUV 车型。在中国新能源汽车领域，2016 年 9 月大众与江淮签署备忘录协议，计划共同生产廉价新能源汽车；计划在未来 3 至 4 年间在华推出 15 款新能源汽车，旗下奥迪也计划在五年内国产 5 款奥迪 e-tron 车型。



2017年初，大众宣布计划到2020年在华新能源车销量达到40万辆，到2025年增加到150万辆。

戴姆勒在2016年7月投资10亿欧元在匈牙利凯奇凯米特（Kecskemet）建造第二座奔驰工厂，将投产前轮、后轮驱动车型以及新能源汽车。根据公司规划，戴姆勒将投资100亿欧元开发新能源汽车，到2025年开发出基于同一种架构的10种电动汽车；其中三种归于Smart品牌车型，单次充电续航最高达到700公里。戴姆勒旗下奔驰2016年全球销量超过宝马成为豪华品牌之首。2016年9月奔驰采用全新“EQ”子品牌策略专注于纯电动车发展，在2020年之前推出2款纯电动SUV以及2款纯电动三厢轿车，其他如混合动力和插电式混动产品仍将在奔驰品牌旗下发展。在中国市场，2017年6月戴姆勒与北京汽车集团签署框架协议，将通过在华对新能源汽车领域的投资，进一步加强双方的战略合作。

丰田在2015年发布环境挑战2050全球战略，进一步推广混合动力技术、插电式混合动力技术以及推广零排放的燃料电池汽车。混合动力领域，丰田已在“TNGA（Toyota New Global Architecture）”架构下开发出第四代“PRIUS普锐斯”，截至2017年1月底丰田混合动力车的全球累计销量已突破1000万辆，达到1004.9万辆。在中国市场，2016年包括丰田及雷克萨斯品牌在内的10款混合动力车在华年销量达到约10万辆，并加大国产外插电式混合动力车研发力度。在燃料电池车方面，2017年2月，由于输出电压问题，丰田召回2840辆Mirai燃料电池汽车，升级电池系统固件。根据丰田的销售计划，至2017年丰田Mirai的销量将不低于3000辆，到2020年底销量将有望达到3万辆左右。同时，2017年2月丰田向东京都交通局交付首批燃料电池（FC）巴士；丰田还计划在2017年秋季在日本投放搭载“FUELCELL”氢燃料动力系统的雷克萨斯LF-FC，预计2017年底或2018年初推向全球市场；并计划在江苏常熟建立氢燃料供应站，从2017年10月开始在中国测试氢燃料电池车。而在一向甚少涉入的纯电动领域，基于汽油价格低廉影响环保型混合动力车销量和环保理念购车者追逐特斯拉等纯电动车型因素考虑，以及利润大幅下降的压力下，丰田开始向包括纯电动车在内的全方位环保车战略倾斜，计划商业化生产纯电动车，在新竞争领域寻求业绩支撑。2016年底，丰田宣布新成立EV事业部门，2017年3月的日内瓦车展上，丰田展示其最新的电动概念车型i-TRIL。

日产计划扩充旗下新能源汽车产品线，并加速绿色环保科技研发。2016年5月，日产汽车在欧洲启动与智能电网有关的多项计划，包括利用电动汽车的“V2G（Vehicle to Grid）”项目、对用完的车用二次电池进行再利用的家用固定式蓄电池系统销售、面向办公室用途的由“V2G”技术和蓄电系统组合而成的解决方案等。2016年6月，日产汽车在其欧洲最大规模生产基地英国森德兰工厂内建设输出功率为4.75兆瓦的光伏电站，通过利用可再生能源的电力生产电动车。2016年11月，继通用汽车和戴姆勒之后，日产推出汽车共享服务“日产智慧 Get & Go 玛驰（Nissan Intelligent Get & Go Micra）”，项目于2016年底在巴黎启动，首批车辆于2017年4月投入市场。2016年10月，日产成功收购三菱汽车34%的股权，成为三菱的最大股东。2016年12月，雷诺-日产和三菱汽车计划统一其电动和混合动力技术，并在电动机、变流器和电池等一些重要零部件上实现共享，以降低电动汽车研发成本，提升市场竞争力。截至2016年8月，雷诺-日产联盟旗下电动汽车累计销量突破35万辆大关，占全球电动汽车总销量的一半；日产纯电动车“LEAF”（聆风）保持全球最畅销电动车，全球销量超过23万辆。根据规划，日产预计到2020年旗下有超过20%的车辆将实现零排放目标。

通用汽车一方面放缓全球化进程，向标致雪铁龙集团出售欧宝，另一方面加大对新能源车研发力度，与本田共同投资8500万美元致力于下一代新能源车氢燃料电池堆的研发。在中国市场，根据通用

汽车公布的数据显示,2016年在华销量实现创纪录的390万辆,增幅达到7.1%。通用汽车计划两年内在华生产一款纯电动车,到2020年将在华推出10款电动与油电混合动力车型,届时通用汽车中国旗下凯迪拉克、别克和雪佛兰三大品牌的新能源汽车年销量总计或达15万辆,到2025年或达50万辆。

福特的新能源车大多以插电式混动以及混动技术为主。福特在2015年10月发布的“创新2020战略”中,计划投资114亿元提升在华产品研发能力,陆续向中国引入20多款新车,包括换代、全新以及改款车型;并将引入多种智能科技,包括“SYNC3”车载互联娱乐系统。2017年4月,福特宣布中国市场电气化战略,将在中国市场推出两款电动车型,包括福特蒙迪欧 Energi 插电式混合动力车型和一款预计续航里程超过450公里的全新纯电动小型SUV;福特计划2020年开始在中国生产电动车动力总成系统,加大新一代电动汽车技术的研发投入,提升福特汽车南京工程研发中心的电气化动力总成工程与研发能力。至2025年,70%的福特品牌在华销售车型将提供电动车版本,包括长安福特旗下的全系车型。

现代汽车2016年的规划重点也在中国市场,计划斥资18亿元,用于现代汽车研发中心二期项目扩建工程,加速新车以及新能源产品投放。同时,北京现代公布“NEW”新能源战略,计划2016—2020年打造四大新能源平台,推出9款新能源产品。

特斯拉虽然在2016年频发自动驾驶和测试起火事故,但一直坚持推进车载电池生产和充电网络建设。2016年7月,特斯拉Gigafactory工厂开业,已完成14%建设进度;与松下在纽约州合作建设光伏电池零部件生产工厂(2号超级工厂);未来还将选址中国等地建设3座超级工厂。截至2017年初,特斯拉在北美有373座超级充电站,在全球范围有805座超级充电站,总计安装5159个充电桩,从2017年订单开始收取少量费用,预计2017年底前其北美“超级充电站”数量还将增加一倍。同时,2016—2017年特斯拉不断通过收购和股票发售等方式进行资本运作。2016年8月特斯拉完成太阳能公司SolarCity价值26亿美元收购交易,启动“垂直一体化清洁能源公司”建设,向消费者提供太阳能、家庭储能电池以及电动车;2016年11月特斯拉宣布并购德国自动化制造公司Grohmann Engineering,计划扩充工程技术人员,加大电动汽车生产;2016年5月特斯拉通过股票发售为Model3筹集约14.6亿美元资金;2017年3月特斯拉发售2.5亿美元股票和7.5亿美元可转换债券,进一步降低由于Model3和迅速扩大业务带来的风险;2017年3月腾讯斥资17.78亿美元收购特斯拉5%股份,成为继Elon Musk、富达投资、Baillie Gifford、T. Rowe Price之后的公司第五大股东。2016年,特斯拉在全球交付8万辆汽车;2016年其中国市场营收突破10亿美元,较2015年增长两倍多;2017年4月特斯拉美股开盘上涨3.22%,市值超过510亿美元,超越通用汽车成为美国市值最高的汽车企业(表11.1)。

表 11.1 2016—2017 年主要汽车企业战略规划与业务开拓

企业	战略调整	具体内容
特斯拉	资本运作	2016年8月完成太阳能公司SolarCity价值26亿美元收购交易,启动“垂直一体化清洁能源公司”建设;2016年11月并购德国自动化制造公司Grohmann Engineering;2017年3月腾讯斥资17.78亿美元收购特斯拉5%股份,成为其公司第五大股东; 2016年5月股票发售筹集约14.6亿美元资金,2017年3月发售2.5亿美元股票和7.5亿美元可转换债券
	充电服务	发售无线充电装置“免插充电系统”(Plugless Systems);发布新的中国国标充电适配器;由于充电适配器过热引发插头上塑料熔化而召回约7000个电动汽车充电适配器



(续表)

企业	战略调整	具体内容
宝马	第一战略规划	2016年3月提出“iPerformance”概念,提高BMW主品牌在高端市场份额,以“BMW i”为创新平台推进新能源领域业务
	业务开拓	与英特尔和Mobileye建立合作关系,计划2021年基于BMW iNEXT的自动驾驶车辆投入量产
大众	“TRANSFORM 2025+”经营战略	通过调整产品结构,停止生产现行的少数生产车型和低盈利车型,投入25亿欧元用作电动汽车开发费用,力争2025年使纯电动汽车的年销量达到100万辆
	业务开拓	在萨尔茨吉特新建卓越技术中心(Center of Excellence),提升大众电芯(蓄电池单元)及电池模块的整体竞争力,并与欧洲及中国电芯领域的厂商洽谈合作;与“出门问问”按50:50出资比例共同成立合资企业研发并应用车载人工智能技术,与滴滴、首汽约车达成合作意向提供移动出行解决方案
戴姆勒	企业规划	投资100亿欧元开发新能源汽车,到2025年开发出基于同一种架构的10种电动汽车; 旗下奔驰采用全新“EQ”子品牌策略专注于纯电动车发展,在2020年之前推出2款纯电动SUV以及2款纯电动三厢轿车
	业务合作	与北京汽车集团签署框架协议,在新能源汽车领域进行战略合作
丰田	环境挑战2050全球战略	进一步推广混合动力技术、插电式混合动力技术以及推广零排放的燃料电池汽车
	业务合作与开拓	成立电动汽车事业部门,计划商业化生产纯电动车;与铃木签订备忘录,在环境技术、安全技术、信息技术等领域进行合作测试,并互相提供产品及配件
福特	“创新2020战略”	投资114亿元提升在华产品研发能力,向中国市场投放20多款新车,并引入智能科技
	中国市场电气化战略	在中国市场推出两款电动车型,2020年开始在中国生产电动车动力总成系统,加大新一代电动汽车技术的研发投入,提升福特汽车南京工程研发中心的电气化动力总成工程与研发能力
日产	业务开拓	启动与智能电网有关的多项计划;建设光伏电站,通过利用可再生能源的电力生产电动车;推出汽车共享服务“日产智慧 Get & Go 玛驰(Nissan Intelligent Get & Go Micra)”
	业务合作	统一雷诺—日产和三菱汽车电动和混合动力技术,并在电动机、变流器和电池等重要零部件上实现共享
通用汽车	资本与业务合作	向标致雪铁龙出售欧宝;与本田共同投资8500万美元来为下一代新能源车研发氢燃料电池堆
	中国市场战略	到2020年将在华推出10款电动与油电混合动力车型
现代	中国市场规划	斥资18亿元进行现代汽车研发中心二期项目扩建工程,加速新车以及新能源产品投放
	“NEW”新能源战略	2016年到2020年打造四大新能源平台,推出9款新能源产品
标致雪铁龙	企业规划	计划到2021年推出11款新能源汽车,其中4款是纯电动汽车,剩余7款是插电混动汽车;到2019年推出EMP2(Efficient Modular Platform,第二代高效模块化平台)和CMP(Common Modular Platform,共用模块化平台)汽车模块化平台,应用于新能源汽车的生产
	神龙汽车中期经营战略“5A+”	与东风汽车达成合作协议,包括开发电动车用模块化平台“E-CMP”与进行人事交流,期望产品和服务顾客满意度在2018年进入行业前三,到2020年跻身首位;销售收入到2020年达到1000亿元;确保可持续增长,到2020年使生产效率累计提高30%
	资本与业务开拓	22亿欧元购买通用汽车旗下的欧宝、沃克斯豪尔品牌以及通用汽车在欧洲的金融业务

(续表)

企业	战略调整	具体内容
沃尔沃	2025 可持续发展战略“Omtanke”	在安全、品质和环保核心价值基础上进行可持续发展承诺：到 2020 年，实现没有人因驾乘新型沃尔沃汽车而出现严重伤亡；到 2025 年，交付 100 万辆新能源汽车，通过提高能源效率和采购气候零负荷能源供应，实现汽车制造二氧化碳零排放，即达到气候零负荷运营。
比亚迪	业务开拓	投资 2000 万欧元在匈牙利建设电动大巴制造厂；投资 1000 万欧元在法国建设第二家欧洲工厂

资料来源：上海科学技术情报研究所（ISTIS）分析整理

二、新能源汽车重点领域发展动态

（一）汽车企业改进或发布电力驱动系统产品

1. 汽车企业改进或发布电力驱动系统产品

2016—2017 年，汽车企业继续推进混合动力车、插电式混合动力车和纯电动车技术改进和新产品发布或调整销售策略。

丰田的技术开发和销售重点仍然在新款插电式混合动力车“普锐斯 PHV”上。本田停产混合动力跑车“CR-Z”，推出“奥德赛”混动版本和新款小型多用途汽车（MPV）“Freed”，投产新雅阁混合动力车，产品重点主要集中在混合动力领域。

欧美汽车厂商的新能源汽车产品重点主要在纯电动和插电式混合动力车领域。宝马调整电动车“i3”电池，推出 Countryman 插电式混动版车型，发布宝马“i8”中期改款车型；旗下 MINI 品牌计划 2019 年车型阵容缩小至 5 款核心车型。大众继续推进 MEB 模块化平台研发工作，在 2016—2017 诸多车展上发布纯电动 ID 概念车型；旗下奥迪、兰博坚尼、SEAT 等品牌也开始规划电动车生产计划。雷诺发布“ZOE”改款纯电动车型，推出新款商用车“Kangoo ZE”及电动商用车“Master ZE”。戴姆勒旗下奔驰推出首款纯电动车 SUV 奔驰“Generation EQ”概念车，旗下 smart 发布三款电动车型。福特与伦敦市联合进行插电式混动货车测试，并在 2017 年初宣布将在未来 5 年推出 13 款新型电动汽车。特斯拉在 2016—2017 年间因座椅铰链、制动齿轮等问题召回 Model S 和 Model X 电动车，不断调整产品销售，包括停售入门级 Model X 和入门级 Model S，推出“Model S 75”“Model S 75 D”“Model S 60”“Model S 60D”“Model X 60D”“Model S P100D”等车型（表 11.2）。

表 11.2 2016—2017 年汽车企业电力驱动产品开发与销售策略调整

企业	产品开发与销售策略调整
丰田	2016 年 6 月公开新款插电式混合动力车“普锐斯 PHV”，配置在行李舱下方的锂离子电池容量提高至 8.8 千瓦·时，JC08 模式下行驶距离达到 60 千米以上；在发动机与动力分割行星齿轮之间设置“单向离合器”，行驶时可使用两个电机；可选配太阳能充电系统；尾门内侧骨架部分采用 CFRP（碳纤维增强树脂基复合材料），重量减轻 3 千克； 基于汽油价格较低，影响油电混动车销量的原因，将新款普锐斯插电式混合动力车在日本的上市时间延迟到 2016 年 4 季度
本田	2016 年 3 月增加“奥德赛”混动版本，配备双电机方式“i-MMD”混动系统，电机最高输出功率提高至 135 千瓦，发动机输出功率提高至 107 千瓦，JC08 模式下低燃耗性能 26 千米/升； 2016 年 6 月因销量低迷，停产自 2010 年 2 月推出的混合动力跑车“CR-Z”，转而在美国工厂生产 2017 款雅阁混合动力车；



(续表)

企业	产品开发与销售策略调整
本田	时隔8年,于2016年9月推出全面改进的新款小型MPV“Freed”,其混合动力车型配备单电机式系统“i-DCD”、采用排量1.5升阿特金森循环“i-VTEC”发动机,组合内置电机7速双离合变速箱,电机转子采用不使用重稀土类元素Dy(镨)和Tb(铽)的Nd-Fe-B(钕-铁-硼)系磁铁,选配采用毫米波雷达和单眼摄像头的高级驾驶辅助系统(ADAS)“Honda SENSING”
日产	2016年11月上市新款“NOTE”,配备新型电动动力传动系统“e-POWER”
铃木	2016年11月底追加“SOLIO”全混合动力车型,燃效提高15%,达到32.0千米/升
宝马	2016年夏季上市将电动汽车“i3”的60安·时版电池容量扩大至94安·时(33千瓦·时)车型,采用高能量密度锂(Li)离子电池单元,续航里程由原来的190千米延长至300千米;2017年上市Countryman插电式混动版车型,并发布宝马“i8”中期改款车型,2018年推出“i8 Spyder”敞篷版车型;2017年2月为解决燃油舱通风管易与电池缆线产生摩擦导致通风管被磨破而泄漏蒸汽问题,在美国召回超过1.9万辆“i3 Rex”插电式混合动力车;MINI品牌计划2019年车型阵容缩小至5款核心车型,包括双门与四门Hardtop、敞篷车、Clubman、Countryman以及将在2019年推出的首款量产纯电动车
大众	2016年巴黎车展前夕发布紧凑级纯电动“ID.”概念车,2017年在北美车展发布基于MEB-XL平台打造的大众“ID. BUZZ”概念车,上海车展前夕展示“ID Crozz”概念车;旗下奥迪计划2018年在位于布鲁塞尔的工厂投产奥迪首款量产电动车e-tron纯电动SUV,以及可用于大众汽车集团其他电动车的电池,到2020年推出三款纯电动车;奥迪内卡苏尔姆(Neckarsulm)工厂将从2020年左右开始生产纯电动车;旗下兰博坚尼正在开发使用保时捷“Mission E”混合动力系统技术的电动超级跑车“Vitola”,并计划2019年上市首款“Urus”插电式混合动力SUV车型;旗下西班牙品牌SEAT于2017年开始生产其首款电动车“Mii”,计划2019年上市
雷诺	2016年9月巴黎车展发布雷诺“ZOE”改款纯电动车型,采用41千瓦·时电池组,续航提升到400千米;2017布鲁塞尔车展推出新款商用车“Kangoo ZE”及电动商用车“Master ZE”,计划分别于2017年和2017年底发售
戴姆勒	梅赛德斯-奔驰旗下纯电动车子品牌EQ在2016巴黎车展推出首款SUV奔驰“Generation EQ”概念车,计划2018年上市;2016年9月smart发布两门版、敞篷版和四门版车型三款电动车型,慢充5个小时,续航里程160千米
福特	2017年秋季在伦敦开始为期一年的福特“Transit(全顺)”插电式混动货车测试项目,经测试成功的车型将于2019年在英国上市
特斯拉	2016年4月因座椅铰链故障,在美国召回2700辆特斯拉Model X电动SUV;8月针对Model X和Model S推出两年租赁项目;2016年5月推出后轮驱动版“Model S 75”和四轮驱动版“Model S 75 D”,搭载75千瓦·时电池组,NEDC工况前者续航480千米、后者续航490千米;6月推出后轮驱动版“Model S 60”和全轮驱动版“Model S 60D”,NEDC工况前者续航400千米、后者续航408千米;7月底推出“Model X 60D”车型,10月停止销售;8月发布“Model S P100D”车型,采用100千瓦·时电池组,续航里程613千米,0到时速100千米加速时间2.7秒;2017年3月决定停售60千瓦·时Model S;4月宣布9月发布半挂式电动卡车,18到24个月内发布电动皮卡;4月因制动齿轮存在“制造缺陷”召回53000辆Model S和Model X电动车
比亚迪	香港停用国产比亚迪e6电动出租车;2016年10月宣布向开普敦市提供一支由11辆12米低地板电动大巴组成的车队;2016年下半年首批6辆12米比亚迪电动巴士加入澳大利亚机场巴士公司卡布里奇运营巴士行列,2017年再获40辆订单;2017年5月向厄瓜多尔南部城市洛哈EcoTaxi出租车公司交付30辆电动汽车;推出“T4”纯电动厢式货车,采用比亚迪磷酸铁锂蓄电池,搭载永磁同步电机,最高输出功率160千瓦,极速100千米/小时;2016年9月因高田产气囊问题召回759辆腾势电动车

资料来源:上海科学技术情报研究所(ISTIS)分析整理

2. 初创企业发展不一

曾经在 2015 年受到全球瞩目的几家电动汽车创业公司在进入 2016 年后发展进程不一。法拉第未来 (Faraday Future) 资金链出现问题, 位于拉斯维加斯的第一工厂进度仅进入“一期工程第二阶段已经开启”, 业内对其年初在 2017 年国际消费电子展 (CES 2017) 上发布的电动车“FF 91”能否按照进度在 2018 年交车颇为存疑。车载电池企业 Atieva 在 2016 年 10 月更名为 Lucid Motors, 2017 年在亚利桑那州卡萨格兰德开建工厂, 3 月公布其首款电动汽车“Air”售价, 采用三星 SDI 锂离子电池, 配置 294 千瓦电动机, 续航里程约 386 千米, 计划 2019 年上半年实现量产。由瑞典大学学生通过众筹方式融资而创办的瑞典 Uniti Sweden, 开发“L7e”两座型汽车, 配备 15 千瓦发动机, 续航 150 千米; 2017 年 3 月与西门子北欧公司 (Siemens Nordics) 建立合作关系, 建造自动化汽车生产线, 使用西门子软件, 为电动汽车生产复合材料, 自动组装汽车, 预计 2017 年秋天展示原型车, 2019 年之前开始交付首批汽车。

(二) 燃料电池汽车发展动态

1. 政府扶持燃料电池汽车发展

燃料电池汽车作为新型清洁能源车型之一, 一直以来在资金投入、补贴和税收优惠、零排放计划、示范运行、加氢站建设等方面受到欧美日等国政府的大力支持。

美国自 2007 年起针对部分地区燃料电池研发进行补贴, 2012 年起投资 63 亿美元大幅补贴燃料电池研发并实施新的燃料电池税收抵免政策, 2013—2015 年开始补贴加氢站投资。此前奥巴马政府公布的预算中, 太阳能、燃料电池等新能源项目每年获得 150 亿美元投资, 十年共计 1500 亿美元。美国能源部表示其支持的项目自 2006 年以来, 已经帮助将燃料电池成本下降 50%, 且电池耐用性翻倍, 所用的铂量减少。2016 年美国开始对燃料电池购买者进行补贴, 开启燃料电池商业化应用阶段。

欧洲在 2008—2013 年实施燃料电池与氢联合行动项目 (FCH-JU), 斥资 9.4 亿欧元进行燃料电池和氢能研究; 2011 年底欧盟启动大规模车辆示范项目“H2movesScandinavi”和欧洲城市清洁氢能项目 (CHIC); 2013 年出台 Clean Power for Transport (CPT) 项目, 计划投入 123 亿欧元建设 77 个加氢站, 并针对 15 个已建有加氢站的国家, 实现国与国之间的互联互通; 2016 年由八个欧洲国家联手出资成立的 Hydrogen Mobility Europe (H2ME) 计划首批 100 辆燃料电池车在德国、法国、英国和荷兰等国家投入使用, 在欧盟的支持下执行加氢站基础设施以及客运和商用燃料电池车部署计划。

日本政府在过去三十年先后投入上千亿日元用于燃料电池汽车和氢能基础科学研究、技术攻关和示范推广。2002—2012 年日本燃料电池汽车进入示范运行阶段, 政府对研发储氢系统补贴达到 300 亿日元; 2012—2014 年对加氢站的补贴最高达到投资成本的 50%; 2015 年初日本 45 座加氢站建成投入使用, 政府对燃料电池汽车补贴 200 万日元/辆, 燃料电池汽车相关技术进入商业化实用阶段。政府计划在 2020 年东京奥运会与残奥会期间建立“氢能源社会示范区”, 推广 6000 辆燃料电池乘用车, 将燃油客车替换为燃料电池客车。

2. 汽车企业加快燃料电池汽车开发

随着 2014 年底丰田面向普通消费者销售燃料电池车“MIRAI”、2015 年 4 月现代将“Tucson iX Fuel Cell”燃料电池车价格降至一半、2016 年 3 月本田开始租售“Clarity”燃料电池车, 丰田、本田、奔驰、通用汽车、现代、福特、宝马等国际车厂的燃料电池汽车商业化车型陆续上市销售或接近上市



计划时限。2016年现代共售出242辆ix35燃料电池车；丰田燃料电池汽车销量2050辆，其中1100辆来自日本国内（表11.3）。

表 11.3 2016—2017 年汽车企业燃料电池汽车产品开发情况

企业	产品开发
丰田	2017年2月由于输出电压问题召回已售出的2840辆Mirai燃料电池汽车，升级电池系统固件；并向东京都厅交通局交付首批燃料电池巴士；计划2017年10月在华启动对丰田Mirai氢燃料电池车的测试，持续至2020年，以评估燃料电池汽车市场并在华推广
本田	2016年10月“CLARITY FUEL CELL”在美国环境保护署（EPA）评估中续航里程达到589千米，综合模式下燃效达到3.46升/100千米，高速模式下达到3.51升/100千米，市区模式下达到3.41升/100千米
现代	2017年日内瓦车展上发布全新“FE Fuel Cell”氢燃料电池概念车，计划在此基础上开发并于2018年平昌冬奥会期间推出SUV燃料电池车，采用现代第四代氢燃料技术，动力配置更加轻量化，燃效提升10%，最大续航里程超过800千米
福特	2016年8月获得美国能源部600万美元研发资金，用于加快燃料电池汽车研发
奥迪	向加拿大巴拉德动力系统（Ballard Power Systems）公司发出采购订单；在2016年北美车展上发布燃料电池汽车“h-tron quattro”，搭载第五代氢燃料电池动力系统，百公里加速时间7秒，最高车速200千米/小时，4分钟充满储氢罐，续航里程600千米，计划2020年推出量产版
奔驰	2016年6月推出全新氢燃料电池概念车“GLC fuel-cell”，搭载8千瓦·时电池组，3分钟可充满储氢罐，续航里程402~483千米。该车作为第一款可外接充电的氢燃料电池车将于2017年上市，预售价格5万英镑
尼古拉	2016年12月发布“尼古拉一”型氢燃料电池半挂车样车，续航里程1287~1931千米，预计2020年开始生产，已获得价值近30亿美元的订单

资料来源：上海科学技术情报研究所（ISTIS）分析整理

在跨国车企的合纵连横下，众多咨询机构认为燃料电池汽车将出现快速增长。美国市场调查机构Information Trends在2016年发布的《全球燃料电池汽车市场报告》预测，到2020年，加氢基础设施在全球多个代表地区将逐渐完善，有助于提升燃料电池汽车市场份额；到2032年，全球燃料电池汽车销量将超过2000万辆，产业规模价值将达到1.2万亿美元；到2050年，燃料电池汽车市场增速高于其他汽车类型。

3. 燃料电池汽车企业联盟合作

早在2012—2013年，跨国汽车企业曾兴起燃料电池汽车联盟与合作，包括2012年丰田、本田、日产与现代与北欧组织，2013年丰田与宝马，日产与戴姆勒、福特，本田与通用汽车，签署谅解备忘录、达成合作协议或进行技术联合开发。

2016年11月，丰田与马自达就进一步深入合作进行讨论，双方合作将包括未来的先进安全系统以及新能源动力系统，马自达将获得丰田的燃料电池技术以及混合动力技术，而马自达的新一代Skyactiv动力将会为丰田提供内燃机动力方面支持。2017年初，戴姆勒、宝马、丰田、本田、现代5家汽车企业与荷兰皇家壳牌（Royal Dutch Shell）、道达尔（Total SA）、法国液化空气公司（Air Liquide SA）、德国林德集团（Linde AG）、矿产企业英美资源集团（Anglo American Plc）、电力设备企业法国Engie集团、铁路企业法国阿尔斯通集团（Alstom SA）、机动车与重工企业川崎重工（Kawasaki Heavy Industries Ltd）组成联盟，成立氢燃料委员会（hydrogen council），计划在未来5年内投资超过100亿欧元用于氢燃料相关产品，推动氢燃料汽车基础设施建设和技术研发。2017年2月，本田和通用汽车分别出资8500万美元，合资建立燃料电池系统制造基地，预计将于2020年投产。2017年5月，日产

汽车公司联合丰田汽车、本田汽车、JXTG 能源集团、出光兴产株式会社、岩谷产业株式会社、东京燃气株式会社、东邦燃气株式会社、日本液化空气公司、丰田通商株式会社和日本政策投资银行等企业联合签署谅解备忘录，计划在 2017 年内成立新公司，在日本国内共同建设氢燃料加注站，为燃料电池汽车提供服务（表 11.4）。

表 11.4 燃料电池汽车领域企业联盟与合作

年份	企业联盟与合作
2012	日本联合汽车制造业巨头在美国华盛顿举行讨论氢燃料电池汽车取代传统能源汽车长远方案的氢燃料电池汽车峰会，力争大幅降低燃料电池汽车的技术成本
2012	丰田、本田、日产以及现代四家日韩厂商与北欧组织签署氢燃料电池汽车谅解备忘录，计划于 2014—2017 年向挪威、瑞典、冰岛及丹麦等北欧国家引入燃料电池电动车，建立加氢站等基础设施，合作推广氢燃料电池汽车
2013	丰田与宝马合作，共同开发燃料电池组、氢燃料罐、马达和电池等，计划 2020 年“推出采用双方共同开发成果的燃料电池车”
2013	日产与戴姆勒、福特达成协议，共同开发燃料电池堆这一燃料电池中枢及其控制系统等技术，讨论燃料电池车构成部件，计划 2017 年开始量产燃料电池车
2013	本田和通用汽车联合开发小型轻量化、高性能、低成本燃料电池系统及氢存储系统，共同促进加氢站基础设施建设及统一标准与规格，以期在 2020 年前实现商业化应用
2016	丰田提供给马自达燃料电池与混合动力技术，马自达向丰田提供 SkyActiv 创驰蓝天动力系统
2017	戴姆勒、宝马、丰田、本田、现代与 8 家能源、交通企业组成联盟，计划未来 5 年内投资超过 100 亿欧元用于氢燃料相关产品，推动氢燃料汽车基础设施建设和技术研发
2017	本田和通用汽车分别出资 8500 万美元，合资建立燃料电池系统制造基地
2017	日产、丰田、本田与 JXTG 能源集团、出光兴产株式会社、岩谷产业株式会社、东京燃气株式会社、东邦燃气株式会社、日本液化空气公司、丰田通商株式会社和日本政策投资银行等联合签署谅解备忘录，计划成立新公司，共同建设氢燃料加注站

资料来源：上海科学技术情报研究所（ISTIS）分析整理

三、车载动力电池及充电基础设施发展动态

（一）车载动力电池发展动态

1. 国外车载动力电池企业加速业务布局

电动汽车的快速发展推动更多车载动力电池市场需求。2015 年全球动力电池产能 28.47 亿瓦·时，比 2014 年增长 184.13%。所占份额较多的企业是比亚迪（14%）、松下（11%）、乐金化学（10%）、AESC（9%）、宁德时代 CATL（8%）、三星 SDI（4%）。根据美国波士顿新兴科技研究公司数据显示，2016 年全球电动汽车动力电池市场规模达到 50 亿美元。

韩国车载动力电池企业中，乐金化学和三星 SDI 既在欧洲新建电池工厂，也在中国设厂或进行资本运作。乐金化学的新工厂位于波兰弗罗茨瓦夫市，计划 2017 年下半年开始投产，预计年产能为 10 万组电池。此外，乐金化学还在美国密歇根州、中国南京和韩国梧仓设有电池工厂。三星 SDI 的欧洲电池工厂设在匈牙利，将于 2018 年开始投产，年产能可达 5 万组电池。2016 年 7 月，三星电子半导体在中国的上海三星半导体有限公司以 30 亿元认购比亚迪 5226 万股，占股本总额 1.92%，所募集资金将用于铁动力锂离子电池扩产项目、新能源汽车研发项目等。2016 年 9 月，三星 SDI、曙光股份、东软睿驰共同投资设立睿驰新能源动力系统（大连）有限公司，生产销售新能源汽车动力电池包与充电桩。

日本车载动力电池企业中，日产与日本电气组建的 AESC 在英国桑德兰大规模生产锂电池，为日



产“LEAF”供应电池。松下除了是特斯拉的电池供应商之外，还在计划与大众建立业务关系，并与中国企业捷星新能源科技签订合作协议，合资建厂，预计在2017年下半年投入生产，2017年电芯年产能约为1亿支。松下预计，其未来3年车用电池营收有望翻两倍。

美国企业中，特斯拉超级电池工厂在2017年初开始量产，所生产电池将用于特斯拉Model 3电动汽车和该公司储能系统中。特斯拉预测，到2018年将每年生产35吉瓦的锂电池，这将改变目前88%车载动力电池产于中国、韩国和日本的生产格局。

2. 中国车载动力电池企业快速发展

中国市场方面，根据《2016年中国锂动力电池研究报告》统计数据显示，2016年中国国内锂动力电池企业出货量合计达到30.5吉瓦·时，同比2015年的17.0吉瓦·时增长79.4%；近80%的动力电池企业实现利润大幅增长，其中预计净利润最大增幅同比超过100%的企业超过35家，净利润逾亿级的企业超过50家。比亚迪、宁德时代、沃特玛、国轩和力神五家企业年出货量合计超过20吉瓦·时，占据中国动力电池市场的75%以上。

2016年中国车载动力电池市场受到《汽车动力蓄电池行业规范条件》企业目录政策影响，原有占据较大份额的韩国企业处于停滞状态，包括三星SDI在西安的生产线闲置减产、乐金化学在南京的合资电池企业闲置、SK Innovation公司与中国企业合资设立的新能源汽车电池厂停止生产。比亚迪、天津力神、宁德时代等多家中国车载动力电池企业都在规划扩建新的产品生产线。

同时，多家车载动力电池企业与整车企业合作进行资本整合升级，沃特玛与东风、一汽、珠海银隆、江苏九龙、厦门金旅、长安客车、大运汽车、力帆汽车等国内整车企业展开合作，2017年与中通客车签署战略合作协议，计划合作生产与推广8000辆涵盖6~12米全系列纯电动客车、10000辆纯电动轻卡物流车和5000辆纯电动微面物流车；珠海银隆收购兰州宇通客车，计划在未来3~5年内兰州新区投资100亿元打造新能源客车产业基地；远东智慧能源披露非公开发行股票建设3吉瓦·时和投资建设6吉瓦·时高性能锂电池的计划，拟出资24000万美元与底特律电动汽车、中国宜兴环保科技工业园发展总公司共同设立帝特律电动汽车有限公司；骆驼股份与唐骏汽车签订战略合作框架协议，在动力锂电池、电机、电控等新能源汽车产品配套和技术支持等方面开展合作；上汽集团与宁德时代联合设立时代上汽动力电池有限公司和上汽时代动力电池系统有限公司，共同布局动力电池电芯、模块和系统。这些合作将推动动力电池企业与终端车企优势互补，在利润空间挤压下创造新的产业增长点，扩展市场空间。

（二）新能源汽车充电与加氢基础设施建设动态

1. 企业加快电动车辆充电基础设施建设进程

缺乏充电基础设施被视为电动汽车难以大规模普及的主要障碍。针对这一状况，2016年以来，美国、欧洲、日本、韩国等地区以企业为主体，进一步推动电动汽车充电基础设施建设与应用。

在美国，从2010年到2016年，大部分地区的充电站数量每年增加125%以上。零售商和酒店业主正在安装充电设施以吸引客户；100多个大城市已经形成清洁城市联盟，鼓励安装更多充电设施；急于出售非高峰电力的电力公司也在加紧投资充电站。目前，美国共有超过14300个公共电动汽车充电站。2016年7月，美国能源部宣布45亿美元贷款支持电动汽车充电站建设。作为美国快速充电走廊

计划的一部分，宝马、大众和电动汽车基础设施公司 ChargePoint 沿着美国主要沿海公路安装近 100 个公共电动汽车充电站，共有 95 个直流充电站沿东海岸从波士顿到华盛顿特区的 95 号州际公路，并沿西海岸从波特兰到圣迭戈的 5 号州际公路和 1 号公路安装，提供 50 千瓦或 24 千瓦直流 SAE 二合一充电口，支持宝马 i3 和大众电动高尔夫等电动汽车充电，个别充电站还支持 CHAdeMO 充电口，可为日产 Leaf 等电动汽车充电使用。2017 年初，爱迪生国际公司（Edison International）下属的南加州爱迪生公司要求加州监管部门提供许可，在未来 5 年内向用户额外收取 5.7 亿美元，用于约 1800 个电动卡车充电站设备安装；太平洋燃气电力公司（PG&E）希望收取 2.53 亿美元，用于电动巴士和电动卡车充电系统；还有 Sempar Energy 旗下圣地亚哥燃气电力公司申请 2.46 亿美元用于类似项目。

在欧洲，2016 年 11 月宝马、戴姆勒、大众集团（含奥迪和保时捷）、福特汽车签订在欧洲建设超快速充电网络的相关备忘录，计划实施大额投资，设立合资公司，2017 年首先在 400 个地方设置充电站，支持最大 350 千瓦的超快速充电，在 2020 年之前将设置范围扩大至欧洲的数千处。2017 年初，新西兰公布电动汽车公共充电设备发展指导文件，包含对相关技术使用的推荐，如列出现阶段主要电动汽车的充电装置规格，哪些电动汽车的充电接口在新西兰使用较为广泛，推荐使用一些应用范围较广的支付手段、实时监控充电装置以确保安全，以及充电站运营的具体规范等，以此推动电动车相关设施建设，实现 2021 年新西兰电动汽车达到 6.4 万辆的目标。

在日本和韩国，根据日产相关数据，日本全国已遍布有 4 万座电动汽车快速充电站，超过 3.4 万座加油站数量。其中，面向公众的电动汽车充电站数量为 6469 座。韩国的车用充电站建设也在加速中。2017 年 1 季度韩国新建 100 座电动汽车超级充电站，等于以往韩国所有超级充电站数量总和，其目标是 2017 年年底建成 1450 座充电站。

2. 政府与企业部署燃料电池汽车基础设施

根据 H2stations.org 于 2017 年 2 月发布的第 9 期全球加氢站统计报告，2016 年全球新增 92 座加氢站，比 2015 年的 54 座加氢站增加 70%，增长量创新高。截至 2017 年 1 月，全球正在运营的加氢站达到 274 座，其中 188 座加氢站向公共开放，占全球总加氢站数的 2/3。新增 92 座加氢站中，有 83 座对公众开放，其余 9 座是专门为公交车或车队客户提供服务。

从地区分布来看，北美正在运营的加氢站 64 座，2016 年新增加氢站 25 座，比 2015 年的 7 座增加两倍以上，其中 20 座位于加利福尼亚州；美国目前还有 24 座加氢站正在建设中。欧洲正在运营的加氢站 106 座；2016 年新增 22 座，比 2015 年的 19 座增加 3 座。其中德国新增 6 座，公共加氢站总数增至 22 座，另有 29 座加氢站正在建设或即将开放。丹麦已成为第一个实现加氢站网络在全国范围内覆盖的国家，贯穿德国南北的氢气高速公路以及从瑞士西北到维也纳的氢气高速公路正式建成。英国在 2017 年 3 月设立 2300 万英镑基金，用于加氢站和其他“高科技基础设施”项目建设，并鼓励丰田、现代等生产氢能源汽车的企业参与合作，以推动氢燃料汽车推广。亚洲正在运营的加氢站 101 座。日本成为世界上加氢站最多的国家，2016 年新增加氢站 45 座，位列加氢站增长数榜首，比 2015 年的 28 座增加 17 座，已建成的加氢站 79 个，另有 12 个正在筹建中。根据日本燃料电池商用化推进协会（FCCJ）数据，日本计划 2020 年加氢站数量达到 160，到 2025 年增加到 320。截至 2017 年 1 月，韩国共有 10 个加氢站，且全部为科研用途，商用充电桩数量为零，对此，韩国政府积极推动配套设施建设。2016 年 8 月，政府表示将在韩国国内新增 100 个加氢站；2017 年 2 月，韩国成立专门委员会，计



划提出一个切实可行的方案，推动燃料电池汽车部署。根据计划，到 2025 年韩国加氢站将增加到 200 个，到 2030 年将增加至 520 座，基本实现韩国主要城市全覆盖。

汽车企业和能源企业也在加速进行加氢站建设。2017 年初，戴姆勒、宝马、丰田、本田、现代 5 家汽车企业与荷兰皇家壳牌（Royal Dutch Shell）、道达尔（Total SA）、法国液化空气公司（Air Liquide SA）、德国林德集团（Linde AG）、矿产企业英美资源集团（Anglo American Plc）、电力设备企业法国 Engie 集团、铁路企业法国阿尔斯通集团（Alstom SA）、机动车与重工企业川崎重工（Kawasaki Heavy Industries Ltd）达成共识，在达沃斯宣布成立氢燃料委员会（hydrogen council），计划加大投资，在全球范围内推进氢能源发展。2017 年 5 月，日产汽车公司联合丰田汽车、本田汽车、JXTG 能源集团、出光兴产株式会社、岩谷产业株式会社、东京燃气株式会社、东邦燃气株式会社、日本液化空气公司、丰田通商株式会社和日本政策投资银行等 10 家企业联合签署谅解备忘录，计划在 2017 年内成立新公司，在日本国内共同建设氢燃料加注站，为燃料电池汽车提供服务。此外，2016 年 11 月东芝在东京围绕新设计的 H2One 氢能系统^①进行综合氢能应用中心建设，采用东芝氢能管理系统 H2EMS 控制，计划将于 2017 年 4 月开始运营，利用可再生能源制氢，并将氢供应给在府中综合体内作业的燃料电池叉车。

四、汽车电子推动智能化、自动化和无人化发展

（一）无人驾驶整体发展态势

按照美国高速公路安全管理局对于智能汽车五个阶段（无智能化、辅助驾驶阶段、半自动驾驶阶段、高度自动驾驶阶段、全工况无人驾驶）定义，对照各企业的技术研发现状，众多汽车跨国企业和信息技术巨头发展的智能汽车正处于第 3~4 阶段之间，高阶段的无人驾驶多项相关技术瓶颈还未得到根本性突破。2016 年，特斯拉研发的半自动驾驶汽车实现商业化，谷歌、百度对研发的无人驾驶汽车展开测试。从特斯拉多次自动驾驶安全事故可以看到无人驾驶的技术突破将是一个循序渐进的过程，从主动安全技术升级为半智能，到最终实现所有路面、所有场景的全工况无人驾驶还有很长的路要走。

根据日本调查公司富士 CHIMERA 综合研究所对有关新一代汽车技术动向的调查数据，2015 年配备高级驾驶辅助系统（ADAS）的车辆销量为 1030 万辆，预计到 2030 年将达到 5800 万辆，是 2015 年的 5.6 倍，占到车辆总销量的 41.5%；可在限定条件下自动行驶的“3 级”自动驾驶汽车的生产将从 2020 年左右开始扩大，预计到 2030 年将扩大到 1050 万辆；完全自动行驶的“4 级”自动驾驶汽车将从 2020 年代后半期开始量产，预计到 2030 年销量将达到 56 万辆。业内已将 2020 年视为无人驾驶发展的重要时间节点，届时将出现高度自动驾驶的车辆，相关技术也将更加成熟和完善。为抓住这一时间节点，众多汽车跨国企业和信息技术巨头从车身半导体、动力控制、安全控制、导航通信等方面推进汽车智能化、自动化和无人化研发，各国政府也积极推进相关标准与法规修订。

1. 主流车企、信息技术巨头、零部件厂商联合开发无人驾驶技术

在无人驾驶领域，以谷歌为代表的信息技术企业巨头追求的是无人驾驶一步到位，采用众多造价高昂的感应系统，以充分发挥其在人工智能深度学习和高精度地图方面的优势，目前其研发的无人驾

^① 东芝 H2EMS 包括一项全新的氢需求预测功能，可以预测燃料电池车辆的供氢需求，从而使储氢区域实现最优化的空间节省。

驶汽车还处于测试过程中；而特斯拉则代表主流车企的思路，以渐进化的技术路径尽快实现无人驾驶的商业化，凭借单目摄像头等简单的感应设备抢先实现半自动驾驶汽车商业化。

主流车企对于汽车自动驾驶技术研发多年，博世、德尔福等零部件供应商也在推进其自动驾驶检验。奔驰、沃尔沃等厂家早在 21 世纪初就在碰撞预警、盲点辅助、行人监测等自动驾驶技术方面展开探索，奥迪 TTS 在 2009 年就进行全球最早的无人车试验。2016 年，通用汽车以 10 亿美元收购无人驾驶软件公司 Cruise Automation，计划 2017 年在“Cadillac CT6”上搭载“Super Cruise”半自动驾驶系统，实现汽车在高速公路上的自动驾驶；优步以 3 亿美元购买 100 辆沃尔沃“XC90”插电式混合动力车，在匹兹堡市进行试运行，其后为乘客提供可自动驾驶的福特轿车和沃尔沃 SUV；美国第二大网约车服务商 Lyft 公布自动驾驶汽车共享计划，计划到 2021—2022 年其服务全部由自动驾驶汽车完成；福特公布“2021 自动驾驶汽车战略规划”，计划未来 5 年内实现无人驾驶汽车上路，提供专车和汽车共享服务；日产 2016 年实现拥堵和单一车线（车道）下的自动驾驶，计划 2018 年实现高速公路工况及多条车线的自动驾驶，2020 年在市区应用自动驾驶，并推出 10 款搭载“重大自动驾驶功能”的汽车；保时捷成立 Porsche Digital GmbH 全新数字化子公司，将在互联网汽车、智能交通工具以及自动驾驶、数字化用户体验等领域实现创新技术。中国企业也在纷纷发力自动驾驶。2016 年长安完成 2000 千米无人驾驶道路实测，创下中国第一个无人驾驶汽车的长距离实际道路测试；神龙汽车发布面向 2020 年的中期事业“5A+ 计划”，提出 2016 年—2018 年—2020 年“三步走”无人驾驶线路图；位于上海的智能网联汽车封闭测试园区有超过 20 部由传统企业提供的车辆接受测试。

需要关注的是，2016 年特斯拉发生多起使用“路况识别巡航控制”和“自动操（纵方向）盘”功能自动驾驶模式下的安全事故。对其事件的技术分析揭露目前特斯拉自动驾驶算法及硬件技术的短板：单目摄像头对于立体及大面积平面物体的识别存在硬伤，毫米波雷达存在识别区间限制以及在极端情况下对于综合情景的取舍及冗余判断等。对于一系列问题，特斯拉计划对无人驾驶硬件及算法进行优化，拟采用双目 / 广角摄像头、综合毫米波雷达和激光雷达技术等予以解决。

除了技术融合之外，安全事故的发生促使业内愈发意识到统一的技术标准对于自动驾驶商业化和规模化应用的重要性。主流车企、信息技术巨头、零部件厂商强强联合，推进无人驾驶技术。2015 年，奥迪、宝马以及戴姆勒公司联合投入 30 亿美元收购诺基亚高清地图技术，以开发无人驾驶汽车。2016 年，通用汽车对 Lyft 投资 5 亿美元，与网约车服务平台合作打造基于客户对无人车需求的网络，共同研发自动驾驶汽车；福特、谷歌、优步、Lyft 和沃尔沃五大自动驾驶技术巨头结成“自动驾驶更安全道路联盟”（Self-Driving Coalition for Safer Streets），计划与立法者、监管机构协调工作，消除自动驾驶方面联邦政府以及州政府之间的差异性或者冲突性的法律法规；宝马联合英特尔和以色列汽车安全科技公司 Mobileye，在宝马“i Vision Future Interaction”概念车基础上合作开发，构建自动驾驶开放平台，计划 2021 年推出自动驾驶汽车；比亚迪除了自己研发自动驾驶技术外，与百度开展无人驾驶项目合作研发；长安与博世、华为、360、高德地图、百度等众多企业建立无人驾驶汽车开发多方合作。

2. 政府推进相关标准和法规修订

日本是较早进行无人驾驶技术公路实证实验的国家。在日本，只要是符合安全标准的车辆，实施无人驾驶技术公路实证实验时不需办理特别的手续。即便车辆不符合安全标准，只要获得国土交通大臣的批准，就能进行公路实证。2016 年 4 月，日本警察厅公布公路自动驾驶实证实验准则草案，明确



各项公路实验规定，以促进自动驾驶技术的开发。但是，该草案并不允许实验车辆不设驾驶员只进行远程监控的“完全自动驾驶”验证实验，并对公路实验过程中驾驶员和监控操作员职责、“放手驾驶”状态、车辆装备、事故对策等进行详细规定。

除了进行国内无人驾驶技术公路实证实验之外，日本积极与欧盟合作，在联合国内主导无人驾驶技术标准制定。2014年11月，联合国下属区域性机构联合国世界汽车车辆法规协调论坛（WP29）接受日本提案，成立制定无人驾驶国际标准的“自动驾驶分会”。日本与英国联合担任主席国，主导无人驾驶方面的国际性讨论。2015年，“自动操舵专家会”启动，日本与德国一起担任主席国，讨论修改对促进无人驾驶发展造成阻碍的现行标准。当前，WP29对转向自动控制、限速等 ACSF 技术及系统进行研究，在此基础上确认无人驾驶对于安全的保障，以修订1968年《维也纳公约》中“驾驶员必须要随时能够自主控制汽车”等条款；并将讨论与制定“全球统一的自动驾驶汽车技术标准”，包括自动驾驶汽车（或是自动驾驶模式）行驶场所、事故责任、安全技术等。

英国也在积极推进无人驾驶技术。2015年2月，英国运输部制定“Driverless Cars”项目执行计划，长期内以实现完全自动驾驶为目标，在中短期内提高先进驾驶辅助等现行自动化技术，将利用3年时间将使用有试车驾驶员搭乘的实验车辆进行实证，2017年夏季讨论修改英国国内规定，2018年底整理出国际规定中应该调整和修改的内容。

德国与法国方面，2017年2月德国交通部提供100万欧元基金，联合法国在连接两国的跨境公路开放特定区域，供无人驾驶车辆进行测试，以推动无人驾驶关键技术跨国标准建立。

美国没有日本或欧洲那样的车辆认证制度，而是由各汽车厂商根据“美国联邦机动车安全标准（FMVSS）”，自行负责进行车辆认证。按照美国现行法律规定，没有转向装置、油门踏板、制动踏板的车辆只能在私有领地上行驶。汽车厂商利用配备有自动驾驶技术的车辆进行公路实验时，需要根据各州的法律办理各种手续，而且必须符合 FMVSS 的相关规定。不过，这种状况正在改变。美国2017年预算草案划拨40亿美元资金，在今后十年中进行无人驾驶车开发，推进在美国全境公路上开展无人驾驶车及联网汽车行驶实验项目。同时，美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）计划在美国各州建立统一的政策框架，与汽车行业及所有利益相关者合作，在6个月内制定出与无人驾驶车安全操作和推广相关的规范，其内容包括无人驾驶车所需的性能及特性、相关测试方法及分析方法等。2016年10月，加州通过无人驾驶新法案，允许未配备任何司机的无人驾驶汽车在公共道路上展开测试。2017年1月，美国交通部筹建专门的咨询委员会，联合洛杉矶市长、国家安全委员会、交通运输部门、美国卡车协会、州立农业保险公司、斯坦福大学、加州大学伯克利分校、杜克大学、通用汽车、Zipcar、FedEx、Hyperloop One、德尔福、苹果、Lyft、优步等众多政府机构、大学和企业，致力于解决涉及无人驾驶汽车研发和推广方面的问题。

（二）半导体技术助力无人驾驶发展

半导体是支撑无人驾驶汽车发展的关键技术领域。近几年，全球汽车电子半导体市场增速不断提高。根据 IC insights 数据，2016年汽车半导体市场较上年增长12%，达到229亿美元，2015—2019年有望实现8%的复合年均增长率。

2016年日本瑞萨电子与瑞萨系统设计公司为未来自动驾驶开发车载计算系统芯片（SoC），采用16

纳米 FinFET 工艺制造，在单个芯片上集成多个 ARM 中央处理器（CPU）内核、图形处理器（GPU）内核以及 6 种（17 个）视频处理用处理器，可同时处理 12 通道全高清（1980×1080 像素、30 帧/秒）影像情况。这是瑞萨车载信息半导体“R-CAR”的第三代产品，预定 2018 年 3 月开始量产。

英特尔与宝马集团和 Mobileye 展开合作，共同研发无人驾驶解决方案以及创新系统。英特尔还投资 1 亿美元建立联网汽车基金，为高级驾驶辅助系统、人机界面、远程信息处理、云计算服务和无人驾驶方面提供项目孵化资金支持，并在 2016 年 11 月成立无人驾驶事业部。

英伟达（NVIDIA）在 2014 年加入谷歌、奥迪、通用汽车等成立的“开放汽车联盟”，作为该组织的芯片供应商。英伟达的人工智能超级计算机 NVIDIA DGX-1 是世界上首台专为深度学习和人工智能加速分析而打造的系统，实现与硬件、深度学习软件和开发工具的全面集成，可运行热门的加速分析应用程序，缩短数据处理时间、呈现更多数据、加速深度学习框架并设计更加复杂的神经网络。英伟达与众多科技企业和传统汽车厂商等在无人驾驶技术领域进行合作。2016 年 10 月，英伟达开始为特斯拉自动驾驶车的车载计算机提供人工智能计算平台“NVIDIA DRIVE PX 2”，搭载专门为自动驾驶而研发的深度学习架构 Pascal 图形处理器，使其利用深度学习技术识别并掌握车辆周围情况。奥迪也计划在 3 年后推出集成英伟达人工智能计算平台的汽车生产线。

日本 ZMP 和 JIG-SAW 公司在 2016 年共同开发自动驾驶用实时操作系统“IZAC-OS”，以 Linux 系统为基础，强化安全性和性能的“Automotive Real-Time Linux”（自动驾驶汽车用实时 Linux OS），以实现可拦截外部攻击的安全自动驾驶及自主移动。

2016 年 11 月，电装与英国 Imagination Technologies 公司就自动驾驶中央处理器内核展开合作研究，以实现用硬件切换线程的硬件多线程（Hardware multithreading），适应由整体控制中央处理器控制汽车工作的自动驾驶汽车进行频繁发生通信及切换的电子控制单元（ECU）并行处理。

此外，根据 Strategy Analytics《2016 年汽车半导体厂商市场份额》报告数据，芯片厂商的主要收益来源国首次由日本变为中国，中国半导体企业业务迅速扩张。2016 年 11 月，台湾联发科（MediaTek）正式进军车载半导体业务，计划未来 5 年内向汽车、第五代移动通信（5G）、物联网、工业 4.0、虚拟/增强现实、人工智能与深度学习、软件和互联网服务等领域投资 2000 亿新台币。联发科预计将提供车载通信（Telematics）、信息娱乐（导航仪等）、高级驾驶辅助系统等，计划到 2020 年获得 20% 以上车载通信与信息娱乐市场份额，到 2025 年获得 20% 以上的高级驾驶辅助系统市场份额。

（三）安全技术实现智能与无人驾驶保障

从汽车到医疗再到工业设备，依赖电子器件的应用越来越多，功能安全正变得更加重要，并将成为常规要求。在无人驾驶领域，安全化是实现智能化、自动化、无人化的前提，带动高级驾驶辅助系统、胎压监测系统（TPMS）等安全控制系统市场需求快速增长。安装摄像头、激光雷达，通过传感器感知、传递并处理数据与图像信息，消除传统车镜的视线盲区，提高行车安全，提升用户驾乘体验，降低交通事故率，是迅猛发展的车联网和无人驾驶的基础，并将逐步在实践中得到推广和应用，甚至成为汽车标配。

目前，宝马、奔驰、奥迪、沃尔沃等汽车企业，谷歌等信息技术企业，博世、德尔福、大陆、先锋等零部件供应商以及 Cruise Automation、NuTonomy 等初创企业都在其自动驾驶系统中使用激光雷



达。即使是一直只使用“摄像头+毫米波雷达+超声波传感器”自动驾驶技术方案的特斯拉，也在2016年多次进行搭载激光雷达的路测。根据Lux Research报告数据，到2030年，激光雷达将在自动驾驶领域收获近亿美元的商业机会（表11.5）。

表 11.5 部分激光雷达企业进展

企业	产品与技术	投资与合作
Velodyne	已量产销售三款产品：HDL-64E（64线）、HDL-32E（32线）、VLP-16（16线），将在2019年迭代更新；谷歌、百度、优步采用其64线产品，并应用在DARPA无人驾驶汽车挑战赛中	与车厂以“LiDAR Club”形式合作，已与10家高科技企业和9家汽车厂商开展合作，共同推进19项自动驾驶汽车项目；2016年8月获得福特汽车与百度1.5亿美元共同投资
Quanergy	在光学、光电子、光电元件、人工智能软件和控制领域有深厚积累，致力于降低激光雷达的成本；2016年国际消费电子展上发布S3，是全球第一款固态激光雷达传感器	2014年5月获得来自三星电子风险投资、特斯拉创始人及清华企业家协会天使基金种子投资；2014年12月完成3000万美元A轮融资；2015年获得德尔福战略投资；2016年7月获得9000万美元B轮融资
Ibeo	是最早选择嵌入式方案的公司，代表产品是4线LUX，也在研发固态激光雷达技术	2000年被传感器制造商Sick AG收购，2009年开始独立运营；2016年8月采埃孚收购其40%股权以获取技术与环境感知算法相关技术
Innoluce	产品是硅基固态MEMS微反射镜，已取得独家专利，应用在高级驾驶辅助系统及自动驾驶激光雷达软硬件支持和适用于智能大灯的激光扫描领域；还研发和相关信号处理集成电路的固态激光扫描模块	2016年10月英飞凌宣布收购Innoluce，计划利用其来提升自动驾驶传感技术，为高性能激光雷达系统开发芯片组件
Innoviz	开发智能三维传感、传感器整合及准确绘图定位，计划在2018年前推出高精度固态激光雷达InnovizOne（HD-SSL）	2016年8月完成900万美元A轮融资，由著名风险投资人Zohar Zisapel、以色列风投公司Vertex Venture Capital、Vertex及以色列汽车零售初创公司参与投资
TriLumina	开发芯片产品，降低激光雷达的尺寸及成本；预计其研发的固态LiDAR传感器将于2017年投入市场	主要投资机构包括Cottonwood Technology Funds、Stage 1 Ventures及Sun Mountain Capital
LeddarTech	前身是加拿大国家光学研究所的研究子项目，已获得独家激光雷达专利，为用户提供高敏感度、识别率高且即时的识别算法；2016年6月公布无人驾驶汽车固态激光雷达半导体路线图，与法雷奥合作研发激光雷达传感器；2016年12月宣布二维及三维高精度激光雷达应用方案	
Phantom Intelligence	与欧司朗光电半导体事业部合作开发低成本集成式激光雷达，用于城市驾驶低速障碍物探测	

资料来源：上海科学技术情报研究所（ISTIS）分析整理

在视觉应用、车舱内监测、高级驾驶辅助系统等应用领域应用非常广泛的汽车图像传感器也在政府汽车安全法令实施、消费者驾乘体验及无人驾驶的趋势推动下呈现爆发式增长。日本电装公司在2016年10月宣布采用索尼半导体解决方案公司制造的图像传感器产品，运用其高灵敏度实现摄像头的高性能化，实现夜间行人识别。由博世旗下风投公司投资的法国Chronocam公司利用全新原理摄像技术实现的图像传感器，该器件帧率100万帧/秒、动态范围180分贝左右、耗电量降至1/1000以下。已有欧美大型汽车厂商决定在高级驾驶辅助系统中采用这一图像传感器，相关车辆预计将在2019年问世。预测显示，2014—2018年间汽车互补金属氧化物半导体（CMOS）传感器市场的复合年均增长率将达到28%。

此外，德国联邦道路交通研究所（BAST）开展拟于2024年启用的自动驾驶评估项目，从明确系统的极限和传感器性能、明确驾驶员的责任范围、筛查与驾驶权限移交等相关的人机接口（HMI）设

计的缺陷、自动驾驶系统的安全效果等角度设定评估目标，并进行极限测试，制定符合市场应用要求自动驾驶功能标准，避免自动驾驶功能定义模糊不清所造成的汽车厂商与消费者认知鸿沟。

（四）互联互通技术推动导航与通信等无人驾驶市场需求

在众多科技企业的推动之下，互联互通技术带动以导航、通信和娱乐为主的智能硬件市场快速发展。同时，汽车正演进成为互联设备之一，在智能化、自动化、无人化发展趋势下推动整个出行市场的格局改变。

在车载导航领域，根据日本电子信息技术产业协会（JEITA）《主要电子产品的全球生产情况 2014—2016 年》调查数据，2014—2016 年全球车载导航仪呈现增长态势，在各类电子产品中的增速仅次于智能化手机。在科技企业和传统汽车厂商将无人驾驶汽车视为核心战略趋势下，覆盖全球的导航地图势必将成为未来汽车核心配置之一，引发众多企业进行市场竞争。2015 年末，宝马、奥迪和梅赛德斯联合斥资 28 亿欧元收购诺基亚 HERE 地图；2016 年 9 月，HERE 宣布推出全新交通服务，通过收集互为竞争对手汽车制造商的数据，允许驾驶员查看实时路面信息；2016 年 12 月，四维图新联合腾讯及新加坡政府投资公司收购 HERE 地图 10% 股权；2017 年 1 月，英特尔宣布收购 HERE 公司 15% 股权，在无人驾驶汽车和物联网技术方面进行合作。

在车载通信领域，随着 C-V2X（Cellular Vehicle-to-everything）通信等长期演进（LTE）及第五代移动通信网络的问世，处理海量数据、连接更多机器、延迟更低、可靠性更高的通信备受期待。在第五代移动通信与汽车融合应用方面，2016 年 9 月，德国奥迪、宝马、戴姆勒、瑞典爱立信、中国华为、美国英特尔、芬兰诺基亚及美国高通结成 5G 汽车联盟（5GAA），在通信解决方案开发、测试、促进销售方面展开合作，实现新一代移动通信网络与汽车平台的整合，加快商用化和向全球市场推广。在 V2X 技术方面，美国行政机构与汽车行业正在探讨两个关于 V2X 的方案，一是使用基于 IEEE 802.11p 的无线技术，推动建设使用 DSRC/ITS-G5 的车用基础设施，在现有车载调制解调器中增加 DSRC/ITS-G5 通信模块，开发焦点对准 V2V、V2I 的生态系统；二是使用基于 3GPP 的 Cellular-V2X，配合 5G 无线技术在 V2X 领域的发展蓝图，与移动通信网络运营商和道路运营商合作构建 V2I 网络，同时在现有车载调制解调器中整合 V2V/V2I/V2P 直接通信功能，在不增加新通信模块的前提下实现上述通信功能。

主要参考文献

- [1] 陶晓喆. 全球新能源车市进入“战国时代”[N]. 中国汽车报, 2017-02-14.
- [2] 阳万顺. 全球十大汽车集团新能源汽车发展规划[J]. 盖世汽车, 2017.
- [3] 栉谷沙江子. Volkswagen が新経営戦略、2025 年までに EV100 万台体制[J]. Nikkei Energy & Ecology, 2016.
- [4] 久米秀尚. 2020 年の車載電池が見えてきた[J]. Nikkei Technology, 2016 年 8 月 26 日.
- [5] 结合市场和技术, 浅谈动力电池厂的机遇与挑战[EB/OL]. 第一电动网, 2016 年 8 月 23 日.
- [6] 日韩在华电池企业近况盘点 停摆闲置为哪般?[EB/OL]. 电池中国网, 2017 年 5 月 1 日.



- [7] 全球加氢站发展现状: 2016 年新增 92 座 [N]. 中国汽车报, 2017-04-28.
- [8] 经济观察报. 自动驾驶暗战升级: 角逐主力升至国家层面 [EB/OL]. 汽车电子应用, 2016 年 7 月 19 日.
- [9] 干晔. 半导体厂商: 无人驾驶的幕后推手 [EB/OL]. 汽车电子应用, 2017 年 2 月 21 日.
- [10] 加藤树子, TechanaLye. V2X 实现までの長い道のり [EB/OL]. Nikkei Technology, 2016 年 11 月 30 日.

本章撰写: 祝毓

热 点 篇

第十二章

全球工业绿色化推进态势

一、全球工业绿色化发展总体态势

(一) 工业绿色化推动生态创新发展

工业绿色化包括资源的高效利用、生产过程低碳环保、产品绿色化等，其覆盖从设计、采购、制造、包装及分销、消费、再利用的全过程。2009年亚洲绿色工业国际会议上，联合国工业发展组织提出“绿色工业”(Green Industry)。联合国工业发展组织认为绿色工业是绿色经济的一部分，其生产和发展不以牺牲自然生态系统或损害人类的健康为代价，将环境、气候和社会因素纳入企业的经营范围，通过借助新兴产业及市场的力量，采取一系列即时可行、跨领域融合的方法和战略，为解决全球及相关挑战提供平台。

绿色工业可通过双管齐下的战略实现可持续发展，包括现有工业的绿色化以及创造新的绿色产业，从而控制自然资源利用的不断增长以及污染的扩大，具体举措包括：

一是以提高资源利用效率来提升生产效率，通过减少浪费、污染物排放及提高废弃物管理来减少对环境的影响，从而推进工业活动绿色化；

二是推动新技术及产业创新，扩大绿色技术开发及应用和相关服务的发展，包括推动可循环能源设备制造企业，工业、运输、建筑物、自动化领域清洁技术开发，以及推动循环再造、废弃物管理、水处理、能源监测分析等发展。

工业绿色化旨在同时提升生活环境和减少环境破坏，减少工业对于环境影响的同时，推动生态创新。联合国环境规划署将生态创新定义为：“一种商业模式的发展与应用，由一种新型经营战略演化而成，该战略以对生命周期的思考为基础，通过与整个价值链上合作伙伴的合作，将可持续发展理念纳入业务运营的所有环节。它包含针对产品（商品/服务）、流程、市场途径及组织结构而制定的一整套完善的整改方案或创新型解决方案，并以此增强企业的业绩和竞争力。”可见，工业绿色化发展强调工



业企业的社会责任感，促进企业开发及使用环保生产技术、更安全的化学替代品，提高资源的利用和浪费，开发可循环利用的绿色产品，创造更多的商业、就业的机会（图 12.1，图 12.2）。

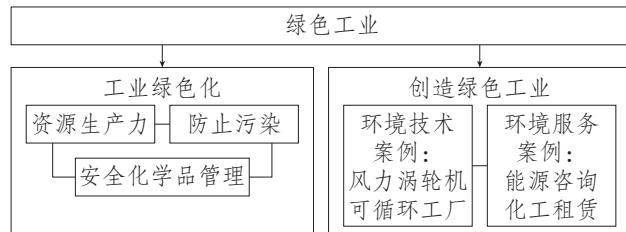


图 12.1 联合国工业发展组织提出“绿色工业”概念

资料来源：联合国工业发展组织（UNIDO）

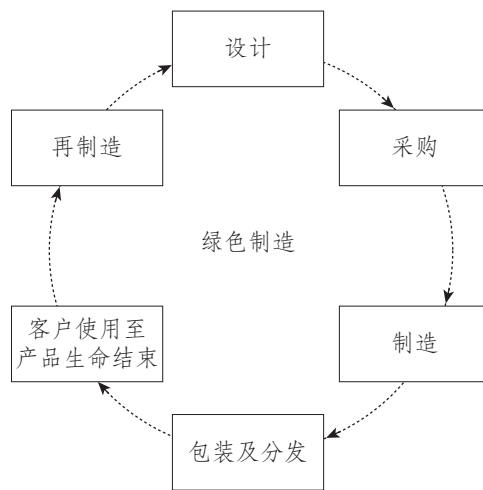


图 12.2 “绿色制造”生态体系

资料来源：Forst&Sullivan

（二）工业绿色化推动经济、社会、环境的全方位优化

工业绿色化推动经济增长。一方面，企业实施绿色化生产经营，开发制造绿色产品，以符合可持续发展标准，满足客户需求，从而实现产业升级甚至转型，拓展新商业模式，进入新价值链环节。据统计，全球绿色市场年平均增长率高于总市场增长率 12%，至 2025 年，全球绿色市场总值有望达到 4.4 万亿欧元。另一方面，工业绿色化提升产业效率。例如，企业加大循环利用，减少额外原料成本，有助于企业扩张、创造就业以及进行进一步投资。例如，宝马（BMW）公司自 2002 年起实施垃圾填埋气回收项目，将收集的垃圾填满气体回收后转移至能源中心，为工厂提供能源。该项目每年为公司节省约 500 万美元的能源成本。2006 年至 2016 年间，通过高效的能源利用，宝马公司共节约 15.53 亿美元。此外，工业绿色化发展可抵消对于开采以及非绿色产品出口等的依赖，提升经济回弹能力及对全球商品价格冲击的耐受力。

工业绿色化增加社会效益。企业通过增加绿色生产及运营环节，开发新绿色产品及业务，创造新岗位需求。例如，宝马公司积极开发自动驾驶产品，以提升安全性、驾驶效率、减少空气及噪音污染

等，为此该公司建立新的研发中心，2017年预计增加2000个岗位。又如，强生集团内部负责公司可持续发展业务的人员达到数千人。

工业绿色化推动企业实施生产运营及技术改造，强化社会责任。据统计，截至2016年9月，全球有1249家企业已建立或将采取内部碳定价，其中有147家企业已经将碳定价作为主要企业战略内容。例如，日本日产汽车公司制定减少碳排放的目标，计划至2050年较2000年减少碳排放24%，新汽车产品的排放量较2000年降低90%，研发低至零排放等技术，目前其70%的研发及工程经费主要用于环境技术开发。为减少环境污染，宝洁公司(P&G)65%的产品采用植物及可再生材料作为生产原料，相较2010年，目前每生产单位的能源使用已经减少20%，并减少了10%的碳排放，55%的工厂实现零垃圾填埋等。

(三) 工业绿色化带动全球合作

2009年，在由联合国工业发展组织、联合国亚太经社会、联合国环境署联合举办的绿色工业国际会议上，来自亚太地区21国共同签署通过《关于亚洲绿色产业和行动框架的马尼拉宣言》，呼吁政府、企业和国际组织共同推动工业绿色化发展。2011年，日本东京会议上，联合国工业发展组织正式提出启动绿色工业倡议(Green Industry)，并于2012年6月协同联合国环境规划署共同推出绿色工业平台(Green Industry Platform)，平台搭建包括政府、企业、社会、学术团体等全球高级别多方利益相关方伙伴关系，通过论坛等形式促进及动员绿色工业行动。

2013年12月秘鲁首都利马举行的联合国工发组织大会第十五届会议上，联合国工业发展组织提出包容和可持续工业发展愿景(Inclusive and Sustainable Industrial Development, ISID)，希望促进工业经济发展的同时，实现经济竞争力、社会责任和包容性三者间的协调，并维持生态环境平衡。2015年9月，联合国可持续发展峰会上通过193个会员国家共同达成的“2030可持续发展议程”(Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development)，包括17项可持续发展目标和169项具体目标。目标之一是“建造具备抵御灾害能力的基础设施，促进具有包容性的可持续工业，推动创新”，进一步强调“包容和可持续工业发展愿景”。联合国工业发展组织为推进实现“包容和可持续工业发展愿景”，推出国家合作项目(the Programme for Country Partnership, PCP)，首批包括塞内加尔、埃塞俄比亚和秘鲁三个国家，帮助其实现可持续工业发展。

2014年10月，欧洲理事会就《2030气候和能源政策框架》达成一致，确立欧盟内部至2030年较1999年至少减少40%温室气体排放的减排任务，以及至少提升欧盟整体可再生能源占能源消耗比例27%的目标。2014年末，20国集团领导人共同达成“20国集团能效行动计划”，并于2016年9月通过20国集团能效领导计划，在交通工具、联网设备、能效融资、建筑、能源管理、发电以及超高能效设备、“双十佳”(最佳节能技术和最佳实践)、区域能源系统、能效知识分享框架、终端用能数据和能效度量等11个重点领域开展合作。2016年4月，170多个国家领导人在纽约联合国总部签署《巴黎气候协定》，并于11月正式生效。

(四) 智能工厂推动绿色制造发展

智能工厂是智能制造的载体，其在数字化工厂的基础上，利用物联网技术和设备监控技术强化信



息管理和服务，掌控产销流程、提高生产过程的可控性，减少人为干预，及时采集数据，对生产计划、进度进行合理安排。智能工厂集合绿色智能方法及系统，更有利于促进高效节能生产和绿色环保。

根据 Capgemini 公司 2017 年 5 月发布的《智能工厂报告》显示，未来五年，制造企业投资建设智能工厂，将提升 27% 的制造业生产效率，可能为全球经济带来每年 5000 亿美元的附加值。预计至 2022 年，21% 的工厂将建成智能工厂，运用物联网、大数据分析、人工智能、机器人提升生产力、质量和灵活性。而据 *Global Smart Factory Market Analysis & Trends-Industry Forecast to 2025* 报告显示，至 2025 年全球智能工厂市场将达到每月 2933.1 亿美元。

智能工厂应用大数据技术促进实现生产精益化，通过数据存储、分析、形成决策后指导生产，辅助进行设计、原料采购、设备检测、销售，以及电量、能耗、事故等分析与预测，实现生产制造、运营、供应链、市场等精细化管理。如日本日立公司的智能工厂能源管理系统（Factory energy management system, FEMS），通过预测风力、太阳能的发电量，并与设备运营计划和实际业绩保持联动，能源使用量可视化，实现能源采购和使用的优化。

（五）以政策法规与企业实践带动绿色供应链发展

目前，绿色供应链一般以核心企业为中心，覆盖绿色采购、绿色制造、绿色销售、绿色消费、绿色回收以及绿色物流等环节，是绿色工业的重要组成。

多国推出涉及绿色供应链的法律及政策。如德国推出《电子电器设备法》《废旧车辆处理条例》《废旧电池处理条例》《采购法》等，要求减少废弃物的生成，增加企业废弃物回收的责任，实施绿色环保采购，限制有害物质原料使用等。企业方面，如通用电气于 2014 年联合安永、美国劳伦斯伯克利国家实验室联合推出“绿色供应商创想（Green Supplier Initiative）”，专注提高能源使用效率；重点在中国深入实践绿色供应链，建立三个试点，计划每年减少约 20% 的能源使用；乐金（LG）公司推出“绿色项目 +（Green Program Plus）”项目，重点帮助供应商提高环保作为；西门子公司严格控制“冲突矿产”的采购及使用；强生公司实施原料、供应商及药物处理等方面的管控等。

（六）绿色技术创新应用不断深化

绿色制造是聚焦环保和资源效率的现代制造模式，贯穿产品全生命周期，通过绿色技术创新和系统优化、智能改造与应用，实现对环境和资源的保护。绿色技术创新覆盖广泛的经济部分，包括能源、交通、工业生产、材料、水与废水管理等，涉及如清洁生产技术（设计、工艺、设备、包装等）、能源技术、材料技术、生物技术、回收利用技术、净化治污技术、环境监测技术等，这些技术的创新及应用正不断深化。

数字化生产正推动制造的环保与柔性。例如，增材制造方式（3D 打印技术）可实现低能耗、低污染，相较传统生产降低能源消耗。目前，全球多国家大力发展 3D 打印技术，美国建立 3D 打印创新中心，美国国防部牵头设立的美国制造创新研究所会同德勤公司共同制定增材制造技术发展路线图，通用电气公司等多家企业研发及应用 3D 技术进行生产制造。又如，阿联酋计划打造 3D 打印技术全球中心，阿联酋 Immensa 技术实验室在 2017 年推出阿联酋首家 3D 打印工厂，阿联酋（UAE）先进复合材料航空结构制造商 Strata 宣布计划在阿布扎比的 Nibras Al Ain 航空工业园建设一座包括配备 3D 打印技

术等先进技术在内的制造工厂，推动高效、环保生产。

能源技术创新是重要的工业绿色化手段。以汽车制造领域为例，日本出台“氢燃料电池战略”，日本多家汽车加紧研发，丰田、本田分别推出 Mirai、CLARITY 等系列氢动力车型，未来将大力投入建设氢基础设施。德国积极探索及领导电动汽车、燃料电池技术发展，较早地制定了国家电动车发展规划（2009），并实施“汽车和运输技术交通研究项目”“蓄电池项目”“E-Energy”项目等，搭建“锂电池联盟”“汽车电子创新联盟（EENOVA）”等，牵头相关技术研发与突破。2017年，德国推出“AutoStack Industries”项目，由宝马、大众、福特、戴姆勒等 10 家德国汽车及零部件公司共同建立太阳能和氢气研究中心，系统化的研发及推动燃料电池系统。

企业通过对设计、工艺、材料等生产源头实施技术创新，实现环保干预与改造。如马士基创新集装箱设计，通过冷藏集装箱与制冷机的集成设计实现冷冻集装箱轻量、低能耗。联想集团独创新型低温锡膏焊接工艺，能有效减少电子产品制造过程中的热量、能耗与排放，并计划至 2018 年底在 33 条生产线上实施该新焊接工艺，预计将每年可减少 5956 吨二氧化碳排放。宝洁公司研发冷水洗净技术，较其他产品可节约 40% 的水和 75% 的能源等。越来越多的企业通过技术创新及应用实现对环境和社会的责任作为。乐金（LG）公司创新研发低耗材、轻量产品，如乐金 OLED 电视较传统 LCD 电视大量减少聚氯乙烯、溴系阻燃剂等危害性材料及原材料的使用，只用可循环材质，且采用自发光技术，从而促进资源的节约与循环利用。

（七）绿色园区助力绿色工业联动发展

园区绿色化发展是工业绿色化战略的重要组成部分。联合国环境与发展大会首次提出“生态工业园区”的理念。2001 年，亚洲开发银行出版的《生态工业手册》中将生态工业园区定义为：“一个由制造与服务企业组成的社区，寻求在环境和资源（包括能源、水及资源）管理问题领域的合作，提升环境绩效与经济表现。企业社区通过合作获得集体利益，而该集体利益大于每家公司独立优化各自业绩所实现的个体利益之总和。”在此基础上，“可持续工业园区”拓展生态工业园区关注生态需求的内容，涵盖高效生产、资源节约、环境保护、社会责任等（表 12.1）。

表 12.1 适用于可持续工业园区“绿色经济”的三个维度

项目	内容
经济维度	经济型生产方式
	维持高品质
	通过协同效应、循环经济和能源网络等方式
	最大限度地降低成本
环境维度	维持能源与资源效率
	低污染、废弃物/废水管理
	高环保标准
	定期监测与透明化报告体系等
社会维度	工人友好型生产方式
	创收，维护社会治安
	关怀邻域的意识，保持透明度
	消除性别歧视等

资料来源：通过发展生态工业园区（EIP）提高城市能源效率——来自德国的经验 [R].



全球多个国家出台工业园区可持续发展战略、标准等，重点关注园区管理、基础设施和社会责任等重要领域。根据世界银行的调查显示，生态工业园区已经成为全球工业园区发展的主流模式，并有超过 40 多个国家正在对工业园区进行生态化改建。截至 2016 年，全球约有 254 个严格意义上的生态工业园区，园区真正实施生态和可持续管理、运营及发展，其中运营中的生态工业园区为 77%，另有 20% 在建或规划中。2016 年在建的生态工业园区有十余个，并有 30 多个新的及改建项目正在筹备。这些生态工业园区中，约有 50% 实施废物管理，50% 提高能源利用率，45% 实施产业共生协同，35% 提高资源利用率、使用可再生能源及实施水管理。

二、主要国家地区工业绿色化政策

（一）美国

1. 实施清洁能源战略

美国在减少碳排放作出相当大的努力且效果明显。2007 年至 2013 年，美国二氧化碳排放量减少 10%，是全球碳排放量减少最多的国家，突出表现是其风力发电、太阳能发电增长快速。

为应对能源安全及气候变化，美国出台《清洁能源法案》，并从碳市场政策、能源技术开发、税收激励政策、鼓励清洁能源生产投资、温室气体排放监管、制定及执行排放标准、参与减排行动等方面入手，提高能源效率和新能源发展。

2014 年 5 月，美国发布《作为经济可持续增长路径的全方位能源战略》(*The All-of-the-Above energy strategy as a path to sustainable economic growth*)，对美国能源进行深化改革，是美国低碳发展的重要举措。其强调提高能源效率，突出天然气的作用，以及开发可再生能源、核电、清洁煤技术等，通过实施严格的能耗标准，实施可再生能源开发项目、推动交通领域清洁化发展等稳步推进低碳发展。

2015 年 6 月，美国发布《清洁电力计划》(*Clean Power Plan*)，提出发电厂碳排标准，增加清洁能源技术投资，计划至 2030 年美国电力领域的碳排放量减少 30%，并计划至 2030 年减少 25% 由二氧化碳排放而导致的烟尘。预计至 2030 年由该计划所带来的健康及气候效益将达到 550 亿~930 亿美元。特朗普上任后对包括这一计划在内的多个能源政策提出撤销建议。尽管如此，专家认为，美国政府能源领域政策已十分稳定，如风电领域生产税收抵免、投资税收抵免以及《2009 年美国复苏与再投资法案》中的现金补贴政策将继续稳定和推动可再生能源等能源可持续发展及低碳转型。

2. 推进先进材料及材料循环及再制造

目前，美国制造业能耗占到全美国总能耗约 27%。美国希望通过减少材料生产中的能耗，以期每年节省约 1.6 千兆英热单位的能源。

2016 年 12 月，美国能源部投入 3500 万美元用于资助先进制造创新性技术和解决方案，包括先进材料、先进工艺，以及材料和制造的建模和分析工具三大研究领域，以提升能效。

2017 年 1 月，位于美国纽约的降低内含能与减排中心 (*Reducing Embodied energy and Decreasing Emissions Institute, REMADE*) 正式成立，其由美国可再生制造业创新联盟 (*Sustainable Manufacturing Innovation Alliance*) 牵头，专注金属、纤维、聚合物、电子垃圾等材料的回收、利用、再制造技术研发，同时关注信息收集新方法、废料收集与识别及分类、混合材料分离、微量污染物清除及再加工和

处理方法等，从而帮助降低产品生命周期的能耗，提升制造效率，预计有望至 2027 年提升能效 50%。

3. 研发二氧化碳捕捉、封存及利用技术

美国大力投入二氧化碳捕捉、封存、再利用技术研发。美国能源部先后推出二氧化碳存储项目 (The Carbon Storage Program,)、二氧化碳封存合作伙伴计划 (Regional Carbon Sequestration Partnerships Initiative, RCSPI)、二氧化碳转换技术项目等，成立跨机构的碳捕捉工作组 (Task Force on Carbon Capture and Storage)，推进二氧化碳捕捉、存储、转化及矿物化等技术开发，并于 2016 年制定《二氧化碳捕捉利用及存储法》等。

2010 年，美国能源部支持组建人工光合作用联合研究中心，研究利用太阳能、二氧化碳及水合成化学品和燃料，至 2019 年分两期实施研发支援。2016 年 10 月，美国能源部宣布资助 8000 万美元在德克萨斯州建设和运营一个 10 兆瓦的超临界二氧化碳动力循环中试设施，如成功研发将有效提高地热、煤炭、核能和太阳能发电的能效转化效率。2017 年 2 月，美国能源部择优支持 7 大项目，专注推进燃煤发电厂二氧化碳利用新方法的研究，包括二氧化碳有效利用的生物学过程，利用二氧化碳与工程废物的矿物过程以及有效利用二氧化碳的新型物理和化学过程等三个技术领域 (图 12.3)。

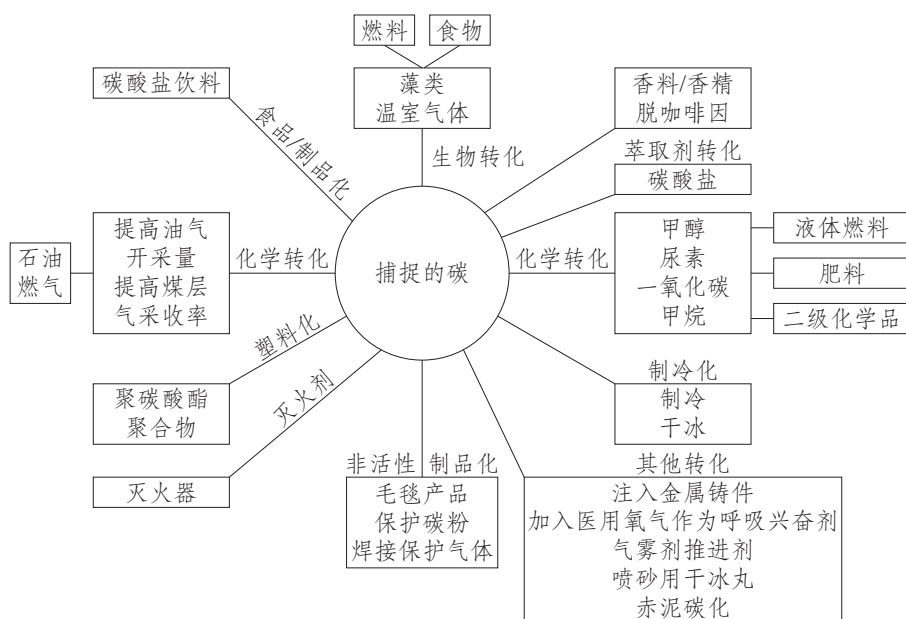


图 12.3 美国二氧化碳转化技术

资料来源：韩国能源研究所

(二) 德国

1. 开展能源转型

德国是较早开展可持续发展及能源转型并把握权威技术的国家之一。目前，德国绿色产业规模约 3440 亿欧元，占全球 14%，预计至 2025 年将增长一倍。

2009 年，德国制定《国家可持续发展战略》(National Sustainable Development Strategy for Germany, NSDS)，成为有关德国可持续发展的重要文件。长期以来，德国集中解决绿色经济问题，并制定一系



列面向 2050 年的长远可持续发展目标。

其中，能源转型计划（Energiewende）是德国重要绿色经济转型政策，设立的目标包括：一是放弃核能使用，德国计划至 2022 年分阶段完全淘汰核能；二是通过能源转型实现气候保护的目，至 2050 年减少温室气体排放 80% 以上。能源转型计划主要包括两大核心战略内容，一是发展可再生能源，二是提高能效。主要措施如下。

提高可再生能源在全国电力、热力及交通领域的应用比重，至 2050 年基本退出化石能源。2000 年，德国颁布《可再生能源法》，之后经过多次修订，如调整能源附加费额度等，为可再生能源投资等提供可持续发展的保障。

降低电力消耗、降低交通领域能耗、降低建筑采暖终端能耗等，从而提高能效。德国推出《国家能效行动计划》，制定短期、中期和长期的能效目标，计划至 2020 年较 2008 年能耗下降 20%，约减少 390~460 帕焦的热量。具体措施包括加大建筑节能改造补贴、引入能效领域竞争招投标等。

降低交通领域终端能耗。通过《交通和燃料战略》等部署，推动交通领域能源转型。

降低温室气体排放。计划至 2020 年较 1990 年下降 40% 以上，至 2050 年下降 80%~95%，这一目标超过国际和欧盟的要求。

推动电力市场转型，扩建电网。德国计划至 2020 年关闭所有核电站，推动可再生能源电力、热力任务发展。德国通过出台一系列如电网扩建计划、《能源输送管网扩建法》《输电网扩建促进法》和《联邦电力需求规划法》等电网建设政策，推动能源供应转型。

2. 支持电动汽车研发

2009 年 8 月，德国联邦政府发布《国家电动汽车发展规划》，推动电动汽车研发，分三个阶段至 2020 年推动电池技术、动力技术、基础设施等在内的电动汽车发展。

2010 年，德国成立国家电动汽车平台，已有超过 150 个来自工业、科技、政府、贸易领域的成员，阶段性推动电动汽车研发与推广，构筑以电动汽车管理、研发、制造、销售、使用、安全监督为框架的发展体系，专注于电池技术、动力系统、轻质材料、信息与通信技术、基础设施、回收与利用、集成与总装的技术研发。

以汽车电池技术为例，德国建立企业、研究机构组成的锂电池研发网络（Competence Network for Lithium-Ion Batteries），成立锂电池联盟（Lithium-ion Battery Alliance），共同推动锂电池技术研发。目前，德国正在研发新的车用锂电池系统，计划实现单次充电行驶 1000 千米。2017 年，德国政府组织本国汽车企业成立名为“AutoStack—Industrie”的电池联盟，共同研究汽车燃料电池技术。

2015 年，德国能源部启动“电动汽车——价值创造链的定位 II，电力 II”（Elektromobilität-Positionierung der Wertschöpfungskette II, ELEKTRO POWER II）资助计划，支持创新型企业针对电动汽车研发新的商业模式。

（三）韩国

韩国较早开始实施绿色产业及技术培育规划及相关项目。1999 年至 2007 年，韩国每三年制定一期《应对气候变化协定的综合对策》，推出国家《应对气候变化国家研究开发中长期规划（2008）》《绿色技术研究开发综合对策（2009）》《应对气候变化技术路线图（2016）》等发展战略，逐步深化推进

环境及绿色技术研发；制定《低碳绿色成长基本法》《环境技术及环境产业支援法》《化学物质管理法》《大气环境保护法》《可持续发展法》《环境保护法》《生物多样性保护及使用法》《促进及支援水循环利用法》等多个环保及绿色产业发展的法律法规，实施绿色产品购买制度、绿色企业认定制度等，多措并举推动工业可持续发展。

《韩国绿色气候技术白皮书 2017》显示，韩国重点推进的十大绿色技术研究领域包括太阳电池、生物燃料、燃料电池、二次电池、电力信息技术、碳捕捉、二氧化碳转化、副产气体转化、二氧化碳矿物化、气候变化应对共享平台，涵盖 50 个子技术群（表 12.2）。

表 12.2 韩国绿色技术领域及范围演进

应对气候变化的细分重点技术		27 大重点绿色技术	绿色气候技术	
减少大气中温室气体的浓度	替代化石燃料	能源技术	减少二氧化碳	太阳电池 生物燃料 燃料电池 二次电池 电力信息技术 碳捕捉
	能源高效化	能源高效化技术		二氧化碳转化 副气体转化 二氧化碳矿物化
	温室气体处理	事后处理技术	二氧化碳资源化	
气候变化的科学应对	观测及预测	预测技术	应对气候变化	共通平台
	影响力评价及应用	无公害产业经济		
应对气候变化的国家研究开发中长期规划（2008）	绿色技术研究开发综合对策（案）（2009）	气候变化应对技术路线图（案）（2016）		

资料来源：《韩国绿色气候技术白皮书 2017》

2016 年 12 月，韩国制定《第一次气候变化应对基本规划》及《2030 国家温室气体减排基本路线图》，提出扩大普及可再生能源使用、加大新技术研发投入、提升二氧化碳吸收以及资源再生和循环利用等主要战略方向，设定钢铁、石油化学等 22 个产业部门通过改善能效、开发环保工程天然气、替换制冷剂、创新技术应用、废弃物利用等手段至 2030 年降低排放 56.4 百万吨的目标。

2017 年，韩国环境部推出 14 个绿色技术研发项目。如环境产业先进技术开发项目、废物资源化技术开发项目、绿色环境技术产业化推进项目等；韩国科学技术信息通信部（原未来创造科学部）推出包括四大环境及绿色技术领域在内的“2017 年气候变化应对技术开发项目”；产业通商资源部发布《第四次可再生能源基本规划》。此外，多部门联合推出《2017 产业融合发展实施规划》，提出推动环保及能源产业开发，借助智能技术等实施产业技术联动开发，如开发环保智能船舶、低能耗淡水化技术、资源输送及循环技术、可再生能源技术、生物能源技术、节能技术、储能技术等。

（四）日本

日本较早地就将绿色技术创新和生命科学的创新作为国家科学创新的重点战略之一。日本科学技术振兴机构是日本科学技术推进核心机构之一，负责推行多个绿色技术研发项目。

日本在 2009 年设立低碳社会战略中心，并于 2010 年起实施“尖端的低碳化技术开发（Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program）”项目。项目计划至 2030 年二氧化碳排放降低 26%，围绕九大低碳化技术领域实施研发，包括：新一代蓄电池技术和白色生物技术两个特别重点



技术研发领域，以及太阳电池及太阳能利用系统、超传导系统、电容装置、耐热材料及钢铁可循环利用高性能材料、生物技术、新型节能及造能系统、新型节能及造能化学过程等，通过能源存贮、碳中性化、造能、节能等措施抑制及减少二氧化碳排放。

尖端低碳化技术开发项目已经培育一批创新技术及实用技术，并获得显著的突破，如研发出全球最耐高温的透明性生物塑料及强度最高的透明树脂，可再生的糖生物质能合成的分解性极佳的塑料，有机无机混合动力高效太阳能电池，用于提高锂空气电池能效和寿命的电解质等（图 12.4）。

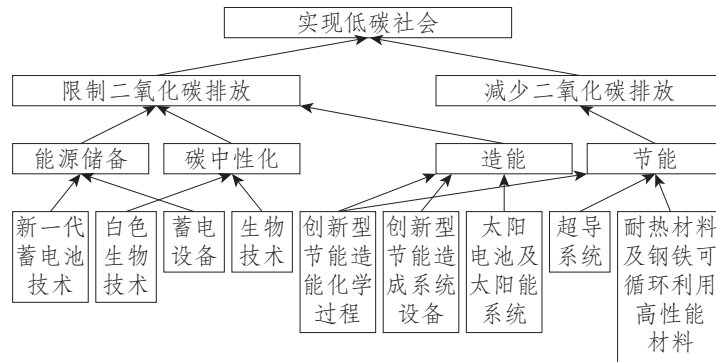


图 12.4 日本尖端低碳化技术开发项目技术领域

资料来源：日本文部科学省

（五）其他

1. 发展绿色金融、绿色技术交易市场

目前，绿色保险、绿色基金、绿色 ETF（交易型开放指数基金）、碳排放交易市场等绿色金融快速发展。据美国能源署预计，至 2050 年全球绿色金融市场规模将达到 36 万亿美元。

2005 年，欧盟建立全球第一个多国参与的排放交易体系——欧盟排放交易体系（European Union Emission Trading Scheme），并计划至 2019 年设立市场稳定储备。2007 年，欧洲投资银行发行与气候相关的首个绿色债券。

2013 年，世界知识产权组织建立绿色技术交易市场 Wipo Green，搭建绿色技术许可、传播和商业化的平台，对工业绿色化等可持续发展具有重要的意义。截至 2016 年 11 月，平台共有绿色技术 2280 个，其中能源技术占到 48%，其次为污染及废物处理技术、水处理技术、绿色产品技术等，技术转让项目不断增长。

2. 欧盟积极推动绿色技术研发

针对绿色制造，推动可持续制造业发展，欧盟推出“未来工厂”（Factories of the Future）项目，新型生态工厂模型（New Eco—Factory model）和绿色产品制造模式（Green Products Manufacturing）。

2013 年，“欧盟 2020 发展战略”启动，开启“地平线 2020”（Horizon 2020）研究与创新框架计划，为期 7 年（2014—2020）。其中，可持续发展的能源技术、环保材料技术、绿色交通等是优先战略领域。欧盟计划投入约 60 亿欧元用于推进安全、清洁及高效能源的研发及应用、提供低成本低碳电力、研发低碳燃料和移动能源、构建单一及智能欧洲电网等。其次，构建资源节约型、环境友好型及安全、无缝衔接的欧洲交通系统，开发及制造更清洁的交通工具。第三，提高各类资源使用效率，加

强自然资源和生态系统保护和管理，构建环境监测和信息系统，推动生态创新。

三、制造企业绿色化发展经验

（一）西门子集团

德国西门子公司是电气化、自动化和数字领域全球领先的技术企业。2017年，西门子公司凭借其高效的能源利用、突出的低碳化制造能力、绿色产品等在由 Cororate Knights 调查机构评选的全球可持续发展百强企业中位居首位。西门子公司不仅在自己生产运营中强调绿色环保，同时协助其他企业机构实现绿色及可持续工业发展，通过提高能源效率、采用分布式能源系统、减少运输排放、提高废物利用、减少废物处理、实施水管理、使用绿色能源及环保技术等创新方式推进工业绿色化。

1. 多管齐下推进碳中性计划

2015年，西门子公司制定至2020年减少50%碳排放、至2030年降至零的碳中性目标，主要通过提高能效，构建分布式能源系统，实施智能电动汽车解决方案以及使用清洁能源等方式推动。项目实施1年，2015年公司的二氧化碳排放已经较2014年减少20%。

西门子公司在全球范围内主要通过安装冷却塔，更换空气压缩机、照明装置，安装需求流动系统、热回收系统、空气处理设备、地下水热泵、吸收式制冷机，热电联产等提高能效。例如，其位于德国法兰克福的工厂，主要生产及开发气体绝缘式中压开关设备，对10个生产等设施进行改造，包括安装LED灯，扩建热电联产及热回收空调装置等，从而每年节约能源成本达到40万欧元，另一个位于德国埃尔朗根的生产及开发用于机械及设备工程的电气传动和运动控制解决方案的工厂则对九大生产设施进行改造，通过液压校准、照明改造和热电联供等，每年节约能源成本约60万欧元，每年降低碳排放2000吨。至2020年，西门子公司计划投入1亿欧元用于推进能效项目，提高生产设施等的能源利用，将有望每年减少二氧化碳排放80000吨。

西门子公司分布式能源系统包括风电场、光伏电站、能量储存和分散式热电联产等，通过分布式能源系统满足约10%的供电需求，并帮助每年减少10万吨的碳排放。该公司尽可能使用可再生能源，位于德国工厂的可再生能源利用率达到50%，美国工厂20%用电来自可再生能源，并计划至2020年实现100%利用清洁能源。

此外，西门子公司通过智能移动解决方案提高运输效率，对全球4.52万辆车辆实施优化管理，增加混合动力车、电动车使用来减少油耗，控制碳排放。目前车辆的二氧化碳排放占到公司总排放的约15%，计划至2025年通过上述举措减少33%的汽油成本和每年10万吨的二氧化碳排放（图12.5）。

西门子公司加强废弃物管理，提高废物利用，实现零废弃。公司将废弃物分类为危险物、非危险物及建筑垃圾，对部分可循环利用的废弃物进行收集。2016财年，公司废弃物量较2015财年减少约18%，废弃物循环利用率达到90%。目前，包括位于德国埃尔福特的Power and Gas工厂等在内的全球多个工厂已经实现零废弃。

西门子公司在英国纽卡斯尔工厂实施零垃圾填埋项目（Zero Waste to Landfill），该工厂所有的垃圾通过循环利用或焚化转化为新能源等方式加以利用。剩余的残渣则被用于混凝土、沥青或其他建筑材料。在项目实施的第一年，纽卡斯尔工厂的垃圾回收利用率达到92%，如今99.7%的垃圾得以回收利用



四步减少排放：西门子公司减少全球二氧化碳排放计划

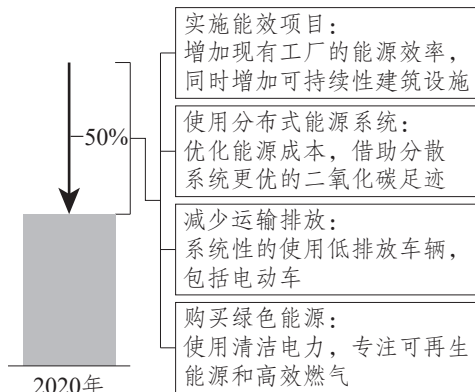


图 12.5 西门子公司减排举措

资料来源：西门子公司

用。未来，更多的西门子工厂将复制及运作该绿色项目。

西门子同时还严格管理除二氧化碳以外的污染物排放，如为减少挥发性有机化合物（Volatile organic compounds）排放，将溶剂等化合物用作涂料、黏合剂，以及用于浸渍及表面清洁等，对消耗臭氧层物质（ozone-depleting substances）的使用进行监测。

3. 严格供应链管理

西门子公司实施严格的供应链管理，对供应商实施审核，评估供应商的环保表现。除对自身生产运营及服务环节实施碳排放监测及报告以外，自 2016 年起，西门子公司对供应链环节的碳排放信息实施披露。

西门子公司对产品及原料采购实施监管，源头上抑制潜在环境危害。例如，为避免使用开采自刚果（金）及其周围国家和地区境内、被称为冲突矿产（conflict minerals）的锡石、黑钨、钨钼、铁矿和黄金等稀有金属，西门子公司推出冲突矿产政策，对精炼厂实施调查，积极参与国际性的由“电子行业公民联盟（Electronic Industry Citizenship Coalition）”发起成立的“无冲突资源计划”（Conflict-Free Sourcing Initiative）、“无冲突冶炼项目”（Conflict-Free Smelter Program），并实施冲突矿物报告制度。

4. 强化产品环保监控

西门子公司推出名为“Product Eco Excellence”的环保产品项目，通过化学品管理、减少关键原料使用、增加产品生命周期分析等，监测及减少产品对环境的影响。

公司通过生命周期分析（life-cycle analyses）了解产品环境足迹，覆盖从研发到生产、安装、运营、维修、拆除及废弃等全过程，并据此推出环境产品声明（Environmental Product Declarations），提高产品包括法定及环保设计要求、标识、产品环保足迹等环境影响信息披露。

公司强化原料筛选，通过利用原料评估技术，减少铍、钴、铌、镉、钨、铂、铅等主要关键原料的采购及使用，防止原料可能导致的环境、毒性影响或资源稀缺。

5. 创新绿色产品、解决方案及服务

西门子公司致力于推动电气化领域的绿色发展，专注于提高能效，加强可再生能源及环境技术的

应用及创新。公司的绿色产品专注于提供能效及可再生能源利用相关的创新产品、系统、解决方案及服务，包括：可再生能源、化石燃料发电、电力传输及分布、智能电网、能源存储、移动运输、工业解决方案、建筑技术、医疗及水。西门子公司的环保产品、解决方案及服务主要包括可循环发电厂、电厂现代化及改造升级、风力发电、频率转换器及高压直流输电系统等。

例如，公司电气部门致力于提供发电及油气领域的绿色产品及解决方案，开发用于工厂、联合循环电厂的高效、低排放涡轮机、压缩机等。风电及可循环部门则致力于研发可再生能源利用技术，研究风力发电技术及相关智能技术及相关产品等。

2016 财年，公司绿色产品的销售额占总销售额的比重超过 46%，为用户减少碳排放 6000 万吨，自 2002 年累计减少碳排放 5.21 亿吨（表 12.3）。

表 12.3 西门子公司十大绿色技术领域

技术领域	绿色技术产品及服务
可再生能源	陆上风力发电厂、包括并网在内的海上风力发电厂、生物质电站汽轮机、水力发电解决方案
化石燃料发电	高效燃气涡轮机、联合循环发电厂、电厂现代化、空气污染控制系统
电力传输及分布	高压直流输电、气体绝缘输电线路和开关设备、低损耗变压器
智能电网	智能配电自动化和管理、基于信息技术的控制中心和电网应用
能源存储	蓄电池储存、电解
移动运输	高速和市郊列车、机车、地铁和轻轨、铁路自动化和电气化、公共汽车混合驱动器、智能道路解决方案
工业解决方案	高效节能自动化与驱动技术、过程自动化与优化、高效炼钢生产、余热回收、节能服务
建筑技术	能源分析与咨询、系统能源管理与规划、合同能源管理、楼宇自动化
医疗	现代影像技术（MR、CT、X 射线、超声）、节能医院
水	自动化解决方案、水和废水处理厂的能源分配及驱动以及水输送、水网智能监控

资料来源：西门子公司

（二）美国强生公司

美国强生公司是全球著名的医疗保健及个人护理产品、医药器材及药品制造商。强生公司通过严格的化学品管理、产品创新优化、水污染管理、能源优化等积极实践绿色生产。

1. 创新优化环保型产品

强生公司制定名为 EARTHWARDS 的环保生产认证，贯穿从设计、生产至使用及回收，专注于绿色化学品、包装及产品的环境影响。强生公司通过生产认证标准，对生产过程中的材料、包装、能源、废弃、水、创新、社会影响等方面进行产品生产优化。自 2011 年推出该认证以来，共有 93 款产品获得生产优化及 EARTHWARDS 认证，产值约 115 亿美元，占 2016 年强生公司营业收入的 16%，节约约 6.6 万吨的原料、4500 吨的包装材料，69 万吨的废料及 21409 万吨的水资源。

2016 年获得 EARTHWARDS 认证优化的产品中，公司旗下 CLEAN & CLEAR 一款泡沫洁面乳通过采用生态原料，减少 31% 的包装材料；旗下名为 INTELENCE（依曲韦林片）的药品减少 74.8% 的溶剂材料及 75% 的生产废料，且溶剂实现回收利用；名为 EXPEDIUM VERSE 的脊柱用医疗器材在满足病人需求的同时减少 71% 的材料，降低 77% 的医用器具消毒包装、器材消毒及杀菌能耗及水资源。



强生公司对产品进行持续创新优化，努力减少及控制使用有污染性的化学品，研发新型替代原料。例如，作为较早着手减少或不使用聚乙烯微粒的企业，公司计划在 2017 年底其全球范围内的所有产品将不再使用该种微粒。

2. 实施环境风险控制

强生公司环境风险管理主要包括对原料、供应商及药物处理等方面实施管控。

自 2006 年起，强生公司开始对所有原料药以及部分个人护理产品进行环境风险评估，包括敏感的水生及底栖生物、预测无效应浓度和预测环境浓度等来确保产品无潜在的环境影响。同时，公司联合领先学术机构展开科研项目，例如混合物的相互作用及对环境可能产生的影响，研究暴露环境如何影响微生物中抗生素耐药性以及安全排放值等，从而减少及消除制造过程中废水排放可能产生的污染。公司对于制药过程中的废水进行监测，以减少对水生物体的潜在毒性影响，依据世界卫生组织水质标准实施排放，所有的工厂排放也都进行二次废水处理及其他深度技术处理。

强生公司对于原料供应商进行严格的管理，对供应商的环境表现进行调查，通过 Ecovadis 等第三方环境责任评估机构、医药供应链计划（Pharmaceutical Supply Chain Initiative）等行业联盟对供应商进行审核。公司推行信息公开共享，通过化学品足迹项目（Chemical Footprint Project）公开公司化学品足迹信息，并在网站上公开混合物产品的生物蓄积性及毒性资料。

3. 优化能源使用

为提高能源利用效率，强生公司积极减少能源消费，对能源使用进行优化，实施五大能源项目，对水系统、空气系统、空调系统、照明系统进行能源优化操作。此外，公司加强清洁和可再生能源利用，建设清洁能源装置，采用太阳能光伏、地热、热电联产、风能、燃料电池技术等。截至 2016 年末，清洁能源装置的发电能力超过 54 兆瓦，通过各类能源项目每年减少能源成本约 6900 万美元（表 12.4）。

表 12.4 强生公司能源使用优化项目

能源项目	优化内容
Cold 项目	将现有冷却水系统通过先进的控制技术转化为更优化的可变状态
Hot 项目	通过采用先进技术将蒸汽和热水系统进行改造以提升效率
c-AIR 项目	对最大的压缩空气系统进行持续监测、控制、有效干燥及热回收
n-AIR-g 项目	对通风及空调系统进行调试，使用实时控制及设定点优化
Relight 项目	系统地将现有荧光照明系统升级为 LED 照明，提高照明质量及效率

资料来源：强生公司公民及可持续发展报告 2015、2016

（三）宝马公司

2016 年，宝马公司第三次位居道琼斯可持续发展指数第一位，且是唯一一个汽车制造产业领域连续登榜的公司。在碳信息披露项目（Carbon Disclosure Project）中，该公司在气候保护措施中获得 A 级评价。宝马汽车工业绿色化的突出表现在于专注绿色产品研发，探索环保解决方案及服务，制定并执行减排目标。1995—2016 年，公司设计生产的汽车在欧洲的二氧化碳排放量减少约 41%，平均每辆汽车的二氧化碳排放量已经由 1995 年的 210 克 / 千米降至 124 克 / 千米，全球平均的排放量降至 144 克 / 千米，计划至 2020 年较 1995 年减少 50%。2016 年，公司销售的汽车中有 28 种汽车的最大二氧化碳排放量为 100 克 / 千米。

1. 绿色理念与实践嵌入产品全生命周期

宝马公司绿色制造举措主要包括减排目标纳入产品设计、探索高效动力技术、循环再生利用、推行共享服务等，将绿色化生产贯穿产品的整个生命周期，覆盖汽车及服务的开发、供应链、生产到销售、使用、回收等环节，主要关注决定性的影响因素，包括：材料选择、生产技术、供应商选择、传动系统类型、零件可回收性等。

公司将减排目标纳入产品开发环节，多部门协同，如战略部门与汽车设计部门就降低油耗技术的开发和利用进行合作，并依据 ISO 14040/44 标准对汽车环保升级换代进行整体评估。通过循环利用设计 (Design for Recycling)，公司使汽车零部件能最大化地得到再使用或回收。宝马 7 系列产品较之前系列产品的环境足迹改善约 25% (图 12.6)。

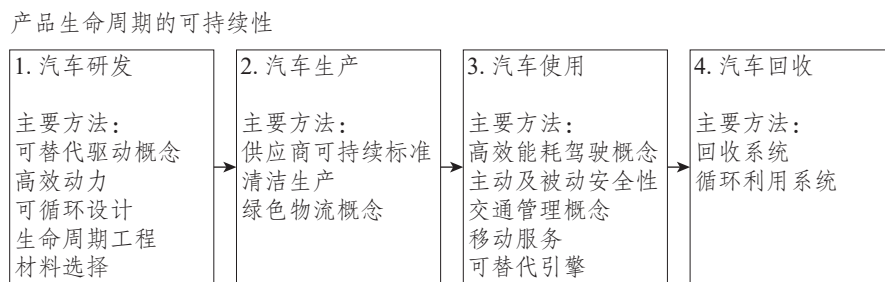


图 12.6 宝马公司可持续发展生产理念下的汽车生命周期

资料来源：宝马集团 2016 可持续发展报告

2. 加强低耗低排放设计及技术应用

宝马公司最大可能地加强使用再生材料，研发循环利用技术。例如，其生产的汽车 20% 的热塑性材料来自回收物，占车体重量 12%；50% 的高强度铸造铝零件来自二次回收铝材料；利用可循环材料替代人工材料，如利用天然纤维替代车门内饰板等；充分利用稀土材料生产零部件，如制作引擎风扇等，以减少车体重量，降低能耗；使用碳纤维增强塑料 (CFRP) 实现轻量设计等。

公司自 2007 年起开始研发高效动力技术以减少油耗及排放，包括如高效引擎及变速箱、空气动力优化 (风门控制、风幕及通风装置、空气滚轮轮毂)、智能能源管理、轻量设计、低滚动阻力轮胎等，以及低压汽车电动系统能源回收利用、主动滑行、发动机在停止运行时从变速箱中脱开、智能汽车启动停止等技术。

3. 探索电动车技术与服务

2013 年，宝马公司开发首款全电动汽车 i3，自 2015 年起推出多个系列的插式混合动力车型。公司积极研发电动车电池技术，探索新型可替代能源，如与其他汽车制造商合作开展欧洲 “HyFIVE” 氢燃料电池汽车项目，与道达尔公司于 2015 年合作建立第一个公共氢燃料补给站等，开发可短时快充的高容量电池。

公司加强电池二次及循环利用，如将固定电池存贮装置可循环利用率提高至 70%~75%，2016 年 9 月，公司与瑞典大瀑布电力公司 (Vattenfall) 及博世公司合作，用 104 个来自宝马汽车的废旧电池在德国汉堡建立起一个大规模存储设备。



为配合电动车使用，公司推出名为“i 360° ELECTRIC”的电动汽车服务产品，覆盖智能汽车服务、家用充电基础设施安装，以及为全球 15 个国家用户提供来自于太阳能等可循环能源的公共充电服务等。作为“i 360° ELECTRIC”服务的一部分，自 2011 年起，公司 Sixt SE 公司在欧洲推出 DriveNow 共享汽车项目，该项目共有超过 5400 辆车，其中 15.4% 为 i3 电动汽车，在全欧洲拥有超过 81.5 万的用户。

四、园区转型发展经验

（一）丹麦卡伦堡工业园区：创新产业生态共生网络

丹麦卡伦堡工业园区是世界上最知名的生态工业园区之一，是工业绿色化园区的最佳范例。卡伦堡工业园区位于哥本哈根市以西 100 千米的沿海地区，园区项目始建于 1961 年，最初因缺水等外部因素，通过实施首个资源交换项目，从附近湖水中取水并应用于一家炼油厂，从而解决地表水资源的问题，之后园区陆续开展类似能源与物质交换项目，探索循环利用等运营及合作，从而逐步建立起园区内部企业合作互利、资源高效的产业共生网络。

卡伦堡工业园区内包含全球最大的胰岛素生产商 Novo Nordisk 公司、全球最大的酶生产商 Novozymes 公司、北欧最大的污水处理厂 Kalundborg Forsyning A/S 公司、丹麦最大的电厂 Dong Energy 公司、波罗的海地区最大的炼油厂 Statoil 公司，还涉及石膏板生产（Gyproc 公司）、废弃物和受污染土壤的回收和恢复（RGS 90）和废弃物处理（Kara/Novoren 公司）等领域。这些企业生产的产品、再生资源等都为被其他企业所用（如 Novozymes 公司的有机废物可用于农业耕作，或转化为天然气等，而 Dong Energy 公司排放的烟雾可被 Gyproc 公司用于生产石膏或发电），从而形成生态闭环、共生经济，有效推动当地工业绿色化发展。

卡伦堡工业园区的企业不断拓展合作，开发及应用先进环保方案及技术，联合推动工业生态化发展。2017 年，Novozymes 公司、Novo Nordisk 公司、Kalundborg Forsyning 公司与 DONG Energy 公司签订一份新的长达 20 年的协议，使 DONG Energy 公司旗下的丹麦最大的燃煤发电厂 Asnæs 电站能够逐步淘汰煤炭，改用木片作为发电原料，这些木片将主要来自树枝等副产品，Novozymes 公司将使用 Asnæs 电站产生蒸汽进行生产，Dong Energy 公司联合沼气产业领域领先企业 Bigadan 公司计划将 Novozymes 公司和 Novo Nordisk 公司生产的生物质废料转化为沼气实施天然气供应。从效果看，Novozymes 公司在卡伦堡工厂的二氧化碳排放将每年减少 35897 吨；通过产业共生网络，卡伦堡地区每年可节约地下水 200 万立方米、地表水 100 万立方米、20 万吨天然石膏、2 万吨石油。

（二）新加坡裕廊化工区：政企共建低碳园区

新加坡是全球三大石油出口冶炼中心。位于新加坡南部的裕廊岛是新加坡主要的能源化工区。裕廊岛工业区初期由新加坡政府主导规划，后由新加坡贸易与工业部下属的新加坡裕廊集团开发和管理，其将七个海上小岛通过填海的方式连接起来，建成裕廊岛，并于 2000 年 10 月正式启动运营，前期总投资共 70 亿新元。

裕廊岛作为化学工业基地，聚合石油、石化及特殊化学品等化工产业，入驻超过 100 家全球知名

能源和化工公司，如巴斯夫（BASF）、埃克森美孚（ExxonMobil）、朗盛（Lanxess）、三井化学（Mitsui Chemicals）、壳牌（Shell）和住友化学（Sumitomo Chemicals）等。该区域工业生产密度导致大量温室气体排放，占到新加坡温室气体排放的约 30%。高效的资源利用，及排放控制对裕廊化工区尤为重要。

1. 拓建基础设施扩充能源供给

裕廊岛上建有清洁能源发电厂、液化天然气接收站等能源基础设施，实施生物质能发电等项目，积极推动清洁能源应用。

2014 年，裕廊岛建成第一个液化天然气接收站，液化气年处理量最高可达 1500 万吨，该天然气接收站推动新加坡能源来源实现多元化，带动经济效益增长。2017 年，裕廊岛上的液化天然气接收站将建成四个大型储气装置，储量将提升至 900 万吨。新加坡还投资 12 亿新元在裕廊岛兴建一座 800 兆瓦的发电厂，作为新加坡第一座完全以液化天然气为燃料的发电厂。

海水淡化是新加坡可持续发展的重要战略举措之一。新加坡已有四个海水淡化厂的海水淡化能力，将在 2020 年之前裕廊岛上建成第五座海水淡化厂，预计每天能生产约 137000 立方米的淡水，从而增加裕廊岛的水资源供给。

此外，裕廊岛推行奖励措施提高能源效率，鼓励企业采用工业物联网等数字化技术，鼓励兴建高效及清洁能源供给基础设施等。新加坡政府鼓励研发创新，推出裕廊岛创新计划 2.0，推动裕廊岛基础设施建设，发展新型可持续原料与技术，实现能源、水、土地等资源优化。

2. 园区企业多举措促进提高能效及环保能级

裕廊化工区的企业自主推进工业绿色发展，创新保护裕廊工业及新加坡地区的环境。如埃克森美孚在本岛裕廊炼油厂地段新建 84 兆瓦的联合发电站，使用更为清洁的天然气燃料，2017 年落成启用后可满足炼油厂的所有电力需求，且符合新加坡 2020 年空气素质目标，相当于减少 4.5 万辆汽车。此外，埃克森美孚在裕廊岛建有炼油厂和化工厂，通过海底输送管道将炼油厂在生产过程中产生的化学原料输送到化工厂，作为生产其化学产品的原料，实现园区内部资源循环与共用。

又如，2016 年法国 Novacap 化工集团在裕廊化工区建造一座碳酸氢钠生产工厂，捕捉邻近工厂排放的二氧化碳用于生产，这是新加坡首个该领域的大规模项目。该工厂每年产量将达到 7 万吨，6~7 年后将达到 12 万吨的年生产能力。

新加坡对工业废水进行严格管理，裕廊岛上的工业企业污水排放必须合乎《环境保护与管理条例》标准，要求在污水排放如公共管道之前进行处理。裕廊岛上建有污水处理厂，其中，胜科工业集团是裕廊岛上最大的工业污水处理公司，公司采用先进的工艺和技术，可处理多股高浓度、高盐度工业污水，将污水回收处理后，制成各种工业用水产品，再供应给岛上工业企业，形成供水、污水处理及中水回用的“闭环”模式。

（三）日本北九州生态工业园：均衡推进园区低碳化、循环化、生态化

日本北九州工业地带拥有钢铁、化工、机械、信息等产业，是日本重要的工业基地。从 20 世纪中期开始，地区公害问题日趋严重，引起日本政府警觉，立即实施环保举措，包括签订防止公害协议、疏浚洞海湾、建设污水处理基础设施、实施公害监控，园区企业逐渐引进清洁生产技术等，之后日本



北九州市成为日本环境城市，并成为联合国环境规划署认可的生态城市。

日本北九州生态工业园主要设有实证研究区、综合环保联合企业群和响滩再生利用工厂群。在实证研究区内，企业、政府部门、大学等学术机构联合进行尖端环保技术研发，包括废物处理技术、资源循环利用技术、新能源技术、有害物抑制技术、产品寿命延长技术等环境关联技术研究及实证研究，是环境技术创新研发的重要基地。

综合环境联合企业群则是环保企业合作开展产业活动的区域，集中包括塑料瓶、办公设备、汽车、家电、荧光灯、医疗器具、有机溶剂、建筑废物等废旧产品再循环处理厂，负责园区企业废物残渣、工业废料处理及再资源化，如进行发电或制作成工业建筑材料等。响滩东部再生利用工厂群主要集聚废木材、金属、游戏机台、废塑料等循环利用工厂及风力发电厂。响滩地区构建新能源产业园，以生态园为中心，将所有工业废弃物用作他产业领域的原材料加以有效利用，最终目标是实现零排放的资源循环型园区。此外，响滩垃圾填埋场改建成绿色基地，构建起野生动物、植物繁衍生息的自然生态环境。

日本北九州生态工业园区基本形成安全稳定的生态网络，企业间实现相互联合，共同利用设备，循环共享资源，共同进行废弃物回收和资源化等，构建低碳（新能源产业）、资源循环（生态产业园）、自然共生（自然生态地带）均衡的工业绿色化发展环境。

日本政府出台各类举措鼓励北九州市发展生态产业，大力推进 Eco-Town 项目。北九州市设置环保支援及补助制度，实施新能源设备安装支援项目、清洁电力普及、扩大应用项目、太阳能发电系统设置补助金项目等，实施产业废弃物处理企业认定制定，针对环保创新技术开发、环保产品生产、节能设备安装等项目实施环境产业融资支援，以及征收环境未来税等（图 12.7，表 12.5）。

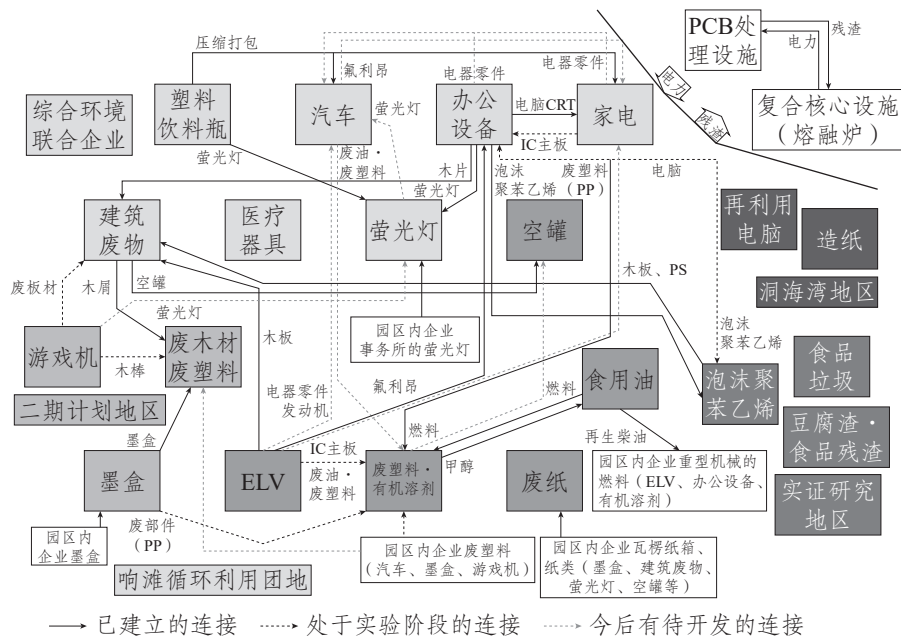


图 12.7 北九州生态工业园内企业间连接图

资料来源：日本北九州市环境局

表 12.5 日本北九州工业生态园实证研究区环境技术研究

研究机构	专注研究的环境技术
福冈大学资源循环·环境控制系统研究所	废弃物的处理技术、回收技术以及环境污染物加工技术和环境正确控制技术
新日铁住金工程(株)技术本部技术开发第二研究所	难处理品的适当处理技术、地球温暖化对策技术等广泛的环境相关的主题
九州工业大学生态城市实证研究中心	从食品废弃物中制造生物质塑料的实证研究,以及使用过的生物塑料化学再利用相关实证研究
环境技术(株)响滩研究所	利用放射能环境标准物质和高功能竹纤维制造低碳型轻量化塑料的研究
金属酈化技术实证研究设施	关于经济合理的金属固体化装置(金属酈装置)的开发等相关研究(株式会社北九州空罐回收站)
生物质、废塑料类的热分解实证研究设施	对废塑料类、木屑、畜牧污泥、下水道污泥等进行热分解(300~650℃),从而回收油脂及碳化物的回收技术实证研究。
通过多功能填土对污染土壤等进行长期隔离、保管等相关实证研究设施	将含有难处理物质的污染物等作为对象的封存技术实证研究。
通过碳化技术对有机性废弃物实施利用的研究设施	通过车载型炭化装置,对木质废弃物和食品废弃物进行炭化,对碳化物的用途实施开发
关于竹储藏时的耐气候性实证研究设施	有关竹储藏时的耐气候性的实证研究
关于碳化氢油生成的实证研究设施	利用塑料及动植物的油脂类,采用新开发的催化剂,制造燃油、轻油等生物燃料的实证研究。

资料来源: kitaq-ecotown.com

主要参考文献

- [1] 中德合作低碳城市发展项目,通过发展生态工业园区(EIP)提高城市能源效率——来自德国的经验[R/OL]. http://low-carbon-urban-development-germany-china.org/wp-content/uploads/2016/05/M6-Textbook_Eco-Industrial-Parks_CN_final.pdf
- [2] 联合国工业发展组织(UNIDO), UNIDO Green Industry Initiative for Sustainable Industrial Development[R]. http://www.unido.org/fileadmin/media/documents/pdf/Energy_Environment/Green_Industry/Green%20Industry%20Initiative%20for%20Sustainable%20Industrial%20Development.pdf
- [3] 绿色工业平台 <http://www.greenindustryplatform.org/>
- [4] 德国可持续发展报告(2013)[R/OL]. https://www.nachhaltigkeitsrat.de/fileadmin/user_upload/dokumente/publikationen/broschueren/2014_Peer-Review-Chinese_German.pdf
- [5] 德国宝马集团 <https://www.bmwgroup.com/>
- [6] 联合国规划环境署 <http://wedocs.unep.org>
- [7] CDP Carbon Price Report 2016[R/OL]. https://b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcdd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/001/132/original/CDP_Carbon_Price_report_2016.pdf?1474899276
- [8] The Global Cleantech Innovation Index 2017[R/OL]. <https://wwf.fi/mediabank/9906.pdf>
- [9] 联合国官网 <http://www.un.org/>
- [10]《智慧工厂》编辑部.智慧工厂——工业化4.0的战略制高点[J].智慧工厂,2016(9).



- [11] Capgemini 公司 . 智能工厂报告 (Smart Factories report) [R] (2017.5)
- [12] Research and Markets 公司 .Global Smart Factory Market Analysis & Trends – Industry Forecast to 2025[R/OL]. http://www.researchandmarkets.com/research/x77k6k/global_smart
- [13] 杨春立 . 我国智能工厂发展趋势分析 [J]. 中国工业评论 , 2016 (1) .
- [14] 宝洁公司可持续发展报告 [R/OL]. <http://us.pg.com/sustainability/at-a-glance/sustainability-reports>
- [15] 马士基集团可持续发展报告 2015[R/OL]. <http://ipaper.ipapercms.dk/MCI/Sustainabilityreports/SustainabilityInsights2015/SustainabilityInsights2015English/>
- [16] Kechichian, Etienne Raffi; Jeong, Mi Hoon. Mainstreaming eco-industrial parks : conclusions from the eco-industrial park 2015 event in Seoul[R]. WORLD BANK, 2016.7
- [17] 世界银行 . Mainstreaming Eco-Industrial Parks[R]<http://documents.worldbank.org/curated/en/965391469043801584/pdf/107006-REVISED-PUBLIC-World-Bank-Mainstreaming-EIP-2016-Final.pdf>
- [18] 李晓慧等 . 德国发展电动汽车的政策措施与未来趋势 [J]. 全球科技经济瞭望 ,2016 (9) .
- [19] 韩国绿色气候技术白皮书 2017[R/OL]. <http://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw66&artId=1336120>
- [20] 韩国产业通商部 <http://www.motie.go.kr/>
- [21] 韩国环境部 <http://www.me.go.kr/>
- [22] 日本文部科学省 , http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/075/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2016/06/27/1372992_03.pdf
- [23] 绿色技术交易市场——Wipo Green <https://www3.wipo.int/wipogreen/en/>
- [24] 西门子公司 <https://www.siemens.com/>
- [25] 卡伦堡工业园 <http://www.symbiosis.dk/diagram>
- [26] 新加坡裕廊集团 <http://www.jtc.gov.sg>
- [27] 日本北九州 eco town <http://www.kitaq-ecotown.com>

本章撰写：朱荪远

第十三章

国外工业互联网主要进展与应用实践

一、全球工业互联网发展现状

(一) 工业互联网促进广泛互联

工业互联网（Industrial Internet）是以通用电气（GE）为代表的美国工业界于2012年提出的新型制造理念与方式，其内涵是在工业互联网的支撑下，通过软件应用对机器设备进行远程监测、远程控制 and 远程维护，促进机器之间、机器与控制系统之间、企业之间的广泛互联，优化生产流程，提高生产效率。

工业互联网利用先进网络通信、信息处理技术对传统工业生产方式、制造模式、生产组织模式的改造、重组和优化，一方面体现在覆盖工业生产生命周期的信息采集与分析，另一方面体现在利用互联网实现工业生产的资源配置、协同合作和延伸服务。工厂网络与互联网的融合使其呈现以3类企业主体、7类互联主体、9种互联类型为特点的互联体系。3类企业主体中，工业制造企业提供基本的产品设计、生产、维护能力，工业服务企业利用对智能产品的数据采集、建模、分析形成创新的用户服务模式与业态，互联网企业利用其平台资源优势实现工业生产全生命周期资源优化配置，这些企业不断渗透并不断进行转换。7类互联主体包括在制产品、智能机器、工厂控制系统、工厂信息系统、智能产品、协作企业和用户；其中，机器、控制系统、信息系统等主体在目前的工业生产模式中已经具备一定的互联能力，在新型传感设备、物联网等技术支撑下，互联将进一步扩展至在制产品、智能产品、用户等工业生产生命周期各环节、各层面主体之中。9种互联类型包括各类互联主体之间复杂多样的互联关系，在工业控制网络、互联网、物联网等技术支撑下，成为连接生产能力、设计能力、商业能力以及用户服务的复杂网络系统（图13.1）。

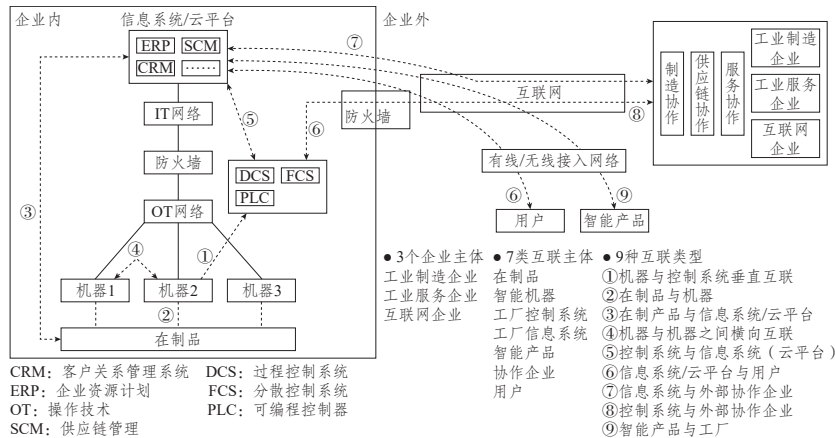


图 13.1 工业互联网的互联体系

资料来源:高巍. 工业互联网推动工厂网络与互联网融合发展 [J]. 中兴通讯技术, 2016 (5): 21-25.

工厂网络与互联网的融合是基于无连接分组通信协议（IP 技术）等互联网技术而发展，呈现“三化（IP 化、扁平化、无线化）+ 灵活组网”发展趋势。由此工业互联网的关键技术包括支持控制信息与数据信息共线传送的高可靠工业以太网技术，面向工业生产的无线解决方案，支持生产现场控制网络灵活组网的软件定义网络（SDN）技术，包括基于蜂窝的窄带物联网（NB-IoT）、第五代移动通信技术（5G）在内的面向海量产品泛在接入的无线网络技术，生产现场数据向云端集成的信息传送技术，支持骨干网络多租户隔离的网络虚拟化和软件定义网络技术。运用这些技术，工业互联网对机器设备添加传感和控制器件，使机器设备可感知、可联网和可控制，企业可以通过软件灵活调度生产能力，实现敏捷制造和大规模定制生产；将机器运转参数、生产经验、海量供应商和市场信息等模型化，开发多用途工业互联网软件控制应用，实现对机器设备的精确控制，并进一步将软件应用打造成服务产品，创造新价值；实现从生产单元到工厂、从供应链管理到用户服务管理、从生产控制系统到信息技术系统的无缝集成，打破信息感知、传递、处理与反馈的障碍，消除信息不对称，实现整个工业系统的开放与智能。

（二）全球工业互联网市场快速发展

根据 Grand View Research 研究报告，2016 年全球工业物联网市场规模为 1000 亿美元。Reportbuyer 发布的报告显示 2016 年工业 4.0 市场价值 666.7 亿美元。多家机构研究认为未来几年全球工业互联网的发展速度将不断加快。Technavios 预计 2019 年全球工业过程控制和工厂自动化市场将达到 1094.4 亿美元，2020 年全球工业物联网市场规模将达到 1320 亿美元；Reportbuyer 预计 2017—2022 年全球工业 4.0 市场价值的复合年均增长率为 14.72%，2022 年将达到 1523.1 亿美元；Grand View Research 预计 2017—2025 年全球工业物联网市场年均复合增长率为 25%，2025 年市场规模将达到 9336.2 亿美元。

根据市场调研机构 Technavio 报告，欧美国家仍是工业互联网的主要市场，通用电气、美国电话电

报公司（AT&T）、思科、英特尔等欧美厂商主导全球工业互联网市场。其中，北美地区以美国和加拿大为主导，特别是思科、通用电气、国际商业机器（IBM）、美国电话电报公司、英特尔等参与的工业互联网联盟极大推动工业物联网发展。欧盟处于全球自动化生产部署的领先水平，65%的欧盟国家工业机器人数量超过平均水平；英国和德国在欧洲地区工业物联网市场中占据主导地位，预计到2020年欧洲地区的工业物联网复合年均增长率将超过6%。亚太地区在2014年全球工业控制和工厂自动化市场中占据36%的市场份额，该地区新兴国家不断加大在机器人和物联网方面的投资，弥补基础设施、技术和制度方面的不足，预计到2020年亚太地区工业物联网市场规模将达到540亿美元，复合年均增长率超过7%。

二、发达国家工业互联网竞争态势

（一）美国工业互联网战略

2010年底，美国总统科技顾问委员会（PCAST）向国会提交报告《数字未来设计：联邦资助的网络与信息技术研发》，提出美国制造业领先优势不断丧失，而在信息技术、纳米技术等领域具有全球领先优势，建议将各领域先进技术与工业制造技术相结合。随后奥巴马政府发布一系列国家层面的先进制造发展战略，明确提出“提振经济，重振制造业”，加快推进“再工业化”。在美国先进制造战略重点关注的三项关键技术中，智能制造的感知、控制、平台和建模（ASCPM）主要是指用于获取、使用新的产品和制造过程数据的信息技术，研发重点是将感知、监测和控制系统与可拓展的信息技术平台深度整合；可视化、信息化和数字化制造（VIDM）主要指从数字化设计环节到生产计划、原材料采购以及定制化生产环节的信息化对接技术，重点解决如何提升供应链效率，缩短产品设计、制造和市场化周期等问题，研发方向是将传感、监测和控制系统中嵌入原材料信息和材料技术，从而有效提升生产力和材料使用效率；先进材料制造（AMM）主要是新型材料研发和现有材料的性能改善技术，研发重点聚焦在先进的复合结合材料、生物制造以及关键材料再利用技术三个方面（图13.2）。



图 13.2 美国先进制造战略的任务布局

资料来源：田洪川. 从先进制造战略到工业互联网美国掀起再工业化浪潮 [J]. 世界电信, 2015(4): 66-70.

2012年底，通用电气发布《工业互联网：突破智慧与机器的界限》白皮书，首次提出工业互联网概念，认为工业互联网是数据、硬件、软件与智能的流动和交互，旨在通过先进的传感网络、大数据



分析、软件来建立具备自我改善功能的智能工业网络，以升级传统关键工业领域、重构全球工业、激发生产率、提高能效和效率。

美国政府虽然没有设立专门的工业互联网平台推进机构，但其国家标准与技术研究院（NIST）推出先进制造技术联盟计划（AMTech），试图建立一个公私伙伴关系以支持先进制造研发和减少“端到端”的创新时间，并在2013年之后与相关企业或联盟共同推动工业互联网的发展。同时，根据2012年“国家制造业创新网络”（NNMI）计划所建立的各大制造业创新机构（IMS）也在其建设中包含相应的平台建设任务。奥巴马政府分别成立“先进制造技术测试床”（MTTs）、“卓越制造中心”（MCE）、“卓越材料制造中心”（MCEs），以推进上述三项关键技术的研发、测试和试点，并通过创新研发网络模式，针对智能制造的感知、控制、平台和建模建立研究所，推进其在耗能高、信息技术较成熟的制造业中率先应用；针对可视化、信息化和数字化制造设立“大数据创新制造研究部门”，推动制造过程中海量数据的分析和处理技术研发。

2014年3月，美国电话电报公司、思科、通用电气、英特尔和国际商用机器公司宣布成立工业互联网联盟（Industrial Internet Consortium, IIC），推动更多企业采用工业互联网技术，其后参与成员不断扩展。工业互联网进入模式应用推广阶段。美国政府层面加快政策推进。例如由美国联邦政府资助建立的“数字化制造与创新设计研究中心（DMDII）”启动“数字制造公共平台”，其功能定位是数字化制造的开源软件平台，鼓励全社会的中小创新机构、创业者和创客等开发面向不同制造业领域的软件解决方案；2016年6月奥巴马宣布在洛杉矶建立新智能制造创新研究所；2016年9月美国商务部推出国家制造业创新网络新品牌“美国制造”（Manufacturing USA）；2016年12月美国能源部新增3500万美元资金用于制造研发项目，促进美国制造商实现工厂自动化、将下一代尖端系统商业化等。

（二）德国工业 4.0 战略

德国实施的“工业 4.0”及数字议程，聚焦与利用新一代信息技术，以“智能+网络化”强化其在全球工业体系中的“硬制造”优势和工业自动化龙头地位。

德国2010年发布《云计算行动计划》和《信息与通信技术战略：2015 数字化德国》，支持信息与通信技术相关研究。2011年，德国科学院、德国机械设备制造业联合会、博世公司等提出“工业 4.0”。2012年10月，德国联邦教育与研究部推出《工业 4.0 中长期研究建议书》，提出八大优先行动领域，既涉及技术层面，也涉及基础设施、人员培训、法律框架等领域（表 13.1）。2013年4月，德国联邦政府在汉诺威工业博览会上推出“工业 4.0”项目，德国机械及制造商协会（VDMA）、德国电气电子行业协会（ZWEI）、德国联邦信息技术、通信和新媒体协会（BITKOM）联合设立“工业 4.0 平台”，并成为国家级项目，列于德国《高技术战略 2020》十大未来项目之一，由德国联邦教育研究部和联邦经济技术部联手资助，联邦政府投入2亿欧元予以支持（表 13.1）。

2014年8月，德国联邦政府出台《数字议程（2014—2017）》，从发展数字化经济、构建数字化生活、开展数字化研发、打造数字化基础出发，旨在构建高效开放的互联网，实现数字化广泛参与，保障信息技术简易、透明和安全的使用，倡导数字化创新驱动经济社会发展，为进一步发展以“工业 4.0”为代表的智能化、分布式生产和物流、智能化服务扩展提供良好的基础。2015年3月，德国经济和能源部、德国教育和研究部共同接管并启动升级版“工业 4.0 平台”建设（表 13.2）。

表 13.1 工业 4.0 中长期发展优先行动领域

优先行动领域	主要内容	推荐举措
标准化及参考架构开放标准	标准化: 保证合作机制和信息交换; 参考架构: 实现标准化的完整技术说明和实施措施	成立工作组讨论标准化和参考架构课题; 建立适当的旗舰项目, 展示参考架构的成功开发和配置
管理复杂系统	建模以实现复杂性的管理	成立工作组讨论以建模作为管理复杂系统手段的课题; 对建模和系统工程提供培训和持续专业发展; 建立适当的旗舰项目
为产业提供全面的宽带基础设施	加强现有通信网络, 提供保证延迟时间、可靠、具有较高服务质量、普遍可用的宽带网络	实施扩大德国宽带网络基础设施建设的提议, 建立工业 4.0 所需的精确带宽和实时能力; 扩展德国的宽带互联网基础设施
安全和安保是工业 4.0 成功的关键要素	秉承安保源于设计原则, 制定和实施信息安保策略、体系和标准; 采取安全和安保双重策略, 对现有工厂安全和安保措施进行升级; 开发适用于新工厂和机械的解决方案	德国联邦信息安全办公室列举工业控制系统目前面临的 10 个最重要威胁; 工业 4.0 工作组列出安全和安保问题的 8 个优先行动领域
数字工业时代的工作组织和设计	调动现有创新和生产力储量, 通过广泛部署自动控制、知识型、带有传感器的制造系统赢得竞争优势; 将创新持续扩展到智慧工作组织和员工技能上	借助跨学科专家工作组研究“工业 4.0 中的人与工作”议题
工业 4.0 培训和持续专业发展体系	优先考虑持续专业发展体系扩展; 以人为本的实现途径; 加强员工间的交流; 应考虑到员工所扮演的不同角色以及年龄、受教育程度、工作经验、文化背景等情况	推动示范项目; 创建并推动“最佳实践网络”; 调研车间内知识和技能的习得、发展数字学习技术; 推动交叉方法在工作组织中的应用; 推动工业 4.0 专门学习内容和跨学科合作; 建立基于信息技术的系统模型
法律框架	制定标准以确保新技术符合法律规定, 改进制度框架以促进创新发展	“解决方案”并不在于立法, 而是需要制度、技术和政策的协同配合
资源效率	重点在资源生产率和计算资源效率	通过工业 4.0 平台建立工作组

资料来源: 德国联邦教育与研究部. 工业 4.0 中长期研究建议书 [R]. 2012 年 10 月

表 13.2 德国《数字议程 (2014—2017)》目标举措及发展重点

目标	举措	发展重点
发展数字化经济: 打造欧洲数字经济龙头	支持并推进经济的数字化, 支持初创型数字化企业发展, 面向数字经济改革政府管理框架, 探索数字环境下的工作模式, 推动能源革命和绿色信息技术	自动化、3D、大数据、云计算、微电子、智能家居、智能互联、提高移动网络、能源绿色化与数字化水平
构建数字化生活: 解决数字创新的市场问题	扩大与社会团体间的对话, 加强各年龄段民众对数字媒体的掌握能力, 实现数字化民主参与, 构建数字化生活方式	数字媒体、数字公共服务平台
开展数字化研发: 解决数字创新的动力问题	推动科技界的数字化转型, 保障知识的获取, 加强数字化知识社会教育, 挖掘数字化创新潜力, 以研究推动数字化转型, 打造数字文化大国	信息基础设施、数据库及虚拟研究网络、开放存取、数字媒体教育、大数据、高性能计算、数字化医疗、文化产品数字化、数字图书馆
打造数字化基础: 解决数字创新的环境问题	加强数字化基础设施建设, 提高政府数字创新服务能力, 保障经济和社会的信息安全, 加强与欧洲和国家的开放合作	高速宽带网络、智能交通、农村数字入口、伽利略导航、政府数字化公共管理、网络安全和数据保护

资料来源: 德国联邦政府. 数字议程 (2014—2017). 2014 年 8 月



德国“工业 4.0”战略作为基于工业互联网的智能制造战略，其核心是建立虚拟网络与实体物理融合系统（CPS），实现“智能+网络化”。工作组在《德国工业 4.0 战略计划实施建议》（*Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*）中强调实现纵向集成、端对端集成、横向集成三个集成。纵向集成是将不同层面（如传感器、控制、生产管理、制造和执行及企业计划等）信息技术系统集成到一起，完成企业内部不同信息技术系统、生产设施（以数字化、智能化生产设备为主）的全面集成，建立一个高度集成化的系统，为智能工厂中网络化制造、个性化定制、数字化生产提供支撑；“端对端”集成是为实现研发、生产、服务等产品全生命周期的所有工程活动，将全价值链上的、为客户需求而协作的不同公司进行集成；横向集成是将各种处于不同制造阶段和进行不同商业计划的信息技术系统集成在一起，以供应链为主线，将企业间的物流、能源流、信息流结合在一起，以实现社会化协同生产。通过这三项集成，德国将全面完成企业内（信息化系统及生产设备）、企业间、生态圈的集成与协同，实现灵活、个性化、高效、社会化、智能化生产，从而巩固其在全球制造业中的领先地位。

（三）日本“工业 4.1J”计划

2015 年，日本提出“工业 4.1J”计划（Japan Industry 4.1J），该计划是由 Virtual Engineering Community（VEC）与 NTT Communications 发起，参与企业 Azbil、Azbil SecurityFriday、OSIsoft Japan、太阳电子、JT Engineering、Schneider Electric、立花 ELETECH、Digital Electronics、BellChild、富士电机、日本迈克菲、村田机械、安川电机等。

有别于先前常见的智能工厂建构方式，即仅集中在工厂内部的数字化与互联化，工业 4.1J 聚焦于将工业智能化从单一工厂延伸到产业整体价值链，其架构包括四个部分：工业网关（Gateway）进行工厂数据收集；NTT Communications Arcstar Universal One 与 Biz Hosting Enterprise Cloud 平台进行数据传输与存取；对所收集的数据进行分析；专家系统进行数据解读并提供建议（图 13.3）。

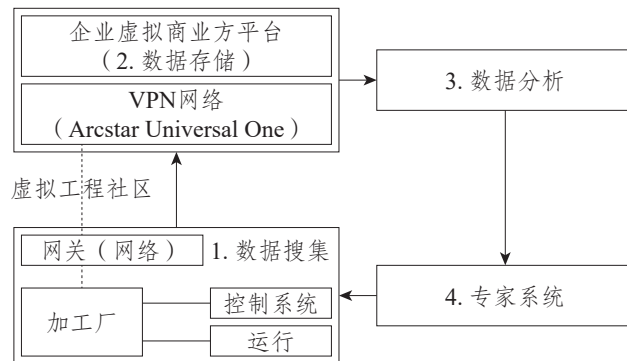


图 13.3 日本“工业 4.1J”系统架构

资料来源：Security measures for the Internet of Things (IoT) which is proliferating across the globe[EB/OL]. NTT Communications, 2015 年 4 月。

工业 4.1J 关注的技术要素集中在五个方面：一是在现行控制装置中采用安全通信协议“OPC UA”，验证其能否正常通信；二是使大容量数据高速流向云端及控制系统，以确认云端和现场之间所要求的

连接规范，进而可以实时进行异常检测，并将现场数据反馈至云端；三是确认 VEC 企业提供的监控系统能否在 Biz Hosting Enterprise Cloud 上运行；四是将现场使用的控制逻辑植入监控系统，并确认系统能否仿真正常的生产情况；五是验证系统能否对异常情况做出正确判断。

目前，该计划主要工作是将日本分散在世界各地的工厂串联起来，实现一个集安全管理、资产管理、零件订购管理、远程服务、控制技术支持等于一体的智能工厂环境，利用云端技术监控系统实时观察正常生产情况，实现安全的资产管理、采购管理、远程服务、高级控制技术支持环境，掌握现场控制系统的异常运行情况。一方面，日本国内企业可以通过“云端”监控系统，实时了解分析海外工厂的生产制造情况，并将本土与海外现场的生产情况进行对比，快速掌握海外现场控制系统的异常运行状态，本土企业可以迅速为海外工厂提供解决方法；另一方面，利用传感器对分散在各地工厂使用的部件或临近更换期的部件进行数据收集分析，预测部件的更新订购时间，接受订购的部件厂商可以掌握订单变化趋势信息。

三、工业互联网主要机构联盟及标准化发展动态

工业互联网联盟机构在推动信息技术与制造技术深度融合，促进工业数字化、互联化、智能化的发展进程中起到重要作用。以美国工业互联网联盟、德国“工业 4.0”平台、日本工业价值链促进会等为代表的工业互联网联盟机构，在组织架构、功能价值、具体举措上不尽相同。

（一）美国工业互联网联盟成为推动工业互联网标准化的重要平台

2014 年 3 月，通用电气联合美国电话电报公司、思科、国际商业机器公司和英特尔成立工业互联网联盟（Industrial Internet Consortium, IIC），由马萨诸塞州波士顿的非营利性贸易协会——对象管理集团（OMG）进行管理，建立技术、安全和测试床三个工作组，在众多产业领域联合企业进行案例应用与测试。随着工业互联网的发展，美国工业互联网联盟的影响力不断提升，规模不断扩大，截至 2016 年 6 月成员单位已达到 250 余家。

1. 发布工业互联网参考架构 IIRA 与工业互联网安全框架 IISF

2015 年，工业互联网联盟推出工业互联网参考架构 *IIC Reference Architecture (IIRA)*，从商业、使用、功能和实现 4 个视角进行描述（图 13.4）。其中，商业视角确定利益相关者对建立工业互联网系统的商业愿景、价值和目标；使用视角以任务为导向，确定工业互联网系统使用过程中人和逻辑用户的活动序列；功能视角确定工业互联网系统的功能要素、相互关系、接口及交互方式；实现视角则确定实现功能要素的关键技术、通信方式和生命周期流程。整个参考架构在商业、运营、信息、应用和控制五大功能领域及系统安全、信息安全、弹性、互操作性、连接性、数据管理、高级数据分析、智能控制、动态组合九大系统特性基础上，形成由边缘层、平台层和企业层组成的系统架构以及各层包含的软硬件系统和网络。2017 年初，工业互联网联盟发布 1.8 版的工业互联网参考架构（IIRA），在 2015 年的 1.7 版本基础上融入新型 IIoT 技术、概念和应用程序。

2016 年 9 月，美国工业互联网联盟发布工业互联网安全框架（Industrial Internet Security Framework, IISF），为工业互联网安全研究与实施部署提供指导。IISF 报告定义工业互联网可信体系

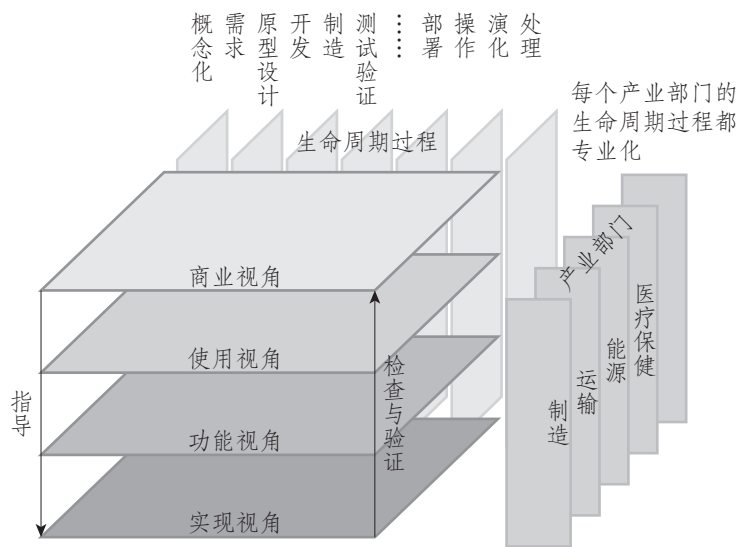


图 13.4 工业互联网联盟《工业互联网参考架构》框架

资料来源:《日本工业价值链参考架构》深度解读 [EB/OL]. 慧聪机械工业网, 2017 年 6 月.

的五大关键特性,即信息安全、功能安全、可靠性、弹性和隐私安全,从商业、功能和实现视角出发给出工业互联网安全框架。其中,商业视角通过分析工业互联网安全风险确定工业互联网的安全投入和绩效指标,从建立系统全生命周期信任关系角度出发明确设备供应商、系统集成商以及用户/运营者的安全要求;功能和实现视角从构建工业互联网安全框架出发,提出包括端点安全、通信网络安全、数据安全、安全监控和分析、安全配置和管理以及安全模型和策略等五大部分的安全框架。

2016 年 11 月,美国工业互联网联盟发布经营战略和创新框架 (Business Strategy and Innovation Framework, BSIF),帮助企业识别和分析必须利用新兴的工业物联网 (IIoT) 机遇解决的问题。这一文件由工业互联网联盟企业战略工作组起草,提出企业在部署工业物联网举措之前应考虑的策略和目标、问题和挑战,搭建结构化框架以及设置系统以识别、评估和启动工业物联网,以此降低市场和技术的确定性。

2. 多类型措施扩大工业互联网应用推广

工业互联网联盟以工业互联网体系架构为指导,与通用电气、微软、富士通等企业合作,在先进制造与服务、智能电网、安全等领域分析提炼共性需求,通过在高速网络、半自动货车运输和自动驾驶、工厂设备和工具跟踪、预测性维护、智能电网、智慧医疗、开放水平化等领域的测试床项目展示解决方案,扩大工业互联网的应用规模。

目前,美国工业互联网联盟已有 40 个应用案例,既对工业互联网发展的核心环节和关键要素展开积极探索和实践,又对互联架构、大数据等不断提出新的要求。测试床方面,截至 2016 年 8 月已有 22 个测试床通过审核,另有 6 个测试床正在进行审核,参与成员单位超过 50 家。例如 2016 年工业互联网联盟筹建上海试验床,推进环太平洋文化溯源、医疗影像大数据分析、智能制造示范、智慧城市四个具体项目;组织 GE Digital、M2Mi、甲骨文 (Oracle)、Infosys 等公司进行智能航空行李管理平台测试;批准由东芝和戴尔共同开发的深度学习试验台。2017 年, Hilscher 加入美国工业互联网联盟时

间敏感网路（TSN）试验台，为使用 netX 技术的用户提供 TSN 固件升级。

美国工业互联网联盟积极促进开放式论坛发展，分享和交流技术理念与实践经验。2017 年，工业互联网联盟举办工业互联网创新论坛，并在德国柏林举办智慧城市论坛，展示应用工业互联网技术后智能城市的未来。

3. 与机构和组织合作推进工业互联网标准化工作

美国工业互联网联盟积极推进与其他工业互联网机构和国际标准化组织的协作，共同推进工业互联网标准化工作。工业互联网联盟已梳理出 20 多个关联标准化组织并逐步建立联系，向其反馈标准化需求，与 ISO/IEC JTC1/WG10（物联网参考架构）、ISO/IEC SC27（安全）以及 ISO/IEC JTC1/WG 9（大数据）等展开深度对接，加快工业互联网标准研制和全球标准化协作。

首先是工业互联网联盟与工业 4.0 平台的合作。2016 年 3 月，工业互联网联盟与工业 4.0 平台在瑞士苏黎世探讨在双方各自推出的参考架构 RAMI 4.0 和 IIRA 之间建立一致性的可能。双方就两种模型天然互补性达成共识，计划启动定期技术交流，确认两边的映射关系、差别和相互增强之处，探讨通用的试验测试；联合成立生产系统和工业物联网解决方案工作组、参考架构对接工作组、测试床协作工作组、互操作标准需求工作组、安全工作组、文件及路线图制定工作组 6 个工作组，制定 3 年合作路线图，包括里程碑、工作机制、主体责任等。2016 年 9 月，工业互联网联盟和工业 4.0 平台进行第二次工作会议，通过标准委员会 I4.0 和收集的 250 例工业 4.0 应用，协调标准化流程。2017 年 6 月，工业互联网联盟与工业 4.0 平台推出世界巡回系列活动，与意大利跨国公司 Comau S.p.A. 合作举办活动，突出与意大利倡议 Piano Industria 4.0 的合作，在生产技术和数字化改造方面投入大量公共资源，承诺投入超过 130 亿欧元为投资工业 4.0 解决方案和增加研发费用的企业提供经费支持。

其次是工业互联网联盟与日本工业价值链促进会（IVI）和日本物联网加速联盟（IoT Acceleration Consortium, ITAC）两个组织的合作。2016 年 11 月，工业互联网联盟与日本物联网加速联盟签署谅解备忘录，确认和共享最佳实践，联合进行试验台和研究开发项目，通过协调架构和其他元素实现互操作性，合作标准化以及双方同意的其他活动，以促进数字经济，并协调物联网产业各方面的均衡发展。2017 年 5 月，工业互联网联盟与日本工业价值链促进会签署谅解备忘录，共享使用案例和工业物联网架构信息，识别和共享工业物联网在制造业的最佳实践。

（二）德国“工业 4.0 平台”推进参考体系与标准化研究

德国在《工业 4.0 中长期研究建议书》建议在标准化及参考架构开放标准等优先行动领域成立工作组进行讨论研究，德国科学院与博世公司为代表组成工业 4.0 工作小组，针对工业 4.0 的技术、标准、商业模式等进行跨产业交流。2013 年德国机械设备制造业联合会（VDMA）、德国电气电子行业协会（ZWEI）、德国联邦信息技术、通信和新媒体协会（BITKOM）联合设立“工业 4.0 平台”，确定规范与标准、安全、研究与创新三大主题。2015 年德国经济部、德国教育与科技部、西门子、Festo 与 SAP 等企业共同参与升级版“工业 4.0 平台”建设，组成新的工作小组，针对工业 4.0 标准化、技术研发、数据安全、人才培养、法律框架等五个课题进行讨论。

工业 4.0 平台发布“工业 4.0 标准化路线图”，提出有待标准化的 12 个重点领域，包括建立统一的参考架构模型 RAMI 4.0（Reference Architectural Model Industrie 4.0），为工业 4.0 的标准化工作提供基



础，推动将工业 4.0 背景下出现的新概念纳入国际标准中。RAMI 4.0 从功能视角、价值链视角和工业系统视角进行详细描述（图 13.5）。其中，功能视角维度由下至上分为物理资产、感知控制聚合、网络通信、数据信息分析、功能应用和商业活动六个方面，是基于数据实现工业 4.0 所需要的全部功能环节，并以数据流动为驱动力；企业层级视角维度从左至右分为产品、现场设备、控制设备、工段、车间、企业和连接的世界七个部分，是基于企业信息化层级的拓展；价值链视角维度从左至右将价值链划分为产品的原型和实物两个阶段，描述产品的全生命周期。这一工业 4.0 参考体系模型的本质是从工业角度出发，结合已有工业标准，将以“信息物理生产系统”为核心的智能生产功能映射到全生命周期价值链和全层级工业系统中，突出以数据为驱动的工业智能化图景。

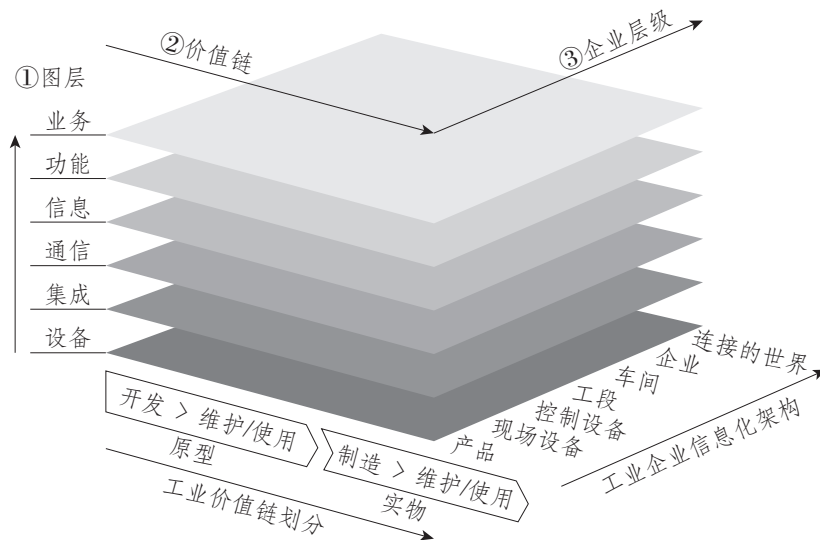


图 13.5 德国工业 4.0 参考架构

资料来源：李海花. 各国强化工业互联网战略标准化成重要切入点 [J]. 世界电信, 2015 (7): 24-27.

此外，升级版工业 4.0 平台持续深入地对标准化问题进行研究，将需要制定的标准数量进一步聚焦于网络通信、信息数据、价值链、企业分层等标准，提出标准化机构要根据工业 4.0 架构对相关技术进行说明或规定，形成统一的标准并实施，以克服信息技术和制造技术因原理、接口和数据结构等不同而产生的融合困难。

（三）日本工业价值链促进会构建工业价值链参考架构

日本工业价值链促进会（Industrial Value Chain Initiative, IVI）由日本法政大学设计工学部系统设计学科西冈靖之教授发起，成立于 2015 年 6 月，2016 年 6 月成为一般社团法人，参与者包括三菱电机、富士通等日本制造业企业、设备厂商、系统集成企业等，推动包括工业物联网在内的日本工业互联网改革。

2016 年 12 月，日本工业价值链促进会基于日本制造业基础，推出智能工厂的基本架构《工业价值链参考架构》（Industrial Value Chain Reference Architecture, IVRA）。在纵向资产、横向活动（PDCA 循环）、内向管理（QCDE 活动）三维模式（图 13.6）中，“智能制造单元”（Smart Manufacturing Unit,

SMU) 从工程知识流、供应需求流和层次结构三个方面构建组合成不同的“通用功能块”(General Function Blocks, GFB) (图 13.7), 全方位展现制造业产业链和工程链情况, 并根据需要体现企业优势。智能制造单元之间的联系定义为“轻便载入单元”(Portable Loading Unit, PLU), 体现出保证安全和可追溯条件下的企业内和企业间价值转换情况。

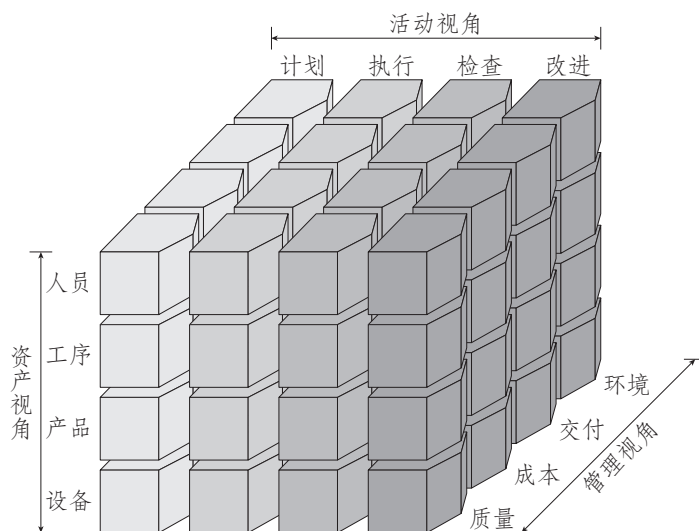


图 13.6 智能制造单元三维模式

资料来源:《日本工业价值链参考架构》深度解读 | 全球智能制造新动向 [EB/OL]. 今日头条, 2017 年 6 月.

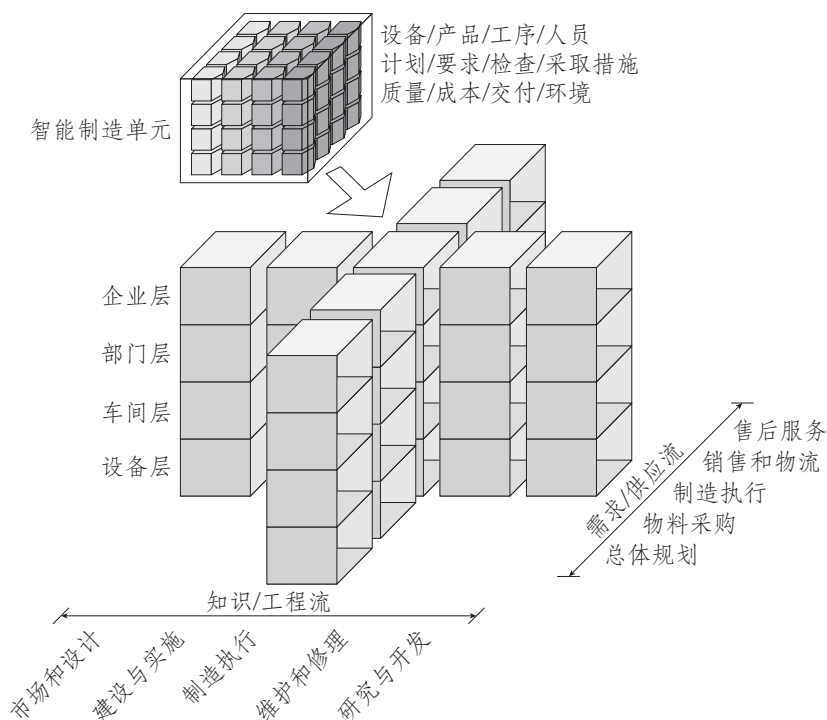


图 13.7 智能制造通用功能模块 (GFB)

资料来源:《日本工业价值链参考架构》深度解读 | 全球智能制造新动向 [EB/OL]. 今日头条, 2017 年 6 月.



日本工业价值链参考架构借鉴精益制造、KAIZEN（持续改善）经营思想等，嵌入“日本制造业”特有的价值导向，突出专家知识库对制造过程的重要影响，坚持人员是制造过程中的关键因素。此外，考虑到互联制造各环节接口的复杂性，日本工业价值链参考架构提出宽松定义的标准结构，通过建立企业间的“宽松接口”，突破“每个实例服从于一个标准”的传统模式限制，使得企业可根据自身实际情况选择最为适合的模型，而不必为了遵守唯一的公共模型而过多地改变业务流程。

（四）国际组织开展工业互联网标准研究与制定

除了美国工业互联网联盟（IIC）、德国工业 4.0 平台外，国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）也对工业互联网标准进行研究与制定。

国际标准化组织涉及工业互联网标准化研究的主要是 TC184 和 ISO/IEC JTC1 技术委员会。其中，TC184 为工业自动化领域核心标准化组织之一，在系统集成等方面影响力较大，积极跟进工业互联网新的标准化需求，如 WG10 工作组推进服务机器人模块化、人机协同安全等标准制定。2014 年，ISO/IEC JTC1/SWG3 规划特别工作组成立智能机器专题组，从虚拟个人助理、智能顾问和先进的全球工业系统三个领域开展标准化预研。其中，先进的全球工业系统源于“工业 4.0”战略，主要研究对象包括标准化、参考模型以及复杂系统管理等。

国际电工委员会下属的国际标准化委员会 IEC/TC65，主要负责制定连续和批量控制领域用于工业过程测量和控制的系统和元件方面的国际标准。为更有效地对接工业 4.0 标准化需求，IEC 陆续成立一系列专门工作组，包括 IEC/SMB/SG8 工业 4.0 战略研究组和 IEC/MSB 未来工厂白皮书项目组等，开展智能制造和工业 4.0 相关战略研究、体系构建和技术标准研究与制定。

四、制造企业工业互联网发展实践

（一）通用电气工业互联网平台 Predix

2012 年通用电气发表《又一场工业革命》，提出“工业互联网”概念，其后开发 Predix 工业互联网软件平台，展开一系列与工业互联网行业相关的业务合作和资本布局。

在工业互联网相关技术研发方面，通用电气 2011 年在加州硅谷建立全球软件研发中心，对工业互联网平台、应用以及数据分析进行研发；2013 年投资“平台即服务”厂商 Pivotal，加强数据平台能力，成功开发其工业互联网软件平台 Predix；2014—2016 年投入 15 亿美元开发工业互联网系统。通用电气开发的 Predix，将软件、大数据等新兴技术与生产设备紧密融合，将各类实时采集数据按照统一的标准进行规范化地分析预判，反映生产运营状态，并反馈给整个运营体系，实现资产和运营优化。Predix 可以部署在机器上、本地或“云”中，集成的技术堆栈，可以实现分布式计算和大数据分析、资产管理、机器间通信和移动应用。通过高度可视化的界面、模块化的功能、规范化的数据，Predix 简化工业物联网云应用的开发、交付和销售各个环节。

由于采用开源架构，支持开放式标准、协议和技术，确保了系统的开放性和可定制化，通用电气向多产业领域企业开放 Predix 平台，使其在平台上开发自己的应用、实现快速的软件设计与云交付、将机器和硬件设备连接到工业互联网。与通用电气结成伙伴关系的有亚马逊、埃森哲、美国电报

电话公司、思科、英特尔等，在 Predix 平台的基础上进行技术和业务合作。例如美国电报电话公司将通用电气的设备与其网络和云端连接，打造工业互联网无线通信系统；通用电气与思科合作，在思科网络产品上集成 Predix 软件，收集和分析网络中任意位置上的资产绩效和运营数据，提高机器设备之间数据传输和分析能力，其业务合作扩大到石油天然气、交通、医疗和电力等领域；与英特尔合作为边缘设备开发参考架构，使边缘设备集成英特尔的处理器、软件和 Predix 软件，几乎能在任何资产中嵌入自适应性智能，同时提高机器软件更新速度，建立通用电气机器设备与全球通信服务商之间的有效连接；与亚马逊合作，基于 AWS 优化信息基础设施；与埃森哲合作，提升大数据分析能力。2016 年，通用电气启动独立软件供应商项目，与 Engro、ENGIE、博世、NEC、Spirit Aero Systems、Reliance Industries、Microsemi、Corning、PCI、SMP3、中国电信、威腾等签署谅解备忘录、结成数字工业联盟或进行技术合作，部署 Predix 平台或共同开发基于 Predix 平台上用于工业互联网的应用软件。2016 年通用电气的软件解决方案组合订单量增加 25%，订单额超过 70 亿美元。通用电气在 2017 年 5 月发布控制服务器和控制系统健康应用程序，允许用户在任何可接入网络的地点，对控制硬件的状态进行监控，收集、分析实时数据。目前，通用电气已推出超过 40 种工业互联网产品，涵盖石油天然气平台监测管理、铁路机车效率分析、医院管理系统、电力公司配电系统优化、医疗云影像技术等一系列提升管理效率、降低运营成本的新型信息管理与分析产品。

在资本布局方面，通用电气展开一系列工业互联网资本布局，涉及云计算、大数据等核心领域。例如 2012 年，通用电气公司收购 MTL 公司开放系统和网络安全技术，投资 1.05 亿美元持有云计算和大数据服务公司 Pivotal 的 10% 股权；2013 年，通用电气向“平台即服务（PaaS）”公司 Pivotal 注资 1.05 亿美元，提升工业互联网的云平台技术能力；2014 年，通用电气通过初始投资获得资产性能管理（APM）软件和服务商 Meridium 26% 的股权，其后收购 Meridium 为客户提供完整的 APM 解决方案；2016 年，通用电气收购机器学习初创公司 Wise.io，改善其面向工业物联网的 Digital Twin 服务，开发机器学习产品；2017 年，通用电气以 9.15 亿美元完成对基于云计算的现场服务管理（FSM）解决方案领导者 ServiceMax 的收购。

此外，通用电气在全球设立新的工厂或技术中心，拓展工业互联网业务。例如 2016 年，通用电气在巴黎设立新的“数字芯片厂”总部，拓展欧洲工业互联网市场；在印度开设全球数字中心，加速工业的数字化转型。2017 年，通用电气在英国 Redhill 开设电网自动化制造工厂，进入电网解决方案业务新阶段；启动中国智能制造技术中心（AMTC），开展智能制造技术研发。

（二）西门子工业云平台系统 MindSphere

西门子实践工业 4.0 的主要举措，一是调整企业发展重点，突出数字化战略地位和目标；二是重点推进数字化工厂发展，将产品从研发设计到生产制造，通过数字化工具将数据链和信息链串联一起，实现无缝信息互联和柔性制造。

2014 年，西门子提出“2020 公司愿景”，将“电气化、自动化、数字化”作为企业发展重点，确定具有增长潜力的若干领域，在资源配置上向这些领域倾斜。同时，西门子对旗下组织架构进行重整，将 16 个业务集团合并为发电与天然气、风力发电与可再生能源、能源管理、楼宇科技、交通、数字化工厂、过程工业与驱动、医疗以及金融服务 9 个业务，并设定目标利润率，其中，对数字化工厂设定



的目标利润率为 14%~20%，仅次于金融服务的 15%~20%。

2016 年，西门子推出基于云计算平台的物联网操作系统“MindSphere”，作为开放式系统，其核心是数据分析，支撑工业企业数字化运营，譬如预防性维护、能源数据管理以及工厂资源优化的基础。通过该系统，制造商可以监测其设备机群，对运营数据进行分析，实现对生产线的智能控制，比如预测性设备维护、远程故障诊断、产品追踪等。为了能让来自不同制造商的机械设备和工厂连接至 MindSphere，西门子推出“MindConnect Nano”数据接入网关。2017 年，西门子强调“物联网生态”，大力拓展 MindSphere 合作伙伴，包括云基础设施服务商、软件开发者、物联网初创企业、硬件厂商等。

技术合作层面，西门子与合作伙伴已开发出超过 50 个应用软件（APP）供各类工业客户选用。例如 2016—2017 年，西门子为 MindSphere 推出“机床 Fleet Manager”应用程序，适用于小到中型原始设备制造商（OEM）的终端客户；与 Atos 加强合作，提供现有的应用程序以及所有的一体化、基础设施和安全服务在 MindSphere 平台建立客户特定的应用程序；与 Stratasys 达成正式合作伙伴关系，整合数字工厂和增材制造（AM）解决方案，为 AM 引入传统制造工作流程搭建基础；计划 2017 年在微软的 Azure 云平台上开放 MindSphere；与国际商业机器公司计划将 Watson Analytics 整合到 MindSphere；与全球信息技术服务、咨询和业务解决方案提供商塔塔咨询服务公司（Tata Consultancy Services, TCS）在物联网创新方面进行合作。除了 MindSphere 之外，西门子还开发出跨业务软件平台 Sinalytics、升级 Ruggedcom Elan 软件套件、推出 Simatic PCS 7 工厂自动化加速器，获得七家德国网站基于 IEC 62443-4-1 标准的 TÜV SÜD 认证，不断推进过程控制、数据整合与分析技术。

利用资本运作拓展系统技术功能方面，2016 年西门子与 Bentley Systems 达成战略联盟协议，投资至少 5000 万欧元，用以支持连接数据环境云服务获取数字工程模型，通过相互授权的技术为数字工厂、过程工业和驱动器部门提供集成各自软件产品的解决方案；收购 Mentor Graphics，通过 Mentor 的电子集成电路和系统设计、仿真和制造解决方案，扩展其工业软件功能；与 Atos 加强战略联盟，将其联合创新投资计划的资金增加到 2.3 亿欧元，集中发展工业安全、工业数据分析、机器智能、服务增强技术和系统网络等领域。

在中国市场，继 2013 年在成都建设西门子唯一在海外接近工业 4.0 的智能化工厂西门子工业自动化产品生产研发基地之后，2017 年西门子在武汉的工业众创空间投入使用，为当地中小微企业提供创新项目孵化、专业培训和技术咨询等服务；启用江苏苏州工业信息安全运营中心，发布工业信息安全服务体系；并计划在成都建立全球工业云研发中心。

上述措施推动西门子业务高速增长。2016 财年西门子在数字化服务业务领域营收超过 10 亿欧元，在软件解决方案业务领域营收达到 33 亿欧元，同比增长约 12%，远超 8% 左右的市场年增长率。

（三）霍尼韦尔互联工厂计划

霍尼韦尔（Honeywell）在全球自动化领域占有较大优势。2015 年底，霍尼韦尔在欧洲、中东和非洲地区用户大会上展示其过程自动化解决方案，包括霍尼韦尔的工业物联网（Industrial Internet of Things）以及工业网络安全技术。2016 年，霍尼韦尔全球投资者会议提出“软件也是竞争力”，积极推进“由硬到软”的“互联”战略转型和“互联工业企业”的发展定位。

霍尼韦尔提供的互联解决方案涵盖十大领域：互联建筑、互联工业、互联家居、互联飞机、互联

地铁、互联机场、互联汽车、互联酒店、互联医院和互联油气化工。在互联工业领域，霍尼韦尔提供过程控制、能源管理、安防消防、生命安全、紧急救援、网络安全、移动扫描、传感技术等。其“互联工厂”项目利用工业物联网，推出互联工业软件平台 Sentience，帮助企业用户安全、便捷地获取工业大数据，并根据单个生产设施或整个企业生产运营的不同需求进行不同规模配置，以最大限度地提高产量、降低安全风险、优化供应链战略；霍尼韦尔开发的移动运用软件 Honeywell Pulse，可以帮助工厂经理、车间主管和工程技术人员与工业自动化软件远程连接，获取即时消息和工厂实时运营数据及分析；无线设备管理平台 OneWireless 支持多种工业协议与应用；数字安防集成平台 HUS 提供以视频为中心的剖析安防管理，其开放性和集成性便于布置、管理和维护综合安防平台。霍尼韦尔 UOP 公司推出的互联运营服务（Connected Performance Service），采用工业物联网技术，持续监测工厂设备的数据流，通过分析技术和机器学习功能，发现潜在的工厂运营缺陷。霍尼韦尔制定工业物联网生态系统合作客户发展计划（INspire 计划），与 Aereon、Seeq、美国 L.A. Turbine 公司、德国基伊埃（GEA）集团等领军企业进行“互联工厂”项目合作，共同为企业用户开发工业物联网解决方案。此外，霍尼韦尔推出基于云计算技术的管理平台 AlarmNet360，打造开放的操作系统级软件框架平台 Niagara Framework，在新加坡建立亚太地区工业网络安全中心（COE），收购网络安全公司 Nextnine，支持其“互联工厂”计划。

主要参考文献

- [1] 高巍. 工业互联网推动工厂网络与互联网融合发展 [J]. 中兴通讯技术, 2016 (5): 21-25.
- [2] 田洪川. 从先进制造战略到工业互联网美国掀起再工业化浪潮 [J]. 世界电信, 2015 (4): 66-70.
- [3] Security measures for the Internet of Things (IoT) which is proliferating across the globe[EB/OL]. NTT Communications, 2015 年 4 月.
- [4] 李海花. 各国强化工业互联网战略标准化成重要切入点 [J]. 世界电信, 2015 (7): 24-27.
- [5] 工业 4.0 工作组. 德国工业 4.0 战略计划实施建议 [R]. 中国工程院咨询服务中心译. 德国: 德国联邦教育研究部, 2013.
- [6] The Headquarters for Japan's Economic Revitalization. New Robot Strategy[R], 2015 年 2 月.
- [7] 《日本工业价值链参考架构》深度解读 [EB/OL]. 慧聪机械工业网, 2017 年 6 月.
- [8] 《日本工业价值链参考架构》深度解读 全球智能制造新动向 [EB/OL]. 今日头条, 2017 年 6 月.

本章撰写: 祝毓



第十四章

全球人工智能发展热点及趋势

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是计算机科学、控制论、信息论、神经生理学、心理学、语言学等多种学科互相渗透而发展起来的一门综合性学科。该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。人工智能从诞生以来, 理论和技术日益成熟, 应用领域也不断扩大。

自 1956 年达特茅斯会议诞生“人工智能”(AI) 一词以来, 距今已有 60 多年。在这期间, 虽然人工智能涉及的不同学科、不同技术发展起起伏伏, 但人工智能整体上一直处于不断增长的趋势。近两年, 随着大数据、云计算、深度学习的兴起, 人工智能迎来第三次发展高潮。尤其在 2016 年, 人工智能技术的进步和大范围、多领域渗入行业应用让其再次成为焦点。

一、人工智能产业市场现状

(一) 市场规模不断扩大

近年来, 随着大数据、云计算、深度学习等技术的成熟以及硬件性能的不不断提高, 人工智能技术取得突飞猛进的发展。人工智能技术在诸如医疗健康、安防、教育、金融等多个行业得到广泛应用, 市场规模也随之不断扩大。据艾瑞咨询预计, 2020 年全球人工智能市场规模将达 1190 亿元; 同期中国人工智能市场规模将达 91 亿元。继移动互联网、物联网、大数据与云计算之后, 人工智能正在成为新的“风口”。

《乌镇指数: 全球人工智能发展报告 (2016)》显示, 2015 年全球新增人工智能企业数量达到 806 家, 平均每 10.9 个小时就有一家人工智能企业诞生, 同期, 有近百亿美元、1200 多次对于人工智能领域的投资。全球人工智能企业数量集中分布在美国、中国、英国等国家, 三国企业数量占总数的 65.73%。其中, 美国人工智能企业总数为 2905 家, 数量位居全球第一。仅加州的旧金山 / 湾区、大洛杉矶地区两地的企业数量即达到 1155 家, 占全球的 19.13%。

（二）投融资出现爆发式增长

人工智能的快速发展引来投资者的热切关注。近几年，该领域投资呈现出爆发式增长。无论是投资金额和投资频次，都有明显增加。根据 CB Insights 发布的人工智能领域投融资交易情况，2016 年全球人工智能领域投资总额达 50.21 亿美元，与 2012 年的 5.89 亿美元相比增长近 10 倍，投资频次由 2012 年的 160 次增长到 658 次（图 14.1）。就地区来看，2016 年美国人工智能领域投资额遥遥领先，占全球 62%，接下来依次是英国、以色列和印度，占比分别为 6.5%、4.3%和 3.5%（图 14.2）。

人工智能技术被广泛应用于医疗健康、广告销售及市场营销、商业智能、安防、金融、物联网/可穿戴、教育、客户关系管理、电子商务、机器人等领域。根据 CB Insights 对 11 个人工智能垂直行业投融资情况的研究分析，医疗健康类初创公司越来越引发投资者的兴趣，2012—2016 年投资者已经向此类企业注入共计 15 亿美元的资金，完成大约 190 次交易；交易数量也不断增加，已从 2011 年的 8 次增长到 2015 年的 60 次，截至 2016 年上半年，已完成 40 次交易。除此之外，针对金融、物联网/可穿戴设备、广告销售及市场营销和安防领域的投资也比较集中。其中，人工智能与统金融行业结合而产生的 Fintech 以及随之兴起的智能投资顾问、智能理财，引起投资者关注。2016 年，已有超过 15 家采用人工智能技术的金融科技筹集中到股权融资。

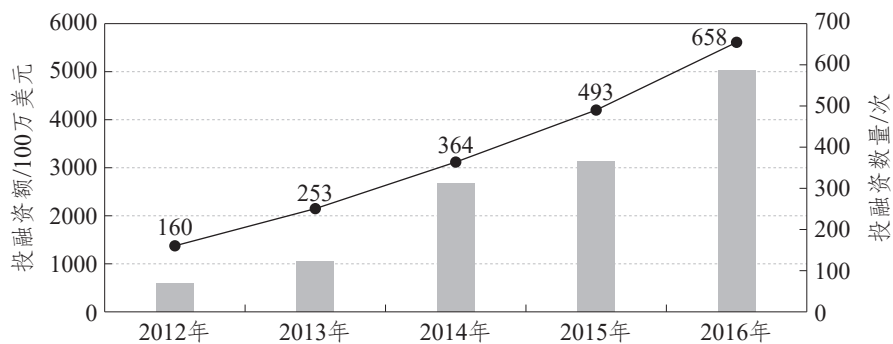


图 14.1 2012—2016 年全球人工智能领域投融资

资料来源：CB Insights

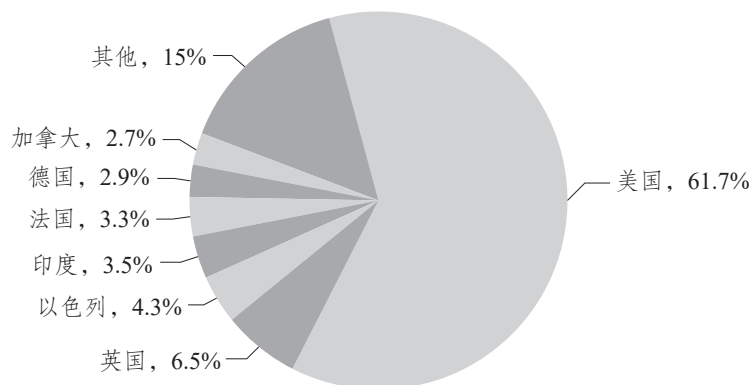


图 14.2 2016 年全球主要国家人工智能领域投融资占比

资料来源：CB Insights



二、人工智能国家战略布局

随着人工智能的飞速发展，多个国家加紧国家层面的战略布局，以抢占未来竞争的高地。这些国家层面的人工智能战略计划主要涉及两个方面，一是研究人类大脑原理，从中获得启示进而促进人工智能的发展；二是人工智能技术具体的发展目标和战略规划。

（一）美国

作为信息技术革命的发源地和领跑者，美国在迎接人工智能新未来的过程中一马当先。

2013年4月，美国率先启动脑科学计划（BRAIN Initiative），目标包括探索人类大脑工作机制等，为研发下一代人工智能技术提供理论基础。2015财年，美国国立卫生研究院（NIH）、美国国家科学基金会（NSF）和美国国防部高级研究计划局（DARPA）在脑研究项目上共投入2亿美元。

2014年秋，美国启动“人工智能百年研究”项目，对人工智能领域及其对人类、社会的影响进行长期研究，并每五年评估人工智能技术发展状态。2016年9月，该项目发布其百年研究计划中的第一篇报告，名为《2030年的人工智能与人类生活》。该报告重点关注人工智能与城市生活，研究人工智能在交通、医疗、教育、低资源社区、公共安全、就业和工作场所、家庭/服务机器人和娱乐8个领域带来的重大影响。

2016年5月，美国联邦政府宣布成立国家科学技术委员会（NSTC）机器学习和人工智能小组委员会，以帮助协调联邦在人工智能领域的活动。该小组委员于2016年10月发布《为人工智能的未来做好准备》和《国家人工智能研究与发展战略计划》两份重要报告。前者从七个方面分析美国人工智能在各个领域的发展现状、现有及潜在应用、可能引发的问题（表14.1）；后者提出美国优先发展的人

表 14.1 《为人工智能的未来做好准备》报告的主要内容

领域	主要内容
公共事务	人工智能已经被应用到医疗保健、交通运输等公共领域，有助于扭转严重的低效现象，改善人们的生活
联邦政府	应在政府中广泛使用人工智能技术，以提高服务水平和办公效率。由于机构与机构之间存在技术、资源、经费等差异，因此，联邦政府应尽快解决各机构中人工智能技术的应用问题，使其发挥更大作用
监管	人工智能应用首先要符合人工智能产品管理制度，其次必须保障社会公共安全
研发与从业者培养	联邦政府在基础研发领域进行的长期投资推动人工智能技术进步，人工智能进一步的快速发展则对人工智能研究人员、技术专家提出需求，这要求政府、学校采取必要的措施
自动化与经济	人工智能的应用解放双手，实现自动化操作，但随之也对部分工作和行业产生潜在的负面影响。为应对以人工智能为代表的自动化所引发的问题，联邦政府应尽快提出应对政策
公平、安全与治理	使用人工智能控制现实世界的设备，引发人类对安全问题的关注，人工智能的应用必须强调安全性和可控性，确保人工智能可以促进正义和公平
全球考量与安全议题	人工智能可用于处理全球问题，如，灾害预防、气候变化等，而国际关系、网络安全和国防方面的政策，也必将随着人工智能的应用而发生某些变化

资料来源：闫志明等. 教育人工智能（EAI）的内涵、关键技术与应用趋势——美国《为人工智能的未来做好准备》和《国家人工智能研发战略规划》报告解析[J]. 远程教育杂志，2017年第1期

人工智能七大战略规划，具体包括：对人工智能研究进行长期投资；研发更有效的人类与人工智能协作方法；了解和处理人工智能的道德性、法律性和社会性影响；确保人工智能系统的安全性；开发用于人工智能训练及测试的共享公共数据集和环境；通过制定标准和相关参照，对人工智能技术进行测量评估；了解美国人工智能的人力资源需求。

（二）欧洲

以德国和英国为代表的欧洲是全球人工智能技术发展的重要地区之一。

早在 1988 年，德国成立人工智能研究中心，这是德国政府的智库机构之一，主要研究基于人工智能技术的科技研发和创新成果转化。该中心参与多项国际项目及国家级重大科研项目，2014 年，全球首个“工业 4.0”演示系统诞生于该中心；2015 年，该中心制造世界上首台登月行走机器人。

2013 年，欧盟提出为期十年的人脑计划（Human Brain Project, HBP），投入 10 亿欧元，力图集成神经认知学、医学和计算科学的多方专家力量，为基于信息通信技术的新型脑研究模式奠定技术基础，并加速脑科学研究成果转化。欧盟人脑项目组提出建设 6 个平台，分别支持神经信息学、脑模拟、医学信息学、高性能计算、神经形态计算和神经机器人技术的发展。2014 年，欧盟启动《欧盟机器人研发计划》（SPARC），目标是充分利用人工智能技术，为工厂、空中、陆地、水下、农业、健康、救援服务以及欧洲许多其他应用提供机器人。

2016 年 12 月，英国政府发布名为《人工智能：未来决策制定的机遇与影响》的报告，阐述人工智能的未来发展对英国社会和政府的一些影响，论述如何利用英国的独特人工智能优势，增强英国国力。报告具体内容包括：首先阐述人工智能是什么，如何使用人工智能？二是利用人工智能创新和提高生产力（例如人工智能可帮助企业和个人更有效地使用资源并简化他们与大数据集的交互方式、帮助整个企业和单个员工提高工作效率、减少大数据搜索的负担等）。三是政府使用人工智能提高效率（例如：通过预测需求和更准确地定制服务，使现有诸如健康、社保、紧急等服务更有效率，使资源得到最大程度的分配；使政府官员更容易使用更多数据进行决策，并减少欺诈和出错的几率；通过采集过程背后的数字记录，或通过数据可视化支持决策使决策更加透明；帮助政府各部门更好地了解他们所服务的人群，确保向每个人提供适当的支持和机会；等）。四是人工智能对劳动力市场的影响（例如：自动化将有很大可能改变人们的工作类型和需要的技能类型；技术变革可能导致特定工作技能更快地消失，人们更换工作的频率可能会更高；等）。五是使用人工智能可能带来的一些法律、伦理和道德风险问题。

（三）日本

日本也是较早将人工智能技术作为发展重点的国家之一。日本政府和企业界高度重视人工智能的发展，不仅将物联网、人工智能和机器人作为第四次产业革命的核心，还在国家层面建立相对完整的研发促进机制，并将 2017 年确定为人工智能元年，希望通过大力发展人工智能，保持并扩大其在汽车、机器人等领域的技术优势，逐步解决人口老化、劳动力短缺、医疗及养老等社会问题，扎实推进超智能社会 5.0 建设。

日本 2014 年正式发起由理化学研究所主导的“大脑研究计划”。2016 年文部科学省投入 100 亿



日元，以支持研究机构和大学的人工智能研究，2017年有望将预算加大到150亿日元以上。2016年5月，日本文部科学省确定“人工智能/大数据/物联网/网络安全综合项目”（AIP项目），以人工智能技术为核心，融合大数据、物联网和网络安全领域开展创新性研究。

机器人一直是日本优先发展的战略性技术。2015年1月，日本发布《日本机器人战略：愿景、战略、行动计划》（即《日本机器人新战略》）。该战略提出三大核心目标，即“世界机器人创新基地”、“世界第一的机器人应用国家”和“迈向世界领先的机器人新时代”，并制定五年计划，旨在确保日本机器人领域的世界领先地位。从2016年到2020年的五年间，最大限度地应用包括政府制度改革在内的多种政策，扩大机器人开发投资，推进1000亿日元规模的机器人扶持项目。

2017年3月，日本政府在“人工智能技术战略会议”发布人工智能产业化路线图，分三个阶段推进该计划：第一阶段，2020年前后，确立无人工厂、无人农场技术，普及利用人工智能进行药物开发支援，通过人工智能预知生产设备故障；第二阶段，2020—2030年，达到人与物输送及配送的完全自动化，机器人的多功能化及相互协作，实现个性化的新药研制，以及家庭与家电人工智能的完全控制；第三阶段，2030年之后，使护理机器人成为家族的一员，实现出行自动化及无人驾驶的普及（人为原因交通事故死亡率降为零），能够进行潜意识的智能分析并实现本能欲望的可视化。

（四）韩国

2016年3月，韩国政府宣布一项未来5年总投资约8.4亿美元的专项计划，用于加快人工智能产业发展。该计划是在谷歌AlphaGo与韩国围棋大师李世石完成世纪对决后宣布的。韩国政府计划建立一个知名的研究中心以支持国家研究和发​​展人工智能技术。韩国的一些知名企业，包括三星、乐金、SKT、现代等企业表示参与该计划，每家公司出资250万美元。韩国政府希望利用AlphaGo人机大战作为契机，启动韩国官方版人工智能“BRAIN”计划，希望能在人工智能领域追赶美国。

（五）中国

2016年3月，中国发布的“十三五”规划纲要将“脑科学与类脑研究”列为“科技创新2030——重大项目”，即中国“脑计划”。该“脑计划”分两个方向：以探索大脑秘密、攻克大脑疾病为导向的脑科学研究和以建立和发展人工智能技术为导向的类脑研究。2016年5月，由国家发展改革委、科技部、工信部、中央网信办联合制定的《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》正式发布。方案明确三年达到千亿级市场规模的目标，提出建立基础资源服务平台和加快人工智能技术在家居、汽车、无人系统、安防等领域的推广应用。2017年7月，中国国务院发布《新一代人工智能发展规划》，这将是中国面向2030年的人工智能发展规划。

三、人工智能核心企业动向

近年来，互联网巨头企业纷纷加大人工智能研发力度，布局速度越来越快。美国科技企业依然是人工智能领域的引领者，中国以BAT（百度、阿里巴巴和腾讯）为代表的互联网企业也在开展人工智能布局，逐渐成为人工智能领域的关键参与者。

（一）美国信息技术巨头引领人工智能发展

1. 谷歌

谷歌作为科技界巨头，从技术层和应用层全面布局人工智能。战略上不断积累人工智能底层技术，研发更高级深度学习算法，增强图形识别和语音识别能力，人工智能技术的应用延伸到智能家居、无人驾驶以及医疗药品研究等多个领域。

谷歌在 2011 年成立人工智能部门，2012—2015 年收购 27 家人工智能相关企业，并在机器学习方面广纳人才，2016 年 5 月，谷歌研发的新型芯片可支持人工智能。目前，谷歌产品和服务依靠主要人工智能技术驱动，如谷歌使用深度学习技术改善搜索引擎、识别安卓手机指令、鉴别其“Google+”社交网络的图像。

谷歌的图像识别、语音识别技术底蕴深厚。2016 年 9 月，谷歌开源其最新自动图像描述系统“Show and Tell”，可根据场景生成准确的图像说明。谷歌在无人驾驶领域，以技术驱动，侧重于基础技术研究及人工智能核心科技开发。谷歌无人驾驶行驶里程数已超过 200 万英里且成功发布全球第一款完全能够自动驾驶的原型车“豆荚车”，并宣称到 2020 年谷歌自动驾驶车将正式上市。此外，谷歌还把智能家居领域作为未来人工智能的一个重要应用市场，正加速以 Nest、Google Assistant 为基础的智能家居生态系统建设，通过一系列并购、开放平台的建立、软件硬件一体化来打造这个生态系统。

2. 国际商业机器公司（IBM）

国际商业机器公司是另一家在人工智能领域大举布局的美国高科技企业。公司从 2014 年开始着重关注人工智能领域，主要围绕沃森（Watson）和类脑芯片展开，试图打造人工智能生态系统。国际商业机器公司通过沃森开启认知时代，提供医疗、水资源管理、保险欺诈识别、环境保护、金融等行业解决方案，以及将沃森应用于数字顾问、虚拟助理、云计算、科学研究等多个领域。此外，公司推出多款并行式类脑芯片，比如 TrueNorth、Power 处理器、随机相变神经元芯片等，大幅度提升人工智能计算能力。

国际商业机器公司未来十年战略核心是“智慧地球”计划，每年在其投入研发投入约在 30 亿美元以上。公司提供的创新解决方案在智慧能源、智慧交通、智慧医疗、智慧零售、智慧能源和智慧水资源等领域全面展开，涵盖节能减排、食品安全、环保、交通、医疗、软件及服务、云计算、虚拟化等热点方向。

3. 微软

微软一直非常重视人工智能技术的研发，其语音识别、自然语言和计算机视觉等技术处于业内领先水平。2016 年 4 月，微软上线 CaptionBot 应用，可识别任何图像并为其提供详细描述；2016 年 8 月，发布人工智能机器人第四代微软小冰；2016 年 9 月，宣布成立人工智能及微软研究事业部，旨在加速其在人工智能领域的创新。未来，微软人工智能领域将重点关注四大领域，即代理——利用 Cortana 语音助手等代理改变人机交互方式；应用——将人工智能注入所有的产品中，比如 photo app、Skype、Office 365 等；服务——将微软 AI 技术开放给开发者；基础设施——利用 Azure 开发全球最强大的人工智能超级计算机。

4. 亚马逊

云计算和智能家居是亚马逊在人工智能领域的两大亮点。亚马逊领先的云计算能力为其人工智能



技术走向应用提供保障，而云服务的强大客户数据也将提升 AWS 系统的智能化水平。2016 年 11 月，亚马逊在 AWS Re:Invent 大会上推出三个人工智能工具，包括文本到语音转换服务 Amazon Polly、基于深度学习的图像和人脸识别服务 Amazon Rekognition 以及可编写自然人机交互的 Amazon Lex。此外，亚马逊在过去四年间还重点打造了 Alexa 智能语音助手和 Echo 智能音箱。

5. 脸谱

脸谱 (Facebook) 公司的人工智能布局主要围绕其用户社交关系和社交信息展开，集中在图像识别、语音识别、自然语言处理等技术领域。2016 年 4 月，脸谱宣布允许企业在 Messenger 平台上构建机器人，并与多家企业合作在该平台上推出机器人服务。2016 年 6 月，推出基于深度学习的文本理解引擎 DeepText，其可处理超过 20 种语言，以接近人类的准确度、每秒数千篇文本的速度快速理解文本内容。

6. 苹果

苹果公司加紧人工智能领域的布局，致力于打造苹果生态系统，提升用户体验。2016 年，苹果已经成为最活跃的人工智能公司收购企业之一，完成对 VocalIQ、Perceptio、Emotient、Turi 以及 Tuplejump 等公司的收购。2016 年 12 月，苹果发布其首份人工智能研究报告。报告主要阐述一项新技术，即如何通过计算机生成图像、而非真实图像来训练一种算法的图像识别能力。

7. 英特尔

近年来，英特尔传统业务表现不佳，为避免对计算机、服务器市场的过度依赖，公司基于主业积极谋求战略转型，将业务从计算机芯片、移动芯片拓展至数据中心（云服务）、物联网、人工智能等领域，提出“2016 重建计划”，将未来工作重心从计算机芯片转向物联网和云计算。2016 年 8 月，英特尔表示将开发人工智能技术的专用芯片，从而在人工智能领域扮演更重要的角色。

国外信息技术巨头人工智能发展概况如表 14.2 所示。

表 14.2 国外信息技术巨头人工智能产品、战略特点和重点领域

公司	产品代表	战略特点	重点领域
国际商业机器公司	沃森 (Watson)、深蓝 (Deep Blue)、类脑芯片	围绕沃森和类脑芯片展开，开启认知商业时代，重塑产业格局	医疗诊断、认知计算的各行业解决方案、类脑芯片及量子计算
谷歌	AlphaGo、无人驾驶汽车、谷歌智能助理	积累底层人工智能技术 (算法及芯片)，覆盖更多用户使用场景	无人驾驶、医疗诊断、智能家居、智能搜索、语音图像识别、量子计算
英特尔	Xeon E5-2600v	重心由计算机及移动芯片拓展至数据中心 (云服务)，物联网、人工智能	计算机视觉、融合 Altera FPGAs 及 Intel Xeon 的一体化芯片
脸谱	Facebook · M	人工智能，虚拟现实和增强现实，互联互通为未来三大发展方向，人工智能布局围绕其用户社交关系和社交信息	图像识别、自然语言处理、Facebook · M 智能助理
微软	微软小冰、微软小娜	重点攻克语言识别、图像识别、计算机视觉等技术	语言识别、图像识别、计算机视觉、云计算
苹果	Siri 助理、Apple Watch	在保护用户隐私情况下，利用人工智能技术提升苹果产品用户体验	语音识别、图像识别、自然语言理解
亚马逊	Alexa 智能语音助手、Echo 智能音箱	重点布局 Echo 智能音箱、亚马逊云服务，寻求 Echo 与电商业务结合点	智能家居、云计算

资料来源：智东西

（二）中国互联网企业成为人工智能关键参与者

1. 百度

百度的人工智能布局方面主要包括三大实验室：硅谷人工智能实验室、深度学习实验室和大数据实验室，主要研究领域为图像识别、语音识别、自然语言处理、机器人和大数据。2016年9月，百度发布百度大脑，包括 PaddlePaddle 深度学习平台、人工智能超级计算机以及大数据三大核心技术。2017年1月，推出百度人工智能操作系统 DuerOS。

2. 阿里巴巴

阿里巴巴充分借助电商平台的优势，在2015年7月发布虚拟人工智能客服“阿里小蜜”，据公司2016年10月统计数据显示，其问题解决率已达到80%。在金融领域，蚂蚁金服将人工智能技术运用于蚂蚁微贷、保险、征信、风险控制、客户服务等方面，蚂蚁微贷和花呗的虚假交易率降低10倍。2016年6月，阿里妈妈光学字符识别技术获得文档分析和识别国际会议（ICDAR）Robust Reading 比赛第一名。2016年8月，阿里云 ET 提出一套综合的人工智能解决方案套件，包括视频、图像和语音识别技术。

3. 腾讯

腾讯成立人工智能实验室，提出基于业务整合的四个研究领域：计算机视觉、语音识别、自然语言处理和机器学习，以及四个研究方向：内容人工智能、社交人工智能、游戏人工智能以及工具类人工智能。在深度学习方面，腾讯大数据在2016年12月的“腾讯大数据技术峰会暨 KDD China 技术峰会”上推出第三代高性能计算平台 Angel，该平台与香港科技大学以及北京大学联合研发。2016年12月，腾讯云宣布向全球企业正式提供多项人工智能云服务，包括人脸检测、五官定位、人脸对比与验证、人脸检索、图片标签等。

4. 其他企业

除了上述三家企业在人工智能上发力外，国内有上百家人工智能相关企业开始渗透并构架起基础层、技术层、应用层的体系，初步形成产业链，覆盖机器学习、自然语言处理、大数据处理、计算机图像识别、人工智能认知等多个细分领域。各垂直领域较有竞争力的人工智能公司情况如表 14.3 所示：

表 14.3 中国垂直领域人工智能领先企业

领域	公司	竞争优势
语音识别	科大讯飞	语音接口的发展将颠覆人工智能产业，而科大讯飞是这一领域执牛耳者。科大讯飞的实时翻译、语音识别、语音合成等技术都处于世界领先地位。其语音转文字的正确率超过98%
机器视觉	旷视科技	计算机视觉是机器感知中发展最突出的技术之一。旷视科技拥有业界领先的人脸识别技术，其 Face++ 平台的人脸检测在“FDDB 世界公开评测数据集”中排名第一。这家公司的合作伙伴包括支付宝、Camera360、魔漫相机、小米金融等，风靡全球的美图秀秀使用了 Face++ 的人脸识别技术
人工智能芯片	寒武纪科技	寒武纪科技是全球智能芯片领域的先行者，打造各类智能云服务器、智能终端以及智能机器人的核心处理器芯片。2016年推出的寒武纪 1A 处理器（Cambricon-1A）是世界首款商用深度学习专用处理器，面向智能手机、安防监控、可穿戴设备、无人机和智能驾驶等终端设备
人形机器人	优必选	优必选是一家集人工智能和人形机器人研发、平台软件开发运用及产品销售为一体的全球性企业，通过打造“硬件+软件+服务”机器人生态圈，从人形机器人的核心源动力伺服舵机研发起步，逐步推出消费级人形机器人、商业人形机器人和 Jimu 机器人相关产品。公司估值已经超过 10 亿美元，成为机器人领域的“独角兽”



(续表)

领域	公司	竞争优势
视像智能技术	保千里	保千里在原有以精密光电成像+仿生智能算法为核心的技术基础上, 延拓至机器视觉和人工智能领域, 确立图像处理、智能交互、深度学习、大数据分析四大研究方向。保千里其下子公司打令智能科技以集团核心技术为依托, 推出打令宝系列智能硬件, 包括虚拟现实手机、小宝机器人、魔镜机器人、神灯机器人等, 通过视像智能技术为母婴、服饰、美业、轻奢、大健康等细分行业客户实现场景营销、智能分析和内容互动
智能健康	碳云智能	碳云智能围绕消费者的生命大数据、互联网和人工智能创建数字生命的生态系统。将基于全球专业度最高、指数增长的全息全程健康医疗大数据, 通过顶尖的数据挖掘和机器分析技术, 提供私人专享的健康指数分析和预测

资料来源: 上海科学技术情报研究所分析整理。

(三) 国内外巨头企业人工智能布局特点比较

综观国内外巨头企业人工智能布局态势(图 14.3 和表 14.2), 具有以下五个特点:

一是国外公司聚焦于人工智能基础层、技术层的核心技术研发。而国内公司在基础层、技术层研发较为缺失, 大多初创公司使用国外科技巨头的开源平台, 通过大量行业数据来训练人工智能系统。

二是国际商业机器公司、谷歌、百度全面布局人工智能技术, 在重点研究人工智能核心算法基础上, 在应用层全面推进人工智能商用化进程, 在人工智能核心算法、智能搜索、无人驾驶、医疗诊断等领域率先布局且行业领先。

三是脸谱、腾讯、微软、苹果侧重于社交应用, 这些巨头最为关注图像和语音识别技术, 希望打通图像、语音等人机交互接口, 提高用户参与度, 收集用户行为数据, 从而进一步训练人工智能系统, 最终希望打造一个智能私人助理来统一管理旗下应用。因此重点布局语音识别、图像识别、智能助理、聊天机器人等领域。

四是英特尔鉴于传统计算机芯片或图形处理器业务饱和及衰退, 大力谋求业务转型。基于芯片领域技术积累, 着力研发适合深度学习的人工智能芯片, 寻求新增盈利点。

五是亚马逊、阿里偏重商业应用, 如亚马逊在 Echo 智能音箱上加载电子商务商品目录; 阿里借助阿里云人工智能平台“DTPAI”(DTPAI 平台集成阿里巴巴核心算法库, 包括特征工程、大规模机器学习、深度学习等), 通过简单拖拽的方式完成对海量数据的分析挖掘, 以及对用户行为、行业走势等的预测。

Ai 布局	全面布局 ● 国际商用机器 ● 谷歌 ● 百度	社交应用 ● 脸书 ● 腾讯 ● 微软 ● 苹果	芯片研发 ● 英特尔	商业应用 ● 亚马逊 ● 阿里
途径	1. 重点研究 Ai 核心算法 2. 应用层全面推进 Ai 商用化	1. 侧重社交应用 2. 关注图像识别、语音识别	依托深厚芯片研发技术, 研发深度学习专用芯片	注重垂直领域应用
重点领域	Ai 核心算法、智能搜索、无人驾驶、医疗诊断	语音识别、图像识别、智能助理、聊天机器人	GPU、FPGA	智能音箱等应用型产品

图 14.3 国内外巨头企业结合主业布局人工智能状况

资料来源: 智东西

四、人工智能重点领域态势

（一）核心专用芯片——人工智能战略制高点

随着人工智能商业化进程的逐步加快，相关企业纷纷加大人工智能研发力度，布局速度越来越快。人工智能主要发展方向涉及机器人芯片研发、智能视觉、自然语言理解和开放知识图谱、人工智能教育、机器视觉、机器人系统方案、体感人机交互、智能投顾、智能视觉等。而在这些细分领域中，核心专用芯片是人工智能时代的战略制高点。

图形处理器（GPU）和现场可编程门阵列（FPGA）是目前软件企业采取的主流方案。例如，百度机器学习硬件系统就是用FPGA搭建人工智能专用芯片，并已大规模应用于语音识别、广告点击率预估模型等；而语音识别领域知名企业科大讯飞，则将深度学习训练方面的运算置于GPU加速卡上运行。作为GPU和FPGA领域的巨头，英伟达和英特尔已相继公布各自人工智能专用芯片开发计划。2016年上半年，英伟达为深度神经网络推出TeslaP100GPU，并基于此开发深度学习超级计算机NVIDIADGX-1。

与此同时，国际商用机器公司与英伟达合作推出数款专门针对人工智能领域的服务器产品。收购FPGA领域知名企业阿尔特拉的英特尔，结合FPGA在大数据运算处理方面的优势，全力打造新的专注大数据高性能运算以及人工智能应用的至强融合系列处理器。此外，英特尔还于2016年8月宣布收购深度学习芯片初创公司Nervana，以增强其在人工方面的业务能力。

（二）深度学习——机器学习研究核心领域

深度学习是机器学习研究中的新领域，其目的在于建立、模拟人脑进行分析学习的神经网络，模仿人脑的机制来解释数据，例如图像，声音和文本。AlphaGO取得成功的核心归功于深度学习，目前深度学习正处于爆发的临界点，各大公司纷纷跑马圈地，国际商用机器公司、高通、谷歌等都推出各自的神经网络处理器。在国内，互联网厂商纷纷推出深度学习云平台，比如百度大脑、阿里DTPAI，硬件厂商则推出深度学习一体机，比如中科曙光联合英伟达推出的XSystem。

（三）机器视觉——人工智能下一个前沿

机器视觉是人工智能正在快速发展的一个分支，旨在赋予机器可媲美人类的视觉能力。机器视觉是用机器代替人眼来做测量和判断，机器视觉系统通过机器视觉产品（即图像摄取装置，分CMOS和CCD两种）将被摄取目标转换成图像信号，传送给专用的图像处理系统，得到被摄目标的形态信息，根据像素分布和亮度、颜色等信息，转变成数字化信号；图像系统对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征，进而根据判别的结果来控制现场的设备动作。随着研究人员应用专门的神经网络来帮助机器识别和理解现实世界的图像，机器视觉在已取得巨大进步。据美国商业资讯网站数据显示，全球机器视觉市场正处于迅速发展之中，预计到2025年底，市值将超过192亿美元。目前，机器视觉技术成功应用于多个领域，已由起初的电子制造和半导体行业，发展到包装、汽车、交通和印刷等多个领域。近年来，国外知名巨头在机器视觉行业的布局尤为迅猛，苹果收购印度机器视觉公司Tuplejumps；英特尔收购俄罗斯计算机视觉公司Itseez用于无人驾驶。



五、人工智能技术对制造业的重要影响

人工智能作为一项创新技术,对智能制造升级和产业优化等方面有着不可替代的作用。

一些企业如海尔、三一重工、富士康等都开始“机器换人”的步伐,未来工厂将离不开人工智能的技术支撑。人工智能将对制造业的发展带来重要影响。

首先,人工智能将对研发、生产、流通、营销/交易、智能产品/服务等方面产生重要影响。在研发环节中,人工智能可用于行业洞察、需求挖掘等方面;在生产环节中,人工智能可以在网络化制造、信息物理系统、智能工厂、大批量定制等方面发挥作用;在流通环节中,人工智能可以用于智能物流配送、智能仓储等;在营销/交易环节中,人工智能可以在营销决策、店铺分析、客流分析、互联网金融、推荐引擎等方面,起到诸如搜索优化、精准营销、增加用户黏性、提升营销效率等作用;在智能产品/服务方面,无人驾驶汽车、智能可穿戴设备、智能家居、智能机器人等层出不穷。

其次,人工智能将大大提高制造业的产业效率。现在的人工智能比以前的自动化流水线更加智能,以前某些环节需要人脑判断的,现在就可以被替换为人工智能设备,其结果是产品精度更高、质量更好、生产速度更快,从而导致制造业整体生产效率比以前提升更高。人工智能机器可以不知疲倦、夜以继日地工作,这也对缩减人工成本、提高生产速度极为有利。而且,对于某些高危环节,人工智能机器代替人工,可以降低生产风险同时还能提高工作效率。另外,人工智能专家系统知识更全面、更客观,而且可以及时更新知识库,可以优化生产管理的各个环节,从而提升制造业的管理水平。

第三,人工智能改变制造业就业结构。“机器换人”有可能导致部分人失业,根据世界经济论坛报告预计,2015—2020年,全球将有710万个工作职位被人工智能替代。人工智能机器将大幅改变未来各个行业的工作模式,打破传统的工作架构。不过,“机器换人”也将产生新的就业岗位,比如维护智能设备的工作岗位。制造业企业将由以前的生产线工人为主,转变为以智能设备的维护和保养为主。当然,“机器换人”所产生的新就业岗位数量较少,尚无法弥补失业数量。整体而言,“机器换人”将解放更多劳动力,这些从制造业中释放出来的劳动力可以转向其他技术更高端、更具创新的工作,反而可以进一步提高社会总体劳动生产率。

第四,人工智能对制造业的成本结构将产生非常显著的影响。主要表现在两个方面:一是直接工人工资下降;“机器换人”将导致员工总数量显著下降,尽管智能设备的维护保养岗位将增加,但增幅数量远远比不上下降的数量,由此可能导致工人工资费用降低。二是智能设备的采购、维修与保养费用上升,而材料费用、税务等其他费用则变化不大。

主要参考文献

- [1] 乌镇智库, 网易科技. 乌镇指数: 全球人工智能发展报告(2016)[R]. 2016-10.
- [2] CB Insights. The 2016 AI Recap: Startups See Record High In Deals And Funding[EB/OL]. 2017-01. <https://www.cbinsights.com/blog/artificial-intelligence-startup-funding/>.
- [3] CB Insights. AI Heatmap: Healthcare Emerges As Hottest Area For Deals To Artificial Intelligence Startups[EB/OL]. 2016-06. <http://www.tuicool.com/articles/VZnqMzM>.

- [4] 李修全, 蒋鸿玲. 美日欧政府发展人工智能的新举措及对我国的启示 [J]. 全球科技经济瞭望, 2016-10.
- [5] 日本共同社. 日本拟 2016 年投 100 亿日元扶持人工智能研究 [EB/OL]. 2015-08-25. 科技传媒. <http://www.itmsc.cn/archives/view-90949-1.html>.
- [6] OFweek. 透视日本人工智能战略 三大方向齐头并进 [EB/OL]. 2017-06-29. http://gongkong.ofweek.com/2017-06/ART-310000-8500-30148916_4.html.
- [7] YOTOVR. 韩国官方版 8.4 亿美金人工智能“BRAIN”计划正式发布 [EB/OL]. 2016-03-21. https://baijia.baidu.com/s?old_id=369372.
- [8] OFweek. 国外科技巨头的 AI 战略布局及技术现状 [EB /OL]. 2016-11-07. <http://ee.ofweek.com/2016-11/ART-8460-2818-30063477.html>.
- [9] OFweek. 解读微软人工智能大布局 [EB /OL]. 2016-10-03. <http://robot.ofweek.com/2016-10/ART-8321203-8470-30045500.html>
- [10] 智东西. 深度学习成最大爆点 巨头们如何构建 AI 生态? [EB /OL]. 2016-11-26. <http://zhidx.com/p/66003.html>.
- [11] 何洪亮. 人工智能对我国制造业的潜在影响 [J]. 同行, 2016(13).
- [12] 闫志明等. 教育人工智能 (EAI) 的内涵、关键技术与应用趋势——美国《为人工智能的未来做好准备》和《国家人工智能研发战略规划》报告解析 [J]. 远程教育杂志, 2017(1).
- [13] 凤凰网. 英国政府发布人工智能报告, 用 AI 创新优势提升英国国力 [EB/OL]. 2016-12-20. <http://wemedia.ifeng.com/6058653/wemedia.shtml>.

本章撰写: 王德生

