

中国硬科技产业 投资发展白皮书 (2017)

二零一八年五月

目 录

第一部分 硬科技提出背景及政策篇	1
一、 硬科技的概念及提出背景	1
1.1 硬科技的定义、主要特点与典型分类	1
1.2 硬科技与深科技、黑科技的区别与联系	3
二、 中国硬科技产业政策分析	5
2.1 科技发展成为推动中国经济增长的内生动力	5
2.2 科技创新是中国实现科技强国战略的重要抓手	6
2.3 政策利好叠加推动科技产业化市场应用爆发	9
2.4 科技创新与商业模式创新相融合是大势所趋	13
第二部分 硬科技八大产业分析篇	15
一、 人工智能：未来智能生活的缔造者	15
1.1 人工智能：三次浪潮、三个层次	15
1.1.1 人工智能发展阶段	15
1.1.2 人工智能产业链	16
1.1.3 发展人工智能战略意义	17
1.2 全球及中国人工智能产业发展情况	18
1.2.1 千亿全球市场可期，国外巨头三分天下	18
1.2.2 中国市场增长迅速，BAT 引领创业浪潮	20
1.3 全球及中国人工智能产业政策分析	22
1.3.1 各国政策侧重点不同，脑研究和脑功能模拟是方向	22

1.3.2	中国 AI 成“国家战略”，围绕产业体系建设层层布局	23
1.4	人工智能核心技术及典型领域应用	24
1.4.1	AI 基础技术支撑基本具备，认知智能或迎突破	24
1.4.2	AI 技术切入多领域多场景，应用水平参差不齐	29
1.5	人工智能发展趋势分析	36
1.5.1	人工智能技术研发实现突破	36
1.5.2	人工智能应用价值不断提升	36
1.5.3	人工智能产业生态圈正形成	36
1.6	中国人工智能领域投融资分析	37
1.6.1	投资规模：大 GP 助推爆发式增长	37
1.6.2	投资轮次：倾向以早期轮次为主	37
1.6.3	投资阶段：初创期企业占比最高	38
1.6.4	投资区域：北上深苏占八成以上	39
二、	信息技术：技术改变生活	41
2.1	物联网—万物互联时代已经来临	41
2.1.1	全球及中国物联网市场及竞争分析	42
2.1.2	全球及中国物联网产业政策分析	45
2.1.3	全球及中国物联网产业链分析	48
2.1.4	中国物联网行业发展热点及趋势	58
2.2	大数据—新的能源血液	62
2.2.1	全球市场平稳增长，中国市场应用模式逐步成熟	63
2.2.2	各国竞相争夺新一轮竞争制高点，实施大数据战略	64

2.2.3	大数据产业链：“底层平台+数据处理分析”服务各行业	66
2.2.4	大数据处理技术及应用：Hadoop 与 Spark	67
2.2.5	中国大数据产业发展前沿及趋势	69
2.3	区块链—全新数字经济革命	71
2.3.1	发达国家聚焦区块链投资，国内市场方兴未艾	72
2.3.2	全球及中国区块链市场：欧洲引领，美国受限，中国爆发式增长	74
2.3.3	区块链技术应用：分布式商业与金融领域关注热度最高	75
2.3.4	中国区块链趋势：数字经济时代新引擎，向非金融领域渗透	77
2.4	信息技术前沿技术与应用	79
2.4.1	V2X 技术（Vehicle to Everything）：未来智能交通运输的基础	79
2.4.2	通用型量子计算机：颠覆世界的运算能力	81
2.5	中国信息技术领域企业投融资分析	83
2.5.1	投资规模：资本市场持续看好	83
2.5.2	细分领域：物联网热度高，大数据单笔金额大	84
2.5.3	投资轮次：成熟企业更容易获得资金	85
2.5.4	投资阶段：完善成熟的技术受机构青睐	86
三、	光电芯片：信息产业的基石	88
3.1	光电芯片的核心技术及应用	89
3.1.1	光电子技术：核心的核心	89
3.1.2	光通信应用：技术和价值高地	94
3.1.3	数据中心：发展空间广阔	96
3.1.4	前沿技术：设备尺寸有望缩减至 1%	97

3.2	全球及中国光电芯片产业发展情况分析	98
3.2.1	全球光芯片市场飞速发展，TOP10 厂商份额占比超 60%	98
3.2.2	中国市场占比超三分之一，中高端芯片全依赖进口	101
3.2.3	中国芯片企业实力偏弱，优秀企业自研+外延合作布局	102
3.3	中国光电芯片及光通信领域相关政策	103
3.3.1	对光电领域大力扶持	103
3.3.2	重视提高原始创新能力	104
3.3.3	多领域共同促进发展	104
3.4	中国光通信产业发展趋势分析	105
3.4.1	电信市场接入网迎光改，光通信系统应用大爆发	105
3.4.2	100G 光模块渐成标配，5G 网络建设驱动模块升级	106
3.4.3	光纤光缆自给率继续提升，光器件抢占全球市场份额	106
3.4.4	光通信上游并购重组频发，垂直一体化整合是趋势	106
3.5	中国光电芯片产业投融资状况分析	107
四、	生物技术：人类生命能力的巨大提升	109
4.1	全球及中国生物技术产业发展情况	110
4.1.1	全球市场：生物药品需求增加，推动市场快增长	110
4.1.2	中国市场：“政策+技术创新”双驱动，增长有望	111
4.2	全球及中国生物技术产业政策分析	112
4.2.1	发达国家争相抢占制高点，推动生物产业革命性发展	112
4.2.2	中国国家层面政策频落地，明确生物产业为主导产业	112
4.3	生物核心技术及其主要应用	113

4.3.1	基因测序：基因大数据撑起精准医疗深入	114
4.3.2	基因芯片：基因诊断商业化的理想选择	118
4.3.3	生物技术：探索生物医学工程前沿应用	122
4.4	全球及中国脑科学前沿探索	126
4.4.1	全球及中国“脑计划”：21 世纪人类的重大挑战	126
4.4.2	脑科学应用：探索人脑思考的奥秘	128
4.5	中国生物技术行业发展趋势分析	129
4.5.1	生物大数据引发医疗产业数字化革命	129
4.5.2	合成生物技术将引领生物技术产业化发展	130
4.5.3	生物仿制药将迎来市场发展的关键机遇期	130
4.6	中国生物技术产业投融资分析	130
4.6.1	投资规模：2015 年以来增长明显	130
4.6.2	投资轮次：相对分散，倾向早期	131
4.6.3	投资阶段：扩张期和成熟期为主	132
4.6.4	投资区域：北上苏深是投资重地	133
五、	智能制造：驱动中国经济的核心力量	135
5.1	全球及中国智能制造产业政策分析	136
5.1.1	美国：机制健全，跨界融合，保持高水平发展	136
5.1.2	德国工业 4.0：全面智能化	137
5.1.3	中国政策：紧跟全球发展竞争形势	137
5.1.4	中美德三国智能制造战略的异同	139
5.2	全球及中国智能制造产业发展分析	139

5.3	智能制造发展阶段及产业链分析	141
5.3.1	自动化生产线集成	142
5.3.2	自动化装备：工业机器人&数控机床	144
5.3.3	工业信息化：还待普及，欧美主导	146
5.3.4	工业物联网：RFID 及机器视觉等技术处于初期	148
5.3.5	智能生产：3D 打印日趋成熟，但国内商业化发展较慢	150
5.4	中国智能制造产业面临的机遇与挑战	152
5.4.1	机遇一：“一带一路”战略推进制造业智能化升级	152
5.4.2	机遇二：新一代信息技术与智能制造融合	153
5.4.3	挑战一：自主创新能力弱，核心技术对外依赖程度高	153
5.4.4	挑战二：制造业产业结构不合理，信息化水平不高	154
5.5	智能制造前沿技术及应用	155
5.5.1	微纳 3D 打印：商业价值不可估量	155
5.5.2	云制造：信息技术与制造业的深度融合	156
5.5.3	数字孪生技术：大规模定制化生产的解决方案	158
5.6	中国智能制造行业未来发展趋势	160
5.6.1	代工模式加速铺开实现产能流动	160
5.6.2	标准化成为我国智能制造发展的迫切需求	160
5.6.3	软件及算法将引领智能制造产品智能化发展	160
5.6.4	云制造将引领智能制造投资新热潮	161
5.7	中国智能制造领域投融资发展现状与趋势分析	161
5.7.1	投资规模：数量稳定，金额逐年走高	161

5.7.2	投资轮次：技术壁垒和商业模式为优先考量	162
5.7.3	投资阶段：技术沉淀和标准化运作是核心	162
六、	新能源—人类未来能量的支柱	164
6.1	全球及中国新能源产业发展分析	165
6.1.1	全球能源消费进入后石油时代，各国新能源替代步伐加快	165
6.1.2	我国新能源产业平稳快速发展，能耗占比有待进一步提高	166
6.2	全球及中国新能源产业政策分析	167
6.2.1	发达国家聚焦新能源发展重心，“激励+保障”体系建设并进	167
6.2.2	我国出台系列新能源推动政策，大力扶持产业规模化发展	167
6.3	风能：生态经济的可再生能源	168
6.3.1	全球风电规模逐年递增，我国风电容量位居世界第一	169
6.3.2	政策规范风能行业发展，持续推进能源结构优化调整	171
6.3.3	水平轴风电机组优势突出，成为广泛应用的主流技术	172
6.4	太阳能：取之不尽、用之不竭	173
6.4.1	全球太阳能光伏发电进入成熟期，我国累计装机量独占鳌头	174
6.4.2	政策红利驱动太阳能多元化应用，实现产业高速稳定发展	176
6.4.3	我国太阳能开发程度总体偏低，技术提升有望实现平价用电	177
6.5	核能：待挖掘的地球能源宝藏	179
6.5.1	我国核电规模居世界前列，但发电量占比低，发展潜力充足	179
6.5.2	核电技术处于世界先进水平，行业集中度高，下游寡头垄断	180
6.5.3	政策持续助推产业发展，核安全法推行在即，保障依法治核	182
6.5.4	三代核电技术进入应用阶段，与发达国家技术差距不断缩小	183

6.6	中国新能源发展动态及趋势分析	185
6.6.1	“能源+互联网”概念持续渗透，智慧能源产业链逐步形成	185
6.6.2	国内弃光限电问题受到重视，分布式光伏发电应用迎春天	185
6.6.3	国际核电市场空间依然广阔，中国核电技术装备加快出海	185
6.7	中国新能源投融资发展趋势分析	186
6.7.1	全球风电强国聚焦海上风电，国内政策驱动行业加速发展	186
6.7.2	投资规模：受化石能源价格影响，波动较大	186
6.7.3	投资地域：北京、上海、广东地区占比高	187
6.7.4	投资阶段：扩张期、成熟期为主，早期单笔金额较高	187
七、	新材料：撑起各尖端行业的基础	189
7.1	全球及中国新材料产业发展分析	190
7.1.1	全球新材料产业发展不均衡，发达国家处于全面领先地位	190
7.1.2	中国新材料产业稳定快速增长，产业集群化发展趋势明显	191
7.2	全球及中国新材料产业政策分析	192
7.2.1	各国“再工业化”战略启动，推动新材料成为科技竞争焦点	192
7.2.2	国家战略层面布局，指导新材料产业规模化、市场化发展	193
7.3	全球及中国石墨烯产业分析	195
7.3.1	石墨烯应用逐步展开，市场处于爆发前夜	196
7.3.2	我国政策扶持持续加码，推动石墨烯技术产业化发展	199
7.3.3	石墨烯技术发展迅速，制备技术不断完善	199
7.4	全球及中国碳纤维产业分析	201
7.4.1	碳纤维应用市场快速扩张，需求量与日俱增	202

7.4.2	政策扶持碳纤维研发，未来将逐步完成进口替代	204
7.4.3	聚丙烯腈纤维技术受全球认可，成为当下碳纤维炼制主流	205
7.5	中国新材料产业发展趋势分析	206
7.5.1	石墨烯逐步迈向应用领域，打开蓝海市场	206
7.5.2	碳纤维亟待技术攻关，进口替代大势所趋	206
7.6	中国新材料产业投融资发展趋势分析	206
7.6.1	投资规模：相关领域需求增加，投资金额大幅增长	206
7.6.2	投资地域：广东、北京、上海占据三甲	207
7.6.3	投资阶段：机构相对谨慎，聚焦成熟期、扩张期	208
八、	航空航天：拓展人类新边疆	209
8.1	全球及中国航空航天产业发展分析	210
8.1.1	航空航天民用商业化持续走热，全球科技巨头纷纷布局	210
8.1.2	我国航空工业产业链趋于完善，行业门槛、集中度极高	213
8.1.3	人造卫星应用市场发展迅猛，推动整体规模爆发式增长	214
8.2	全球航空航天产业政策分析	216
8.2.1	各航空航天强国普遍重视军民融合，以军工技术于民用	216
8.2.2	我国军费开支高居全球第二位，但占 GDP 比重仍然较低	217
8.2.3	我国政策推进民航自主研发进程，大力实施航天强基工程	218
8.3	航空发动机：飞机的“心脏”	219
8.3.1	美英三大生产商寡头垄断，航空发动机需求持续增长	221
8.3.2	我国航空发动机规模接近 500 亿，国内产能初具规模	222
8.4	军用飞机：引领航空前沿技术的国防战略核心	223

8.4.1	全球各国军用航空呈三大阵营，优势对比明显	225
8.4.2	我国军用飞机发展迅速，但距离美国仍有差距	225
8.4.3	国内军用航空市场极度集中，制造技术趋于成熟	227
8.5	民用飞机：航空航天民用化、商业化的重要阵地.....	227
8.5.1	全球民航资源高度集中，欧美处于国际垄断地位	228
8.5.2	我国民航运力增长迅速，支线客机制造实现突破	229
8.6	人造卫星：未来大国争夺太空制空权的焦点.....	231
8.6.1	人造卫星导航应用市场庞大，产值突破 2000 亿元	231
8.6.2	北斗导航处于市场化初期，应用潜力将持续释放	232
8.7	中国航空航天工业发展趋势	235
8.7.1	受新能源技术突破影响，行业或面临颠覆式改变，重新洗牌	235
8.7.2	火箭及卫星成本逐步降低，“互联网+航空航天”应用前景广阔	235
8.7.3	北斗导航打破 GPS 垄断格局，全球化运营服务体系逐步形成	235
8.8	中国航空航天工业投融资趋势.....	235
8.8.1	投资规模：持续稳定增长，行业巨头进一步拉高投资热度	235
8.8.2	投资地域：广东独占鳌头，北京稳居二位，上陕浙位列其后	236
8.8.3	投资阶段：受高门槛、长周期影响，扩张期、成熟期获青睐	237

表目录

表 1	硬科技领域的八大典型分类	2
表 2	中国科技创新基金成立情况表	13
表 3	国外人工智能领域典型企业布局情况	20
表 4	国外人工智能领域相关政策	23
表 5	我国人工智能领域相关政策	23
表 6	人工智能在多个领域的主要产品应用及关键能力分析	30
表 7	AI 在安防领域的应用场景	33
表 8	AI 在家居领域的应用场景	35
表 9	物联网的发展历程	42
表 10	近年我国物联网相关政策情况	47
表 11	5G 关键指标	52
表 12	窄带物联网 NB-IOT 发展历程	59
表 13	我国大数据行业政策情况表	65
表 14	我国监管机构对 ICO 监管历程	77
表 15	DSRC 与 LTE-V2X 技术对比	80
表 16	量子计算机技术发展历程及前瞻	83
表 17	光器件分类、功能及组成	91
表 18	光模块分类	93
表 19	光电子器件芯片的一般制作工艺技术	93
表 20	半导体激光芯片、光探测芯片的制作工艺	94
表 21	光子芯片与传统电子芯片对比分析	94
表 22	国外企业布局情况	100
表 23	国内企业布局情况（光模块&光芯片）	102
表 24	国内集成电路产业相关政策	103
表 25	国内光通信领域相关政策情况	104
表 26	国内部分集成电路产业基金列表	108
表 27	国外生物技术领域相关政策	112
表 28	国内生物技术领域相关政策情况	113
表 29	四代测序技术重点参数比较	114
表 30	中国基因测序政策梳理	116
表 31	基因测序主要应用领域	118
表 32	基因诊断的基础技术	118
表 33	国内部分生物芯片上市公司基本情况	120

表 34	基因芯片诊断试剂盒领域的代表企业	121
表 35	国外发达国家正在或酝酿实施的脑科学计划	127
表 36	全球智能制造的发展历程	135
表 37	我国智能制造相关政策推进进程	138
表 38	中美德三国智能制造战略的区别	139
表 39	工业软件各领域企业格局	147
表 40	我国关于 3D 打印政策梳理	151
表 41	2016 年全球各国一次能源消费结构情况	165
表 42	世界主要能源消耗大国新能源相关政策情况	167
表 43	中国新能源领域政策相关情况	168
表 44	风力发电产业链主要环节典型企业情况	171
表 45	近年来我国风力发电部分相关政策	172
表 46	风电主流技术及优势	172
表 47	太阳能分类	173
表 48	产业链各环节代表企业情况	176
表 49	近年来我国太阳能发电部分相关政策	177
表 50	太阳能发电核心技术情况	177
表 51	世界主要铀资源国资源量（截至 2013 年 1 月 1 日）	180
表 52	近年来我国核电行业部分相关政策	182
表 53	新材料分类（按材料属性及功能特性）	189
表 54	新材料分类（按应用领域）	190
表 55	全球新材料产业重点企业概况	191
表 56	多国新材料产业支持政策概览	193
表 57	近年我国新材料领域重点政策及事件概览	194
表 58	全球石墨烯应用领域代表企业	197
表 59	石墨烯产业链各环节代表企业	198
表 60	石墨烯应用领域分类	198
表 61	近年我国石墨烯产业相关政策情况	199
表 62	石墨烯核心技术解析	200
表 63	近年我国碳纤维相关政策情况	204
表 64	我国产业链各环节代表企业	205
表 65	各巨头对航空航天布局情况	212
表 66	我航空产业链各环节代表企业概况	214
表 67	我国人造卫星发展历程	214
表 68	我国主要人造卫星系列简介	215

表 69	全球航空航天强国军民融合政策情况概览	216
表 70	中国军民融合部分政策情况	217
表 71	我国航空航天产业部分政策情况	218
表 72	航空发动机三次变革	220
表 73	航空发动机分类	220
表 74	全球三大航空发动机生产商及其合资公司	221
表 75	我国航空发动机代表企业情况	222
表 76	军用飞机主要类型	223
表 77	各代战机特点与典型型号	224
表 78	全球军用航空企业 TOP10	225
表 79	我国军用航空相关企业情况	227
表 80	波音公司主要机型介绍	228
表 81	我国北斗卫星导航系统建设进程	232
表 82	我国北斗系统各产业链环节代表企业情况	234

图目录

图 1	2009-2015 年我国总人口及适龄劳动力人口增长情况	5
图 2	2015 年世界各国研发经费投入（单位：亿美元）	7
图 3	2015 年世界各国科研人才数量（单位：万人）	7
图 4	2015 年世界各国论文数量占比及论文被引用量占比情况	8
图 5	2015 年世界各国专利申请与许可数量情况	8
图 6	人工智能产业链整体框架	16
图 7	2015-2020 年全球人工智能市场规模及增长率	19
图 8	2005-2016 年全球人工智能领域创业投资额及增长率	20
图 9	2015-2020 年国内人工智能市场规模及增长率	21
图 10	2016 年中国人工智能市场结构情况（按市场份额，亿元人民币）	21
图 11	国内人工智能领域典型企业布局情况	22
图 12	AI 在金融领域的应用场景（以银行业为例）	31
图 13	AI 在医疗领域的应用场景	32
图 14	2011-2017Q1 国内人工智能领域投资额及投资案例数	37
图 15	2011-2017Q1 国内人工智能领域投资轮次分布（按投资案例数，起）	37
图 16	2011-2017Q1 国内人工智能领域投资轮次分布（按投资额，亿元人民币）	38
图 17	2011-2017Q1 国内人工智能领域投资阶段分布（按投资案例数，起）	38
图 18	2011-2017Q1 国内人工智能领域投资阶段分布（按投资金额，亿元人民币）	39
图 19	2011-2017Q1 国内人工智能领域投资地域分布（按投资案例数，起）	40
图 20	2011-2017Q1 国内人工智能领域投资地域分布（按投资金额，亿元人民币）	40
图 21	物联网的概念	41
图 22	2015-2030 年全球物联网设备基数	43
图 23	2011-2020 年我国物联网市场规模及增长情况	44
图 24	物联网产业链图	49
图 25	传感器运行示意图	50
图 26	2020-2030 年中国 5G 产业的直接与间接产出情况	53
图 27	中国移动 5G 推进计划时间轴	53
图 28	2015-2019 年中国云计算市场规模及增速	55
图 29	2012-2020 年我国智能家居市场规模及增长率	57
图 30	NB-IOT 与其他网络接入技术各指标对比	59
图 31	大数据的特征	62
图 32	2011-2018 年全球大数据市场规模及增长率	63
图 33	2014-2020 年我国大数据市场规模及增长情况	63

图 34	大数据产业链示意图.....	66
图 35	2009-2016 年全球区块链企业数量及增长率.....	72
图 36	2017Q1 我国区块链企业按城市分布情况（单位：个）.....	73
图 37	2012-2016 年我国区块链相关专利新增数量及增长率.....	74
图 38	区块链与分布式商业.....	76
图 39	V2X 技术示意图.....	79
图 40	IBM 研发在超导环境下运行的量子计算机.....	81
图 41	2011-2017Q1 我国信息技术企业被投案例数及投资金额.....	84
图 42	2011-2017Q1 我国信息技术细分领域投资分布（按案例数，起）.....	85
图 43	2011-2017Q1 我国信息技术各细分领域投资分布（按投资金额，亿元人民币）.....	85
图 44	2011-2017Q1 我国信息技术企业投资轮次情况.....	86
图 45	2011-2017Q1 我国信息技术各细分领域不同投资阶段情况（单位：亿元人民币）.....	86
图 46	芯片制作流程.....	89
图 47	光通信中电信号和光信号之间的相互转换过程.....	90
图 48	光芯片分类及集成.....	91
图 49	光通信系统组成.....	92
图 50	光模块结构图.....	92
图 51	光通信产业链.....	95
图 52	2015-2020 年全球超大规模数据中心建设情况.....	96
图 53	2008-2017 年我国集成电路产业销售规模及增长率.....	98
图 54	2010-2016 年全球光器件市场规模及增长率.....	98
图 55	2015 年全球前十大光器件厂商市场份额.....	99
图 56	2016 年国内主要光器件厂商营业收入情况（单位：亿元人民币）.....	101
图 57	预测 2018 年国内光通信芯片市场结构情况.....	101
图 58	部分省市设立的集成电路投资基金规模情况（单位：亿元人民币）.....	107
图 59	关键生物技术分类.....	110
图 60	2010-2020 年全球生物技术行业市场规模及增长率.....	110
图 61	2010-2016 年国内生物技术产业规模及增长率.....	111
图 62	2007-2020 年全球基因测序市场规模及增长率.....	115
图 63	2007-2022 年中国基因测序市场规模及增长率.....	115
图 64	基因测序全产业链.....	116
图 65	2010-2020 年全球基因芯片市场规模及增长率.....	119
图 66	基因芯片产业链.....	120
图 67	基因芯片在医疗领域的应用.....	121
图 68	未来的医用机器人.....	126

图 69	脑机接口原理示意图.....	129
图 70	2010-2017Q1 国内生物技术领域投资额和投资案例数	131
图 71	2011-2017Q1 国内生物技术领域投资轮次分布（按投资案例数，起）	131
图 72	2011-2017Q1 国内人工智能领域投资轮次分布（按投资金额，亿元人民币）	132
图 73	2011-2017Q1 国内生物技术领域投资阶段分布（按投资案例数，起）	132
图 74	2011-2017Q1 国内生物技术领域投资阶段分布（按投资金额，亿元人民币）	133
图 75	2011-2017Q1 国内生物技术行业投资地域分布（按投资案例数，起）	133
图 76	2011-2017Q1 国内生物技术行业投资地域分布（按投资金额，亿元人民币）	134
图 77	2016-2020 年全球智能制造产业规模及增长率.....	140
图 78	2015-2020 年我国智能装备制造产业销售收入及增长率.....	141
图 79	智能制造发展阶段及产业链.....	142
图 80	2016-2020 年我国智能制造系统集成市场规模及增长率.....	143
图 81	2012-2020 年我国工业机器人销售额及增长率.....	144
图 82	2015 年全球各国工业机器人密度对比（单位：台/万人）	145
图 83	2012-2021 年我国数控机床产量及增长率.....	146
图 84	2009-2016 年我国传感器市场规模及增长率.....	149
图 85	2014-2020 年我国 3D 打印市场规模及增长率	150
图 86	2015 年全球 3D 打印应用市场规模占比情况.....	152
图 87	2015 年世界各国制造业研发投入占 GDP 比例.....	154
图 88	微纳 3D 打印示意图	155
图 89	云制造示意图.....	157
图 90	数字孪生示意图.....	159
图 91	2011-2017Q1 我国智能制造企业被投资案例数及投资金额	161
图 92	2011-2017Q1 我国智能制造行业投资轮次分布	162
图 93	2011-2017Q1 我国智能制造不同投资阶段投资金额（单位：百万人民币）	163
图 94	2011-2017 年我国新能源总装机容量情况.....	166
图 95	2010-2018 年世界累计风电装机容量及增长率.....	169
图 96	2010-2018 年我国风电累计装机容量及增速.....	170
图 97	风力发电产业链分析.....	170
图 98	2010-2016 年全球太阳能光伏新增装机容量和总容量	174
图 99	2016 年全球累计装机容量 TOP5 国家	174
图 100	太阳能光伏发电产业链分析	175
图 101	2016 年全球主要核国家机组数量统计	180
图 102	核能产业链分析.....	181
图 103	2011-2017Q1 我国新能源行业投资案例数及金额情况	186

图 104	2011-2017Q1 我国新能源行业投资地域情况	187
图 105	2011-2017Q1 我国新能源行业投资阶段情况	188
图 106	纳米结构示例图	191
图 107	2010-2017 年我国新材料产业规模及增长率情况	192
图 108	2015 年国内新材料产业市场结构情况（按金额占比）	192
图 109	石墨烯产业链分析	196
图 110	2014-2020 年全球石墨烯市场规模及增长率	197
图 111	2015-2020 年我国石墨烯产业规模及增长率	198
图 112	全球石墨烯专利分布情况	200
图 113	2010-2015 年我国新增专利数量及增长率	201
图 114	碳纤维产业链分析	201
图 115	2008-2018 年全球碳纤维需求规模及增长率	202
图 116	2016 年全球碳纤维理论产能前 5 企业及占比情况	203
图 117	2008-2018 年我国碳纤维需求规模及增长率	203
图 118	2016 年我国碳纤维理论产能前 5 企业及占比情况	204
图 119	2011-2017Q1 我国新材料行业投资案例数及金额情况	207
图 120	2011-2017Q1 我国新材料行业投资地域分布情况	207
图 121	2011-2017Q1 我国新材料行业投资阶段情况	208
图 122	中国航空工业分类情况	209
图 123	飞机总体构成	210
图 124	航空工业产业链情况	213
图 125	2016 年全球军费开支 TOP10 情况	218
图 126	2011-2017 年我国航空发动机规模情况	222
图 127	2015 年各国军用飞机数量及占比情况	225
图 128	2015 年全球各类军机分布情况	226
图 129	2011-2017 年我国民航飞机数量情况	229
图 130	2011-2015 年我国民用航空运转情况	230
图 131	2011-2017 年我国卫星导航应用产业总产值情况	232
图 132	我国北斗卫星导航系统应用领域	233
图 133	2012-2020 年中国北斗导航产业规模（单位：亿元人民币）	234
图 134	2011-2017Q1 我国航空航天领域投资案例数及金额情况	236
图 135	2011-2017Q1 我国航空航天领域投资地域情况	236
图 136	2011-2017Q1 我国航空航天领域投资阶段情况	237

第一部分 硬科技提出背景及政策篇

一、 硬科技的概念及提出背景

纵观古今，人类之未来，在于科技。从远古“旧石器时代”开始，猿人掌握技术学会了使用工具和火焰而进化为智人至第一次工业革命的开端，人类研发出机器而代替手工劳作，到如今的互联网+时代，涌现出无数新科技的火苗。我们可以说，人类自诞生之日起，每一个影响到世界的颠覆性变革，其背后的核心驱动力都是科技。近年来，随着科技进步的日新月异，以技术创新为支撑和引领的经济社会发展变革越来越密集，对科技创新形态的描述也有了多样化的需求，从不同角度和维度描述科技创新的科技名词“硬科技”、“深科技”、“黑科技”不断衍生出来。

1.1 硬科技的定义、主要特点与典型分类

硬科技是由中国创造的原创词汇。2008 年，全球金融危机爆发，中科创星（由西安光机所创办）创始合伙人米磊博士意识到世界经济形势已经开始转变，中国正在经历由原来的“人口红利”转向“技术创新红利”时代。而西安光机所一直从事科技成果产业化工作，目的就是要解决产业发展缺乏核心技术的难题，促进科技和经济实现深度融合。在这样一个时代背景下，2010 年，米博士提出“硬科技”的理念，认为未来 30 年，科技创业将是中国经济发展的主旋律，科研院所将成为中国创新创业的重要力量。

硬科技是指在人工智能、航空航天、生物技术、光电芯片、信息技术、新材料、新能源、智能制造等领域中，以自主研发为主，需要长期研发投入、持续积累形成的高精尖原创技术，具有较高技术门槛和技术壁垒，被复制和模仿的难度较大，有明确的应用产品和产业基础，对产业的发展具有较强的引领和支撑作用，是推动世界进步的动力和源泉。硬科技区别于由互联网模式创新构成的虚拟世界，属于由科技创新构成的物理世界。

2016 年 6 月 3 日，李克强总理在调研视察国家十二五科技创新成果展中科创星展位时，中科创星创始合伙人米磊博士向总理解释了“硬科技”理念，总理表示：“硬科技就是比高科技还要高的技术，你的这个说法很有趣，我记住了”。

“硬科技”的英文翻译“Hard & Core Technology”从词源上更加强调科技的核心发展程度，而非单纯的难易程度，更表示了这一阶段科技发展的实质。

互联网产业革命带来的网上购物、网上约车、网上诊疗等物联网系统成为人们的智能管家，人们享受的这些智能带来的便利都源于光纤通信、GPS 导航系统、大数据计算和人工智能等科技的进步。相比于应用层的技术不同，深层的前沿技术（硬科技）则能从更深的范围去推动社会各领域的创新与进步。而这些深层的前沿技术领域涵盖广泛的技术范围，构成

了硬科技领域的产业范围。当前，发展较为成熟的硬科技技术大概包括八大领域：

表 1 硬科技领域的八大典型分类

典型类别	定义	所涉部分典型技术
人工智能	人工智能是计算机科学的一个重要分支，是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学；从研究目标和方向上看，人工智能的目标是生产出能够模拟人类意识、思维过程，并且能够以人类智能的相似方式做出反应的智能机器，其核心研究方向包括含机器人、语言识别、图像识别和自然语言处理等。	自然语言生成、自然语言处理、语音识别、计算机视觉、知识图谱、深度学习、机器学习、文本分析等技术以及诸如卷积神经网络、蚁群算法、聚类、决策树、支持向量机等算法模型
生物技术	生物技术属于生物学分支之一，是通过分子遗传学为主的研究生命现象及其活动规律、生命的本质、生命的发育规律，以及各种生物之间和生物与环境之间相互关系的科学。广义的生命科学还包括生物技术、生物与环境、生物学与其他学科交叉的领域，如基因技术、脑科学等都属于生命科学范畴。	脑诊断、脑模拟、人脑工程、人工神经网络、DNA 技术、生物制药、NGS 技术、胚胎筛选技术等
航空航天	“航空”是指飞行器在地球大气层中的航行活动，可细分为多个独立的行业和领域，例如航空制造业、民用航空业等；简单而言，航空工业包括军用航空与民用航空两类。	飞机发动机、飞机、飞行器等
	“航天”又称空间飞行、宇宙航行，泛指航天器在地球大气层外的航行活动，大体分为载人航天和不载人航天两大类；航天工业则以卫星、火箭等工业领域为代表。	卫星、导航、空间站、航天器、火箭、空间探测器、雷达、地理信息系统等
信息技术	信息技术是指在信息科学的基本原理和方法的指导下扩展人类信息功能的技术。从表现形态上看，信息技术分为硬技术（物化技术）与软技术（非物化技术），前者指各种信息设备及其功能，如显微镜、电话机、通信卫星、多媒体电脑。后者指有关信息获取与处理的各种知识、方法与技能，如语言文字技术、数据统计分析技术、规划决策技术、计算机软件技术等。信息技术主要包括大数据技术、人工智能技术、区块链技术、物联网技术等。	大数据存储技术、大数据分析技术、大数据搜集技术、数据清洗、数据分析、通讯技术、传感技术、识别技术、算法、深度学习、机器学习、分布式、去中心化、分布式数据存储、点对点传播、共识机制、超级账本等
光电芯片	光电芯片是半导体芯片的一种，是广泛应用于光通信领域的一类芯片的统称，指通过集成混合硅发光器和其它硅光子学部件，实现整合磷化铟等发光材料的发光属性与硅的光路由能力的单一混合芯片，用于光通信系统中电信号和光信号之间的相互转换。	光通信、光电技术、集成电路、芯片技术等
新材料	新材料是指那些新出现或已在发展中的、具有传统材料所不具备的优异性能和特殊功能的材料。如新型金属材料、新型建筑材料、新型化工材料、电子信息材料、生物医用材料、新型能源材料、纳米及粉体材料、新型复合材料、新型稀土材料、高性能陶瓷材料、新型碳材料、石墨烯等都可归于新材料范畴。	石墨烯、碳纤维、纳米结构材料等
新能源	新能源又称非常规能源，一般指在新技术基础上，可系统	风能、太阳能、核能、生物质能等

	地开发利用的可再生能源，包含了传统能源之外的各种能源形式，如新能源包含太阳能、风能、核能、生物质能、海洋能、氢能、可燃冰、页岩气等。	
智能制造	智能制造是将制造技术与数字技术、智能技术、网络技术的集成应用于设计、生产、管理和服务的全生命周期，在制造过程中进行感知、分析、推理、决策与控制，实现产品需求的动态响应，新产品的迅速开发以及对生产和供应链网络实时优化的制造活动的总称，可分为智能设计、智能生产、智能管理、智能制造服务四个关键环节。	3D 打印、工业互联网、传感器、智能设计、RFID、数控设备、数控机床、离散制造等

来源：清科研究中心根据公开资料整理

1.2硬科技与深科技、黑科技的区别与联系

深科技（Deep Technology）这一概念在中西方文化中并没有统一的定义，最早出现于1995年由大卫·罗森博格（David Rothenberg）撰文并刊登在10月号《连线》杂志的一篇名为《深科技》（Deep Technology）的文章。一直到2016年以后，美国波士顿咨询公司对于“深科技”做了较为详细的解读，认为深科技创新是指建立在独特的、受保护的或难以复制的科学或技术进步基础上的破坏性解决方案，实际应用还有较长时间，并且应用效果也有较大的不确定性。



黑科技，源于日本作家贺东招二于1998年开始创作的小说《全金属狂潮》中登场的术语，原意指非人类研发，凌驾于人类现有的科技之上的知识，引申为以人类现有的世界观无法理解的猎奇物，也指当前无法实现或根本不可能产生的技术或者产品，其标准是不符合现实世界常理以及现有科技水平。《全金属狂潮》是一部描述时间为90年代冷战为背景的世界，铁幕将世界分为东方和西方，美国和苏联在世界范围内进行进攻和防御，局部战争时有发生。军事对峙促进了军事科技的飞速发展，被称为“ARM SLAVE”的人形机动兵器出现，东方和西方几乎同期掌握了这种技术，AS迅速成为各国的军队主力。在开发AS的过程中诞生了“黑科技”这样一个专有名词。

从三者的起源和现有概念上来看，硬科技、深科技和黑科技都是基于特定的时间和角度对科技的描述，在涵义上有类似之处，比如都要经过长期的研发投入和技术积累，技术的难易程度上有部分重叠，随着时间的推移，特定技术的归类会从黑科技变成深科技和硬科技。主要的联系与区别在于以下几点：

（一）产业应用方面：硬科技具有较广泛的产业应用基础，对产品性能的提升改善明确，且市场前景广阔，推动和促进相关产业发展的作用潜力巨大。深科技的产业应用很少，独有和独特性强。黑科技在相当长时间内不具备产业应用的能力。

（二）时间维度方面：三者均需要较长时间的技术积累，技术难度领先现有一般技术标准，技术具有先进性、独有性，难以被山寨和模仿。硬科技是高科技中的前沿技术，直接引领着高科技产业尤其是战略性新兴产业发展的方向和形态；深科技的实现需要一定的时间，是技术研究探索的方向；黑科技一般仅能提供实验数据及测试设备等，通常需要 20-30 年的技术积累。

（三）文化背景方面：硬科技的英文翻译“Hard & Core Technology”从词源上更加强调科技的核心发展程度，而非简单的难易程度。体现了很深的中国思维，“硬”在中文语义中不单指坚固，更是能力强，质量强、刚强有力的内涵。深科技是英语“Deep Technology”的直译，“Deep technology”的起源有很强的西方思维，西方人普遍认为“Deep”的程度高于“High”。黑科技与深科技类似。

（四）实践应用方面：以大众较为熟悉的航空航天领域来看，实现飞行已经属于科技范畴；而四旋翼无人机则属于高科技范畴；大飞机制造、火箭发射与卫星发射技术则属于硬科技范畴；火箭回收发射技术则属于深科技和黑科技范畴；登陆火星则属于科幻范畴。

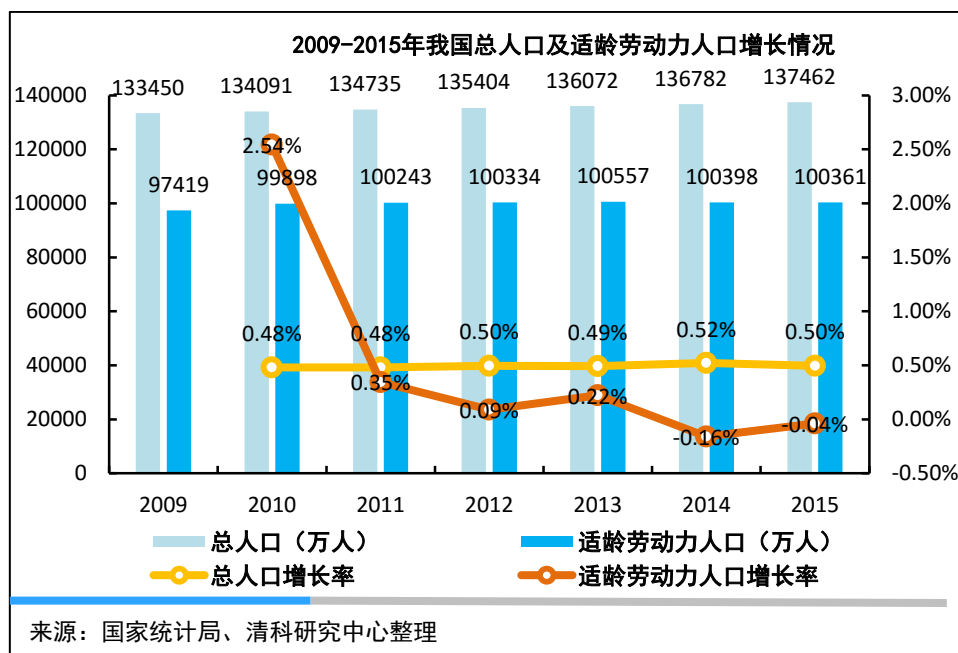
二、中国硬科技产业政策分析

创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑。纵观世界经济发展脉络，科技中心一直是支撑经济中心地位转移的强大力量，未来科技创新的重大突破和加快应用极有可能重塑全球经济结构，使产业和经济竞争的赛场发生转换。习总书记指出：“面对科技创新发展新趋势，世界主要国家都在寻找科技创新的突破口，抢占未来经济科技发展的先机。我们不能在这场科技创新的大赛场上落伍，必须迎头赶上、奋起直追、力争超越。”

2.1 科技发展成为推动中国经济增长的内生动力

自 2010 年起，我国适龄劳动力人口已经达到峰值，近年来甚至出现负增长，由于适龄劳动力人口增速已低于总人口增速，人口因素对中国经济增长贡献越来越小，甚至现在为负值。这也意味着，过去通过大量劳动密集型产业，依靠低廉劳动力成本推动经济增长的旧模式无以为继，时代提出了将劳动力密集型产业升级为技术密集型产业的要求：提高企业经济效益，促进生产力的发展，我国就势必要在科技创新上提高对经济增长的贡献率。

图 1 2009-2015 年我国总人口及适龄劳动力人口增长情况



从世界科技发展史来看，科学技术在推动经济增长中所占的比重不断上升，对经济增长的贡献率越来越大。世界各主要资本主义国家进入 20 世纪 50 年代时，科技进步对经济增长的贡献率都已超过了生产要素投入量对经济增长贡献率的总和。20 世纪 70 年代初期，西方主要发达国家的科技进步对经济增长的贡献率为 50%，现在已达到 80%。

新经济增长理论揭示了科技与经济的内在联系，从经济学的角度揭示了知识的积累是经济增长的动力，是经济长期增长的保证。科技进步被视为经济增长的内生变量，不是可有可

无、随机出现的外在因素，科技进步是影响经济增长的关键。科技进步推动经济发展，在知识经济形态中着重表现为促进经济增长模式的转变。随着经济规模的扩张和经济增长的累积，以粗放经营为主的增长方式带来的高投入、高消耗、低产出、低效益的矛盾愈显突出。这就客观上要求增长方式由原来的外延式增长，转向主要通过具有高效率资源配置、提高经济效益而实现内涵式的增长，而这种转变主要取决于科技的创新和应用，技术创新可以通过提高在经济增长率中的贡献份额来实现经济增长的集约化。因此，科技进步不仅是经济增长的引擎，还是经济增长方式的助推器。

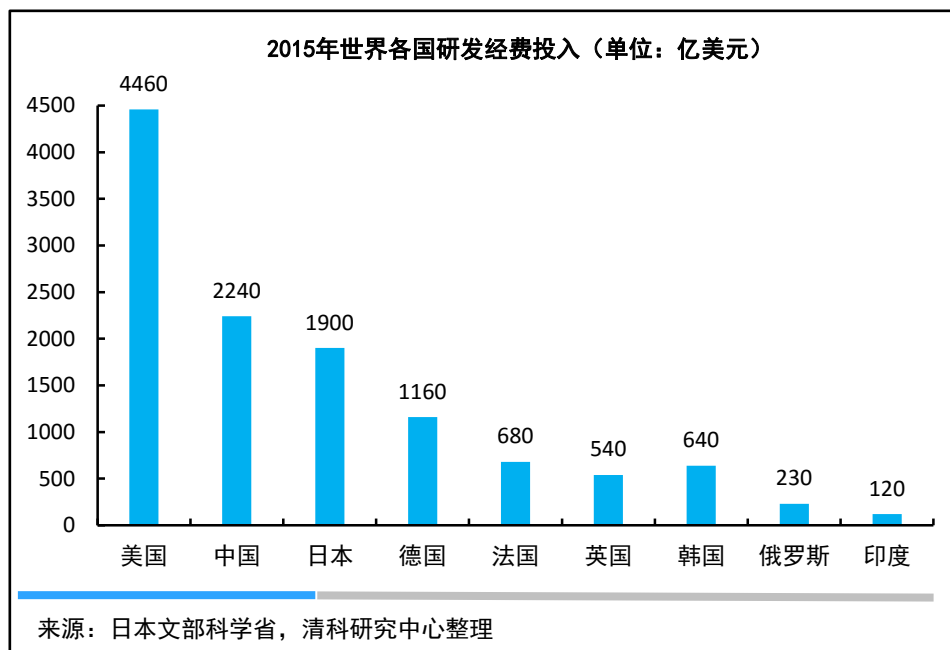
2.2 科技创新是中国实现科技强国战略的重要抓手

世界范围内的新一轮科技和产业革命正在兴起，已经催生互联网+、分享经济、智能制造等新产业新业态，同时也正在创造巨大新需求。“硬科技”是对人工智能、航空航天、生物技术、光电芯片、信息技术、新材料、新能源、智能制造等领域中的高精尖原创技术的统称，一般具有自主研发、长期积累、高技术门槛、难以复制和模仿、有明确的应用产品和产业基础等特点。硬科技代表着一个国家的科技“硬实力”，对产业发展具有较强的引领和支撑作用，是推动实施国家创新驱动发展战略，决胜全面建设小康社会，最终实现全面建设社会主义现代化强国的动力和源泉。

随着科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略的大力实施，我国创新型国家建设成果丰硕，天宫、蛟龙、天眼（FAST）、悟空、墨子、大飞机等重大科技成果相继问世，国家整体硬科技实力大幅提高。习总书记在**十九大报告**中提出“要瞄准世界科技前沿，强化**应用基础研究**，拓展实施国家重大科技项目，突出关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新，为建设科技强国、质量强国、航天强国、网络强国、交通强国、数字中国、智慧社会提供有力支撑”。这是对加快建设创新型国家的任务要求，也为硬科技产业发展指明了方向。早在2016年7月，国务院就印发了《**“十三五”国家科技创新规划**》，提出以科技创新为引领开拓发展新境界，加速迈进创新型国家行列，加快建设成为世界科技强国的要求。该规划重点强调原始创新能力，高度关注颠覆性技术和基础研究，重前沿性和引领性，同时关注颠覆性技术对产业变革的影响；科技成果转化能力，更加国民经济主战场，重在新常态下发展新经济，用现代科技改造传统产业；创新链条协调发展，从上游的基础研究原始创新到中游的技术创新，再到下游的技术推广和产业化，进行全链条设计以及我国的创新战略要全方位融入和布局全球创新网络，深入参与全球创新治理。

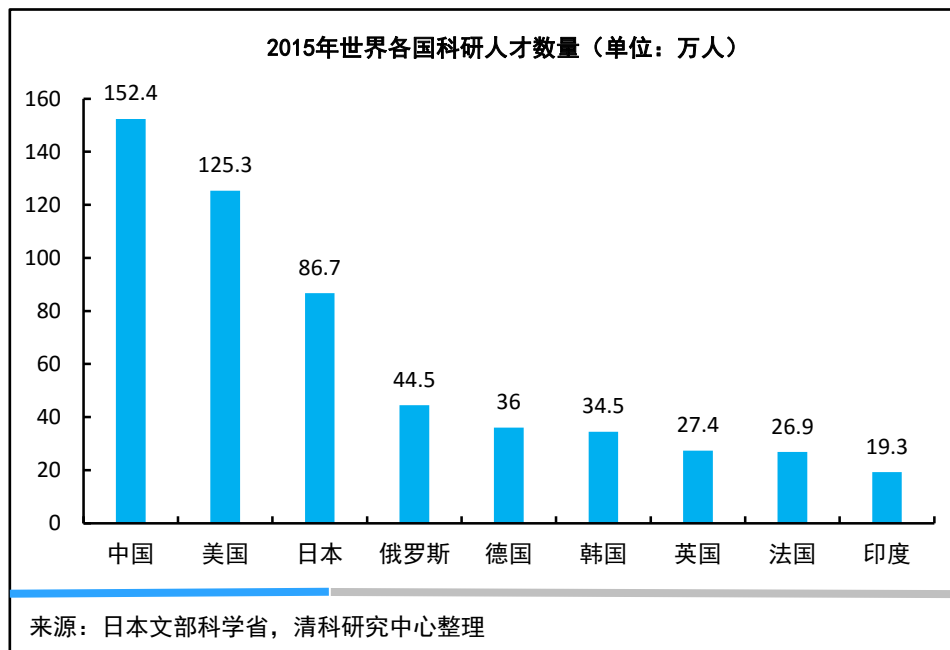
资金和人才是一个国家科技发展的双发动机，我国在这两方面投入的绝对值均处于世界前列，以资金和人才的密集投入为基础，我国未来科技创新也呈现出良性发展的趋势。2015年，我国科研经费投入已达1.4万亿人民币，据联合国教科文组织估计，当年中国的科研经费占全球科研经费的20%。

图 2 2015 年世界各国研发经费投入（单位：亿美元）



在科研人员方面，不考虑欧盟，我国科研人才绝对数量已成为全球第一，达到 152.4 万人，也占到了全球总量的 20%，过去 5 年的复合增速达 7%，目前仍保持着 3%左右的增速，逐渐与世界其他国家拉开距离。

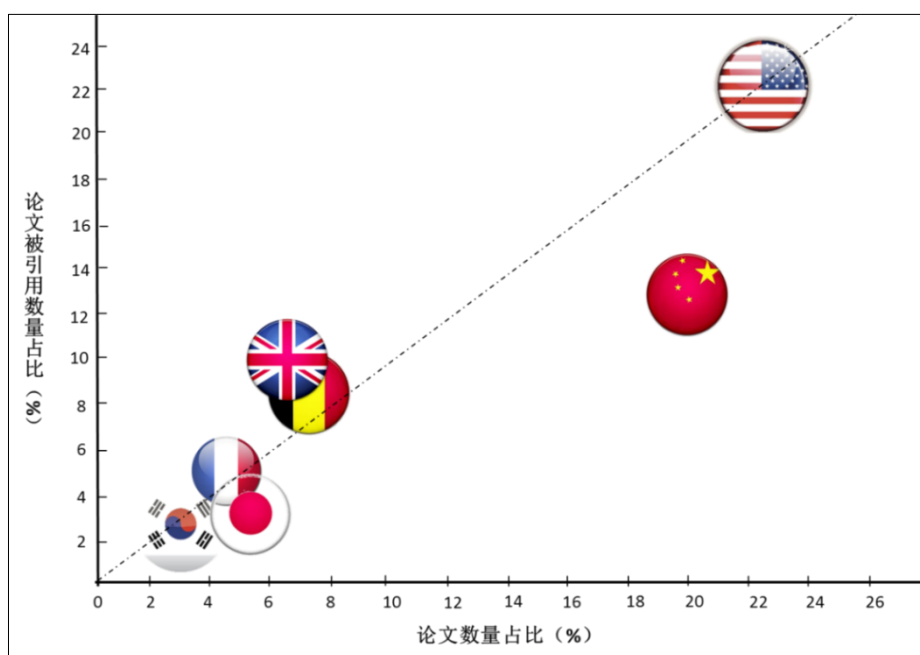
图 3 2015 年世界各国科研人才数量（单位：万人）



在科技成果方面，我国科技成果数量具备后发优势。科技成果分为基础学科与应用学

科成果。在基础科学研究¹方面，我国的论文数量及论文被引用量全球占比由 1981 年的均不到 1%，到如今论文数量占 22%，引用量占 13.5%，成为仅次于美国的第二大论文产出国，同时相较其他老牌的科技发达国家英德法日韩等，仍保持着相当稳定的增速。而美国的论文数量和论文引用量占比在 1981 年分别高达 38%与 55%，至 2015 年以降至 24%与 22%。

图 4 2015 年世界各国论文数量占比及论文被引用量占比情况



来源：日本文部科学省，清科研究中心整理

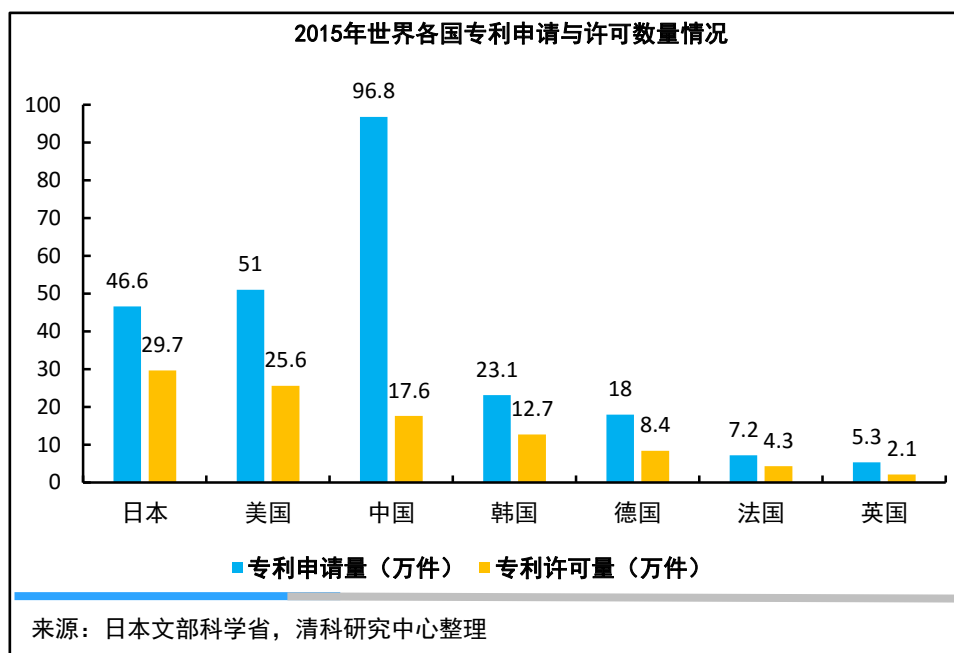
在应用科学研究²方面，2007-2016 年间，中国发明专利的数量已从 2007 年的 15.3 万件增长至 110.2 万件，年均增长率保持 22.6%的高水平。相比之下，世界其他国家和地区的专利增长率趋于平稳，年均增幅仅为 0.3%。此外，2016 年度，中国发明专利的数量仍占全球总量的 68.1%，比 2007 年的 23.3%增长了三倍。与其他发达国家相比，我国的专利申请数量遥遥领先，接近第二名美国申请量的 2 倍，并且仍保持着 20%的增速，该指标将会长期领先全世界，而且近年来，专利许可量占专利申请量的比例增速加快，能真正转化为经济利益的专利数量占比越来越多。

图 5 2015 年世界各国专利申请与许可数量情况

¹ 基础科学研究，主要以论文为表现形式。

² 应用科学研究，主要以技术应用层面的专利数量为表现形式。

³ 应用科学研究，主要以技术应用层面的专利数量为表现形式。
³ 2016 年 3 月，谷歌公司的人工智能程序“阿尔法围棋 (AlphaGo)”以高超的运算能力和缜密的逻辑判断，



无论是资金、人才还是科研成果的产出来看，中国在投入和产出的绝对量都已经在赶超美、日等发达国家，但在科研投入的人均水平及能够真正转化为经济利益的专利产出方面，仍存在一定的差距。

2.3 政策利好叠加推动科技产业化市场应用爆发

在全球金融危机、新一轮科技革命和产业变革的孕育兴起的时代背景下，中国制造 2025、美国再工业化战略、德国工业 4.0 战略的提出，表明未来一个时期内的世界大国竞争，已经开始演变为以科技创新为引领的实体经济之争。习总书记在十九大报告中提出要“加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，在中高端消费、创新引领、绿色低碳、共享经济、现代供应链、人力资本服务等领域培育新增长点、形成新动能”。科技融合、产业融合已经成为世界经济发展的大趋势。

作为全球研发投入最集中的领域，信息网络、生物科技、清洁能源、新材料与先进制造等正孕育一批具有重大产业变革前景的硬科技。硬科技领域内，人工智能方兴未艾，政策关注度和投资热度持续，市场空间广阔；新兴信息产业、生物产业、新能源产业、高端装备制造业、新材料产业均属于国家重点发展的七大战略新兴产业，大数据、物联网、区块链、基因测序、脑科学、生物合成技术、工业互联网、3D 打印等相关技术的产业化应用前景巨大；石墨烯、碳纤维等多类重点新材料的替代利用，风能、太阳能、页岩油气等新能源的规模化应用，将对社会化生产中的基础原材料和动力系统带来重要变革。先进制造正向结构功能一体化、材料器件一体化方向发展，极端制造技术向极大（如航母、极大规模集成电路等）和极小（如微纳芯片等）方向迅速推进。人机共融的智能制造模式、智能材料与 3D 打印结合形成的 4D 打印技术，将推动工业品由大批量集中式生产向定制化分布式生产转变，引领“数

码世界物质化”和“物质世界智能化”。这些硬科技将不断创造新产品、新需求、新业态，为经济社会发展提供前所未有的驱动力，推动经济格局和产业形态深刻调整。

1) 人工智能：产业发展政策体系逐步完善，AI 进入“国家战略”时代

2017 年 7 月，国务院发布《新一代人工智能发展规划》，确定了我国新一代人工智能发展的战略目标和主要任务，同时标志着人工智能进入“国家战略”时代。此前，国务院，国家发改委、工信部、科技部、财政部等陆续出台相关政策，从人工智能产品研发、应用领域推广、技术创新、平台建设、产业集群、产业生态建设、保障体系建设等方面，对人工智能的产业化发展进行支持、规范和引导。

相关重点政策：《中国制造 2025》、《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》、《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》、《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》、《“十三五”国家科技创新规划》、《“十三五”国家战略新兴产业规划》、《2016 年全国政府工作报告》、《新一代人工智能发展规划》等。

2) 信息技术：突出物联网与现代制造业的融合发展，医疗大数据受关注

物联网是世界信息产业发展的第三次浪潮，国家高度重视和突出物联网在智慧城市发展中的重要作用；李克强总理在 2015 年政府工作报告中提出要“推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合”；2017 年 1 月，工信部发布《物联网“十三五”规划》，明确了物联网产业“十三五”的发展目标和具体任务。

大数据方面，国务院明确提出支持大数据技术研发和产业化，并提出构建大数据产业链，运用大数据加强对市场主题服务和监管。2016 年 1 月，国家发改委下发《关于组织实施促进大数据发展重大工程的通知》，提出将重点支持大数据示范应用，共享开放、基础设施统筹发展，以及数据要素流通。此外，2016 年 6 月，国务院出台《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的知道意见》，大力促进健康医疗大数据安全规范、创新应用。

区块链方面，人民银行、中央银行等机构出台了一些监管政策。2013 年 12 月 5 日，人民银行发布《关于防范比特币风险的通知》，明确强调比特币不能在货币市场流通，金融机构不得开展相关业务。2017 年 9 月 4 日，中央银行等七部委发布《关于防范代币发行融资风险公告》，叫停所有 ICO（首次代币众筹）。此后，比特币中国、火币网、OKcoin 币行等相继宣布停止所有虚拟货币交易。

3) 光电芯片：聚焦光通信核心技术突破，提高核心器件设备的国产化能力

我国通信产业的整体比较优势和竞争能力较高，但核心芯片和基础软件对外的依存度依然较高。近年来，国务院，国家发改委、工信部、财政部等的政策文件中多次提到光通信及核心芯片研发，表明国家对于光通信技术、器件及应用研发的重视程度也在加深。例如，

2016年12月，国务院发布《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》，提出“提升新型片式元件、光通信器件、专用电子材料供给保障能力”和“布局太赫兹通信、可见光通信等技术研发，持续推动量子密钥技术应用”。

4) 生物技术：以技术创新发展为引领，发展生物产业为国民经济主导产业

2016年12月，生物技术和精准医疗正式纳入国家“十三五”规划，表明国家对加快推动生物产业成为国民经济支柱产业的高度重视。2016年7月，国务院印发《“十三五”国家科技创新规划》，明确提出“发展先进高效生物技术”。2016年12月，国家发改委发布《“十三五”生物产业发展规划》，提出“到2020年，生物产业规模达到8-10万亿元，生物产业增加值占GDP的比重超过4%，成为国民经济的主导产业”。2017年4月，科技部发布《“十三五”生物技术创新专项规划》，确定了生物技术发展的总体目标和指标体系，并部署了生物技术与生物产业发展的四大重点任务：突破前沿关键技术、支撑重点领域发展、推进创新平台建设、推动生物技术产业发展。

5) 智能制造：坚持“主攻方向”，扩大实施重大工程和示范试点项目建设

2015年5月，国务院印发《中国制造2025》，部署全面推进实施制造强国战略，并将智能制造确立为中国制造2025的“主攻方向”。此前，国务院，国家工信部、发改委、科技部等部门已相继发布《智能制造科技发展“十二五”专项规划》、《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》、《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》、《中国制造2025规划纲要》等政策文件，从“智能制造”概念及发展方向、“智能制造装备产业”发展、工业机器人产业发展等方面对智能制造产业发展进行规划、引导。

2016年12月，工信部发布《智能制造发展规划（2016-2020）》，将正式展开智能制造系统推进，继续开展60个智能制造试点示范项目。目前，《中国制造2025》的11个配套文件已经全部出台；工信部组织实施了国家制造业创新中心建设等五项重大工程；开展了226个智能制造综合标准化试验验证和新模式应用项目；遴选了109个智能制造试点示范项目；建设了首批19家产业技术基础公共服务平台等。

6) 新能源：规范引导光伏、风电发展，因地制宜发展生物质能、地热能

新能源细分领域关注焦点仍是光伏、风电。《风电发展“十三五”规划》、《太阳能发展“十三五”规划》相继出台，明确了“十三五”时期我国太阳能、风能发展的主要目标和重点任务；同时，《关于调整光伏发电陆上风电标杆上网电价的通知》、《光伏制造行业规范条件（2015年本）》、《太阳能光伏产业综合标准化技术体系》、《关于风力发电增值税政策的通知》等的发布，表明国家从市场培育、行业规范、技术标准化、税收优惠等方面对于光伏、风电产业发展的支持与引导。

生物质能、地热能发展的专项规划出台。生物质能发展的布局重点在农林资源丰富的农村地区，包括生物天然气产业规模化发展，生物质成型燃料锅炉供热，生活垃圾焚烧发电、秸秆及畜禽养殖废弃物沼气发电，燃料乙醇项目示范和推广等。地热能开发利用方面，对水热型地热供暖、浅层地热能利用、中高温地热发电等重大项目进行了布局。

7) 新材料：国家级领导机构和专项资金支持，布局重点新材料产业化应用

自 2010 年以来，国家高度重视新材料产业发展，先后成立了国家层面的专项基金和组织领导机构，2016 年 6 月国家级的先进制造产业投资基金成立，推动新材料产业的市场化发展；2016 年 12 月国务院成立国家新材料产业发展领导小组，专项负责统筹新材料产业的发展工作；此外，《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》、《新材料产业发展指南》、《“十三五”新材料领域科技创新专项规划》等的发布，从国家战略、产业规划、科技创新等方面对新材料产业的发展作了指导。

2017 年 1 月，工信部、国家发改委、科技部、财政部发布《新材料产业发展指南》，提出“到 2020 年，新材料产业规模化、集聚化发展态势基本形成，突破金属材料、复合材料、先进半导体材料等领域技术装备制约，在碳纤维复合材料、高品质特殊钢、先进轻合金材料等领域实现 70 种以上重点新材料产业化及应用，建成与我国新材料产业发展水平相匹配的工艺装备保障体系”。2017 年 4 月，科技部发布《“十三五”新材料领域科技创新专项规划》，明确了“十三五”时期材料领域科技创新的思路目标、任务布局和重点方向，规范和指导未来 5 年国家材料科技发展”。

8) 航空航天：重视军民融合，完善航空基础设施建设，实施航天强基工程

国家对军民融合持续重视，鼓励开放国防建设领域相关市场，引导民营科研机构及企业等非公有单位进入国防建设领域。2016 年，《关于经济建设和国防建设发展的意见》发布，指出要“统筹推进经济建设和国防建设，并加快落实军民融合”。2017 年，“中央军民融合发展委员会”成立，标志着军民融合上升为国家战略。

国家政策推动民航发展，持续完善航空基础设施建设，加快自主研发进程，大力发展民用、军用航空技术。2016 年国务院办公厅发布《关于促进通用航空业发展的指导意见》，提出“到 2020 年，建成 500 个以上通用机场，基本实现地级以上城市拥有通用机场或兼顾通用航空服务的运输机场，覆盖农产品主产区、主要林区，形成安全、有序、协调发展格局。

航天工业一直是国家的重点战略行业，近年来国家大力完善航天立法及航天法规体系，同时对商业航天的发展也有明确规划，以期加速航天技术对商业的变现速度。国务院新闻办发表《2016 中国的航天》白皮书，提出“进一步完善相关政策与措施，针对未来发展和弱项，提出实施强基工程，提升航天科技工业基础能力”。

2.4 科技创新与商业模式创新相融合是大势所趋

2004-2014 年，技术更多变成实现手段而非核心壁垒，创业者对商业、对市场、对人性的理解程度和执行力的独到之处使得他们突出重围，成为时代的弄潮儿。2015 年，“互联网+”上升为国家战略，自此，也开启了“大众创新、万众创业”的时代，大量的资金涌入带来了互联网+传统产业的各种模式创新，同时也催生了大批同质化，单纯依靠商业模式抢占市场份额的创业公司。与此同时，AI 作为新一代的底层逻辑，物联网技术的悄然兴起，正率领着互联网跑步进入智能时代。毫无疑问，简单通过模式创新再也无法鹤立鸡群，因为技术已经成为了竞争力之核心，生存之必须。另一方面，如果技术如果不能跟商业价值挂钩是危险的，只有面对直接的商业需求的压力，需求越大，技术进步才越快。另一方面，任何技术发展的终极意义是帮助业务提升价值，需要完整的商业闭环。

纵观当今世界的领先企业，都是将科技创新与商业创新有机结合，以科技研发的突破、商业运营的成功确保企业有持续盈利的能力，支持后续的创新。以新技术打开视野，以新的商业模式、理念、运营方式使技术落地，才能发挥出最大的效能，产生最大的价值。二者可以形成良性循环。科技创新会创造新的产品、带来新的需求，进而刺激企业进行商业创新，以提升竞争力、对接市场需求，为更多消费者提供产品与服务。技术创新与商业模式创新相辅相成、协同发展势必成为众多优秀的创业企业必经之路。

与此同时，技术创新的沃土早已呈现在眼前。我国科技部早在 2007、2011 年分别成立了科技型中小企业创业投资引导基金与国家科技成果转化引导基金，在国家层面上，支持在高精尖科技领域的新兴中小企业以及国家、地方重大项目。此外，2017 年以来，我国各省市、部委当中，也成立了众多科技创新基金与科技成果转化基金，规模均在百亿以上，重点关注硬科技所涉及的领域，充分展示了我国战略上对硬科技的重视，也体现了在金融上对硬科技企业大力的支持。

表 2 中国科技创新基金成立情况表

基金名称	成立时间	基金类别	目标规模(亿人民币)	基金定位
北京市科技创新基金	2017.9.15	省市级	200	政府主导的股权投资母基金，专注于光电科技、新能源、大数据、智能制造等科技创新领域的投资，重点培育“高精尖”产业
上海科创基金	2017.9.23	省市级	300	重点投向信息技术、生物医药、先进制造和环保新能源等行业，聚焦处于初创期及成长期的子基金或科创企业
中科院科技成果转化专项基金	2017.9.14	中科院	200 左右	围绕战略性新兴产业的重点领域，采用“母基金加子基金”架构，预计母基金的规模为 30-50 亿元，结合区域布局，设置 20-30 只子基金
大连市产业	2017.5.1	省市级	50	引导基金不直接参与项目投资，引导基金与基

（创业）引导基金				金管理人合作，以有限合伙方式设立子基金，主要投资于大连市重点发展的产业领域：包括人工智能、智能制造、清洁能源等
国投（上海）科技成果转化创业投资基金企业	2017.2.6	省市级	100	服务国家创新战略，聚焦科技重大成果转化，是国家科技成果转化引导基金迄今为止单笔出资规模最大的一只子基金
中国瑞典技术与创新基金	2017.1.20	省市级	100	主要投资瑞典生命科学、大健康等领域较为成熟的技术成果，帮助已具备产业化能力的项目在中国的产业转移及市场开发，推动瑞典科研成果在中国的快速产业化和市场化
国投京津冀科技成果转化创业投资基金	2016.12.13	省市级	10	由国投创业投资管理有限公司负责管理，实现京津冀科技资源的有效对接，协同突破科技创新重点领域：航空航天、生物医药、人工智能、现代农业、新型材料等
国家科技成果转化引导基金	2011	科技部、财政部	——	主要用于支持转化利用财政资金形成的科技成果，包括国家（行业、部门）科技计划（专项、项目）、地方科技计划（专项、项目）及其它由事业单位产生的新技术、新产品、新工艺、新材料、新装置及其系统等。
科技型中小企业创业投资引导基金	2007	科技部	——	引导基金的支持对象为：在中华人民共和国境内从事创业投资的创业投资企业、创业投资管理企业、具有投资功能的中小企业服务机构，及初创期科技型中小企业。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

第二部分 硬科技八大产业分析篇

一、 人工智能：未来智能生活的缔造者

人工智能是什么？对于计算机科学家来说，人工智能极有可能成为下一次工业革命的核心驱动力；对于社会学家、经济学家来说，人工智能已经或即将对人类经济机构、就业环境造成巨大挑战；对于未来学家、科幻学家、影视编导，人工智能则是描绘未来科技生活、激发公众瑰丽想象的法宝。2016年3月，AlphaGo和李世石的“惊世对决”³，更是瞬间引爆公众对于人工智能发展的快速认知和广泛关注，将普通公众带入科技最前沿；2017年5月，AlphaGo和柯洁的人机大战三番棋局，以三连败收官，更是将普通公众对人工智能的关注推向了前所未有的高潮。

事实上，人工智能并不遥远，而且无处不在。苹果 Siri、百度度秘、Google Allo、微软小冰、亚马逊 Alexa 等智能聊天类工具，正在将手机变成“懂你”的智能助理；今日头条等热门新闻应用，正在利用人工智能技术向你推送最合适的新闻内容；Google Photo、美图秀秀、Prisma 和 Philm 等图像、视频应用，则可以应用人工智能技术实现快速识别、检索、智能处理图像；谷歌、百度等搜索引擎也早已应用人工智能技术，提升到智能搜索的新层次；滴滴或 Uber 出行中，人工智能算法可以根据实时交通状况，帮助司机规划线路、优化调度，未来自动驾驶技术还将重新定义智慧出行、智慧交通、智慧城市；亚马逊、淘宝等电子购物网站，使用人工智能技术为用户推荐合适的商品，先进的仓储机器人、物流机器人和物流无人机等也正在重新定义传统物流业。

或许，距离科幻电影中拥有人类智慧和美貌的机器人，当前人工智能的发展水平仍有很大差距，但人工智能显然已经渗透于大众生活，并将从各个方面影响人类文明发展的进程。

1.1 人工智能：三次浪潮、三个层次

1.1.1 人工智能发展阶段

人工智能（Artificial Intelligence, AI）经过 60 余年发展，历经三次发展浪潮，人工智能概念及所涉及的内容非常宽泛。从研究目标和方向上看，人工智能的目标是生产出能够模拟人类意识、思维过程，并且能够以人类智能的相似方式做出反应的智能机器，其核心研究方向包括含机器人、语言识别、图像识别和自然语言处理等。依据智能化水平，可将人工智

³ 2016 年 3 月，谷歌公司的人工智能程序“阿尔法围棋（AlphaGo）”以高超的运算能力和缜密的逻辑判断，4：1 战胜了世界围棋冠军李世石。

能划分为弱人工智能、强人工智能、超人工智能三类。总体来看，当前国内外人工智能发展仍处于弱人工智能阶段。

弱人工智能，是人工智能最有限的形式，指利用先进的算法和深度组合来精确执行具体的任务学习和各种其他技术，用于一个或多个专门的领域和功能的人工智能，对超出特定领域外的作用极其有限，因此仍然是较低层次的人工智能。目前，弱人工智能处于高速发展阶段，研究成果较为丰富，如计算机视觉、语音识别等，应用领域和场景也比较广泛。

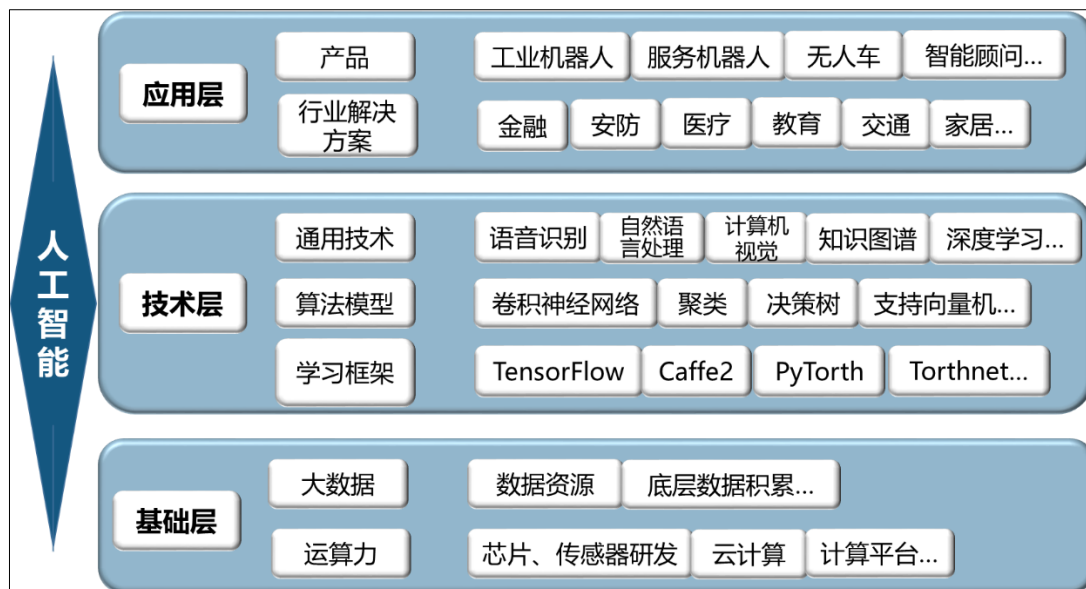
强人工智能，指智能化水平达到人类级别的人工智能，关键在于具有自我学习、理解复杂理念等多种能力，可以按照人类标准执行任务及应对不同层面问题，实现自动认知和拓展。目前，人工智能领域的研究正努力从弱人工智能推进到强人工智能，但当前的研究水平仍远未达到。实现强人工智能，需要拥有与人类大脑相当的硬件设备和与人类思维相同的软件技术，相对而言，后者研究开发的挑战性显然更大。

超人工智能，指比人类智慧更加先进的，可以解决人类无法解决的问题的人工智能，它拥有自由活动能力和自我意识模式，包括独立自主的价值观、世界观等，其智能水平比最聪明的人类可能还要智能化几十倍。目前，超人工智能仅存在于文学作品中，一切对人类来说都是未知数，学术界的相关争论也从未停止。

1.1.2 人工智能产业链

人工智能研究内容及涉及领域较多，依据产业链各部分在整个领域中发挥的作用不同，将人工智能的产业链分为基础层、技术层、应用层三个层次。其中，**基础层**是整个产业的基础，主要是研发硬件及软件，如芯片、传感器、数据资源、云计算平台等，为人工智能提供数据及算力支撑；**技术层**是产业的核心，主要是研究各类感知技术与深度学习技术，并基于研究成果实现人工智能的商业化构建；**应用层**是产业的延伸，主要将各类人工智能技术应用到实际细分领域，实现向各传统行业的渗透，满足人们生产生活的具体需求。

图 6 人工智能产业链整体框架



来源：清科研究中心根据公开资料整理

基础层，为整个人工智能的技术和产业发展提供数据和计算能力支撑，主要包括硬件（芯片、传感器）和软件（算法模型）两部分。其中，传感器是人机交互的重要硬件，负责感知并收集数据；GPU、FPGA、NPU 等 AI 芯片是重点底层硬件，为深度学习提供强大计算能力；算法模型则负责训练数据。

技术层，是基于基础层提供的计算存储资源和大数据，通过机器学习建模，开发面向不同领域、面向特定场景的智能应用技术，其作用是让机器完成对外部环境的探测，能够看懂、听懂、读懂世界。目前，技术层主要由计算机视觉、语音识别、语义识别、自然语言处理、深度学习等通用技术，及相关的算法模型、学习框架构成。

应用层，通过集成一类或多类人工智能应用技术，应用层能够形成满足特定细分场景的特定需求的不同产品或方案，实现人工智能与传统产业相结合，与人们生产、生活相关联。将人工智能产品或方案应用到具体场景或领域，实现应用层与各领域结合，基本模式大致可分成训练、分析、实施和结合四个阶段。

1.1.3 发展人工智能战略意义

借助于计算机硬件性能突破以及移动互联网、大数据、云计算等信息技术的快速发展，当前全球人工智能研究和应用进入新高潮，以智能算法、深度学习为代表的人工智能技术处于创新前沿，并将在很大程度上影响着信息技术和第三次工业革命的发展。得益于大量的搜索数据和丰富的产品线，中国的一些科技企业已经走在了自然语言处理、图像和语音识别等技术前沿，中国也已成为全球人工智能的发展中心之一。通过大力支持人工智能相关研究和产业化工作，最大化人工智能经济潜能，切实推进由技术革新到推进经济发展方式转变，人工智能技术将成为新常态下我国经济结构转型升级的新支点。

催生产业生态变革，大幅提升生产水平。人工智能已然成为人类进入知识经济时代后，下一次生产力飞跃的突破口。人工智能技术的研究和发展已经在很大程度上影响着现在的计算机相关产业，自然语言处理、图像和语音识别等前沿技术也被广泛的整合应用于服务领域，同时中国制造 2025、美国工业互联网、德国工业 4.0 等的提出也意味着未来工业机器人将大有可为。人工智能将从技术研发、应用两大层面催生产业的生态化变革，产业的解体、重新整合、新生将不断发生，共同的演变结果则是社会生产力的大幅提升。

颠覆传统生活方式，重塑社会价值体系。人工智能技术被越来越多的应用于金融、医疗、教育、安保、家居等服务领域，在将人类从简单重复性劳动中解放出来的同时，智能个人助理、无人驾驶、智能投顾等新科技创新产品的出现，将直接改变人们的工作、生活方式，提高人们智能化工作、生活水平，带领人类进入极简、智能的生活年代。传统工作、生活方式的根本性变革，将会使人们有更多的时间和精力关注于家庭、个人价值、科技、文化、语言、艺术等方面的发展，并将在很大程度上影响人们价值观念的变化，甚至重塑社会价值体系。

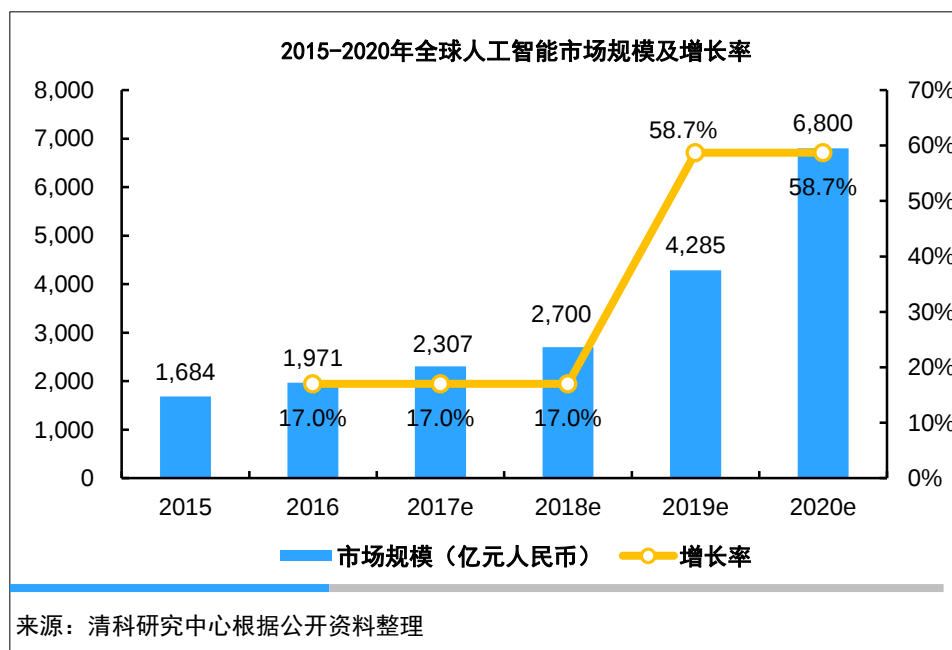
解密人脑认知机理，探索人类生命科学。虽然人工智能更多的被当做是计算机科学的一个重要分支，但从神经网络的研究方法上，人工智能也可以被看作是人类生命科学的重要内容。数据、核算的积累，深度学习神经网络的研究，已经在很大程度上实现了人工智能在感知智能方面的突破。但是，由于目前人类对大脑认知机理尚不清晰，认知算法难以突破，认知智能的实现尚不明朗，成为强人工智能和超人工智能实现的重要瓶颈之一。未来全球在人工智能神经网络领域的深入研究及成果，将为人类解开人脑认知机理、探索生命科学提供强大理论与实践支撑。

1.2 全球及中国人工智能产业发展情况

1.2.1 千亿全球市场可期，国外巨头三分天下

在谷歌等领军企业的带领下，全球对人工智能的关注度不断提升，市场对各类语音识别、机器视觉等弱人工智能产品的需求得到进一步释放；同时，人脑科学研究、情绪感知等强人工智能领域研究也有望在未来十年内迎来突破。2015 年全球人工智能市场规模达到 1684 亿元，预计 2018 年将达到 2697 亿元，复合增长率达到 17%；预计 2020 年全球人工智能市场规模将达到 6800 亿元，形成千亿美元级别市场。

图 7 2015-2020 年全球人工智能市场规模及增长率



从全球市场看，早期投资机构与创业投资机构（VC）是人工智能投资的主力，2005-2016年，年投资金额增长了 20 多倍。其中，Data Collective 是全球人工智能领域最活跃的风险投资机构之一，2012 年以来已投资超过 20 家人工智能企业；此外，专注于人工智能领域的活跃 VC/PE 机构还包括 Khosla Ventures 和 Intel 等，过往投资案例也均超过 15 家。

此外，根据美国 Venture Scanner 对全球 70 个国家人工智能公司的统计，截至 2017 年 Q1，全球人工智能创业公司数量已超过 1800 家，热门投资领域包括深度学习/机器学习（通用）、智能机器人、自然语言处理、计算机视觉（应用）、深度学习/机器学习（应用）等。

国外巨头纷纷聚焦于人工智能的基础层、技术层的核心技术研发，主要有三类企业：

第一类：以 IBM、Google 为代表的科技巨头，全面布局人工智能技术，在重点研究人工智能核心算法的基础上，在应用层全面推进人工智能的商业化进程，已经在人工智能的核心算法、智能搜索、无人驾驶、医疗诊断等领域率先布局且达到行业领先。

第二类：以 Facebook、微软、苹果为代表的互联网巨头，侧重于社交应用。最为关注的是图像和语音识别技术，希望打通图像和语音等人机交互接口，提高用户参与度，收集用户行为数据，从而进一步完善人工智能系统，打造一个智能私人助理来统一管理旗下应用。

第三类：以亚马逊、Salesforce、宝马、西门子等为代表的设备制造商，侧重于人工智能的商业化应用。

图 8 2005-2016 年全球人工智能领域创业投资额及增长率

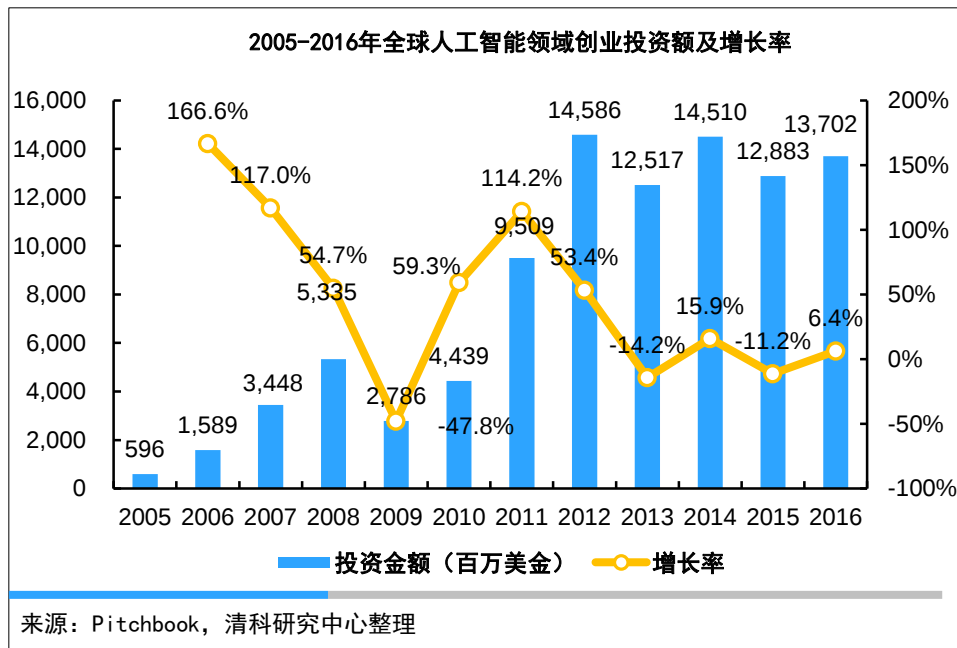


表 3 国外人工智能领域典型企业布局情况

序号	公司名称	布局侧重点	主要产品/成果
1	IBM	围绕 Watson 和类脑芯片	引领认知商业时代，AI 在医药、水资源管理、保险诈骗、时尚、环境、并购等行业解决方案的应用
2	Google	搜索、智能家居、无人驾驶、医疗、谷歌助理	RankBrain 表现优异，搜索从基于数据转向基于机器学习等；推出第一款完全自动驾驶汽车；推出人性化服务出色的 Google Assistant
3	Facebook	自然语言、视觉识别、逻辑规划等	文本理解引擎“Deep Text”，可以接近人类的精准度，每秒理解几千个帖子的覆盖 20 多种语言的文本内容
4	微软	自然语言处理、语音能力、图像能力	微软小冰—人工智能伴侣虚拟机器人 微软 Cortana—个人智能助理
5	苹果	AR、自动驾驶	智能语音助手 Siri、AI 芯片
6	亚马逊	机器人和语音识别	如在 Echo 智能音箱上加载电商商品目录，方便客户购物等
7	Salesforce	虚拟代理和机器学习	如利用云计算、大数据、人工智能来改善 CRM 的体验效果等
8	宝马、特斯拉、丰田等	工业机器人、自动驾驶	如丰田公司拨出 10 亿美元建立一个致力于机器人和无人驾驶车辆的新 AI 研究机构
9	博世、GE、西门子等	机器学习、机器人	博世自动驾驶汽车，GE 的医学影像和医疗保健，西门子医疗基于人工智能技术的影像学解决方案

来源：清科研究中心根据公开资料整理

1.2.2 中国市场增长迅速，BAT 引领创业浪潮

2016 年中国人工智能市场规模达到 239 亿，其中智能硬件平台为 152.5 亿，占比达到

63.8%，高于 86.5 亿的软件集成平台。随着《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》的发布和国家对制造业的高度重视，人工智能市场将迎来新兴机遇点，预计 2017 年产业规模将达到 296 亿，2018 年将达到 381 亿元，复合增长率达 26.3%。预计 2020 年，国内人工智能市场规模将达到 700 亿元，形成百亿美元级别市场。

图 9 2015-2020 年国内人工智能市场规模及增长率

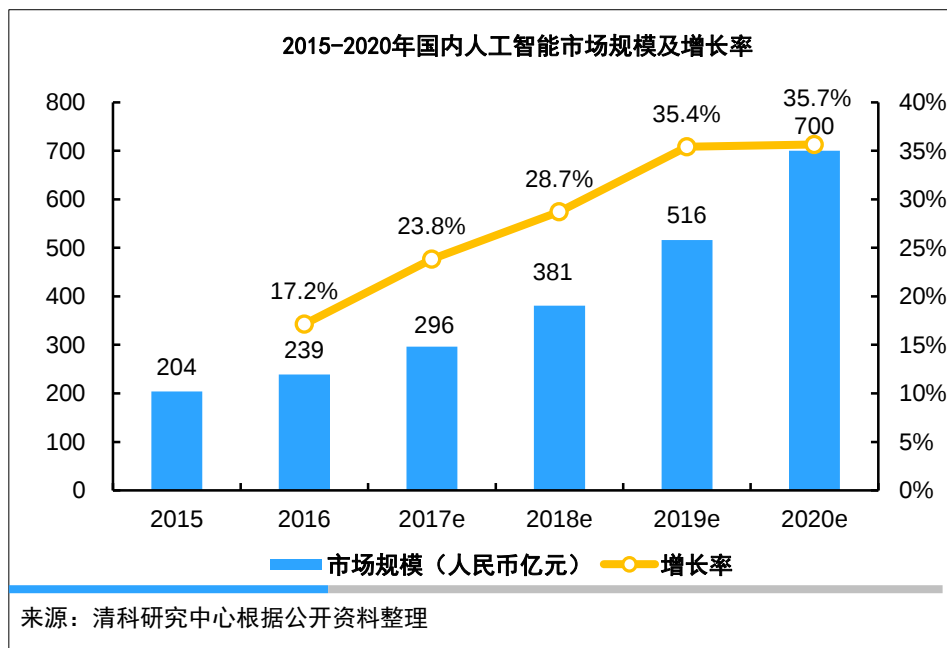
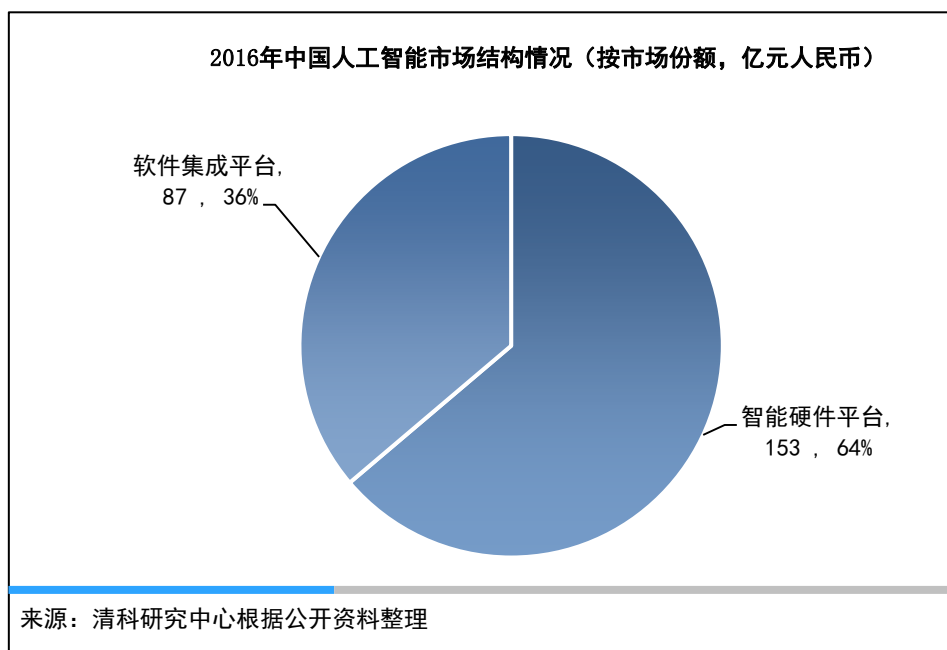


图 10 2016 年中国人工智能市场结构情况（按市场份额，亿元人民币）



目前，中国人工智能领域的典型企业主要有两类。

第一类：以 BAT 为代表的互联网巨头。其中，百度布局较为全面，包括度秘、百度外卖、无人驾驶汽车；腾讯重点在 AI 商业化服务和平台开发；阿里 AI 布局重点关注云计算与机器人技术在电商业务中的应用。BAT 对人工智能的尝试尚处于初级阶段，商业化程度较低。

图 11 国内人工智能领域典型企业布局情况



来源：清科研究中心根据公开资料整理

第二类：以科大讯飞、旷视科技、商汤科技为代表的创业型企业。2014 年，国内人工智能行业的创业热潮开始兴起；2015 年，则是名副其实的人工智能创业年，涌现了相当一部分优秀的创业公司；2016 年，资本市场逐渐回归理性，但人工智能创业浪潮并未大幅减退。例如，科大讯飞、旷视科技、商汤科技、寒武纪、小 i 机器人、捷通华声等企业在技术的多向发展方面具有较大优势；羽扇智、优必选、智齿客服、图灵机器人等企业则在各自的应用产品方面具有较大优势。

1.3 全球及中国人工智能产业政策分析

1.3.1 各国政策侧重点不同，脑研究和脑功能模拟是方向

从全球范围来看，各国政府均在政策层面强调和推动人工智能的发展，并相继出台政策法规，大力推动人工智能在各行业的渗透与应用。其中，美国侧重于研发新型脑研究技术；欧盟主攻以超级计算机技术来模拟脑功能；日本则聚焦以动物为模型研究各种脑功能和脑疾病的机理。

表 4 国外人工智能领域相关政策

国家名称	相关政策
美国	2016 年 5 月，美国白宫推动成立机器学习与人工智能分委会（MLAI），专门负责跨部门协调人工智能的研究与发展工作，并就人工智能相关问题提出技术和政策建议，同时监督各行业、研究机构以及政府的人工智能技术研发。 2014 年，HIN 小组制定了未来十年详细计划，预计每年投入 3 至 5 亿美元开发用于监测和映射大脑活动和结构的新工具，十年计划共花费 45 亿美元。 2013 年 4 月，美国政府公布“推进创新神经技术脑研究计划”（BRAIN），旨在探索大脑工作机制，解决人脑疾病。认识人脑运作机理，对人工智能的发展有着革命性的意义。BRAIN 计划得到政府拨款 1.1 亿美元。
日本	2017 年 6 月，日本政府在临时内阁会议上通过了名为“未来投资战略”的经济增长新战略，确定以人才投资为支柱，重点推动物联网建设和人工智能的应用。 2015 年，日本文部科学省称计划在今后 10 年里，投入 1000 亿日元用于人工智能的研发。 2014 年 9 月，日本启动大脑研究计划 Brain/MINDS。该计划为期 10 年，由日本理化学研究所主导实施，旨在理解大脑如何工作及通过建立动物模型，研究大脑神经回路技术。
欧盟	2013 年初，欧盟宣布了未来十年的“新兴旗舰技术项目”——人脑计划（HBP），该项目汇聚了来自 24 个国家的 112 家企业、研究所等机构，计划在 2018 年前开发出第一个具有意识和智能的人造大脑。总投资预计达 12 亿欧元。
加拿大	2017 年，加拿大联邦政府在预算提案中公布了 1.25 亿美元的人工智能战略预算，主要目的为减缓人才流失的节奏。预算中有 4000 万拨给多伦多所在的安大略省，而该省表示将在五年内花费 5000 万美元用于人工智能的建设上。 2017 年，多伦多大学成立向量学院，获得超过 1.5 亿美元的资金支持，其中半数来自国家及地方政府。该学院旨在培养更多人工智能领域研究生，重点关注深度学习领域。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

1.3.2 中国 AI 成“国家战略”，围绕产业体系建设层层布局

近年来，中国在人工智能领域内的相关政策陆续出台，积极推动着人工智能在各个细分领域的渗透。2016 年 5 月，国家四部委更是颁布《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》，明确提出要培育发展人工智能新兴产业、推进重点领域智能产品创新、提升终端产品智能化水平；2017 年 7 月，国务院发布《新一代人工智能发展规划》，标志着人工智能进入“国家战略”时代。

表 5 我国人工智能领域相关政策

时间	政策法规	具体内容
2017.07	《新一代人工智能发展规划》	明确了我国新一代人工智能发展“三步走”的战略目标，提出了六个方面重点任务，标志着人工智能进入国家战略时代。
2017.03	《全国政府工作报告》	加快培育壮大新兴产业，全面实施战略性新兴产业发展规划，加快新材料、人工智能、集成电路等技术研发和转换，做大做强产业集群。

2016.12	《“十三五”国家战略新兴产业规划》	提出打造人工智能产业生态。
2016.08	《“十三五”国家科技创新规划》	明确人工智能是新一代信息技术的主要发展方向，人工智能成为以战略高技术建立保障国家安全和战略利益“深蓝”计划的核心。
2016.05	《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》	明确指出到 2018 年，打造出人工智能基础资源与创新平台，人工智能产业体系。政府将在资金、标准体系、知识产权、人才培养、国际合作、组织实施等诸多方面给予保障。
2016.03	《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要（草案）》	人工智能概念首次进入“十三五”重大工程。
2015.07	《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》	明确提出将人工智能作为十一个重点布局的领域之一，促进人工智能在智能家居、智能终端、智能汽车、机器人等领域的推广应用。
2015.05	《中国制造 2025》	提出“加快发展智能制造装备和产品”，指出“组织研发具有深度感知、智慧决策、自动执行功能的高档数控机床、工业机器人、增材制造装备等智能制造装备以及智能化生产线，统筹布局和推动智能交通工具、智能工程机械、服务机器人、智能家电、智能照明电器、可穿戴设备等产品研发和产业化。”

来源：清科研究中心根据公开资料整理

1.4 人工智能核心技术及典型领域应用

1.4.1 AI 基础技术支撑基本具备，认知智能或迎突破

人工智能技术的发展，主要包括**感知智能**（语音识别、图像识别、自然语音处理和生物识别等）、**认知智能**（机器学习/深度学习、预测类 API 和人工智能平台等）两个阶段。近年来，国内外多家相关公司重金投入硬件，提升运算速度，完善基础技术支撑，人工智能技术得到快速发展；谷歌、Facebook、IBM、亚马逊、百度等公司争相开源人工智能评聘，谋求“开放”的大生态，全面发展人工智能技术。总体来看，人工智能基础技术支撑已基本具备，特别是在计算机视觉、自然语言处理（NLP，Natural Language Processing）等感知智能上有诸多突破，深度学习、增强学习、自动驾驶、机器人等是当前人工智能的主流发展方向，随着相关技术的突破及向应用层的不断渗透，认知智能或将迎来新的发展阶段。

1.4.1.1 感知技术：计算机视觉广泛应用，NLP 有待成熟

计算机视觉。1) 计算机视觉是人工智能的重要核心技术之一，主要包括静态图像识别与处理，指用摄影机和电脑代替人眼对目标进行识别、跟踪和测量等机器视觉，并进一步用电脑做图形处理，形成更适合人眼观察或传送给仪器检测的图像，实现对目标进行识别、测量及计算。2) 计算机视觉是目前人工智能创业公司最多的领域，具有广泛的商业化渠道与技术基础，在安防监控系统、无人驾驶、机器人、工业制造、医药、教育和娱乐业等领域

有丰富的应用场景，目前已广泛应用于网络交易、金融等领域的人脸识别、身份验证、刷脸支付，并且可以做到十分精确。³⁾ 未来，随着计算机视觉在静态图像识别与处理上的进一步成熟，图形修复、三维场景重现等或将成为更具智能化的发展方向。



（人脸识别技术如今已经可以十分精确，刷脸支付在网络交易等相关领域已被广泛使用。）

语音识别。是自然语言处理的一个分支，指通过特征提取、模式匹配将语音信号变为文本或命令，以实现让机器识别和理解语音。语音识别应用广泛，主要应用场景有电信级系统应用、嵌入式应用、特殊应用三大类⁵。目前，语音识别的整体成熟度较高，已达到 95% 的准确度，但背景噪音问题难以解决。因此，克服背景噪音问题，进一步提高准确度，拓展应用场景，是下一步语音识别技术的研究和发展方向。



⁴ 硬科技八大产业中，技术部分相关图片由《麻省理工科技评论》提供，后续章节中未做特殊说明的图片，均来源于《麻省理工科技评论》。

⁵ 一是电信级系统应用，主要是以自动语音服务的形式用在各行业的企业自动语音服务中心；二是嵌入式应用，以基础应用的形式集成在机器人、手机、车载系统等各类终端产品中；三是特殊应用，主要为安全部门提供声纹识别应用方案，用于自动身份辨认。

（语音识别技术以及人工智能技术的发展,使得**语音接口设备**能存在于我们生活的方方面面,人们能够十分方便地与身边的语音设备进行互动。）

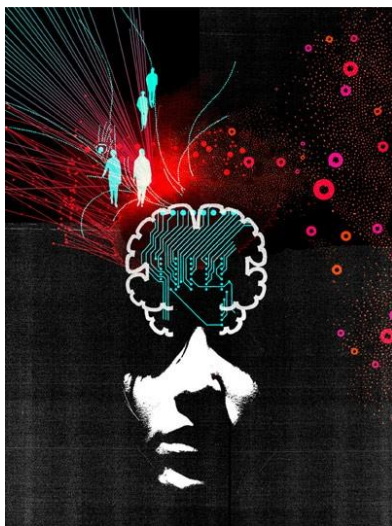
语义识别。也是自然语言处理的一个分支,通过研究表示语言能力、语言应用的模型,并通过计算机框架来实现该语言模型,进而设计各种实用系统。目前,语音识别的应用场景有两大类:一是机器翻译、舆情分析等场景应用;二是机器人、智能手机、车载系统、智能家居等智能终端的嵌入式应用。语义识别的技术成熟度较低,主要瓶颈在于语义的复杂性,包括背景知识的表达、上下文环境、因果关系、逻辑推理等方面。

1.4.1.2 机器学习:深度学习→强化学习→迁移学习

从人工智能算法的发展过程来看,人工智能算法分为浅层学习算法和深度学习算法。其中,神经网络的反响传播算法(BP 算法)、支撑向量机(SVM)、Boosting、Logistic Regression 等浅层学习算法,多是通过寻找合适特征来让机器辨识物品状态,一般不能穷举人工智能实际应用领域的各种复杂情境,拟合准确率不高。

(1) 深度学习

深度学习(Deep Learning)概念由 Hinton 等人于 2006 年提出,核心在于建立、模拟人脑进行分析学习的神经网络,学习样本数据的内在规律和表示层次,使机器能够识别文字、图像和声音等数据,并具有像人类一样的分析学习能力。在某种意义上是深层人工神经网络的机器和软件重建,具有灵活通用的建模能力和快速有效的训练算法,这使得以数据驱动的方式解决复杂模式识别问题成为可能。

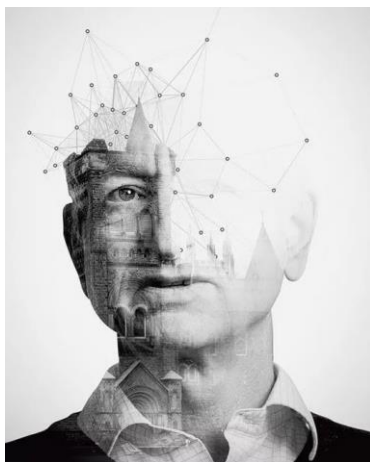


深度学习是当前机器学习建模的主流,但也具有一定的局限性。一方面,由于机器学习都是用变量来描述世界的,变量数是有限的,深度学习的深度也就有限的;另外,深度学习对数据的需求量随着模型的增大而增大,但现实中有那么多高质量数据的情况还不多,所以数据量、数据里面的变量、数据的复杂度都造成深度学习在表达能力上的受限;另一方面,

由于缺乏反馈机制。目前深度学习对图像识别、语音识别等问题来说是最好的，但是对其他的问题并不是最好的，特别是有延迟反馈的问题，例如机器人的行动，AlphaGo 下围棋也不是深度学习包打所有的，它还有强化学习的一部分，反馈是直到最后那一步才知道你的输赢。还有很多其他的学习任务都不一定是深度学习才能来完成的。

（2）Capsule 理论

“深度学习之父”Geoffrey Hinton 认为深度学习一直以来所依赖的反向传播算法并不是大脑运作的方式，要想让神经网络变得更智能，就必须放弃这种为所有数据标注的方式。Hinton 认为需要重新开辟一条新的路径，并与近期公开了其关于 Capsule 的相关研究。



目前的神经网络中，每一层神经元做的都是类似的事情，可能造成网络结构的杂乱无章，Hinton 提出把关注同一个类别或者同一个属性的神经元，像胶囊一样打包集合在一起，在神经网络工作时，胶囊间的通路形成稀疏激活的树状结构，形成 Capsule 理论。

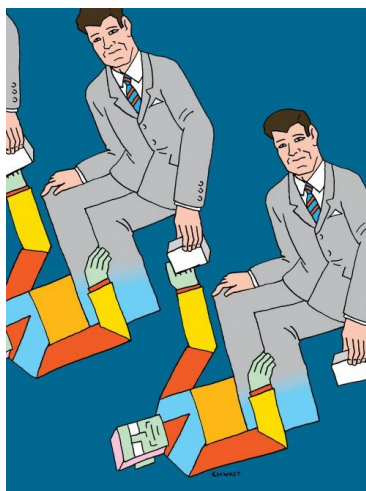
由于胶囊具有分别处理不同属性的能力，相比于 CNN 可以提高对图像变换的健壮性，在图像分割中也会有出色的表现。胶囊基于的“图像中同一位置至多只有某个类别的一个实体”的假设也使得胶囊得以使用活动向量这样的分离式表征方式来记录某个类别实例的各方面属性，还可以通过矩阵乘法建模的方式更好地利用空间信息。不过胶囊的研究也才刚刚开始，他们觉得现在的胶囊至于图像识别，就像二十一世纪初的 RNN 之于语音识别——研究现在只是刚刚起步，日后定会大放异彩。

（3）强化学习和迁移学习

Capsule 理论研究现在只是刚刚起步，针对深度学习局限性，或许强化学习和迁移学习能够解决相应的问题，强化学习、迁移学习也都属于机器学习领域，如果说深度学习是昨天，强化学习是今天，那么迁移学习就是明天。

深度学习	强化学习	迁移学习
• 大量数据 • 特征 • 准确性	• 大量数据 • 反馈 • 策略	• 少量数据 • 学习方法 • 冷启动/个性化

强化学习（Reinforcement Learning, RL）是一种人工智能方法，能使计算机在没有明确指导的情况下像人一样自主学习。强化学习就是智能系统从环境到行为映射的学习，以使奖励信号（强化信号）函数值最大。假如机器不能够自主通过环境经验磨练技能，自动驾驶汽车以及其他自动化领域的进展速度将受到极大地限制。



强化学习不同于连接主义学习中的监督学习，主要表现在教师信号上，强化学习中由环境提供的强化信号是对产生动作的好坏作一种评价（通常为标量信号），而不是告诉强化学习系统 RLS（reinforcement learning system）如何去产生正确的动作。由于外部环境提供的信息很少，RLS 必须靠自身的经历进行学习。通过这种方式，RLS 在行动-评价的环境中获得知识，改进行动方案以适应环境。AlphaGo 背后的 DeepMind 就是将深度学习应用到强化学习中的范例。

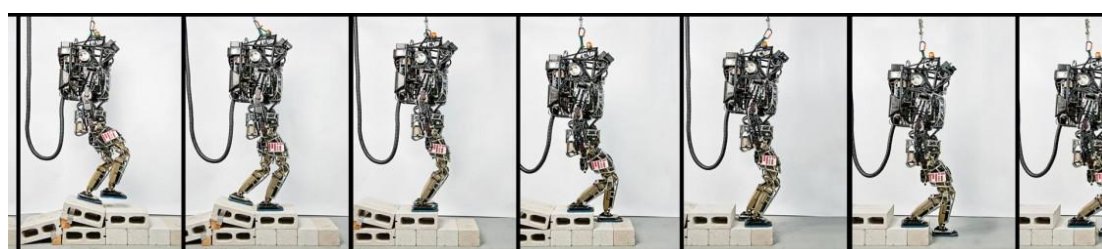
迁移学习（transfer learning）能够将适用于大数据的模型迁移到小数据上，实现个性化迁移。一般就是要将从源领域（Source Domain）已学训练好的模型参数迁移到新的模型来帮助新模型训练数据集，源领域和目标领域之间往往有 gap/domain discrepancy（源领域的数据和目标领域的数据遵循不同的分布）。考虑到大部分数据或任务是存在相关性的，所以通过迁移学习可加快并优化模型学习。

1.4.1.3 机器人：未来人工智能的无限可能

随着人工智能第三次发展浪潮的兴起，机器人也迎来了全新的发展机遇。早期的机器人，多是根据预先设定的程序完成某一项或几项特定的任务，是被动的认知，基本不具备主动认知能力，更倾向于是一种自动化的机器装置。以扫地机器人为例，现在的扫地机器人可以基

于对家庭环境的了解和强大的导航清洁能力，把地面打扫干净，但仍没有解决如何自动躲避或跨越障碍的问题。机器人应用领域广泛，类型多样，根据具体的应用环境，国际机器人联盟将机器人分为工业机器人和服务机器人。此外，实际应用中还包括军事应用机器人、极限作业机器人和应急救援机器人等用于特殊环境的特种机器人。

人工智能技术的发展，将重新定义机器人的概念，推动机器人的升级。机器人的能力是由感知力、认知力、决策力、行动力等综合决定的，人工智能相当于机器人的大脑，赋予机器人感知能力。机器人的最终目的将不仅仅是完成任务，还需要在与、环境的交互中，综合用于人工智能、物联网、大数据、云计算等技术，逐渐具备自主感知和学习能力，更好的认知人、了解人，实现多重管理任务。



灵巧型机器人：平衡性和灵活性足以在崎岖不平的地面行走和奔跑的机器人，折让它们在人类环境中导航的用途大大提升。



知识分享型机器人：“云技术”告诉我们个体的力量是有限的，借助“云”我们能获得更多的力量。而将“云技术”应用到机器人技术上，就形成了这样一种知识分享型机器人，它们能够互相交换信息并进行学习，解决一些更加复杂的任务。

1.4.2 AI 技术切入多领域多场景，应用水平参差不齐

随着人工智能技术的不断发展，人工智能也更加广泛的应用于金融、电商零售、安防、医疗、交通、家居、教育、农业、文娱、VR 等多个领域，在各领域的主要产品应用和关键能力如下表所示。由于各类人工智能技术的发展现状及成果存在差异，各领域应用的人工智能技术也各有侧重，因此人工智能在各领域中的应用各有其特点，本报告选取金融、医疗、

安防、交通、家居五个人工智能的典型应用领域，从目前人工智能在领域内的应用发展现状、具体应用场景及发展趋势等方面进行研究分析。

表 6 人工智能在多个领域的主要产品应用及关键能力分析

结合领域	主要产品应用	关键能力
智能医疗	辅助诊断、自动诊断、健康预警、虚拟临床等	在常见、非紧急情况下，可替代专业医生
智能家居	语音控制、信息反馈、感知互动等	通过图像、视频或声音，感知用户需求
智能安防	身份识别、智能监控等	实时完成目标识别
智能交通	自动驾驶、交通分流等	解决实时动态的障碍物检测和道路检测
智能制造	机器人、无人机等	依赖图像及场景的分类与分割，自主完成任务
智能商业	精准营销、数据收集等	将对应产品或服务自动推送到相应用户
智慧金融	业务办理、安全支付、资产管理、风险监控等	基于历史数据，对所需任务进行相应分析或评价
智慧教育	机器阅卷、智能评价、个性化学习、口语测评等	自主完成生产过程中的相应环节
智慧农业	自动灌溉、种植插秧、智能放牧、作物分拣等	自主完成生产过程中的相应环节
智慧文娱	辅助裁判、赛事播报、智能体育场等	通过图像、视频或声音，提供相应服务
虚拟场景	AR/VR 等	通过动作识别、三维环境建模等，完成现实世界扫描识别
虚拟服务	机器人助理、虚拟客服、语音翻译、智能顾问等	根据用户反馈信息，给出合适的建议

来源：清科研究中心根据公开资料整理

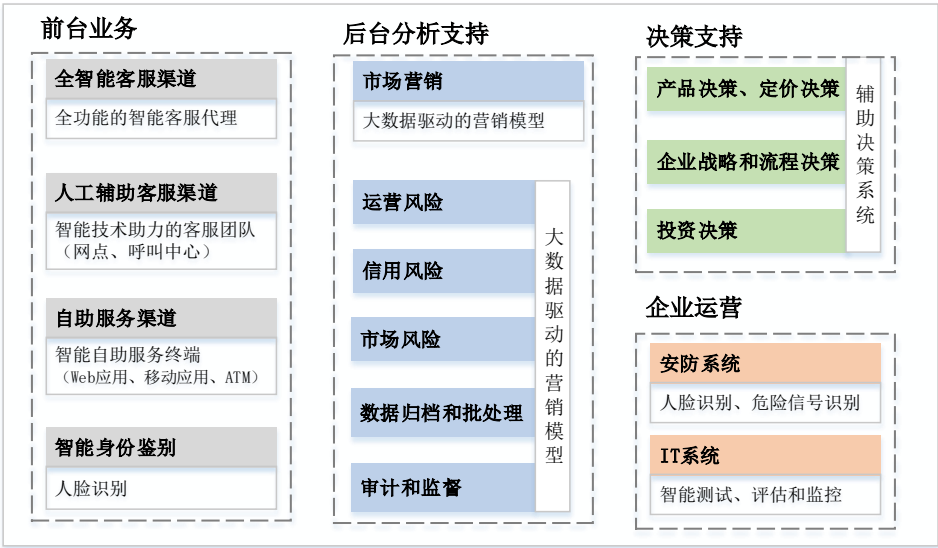
1.4.2.1 AI+金融：智慧金融如此便利

金融领域涵盖了银行、保险、证券、信托等多个细分行业，与人们生产生活息息相关，突出特点是大量的客户服务人员、庞大的客户信息资料，以及海量的交易数据，为人工智能技术的应用提供了丰富的场景空间。目前，AI 在金融领域的应用涉及业务办理、安全支付、资产管理、风险监控等多个流程，应用场景包括智能客服、身份验证、征信、风险控制、智能投顾等。智能客服：利用自然语言处理技术提取客户意识，并通过知识图谱构建客服机器人的理解和答复体系，帮助金融企业节省大量人力客服成本。身份验证、征信、风控：通过人脸识别、机器学习、知识图谱等技术，深度关联企业间、行业间的多维信息，帮助金融公司提高客户体验，作出科学决策。智能投顾：结合机器学习与预测算法，可根据历史经验和新的市场信息预测金融资产的价格波动趋势，创建符合风险收益的投资组合。

智慧金融领域典型代表企业：Wealthfront。Wealthfront 专注于智能投顾，为客户提供包

括股票配置、债券配置、股票期权操作、房地产资产配置等在内的资产投资组合建议。

图 12 AI 在金融领域的应用场景（以银行业为例）



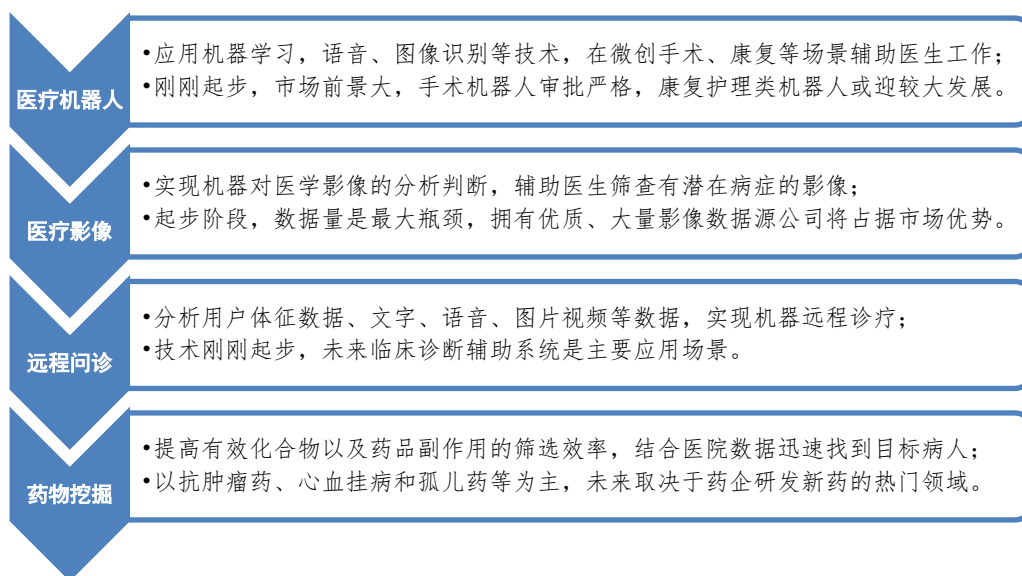
来源：《人工智能》，李开复、王咏刚著

1.4.2.2 AI+医疗：看病不再如此艰难

医疗领域严重资源不足、成本高昂一直是社会焦点问题，AI 技术可通过实现机器代替医生部分工作、提高患者自查率等手段，显著提高机构、医生的工作效率，降低医疗成本，为病患提供更加专业、及时的诊疗服务，最终彻底解决“看病难”问题。

但是，由于医疗领域专业性较强、历史诊疗数据不健全、病患病因复杂、行业壁垒等原因，虽然 AI 技术已经有了长足发展，但在医疗领域的应用还很不成熟，仍处于刚刚起步阶段。其应用场景主要包括医疗机器人、医疗影像、远程问诊、药物挖掘等。

图 13 AI 在医疗领域的应用场景



来源：清科研究中心根据公开资料整理

AI 在医疗领域的实际需求和发展潜力都非常大，但受医疗数据、医院合作资源等的影响，目前进入的业不多。1) 典型企业是 Babylon Health，与 Essex 医院合作，数据库案例数超过 3.5 万个，主要产品是虚拟护士助理，可实现虚拟护士助理，实现远程人工智能医疗咨询，相比人工服务，可降低成本、触达更多用户，但目前仅能提供辅助的咨询和建议，不能代替医生进行诊断。2) 国内的典型代表是科大讯飞的小曼机器人。



案例：2017 年 3 月，北京 301 医院等已经开始尝试应用小曼作为智能导诊机器人，承担指导患者就医、引导分诊、介绍医疗保健知识、与患者互动等导诊护士的基本职责。智能导诊机器人，不但能减轻导诊护士的工作量，而且也体现了医院与时俱进的管理理念。

1.4.2.3 AI+安防：人民生活安居乐业

受国际安全形势，平安城市、智慧城市建设等因素影响，国内外安防需求不断增长，各级政府也在不断推进安防升级，仅“十二五”计划中覆盖的地级市就有 2000 余个，总投资超过 5000 亿。人工智能算法积极推动着安防领域向更智能化、更人性化方向前进，AI+安防已逐渐成为刚需行业。人工智能技术的重点应用领域有城市安防、金融安防、能源/电力/轨道沿线监控、商圈/物业安防、国防等。其中，城市安防、金融安防是目前应用市场占比

较高的两个领域，相关技术应用也已比较成熟。

表 7 AI 在安防领域的应用场景

应用场景	主要产品应用
城市安防	- 在城市监控点位的摄像机内安置 AI 芯片，实时分析视频内容，检测运动对象，识别人、车属性信息，并传递到后端人工智能的中心数据库进行存储，汇总海量城市级信息； - 公安部门利用人工智能强大的计算能力及智能分析能力，对嫌疑人的信息进行实时分析，缩短破案时间； - 人工智能强大的交互能力，还能与办案民警进行自然语言方式的沟通，真正成为办案人员的专家助手。
金融安防	- 应用人工智能系统的监控、预警能力，应对自助银行安全事故频发问题； - 证监会、银监会等应用智能监管，解放人力，并提高对金融系统的监管效率。
能源/电力/轨道沿线监控	人工智能应用将改变大量管道、铁轨的无人监控状态，升级管道、轨道安全等级，增强公共安全，但实际监管过程中细节需求较多，因此细节定制化解决方案是发展方向，政府补贴和政策倾斜也会进一步推动行业发展。
商圈/物业安防	人工智能在安防监控的同时，可实现对客户画像、用户购买习惯等信息的记录、分析，帮助商圈锁定目标客户群，提高物业公司服务水平，根据不同商圈和物业小区特点的定制化服务将是未来发展方向。
国防	主要应用于军营监控、演示指挥系统，实现国防安全的智能化管理

来源：清科研究中心根据公开资料整理

安防行业是强政府导向的行业，主要客户是政府，未来拥有和政府相关渠道合作能力，能准确把握其需求和预期的公司能够占据更大的市场份额。在典型安防监控方案中，工程施工与维护占比最高，超过一半。目前，安防市场硬件与系统主要被海康威视、大华垄断，集成软件技术，直接对接 B 端客户；软件算法类的公司中，一级市场的部分企业是行业技术标杆，如旷视科技、商汤科技、云从科技等。

1.4.2.4 AI+交通：从此出行可预测

AI 在交通领域的应用，主要体现在对城市交通系统的智能化监管和无人驾驶两个方面。目前，交通卡口的大规模联网，汇集的海量车辆通行记录信息，对于城市交通管理有着重要作用，但尚未完全实现智能化管理；无人驾驶技术实现已不是问题，但受技术成熟度还需时间验证，实际运行道路环境要求，国内监管和法律政策领域空白，可能引发大量司机失业等一系列问题影响，无人驾驶汽车真正上路困难重重，应用市场短期内发展缓慢。

应用场景。1) 城市交通智能监管⁶。利用人工智能技术，可搭建城市级的人工智能大脑，

⁶ 智能交通系统（Intelligent Transportation System, ITS）是未来城市交通系统发展方向，指通过将先进的人工智能技术、信息技术、数据通讯传输技术、电子传感技术、控制技术及计算机技术等有效地集成运用于整个地面交通管理系统，建立的一种在大范围内、全方位发挥作用的，实时、准确、高效的综合交通运输管理系统。

实现对通道路的智能规划，对城市交通系统的实时监控、调度、预判、预警等功能。一方面，通过实时分析城市交通流量，调整红绿灯间隔，缩短车辆等待时间，提升城市道路的通行效率；另一方面，通过对城市道路上通行车辆的轨迹信息，停车场的车辆信息，以及小区的停车信息等的实时掌握，可提前预测交通流量变化和停车位数量变化，合理调配资源、疏导交通，实现机场、火车站、汽车站、商圈的大规模交通联动调度，提升整个城市的运行效率，为居民的出行畅通提供保障。

2) 自动驾驶。自动驾驶汽车是未来自动化城市的关键组成部分，特斯拉、谷歌、Uber 等国际巨头已经走在无人驾驶汽车商业化的道路。

典型代表：自动驾驶是人工智能技术的一项重要应用，它能十分直观地影响我们的生活。通过汽车上配备的传感器、摄像头、前置雷达、数控刹车系统以及自动驾驶控制软件，一台自动驾驶的汽车就出炉了。特斯拉 Tesla 公司创始人埃隆马斯克宣布，目前上市的特斯拉汽车已经在硬件标准上具备了 SAE⁷第 5 级自动驾驶能力，并预测 2018 年特斯拉将可以提供具备完全自动驾驶能力的电动汽车；谷歌已经把无人驾驶汽车部门从 X 实验室分离，并成立 Waymo 公司专注于该领域；Uber 的无人驾驶汽车已经在路上开始试运行；百度等国内 AI 研究前沿公司也在无人驾驶方面积极布局。



（自动驾驶货车：可以在高速路上自动驾驶的长途货车，这项技术的发展将帮助货车司机更高效地完成运输任务，但这一岗位的薪酬可能会因此下降，货车司机最终也将失业。）

⁷ 2014 年，国际汽车工程师学会（SAE International）发布了自动驾驶的六级分类体系，将自动驾驶技术分为 0 级、1 级、2 级、3 级、4 级、5 级，共六个级别。其中，5 级代表全自动化。



Tesla 自动驾驶：即使各大公司的自动驾驶汽车上路实验情况并不乐观，但是自动驾驶也逐渐形成一种趋势，只待技术的不断完善。

1.4.2.5 AI+家居：足不出户全搞定

智能家居是以住宅为平台，基于物联网技术，由硬件（智能家电、智能硬件、安防控制设备、家具等）、软件系统、云计算平台构成的一个家居生态圈，可实现人远程控制设备、设备间互联互通、设备自我学习等功能，并通过收集、分析用户行为数据为用户提供个性化生活服务，使家居生活安全、舒适、节能、高效、便捷。智能家居产品多样，尤以智能家电为典型代表，但由于技术成熟度不够，多数产品智能化水平不高，且行业整体成本偏高，导致智能家居整体渗透率较低。作为生态圈入口，AI+家居应用场景多种多样。

表 8 AI 在家居领域的应用场景

控制主机	智能照明	电器控制	家庭音响	家庭影院
对讲系统	家庭监控	防盗监控	门窗控制	智能遮阳
智能家电	智能硬件	能源监控	自动抄表	家居软件
家居布线	网络控制	空调系统	花草灌溉	宠物照料

来源：清科研究中心根据公开资料整理

AI+家居是大公司争相抢占领域，参与企业类型多样，大型传统家电厂商（美的、海尔）、手机厂商（华为、小米）以及互联网电商（京东）等行业龙头企业都在积极布局，抢占市场。芯片环节是智能家居行业上游的核心环节，技术门槛高，利润也相对较高，华为、小米等作为主要技术开发者，对接下游智能硬件厂商；美的、海尔等传统家电厂商作为中游企业，向上对接智能软件、硬件、系统、通信等厂商，向下以面向智能家电消费者为主，目前行业整体成本偏高，议价能力弱；下游京东等互联网电商则发挥着具有行业影响力的操作系统或平台供应者的作用，推动着智能家居行业的产业化、互联网化。

1.5 人工智能发展趋势分析

虽然国内外人工智能发展总体仍处于弱人工智能阶段，但随着各国政策的关注、AI 投资热度的持续增长，科技巨头公司的布局完善，数据、处理数据能力、商业变现场景三个人工智能应用关键要素的逐步发展成熟，弱人工智能阶段将逐步开始向强人工智能阶段过渡。

1.5.1 人工智能技术研发实现突破

目前，人工智能多数还处于感知智能阶段，计算机视觉、语音识别、语义识别等感知层面技术虽已取得了一定成就，但仍不在不同程度的技术难题。随着计算机视觉、自然语言处理等通用技术的发展成熟，深度学习、人脑科学研究、情绪感知等强人工智能研究的研发突破，机器可以更好地学习并掌握知识，并与生物仿真及传感器等设备结合，承担更多、更复杂、更智能的工作。例如，深度学习算法在机器人方面的应用，使得机器人可以实时获取、上传、下载工作信息到不同系统，机器人能够教会彼此如何识别一个特定物体或执行一项新任务，加速学习过程，实现主动学习。

1.5.2 人工智能应用价值不断提升

人工智能技术层面的突破，将进一步拓展人工智能的功能及场景应用范围，深化人工智能与应用领域的融合发展。随着人工智能在各领域的商业化模式逐渐明晰，产业链条的扩展延伸，人工智能服务将从价值链低端逐渐走向价值链上游。以人工智能在服务行业的应用为例，随着用来处理自然语言的机器学习算法的提升，自然语言处理的进步、成熟，人与机器之间的交流情景将大幅改善，人工智能在服务行业将提供更多的直接对客服务，同时结合机器学习获得更多的服务技能和知识图谱，承担更多的智能任务，逐步走向服务价值链的上游。

1.5.3 人工智能产业生态圈正形成

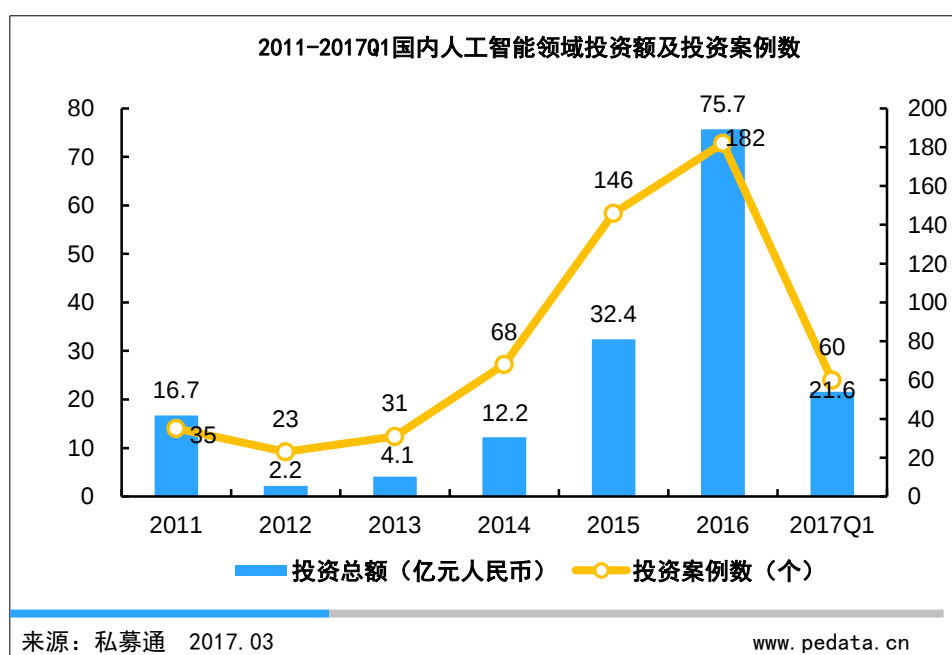
人工智能研究涉及面广，应用领域广泛，目前国内外人工智能领域的龙头企业在人工智能发展布局上又各有其侧重，因此在推进人工智能技术研发及产业化的同时，如何打通产业上下游，打造人工智能产业生态圈，是人工智能各界考虑的重点、难点。例如，Google 的 TensorFlow、Facebook 的 BigSur、Amazon 的 DSSTNE 等，都在通过开源深度学习算法框架、开放 API 接口等模式培养自己的生态圈，大力培养围绕着自己平台的开发人员和生态。未来人工智能产业生态圈的形成，将使人工智能深度渗透于各行各业，给产业、社会发展带来深远影响，Fintech、智能家居、智能制造等都将是产业生态圈的切入点。

1.6 中国人工智能领域投融资分析

1.6.1 投资规模：大 GP 助推爆发式增长

2011-2017Q1，国内人工智能领域发生 545 起投资事件，投资金额达 164.9 亿元人民币。2011 年，受旺根投资、爱信投资、盛世景、科祥股权投资投资科大讯飞（总投资额 5.3 亿元人民币），中金公司、鼎晖创投、君联资本投资立佰趣（总投资额 5 亿元人民币）两大投资事件影响，国内人工智能领域总投资额达到 16.7 亿元人民币。

图 14 2011-2017Q1 国内人工智能领域投资额及投资案例数



2015 年是 AI 领域爆发式增长的关键一年，投资案例从 2014 年的 68 起激增到 2015 年 146 起，同比增长 114.7%；投资总额从 2014 年的 12.2 亿上升至 2015 年的 32.4 亿元人民币，同比增长 165.6%；2016 年，人工智能领域延续了上一年较高的投资热度，2017 年第一季度的投资额就超过 20 亿元人民币，红杉、IDG、达晨、经纬、真格基金、创新工场等创投机构成为助推。

1.6.2 投资轮次：倾向以早期轮次为主

2011-2017Q1，从投资案例数看，国内人工智能领域投资轮次以天使轮和 A 轮、B 轮为主，占比分别为 35%、30%、10%。总占比高达 75%。从投资金额上看，人工智能领域投资轮次主要为 A 轮、C 轮、B 轮、上市定增，分别占比 34%、19%、18%、14%，总占高达 85%。

图 15 2011-2017Q1 国内人工智能领域投资轮次分布（按投资案例数，起）

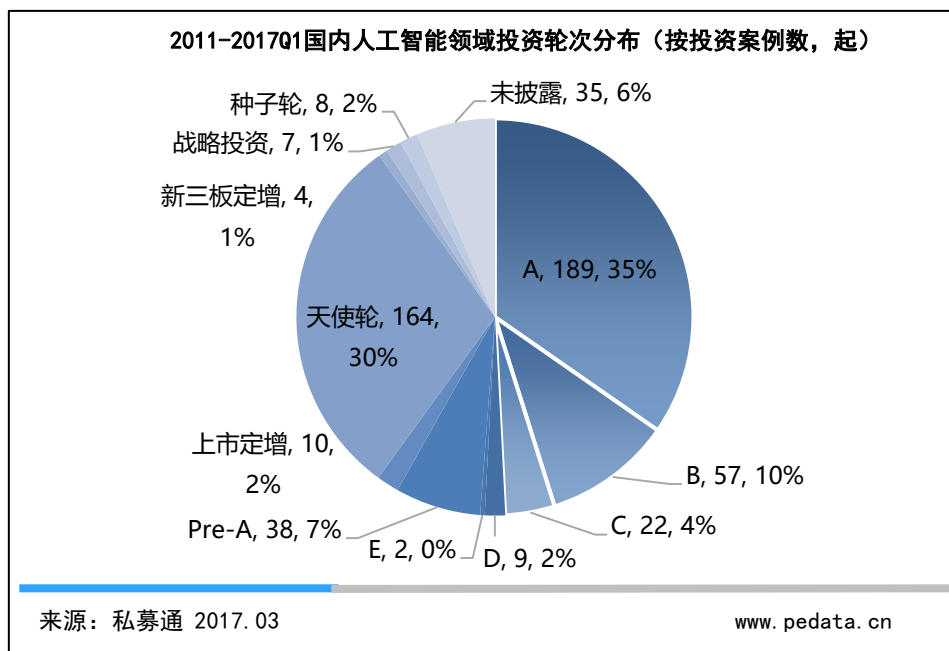
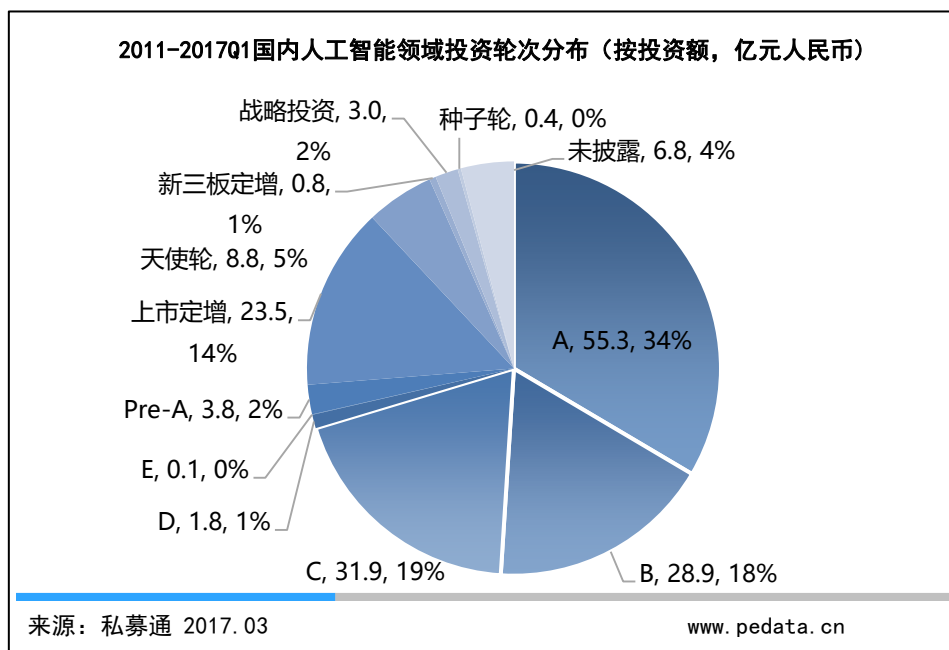


图 16 2011-2017Q1 国内人工智能领域投资轮次分布（按投资额，亿元人民币）



1.6.3 投资阶段：初创期企业占比最高

2011-2017Q1，从投资案例数上来看，国内人工智能领域投资阶段主要分布在初创期、扩张期、种子期，占比分别是 36.1%、26.2%、25.7%，总占比高达 88%；从投资金额上看，国内人工智能领域投资阶段主要分布在初创期、扩张期、成熟期，占比分别是 41.2%、29.7%、22.0%，总占比高达 92.9%。

图 17 2011-2017Q1 国内人工智能领域投资阶段分布（按投资案例数，起）

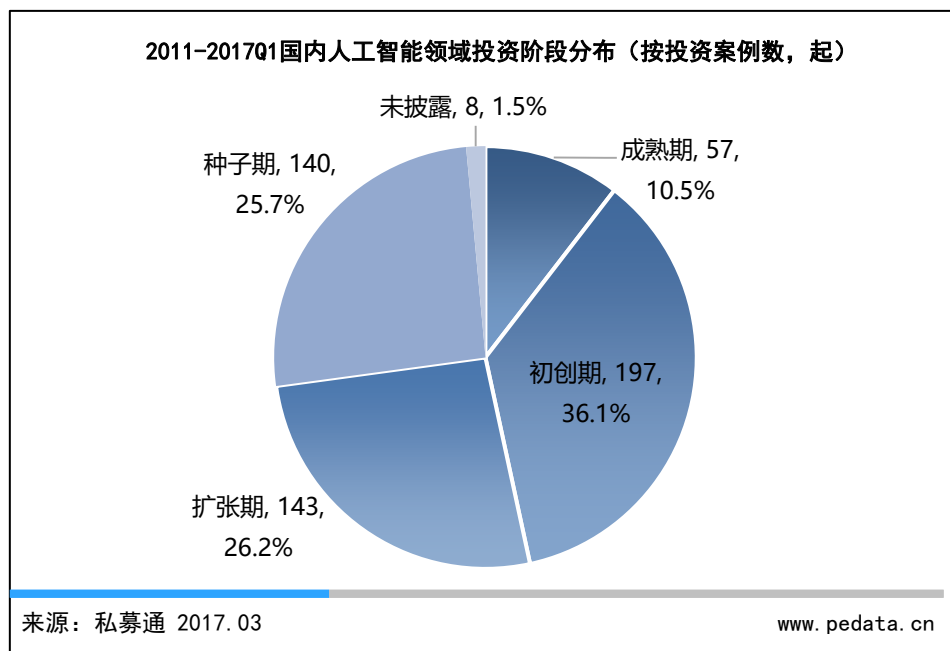
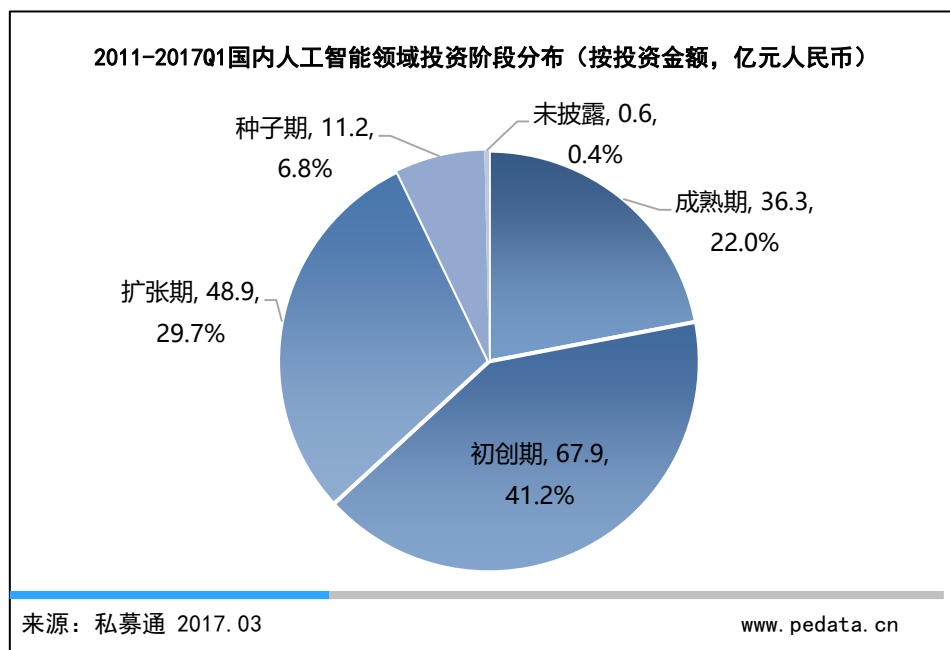


图 18 2011-2017Q1 国内人工智能领域投资阶段分布（按投资金额，亿元人民币）



1.6.4 投资区域：北上深苏占八成以上

2011-2017Q1，国内人工智能领域投资整体地域分布比较分散，共涉及 22 个地区。从投资案例数量上来看，投资地点集中在北京、上海、深圳和江苏四地，分别完成 221 起、83 起、74 起、54 起投资事件，四地投资案例数占总投资案例数（545 起）的 80%左右；从投资金额上看，投资地点集中分布在北京、深圳、上海、安徽、江苏五地，投资额分别为 64.2、27.7、22.0、12.2、10.1 亿元，五地投资额占总投资额（164.9 亿元人民币）的 82.6%。

图 19 2011-2017Q1 国内人工智能领域投资地域分布（按投资案例数，起）

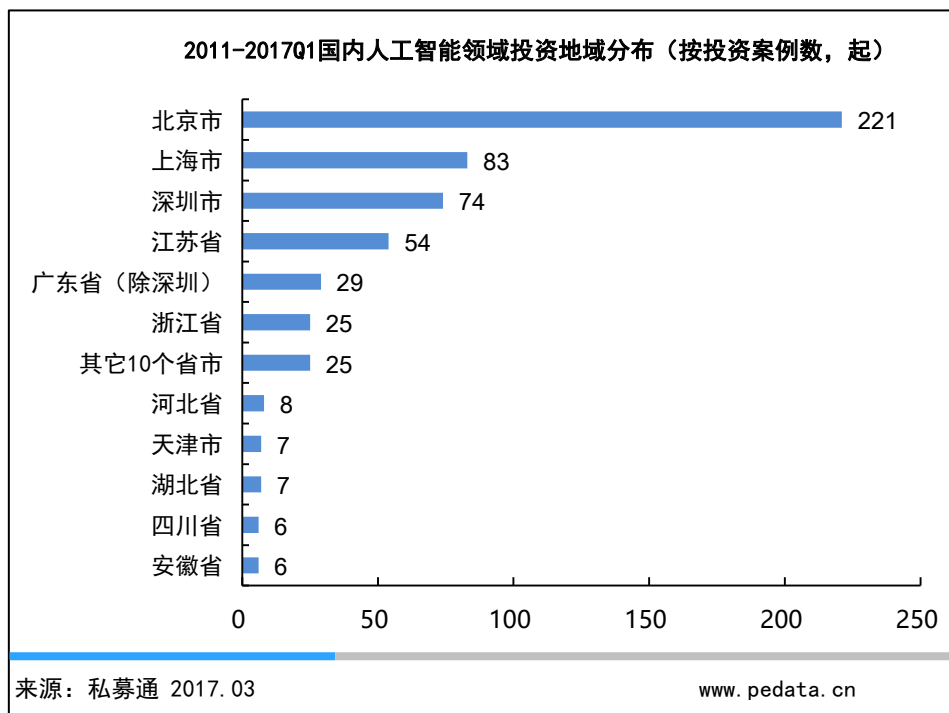
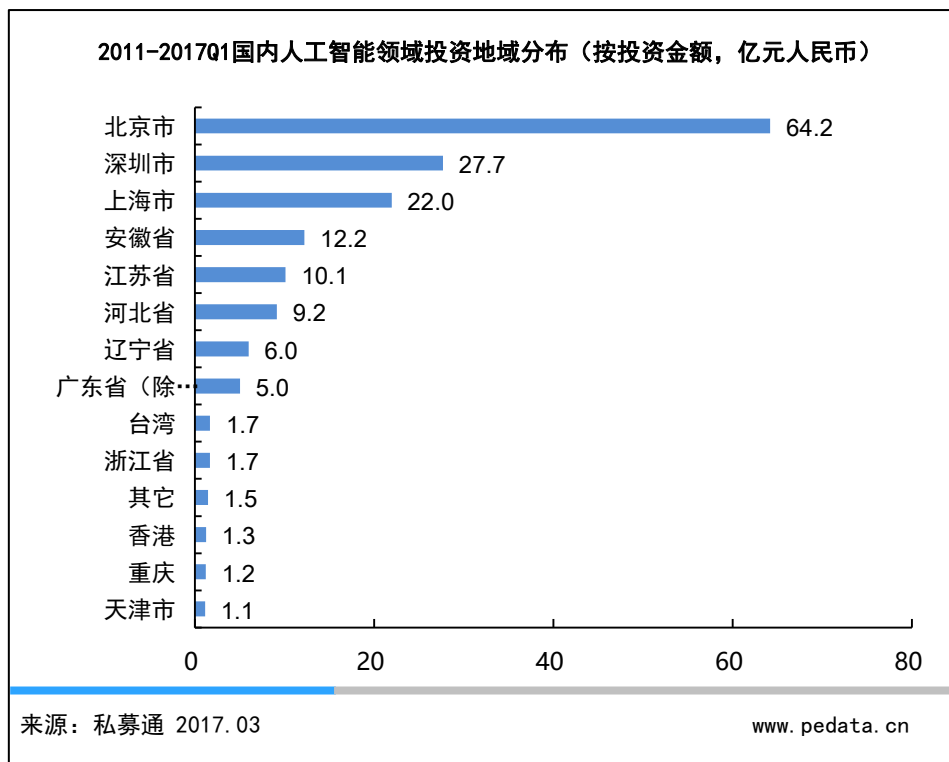


图 20 2011-2017Q1 国内人工智能领域投资地域分布（按投资金额，亿元人民币）



二、 信息技术：技术改变生活

第三次信息技术革命——物联网，被认为是同计算机、互联网相提并论的革命性技术，如今已经渗透至生活的方方面面。城市里随处可见的共享单车，通过 GPS 定位，上锁状态监测，GPRS 数据传输实现自行车随扫随骑；像 Apple Watch 一类的智能可穿戴设备，不仅能够作为通讯工具，同时也能进行生理特征量测，给健康监控与治疗领域很大的想象空间；消费购物上，无人商店 Amazon Go，阿里巴巴淘咖啡等无人零售的相继问世，能够创造一种拿了就走又不用等的消费体验；生活家居上，搭配 Alexa 人工智能的亚马逊 Echo 系列产品，才让语音呼叫与辨识的方便快捷服务走进寻常百姓家；还有集成了各种各样传感器的自动驾驶汽车，相信彻底解放人类双手，迈入全智能的时代就在眼前。物联网的发展，使智能烹饪、智能调节灯光、智能空调温控、智能家庭影院和音响等都将成为现实，与此同时，大数据、云计算、区块链等技术的兴起，也为信息技术改变生活奠定了强有力的基础。

2.1 物联网—万物互联时代已经来临

物联网，即 The Internet of Things，简称 IOT，是指在物理世界的实体中部署具有一定感知能力、计算能力和执行能力的各种信息传感设备，如射频识别（RFID）、红外传感、全球定位系统、激光扫描等，按照约定的协议，通过网络设施实现信息传输、协同和处理，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的网络，广域或大范围的人与物、物与物之间信息交换需求的互联。简而言之，物联网就是物物相连的互联网。

图 21 物联网的概念



来源：网络公开图片

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，也是“信息化”时代的重要发展阶段，被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。据麦肯锡预估，至 2025 年，物联网对于全球经济的影响力达 2.7-6.2 万亿美元，相当于全世界 GDP 的 10% 左右。推动物联

网产业发展已经成为全球主要经济体的共识。

表 9 物联网的发展历程

时间	主要事件	国家	事件内容
1990	物联网最早实践标志	美国	• 施乐公司的网络可乐贩售机，利用传感技术，通过网络操控设备
1995	提出概念	美国	• 麻省理工学院建立了“自动识别中心”，并提出“万物皆可通过网络互联”的说法
1999	概念产生	美国	• 美国召开的移动计算和网络国际会议提出了“传感网是下一个世纪人类面临的又一个发展机遇”，会议上提出物联网这个概念
2005	定义范围扩大	突尼斯	• 信息社会世界峰会（WSIS）上，国际电信联盟（ITU）发布《ITU 互联网报告 2005：物联网》，引用了“物联网”的概念，并将物联网的概念定义为通过 RFID 和智能计算等技术实现全世界设备互联的网络
2006	韩国的物联网实践	韩国	• 确立了 u-Korea 计划，该计划旨在建立无所不在的社会（ubiquitous society），在民众的生活环境里建设智能型网络（如 IPv6、BcN、USN）和各种新型应用，让民众可以随时随地享有科技智慧服务
2008	物联网与经济发展	中国	• 北京大学举行的第二届中国移动政务研讨会“知识社会与创新 2.0”提出移动技术、物联网技术的发展代表着新一代信息技术的形成，并带动了经济社会形态、创新形态的变革，推动了面向知识社会的以用户体验为核心的下一代创新（创新 2.0）形态的形成，创新与发展更加关注用户、注重以人为本
2009	智慧地球概念	美国	• 奥巴马与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”，IBM 首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。物联网成为振兴美国经济的两大重点之一
2012	我国的物联网实践	中国	• 中国的第一个物联网五年规划——《物联网“十二五”发展规划》由工信部颁布，实现技术与标准国产化、运营与管理体系化、产业草根化

来源：清科研究中心根据公开资料整理

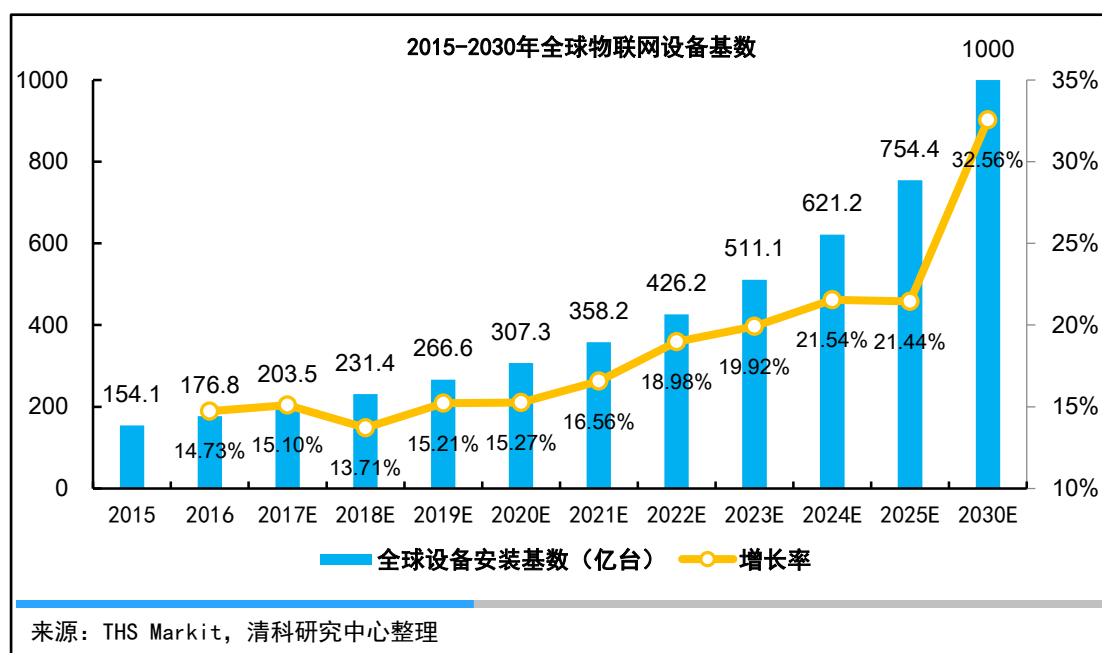
2.1.1 全球及中国物联网市场及竞争分析

2.1.1.1 全球物联设备基数显著增长，国外巨头差异化竞争，深入垂直领域

全球物联网应用呈显著增长态势。物联网作为信息通信技术的典型代表，在全球范围内呈现加速发展的态势，可穿戴设备、智能家电、自动驾驶汽车、智能机器人等设备与应用的发展促使数以百亿计的新设备将接入网络，万物互联的时代正在加速来临。到 2025 年，全球物联网设备基数预计将达到 754 亿台，较 2017 年预估的 200 亿台左右，复合增长率达 17%。从连接形式上，将由目前主导的手机与其他消费终端连接方式，转变为工业及机器设备间的连接（M2M）：预计在 2018 年，物联网设备的连接，将超过手机成为最大的互联网设备连接类别；据 Cisco 估计，到 2020 年，M2M 的设备连接将占有设备连接基数的 46%，

同时其数量在 2015-2020 年间增长 2.5 倍。万物互联在推动海量设备接入的同时，将在网络中形成海量数据，预计 2020 年全球联网设备带来数据将达到 44ZB，物联网数据价值的发掘将进一步推动物联网应用的爆发式增长，促进生产生活和社会管理方式不断向智能化、精细化、网络化方向转变。由此可见，相较于其他技术，物联网对互联网应用终端的影响是最深刻而最具有冲击力的。

图 22 2015-2030 年全球物联网设备基数



Intel: 英特尔积极布置在物联网上游的芯片开发领域，一直处于开发新一代低功耗物联网芯片的前沿，英特尔研发中心（英特尔开放实验室）等一批产业合作项目（如机器人控制器）奠定了英特尔的物联网发展基础。在 2015 年第二季度，物联网相关业务为英特尔带来了超过 5 亿美元的收入。

IBM: IBM 不打算跨入 IoT 装置市场，只专注发展云端 IoT 应用平台“Watson IoT”，并计划结合认知物联网（Cognitive IoT）技术，来打造新 IoT 商业应用模式。其 Bluemix 云端平台提供的 IoT 服务中，加入了认知运算的能力，希望让未来的 IoT 装置或设备也能具备有 AI 功能，能够通过机器学习等方式，整合多种信息为平台使用者提供“智慧”的服务。

Google: 谷歌自 2011 年起在物联网领域布局，软件上拥有 Brillo 的物联网 RTOS 实时操作系统，和基于 json 的物联网通讯语言 Weave，形成了从操作系统到通讯协议的全面布局。硬件上，谷歌斥资 32 亿美元收购了智能硬件公司 Nest，同时推出了 Google Home 智能家居的硬件控制中心以及路由器产品 OnHub 和 Google WiFi，在智能硬件领域积极开拓。

Microsoft: 微软的物联网与云平台相辅相成，通过微软 Azure 云端平台，协助企业打造物联网分散式系统，用来捕捉不同设备、装置之间产生大量的数据流，进而加以整合，并提

供协作、分析，为客户提供决策依据。微软也推出了 Windows10 的物联网版本，作为开发工具在软件端布局。

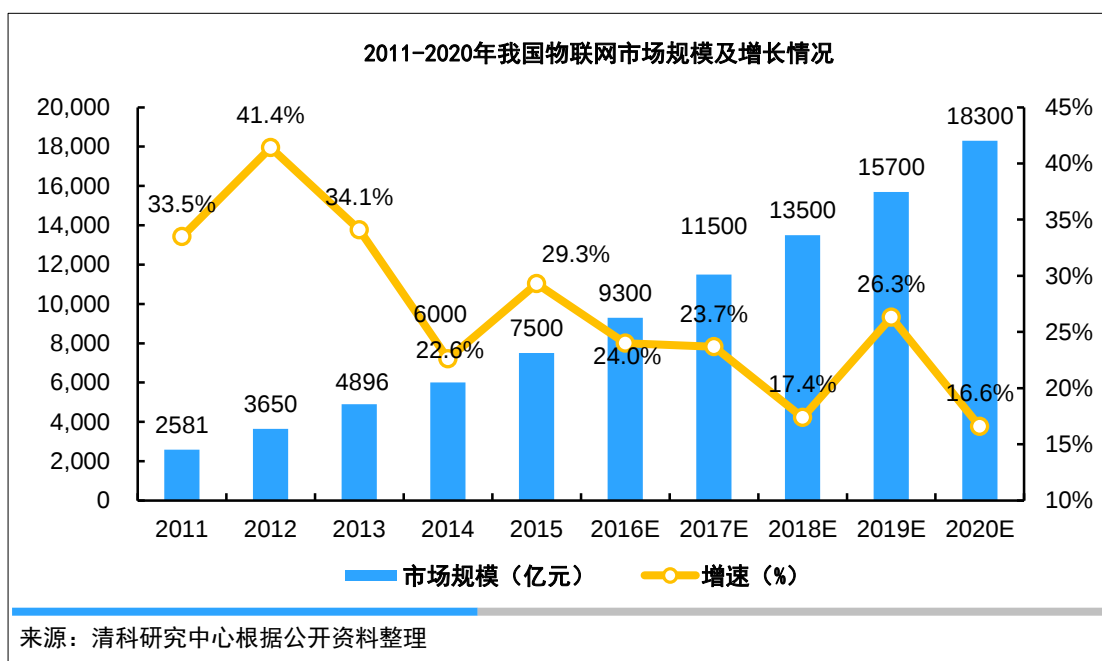
Apple: 拥有十亿量级移动终端的苹果，在物联网硬件上拥有无可比拟的优势，并且还推出了 Apple Watch 等智能可穿戴设备进一步扩大市场份额；同时苹果也积极地在软件上进行物联网布局：搭建了 HomeKit 智能家居平台系统，Car Play 车载移动服务平台系统。

Cisco: 思科积极布局工业物联网，侧重强调在网络连接性方面的优势认为物联网广告、智能工厂和远程办公支持系统是物联网最热门的三大应用。同时于 2016 年以 14 亿美金收购物联网初创公司 Jasper Technologies，推出全行业可互操作性平台，可供生态系统合作伙伴用以开拓业务，加快企业创建和部署物联网服务的速度。

2.1.1.2 中国物联网市场快速发展，国内巨头结合自身基因，强调平台生态

根据中国工信部的数据，2014 年，中国物联网产业规模达到了 6000 亿元人民币，同比增长 22.6%，2015 年产业规模达到 7500 亿元人民币，同比增长 29.3%。预计到 2020 年，中国物联网的整体规模将超过 1.8 万亿元。

图 23 2011-2020 年我国物联网市场规模及增长情况



阿里巴巴: 2016 年，阿里巴巴集团推出了物联网战略，其中包括阿里云、阿里智能、YunOS 等事业群组共同打造物联网时代的服务平台。用大生态的思路推动物联网生态的繁荣，不做智能硬件，利用电商，云计算和操作系统等强项，提供基础服务，侧重 YunOS 操作系统的开发，布局包括家居，交通，建筑等多端生态。

腾讯: 2015 年推出 QQ 物联，凭借腾讯强大的 QQ 社交体系帮助传统行业实现互联网化。

QQ 物联和腾讯云联合团队还发布了 12 个物联垂直解决方案，包含智能电视、智能音响、智能相框、运动手环、可视门铃、空气净化器、行车记录仪、早教机、儿童手表、打印机、IPC、NAS 设备等 12 个典型场景。

百度：2015 年推出物联网平台“BAIDU IoT”，结合云计算及搜索引擎大数据，结合在深度学习、人工智能上的优势，率先应用于搜索与地图等应用场景。同时，提供设备与云的双向验证，用户访问设备鉴权，基于 TLS 的安全传输，设备的网络密钥分发，提供端到云全面的安全能力，是百度在物联网领域独具的特色。

华为：2015 年公布物联网“1+2+1”战略：平台+接入（有线、无线）+轻量级物联网操作系统 LiteOS。针对物联网海量联接、超低功耗的需求，华为提出了基于 4.5G 技术的 eW-IOT 解决方案，打造更好的工业互联平台，可应用于园区物流、自动出入库、AGV 上下料、智能装配再到柔性生产。

中兴通讯：中兴通讯全面布局低功耗广覆盖物联网（LPWAN）领域，提供物联网终端芯片、轻量级操作系统 SmartOS、物联网 PAAS 平台、大数据分析平台、物联网安全平台、各种物联网有线/无线接入技术，在智慧城市、智慧家庭、车联网、工业物联网等四大行业领域提供广泛解决方案。同时也在 NB-IoT 系统，5G 通讯等物联网网络层技术进行技术布局。

2.1.2 全球及中国物联网产业政策分析

2.1.2.1 各国政府齐头并进，政策和资金投入不断加大

各国高度重视物联网新一轮发展带来的产业机遇，美国、欧盟等发达国家和地区在战略设计、产业生态组织、政策环境建设、大规模应用示范方面大力推进，抢抓物联网制高点意向非常突出。

美国物联网重点聚焦于以工业互联网为基础的先进制造体系构建。据 2016 年上半年统计，美国物联网支出将从今年的 2320 亿美元增长到 2019 年的 3570 亿美元，复合年增长率将达到 16.1%。其中制造业、交通行业在 2016 年成为物联网行业支出最大的部分。为了继续在物联网领域保持领先地位，美国参议院商业委员会 2016 年批准通过成立工作委员会为美国政府推动物联网创新提供顶层框架设计、创新建议和为推动物联网发展的频谱规划，美国众议院能源与商务委员会宣布成立两党工作组对物联网政策进行审查并提交总结建议。

美国商务部、总统行政办公室、国家科学与技术委员会、先进制造国家项目办公室在 2016 年初向国会联合提交了首份国家制造创新网络年度报告和战略计划，希望借助先进的网络技术基础重塑美国在制造业的领先优势。2016 年 6 月，由美国能源部和加州大学洛杉矶分校共同牵头成立的第九家制造业创新中心“智能制造创新中心”在洛杉矶成立，联邦机构和非联邦机构各投资 7000 万美元用于重点推动智能传感器、数据分析和系统控制的研究、

部署和应用。

欧盟尝试“由外及内”方式打造开环物联网的新策略。通过构造和提高外部生态环境来间接作用于行业整体，力图实现“欧盟数字化单一市场战略（DSM）”中所提出的一个单一的物联网市场、一个蓬勃的物联网生态系统、一个以“人”为中心的物联网方法。欧盟为此先后在 2015 年重构物联网创新联盟（AIOTI），在 2016 年组建物联网创新平台（IOT-EPI），希望构建一个蓬勃发展的、可持续的欧洲物联网生态系统，最大化发挥平台开发、互操作、信息共享等“水平化”共性技术和能力的作用。同时，欧盟通过“地平线 2020”研发计划在物联网领域投入近 2 亿欧元，建设连接智能对象的物联网平台，开展物联网水平行动，推动物联网集成和平台研究创新，特别是重点选取自动网联汽车、智慧城市、智能可穿戴设备、智能农业和食品安全、智能养老等五个方面开展大规模示范应用，希望构建大规模开环物联网生态体系。

日本、韩国、俄罗斯等国家持续加大物联网推进力度。2016 年日本物联网市场规模 62000 亿日元，到 2020 年将达到 138000 亿日元，在日本总务省和经济产业省指导下由 2000 多家国内外企业组成的“物联网推进联盟”在 2016 年 10 月与美国工业互联网联盟（IIC）、德国工业 4.0 平台签署合作备忘录，希望美日德联合推进物联网标准合作。韩国选择以人工智能、智慧城市、虚拟现实等九大国家创新项目作为发掘新经济增长动力和提升国民生活质量的新引擎，未来十年间韩国未来创造科学部将投入超过 2 万亿韩元推进这九大项目，同时韩国运营商积极部署推进物联网专用网络建设。俄罗斯首次对外宣称启动物联网研究及应用部署。俄罗斯互联网创新发展基金制定了物联网技术发展“路线图”草案，俄罗斯工业贸易部、俄罗斯通信与大众传媒部、互联网创新发展基金、俄罗斯各联邦主体和其他有关政府机构将在此基础上进一步确定试验项目、试点行业和地区。预计试验项目将在 2017 至 2018 年启动，到 2020 年计划实施至少 20 个项目。

2.1.2.2 物联网上升为中国国家战略，顶层设计不断完善

近年来，我国高度重视物联网的发展，且已把物联网上升为国家战略产业，并持续发布了一系列政策文件推动物联网的产业进展。在 2016 年的政府工作报告中，李克强总理指出，要加快物联网应用等新技术、新业态、新模式，推动传统产业生产、管理和营销模式变革。而在 2016 年 12 月 27 日，国务院发布的《“十三五”国家信息化规划》中有 20 处提到“物联网”，明确提出 10 个物联网发展专项行动计划实施物联网重大应用示范工程，推进物联网应用区域试点。2017 年 1 月，工信部发布的《物联网“十三五”规划》，则明确了物联网产业“十三五”的发展目标：完善技术创新体系，构建完善标准体系，推动物联网规模应用，完善公共服务体系，提升安全保障能力等具体任务。

表 10 近年我国物联网相关政策情况

时间	部门	政策名称	政策详情
2017. 01	工信部	《物联网发展规划(2016-2020)》	以促进物联网规模化应用为主线,以创新为动力,以产业链开放协作为重点,以保障安全为前提,加快建设物联网泛在基础设施、应用服务平台和数据共享服务平台,持续优化发展环境,突破关键核心技术,健全标准体系,创新服务模式,构建有国际竞争力的物联网产业生态
2016. 01	十八届五中全会	《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》	实施“互联网+”行动计划,发展物联网技术和应用,发展分享经济,促进互联网和经济社会融合发展
2015. 03	国务院	《2015 年政府工作报告》	李克强总理在报告中八次提到“互联网”三个字,包括“制定‘互联网’行动计划”、“推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合”、“促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展”
2014. 08	国家发展改革委、工信部、科技部、财政部等	《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》	高度重视和突出物联网在智慧城市发展中的重要作用
2013. 09	国家发展改革委、工信部、科技部等	《物联网发展专项行动计划(2013-2015)》	计划包含了顶层设计、标准制定、技术研发、应用推广、产业支撑、商业模式、安全保障、政府扶持、法律法规、人才培养 10 个专项行动计划。各个专项计划从各自角度,对 2015 年物联网行业将要达到的总体目标作出了规定
2013. 02	国务院	《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》	进一步明确发展目标和发展思路,推出十个物联网发展专项行动计划落实具体任务。在国家其它有关信息产业和信息化的政策文件中也提出推动物联网产业发展
2013. 2	国务院办公厅	《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》	《意见》提出,到 2015 年,我国要实现物联网在经济社会重要领域的规模示范应用,突破一批核心技术,培育一批创新型中小企业,打造较完善的物联网产业链,初步形成满足物联网规模应用和产业化需求的标准体系,并建立健全物联网安全测评、风险评估、安全防范、应急处置等机制。意见指出,将建立健全有利于物联网应用推广、创新激励、有序竞争的政策体系,抓紧推动制定完善信息安全与隐私保护等方面的法律法规。建立鼓励多元资本公平进入的市场准入机制。加快物联网相关标准、检测、认证等公共服务平台建设,完善支撑服务体系。加强知识产权保护,加快推进物联网相关专利布局,从而推动物联网健康有序的发展
2012. 02	工信部	《“十二五”物联网发展规划》	规划提出,到 2015 年,中国要在物联网核心技术研发与产业化、关键标准研究与制定、产业链条建立与完善、重大应用示范与推广等方面取得显著成效,初步形成创新驱动、应用牵引、协同发展、安全可控的物联网发展格局
2011. 03	国务院	《国家“十二五”	《纲要》提出要推动重点领域跨越发展,大力发展节能环保、

		规划纲要》	新一代信息技术、新能源、新材料等战略性新兴产业。物联网是新一代信息技术的高度集成和综合运用，已被国务院作为战略性新兴产业上升为国家发展战略
2010.10	国务院办公厅	《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》	物联网作为新一代信息技术里面的重要一项被列为其中，成为国家首批加快培育的七个战略性新兴产业。这标志着物联网被列入国家发展战略

来源：清科研究中心根据公开资料整理

2.1.2.3 中国物联网标准化不断完善，技术影响力持续扩大

我国在物联网标准化工作中持续发挥积极作用，主导了一系列重要领域标准的制定工作，制定了物联网综合标准化体系指南，梳理标准项目共计 900 余项，物联网参考架构、智能制造、电子健康指标评估、物联网语义和大数据等多个我国主导的国际物联网得到发布。

一是我国专家在标准化组织中担任了部分重要职位为推进我国主导的相关标准奠定了良好基础。截至 2016 年 3 月，在 OneM2M、3GPP、ITU、IEEE 等主要标准化组织物联网相关领域，我国获得 30 多项物联网相关标准组织相关领导席位，主持相关领域标准化工作，有力的提升了我国国际标准影响力。

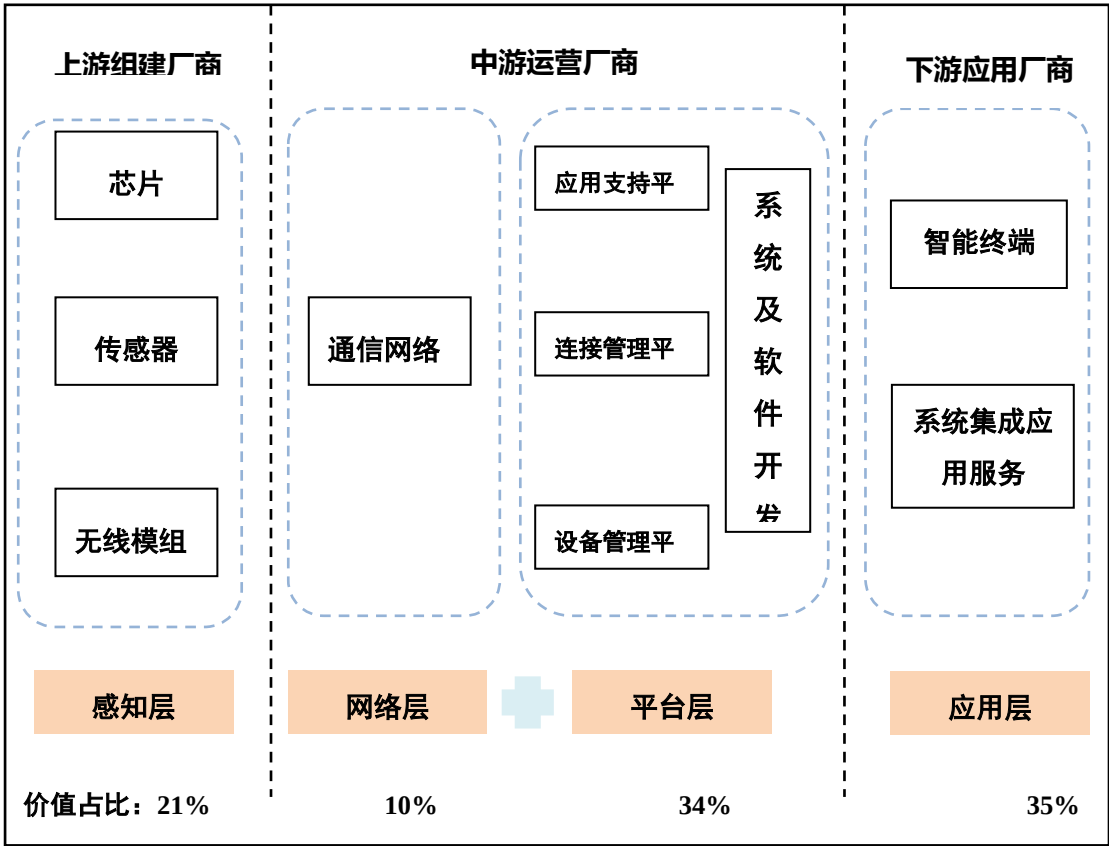
二是国内单位积极立项，我国成为物联网标准化推进的重要力量。依托我国在移动通信、互联网等方面的长期技术积累和服务创新，我国企业持续进行技术创新和标准投入，在物联网无线广域通信网、基于 web 技术的物联网服务能力、可穿戴设备、车联网等领域形成了与发达国家共同主导标准制定的态势，共同推进了全球移动物联基础设施和业务应用的发展。

三是在重要标准上我国逐步确立主导优势。我国在物联网语义、物联网大数据、物联网网关等重要领域主导相关标准的制定工作，逐步形成在标准制定上的优势。2016 年 4 月，我国在 ITU-T 主导的“智慧可持续发展城市评估指标”系列国际标准获得通过，该指标成为全球智慧城市领域最权威、最具影响力的评估指标标准之一。同月，ISO/IEC JTC1 发布由我国主导的物联网参考架构标准。中国自主研发的物联网安全关键技术 TRAIS 和 NEAU 标准被相继纳入 RFID 安全和 NFC 安全国际标准，实现了在物联网安全领域的标准突破。

2.1.3 全球及中国物联网产业链分析

物联网产业链主要分为四个层级，分别为感知层、网络层、平台层和应用层。产业链上游为感知层部分，主要包括芯片、传感器和无线模组等组件厂商；中游由网络层和平台层组成，主要包括网络运营商和系统/软件开发等运营厂商；下游为应用层部分，主要包括智能终端和系统集成应用服务等应用厂商，同时，应用层是物联网和用户的接口，它与行业需求结合，实现物联网的智能应用。

图 24 物联网产业链图



来源：清科研究中心根据公开资料整理

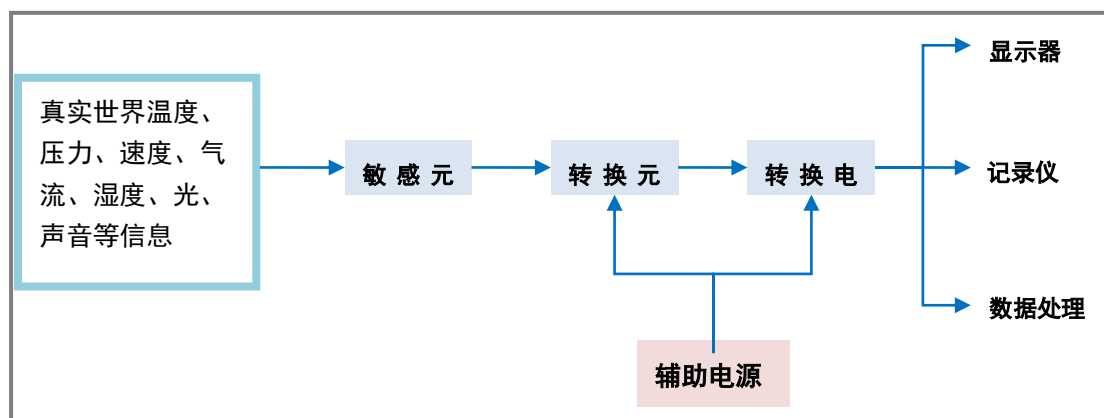
2.1.3.1 感知层：核心层，传感器和芯片是核心零部件

作为物联网的核心层，该层主要用于物品标识和信息的智能采集，它由基本的感应器件（例如 RFID 标签和读写器、各类传感器、摄像头、GPS、二维码标签和识读器等基本标识和传感器件组成）以及感应器组成的网络（例如 RFID 网络、传感器网络等）两大部分组成。涉及的核心产品包括传感器、电子标签、传感器节点、无线路由器、无线网关等。涉及的核心技术包括电子射频技术、新兴传感器技术、无线网络组网技术、现场总线控制技术（FCS）等。

（一）感知层核心零部件：传感器

传感器，是由一种敏感元件和转换元件组成的检测装置，能感受到被测量，并能将检测和感受到的信息按照一定规律转换为电信号（电压、电流、频率或者是相位等）的形式输出，最终为物联网应用的数据分析提供数据来源。

图 25 传感器运行示意图



传感器一般由敏感元件、转换元件、变换电路和辅助电源四部分组成，敏感元件直接感受被测量，并输出与被测量有确定关系的物理量信号；转换元件将敏感元件输出的物理量信号转换为电信号；变换电路负责对转换元件输出的电信号进行放大调制；转换元件和变换电路一般还需要辅助电源供电。

传感器未来发展趋势：

● 无线传感器的大规模运用和无线传感器网络的形成

人们想要通过物联网做到对于物理世界的全面感知必须要得确保感知层获得的数据要全面和准确，物联网系统需要根据应用的领域和具体的需求去布置大量的传感器，传感器与物联网系统就不可能采用物理连接的方式，而必须采用无线信道来传输数据和通信。未来无线传感器的规模化使用必将形成。

无线传感器网络（WSN）是一种分布式传感网络，它的末梢是可以感知和检查外部世界的传感器。WSN 中的传感器通过无线方式通信，因此网络设置灵活，设备位置可以随时更改，还可以跟互联网进行有线或无线方式的连接。通过无线通信方式形成的一个多跳自组织的网络。

● 传感器的智能化和集成化将成为未来主要趋势

智能传感器是用嵌入式技术将传感器与微处理器集成为一体，使其成为具有环境感知、数据处理、智能控制与数据通信功能的智能数据终端设备。其具有自学习、自诊断和自补偿能力、复合感知能力以及灵活的通信能力。这样，传感器在感知物理世界的时候反馈给物联网系统的数据就会更准确，更全面，达到精确感知的目的。

MEMS（微型电子机械系统），利用传统的半导体工艺和材料，集微型传感器、微型执行器、微机械机构，以及信号处理和电路，直至接口、通信和电源等于一体的微型器件或系统。这种小体积、低成本、集成化、智能化传感系统是未来传感器的重要发展方向，也

是物联网的核心。

（二） 感知层核心零部件：芯片

芯片，英文为 **Chip**；芯片一般是指集成电路的载体，也是集成电路经过设计、制造、封装、测试后的结果，通常是一个可以立即使用的独立的整体。“芯片作为物联网的核心设备，在物联网中的所有应用中处于核心地位。物联网芯片主要包括：**MCU、FPGA、Memory、Sensor、连接芯片**等。

随着物联网的快速发展，物联网芯片产品市场前景广阔，据 ITU、思科、Intel 等多家机构预测，快速增长的物联网终端，将极大刺激对通讯连接芯片和传感器芯片的需求。到 2020 年全球物联网终端设备将达到 500 亿台，而作为物联网终端核心元器件的通讯连接芯片和传感器芯片的占比将进一步提升，预计到 2020 年比例将提升至 50%以上。

芯片未来发展趋势：MCU 将会是未来物联网组成的基础器件

MCU 即微控制单元/单片机，它集成了中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、计数器、以及 I/O 端口为一体。在此基础上，将要处理的数据、计算方法、步骤、操作命令编制成程序，存放于 MCU 内部或外部存储器中，MCU 在运行时能自动地、连续地从存储器中取出并执行。

物联网的根本需求是对涉及到的各种物理对象进行持续高效的感测，同时这些细小的数据通过互联网汇合再用于创建以智能化为基础的数据分析，可以说物联网能够实现的基础正是以 MCU 为首的小型高效互连终端节点的互通互联。

从物联网的角度看，物与物的通信需要 MCU 的低功耗、低价格以及高性能特性，CPU 在浮点计算方面更具优势，GPU 在视频处理方面更具优势，MCU 则处于两者之间。MCU 可用于可穿戴等物联网终端设备，也可用于汽车引擎的控制。MCU 的架构要有足够的灵活性和自适性，以适应不同的应用，越来越多的 32 位甚至 64 位多核 MCU 已经可以应对多种复杂的应用并集成到一颗 SoC 中。

目前产品均是以 ARM 系列内核来进行设计，其中 8 位和 32 位 MCU 逐渐趋于主导产品，随着新兴物联网应用领域的不断拓展，将需要更多低功耗、低成本、高集成、高精度、高稳定性能的 MCU。MCU 将会是未来物联网组成以及嵌入式智能系统的基础器件。

2.1.3.2 网络层：5G 技术上升至国家战略，我国 5G 有望引领全球

网络层主要完成接入和传输功能，是进行信息交换、传递的数据通路，包括接入网与传输网两种。传输网由公网和专网组成，典型传输网络包括电信网（固网、移动网）、广电网、互联网、电力通信网、专用网（数字集群）。接入网包括光纤接入、无线接入、以太网接入、卫星接入等各类接入方式，实现底层的传感器网络、RFID 网络的最后一公里的接入。

（一）典型技术概述

- 无线局域网技术：包括 Wi-Fi 技术和 Adhoc 网络技术；
- 无线广域网技术：包括 GSM 技术、GPRS 技术、3G、4G、5G 技术、NB-IOT 技术；
- 无线个域网技术：包括蓝牙技术、Zigbee 网络技术、UWB 超宽带技术、Z-wave 技术、RFID 通讯技术、NFC 和 IrDA 等
- 其他网络技术：有线通信网络技术、M2M 技术和三网融合技术等

网络层典型技术：5G 开启信息社会新变革

5G（第五代移动通信）是 IMT（国际移动通信）的下一阶段，其关键性能指标包括用户体验速率、连接数密度、端到端时延、流量密度、移动性和用户峰值速率。5G “三超”：超高速、超低时延、超大连接的关键能力和增强移动宽带、海量机器类通信、超高可靠低时延的应用场景，将开启人类信息社会的新一轮变革，对社会各领域的渗透与影响也将前所未有。

表 11 5G 关键指标

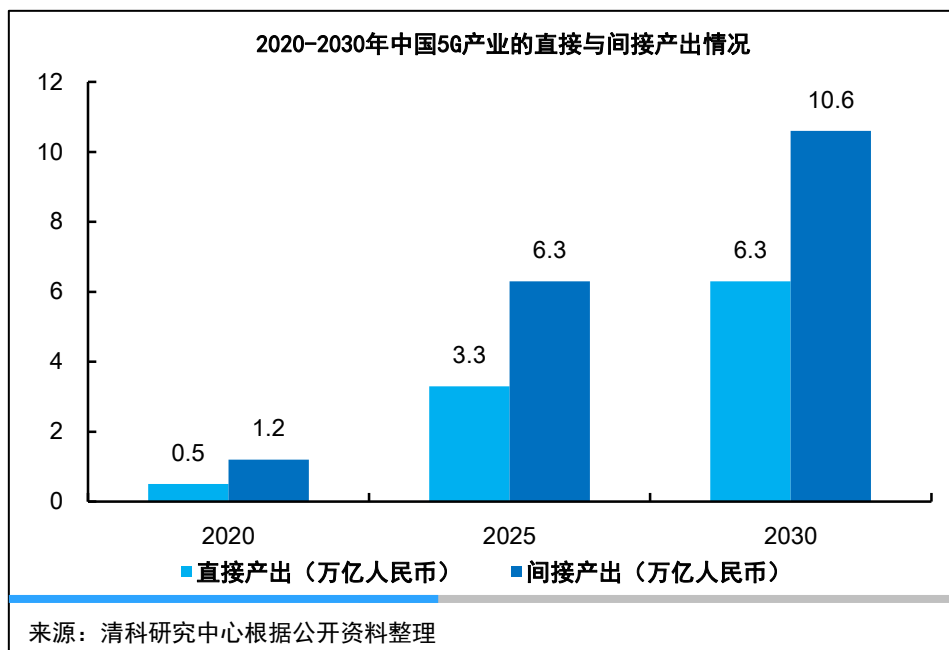
项目	取值	定义
用户体验速度	0.1 至 1Gbps	真实网络环境下用户可获取的最低传输速率
连接数密度	10^6 – 10^7 /平方公里	单位面积上支撑在线设备总和
端到端时延	空口 1ms	数据包从源节点开始传输到被目的地节点正常接收的时间
移动性	500km/h	满足一定性能的要求时，收发双方的最大相对移动速度
峰值速度	10 至 500 Gbps	单个用户可获得最高传输速率
流量密度	数+Tbps/平方公里	单位面积区域内的总流量
能效	50-100 倍以上(比 4G)	与网络能量消耗对应的信息传输总量以及设备电池寿命
频道效率	5 倍提升 (比 4G)	单位频道资源提供的的数据吞吐量

来源：清科研究中心根据公开资料整理

（二）万亿级别市场，增长潜力无限

据 IHS Markit 预测，到 2035 年 5G 将在全球创造 12.3 万亿美元经济产出，价值链平均每年将投入 2000 亿美元，2020 - 2035 年平均每年为全球年度 GDP 创造贡献将达 3 万亿美元。对于中国，据统计到 2030 年中国 5G 直接产出和间接产出将分别达 6.3 万亿和 10.6 万亿元。2020-2030 年直接产出和在间接产出年均复合增长率将分别为 29%、24%。

图 26 2020-2030 年中国 5G 产业的直接与间接产出情况



从产出结构看，拉动产出增长的动力随 5G 商用进程的深化而相继转换。5G 商用初期：运营商网络建设拉动为主。预计 2020 年网络设备和终端设备收入合计约 4500 亿元，占直接经济总产出 94%。5G 商用中期：终端设备与信息服务放量。预计到 2025 年将总计达 2.1 万亿元，占直接经济总产出 64%。5G 商用中后期：信息服务占主导。预计 2030 年互联网信息服务收入达到 2.6 万亿元，占直接经济总产出的 42%。

（三） 2019 年或成为 5G 商用元年，我国深度参与标准制定

我国从国家政策层面明确了未来 5G 的发展目标和方向，《中国制造 2025》提出全面突破 5G 技术，突破“未来网络”核心技术和体系架构，《十三五规划纲要》提出积极推进 5G 发展，布局未来网络架构，到 2020 年启动 5G 商用。

图 27 中国移动 5G 推进计划时间轴



不同于 3G/4G 有不同的标准制式，5G 将实现全球统一的一个标准，中国深度参与了 5G 各项标准制定。2016 年 11 月，以华为为代表、由中国主导推动的 Polar Code 码被 3GPP 采纳为 5G eMBB 控制信道标准方案。2017 年 6 月，3GPP 正式确认中国移动牵头 5G 核心网的

SBA 架构作为统一基础架构。中国企业参与标准的深度也是前所未有的。

（四） 5G 助力万物互联现实化

5G 的快速发展将有效支撑物联网落地：物联网时代大规模数据流量增加，同时带动设备连接数量的高速增长。目前，全球物联网设备连接数量约 200 亿台，到了 2030 年全球设备连接数将达 1 千亿。传统基站能够承载的最高连接设备数不能够满足物联网设备的高速成长。物联网场景下，对于网络连接的承载、流量速率以及网络延迟等问题的要求，是当前网络技术所不能够实现的，而 5G 技术则将是物联网整体的重要支撑和承载。

无线接入技术和网络架构技术结合实现万物互联：5G 主要采用包括大规模天线阵列、超密集组网、新型多址、全频谱接入和新型网络架构在内的一组关键技术，满足各种物联网场景下差异化的需求。5G 的三个主要应用场景：一是增强型移动宽带（eMBB）；二是大连接物联网（mMTC）；三是低时延、高可靠通信（uRLLC）。这几项技术将有效满足 5G 对于大连接、大流量及低时延的基本需求。其中 mMTC 的重要用处就是对万物互联这样需要大量连接和自动化灵活控制的场景起核心支撑，当前传统基站用户接入范围也就仅仅数个到数十个而已，而在 5G 时代一个基站通过海量连接可以实现成千上万终端接入，保证某一个区域内多终端的顺利通信；uRLLC 通过超低时延保证毫秒级响应时间，这项技术最重要的运用场景是以极低响应时间为重要指标的无人驾驶场景和远程医疗手术；而对 eMBB 而言，最重要的是可能会产生海量数据的工业物联网场景，虽然对整体时延需求不高，但会产生大量数据向云端传输。

2.1.3.3 平台层：人工智能、区块链、大数据是典型技术

对感知信息的处理和控制在平台层实现的。平台层由业务支撑平台（中间件平台）、网络管理平台、信息处理平台、信息安全平台、服务支撑平台等组成，完成协同、管理、计算、存储、分析、挖掘、以及提供面向行业和大众用户的服务等功能。物联网平台涉及的技术主要包括人工智能⁸、区块链技术⁹、大数据技术¹⁰、云计算等。成万上亿的物联网设备产生大量的数据，大量的数据存储到云端，并在云端进行计算、分析、学习，从而产生认知决策，决策于物联网设备终端，形成一个完整的闭环。

云计算的定义是将待处理的数据送到互联网上的超级计算机集群中，进行计算和处理，能够在网络上实现按需购买和按使用付费的业务模式。对于数据处理数量庞大的企业来讲，使用云计算可以大量节省 IT 成本开支，有些企业可以节省 70%以上。

⁸ 人工智能分析详情见本白皮书第二部分第 1 章。

⁹ 区块链分析详情见本章节关于区块链的部分。

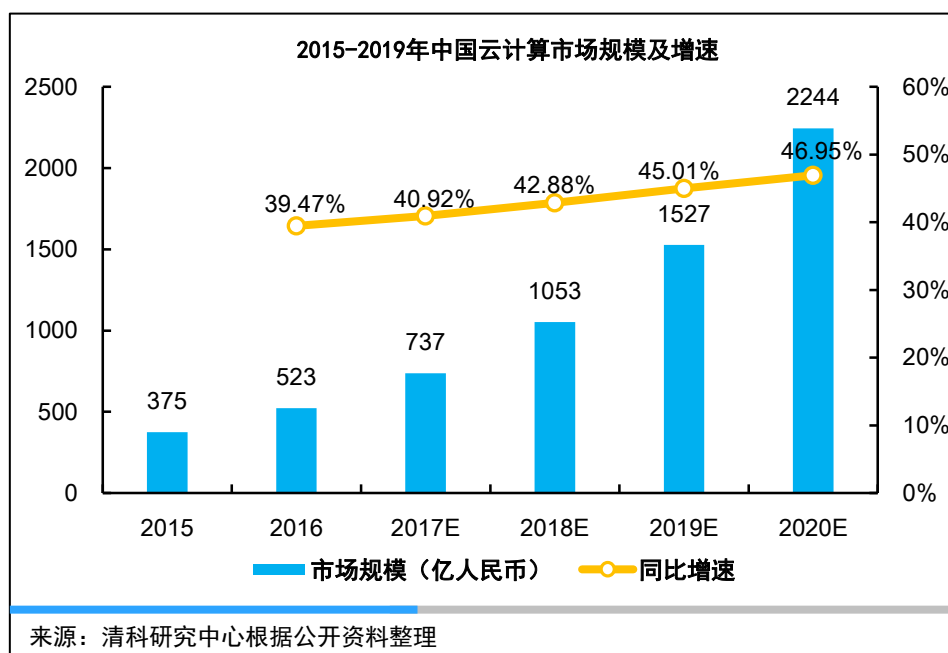
¹⁰ 大数据分析详见本章节关于大数据的部分。

云计算按服务类型可分为：**1）基础设施云（IaaS）**，为用户提供的是底层的、接近于直接操作硬件资源的服务接口。通过调用这些接口，用户可以直接获得计算和存储能力，但不提供任何进一步的服务，如任务的设计和实现等。**2）平台云（PaaS）**，为用户提供一个托管平台，用户可以将他们所开发和运营的应用托管到云平台中，一旦客户的应用被开发和部署完成，所涉及的其他管理工作，如动态资源调整等，都将由该平台层负责。**3）应用云（SaaS）**，为用户提供可以为其直接所用的应用，一般是基于浏览器且针对某一项特定的功能。应用云最容易被用户使用，因为它们都是开发完成的软件，只需要进行一些定制就可以交付。

云计算按部署方式可分为：**1）公有云**，云服务提供商在不同的区域建立多个数据中心，通过虚拟化和网络将所有的资源整合到一个巨大的“资源池”中，再通过云平台和互联网向用户提供服务，任意一个用户对资源的使用权完全公有。**2）私有云**，为企业或组织所专有的云计算环境，用户只能是这个企业或组织的内部成员，这些成员共享着该云计算环境所提供的所有资源。**3）混合云**，将公有云与私有云混合在一起，充分发挥两者优势，将敏感的数据和非敏感的应用分开部署，成本更低同时也更为灵活。

国内市场高速发展，公有云渗透空间较大。目前我国云计算市场规模约为 700 亿元，预计到 2020 年将达到 2000 亿规模，市场整体保持高速扩张态势，年化同比增长超 100%。其中公有云占比约 35%，预计到 2020 年公有云的比重将达到 67%，IaaS/PaaS/SaaS 在云服务中的占比分别为 41%/10%/49%，到 2020 年预计占比将分别为 28%/8%/64%，由于公有云及 SaaS 主要服务于中小企业，这部分需求会在今后技术逐渐成熟后逐步释放。

图 28 2015-2019 年中国云计算市场规模及增速



政策助力云计算产业未来腾飞。自 2012 年云计算被列为战略新兴产业以来，我国政府

制定了一系列强有力的指导及规划政策促进云计算产业发展。云计算产业发展、行业推广、应用基础、安全管理等重要环节的宏观政策环境已经基本形成。国务院于 2016 年发布《“十三五”国家信息化规划》将云计算技术体系列为信息领域核心技术之一，强调云计算数据中心的部署。2017 年，工信部发布《云计算发展三年行动计划（2017-2019 年）》，从提升技术水平、增强产业能力、推动行业应用、保障网络安全、营造产业环境等多个方面，推动云计算健康快速发展。

2.1.3.4 应用层：智能家居、智慧医疗、车联网如火如荼

应用层是物联网和用户的接口，它与行业发展应用需求相结合，实现物联网的广泛智能化服务应用。目前应用领域有智慧医疗、车联网、智能交通、智能安防、可穿戴设备、智能家居、智能制造、智能电网、智能物流、智能手机、智慧农业、智能环保、智能校园、智慧校园等多个领域。

（一）典型应用领域：车联网

车联网是以车内网、车际网和车载移动互联网为基础，按照约定的通信协议和数据交互标准，在车分别与车、路、行人及互联网等之间，进行无线通讯和信息交换的大系统，是能够实现智能交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化网络。据埃森哲估计，我国 2016 年车联网规模为 77 亿美元，在 2020 年达到 338 亿美元，2025 年爆发至 2162 亿美元。

目前车联网总体还处于发展初期，应用主要包括三类，一是舒适和信息娱乐类应用，二是安全服务类应用，三是节能高效类应用。未来随着 4G、5G、V2X 通信以及自动驾驶系统等新技术应用，车联网将提供更多安全、节能、高效以及高带宽需求的业务，车联网业务体系将逐渐丰富，汽车开始从代步工具向信息平台、娱乐平台、智能控制平台转化，汽车空间将越来越多的开放给业务开发者，新型汽车业务生态将逐步构建。

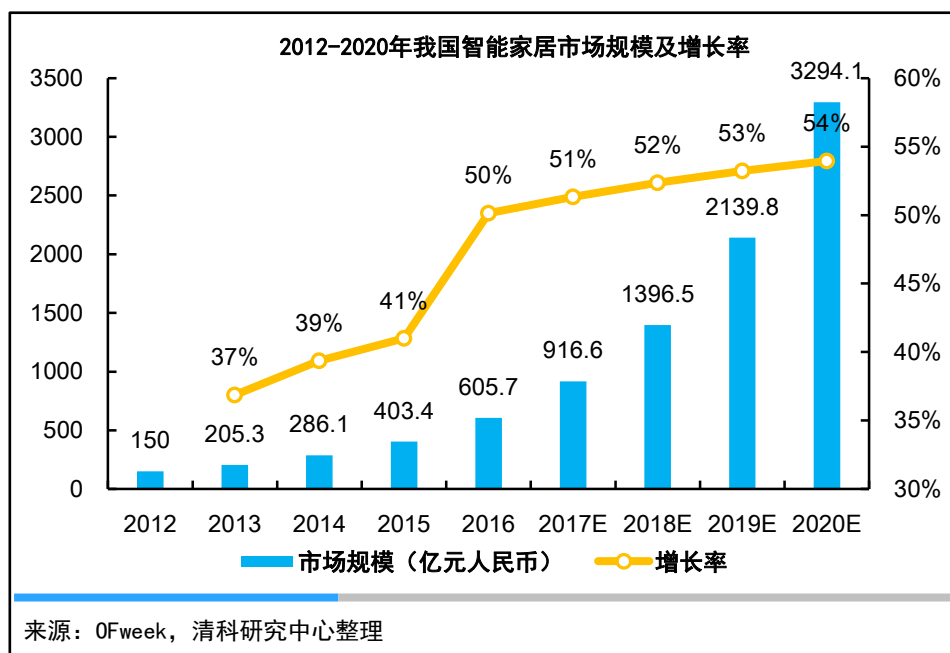
智能化、网联化是车联网发展的主线。一是车载操作系统从单一功能向综合智能业务支撑发展。汽车操作系统从早期的主要承载信息化业务逐步向支撑信息娱乐化业务、V2X 业务等综合智能业务的方向发展。二是信息网联技术成为智能网联驾驶的基础，将实现车内、车人、车车、车路、车与云服务平台的 V2X 全方位网络连接。通过通信及互联网技术，可突破单车智能的非视距感知、车辆信息共享等技术瓶颈，最终实现智能网联驾驶的各种应用，已经成为汽车产业的未来发展趋势。

（二）典型应用领域：智能家居

智能家居是以住宅为平台，利用综合布线技术、网络通信技术、安全防范技术、自动控制技术、音视频技术将家居生活有关的设施集成，构建高效的住宅设施与家庭日程事务的管理系统，提升家居安全性、便利性、舒适性、艺术性，并实现环保节能的居住环境。

近年来，我国智能家居领域发展迅速，大批产品逐步走向市场，智能家居的市场规模快速扩大，相关预测显示，到 2020 年，全球智能家居产业规模将达到 620 亿美元，届时中国智能家居市场规模将达到 1396 亿元，较 2012 年增长近 10 倍。市场规模的不断扩大，吸引国内外巨头企业纷纷布局智能家具领域，谷歌、苹果、三星、LG 等世界巨头在智能家居领域布局初见成效，国内的阿里巴巴、百度、腾讯和小米等互联网企业也相继推出自身的智能家居的战略和产品。

图 29 2012-2020 年我国智能家居市场规模及增长率



尽管起步时间较早，但现阶段我国的智能家居还处于初级阶段，智能家居的居民覆盖率仍旧偏低，多数厂商停留在智能家居的单品制造层面，智能家居的生态化并没有大规模建立。原因在于行业标准还未统一，许多公司开发出的产品都是基于自己组的网络和信息交换协议，很多产品是针对特定的组网环境开发的，部分核心技术没有对外公布，技术复杂，直接导致了使用范围的局限性。再者，缺乏对应的第三方产品，各个接入设备之间不能兼容，互操作性差，不利于产品的扩充，因而进一步局限了产品的发展。尽管出现了如亚马逊或 Google 的智能生态连接平台，但是当今许多卓越智能家居产品仍不具备连接多平台的能力，目前众多国内智能家居产品也是如此。未来智能家居行业产品会朝着安全化、节能化、个性化、娱乐化和生态化的方向发展。

（三）典型应用领域：智慧医疗

智慧医疗是通过打造健康档案区域医疗信息平台，利用最先进的物联网技术，实现患者与医务人员、医疗机构、医疗设备之间的互动，逐步达到信息化。智慧医疗由三部分组成，分别为医院信息化（智慧医院系统）、区域医疗信息化（区域卫生系统）、健康管理信息化（家

庭健康系统)。

近两年，我国高度重视智慧医疗的发展。2015 年 3 月，李克强总理在政府工作报告中首次提出“互联网+”和健康中国的概念，提出在“十三五”期间将健康管理、自诊、自我用药、导诊、候诊、诊断、治疗、院内康复、院外康复（慢性病管理）等 9 个相关环节融合互联网进行深刻变革。2015 年 8 月，《促进智慧城市健康发展的指导意见》提出推进智慧医院、远程医疗建设，普及电子健康档案和电子病历的应用。2015 年 9 月，国务院颁布《关于推进分级诊疗制度建设的指导意见》，就分级诊疗提出明确的标准与目标。卫计委全面启动《健康中国建设规划（2016-2020 年）》编制工作。高密度的政策推出，促使我国智慧医疗行业处于快速发展之中，医院信息化发展相对最为成熟，区域医疗信息化正处于快速成长期，个人和家庭健康管理则是处于雏形阶段。目前行业面临最大的问题为标准体系不够完善，智慧医疗涵盖药品器械、电子信息、节能环保等诸多领域，涉及移动传感、网络通信、信息处理、应用终端等诸多环节，但尚缺乏明确的标准规范体系。不同医疗机构间信息系统建设发展水平不同，各设备供应商之间遵循的规范标准也尚不统一，导致医疗行业的信息采集与共享还存在一定阻碍。

未来智慧医疗行业利用物联网技术构建“电子医疗”服务体系，可以为医疗服务领域带来更多的便利。智慧医疗的发展趋势为：第一，把现有的医疗监护设备无线化，大幅度降低公众医疗负担；第二，通过信息化手段实现远程医疗和自助医疗，缓解医疗资源紧缺的压力；第三，信息在医疗卫生领域各参与主体间共享互通，实现医疗信息充分共享。

2.1.4 中国物联网行业发展热点及趋势

2.1.4.1 NB-IoT 技术成为国家战略，2017 迎来商业应用元年

物联网中物的连网方式分为有线连接和无线连接，无线连接又可分为局域连接和广域连接。局域连接方式主要包括蓝牙连接、ZigBee、Wifi 连接，广域连接方式根据功耗和带宽的不同分为蜂窝宽带网络连接和低功耗广域连接（LPWAN）。目前，基于蜂窝的窄带物联网（NB-IoT）与非授权频道的 LoRa 是业界普遍看好的 LPWAN 方案。LoRa 属于私有技术，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。而 NB-IoT 是 3GPP 推出的标准技术，可叠加应用在现有 2G/3G/4G 的蜂窝网络上，使用的频段有授权，已被沃达丰、中国移动、中国电信、中国联通等大运营商采纳，并被华为、爱立信、高通、英特尔等产业链上游厂商追捧，2017 年将开启全球商用大幕。同时于 2017 年第一季度，根据《国家新一代信息技术产业规划》，我国把 NB-IoT 网络定为信息通信业“十三五”的重点工程之一，上升到国家战略层面。

长期以来在网络层面上，物联网一直没有一个运营商级别的标准，这也是制约物联网产业发展的因素之一，NB-IoT 的出现弥补了这一短板。并且，在整个 NB-IoT 标准落地过程中，

我国发挥了举足轻重的作用，整个标准协议提案共有 447 份，华为贡献率达到 41%，位列全世界第一。

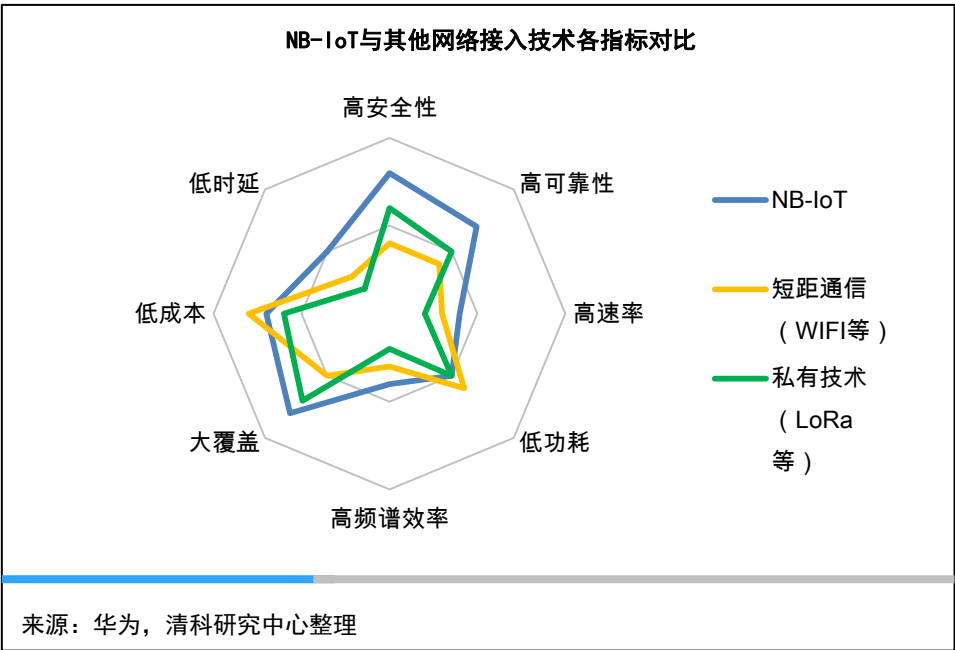
表 12 窄带物联网 NB-IoT 发展历程

时间	主题	事件
2015 年 5 月	概念	华为和高通共同宣布了一种融合的解决方案，即上行采用 FDMA 多址方式，下行采用 OFDM 多址方式，命名为 NB-CIoT
2015 年 9 月	概念	爱立信、英特尔、诺基亚宣布支持 NB-LTE 技术
2015 年 9 月	标准	3GPP 正式宣布 NB-IoT 标准立项
2015 年 12 月	开发	韩国 SK 电信与诺基亚共同研发 NB-IoT
2015 年 12 月	应用	中国移动称 NB-IoT 计划在 2017 年商用
2016 年 6 月	标准	3GPP 正式冻结 NB-IoT 标准
2017 年 Q1	政策	根据《国家新一代信息技术产业规划》，我国把 NB-IoT 网络定为信息通信业“十三五”的重点工程之一
2017 年 4 月	应用	海尔、中国电信、华为三方签署战略合作协议，共同研发基于新一代 NB-IoT 技术的物联网智慧生活方案
2017 年 5 月	应用	中国联通上海宣布 5 月底完成上海市 NB-IoT 商用部署

来源：清科研究中心根据公开资料整理

相比于传统的无线通讯技术，NB-IoT 具有低成本、低功耗、高覆盖、大连接四大优势，是当前唯一具备大规模普及能力和高商业价值的长距离低传输速率的通信技术。

图 30 NB-IoT 与其他网络接入技术各指标对比



● NB-IoT 技术应用场景及现状

根据华为《NB-IoT 白皮书》描述，NB-IoT 技术应用场景将主要分为四个领域：一是智

慧家居，例如安防、家电、环境等场景的控制；二是个人场景，主要分为可穿戴设备、老幼看照等领域；三是公共事业场景，主要包括智慧垃圾桶、智慧电表、水表、报警探测器等领域；四是工业场景，主要包括智慧物流、智慧农业、供应链管理等领域。从中期来看，NB-IoT 的商业化有利于低功耗物联网终端爆发式增长，也有利于物联网应用场景普及加速，推动物联网和 5G 技术融合演进。

NB-IoT 是 LPWA（低功耗/广覆盖）市场的主流技术，其原因是：它有运营商的支持，全球已有超过 30 家运营商已经确认会部署 NB-IoT 网络（全球覆盖，全球漫游）；强大的生态链支持，在芯片侧，华为海思、高通、英特尔都有计划研发制造 NB-IoT 芯片，很多厂商也都会生产相应模块。华为于 2016 年 9 月推出了业界首款 NB-IoT 芯片 Boudica 120，12 月份对其规模商用。目前市面上所有的 NB-IoT 都是基于这款芯片设计的。而到 2017 年 Q4，将会有 Boudica 150 规模商用。新的芯片可提高更高性能、更低集成度、更多频谱适配以及更低功耗。

在国外，沃达丰已于 2016 年 9 月 9 日宣布在在西班牙马德里成功完成首个基于现有网络的标准化 NB-IoT 商用网络试验，并计划在 2017 年正式商用部署。在国内，中国电信计划在 2017 年上半年部署基于 800MHz 的 NB-IoT 网络，并实现全网覆盖；中国联通于 2015 年 7 月在上海建成并开放全球第一个 4.5G NB-IoT 新技术示范点，2016 年全年已在在国内 7 个城市启动基于 900MHz、1800MHz 的 NB-IoT 外场规模组网试验，以及 6 个以上业务应用示范，2017 年开始推进国内重点城市的 NB-IoT 的商用部署。

2.1.4.2 物联网与行业发展深度融合，产业链垂直一体化布局，推动协同创新

目前，物联网技术已经在应用层面上同智能制造、智能交通、智慧城市、智能医疗、智能环保及智能可穿戴设备等领域实现了有机的结合。未来，物联网也将同我们生活的方方面面实现更为紧密的联系，同时我国也在积极推动跨行业的物联网标准制定：物联网企业与电信网络运营商、设备制造商、互联网服务提供商共同推进国际标准化，逐步形成“以产业促标准研制，以标准促生态构建”良性发展局面。加速对窄带物联网、短距离网络技术等物联网网络信息技术的自主创新和国际标准研制。

物联网平台成为产业生态构建的核心关键环节，掌握物联网平台就掌握了物联网生态的主动权。这也是目前我国物联网巨头争抢的制高点：提升企业物联网平台处理的技术能力，加速形成物联网平台与行业的对培育平台上的应用开发者群体，成为构建产业生态的重点。

通过“云-端-网”的多要素垂直一体化布局，覆盖产业的各环节是未来企业的主要发展方向。同时，单个企业利用自身优势，在不同环节协同推进，如前文所述阿里利用电商，腾讯的社交基因，百度偏向人工智能，华为以硬件为基础，中兴力争通讯技术突破等等。

在垂直一体化的布局中，上游方面基于新原理、新材料、新工艺的传感器产品正在快速

涌现，产业创新十分活跃：下游系统集成、通信厂商应强化商业合作，积极开展传感器系统级产品的研发与制造，提升本土传感器集成化、智能化水平，加速企业新设计、新工艺的产品转化周期。下游的物联网企业在发展操作系统同时，积极进行产业联动：一，与硬件企业合作，规范硬件驱动程序接口和 API 接口；二，加强与应用开发者合作，不断将算法和代码结合特定场景进行优化；三，加强与平台运营企业合作，配合平台侧实现状态查询、传感器管理、故障诊断与远程恢复等功能。

硬件在物联网带来的价值占比将逐步减小，厂商必须通过应用软件或服务创造大部分的营收。目前我国互联网巨头 BAT 都在积极将物联网与云计算和大数据相结合，发展操作系统与云端平台的耦合，充分开发信息技术的协同效应。拥有大量数据与端口的先发优势，使得未来互联网巨头将长久盘踞物联网下游的金字塔尖。

2.1.4.3 工业物联网的发展将成为未来发展趋势

物联网对于工业领域的渗透将不断深入，工业物联网有着更广的网络覆盖面和更多的网络节点，物联网可以应用到石油天然气、航空、交通运输、风电等行业，在每一个行业又有很多个应用场景，每一个应用场景都会带来巨大的经济效益。

2017 年 9 月，交通部发布的关于印发《智慧交通让出行更便捷行动方案（2017-2020 年）》的通知要求，鼓励规范城市停车新模式发展。鼓励基于移动互联网的单位、个人停车位等资源错时共享使用，推动智能停车信息服务产品在交通运输行业有序规范发展。

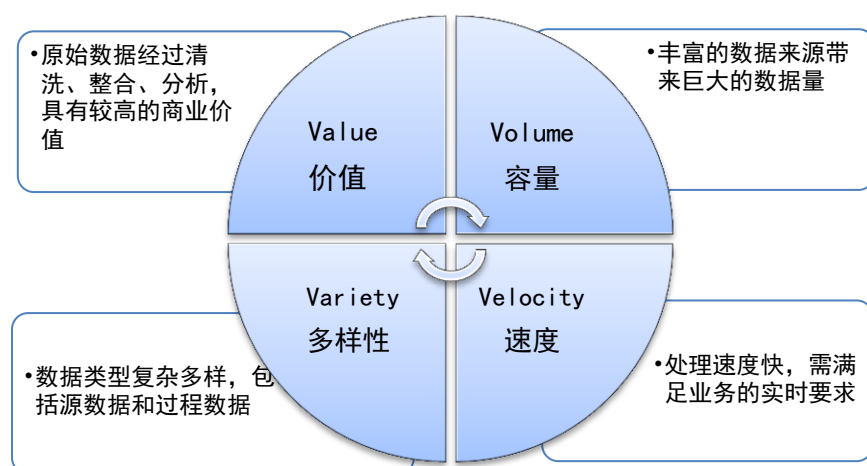
文件指出要从多个三个层面上提升城际交通出行信息化、智能化水平。实施民航互联网+行动计划。建设智能化新一代民航旅客服务系统（PSS），支持民航运输企业和出行信息服务企业研究突破海量异构数据存储与整合、大并发在线交易快速响应、旅客价值挖掘、旅客个性化推荐等关键技术并进行产品研发集成。拓展铁路客运信息市场化应用，按市场化原则向社会提供列车车次、停站、余票、列车正晚点等客运信息，形成一站式票务服务。推进国际道路客运信息化建设。建设国际道路运输管理与服务信息系统，完善国际道路运输管理基础数据库，推广部署应用系统，建立国际道路运输监管体系等。同时推动具有城市公交便捷出行引导的智慧型综合出行信息服务系统建设。充分利用互联网技术加强对城市公共交通运行状况监测、分析和预判，定期发布重点城市公共交通发展指数。鼓励和引导城市公交运营主体大力推动城市公交一卡通互联互通，加快推广移动支付等非现金支付技术在城市公交领域的应用。鼓励规范互联网租赁自行车发展和城市停车新模式发展。

文件还指出，在展开工作的工程当中，要以市场为主要力量，政府做好监督和管理，加强政企间合作，确保信息的准确、有效。该政策鼓励物联网与水陆空多种交通方式相结合，注重交通行业的信息化推广，强调充分利用共享资源，将长远促进智慧交通行业的发展。

2.2 大数据—新的能源血液

大数据是“使用高效的信息处理方式以具备更强的洞察力、决策力和流程优化能力的海量、多样的信息资产”，其价值在于提高数据使用者的最终决策力。大数据的四个特征为海量的数据规模（Volume）、快速的数据流转和动态的数据体系（Velocity）、多样的数据类型（Variety）、巨大的数据价值（Value）。

图 31 大数据的特征



来源：清科研究中心根据公开资料整理

辅助决策，经济意义重大。利用大数据分析，能够总结经验、发现规律、预测趋势，这些都可以为辅助决策服务。大数据必须和其他具体的领域、行业相结合，能够给企业决策提供帮助之后，才具有价值。很多企业都可以借助大数据，提升管理、决策水平，提升经济效益，从而形成由数据驱动经济发展的“大生态”，即广义大数据产业。广义大数据产业包含了大数据在各个领域的应用，已经超出了信息产业的范畴。据华沙经济研究所测算，欧盟 27 国因大数据的引进，至 2020 年将获得 1.9% 的额外 GDP 增长。美国麦肯锡预计，到 2020 年美国大数据应用带来的增加值将占 2020 年 GDP 的 2%-4%。中国信息通信研究院预计，到 2020 年大数据将带动中国 GDP 2.8%-4.2%。

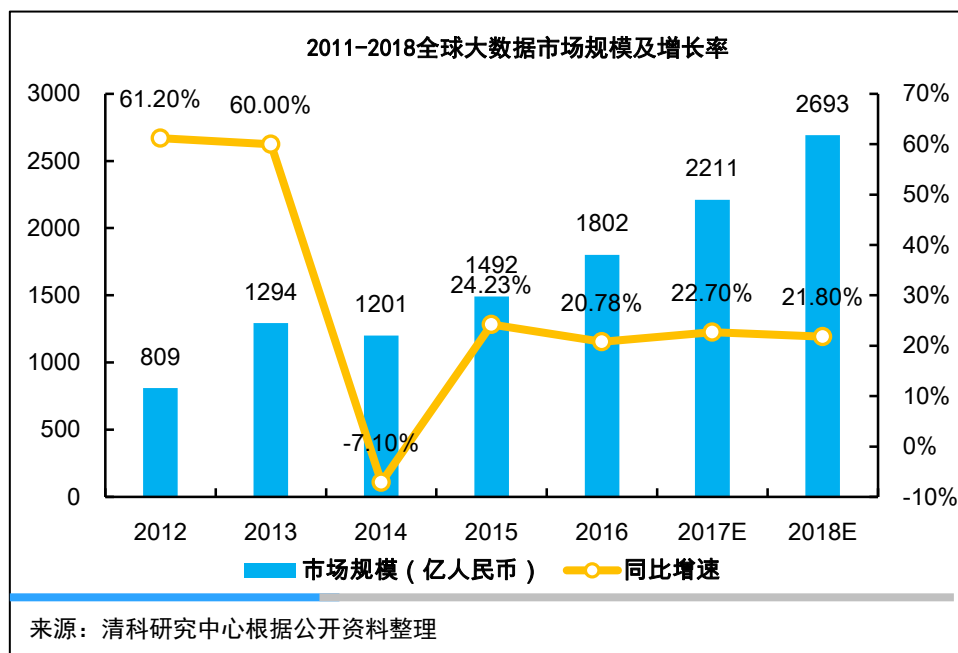
观念上的思维变革，创造闭环提升效能。大数据变革思维模式，由经验驱动到数据驱动。大数据通过对海量信息的收集、处理和展示，使人们第一次可以无限接近真实地了解现有资源的配路情况，从而指导下一步的发展。因此，大数据彻底变革了人类以往通过模糊经验驱动发展的思维模式。利用数据发现规律、预测未来，已经成为驱动经济发展的新模式。同时，由众多互联网行业大数据案例，它们往往能够构造起包括数据采集、建模分析、效果评估到反馈修正各个环节在内的完整“数据闭环”，从而能够不断地自我升级，螺旋上升，使得软硬件升级走向数据效能提高，破解摩尔定律的流量天花板，深度挖掘用户需求，扩展

市场空间，实现由“量”到“质”的转变。

2.2.1 全球市场平稳增长，中国市场应用模式逐步成熟

在经历了快速增长期之后，全球范围内大数据服务进入了平稳增长阶段，2015-2018 年全球大数据市场规模复合增速达 21.8%，并在 2018 年突破 2500 亿人民币的规模。同时据 IDC 预测，至 2020 年，全球产生的总数据量约为 4 万 EB¹¹，这就为大数据产业奠定了丰厚的数据基础。

图 32 2011-2018 年全球大数据市场规模及增长率

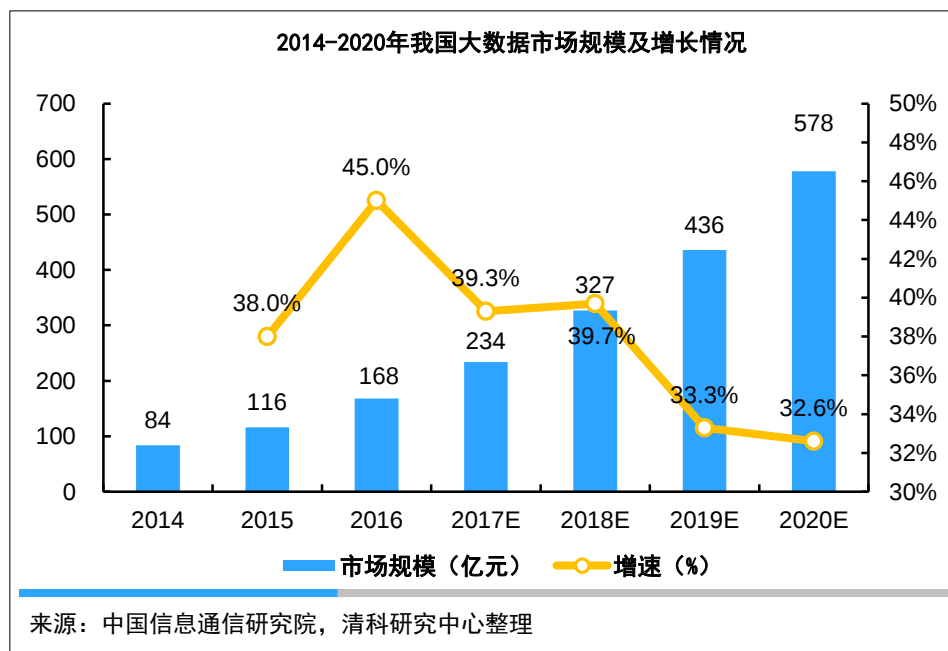


据测算，2016 年中国大数据核心产业的市场规模约为 168 亿元，较 2015 年增速达 45%。随着国家政策激励以及大数据应用模式的逐步成熟，未来中国大数据市场仍将保持快速增长，预计到 2020 年中国大数据市场规模将达到 578 亿元。到 2020 年，我国数据总量约为 90ZB¹²，占全球的 21%。

图 33 2014-2020 年我国大数据市场规模及增长情况

¹¹ 1EB=1024*1024TB

¹² 1ZB=1024EB=1024*1024*1024TB



2.2.2 各国竞相争夺新一轮竞争制高点，实施大数据战略

当前，许多国家的政府和国际组织都认识到了大数据的重要作用，纷纷将开发利用大数据作为夺取新一轮竞争制高点的重要抓手，实施大数据战略。

美国：政府将大数据视为强化美国竞争力，的关键因素之一，把大数据研究和生产计划提高到国家战略层面。2012年3月29日，奥巴马政府宣布投资2亿美元启动《大数据研究和发展计划》，希望增强收集海量数据、分析萃取信息的能力。以美国科学与技术政策办公室（OSTP）为首，国土安全部、美国国家科学基金会、国防部、美国国家安全局、能源部等已经开始了与民间企业或大学开展多项大数据相关的各种研究开发。美国政府为之拨出超过2亿美元的研究开发预算。据悉，美国国防部已经在积极部署大数据行动，利用海量数据挖掘高价值情报，提高快速响应能力，实现决策自动化。2012年5月美国数字政府战略发布，更是提出要通过协调化的方式，所有部门共同提高收集、储存、保留、管理、分析和共享海量数据所需核心技术的先进性，并形成合力；扩大大数据技术开发和应用所需人才的供给。以信息和客户为中心，改变联邦政府工作方式，为美国民众提供更优公共服务。

英国：英国商业、创新和技能部在2013年初宣布，将注资6亿英镑发展8类高新技术，其中对大数据的投资即达1.89亿英镑。英国在大数据方面的战略举措有：开放有关交通运输、天气和健康方面的核心公共数据库，并在五年内投资1000万英镑建立世界上首个“开放数据研究所”；政府将与出版行业等共同尽早实现对得到公共资助产生的科研成果的免费访问，英国皇家学会也在考虑如何改进科研数据在研究团体及其他用户间的共享和披露；英国研究理事会将投资200万英镑建立一个公众可通过网络检索的“科研门户”。通过合理、高效使用大数据，英国政府每年可节省约330亿英镑，相当于英国每人每年节省约500英镑。

法国：政府为促进大数据领域的发展，将以培养新兴企业、软件制造商、工程师、信息系统设计师等为目标，开展一系列的投资计划。法国政府在其发布的《数字化路线图》中表示，将大力支持“大数据”在内的战略性高新技术，法国软件编辑联盟曾号召政府部门和私人企业共同合作，投入3亿欧元资金用于推动大数据领域的发展。法国在第二届巴黎大数据大会结束后的第二天共同宣布了将投入1150万欧元用于支持7个未来投资项目。这足以证明法国政府对于大数据领域发展的重视。法国政府投资这些项目的目的在于“通过发展创新性解决方案，并将其用于实践，来促进法国在大数据领域的发展”。

日本：为了提高信息通信领域的国际竞争力、培育新产业，同时应用信息通信技术应对抗灾救灾和核电站事故等社会性问题，日本总务省于2012年7月新发布“活跃ICT日本”新综合战略，今后日本的ICT战略方向备受关注。其中最为关注的是其大数据政策，日本正在针对大数据推广的现状、发展动向、面临问题等进行探讨，以期对解决社会公共问题作出贡献。2013年6月，安倍内阁正式公布了新IT战略——“创建最尖端IT国家宣言”。“宣言”全面阐述了2013-2020年期间以发展开放公共数据和大数据为核心的日本新IT国家战略，提出要把日本建设成为一个具有“世界最高水准的广泛运用信息产业技术的社会”。

欧盟：欧盟及其成员国已经明确制定大数据发展战略，数据价值链不同阶段产生的价值将成为未来知识经济的核心。欧盟在大数据方面的活动主要涉及四方面内容：研究数据价值链战略因素；资助“大数据”和“开放数据”领域的研究和创新活动；实施开放数据政策；促进公共资助科研实验成果和数据的使用及再利用。

我国政府在政策方面对于大数据发展给予大力支持，重视大数据的健康稳定发展，将大数据的发展提升为国家战略层面。从大数据的技术发展到大数据的各项应用都给予了相关政策支持。

表 13 我国大数据行业政策情况表

时间	部门	政策名称	政策详情
2016.08	国家发 改委	《关于请组织申报大数据领域创新能力建设专项的通知》	《通知》重点提出两个方面的专项建设内容，在提升大数据基础技术支撑能力方面，重点内容包括建设大数据系统计算技术，大数据系统软件、大数据分析技术、大数据流通与交易技术及大数据协同安全技术五类国家工程实验室。
2016.06	国务院	《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的知道意见》	《意见》指出以保障全体人民健康为出发点，大力推动政府健康医疗信息系统和公众健康医疗数据互联融合、开放共享，积极营造促进健康医疗大数据安全规范、创新应用的发展环境。
2016.01	国家发 改委	《关于组织实施促进大数据发展重大工程的通知》	《通知》提出，将重点支持大数据示范应用，共享开放、基础设施统筹发展，以及数据要素流通。国家发改委将择优推荐项目进入国家重大建设项目库审核区，并根据资金总体情况予以支持。

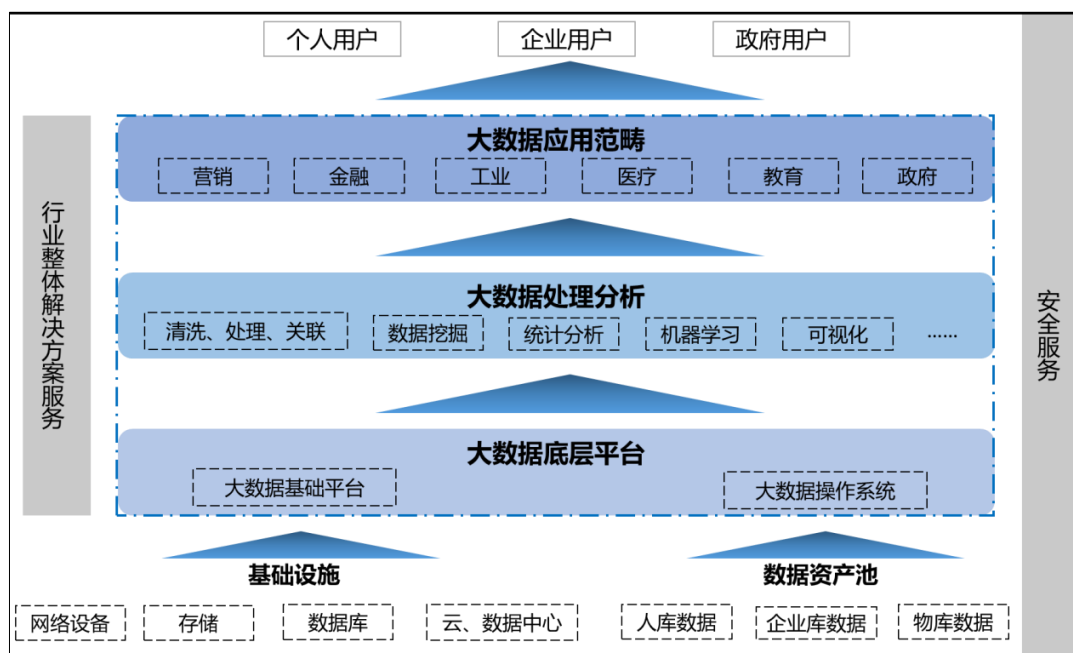
2015.07	国务院	《关于运用大数据加强对市场主体服务和监管的若干意见》	运用大数据加强对市场主题服务和监管，明确时间表。
2015.03	国务院	《制定“互联网+”行动计划》	推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现在制造业相结合，促进电子商务，工业互联网和互联网金融健康发展，引导互联网企业拓展国际市场。
2013.08	国务院	《关于促进信息消费扩大内需的若干意见》	推动商业加快信息基础设施演进升级，增强信息产品供给能力，形成行业联盟，制定行业标准，构建大数据产业链，促进创新链与产业链有效嫁接。
2012.7	国务院	《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》	明确提出支持海量数据存储、处理技术的研发和产业化。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

2.2.3 大数据产业链：“底层平台+数据处理分析”服务各行业

大数据产业链如下图所示，底层由基础设施与数据资产池构成，其上构建大数据分析与管理平台。在数据处理分析的基础上，挖掘各个垂直行业应用，最终为用户提供服务。大数据产业链由技术推动，向产业链两端发力。科技进步带来海量数据的出现对技术分析提出了新的需求。传统结构化数据下的关系型数据库无法对半结构化与非结构化数据进行处理。因此，Hadoop 集成了数据存储、数据处理、系统管理和其他模块，提供了强大的系统级解决方案。在大数据产业链中，以技术为核心，向数据端和应用端发力将是技术落地、商业变现的重点方向。

图 34 大数据产业链示意图



来源：清科研究中心根据公开资料整理

数据源是一些大数据应用的起点与核心。从早期的 Data Mining 起，用户的自有数据资源是后续开发应用的基础资产。在大数据的背景下，除了自有数据的量级不断增大和异构数据的可开发使用之外，打破数据孤岛，实现数据开放，可挖掘的价值才能开始放大。用户的自有数据资产与外部服务商的数据源结合，将成为各个垂直行业价值开发的起点。围绕数据的获取、清洗、处理、关联等的数据第一步加工，后续的数据流通也将随着大数据的深度应用体现其价值。

数据价值挖掘与应用是商业变现最直接的环节，也是大数据服务商核心能力的体现。过去的数据挖掘一般是通过算法搜索隐藏于其中的大量数据信息的过程。一般通过统计、在线分析处理、情报检索、机器学习、经验法则和模式识别等诸多方法来实现上述目标。在数据量级提升的背景下，大数据的处理和分析以及对垂直行业的理解更加重要，各个行业知识库的建立也将成为大数据服务商的竞争优势。

2.2.4 大数据处理技术及应用：Hadoop 与 Spark

Hadoop 是一个由 Apache 基金会所开发的分布式系统基础架构。Hadoop 技术核心架构是分布式文件系统（HDFS）及执行引擎 MapReduce。相对于原有技术，具有高容错率、去中心化及将处理引擎更加靠近储存端等特点，改变了原先对于大数据处理架构中单个服务器高性能计算能力的苛刻要求，利用扁平化大量服务器可以达到更高效的数据处理效果，尤其是对于海量非结构化数据。随着该技术的不断推广，主流大型企业均开始采用了 Hadoop 技术处理大数据，包括 Facebook、Twitter、LinkedIn、Oracle、Intel。于此同时，基于 Hadoop 技术的二次开发及技术迭代，会进一步促进大数据产业的发展。广阔的应用市场、适当的计算性能要求为国内大数据硬件厂商带来了巨大发展机会。据统计，国内存储设备及典型服务器设备市场份额逐年提高。随着大数据产业的进一步发展，总量变大的同时，这种趋势还会继续保持。

Spark 是 UC Berkeley AMP lab 所开源的类 Hadoop MapReduce 的通用并行框架。相比于适合处理静态的海量数据的 Hadoop 而言，Spark 能更好地适用于数据挖掘与机器学习等需要迭代的算法。Spark 是一个基于内存计算的开源集群计算系统，其计算过程可以一次性从集群中读取数据，完成所有分析再将结果写回集群。而 Hadoop 的执行引擎 MapReduce 采取分步式数据处理，会出现重复多次读写的弊端。因此，Spark 的批处理速度比 MapReduce 快近 10 倍，内存中的数据分析速度则快近 100 倍。然而，Spark 没有自己的分布式文件系统，必须和其他的分布式文件系统进行集成才能运作，一般默认会将 Spark 和 Hadoop 配合用，让其采用 Hadoop 的文件系统 HDFS。

“大数据+”打破行业边界，向产业上下游延伸。大数据挖掘需求，预测未来，对各行各业均有指导作用。随着“大数据+”的深入，专业分工的产业状态正在被打破。每一个互联网公司都会在大数据的基础上完成新的边际重构；传统行业公司与大数据结合，依靠“生态”

来将触角伸向自己产业的上下游。大数据行业融合发展具有先后次序，数据采集硬件的普及是重要驱动因素。现阶段大数据应用主要集中于依靠 PC、智能手机等能够准确采集数据的行业，比如最先爆发的数字营销及后续的金融等行业。而其他由于没有有效的数据采集手段，还有待进一步发展。然而随着物联网、智能硬件的出现，大大地加快了大数据应用发展进程。随着物联网的普及，诸如工业、交通、家居等多个行业数据采集能力将极大地提升，为大数据应用提供了重要基础。

大数据数字营销：基于用户客观行为数据库，实现高效精准营销。大数据营销通过多种渠道对用户的行为数据进行采集，建立客户数据库，形成针对客户的精准画像。利用大数据技术，准确分析客户的需求及消费趋势，实现精准广告推介，提高广告投放转化率。同时，大数据营销可以对广告投放效果进行实时监控和动态调整。大数据营销颠覆了基于大众主流媒体流量推广的模式，采用基于用户真实需求的实时精准营销模式，极大地提高了营销效率。

大数据金融：在营销、风控领域先行发力。金融行业对数据的依赖性极高，超 8 成大数据交易集中在银行、证券、保险领域。据统计，中国商业银行和保险公司数据量积累已达到 100TB¹³以上级别。大数据金融的出现，降低了社会金融融资成本和财务费用，提高了金融产品营销准确性，以此来实现全生命周期的风险防控，因此应用价值十分明显。预计在 2020 年，我国金融大数据应用将达到 450 亿人民币。现阶段，大数据金融企业基于个人或企业精准画像的构建，已经实现在营销、风控领域的应用。

大数据政务：大数据带给政府的不仅仅是效率提升、科学决策、精细管理，更重要的是数据治国和科学管理的意识改变，未来大数据将会从各个方面来帮助政府实施高效和精细化管理，具有极大的提升空间。据估计，2020 年政府大数据市场规模将达到 574.74 亿元，同时其细分领域众多：如智慧城市、公共服务等，按照需求的紧迫性不同，可以实现层次性发展，在不同阶段释放不同细分领域的发展空间。

大数据医疗：健康医疗数据涵盖范围非常广，从出生的体征数据、疫苗接种情况，到每次会诊病情描述、检测结果、用药处方，再到体检结果，以及直到临终的生命体征检测数据等等。健康医疗大数据不仅能对个人及群体的健康状况进行跟踪，开展远程医疗和精准化医疗，提高治疗诊断效率和准确性，而且能对公共卫生状况监控，并运用于健康险等其它领域。据预测，未来 5 年我国大数据医疗应用市场规模增速可超 100%，到 2020 年将达到近 400 亿元。我国目前医疗大数据领域的初创型企业超 1000 余家，并且数量呈现逐年递增的趋势。此外公司业绩增速同样较快 2014 年医疗大数据行业中超六成的企业营业收入年均增速超 20%，超 15%的企业增速高达 50%-100%。

工业大数据：互联网、移动物联网等的兴起带来的低成本感知、高速移动连接，将会为

¹³ 1TB=1,024GB

工业企业的数据采集和积累奠定基础。NB-IOT 等标准的落地将加速物联网的发展，从而进一步增加工业企业数据的采集量，推动工业大数据的应用。当前工业大数据在工业企业中的应用，主要还集中在需求分析、产品决策等近客户端层面，如利用第三方数据为企业提供营销决策服务之类。但是，部分信息化程度较高的企业正在积极探索利用大数据开展按需运维、流程优化、工艺改良等方面的应用。

2.2.5 中国大数据产业发展前沿及趋势

2.2.5.1 政策助力大数据应用落地，行业体制逐渐完善驱动数据全球化发展

丰富细致的政策体系助推大数据落地。从中央到地方，更加丰富的配套政策与实施细则将促进大数据加快落地，更多地方政府积极推进大数据发展，并在大数据政用、商用、民用领域打造大数据应用的典范。

数据跨境流动管理体制机制逐渐完善。从国际上看，数据全球化趋势明显，各国数据主权管辖全面兴起。中国将积极开展跨境数据流动管理的政策法规建设，促进数据资源有序流动与规范利用，进而推动全球跨境数据流动相关国际规则的完善。

面临市场和转型升级的双重压力，在国家产业政策的引导下，与有互联网、大数据背景的企业合作成为越来越多央企和国企的选择。2017 年 9 月，中国联通成立了联通大数据有限公司，并对外发布联通大数据的基础、标准应用和平台级行业解决方案共三层的八大对外统一运营产品及系列产品白皮书。联通大数据公司定位于中国联通大数据对外集中运营主体和大数据产业拓展的合资合作平台，是中国联通顶层架构设计策略实施落地的产物。据悉，随着混改政策的逐步落地，联通大数据公司与参与联通混改的战略投资者在资源互补、业务协同、市场发展方面将探寻开展更广泛、更深入的合作。

早在 2010 年，中国联通就已经形成了数据大集中的策略，2012 年，中国联通就已经组建了全国数据中心，开始启动数据大集中计划。进入 2017 年，伴随着新一轮科技革命和产业变革，中国联通全面进入数字化、智能化时代。市场环境发生深刻变化，电信业正在处于一个转型期。而转型的三大支柱正是物联网、云计算和大数据，市场将变为现实需求，产业价值空间巨大。中国联通以混改为契机，用“互联网+”激发企业活力、促进企业多元发展。在混改中，联通引入的战略投资者有腾讯、百度、京东、阿里巴巴等互联网企业，也有苏宁云商等电商。从中可以看出联通作为传统运营商，力求创新商业模式、规模发展基础业务和创新业务的决心。本次混改引入的战略投资者与中国联通主业有较强的互补性，也有助于将联通在网络、客户、数据、营销服务及产业链影响力等方面的资源和优势与战略投资者的机制优势、创新业务优势相结合，实现企业治理机制现代化和经营机制市场化。目前中国联通已经形成了征信风控、沃指数、精准营销、用户标签、能力开放平台、智慧足迹、旅游等九大产品，为全社会提供全方位的大数据业务服务与合作。由此可见，联通在大数据方面领先

于其他运营商。虽然后续的大数据建设面临诸多挑战，但中国联通也迎来了企业转型的绝佳机会。未来，中国联通将继续构建能力开放平台、推动大数据产品化、变数据为资产。通过大数据平台实现对内对外的服务支撑能力，为大数据应用创造更大价值。

拥有国企背景，同时也是在国企混改中最积极拥抱市场化的电信业巨头中国联通，力求通过大数据、云计算、物联网和人工智能等信息技术实现转型，体现了政府在行动上对该领域的重视，也反映了大数据能够从挖掘数据价值转变到为企业创造价值的转变趋势。

2.2.5.2 大数据与人工智能、区块链等技术融合，在数据安全领域和行业应用领域取得较大突破

大数据在人工智能的应用将爆发。人工智能将成为大数据生态中的重要组成部分，相关方面的应用将呈现爆发态势，并将在医疗健康、网络电商、公共交通、金融、教育、饮食等细分领域取得突破。

区块链技术将重构数据流动机制。区块链技术凭借不可篡改、可以追溯等特性为人们应对数据安全问题时提供了更多的可能，金融业、国际贸易、不动产交易、法律行业、社会保障等任何存在数字流动、交换与交易的领域都将会受益于区块链技术。

安客诚携手百度，强化大数据精准营销。2017年7月美国纳斯达克上市的数据营销服务商安客诚（Acxiom）宣布与百度展开合作，通过安客诚 IdentityLink 产品与百度 DMP（Data Management Platform）平台进行对接，以支持受众数据分发到百度，实现广告主精准营销。安客诚作为数据基础建设的服务商，为品牌主、代理商、媒体平台、技术公司提供支持。

安客诚主打的 IdentityLink 是一款识别产品，它将为众多品牌主、代理商、发行商、技术商提供数据基础建设服务。百度公司是全球最大的中文搜索引擎公司，其营销平台覆盖了中国搜索流量、网盟流量、品牌流量、行业流量等诸多流量入口，其网盟流量不仅包含自有的流量，更是包含了巨大的业界联盟的流量。安客诚利用伙伴第一方和第三方数据，通过 IdentityLink 对受众人群进行识别、连接、分发，为伙伴提供数据支持，以保障广告主在最大范围内高效、快速地触达目标受众；除此之外，广告主可以借助百度基于大数据的人群画像分析，在投放时选择精准数据参数，进而使投放更智能、更高效。安客诚 IdentityLink 与百度平台的受众匹配率超过 60%，为营销活动效果创造了坚实的受众定向条件。此次合作将扩大广告主与目标消费人群的接触面，给予广告主更多的人群选择机会。双方合作的基础在于通过在适当的时间，适当的平台，对适当的人群展现适当的广告，广告主将在提升广告效果的同时给予消费者更好的品牌体验。

此次数据源端与应用段两大巨头的跨国合作充分体现了大数据产业链由技术推动，向产业链两端发力的发展趋势，也呈现了行业集中度不断提高的现状。

2.2.5.3 大数据走向标准化、共享化，工业大数据的发展为实现制造强国提供支撑

大数据标准化，即以数据为基本元素进行数据安全治理，规范数据的共享、使用和管理的全过程。对于数据本身而言，海量的大数据，如果没有一套规范的存储、处理方法，未来我们将面对一个难以想象的、杂乱无章的数据世界。规范这些数据的最佳方式无疑是借助标准化的方法：统一、规范和科学的标准体系是实现不同地区、不同行业之间数据共享、对接和交换的前提。2015年11月6日，大数据标准化五方合作框架协议签约仪式在北京举行。这是自今年9月5日国务院印发《促进大数据发展行动纲要》以来，大数据行业的标准首次建立，并将在今后逐步发展完善。

海量数据不仅仅体现在数据体量上，还体现在关联性上。分离数据形成的“数据孤岛”是大数据行业面临的重要问题，其阻碍了数据的连接融合，使数据无法形成知识体系产生洞见，降低了数据的利用价值。盘活数据价值的关键在于打破“数据孤岛”，形成数据共享开放。据麦肯锡研究，数据共享产生的潜在价值每年可达3-5万亿美元。一方面，众筹也可以实现数据的开放共享。大数据产业化发展过程中，不少企业遇到了应用基础薄弱、人才短缺、数据难以开发利用等问题。针对这些问题，新的众筹平台将探索互联共享的数据应用场景。另一方面，社会化共享程度不高是当前制约大数据产业发展的最大瓶颈。大数据社会化，政府要成为带头人。应着手将散落在社会各方面的大数据释放出来为公众开放，加以开发和利用，从而达到服务于公共领域的目的。

随着工业大数据创新应用的不断深化发展，我国将迎来以数据驱动的全生命周期以及全产业链的优化升级。工业大数据在自身基础设施建设以及同其他产业平台的融合将更加完善，必将探索出制造业网络化、数字化和智能化发展的新模式。

2.3 区块链——全新数字经济革命

区块链是分布式数字存储、点对点传输、共识机制、加密算法等技术的集成应用。从狭义上讲，区块链是一种按照时间顺序将数据区块以顺序相连的方式组合成的一种链式数据结构，并以密码学方式保证的不可篡改和不可伪造的分布式账本。广义而言，区块链技术是利用块链式数据结构来验证与存储数据、利用分布式节点共识算法来生成和更新数据、利用密码学的方式保证数据传输和访问安全、利用智能化合约来编程和操作数据的一种全新的分布式基础架构与计算范式。

与传统的数据库技术相比，区块链具备四个特点，分别为：1）**去中心化**：区块链由众多节点共同组成一个端到端的网络，不存在中心化的设备和管理机构。2）**公开透明**：区块链的所有数据信息也是公开的，每一笔交易都会通过广播的方式让所有节点可见。3）**安全可靠**：单个甚至多个节点对数据库的修改无法影响到其他节点的数据库，除非能控制超过51%的节点同时修改。4）**开放共识**：任何人都可以参与到区块链网络，每个节点都能获得

一份完整的数据库拷贝，节点间基于一套共识机制，通过竞争计算共同维护整个区块链。

区块链目前分为三类：

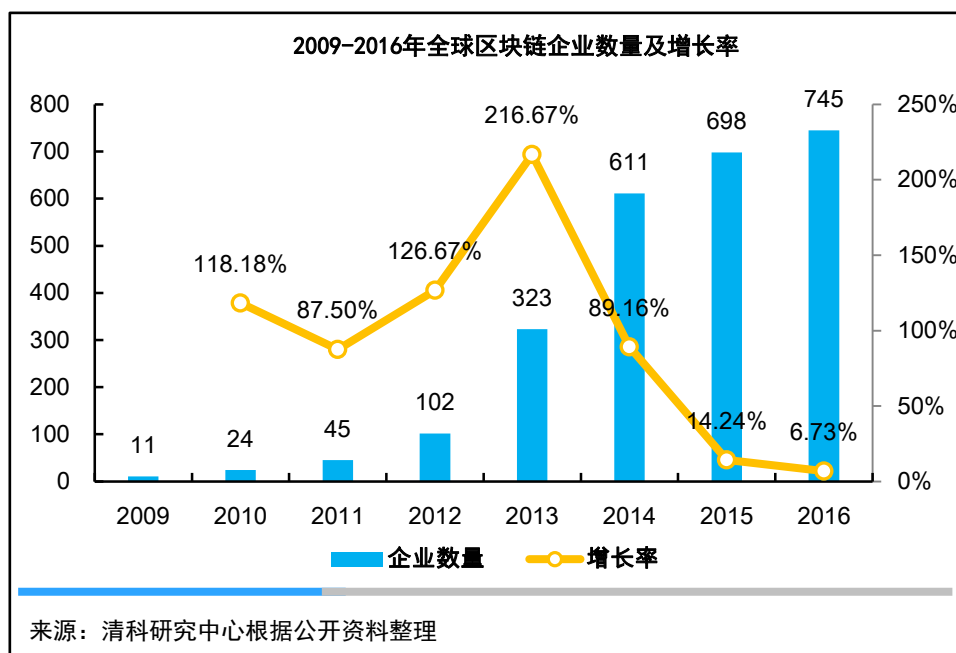
- **公有区块链：**世界上任何个体或者团体都可以发送交易，且交易能够获得该区块链的有效确认，任何人都可以参与其共识过程。公有区块链是最早的区块链，也是目前应用最广泛的区块链，各大比特币系列的虚拟数字货币均基于公有区块链，世界上有且仅有一条该币种对应的区块链。
- **联合（行业）区块链：**由某个群体内部指定多个预选的节点为记账人，每个块的生成由所有的预选节点共同决定（预选节点参与共识过程），其他接入节点可以参与交易，但不过问记账过程（本质上还是托管记账，只是变成分布式记账，预选节点的多少，如何决定每个块的记账者成为该区块链的主要风险点），其他任何人可以通过该区块链开放的 API 进行限定查询。
- **私有区块链：**仅仅使用区块链的总账技术进行记账，可以是一个公司，也可以是个人，独享该区块链的写入权限，本链与其他的分布式存储方案没有太大区别。目前传统金融巨头都是想实验尝试私有区块链，其应用产品还在摸索当中。

2.3.1 发达国家聚焦区块链投资，国内市场方兴未艾

全球区块链发展现状是越来越热烈，区块链正在由外而内的影响着各行各业，这也为当前的商业模式带来了新的机遇和挑战。此前，IBM 区块链发展报告就指出，全球 9 成的政府正在规划区块链投资，并将在 2018 年前进入实质投资阶段。同时各政府还预估，区块链将在金融交易、资产管理、合约管理及法规监管领域上产生莫大的效益。超过一半的国家已经投入了资源在区块链上，并且预计将在今年推出相关产品。

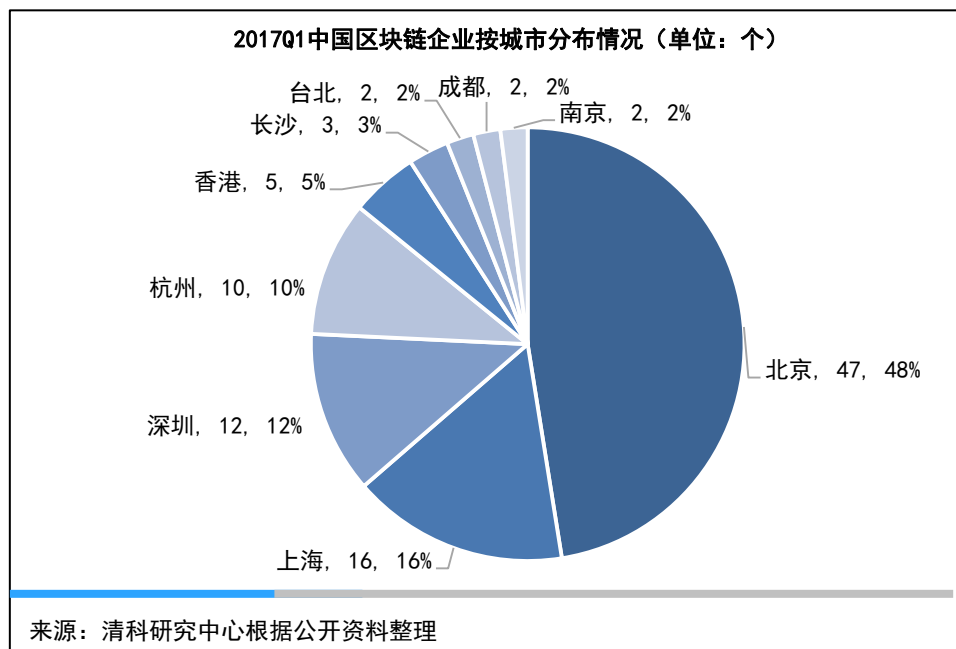
从区块链企业数量上来看，美国为产业的领头羊，欧洲区块链产业分布最为密集。全球企业数量从 2012 年开始，复合增长率达 65%。

图 35 2009-2016 年全球区块链企业数量及增长率



中国，从 2015 年下半年才开始关注区块链技术，两年来关注热度有所提高，但并不显著。总体来看，区块链技术的发展及应用，国外的成熟度远远高于国内。国内相关应用企业还比较少截止 2016 年底，我国共有 105 家区块链企业，在全世界范围内占比仅 14%。

图 36 2017Q1 我国区块链企业按城市分布情况（单位：个）

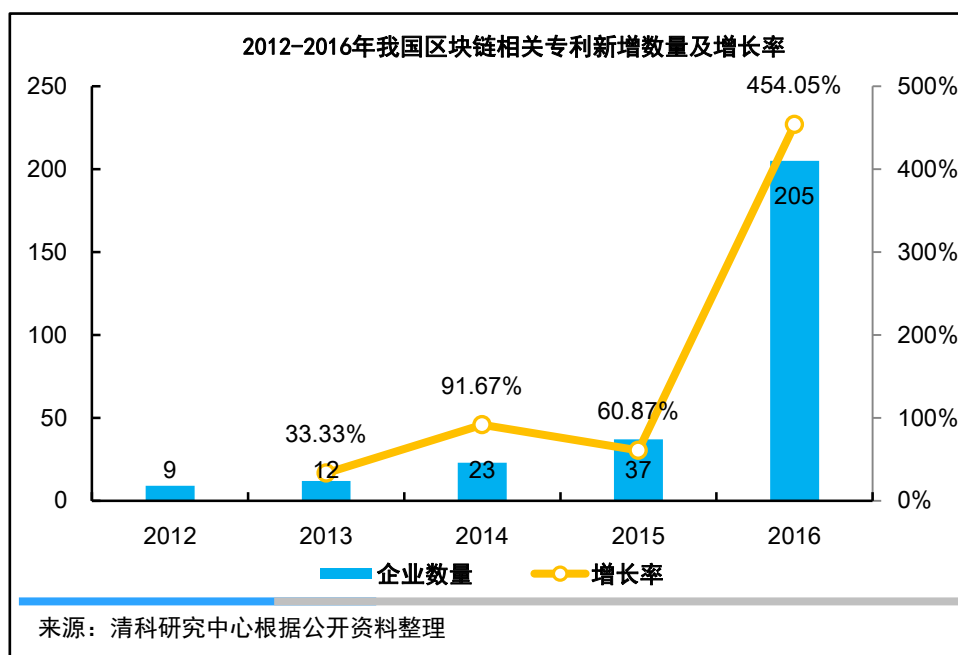


从城市分布来看，北京、上海、杭州、深圳 4 座城市区块链企业数量占到了全国的 80%，行业集中度较高。我国大部分区块链企业自 2014 年成立，主要关注比特币等数字货币，大部分企业集中在北京，近年来杭州地区企业数量增长明显。其中，亿邦股份是一家致力于以数据通信、光纤传输系统和网络接入设备为主导产品的研发、生产、销售和服务为一体的高

新技术企业。目前亿邦股份核心产品是为数字区块链体系提供基础计算设备，将区块链技术应用于数字货币、智能合约、金融资产交易等领域。

2016 年，我国区块链专利申请量达到 205 件，超过以往历年的总和。从地域上来看，其中 35% 左右来自于北京地区，深圳、杭州、上海紧追其后；从申请机构来看，90% 来自于各类企业，其余来自于院校与科研机构。典型企业如，布比（北京）网络技术有限公司、北京太一云科技有限公司，其专利主要聚焦在数字资产的转移、分布式数据系统及信息安全防护等。

图 37 2012-2016 年我国区块链相关专利新增数量及增长率



2.3.2 全球及中国区块链市场：欧洲引领，美国受限，中国爆发式增长

欧洲引领全球区块链行业。在自身开源文化推动下，欧洲在各个方面均引领了世界区块链行业的发展，不论个人还是企业机构都积极参与到区块链项目中。欧洲区块链创业公司主要集中在伦敦、阿姆斯特丹、巴塞罗那、柏林和瑞士等地。欧洲各国家对于区块链的研究参与度较高，英国央行正在就中央银行数字货币（CBDC）的概念验证技术进行研究，并发布相关政策；荷兰中央银行正在加紧进行 DNBcoin 比特币克隆实验，而荷兰的 ING 银行已经完成了 27 个区块链电子模型的验证。马恩岛政府已经开始使用区块链注册表来记录当地公司对区块链技术的应用情况。爱沙尼亚作为世界上电子化最先进的国家，政府已经在税收系统以及商业注册系统中使用了区块链技术，并在今年将区块链技术运用到了公民电子健康记录系统中。持有智能卡的公民能够享受 1000 项政府在线服务，包括自己的健康记录；除此之外法国、瑞典、比利时和瑞士等国家都在积极布局区块链领域。

美国区块链创新进程受监管体制限制。近年来，作为世界金融中心的美国在区块链创新领域的表现可谓让人大跌眼镜。美国在区块链行业发展的滞后并非由于当地企业创新能力下降，而是受到了监管体制的限制。尽管世界上四分之一的区块链公司来自美国，但这些公司都仅仅专注于比特币等加密货币领域，只有极少一部分公司涉猎区块链在非货币领域的应用。在医疗、保险、能源、供应链等国家正在着力开发的垂直领域里，美国的区块链行业发展已经明显落后于其他国家。

加拿大监管机构助力区块链产业快速发展。以太坊的出现使得加拿大的区块链产业欣欣向荣。目前，加拿大国内存在着一个庞大的区块链创业社区，汇集了包括以太坊概念提出者在内的一大批区块链人才，针对区块链创业公司和其他金融科技公司，加拿大证券管理委员会日前主动地推出了新的 Fintech “沙箱” 计划，以促进加拿大区块链行业的发展。

澳大利亚、新西兰试水区块链市场。澳大利亚中央银行正在对区块链技术进行内部研究。澳大利亚和新西兰将为其进行供应链项目的开发提供支持，目前市场处于试探阶段，并无明确的应用推出。

2016 年，中国对区块链的研究热度也出现了爆发式增长。人民银行、商业银行、金融机构均展开了相关研究，但仍主要处于概念性验证和原型实验阶段，市场主体纷纷采取不同策略、基于不同业务场景，推动该技术的应用和普及。国内也成立多个区块链联盟，如中关村区块链产业联盟、ChinaLedger 联盟、金融区块链合作联盟、陆家嘴区块链金融发展联盟等。

国内的一些创业科技公司和开发者也相继发布区块链应用。蚂蚁金服推出区块链公益项目，主要应用于支付宝的爱心捐赠平台，以解决善款去向透明度的问题；万达网络与百望股份合作推进“区块链+电子发票”财税一体化解决方案、“区块链+供应链”解决方案的 POC 验证。此外，万向区块链实验室、小蚁、布比科技等均实施了较有影响力的区块链创业项目。

尽管监管层鼓励区块链在国内的发展，但目前区块链发展仍处于早期阶段，国内区块链技术与国外差距并不大，从交易速度、隐私保护、安全性等方面问题仍有所欠缺。短期内在应用层面落地，还存在一定难度。

2.3.3 区块链技术应用：分布式商业与金融领域关注热度最高

目前，区块链的应用已从单一的数字货币应用，延伸到经济社会的各个领域，其应用已经涉及到金融服务、供应链管理、网络安全、文化娱乐、智能制造、社会公益、教育就业等多个领域。现阶段金融服务行业供应链管理市场关注热度较高，其他行业的应用还处于探索起步阶段。

（一）区块链应用于供应链管理

国内商业银行及金融机构开始通过与区块链科技公司合作,协同探索基于区块链的创新型业务场景:邮储银行与 IBM 合作推出基于区块链技术的资产托管系统;浙商银行与趣链科技合作推出基于区块链技术的移动数字汇票应用;招商银行实现将区块链技术应用全球现金管理领域的跨境直连清算、全球账户统一视图以及跨境资金归集三大场景。

2.3.4 中国区块链趋势：数字经济时代新引擎，向非金融领域渗透

2.3.4.1 区块链助力我国数字金融走向全球化，并逐渐向非金融领域渗透

ICO¹⁴（即 Initial Coin Offering 缩写），指首次币发行，诞生于 2013 年，自 2015 年后，市场热度逐渐走高，募集金额呈爆发式增长。在我国，2017 年 3 月，量子链 ICO 项目 117 小时内就累计筹集价值近亿人民币的数字货币，创造了国产 ICO 项目最高纪录。针对比特币等各类虚拟货币交易平台当前存在的风险，考虑到各类所谓“币”的交易平台在我国并无合法设立的依据，监管部门加强了监管，并进行了严厉打击。2017 年 9 月 4 日，中国人民银行等 7 部委在联合发布的《关于防范代币发行融资风险的公告》中表示，代币发行融资本质上是一种未经批准非法公开融资的行为，明确要求各类代币发行融资，活动应当立即停止。

表 14 我国监管机构对 ICO 监管历程

时间	相关单位	事件
2017 年 9 月 15 日	火币网等	火币网、OKcoin 币行相继发布公告称，即日起暂停注册、人民币充值业务，将于 9 月 30 日前通知所有用户即将停止虚拟货币交易。
2017 年 9 月 14 日	比特币中国	比特币中国宣布停止平台上所有数字货币交易。
2017 年 9 月 4 日	中央银行	央行等七部委发布《关于防范代币发行融资风险公告》，叫停所有 ICO。
2013 年 12 月 5 日	人民银行等	发布《关于防范比特币风险的通知》，明确强调比特币不是货币，仅为一种特定的虚拟商品，不能在货币市场流通，金融机构不得开展相关业务。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

此次 ICO 叫停的根本原因，在于虚拟代币已对人民币货币主权产生威胁。ICO 泡沫破裂后，政府背书下发展的数字货币也将成未来大势，至于其他虚拟代币，最多只是商品，终不可能成为货币。我国对于货币形态的数字化有着清醒的认识，也正在积极部署相关工作，央行专门成立了课题组和数字货币研究所探索主权货币数字化。经过这一轮虚拟货币市场和监管的洗礼之后，我们期待，在央行主导下尽快推出我国自己的主权数字货币，助力我国数字

¹⁴ ICO 一般指区块链初创项目在众筹平台上发行项目代币，投资者使用指定数字货币购买代币为项目进行众筹的行为。

金融早日走入全球化时代，继续引领全球数字金融的发展。尽管 ICO 被叫停、虚拟货币交易有待规范，但区块链技术本身仍然值得鼓励。应用场景多元化，是区块链技术迅速发展的最大动力，强大的市场需求和技术障碍之间的矛盾，促使众多科技企业加快攻关。新一代区块链系统正在加密技术、高频交易、能耗等方面不断地进步。不过，区块链在中国发展迅猛，出现鱼龙混杂的情况在所难免，监管的及时介入是对区块链行业的呵护，能够让区块链行业更加稳健的发展。

区块链技术作为一种通用性技术，从数字货币加速渗透至其他领域，和各行各业进行创新融合。我们认为，未来区块链的应用将由两个阵营推动，一方面，IT 阵营，从信息共享着手，以低成本建立信用为核心，逐步覆盖数字资产等领域；另一方面，加密货币阵营从货币出发，逐渐向资产端管理、存证领域推进，并向征信和一般信息共享类应用扩散。

2.3.4.2 区块链与云计算的结合越来越紧密，BaaS 将有望成为公共信任基础设施

云计算是大势所趋。我们认为，区块链与云的结合也是必然的趋势。区块链与云的结合，有两种模式，一种是区块链在云上，一种是区块链在云里。后面一种，也就是 BaaS，Blockchain-as-a-Service。未来，云服务企业越来越多地将区块链技术整合至云计算的生态环境中，通过提供 BaaS 功能，有效降低企业应用区块链的部署成本，降低创新创业的初始门槛。

2017 年 9 月 1 日，上海保交所正式发布区块链底层技术平台（以下简称“保交链”），旨在为全行业保险交易提供区块链基础设施，构建稳定、高效、安全的保险交易环境。自主研发的 Golang 国密算法包的首次使用、数字保单存证的场景下支持每秒 5 万笔保单指纹数据上链处理的高并发处理能力、支持灵活配置的部署模式等，让保交链在保险交易、结算、反欺诈以及监管等方面展现出其高安全性、高效运营、高速接入等优势。与此同时，《保交链底层框架技术白皮书》也正式对外发布，力求打造高效率、低成本、更安全的保险新业态，实现区块链技术研发的新生态。

保交链在安全体系、灵活部署以及应用开发三方面具有显著特色：发并装载了支持国密算法的 Golang 算法包，并与上海交通大学密码与计算机安全实验室合作进行了有效性和安全性测试，使得保交链在实际运用中将更加安全可控；保交链节点可以按照企业的需求实现本地部署及保交所云平台托管部署的两种部署模式，缩短部署周期，降低开发成本，方便不同类型机构的快速接入；保交链提供便捷高效的应用开发界面，通过 API 统一接口服务及功能分离的标准开发包（SDK），满足开发者在应用开发、系统管理及系统运维的需求，支撑业务场景敏捷开发、快速迭代。除此之外，保交链还兼具其他四个特性：一是搭载监管 CA 配置模块，满足合规要求；二是通过性能优化、配置参数调整及高效的应用设计，可以达到企业级应用的性能要求；三是完善的监控系统实时监控区块、交易、网络、CPU 内存及存储；四是多链架构，底层架构均衡考虑了系统性能、安全、可靠性及扩展性，引入“通道”概念，

实现了不同业务的数据隔离及访问权限控制，提供丰富的智能合约模板，保交链可支持一次底层部署多链运行。保交链在解决目前保险业利信息不对称骗保、投保人客户信息流失被盗卖、赔付效率不高等痛点上，拥有巨大优势。

2.4 信息技术前沿技术与应用

2.4.1 V2X 技术（Vehicle to Everything）：未来智能交通运输的基础

作为物联网面向应用的一个概念延伸，V2X 技术是由车载传感器、控制器、执行器等装置，融合现代通信与网络技术，从而赋予车辆同一切可能影响它的实体进行信息交互能力的一种技术。V2X 能够实现车与人、车、路、后台等进行智能信息的交换共享，同时具备复杂的环境感知、智能决策、协同控制和执行等功能，进而实现安全、舒适、节能、高效行驶。

V2X 是未来智能交通运输系统的关键技术，它可以通过通讯获得实时路况、道路信息、行人信息等一系列交通信息，提高驾驶安全性、减少拥堵、提高交通效率、提供车载娱乐信息等。基于 V2X 技术不仅可以大幅提升交通安全、降低交通事故率，而且可以为自动驾驶、智能交通和车联网创新提供低成本、易实施的技术路线和基础平台。

图 39 V2X 技术示意图



V2X 通信技术目前有 DSRC 与 LTE V2X 两大路线。DSRC 发展较早，目前已经非常成熟，不过随着 LTE 技术的应用推广，未来在汽车联网领域也将有广阔的市场空间。

专用短程通讯（DSRC）是 IEEE 802.11p 底层通信协议与 IEEE 1609 系列标准所构成的技术，采用 5.9GHz 频段，并具备低传输延迟特性，以提供车用环境中短距离通讯服务。DSRC 系统包含车载装置（On Board Unit, OBU）与路侧装置（Road Site Unit, RSU）两项重要组件，透过 OBU 与 RSU 提供车间与车路间信息的双向传输，RSU 再透过光纤或行动网络将交通信息传送至后端平台。由于车间与车路通讯应用情境复杂，汽车数量多寡、距离与道路气候等都会影响无线网络的通讯，通讯速度与质量将对用路人安全造成极大影响，因此车联网安全应用相关通讯网络通常被要求须要具备高移动性与低延迟率，IEEE 将安全应用通讯延迟容许范围定在 50ms 内，最多不超过 100ms，允许接收讯息后有足够反应时间。

LTE V2X 针对车辆应用定义了两种通信方式：集中式（LTE-V-Cell）和分布式（LTE-V-Direct）。集中式也称为蜂窝式，需要基站作为控制中心，是车辆与路侧通信单元以及基站设备的通信

方式；分布式也称为直通式，无需基站作为支撑，是类似 DSRC 技术的车辆之间的通信方式。目前，3GPP 关于所有 LTE V2X 的标准 Release 14，其中包括应用层、网络层、接入层，所有的标准体系都已经完备，预计 2019 年前后启动商用，现在只等在国内标准的落地。

表 15 DSRC 与 LTE-V2X 技术对比

对比项目		LTE-V2X	DSRC
关键指标	支持车速	500km/h	200km/h
	传输速率	平均 12Mbps，最大 27Mbps	500Mbps-1Gbps
	用户面延时	<10ms	<20ms
	控制面延时	<50ms	<100ms
优势		充分利用基础设施，V2I 实施优势；移动性、安全性较好；蜂窝技术易于管控；后续演进为 5G 技术	拥有成熟的标准与良好的网络稳定性，不依赖网络基础设施，目前市场上已经出现商用产品
劣势		成熟较晚，标准尚未冻结，2019 年有可能实现试商用	数据竞争碰撞问题；5.9GHz 频段穿透性、传输距离受限，由于信号干扰，商用受限；无后续演进技术

来源：清科研究中心根据公开资料整理

目前 DSRC 产业链更为成熟，但未来随着无人驾驶和互联网汽车的出现，汽车与互联网相连成为一种常态。由于 LTE-V 是基于运营商网络建设的，所以 LTE-V2X/5G 技术后续的发展潜力很大。总体来看智能驾驶和智能交通融合将催生 V2X 的巨大市场。

V2X 技术的典型应用场景包括以下四个方面：

- V2N（Vehicle-To-Network，车-互联网）：目前应用最广泛的车联网形式，其主要功能是使车辆通过移动网络，连接到云服务器，使用云服务器提供的导航、娱乐、防盗等应用功能。
- V2V（Vehicle-To-Vehicle，车-车）：实现车与车之间的信息交互，最典型的应用是用于车辆间防碰撞安全系统，根据场景的不同分为四类：直行、转向、交叉路口、变道。
- V2I（Vehicle-To-Infrastructure，车-基础设施）：车辆可以与道路及其他基础设施，例如交通灯、路障等通信，主要有红灯预警、弯道限速预警、限速施工区域预警等应用。
- V2P（Vehicle-To-Pedestrian，车-人）：通过手机、智能穿戴设备（智能手表等）等实现车与行人信号交互，在根据车与人之间速度、位置等信号判断有一定的碰撞隐患时，车辆通过仪表及蜂鸣器，手机通过图像及声音提示注意前方车辆或行人。

V2X 技术前瞻：2017 年，美国、加拿大市场上凯迪拉克 CTS 将会是首先量产的具备 V2V 通信功能的汽车。根据通用汽车的预测，当一个区域内 25% 的车辆配备 V2V 技术后，

V2V 才能比较有效地发挥作用。随着美国与欧盟不断完善 DSRC 的技术标准与出台配套政策，其他发达国家不断跟进，DSRC 技术有望在这些国家及地区实现一家独大。另一方面，随着 LTE-V2X 技术标准的冻结以及蜂窝通信技术的发展，同时我国在 LTE 布局多年，网络覆盖全国大部分地区，是全球最大的 LTE 市场，5G 通信将在 2020 年开始商用，所以在中国市场 LTE-V2X 技术有望形成主流。

此种局面也衍生了不同标准的兼容问题，大汽车厂商采用的 V2X 通讯标准有些是基于 DSRC 标准，有些是基于 LTE-V2X 标准，不同通讯标准间的汽车如何进行 V2V 通讯将成为一个难以解决的问题。即使是采用同一套通讯标准的各大汽车厂商整车信号的定义也不相同，如何能够保证不同厂商汽车间的正常通讯也是一大难题。未来，随着通信技术的不断发展，可能会出现一种技术更为先进的车载通信协议，同时取代 LTE-V2X 和 DSRC 技术。

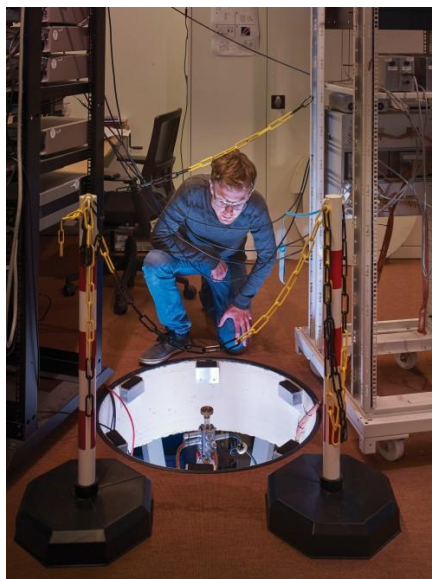
2.4.2 通用型量子计算机：颠覆世界的运算能力

量子计算机是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。当某个装置处理和计算的是量子信息，运行的是量子算法时，它就是量子计算机。

传统计算机的基本数据单元是比特是 (bit)，即 0 和 1，通过逻辑门将一串二进制数变成另一串二进制数，从而实现运算。量子计算机的基本数据单元是量子比特 (qubit)，可描述成 $\alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ (α_0 和 α_1 都是复数)，复数 α_0 和 α_1 只有一个限制条件，那就是它们模的平方和是 1，因而量子状态拥有诸多的可能性。通过量子逻辑门将数据单元从一个量子态演化到另一个量子态，使得 n 个量子比特可以同时描述 2^n 个复数（一个 2^n 维的复数向量），而普通计算机 n 比特仅能描述 2^n 个整数之一。

50 量子比特的量子计算机，一步就能进行 2^{50} 运算，即一千万亿次计算。目前已经有些系统已经能够对 100 个左右的粒子进行相干操作。如果我们能够把这样一种计算能力利用起来，那么它相当于对 2^{100} 量级的数据进行计算。我们现在全世界所有的计算机、手机的计算能力加起来，这个计算能力大概是 2^{80} 。这意味着一台 100 量子比特的量子计算机，它的计算能力是目前 100 万个地球的计算能力无法达到的。

图 40 IBM 研发在超导环境下运行的量子计算机



然而，目前在量子计算机仍存在着诸多技术上实现的关键性问题：

- 量子门本身精度有问题。到现在一个精度到达 0.999 的通用量子逻辑门都没有实现。随着元件数量的增加，其形成的逻辑门的错误率将指数级放大，导致无法运算。
- 量子位元本身的消相干：与周围的环境，电路本身结构，数据本身的结构都有关联，导致量子数据产生自损现象。目前 IBM 使用的超导体系仅能将量子数据只能保持微秒量级，在这个时间内完成计算并把数据导出为经典数据几乎是不可能的。
- 现存的量子算法只有几十种，所以目前可见的量子计算机都不是通用的，只能用于解决特定问题。
- 物理实现困难：目前 D-Wave、IBM 等公司推出的量子计算机需要在 20mk（即 -273.13℃）的温度下才能运行。

尽管迄今为止，世界上还没有真正意义上的量子计算机，能够量产商用量子计算机更是遥遥无期，但研究量子计算机的目的不是要用它来取代现有的计算机，量子计算机的作用远不止是解决一些经典计算机无法解决的问题，量子计算机能够在安全、气象、材料或药物研究等领域发挥当前无法想象的巨大作用，甚至颠覆我们对于“计算机”这一原型的认知。

在安全领域，目前最有影响力和最常用的公钥加密算法 RSA 算法，其核心在于目前计算机的运算能力对于大质数的因式分解无能为力，而这种量级的运算对于量子计算机而言不值一提，因此 RSA 加密安全性受到了挑战和质疑。2014 年 1 月，美国国家安全局（NSA）正在研发一款用于破解加密技术的量子计算机，希望破解几乎所有类型的加密技术。

在气象预测领域，高准确度的气象预报则需要求解具有海量数据的方程组，假使求解一个亿亿亿级变量的方程组，即便是用现在世界上最快的超级计算机也至少需要几百年。在 2013 年，由中国科学技术大学潘建伟院士领衔的量子光学和量子信息团队首次成功实现了

用量子计算机求解线性方程组的实验。有望在多个工程领域内实现前所未有的突破。

表 16 量子计算机技术发展历程及前瞻

时间	国家	事件
2001 年	美国	在具有 15 个量子位的核磁共振量子计算机上成功利用秀尔算法对 15 进行因式分解
2007 年	加拿大	D-Wave 系统公司宣布研制成功 16 位量子比特的超导量子计算机，但其作用仅限于解决一些最优化问题
2009 年 11 月	美国、英国	世界首台可编程的通用量子计算机正式在美国诞生 英国布里斯托尔大学的科学家研制出基于量子光学的量子计算机芯片，可运行秀尔算法
2010 年 3 月	德国	德国超级计算机成功模拟 42 位量子计算机，该中心的超级计算机 JUGENE 成功模拟了 42 位的量子计算机
2012 年 2 月	美国	IBM 声称在超导集成电路实现的量子计算方面取得数项突破性进展
2013 年 5 月	加拿大、美国	D-Wave System Inc 宣称 NASA 和谷歌共同预定了一台采用 512 量子位的 D-Wave Two 量子计算机
2014 年	美国	谷歌宣布开始研究基于超导超导的量子计算机
2017 年 5 月	中国	中国科学技术大学潘建伟教授研究组，联合浙江大学王浩华教授研究组共同研发了世界上第一台光量子计算机
2017 年 11 月	美国	IBM 宣布成功研制 50 量子位原型机
未来 5-10 年	-	实现量子霸权：证实至少有一个问题上实体的量子计算机可以在实际中比经典计算机快
未来 10-20 年	-	实现量子晶格模拟：能够在给定任意周期性晶格中，准确预测模型结果
未来 20 年以后	-	实现量子模拟：能够在给定任意大量参数的体系中，准确预测模型结果；拓展量子算法，通用量子计算机初步成型

来源：清科研究中心根据公开资料整理

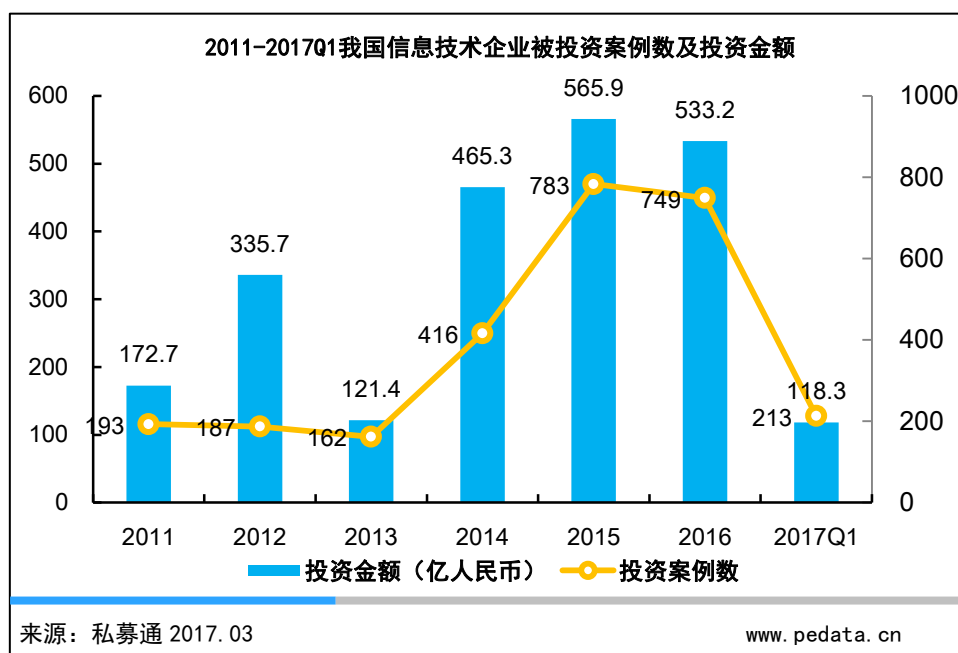
2.5 中国信息技术领域企业投融资分析

2.5.1 投资规模：资本市场持续看好

信息技术领域资本市场持续看好，保持规模增长。2011-2013 年，除 2012 年由于阿里巴巴获得了一笔 39 亿美元的融资抬高了当年的融资总额外，信息技术领域的投融资案例数与投资额均较为稳定。自 2014 年国家大力推动“双创”发展，股权投资和创业投资也迎来风口，多重因素的配合下，拥有良好底蕴的信息技术领域在投融资上也迎来了跨越式增长：2013-2015 年，投资额的复合增长率达 219%，投资案例数也翻了两番有余。2016 年，整个信息技术投资状况保持了 2015 年的水平，潮水退后，也淘汰了一批低质量，低回报的企业。进入 2017 年，第一季度的投资案例与投资额均超过往年，反映了资本市场对该行业的持续看好，而机构投资也集中在第二至第三季度，因而有理由展望，今年信息技术领域的投资情

况会更上一个台阶。

图 41 2011-2017Q1 我国信息技术企业被投案例数及投资金额



2.5.2 细分领域：物联网热度高，大数据单笔金额大

从细分领域结构上来看，信息技术分为物联网，区块链，大数据及其他信息技术，包括：云计算，通信技术，虚拟现实（VR），增强现实（AR）等。从投资案例上来看，物联网由于技术发展较为成熟，且在智能家居，智能医疗，智慧交通等诸多场景均有应用，备受投资机构青睐，投资案例占比为 30%；大数据作为信息技术底层的核心技术，投资机构也给予了相应的重视，投资案例占比达 18%；区块链是时下的新兴技术，政策上并未获得较多的支持，投资机构对该领域较为谨慎，因而案例较少。

从投资额上来看，大数据领域的单笔投资金额约为 1.6 亿每笔，反映了机构对该领域未来发展潜力的信任；物联网方面由于技术较为成熟，应用上暂时没有重大的创新突破，投资额占比相对投资案例较低。

图 42 2011-2017Q1 我国信息技术细分领域投资分布（按案例数，起）

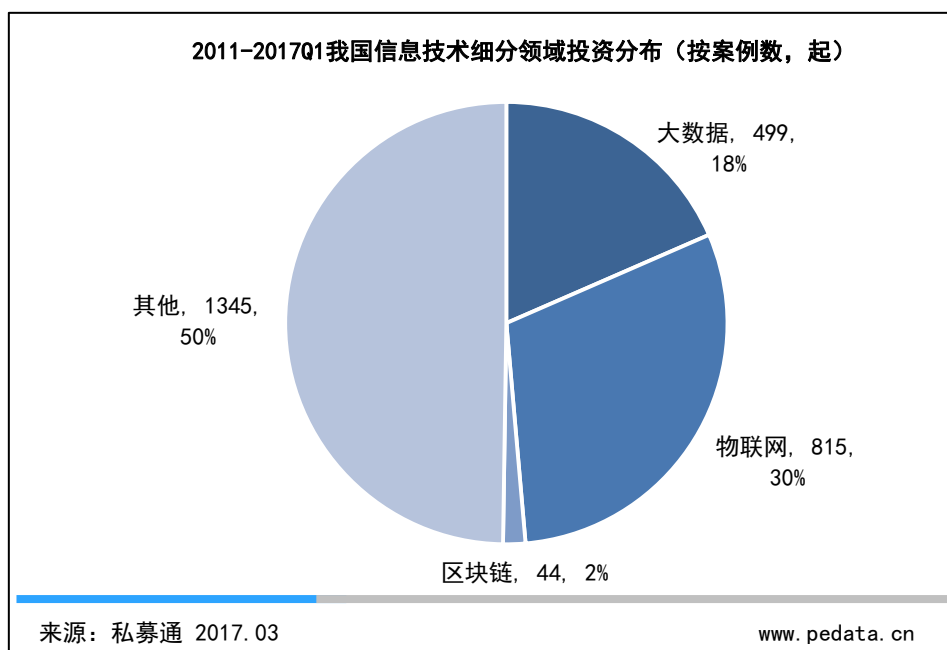
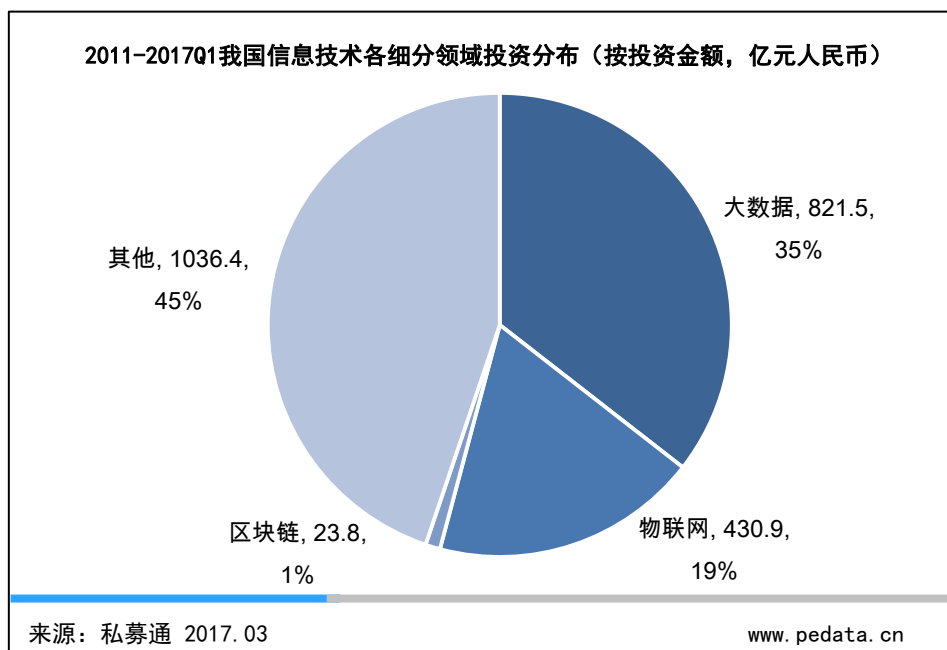


图 43 2011-2017Q1 我国信息技术各细分领域投资分布（按投资金额，亿元人民币）

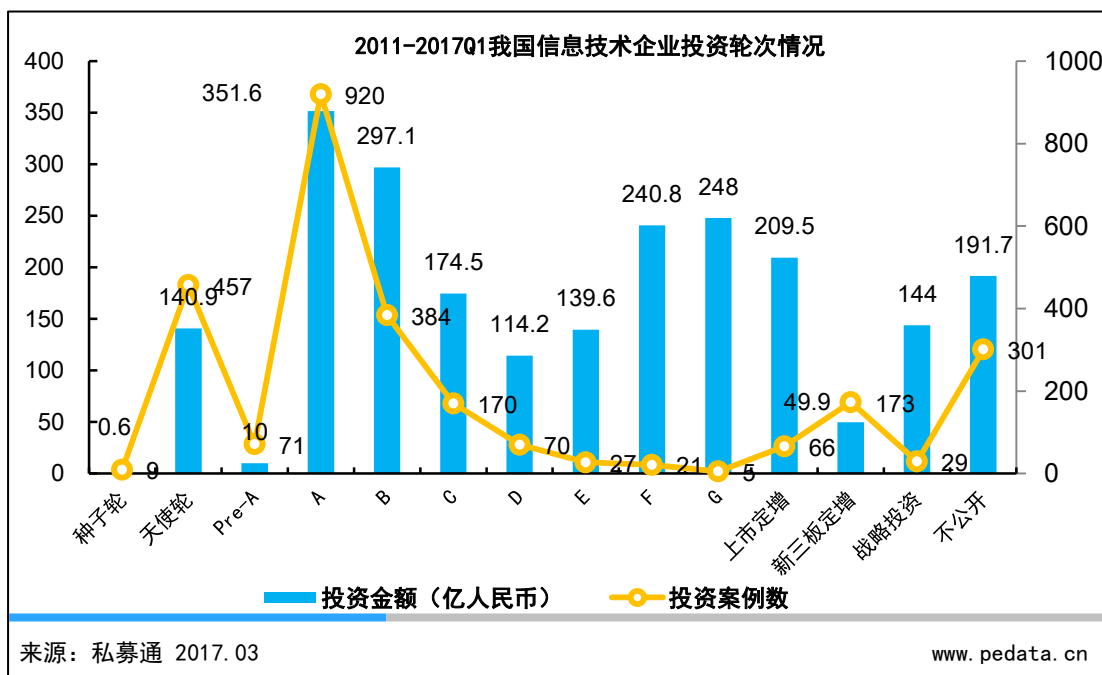


2.5.3 投资轮次：成熟企业更容易获得资金

轮次主要集中在偏早期阶段，成熟企业单笔融资金额高。案例数上来看，天使轮、A、B轮融资占据了总案例的65%，机构在投资轮次上的偏好仍是早期，倾向于挖掘到真正具有技术潜力的企业。同时，随着2014年IPO开闸和新三板向全国接收企业挂牌申请，部分机构也开始展开定增业务，其投资案例与金额也逐步扩大。

从投资额上来看，轮次越靠后，单笔额度更高，一些技术与商业模式较为成熟的企业具有相当程度的护城河，也受益于政策大力度的支持以及行业集中度的提升，因而能吸引到大额的投资，例如 2012 年国开金融、中信资本投资阿里巴巴 39 亿美金的 G 轮融资抬高了该轮次的单笔投资金额。

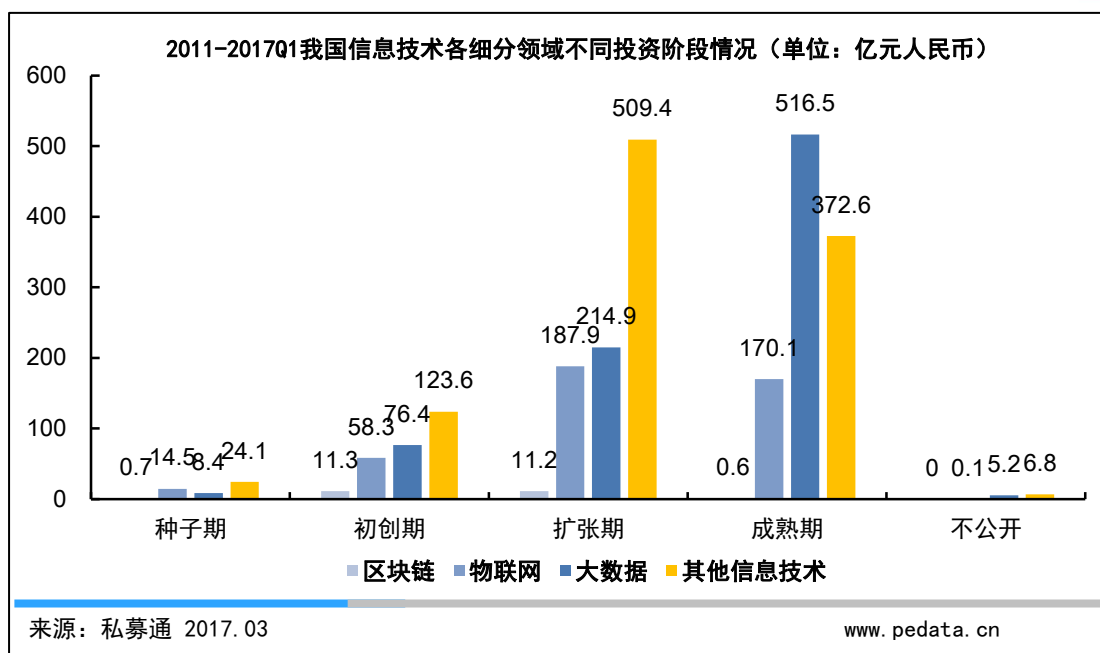
图 44 2011-2017Q1 我国信息技术企业投资轮次情况



2.5.4 投资阶段：完善成熟的技术受机构青睐

以扩张期和成熟期为主，机构青睐快速变现能力。机构通常倾向于已经有较为完善成熟技术的领域，如物联网、大数据、云计算和通讯技术等。投资阶段上也偏好处于扩张期和成熟期的企业：各个领域在这两轮的投资金额占比高达 70%-90%。原因在于，处于这一阶段的企业通常经历了市场的洗礼与淘汰，具有一定的专利优势和商业模式护城河，而且也有较大的融资需求，能够通过 IPO、股权转让或者收并购等方式快速变现。

图 45 2011-2017Q1 我国信息技术各细分领域不同投资阶段情况（单位：亿元人民币）



三、 光电芯片：信息产业的基石

自德州仪器和仙童半导体在 1958 年分别发明集成电路以来，以硅为基础的电子计算机已成了计算设备的标准。1965 年，英特尔（Intel）创始人之一戈登·摩尔提出了“摩尔定律”，也成为了延续整个计算机行业发展的指导定律。

“摩尔定律”其实是一个预言：半导体芯片上可集成的元器件的数目每 12 个月便会增加一倍。也就是说，同样规格的芯片的成本，每 12 个月便会降低一半。1965 年每个芯片可以容纳 50 个晶体管，摩尔预测到了 1970 年，每个芯片将能够容纳 1000 个元器件，每个晶体管的价格会降低 90%。

而到了 2016 年 2 月，全球最知名的学术刊物《自然》杂志上一篇文章写道，“下个月即将出版的国际半导体技术路线图，不再以摩尔定律为目标了。芯片行业 50 年的神话终于被打破了。”自此，业界普遍认为，“摩尔定律”消失了。

硅芯片逼近物理和经济成本上的极限，IT 从业者就开始为半导体芯片产业寻找继任者。在一段时期内，光子计算、量子计算、生物计算、超导计算等概念炙手可热，它们的目标都是在硅芯片发展到物理极限后取而代之，以延续摩尔定律。

其中，光子计算被认为是最有希望的未来技术。与半导体芯片相比，光电芯片用超微透镜取代晶体管，以光信号代替电信号进行运算。光电芯片无需改变二进制计算机的软件原理，但可以轻易实现极高的运算频率，可以有效弥补电子芯片在数据处理能力和高速稳定运行方面的“短板”，消费电子的市场已触到了天花板，而消费光子的时代已然来临。

对此，西安光机所米磊博士根据多年从事光纤通信的产业经验，提出了“米 70”定律：一是光学成本占到所有科技产品成本“光机电算”的 70%；二是光学技术是未来 70%科技产品的技术瓶颈和关键技术；三是硬科技产业未来光学成本会占到 70%左右。

2017 年 9 月 13 日凌晨，众多“果粉”期盼已久的苹果公司发布会在加州新的总部盛大召开。发布会上，苹果展示了全新的 iPhone8、iPhone8 Plus，还有全面屏 iPhone X 三款手机，这三款新 iPhone 搭载了 iPhone 有史以来最强大、最智能的芯片——A11 仿生处理器芯片。或许，此时你会提出一个疑问，“仿生芯片到底强大在哪里？”这款芯片的强大之处就在于可以实现使用 Face ID 进行手机解锁和手机支付等功能。面部识别解锁的时候需要很复杂、很庞大的计算，解锁又要求花费较短的时间，所以需要功率非常之大。苹果公司高级官员菲尔·席勒在开幕演讲中表示，“双核心 A11 仿生电子芯片能达到每秒 6000 亿的运算量”，完美的解决了这些问题。仿生芯片的诞生标志着芯片的运算水平已经开始步入了一个新的时代。

在人类的进化史中，芯片不但肩负着对信息运算、与存储的重任，它同时也承载着对信息传递的使命。在这个信息化高速发展的年代，我们开始追求更大信息传输量、更快传输速度、更安全稳定的传输方式。传统的电信号传输已经渐渐无法满足我们日常生活的需求，

光通讯便应运而生，而光通信的核心便是“光子芯片”。

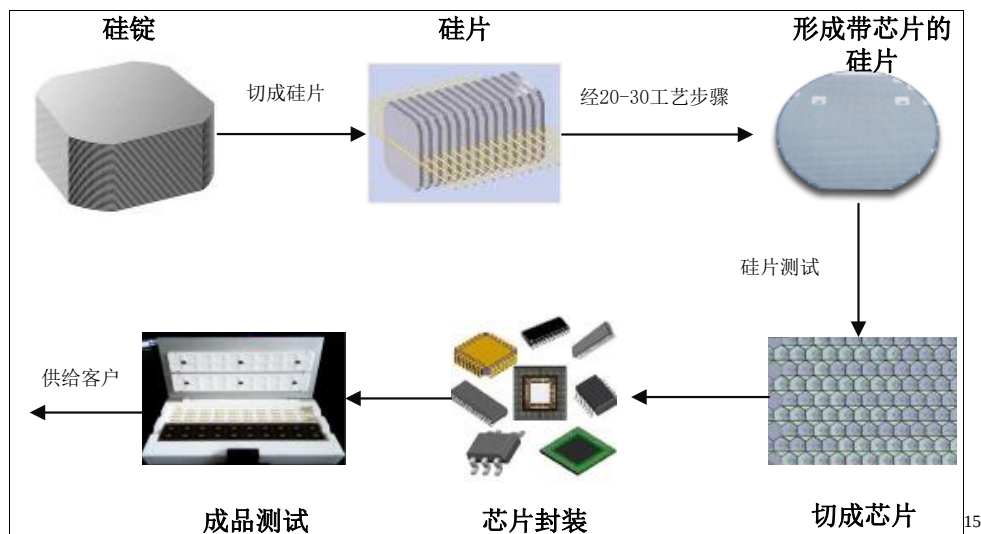
光子芯片可以简单的理解为用光子代替电子芯片中的电子，从而进行信息的处理与数据的传送。不难理解，光子比电子更难掌控，但对于信息的处理和传送速度更快、更加安全、高效。也许在不久的将来，有一天你一觉醒来身边所有的电子芯片，就已经全部被光子芯片所替代，再也看不见慢吞吞的电脑和卡死的下载。一切“快”的超出你的想象。

3.1 光电芯片的核心技术及应用

芯片（chip），也可以成为集成电路（integrated circuit，IC），是电子设备中最重要的部分，主要承担运算和存储等功能。

芯片制作完整过程包括芯片设计、晶片制作、封装制作、成品测试等。其中，晶片制作流程尤为复杂，可分别晶圆处理（Wafer Fabrication）、晶圆针测（Wafer Probe）；构装工序（Packaging）、测试工序（Initial Test and Final Test）等环节。

图 46 芯片制作流程



来源：清科研究中心根据公开资料整理

3.1.1 光电子技术：核心的核心

2015 年 12 月，美国三所大学的研究人员开发出了一款光电芯片，它可以用光来传输数据，速度比过去的芯片大幅提升，能耗也大大减少。研究者称这是第一款成熟的、用光传输数据的处理器。这种光电芯片每平方毫米处理数据的速度达到 300Gbps，比现有的标准处理器快 10 倍甚至 50 倍。研究人员用 7000 万个晶体管和 850 个光子元件（用来发送和接收光）

¹⁵ 经 20-30 工艺步骤：包括外延生长、光刻、镀膜、解理、测试等众多环节。

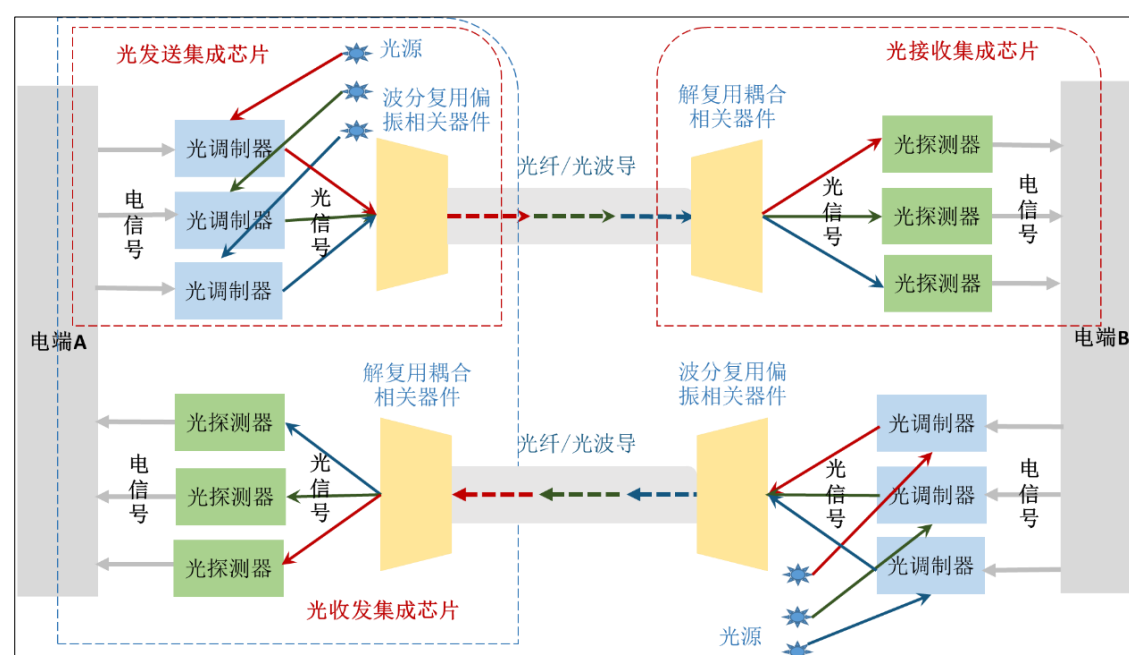
组成 2 个处理器内核，整个芯片却仅有 3×6 毫米大，瞬间引发了业内不小的震惊。

传统微电子技术的特点是依靠集成电子器件提供更高的信息处理速度、存储密度和片上可集成度等能力，但受到纳米尺寸的瓶颈限制，集成电子器件已开始受到制约。与微电子技术发展并行的另一门高新技术——光电子技术，在实现集成光子回路、互联光路、光计算等功能方面显现出巨大的潜力和优势，有可能是取代“集成电路”的新一代信息技术的重要支柱，该技术的关键点是如何在纳米尺寸高度集成的芯片上实现人们像操纵电子那样操控光子。

光电子技术的代表便是光子芯片（Photon chip）。光子芯片又称光芯片，目前广泛应用于光通信（Optical Communication）领域，可实现光通信系统中电信号和光信号之间的相互转换。本报告中的光通信¹⁶概念指光纤通信，是以石英光纤作为传输媒介，以光作为信息载体的通信方式，是现代通信主要支柱之一。

光芯片一般是采用 InP（磷化铟）/GaAs/InGaAsP 等 III-V 族发光材料制作而成，其中硅光子芯片一般是硅和其它 III-V 族发光材料混合集成，其基本工作原理是当给磷化铟施加电压的时候，光进入硅片的波导，产生持续的激光束，进而驱动其他的硅光子器件。目前，光通信领域的光芯片主要是 InP 基芯片，而硅基芯片被认为是具有极大潜力的下一代芯片。

图 47 光通信中电信号和光信号之间的相互转换过程



来源：清科研究中心根据公开资料整理

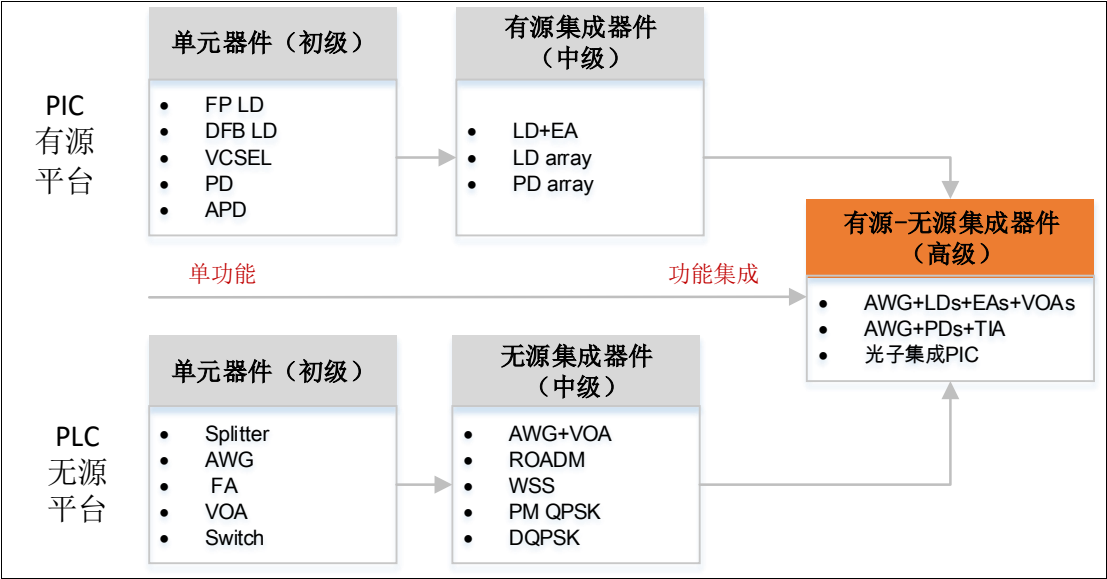
光芯片在实现光通信的过程中起着至关重要的作用，是组成光收发模块的基础元件。光通信器件按其在信息流中工能分类，可分为光信号产生、光信号调制、光信号传输、光信号

¹⁶ 光通信广义上的分类包括大气激光通信、蓝绿光通信、红外线通信、紫外线通信和光纤通信。

处理、光信号探测五大类。光收发模块起着光电转换的作用，在信息流中对应着光信号的产生、调制与探测；光纤光缆负责光信号的传输；由光分路器和光放大器进行光信号的处理。

光芯片是组成光模块的基础元件，而光模块是光通信系统的核心组件，可实现光通信的接收、发射中电信号和光信号的相互转换。因此，在光通信系统中，光芯片占据着技术与价值的制高点，光芯片性能直接决定着整个系统的性能。光通信芯片种类、功能多样，一般可分为光有源芯片和光无源芯片两大类，是光有源器件和光无源器件的核心。其中，光有源芯片是技术核心所在。

图 48 光芯片分类及集成



来源：清科研究中心根据公开资料整理

表 17 光器件分类、功能及组成

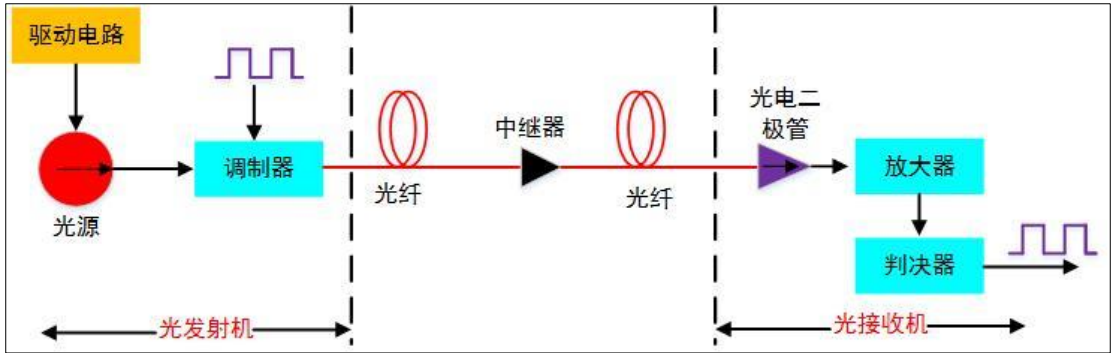
类型	区分	功能	主要器件
光有源器件	光传输系统的核心，需要外加能源驱动工作。	信号的产生、检测与放大；将电信号转换成光信号或将光信号转换成电信号的关键器件。	• 激光器（VCSEL、DFB 直调激光器、EML 外调激光器） • 光调制器（PMQ 调制器、相位调制器、强度调制器） • 光探测器（PIN、APD） • 集成器件（相干光收发器件、阵列调制器）等
光无源器件	光传输系统的关节，不需要外加能源驱动工作。	完成光纤的接续、隔离、信号合/分路、衰减、复用/解复用等功能。	• 光隔离器、光分路器、光开关 • 光连接器（MPO 连接器）、光背板 • 光滤波器（合波器/分波器）等

来源：清科研究中心根据公开资料整理

光通信系统主要由光发射机、光纤光缆、中继器与光接收机等基本单元组成。发射端由

光发射机的光源通过调制器将电信号转变为光信号，光信号注入到光纤中传输，接收端由光接收机将光信号还原成电信号。此外，整个光通信环节还包括一些互连与光信号处理器件，如光纤连接器、隔离器、调制器、滤波器、光开关及路由器、分插复用器 ADM 等。

图 49 光通信系统组成

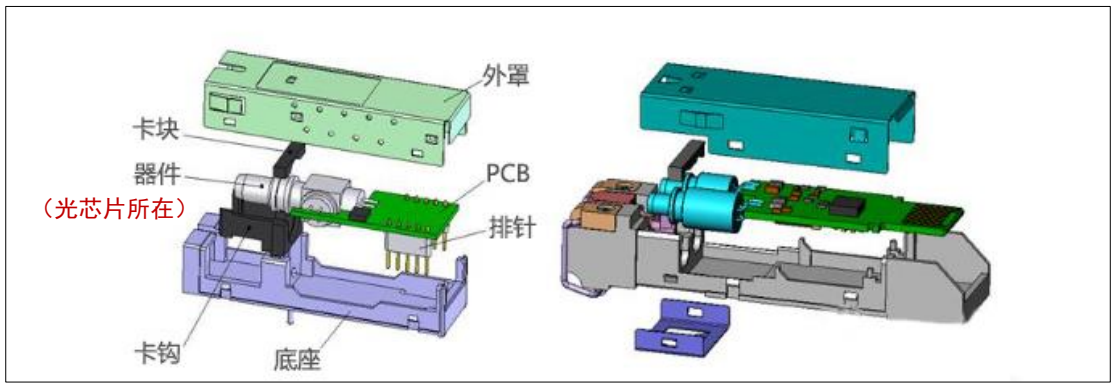


来源：清科研究中心根据公开资料整理

光通信主要过程包括光发射、光纤传输、光接收，其中光纤是光通信中的传输“通道”，光信号的发射和接收则需要通过光模块实现。光通信具有“通信容量大、传输距离远、抗电磁干扰、传输损耗低、信号串扰小”等优点，已经成为世界上最主要的信息传输手段，也是中国在高新技术领域最接近世界先进水平的行业之一。

光模块（optical module）由光器件、功能电路和光接口等组成，一般是由多种光器件封装而成。其中，光芯片是光器件的心脏，是整个光通信系统的核心，光芯片的实力也代表着光通信技术的水平。

图 50 光模块结构图



来源：网络公开资料

光模块功能包括光发射、光接收两部分，简单的说就是光电转换，发送端把电信号转换成光信号，通过光纤传送后，接收端再把光信号转换成电信号。从无线通讯方面来看，6G/10G

光模块是 4G 基站和 4G 传输设备中的核心部件；随着 5G 通信的到来，对高端光模块的需求将会大幅增加，100G 及以上光模块将成为主流。

表 18 光模块分类

分类标准	类别
按功能分类	• 光接收模块：实现光电变换。
	• 光发送模块：实现电光变换。
	• 光收发一体模块：主要功能是实现光电/电光变换，包括光功率控制、调制发送，信号探测、IV 转换以及限幅放大判决再生功能。
	• 光转发模块：除具有光电变换功能外，还集成了很多信号处理功能。
按参数分类	• 按照可插拔性：分为热插拔和非热插拔。
	• 按照封装形式：分为 SFP、GBIC、XFP、Xenpak、X2、1X9、SFF、200/3000pin、XPAK。
	• 按照传输速率 ¹⁷ ：光模块产品涵盖了低速率、百兆、千兆、2.5G、4.25G、4.9G、6G、8G、10G、40G、100G 等主要速率。
	• 目前市场主流的高端光模块速率为 100Gbps，同时 400G 和 1T 光模块也在研发或预研中。
按封装分类	• 按照封装分 XFP、SFP（小型可插拔收发光模块）、GigacBiDi 系列单纤双向光模块、RJ45 电口小型可插拔模块、无源光网 PON（A-PON，G-PON，GE-PON）光模块等多个类型。
	• 其中，SFP、SFP+、XFP 由于体系小、价格便宜，是目前常用的类型。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

光电子器件芯片的一般制作工艺技术，主要包括洁净技术、沉积技术、光刻技术、掺杂技术、外延生产技术、芯片减薄技术等。由于光芯片中含有的化学元素种类更多，且晶体结构更加复杂，因此光子芯片的制作工艺比电子芯片更加繁杂。以半导体激光芯片、光探测芯片的制作工艺为例。

表 19 光电子器件芯片的一般制作工艺技术

主要技术	举例
洁净技术	化学清洗、等离子轰击等
沉积技术(包括介质和金属)	电子束蒸发 SiO ₂ 或 Si ₃ N ₄ ，金属沉积和金属溅射等
光刻技术	甩胶、前烘、图形对准和曝光、显影、坚膜、化学腐蚀、清洗、烘干等
掺杂技术	热扩散、离子注入等
外延生产技术	MOCVD（金属有机物化学气相外延）、MBE 超薄层材料外延生长技术
芯片减薄技术	磨片、抛光等

来源：清科研究中心根据公开资料整理

¹⁷ 传输速率指每秒传输比特数，单位 Mb/s 或 Gb/s。

表 20 半导体激光芯片、光探测芯片的制作工艺

芯片类型	制作工艺
半导体激光芯片	化学清洗、一次 MOCVD、一次光刻、湿法腐蚀（或反应离子刻蚀，或加强的反应离子刻蚀）、干燥处理、二次 MOCVD、二次和多次光刻和腐蚀（或刻蚀）、热扩散或 MOCVD 掺杂、双沟腐蚀（或台阶制作）、介质钝化、金属沉积或金属溅射、衬底减薄、背面溅射、合金化、划片和解理、端面镀膜等。
光探测器芯片	外延生长、PEVCD、光刻、扩散、陪片测试、扩散、RIE、PEVCD、光刻、P 面电极、减薄和清洗、N 面电极、解理、测试。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

3.1.2 光通信应用：技术和价值高地

当前，以信息技术与制造业融合创新为主要特征的新一轮科技革命和产业变革正在孕育兴起，我国 90% 以上的信息量是通过光纤传输的，光通信及相关光电子产业正在成为带动整个信息产业的新的经济增长点，而光子芯片更是其中的技术核心点。相比传统电子芯片，光子芯片在性能瓶颈上将实现很大的突破。传统电子处理器依靠逻辑电路传输数据，随着数据传输量与日俱增、传输速度需求越来越高，传统电子芯片逐渐遇到性能瓶颈，不堪重负。相对于传统电子芯片，光子芯片的数据传输和计算能力更强，具有超高速率、超低功耗的突出优势。一方面，由于光路在空中交叉传输又互不干扰，光计算具有天然的并行性，可在一个时间段内同时进行多路计算，数据传输速度更快，而且结果更精准；另一方面，光子芯片自身能耗非常低，利用光子输入/输出端口传输 1Tb 数据仅消耗电能 1.3 瓦。

表 21 光子芯片与传统电子芯片对比分析

工序	半导体材料	芯片结构
光子芯片	一般采用 InP（磷化铟）/GaAs/In InGaAsP 等 III-V 族发光材料，硅光子芯片一般是硅和其它 III-V 族发光材料混合集成	一般采用三维立体结构
传统电子芯片	一般采用 Si 或 GaAs	一般采用平面结构

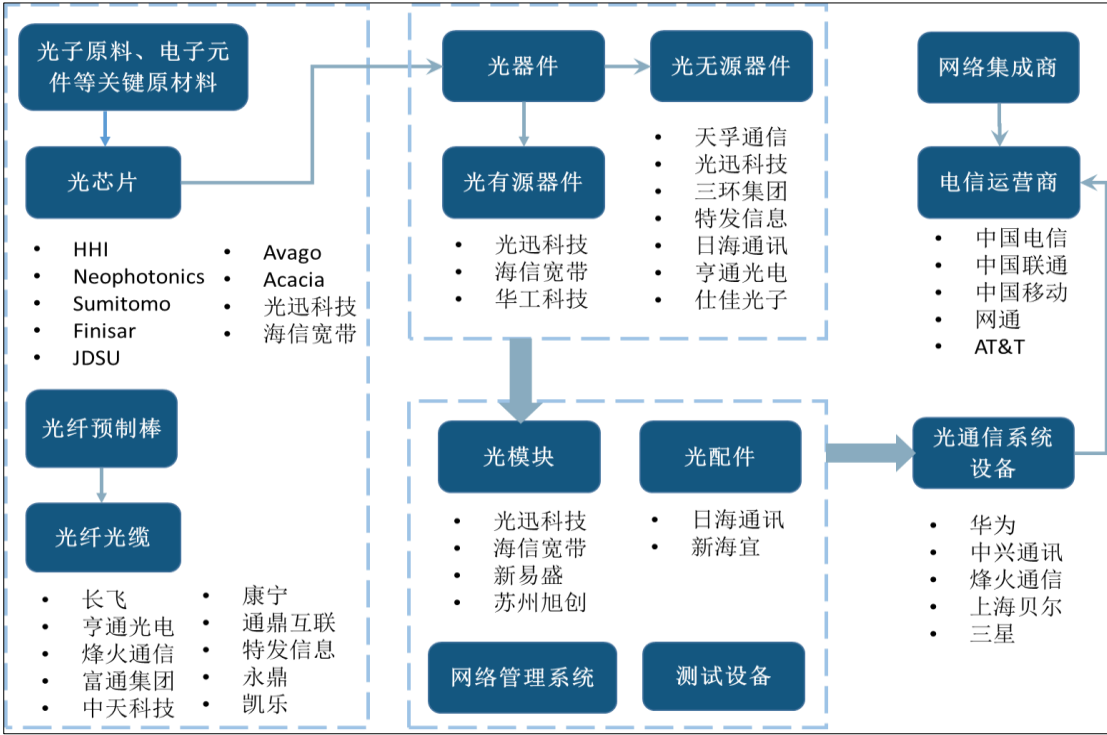
来源：清科研究中心根据公开资料整理

目前，光子芯片主要应用于通信领域，是光通讯系统的“心脏”，也是整个光通讯行业的技术和价值高地。光芯片的设计、制作的工艺技术复杂，封装成本高，现阶段广泛应用受到限制。但是，未来光子芯片广泛应用潜力无限，随着光子芯片技术的成熟，芯片封装成本的进一步降低，光子芯片将从服务器、大型数据中心、超级电脑等大型设备进入机器人、PC、手机等小型移动设备，应用领域、应用场景得到极大拓展。

光通信行业主要包括光系统设备、光纤光缆、底层光器件及光芯片三大细分领域。其中，华为、中兴已经成为光通信系统设备领域的领导者；中国光纤厂商也占据着光纤光缆领域前十强的半壁江山；但在处于技术和价值链上游的底层光器件及光芯片领域，光芯片核心技术，

及光器件高端工艺/技术等仍掌握在外国公司手中，未来实现核心光芯片自产自供，摆脱对国外厂商依赖，是国内光通信行业真正做大做强关键。

图 51 光通信产业链



来源：清科研究中心根据公开资料整理

上游：原材料供应商、光芯片、光纤光缆、光器件生产厂商。其中，光器件大量应用在宽带接入、城域和骨干传输系统设备中，是光通信产业链基石。光器件生产商采购光学和电子原件、芯片等原材料（大部分芯片需要向国外芯片厂商购买，部分光器件厂商可以自产所需芯片），经过集成、封装、测试合格后，供给中游的光通信系统设备制造商。

中游：光通信系统设备制造商，根据运营商需求功能的不同，集合不同的光器件、电器件，生产制造出用于宽带接入、城域或骨干传输的光通信系统设备，供各电信运营商。

下游：通信运营商以及最终端的用户组成。

我国光通信上下游产业链成熟度不一，其中**光纤光缆国产化程度高**。光纤光缆产业可进一步细分为光纤预制棒制备、光纤拉丝和光缆制作三个环节，三者所占整个产业链的利润为7:2:1，生产光纤预制棒的利润远超过生产光纤和光缆的利润。

光网络设备呈现巨头垄断格局。国内光网络设备市场呈华为、中兴两大巨头垄断格局。2015 年全球光网络设备市场份额同比增长 3%，市场规模增至 125 亿美元，增长的主要原因是运营商开始采用 100G 波分复用设备来提高骨干网的容量。此外，互联网公司对数据中心互连设备的需求也逐渐成为光网络市场发展的新动力。

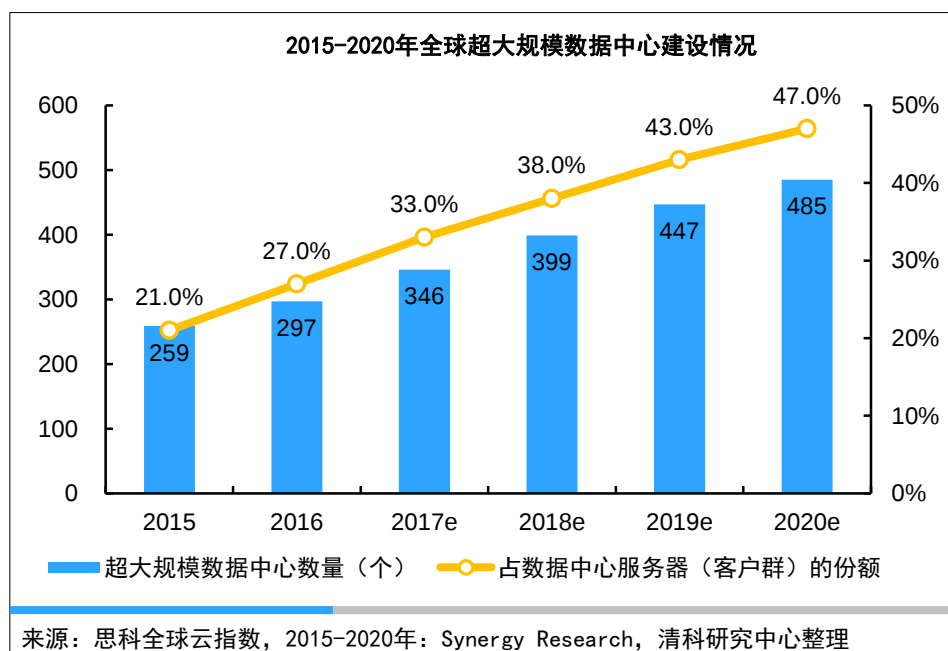
光器件/光模块开始崛起，但仍与中下游的光纤光缆及光设备在全球的地位严重不匹配。光器件产业处于光通信产业链的上游，为下游系统设备商提供器件、模块、子系统等产品，其性能的好坏直接影响到光纤通信系统的质量。虽然光迅、海信等国内厂商已具备一定的光器件、光模块供货能力，但受光芯片研发制备能力限制，我国光模块器件整体竞争力较弱，占全球总体市场不足 10%，且多集中在 10G、2.5G 以下中低端产品。

3.1.3 数据中心：发展空间广阔

目前，我国已成为全球最大的光通讯市场，不论从产业规模还是从市场空间来说都相当引人注目，随着“宽带中国”战略的落地，以及 4G 商用时代的全面开启，我国光通讯产业迎来了更大的发展空间。全球范围内，尤其是亚太地区云计算的发展，拉动新一代通信基础设施建设进入加速期。光子芯片在通信领域主要用于长距离光传输和数据中心短距离光传输，而后的应用价值、应用潜力巨大。

数据中心发展空间广阔，中心数量和流量将快速增长。全球已经历了光纤替代铜线电信号传输数据的浪潮，解决了长途传输过程中的网络建设问题，而随着云计算、大数据时代的到来，全球企业快速将业务重心转移到云平台架构，数据中心流量将快速提升，建设数量也将大幅增加。2016 年，全球 24 家超大规模运营商运营的数据中心达到 297 个；预计到 2020 年增长到 485 个，届时此类数据中心将占全球数据中心服务器安装量的 47%。

图 52 2015-2020 年全球超大规模数据中心建设情况



国内来看，中国电信和中国联通为中国两大互联网数据中心提供商。其中，电信拥有超过 320 个商业数据中心，联通拥有大约 220 个数据中心；同时 BAT 也正积极扩张数据中心。

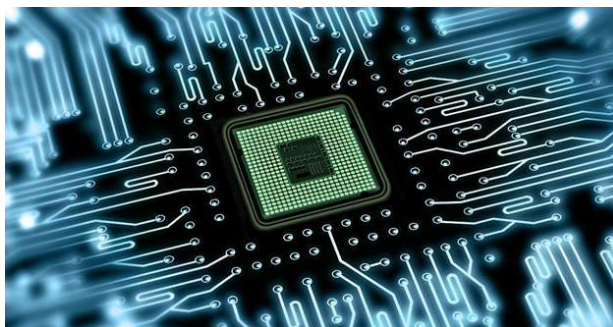
根据 DCDi 研究，我国目前规划在建数据中心共计 246 个，总设计机架数约为 103 万个，总设计服务器规模约 1326 万台。

大规模数据中心建设，将催化高端光模块/光器件需求。目前，全球数据中心以 40G、100G 模块为主（国内目前正在测试 25G），数据中心内部（芯片内部、芯片与芯片之间、机架内部、机架与机架之间等）的传输以电信号传输为主。根据《Cisco 全球云计算指数白皮书》，到 2019 年，全球通信网络流量的 99%是和数据中心相关的，其中数据中心内部的网络流量将占到全部流量的 70%以上。数据中心流量的爆发式增长，对数据中心内部传输提出了新的要求，未来数据中心必定很快向 200G、400G 甚至更高的传输速度演进。

Heavy Reading 近期报告指出：随着数据中心的 100G 连接成本的下滑、每个机架输入输出带宽需求的增长，及新一代器件技术的面世，2017-2018 年 400G 光通信有望实现商用。现阶段，全球大概有大约 20 家厂商已经推出 400G 产品，包括光器件、光模块、相干和 PAM4/NRZ 收发器组件、OTN 处理器和 FPGA 等。Heavy Reading 还认为，在新一代相干和 PAM4/NRZ 光收发器、光传输网络处理器和 FPGA 的驱动下，数据中心应用将成为 400G 需求显著上升的催化剂，预测未来每机架服务器输入输出带宽将接近 5Tbps。

3.1.4 前沿技术：设备尺寸有望缩减至 1%

目前，光子芯片由于导波难以实现精确操纵，光子集成器件往往设计成较大的尺寸，不但占用了很大空间，还限制了芯片的器件集成密度。缩小光子集成器件的尺寸成为研究人员一直希望攻克的难题。而 2017 年 4 月在线出版的《自然 纳米技术》杂志上的一篇文章却解决了这种现状。



来源：网络公开图片

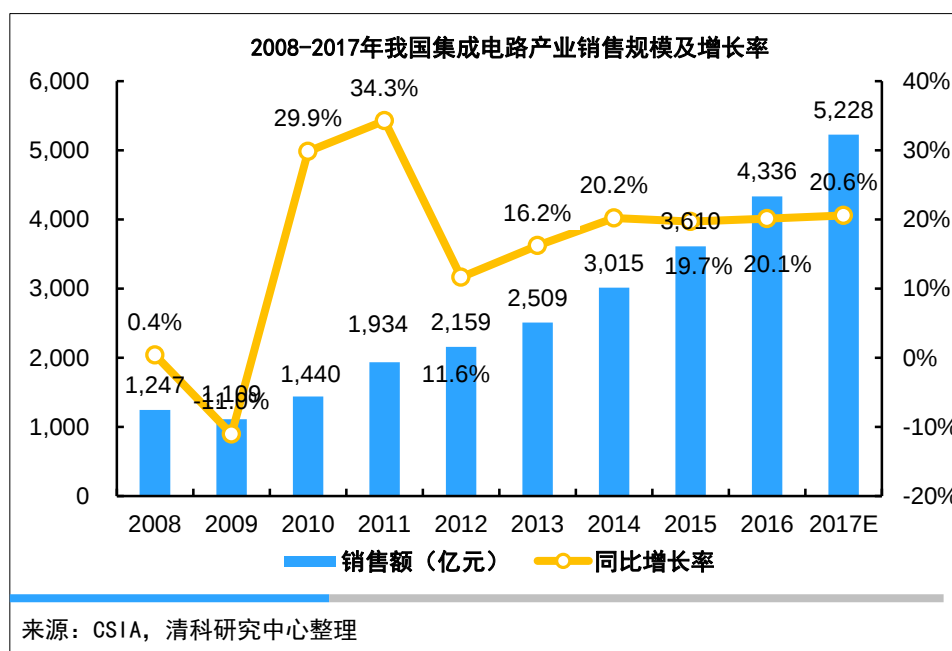
哥伦比亚大学应用物理系助理教授虞南方（Nanfang Yu）博士率领的研究团队利用纳米天线，成功地发明了一种能够在狭窄路径，对光线传播进行高效控制的新途径。通过此种方法制作出的集成纳米光子器件拥有有史以来最小的面积，却同时拥有迄今为止最宽的工作带宽。在纳米天线的帮助下，能够大大减小光子集成器件的尺寸，设备的尺寸可减小到原来的十分之一甚至百分之一。此项技术为人们带来更快、更强大、效能更高的光子芯片，反之，光子芯片也将为光子通信与光子信号处理带来翻天覆地的变革。

3.2 全球及中国光电芯片产业发展情况分析

2017年10月25日于上海开幕的第十五届中国国际半导体博览会暨高峰论坛(IC China)上,工信部电子信息司司长刁石京表示,预计今年全球集成电路市场规模达到4000亿美元,作为全球规模最大、增速最快的中国集成电路市场规模也将达到1.3万亿元。

近年来中国电子工业持续高速增长,集成电路产业进入了快速的发展期。2014年,中国集成电路完成内销产值1011亿元,同比增长9.9%,高于全行业增速1.2个百分点,内销比例达到34.7%比上年提高0.4个百分点。在全球集成电路销售规模增长缓慢的同时,我国依旧保持的20%左右的高速增长。

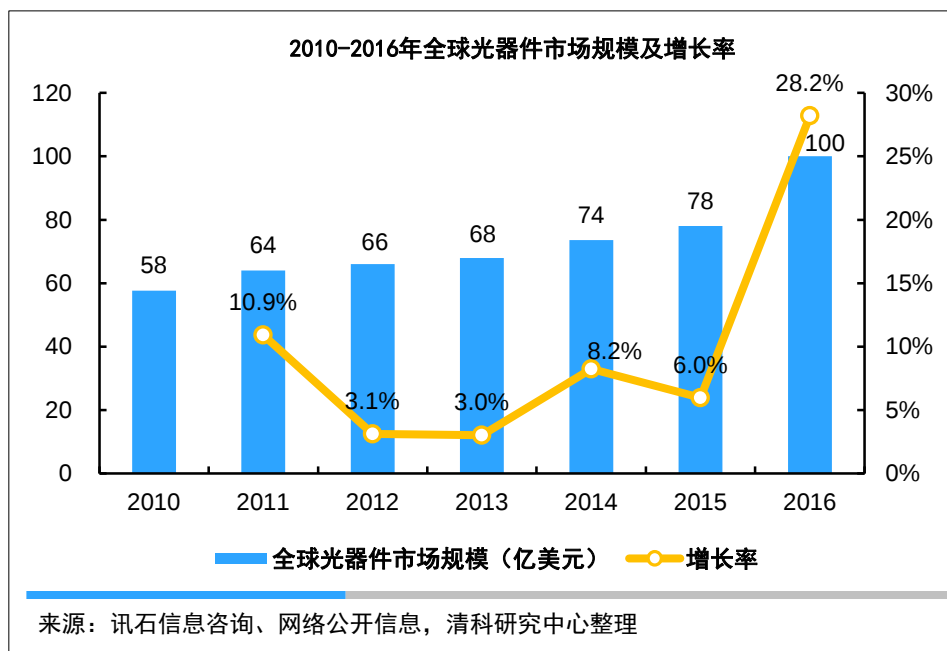
图 53 2008-2017 年我国集成电路产业销售规模及增长率



3.2.1 全球光芯片市场飞速发展，TOP10 厂商份额占比超 60%

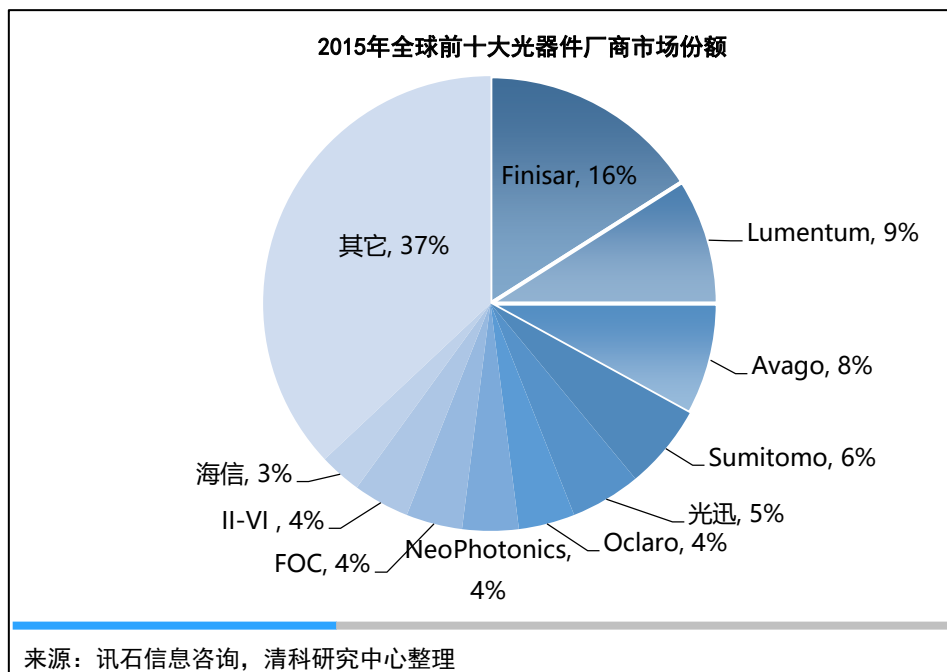
随着光纤到户、互联网+、云计算数据中心及智能制造的飞速发展,全球光器件市场在2010-2015年的平稳增长后,2016年光器件市场迎来爆发,全球市场规模突破100亿美元,同比增长28.2%。此外,据YOLE预测,2018年全球光芯片及其封装器件市场将达到1.2亿美金,2024年将超7亿美元,年复合增长率38%。

图 54 2010-2016 年全球光器件市场规模及增长率



全球光器件市场的集中度较高，2015 年全球前十大光器件厂商份额占比高达 63%，而且多数为美日公司，其中 Finisar、Lumentum、Avago 三家美企的市场份额占全球的 1/3 左右；国内仅光迅科技、海信两家企业上榜，分列第 5、10 位，市场份额分别是 5%和 3%。

图 55 2015 年全球前十大光器件厂商市场份额



在芯片领域，制造 100G CFP 光模块的核心—25G 电吸收调制激光器（EML）芯片，在整个光器件和光模块的制造中占大比重，供应商主要有德国的 HHI，美国的 Neophotonics 和日本的 Sumitomo。

随着硅光子技术被市场认可，英特尔、IBM、思科、意法半导体、NEC 等全球各大电子公司，也纷纷看好硅光子芯片未来前景，积极投入；此外，大型互联网公司、运营商、通信设备厂商等下游客户，也逐渐切入中上游制造过程，涉足芯片研发领域。例如，2013 年，Facebook 与英特尔合作开发数据中心机架，基于高带宽 100Gbps Intel 硅光技术；2016 年，Ciena 收购 TeraXion 高速光电子组件（HSPC 业务）。

表 22 国外企业布局情况

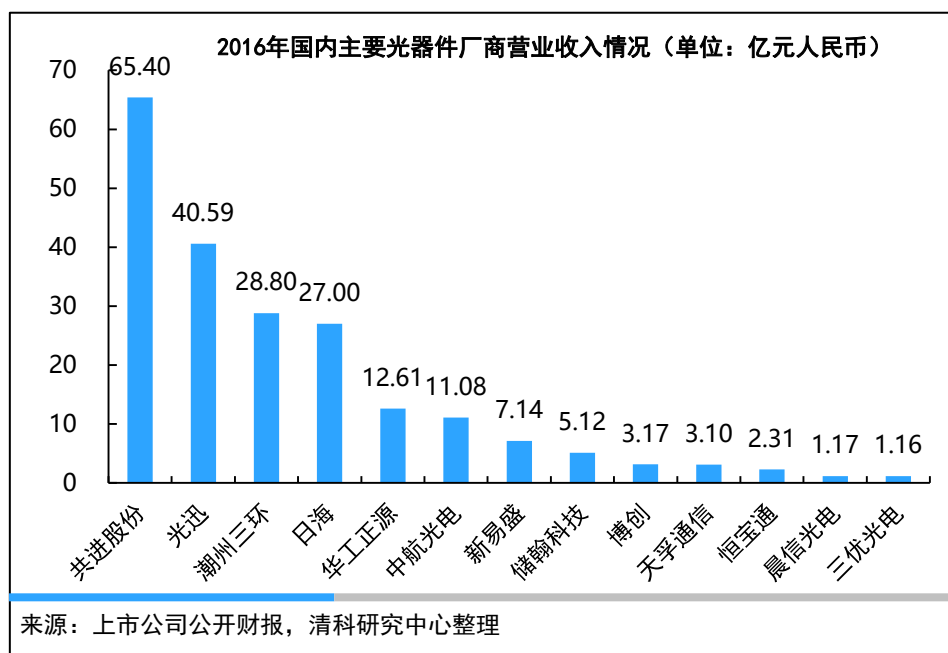
公司	时间	布局&产品
Intel	2010 年	建立起全球首个集成激光器的端到端硅激光数据连接，证明了“未来计算机可以使用光信号替代电信号进行数据传输”。
	2013 年	与康宁共同研发新的光纤传输技术，300 米之内可做到 1.6Tb/s 惊人速度；与富士通合作打造了全球第一台基于 Intel OPCIE（光学 PCI-E）的服务器。
	2014 年	发布了采用硅光子技术的有源光缆（AOC），支持 Facebook 主导的数据中心行业标准“Open Compute Project”。
	2016 年	Intel 宣布其硅光子模组（100G 收发器）正式投入商用，代表数据中心的铜线架构将快速被高速光纤的硅光架构取代。
IBM	2013 年	推出了 90nm CMOS 工艺线的硅光子 25Gb/s WDM 系统。
	2015 年	宣布成功把硅光子芯片集成到与 CPU 相同的封装尺寸，同年展示了完全整合的分波多工 CMOS 硅光子芯片，该全整合式分波多任务 CMOS 光子芯片，内含四个独立的发射通道，有四个不同波长的 25Gbps 收发器信道，利用芯片上的分波多任务器进行结合或分开。
Acacia	2009 年	将 DSP ASIC 和 Silicon PIC 整合到同一硅基芯片上，较好的提高了集成度，相关模组即插即用，更容易部署，使用成本低廉，在信号处理芯片和硅光芯片拥有大量知识产权。
Luxtera	2009 年	经过与飞思卡尔多年合作，实现了世界首个商用级硅基 CMOS 光子半导体制造工艺的投产。
	2014 年	发布基于 PSM4 MSA 的 LUX42604 QSFP28 模块以及 100G-PSM4 硅光芯片 LUX22604，支持 1310nm 下 2 公里传输，其中模块最大功耗 3.5W。
Mellanox	2013 年	收购硅光子公司 Kotura 与并行光互连芯片厂商 Iprionics。
	2015 年	和 NeoPhotonics 公司合作开发激光器阵列，主要针对 100G PSM4 模块，用于数据中心收发器。
	2016 年	发布 200Gb/s 硅光子调制器和探测器，对于 InfiniBand 和以太网互连基础设施意义重大，让端到端的 HDR 200Gb/s 解决方案成为可能。
SiFotonics	2010 年	发布 2.5Gb/s 速率的接收器单片集成芯片 TP1001。
	2015 年	推出全集成 100G 相干接收机芯片 CR4Q01，目标市场骨干网及城域网 100G DP-QPSK 相干通信市场。
	2016 年	推出锗硅 25G PD/APD 芯片。
思科	2012 年	收购硅光子公司 Lightwire，研发针对 400Gbps 以太网接口的硅光子技术线卡。
	2013 年	推出 CPAK 光模块 1Tb 线卡。
	2015 年	收购硅光子公司 CoreOptics。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

3.2.2 中国市场占比超三分之一，中高端芯片全依赖进口

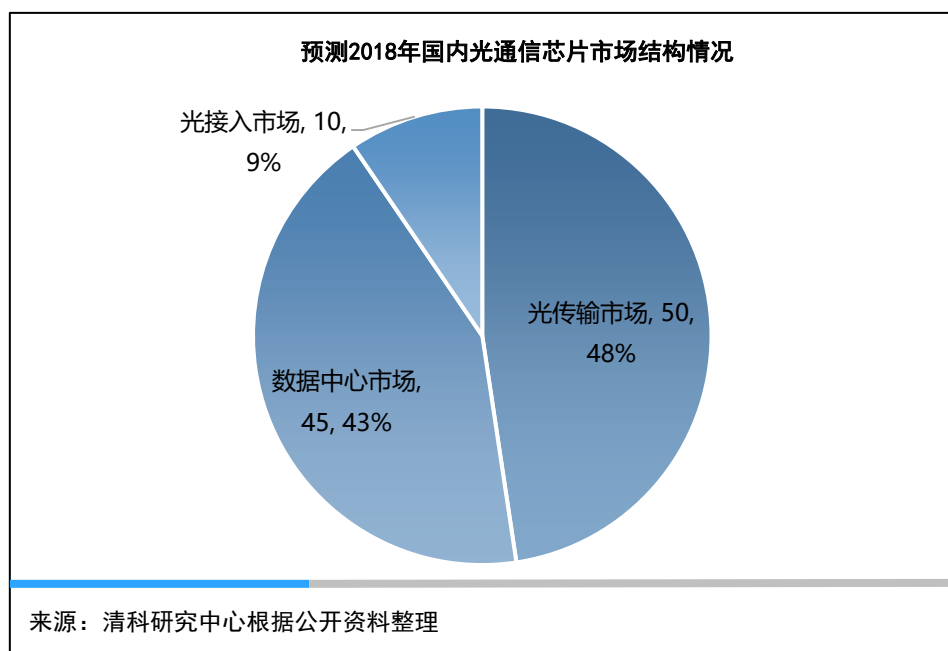
据国内知名的光通信市场研究机构讯石光通讯网，2016 中国光器件市场规模约 42.3 亿美元，占全球市场规模 42% 的份额。按照光芯片市场规模一般占光器件的 3%-5% 估算，国内光芯片市场规模应该在 1.3-2.1 亿美元之间，但考虑到国内光器件厂商的中高端芯片基本全靠进口的实际情况，实际市场规模要小的多。

图 56 2016 年国内主要光器件厂商营业收入情况（单位：亿元人民币）



公开数据显示，2015 年光通信芯片市场增长 4%，未来 5 年的复合年增长率达 8%，预计 2018 年，光芯片及其封装器件市场将达到 105 亿美元。其中，光传输市场仍然是其最大的市场，数据中心市场增长最快，将以 22% 的复合年增长率增长，预计 2018 年将达 45 亿美元。此外，光接入市场需求趋于平稳，年需求维持在 10 亿美元。

图 57 预测 2018 年国内光通信芯片市场结构情况



3.2.3 中国芯片企业实力偏弱，优秀企业自研+外延合作布局

我国光器件及芯片企业整体实力较弱，光器件厂商多集中在技术成熟、进入门槛不高的中低端产品，以组装代工为主，产品附加值不高，同质化严重，主要依靠扩大产能和降低劳动力成本的方式在市场竞争中获取优势。

近年随着国家政策以及资金的大力扶持下，已有部分企业开始打破光电产业中低端的竞争格局，注重在技术领域的研发。我国光器件及芯片企业整体实力较弱，产品主要集中在中低端领域，在 10G 以上速率的有源器件和 100G 光模块等高端领域开始逐渐有所突破，光芯片层面也出现了华为海思、中兴、海信、烽火通信、厦门优讯等一批具有自主研发能力的企业。其中，华为海思在光通信芯片设计领域国内领先，已经掌握了 100G 光模块芯片技术。

在硅光子领域，除海思自研外，华为也进行了一系列外延和合作布局，于 2012 年和 2013 年分别收购了英国和比利时的硅光公司 CIP Technologies 和 Caliopa，吸收了两家公司在集成器和硅光技术运用领域的优势，主打小型高容量硅光芯片。2014 年，华为宣布与 IMEC 合作，聚焦于光学数据链路技术。

表 23 国内企业布局情况（光模块&光芯片）

细分领域	代表企业	布局情况
光模块	索尔思光电	• 成功研发 100Gb/s QSFP28 收发模块，兼具性能和成本优势。
	易飞扬	• 100GQSFP28 光模块研发成功，100GCFP-LR4 光模块正式商业化。
光芯片	光迅科技	• 国内唯一量产 10G 以下 DFB、APD 芯片和唯一具备自主研发全系列 PLC 芯片并规模生产的厂商； • 芯片出货能力 8000 万/年，自给率达到 95%左右，但大多是低端芯片；

		• 高端芯片上开始突破，推出了 120G CXP 模块和 100G QSFP28 SR4 模块，实现了 100G 速率光模块的芯片国产化； • 在硅光子关键技术和实用化探索上积极布局，随着其综合实力逐渐增强，以及国家集成电路产业的扶持，必将加快推进硅光子项目。
	华为海思	• 已经掌握 100G 光模块芯片技术； • 2012-2013 年，华为先后收购了英国集成光子研究中心 CIP、比利时硅光子公司 Caliopa，打开了硅光子技术领域的研发大门，大大加强了华为的光通信技术研发能力。
	奇芯光电	• 研制的光子集成芯片已进入测试阶段，投产后将广泛应用于光电子信息行业。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

光通信器件技术是光纤通信领域中具有前瞻性、先导性和探索性的战略必争高技术，目前国内光通信芯片尤其是速率为 100Gbps 及以上的高端光模块芯片，仍然主要依赖国外芯片厂商。随着国际大国外交形势变化及国际企业并购发生，在并购中掌握话语权的国际厂商一旦收紧芯片供应，恐将给没有核心芯片技术的国内器件、模块厂商带来元器件断货的风险。

3.3 中国光电芯片及光通信领域相关政策

3.3.1 对光电领域大力扶持

集成电路一直是我国政府重点鼓励发展的产业，近年来，我国集成电路行业已基本实现市场化竞争，各企业面向市场自主经营，政府职能部门进行产业宏观调控。国家相继出台了一系列支持、鼓励集成电路产业发展的政策。

表 24 国内集成电路产业相关政策

时间	颁布部门	相关政策	主要内容
2016 年	国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	加快实施一部书的国家科技重大专项，推动专项成果应用及产业化，提升专项实施成效，确保现实专项目标：持续攻克“核高基”（核心电子器件、高端通用芯片、基础软件）、集成电路装备、宽带移动通信等关键核心技术，着力解决制约经济社会发展和事关国家安全的重大科技问题。
2015 年	国家发改委	《关于实施新兴产业重大工程包的通知》	提出重点开展进程电路工程建设，着力提升先进工艺水平、设计业集中度和产业链配套能力，选择技术较为成熟、产业基础好，应用潜力广的领域，加快高性能集成电路产品产业化。
2015 年	国务院	《中国制造 2025》	着力提升集成电路设计水平，不断丰富知识产权（IP）核和设计工具，突破关系国家信息与网络安全及电子整机产业发展的核心通用芯片，提升国产芯片的应用适配能力。

2014 年	国务院	《国家集成电路产业发展推进纲要》	移动智能终端、网络通信等部分重点领域集成电路设计技术接近国际一流水平。到 2020 年，集成电路产业与国际先进水平的差距逐步缩小，全行业销售收入年均增速超过 20%企业可持续发展能力大幅增强。移动智能终端、大数据等重点领域集成电路设计技术达到国际领先水平，产业生态体系初步形成”的发展目标。
--------	-----	------------------	---

来源：清科研究中心根据公开资料整理

3.3.2 重视提高原始创新能力

近年我国信息产业发展迅速，比较优势和竞争能力显著增长，但核心技术基础依然薄弱，尤其是核心芯片和基础软件对外的依存度较高，未来以“光子芯片”为代表的光通信技术的突破及产业化应用，将从根本上提高国内信息产业的原始创新能力，打破对国外芯片厂商的依赖。《信息产业发展指南》、《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》、《智能制造发展规划（2016-2020 年）》等政策文件中多次提到光通信及核心芯片研发，表明国家对于光通信技术、器件及应用研发的重视程度也在加深。

表 25 国内光通信领域相关政策情况

时间	颁布部门	相关政策	具体内容
2017.02	国家发改委、工信部	《信息产业发展指南》	加强前沿领域重大布局，重点在未来网络、量子计算、平流层通信、卫星通信、可见光通信、车联网、地海空天一体化网络、人工智能、类脑计算等关键领域，集中优势资源开展原始创新和集成创新，增强新供给创造能力，抢占产业技术发展主动权和制高点。
2016.12	国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	1) 提升核心基础硬件供给能力。推动智能传感器、电力电子、印刷电子、半导体照明、惯性导航等领域关键技术研发和产业化，提升新型片式元件、光通信器件、专用电子材料供给保障能力。 2) 加强关键技术和产品研发。布局太赫兹通信、可见光通信等技术研发，持续推动量子密钥技术应用。
2016.12	工信部、财政部	《智能制造发展规划（2016-2020 年）》	支持工业企业利用光通信、工业无线、工业以太网、SDN、OPC-UA、IPv6 等技术改造工业现场网络，在工厂内形成网络联通、数据互通、业务打通的局面。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

3.3.3 多领域共同促进发展

光子芯片将推动通信产业进入太比特时代。大规模集成电路经过近半个世纪的遵从摩尔定律的加速发展，微电子芯片技术已经相当成熟，集成度的提高使芯片的功能成百上千倍的增强，但随着摩尔定律的失效，传统电子芯片逐渐遇到性能瓶颈。光子芯片技术以其相对于电子芯片的突出优势，将帮助突破计算机电子技术的局限，通过大幅增加数据容量和提高

数据传输速度，推动通信产业进入太比特时代，同时降低碳足迹和单位成本。

此外，光子芯片的应用可以实现接收端电信号向光信号的转换，再通过光纤进行长距离或数据中心短距离传输。光纤通信是现代通信网的主要传输手段，光纤传输与传统电缆传输相比具有诸多优势，可显著提升信息传输速率及信号稳定性。

光子芯片将促进新材料领域的全新发展。石墨烯是国家“十三五”重点发展的新材料之一，石墨烯在芯片领域的应用是其中重要的发展方向。目前，制造芯片的原材料以硅为主，但是硅的物理特性限制了芯片的发展空间。石墨烯具有极高的载流子速度、有限的散射、优异的等比缩小特性，因此成为电子器件和集成电路的首选材料，也是众多芯片企业研究的焦点，为突破硅基芯片的瓶颈提供了可能。

例如，IBM 投资了 30 亿美元，尝试对芯片产业进行革新，计划应用石墨烯技术提升芯片性能并缩小其尺寸，从而提高芯片效率。另外，华为作为国产手机厂商中为数不多的拥有自己芯片的企业，也将石墨烯技术作为重点研发对象，在英国进行了石墨烯的投资。

光学计算是影响未来信息技术发展的战略性工程。科学家正在将微电子技术 with 光子技术结合，研制新型光电集成系统，可广泛应用于大型多媒体广播系统、机场安全检查系统和医学数据库系统，在移动通信领域可消除同一基站内用户间的相互干扰，在生物科技方面可大大缩短运算必须的基因数据配对时间。光计算主要利用光的物理性质进行大容量信息处理，一旦投入运行，将彻底改变智能手机、超级计算机和大型运算中心的计算与网络构架，在军事和民用领域具有广泛的应用前景。

随着光电子技术的飞速发展，未来光子芯片将在多媒体和智能终端、超级计算、军事安全等领域大有用武之地，是未来实现神机妙算、引领时代变革的核心技术之一。

3.4 中国光通信产业发展趋势分析

3.4.1 电信市场接入网迎光改，光通信系统应用大爆发

国家不断颁布促进光通信行业发展的政策法规，有利的支持了光通信行业的发展。2013 年，国务院发布《“宽带中国”战略及实施方案》，“宽带中国”战略成为国家战略，提出发展目标：到 2020 年，宽带网络全面覆盖城乡，固定宽带家庭普及率达到 70%，标志着光通信行业迎来重要发展机遇。此外，从 2013 年开始，国内各大运营商也开始大规模部署 4G 网络，基站设备投资、传输网络建设需求旺盛，带来光通信行业需求快速增长，为项目实施提供了广阔的发展空间。随着光通信在宽带中国实施过程中的地位不断提高，4G 商用、FTTX 建设的不断推进，将为光通信企业带来前所未有的发展机遇。

3.4.2 100G 光模块渐成标配，5G 网络建设驱动模块升级

中国运营商预计 2018 年 5G 试商用，到 2020 年实现正式商用，欧美日韩等国也在按照加快步伐推进 5G 发展。相比 4G 网络，5G 标准制定中将物联网纳入了考量范围，终端侧将更加强调芯片、天线的能力提升，多种终端将接踵而来，5G 建设和三大运营商面向 5G 的无线网络优化成为成长性投资方向。5G 网络建设将推动基站光模块从 6G/10G 向 25G 升级，100G GPON 和 EPON 将成为接入网主流，100G 将向城域网下沉，400G 或于 2018 年在骨干网中规模商用。流量爆发驱动模块升级，云计算大潮下数通成增长引擎，电信市场在接入、城域网、骨干市场交替发力下，预计未来将保持稳步增长；数通市场在云计算大潮的拉动下快速增长，100G 需求迅猛，根据 Infonetics，目前市场中 65% 的 10G/40G/100G 需求都已经来自数据中心。

3.4.3 光纤光缆自给率继续提升，光器件抢占全球市场份额

2010 年之后，中国光纤厂商通过海外合作大力发展光纤预制棒的生产能力。全国光纤预制棒产能已从 2010 年的 1080 吨扩展到 2015 年的 5000 吨左右，预计 2017-2018 年全国光纤预制棒产能可达到 6000 吨，满足超过 80% 的光纤生产需求。考虑到光纤预制棒是光纤制造的主要成本所在，摆脱进口依赖后，光纤厂商能进一步降低原材料成本，进而提升其整体利润率水平。同时，伴随华为、中兴通讯、烽火通信等光通信设备厂商在全球市场的广泛参与，光通信上游光器件产能也逐渐向国内倾斜，推动国产厂商在全球光器件、光芯片市场的份额增长。

光器件的生产具有劳动密集型的特征，中国企业拥有成本优势，主要从事光器件的封装工作。由于在光通信芯片方面主要依赖进口，因此中国光器件企业在市场需求高涨的同时利润空间并不大，芯片成为下游企业竞争力的一个制约因素。中国光通信芯片产业未来发展可能会主要来自下游光器件企业向上游的延伸，在上游的芯片和下游的系统设备领域均比较集中的情况下，光器件厂商有较强的动力向上游拓展，一些实力较强的光器件厂商将会在上游取得突破。

3.4.4 光通信上游并购重组频发，垂直一体化整合是趋势

国内光通信企业在上游核心光器件、光芯片研发上普遍能力不足，从企业战略布局考虑，出于以下几个方面的目的，涵盖模块、器件、芯片等的光通信上游领域并购重组将频发。一是光模块厂商并购上游光电子芯片和晶圆制造厂，通过垂直整合的方式来降低成本，同时为用户提供“一站式服务”；二是企业通过外延并购，整合对方产品，缩短自身产品上市周期；三是借助并购重组形成规模优势，抢占市场份额，避免过度竞争带来的价格战；四是丰富产品线，提供差异化产品，并通过持续研发不断推出新型产品来面对同质化竞争，获得定价方

面的话语权。

此外，设备商自下而上垂直一体化整合也将成为趋势。除了光模块厂商向上游光芯片领域进行并购之外，处于光通信产业链中游的设备集成厂商也开始自制光模块，并通过并购积极加强高端光芯片的研发。例如，作为 100G 市场的追随者，思科通过收购上游供应商，开始自制 100G 光模块并用于自身系统，这一策略使思科拥有 100G 光器件的核心技术，取得竞争优势的同时也能降低成本、提高利润。除思科外，光通信设备行业的其他巨头，如华为、中兴等也纷纷来研制光模块关键芯片。

3.5 中国光电芯片产业投融资状况分析

为促进国内集成电路产业发展，2014 年 10 月份，国家集成电路产业投资基金正式设立，首期募资规模 1387.2 亿人民币。据相关负责人介绍，截至 2016 年底，国家集成电路投资基金已进行了多达 40 笔投资，承诺投资额也已接近 700 亿元，已投项目带动的社会融资超过 1500 亿元。除以大基金为代表的国家基金外，北京、上海、天津、安徽、甘肃、山东、湖北、四川等地也陆续出台金额不等的集成电路产业基金，以扶持当地产业发展。比如北京市成立了 300 亿元产业投资基金，上海市集成电路产业基金总规模达到 500 亿元。

图 58 部分省市设立的集成电路投资基金规模情况（单位：亿元人民币）

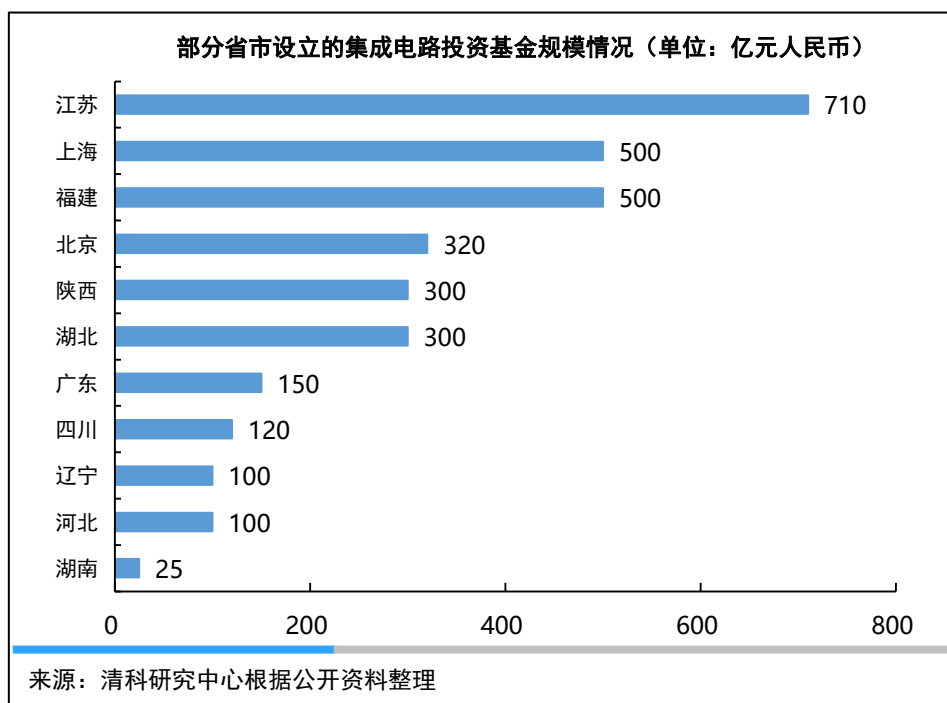


表 26 国内部分集成电路产业基金列表

基金简称	成立时间	管理机构简称	基金类型	目标规模 RMB&M	募集状态
南京集成电路专项基金	2016-12-05	南京集成电路专项基金	成长基金	50,000.00	首期募完,正在募集
石家庄市集成电路基金	2016-11-15	石家庄市集成电路基金	基础设施基金	1,000.00	首期募完,正在募集
陕西省集成电路基金	2016-08-25	西高投	成长基金	6,000.00	首期募完,正在募集
上海电路装备基金	2016-08-23	浦东科技	成长基金	10,000.00	首期募完,正在募集
厦门市集成电路基金	2016-07-07	厦门市集成电路基金	FOF 基金	50,000.00	首期募完,正在募集
广东集成电路基金	2016-06-15	粤科金融	成长基金	1,500.00	首期募完,正在募集
辽宁省集成电路基金	2016-06-08	辽宁省集成电路基金	成长基金	10,000.00	首期募完,正在募集
四川集安基金	2016-03-31	四川弘芯股权投资基金管理有限公司	成长基金	12,000.00	首期募完,正在募集
上海市集成电路产业基金	2015-11-23	上海创投	成长基金	30,000.00	首期募完,正在募集
湖北集成电路产业基金	2015-08-05	湖北集成电路产业基金公司	成长基金	30,000.00	首期募完,正在募集
浦口集成电路产业基金	2015-07-21	元禾控股	创业基金	1,000.00	首期募完,正在募集
深圳集成电路产业基金	2015-01-01	集成电路产业基金	成长基金	10,000.00	正在募集
北京集成电路制造和装备基金	2014-09-09	盛世投资	成长基金	6,000.00	首期募完,正在募集
北京集成电路产业发展基金	2014-07-29	盛世投资	FOF 基金	90.09	已募完

来源：私募通，2017.03

www.pedata.cn

四、 生物技术：人类生命能力的巨大提升

2015 年 10 月，屠呦呦因发现青蒿素而获得诺贝尔奖，而合成生物技术则是让青蒿素可以大规模制备的“幕后英雄”。合成生物技术将是引领生物技术产业化发展的核心颠覆性技术。国际上普遍认为，继“DNA 双螺旋发现”和“人类基因组测序计划”之后，以基因组设计合成为标志的合成生物学将引发第三次生物技术革命。未来生物合成技术有望通过对猪的基因进行重新设计，改变猪的遗传密码，使猪体内能够长出人类的肺脏，用于器官移植。

生物技术是 21 世纪最重要的创新技术集群之一，包括基因测序、PCR、基因芯片、液体活检、细胞免疫治疗、抗体药物以及其他（肿瘤大数据、抗体相关、精准诊断等）等多项技术，可用于研究生命活动规律，生产多种社会服务产品。

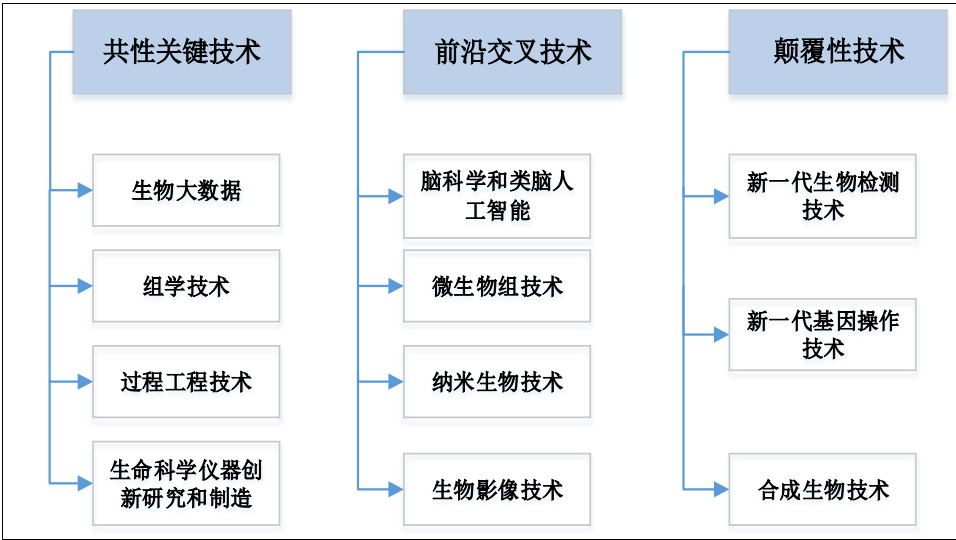
精准医疗是生物技术作用于人类社会最直接最广泛的领域，可通过基因组、蛋白质组等组学数据和生物大数据分析，精确寻找病因和治疗靶点。例如，基因型可能会揭示防止发生特异性疾病的特定基因变异；血液检查可检测出允许早期发现肿瘤及其复发的循环肿瘤细胞或肿瘤 DNA；血细胞计数可能被针对数以百计不同类型免疫细胞的普查所替代；移动医疗设备的数据可提供血糖、血压和心率的实时监测等。

脑科学是当前生物技术领域最前沿的交叉技术。脑科学对人脑运行机理的研究突破，对于人类攻克阿尔茨海默综合症、帕金森综合症等神经退行性疾病，以及脑修复、类脑人工智能发展具有关键性基础作用。例如，在脑深部电刺激技术基础上发展起来的脑起搏器（脑深部电刺激器），对于晚期帕金森病患者的医疗已经起到了积极作用。

生物技术（Biological Techniques）是指以生命科学为基础，利用生物体系和工程原理，生产生物制品和创造具有特定性状的新品系或新物种的科学技术。生物技术综合了基因工程、分子生物学、生物化学、遗传学、细胞生物学、胚胎学、免疫学、化学、物理学、信息学、计算机等多学科技术。

生物技术的核心是以 DNA 重组技术为中心的基因工程，还包括微生物工程、生化工程、细胞工程及生物制品等领域。生物技术具有多学科交叉汇聚的典型特征，各细分领域技术多样，根据科技部《“十三五”生物技术创新专项规划》，重点发展的前沿关键技术包括共性关键技术、前沿交叉技术、颠覆性技术三大类。

图 59 关键生物技术分类



来源：清科研究中心根据公开资料整理

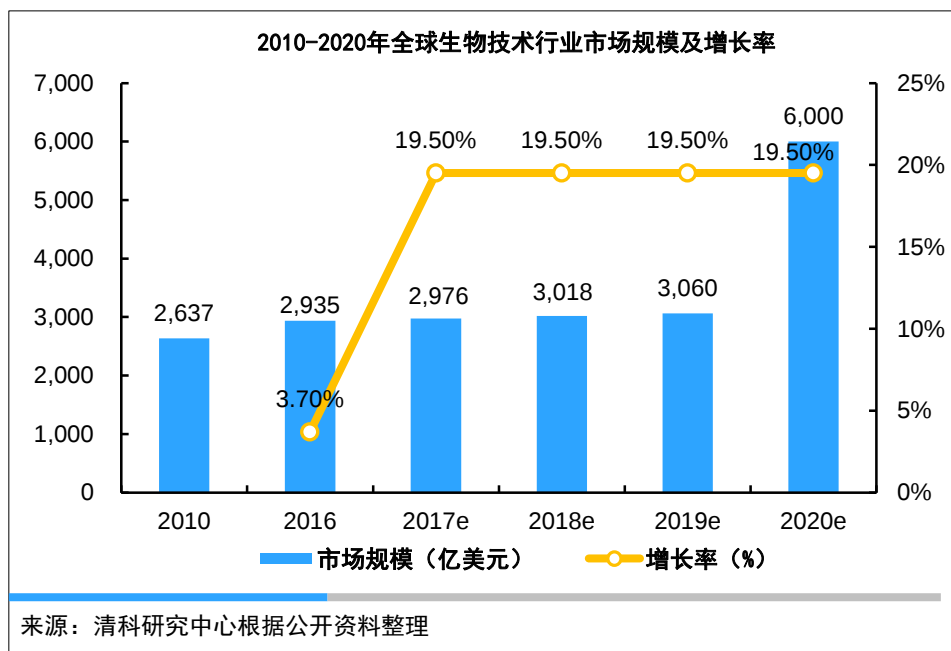
目前生物技术主要应用在生物医药领域和生物工程领域。生物技术药物是指采用 DNA 重组技术或其他创新生物技术生产的治疗药物，包括细胞因子、重组蛋白质药物、抗体、疫苗和寡核苷酸药物等，主要用于肿瘤、阿尔茨海默病、心血管疾病、传染病、哮喘、糖尿病、遗传病、心脑血管病、类风湿性关节炎、多发性硬化症、肥胖等的防治，目前已广泛应用于临床医学领域。2015 年，全球销售额中前 10 大药品已有 7 种属于生物技术药品。随着生物技术药品逐渐夺取传统药物的市场份额，市场规模预计将从 2012 年的 4.07 亿美元猛增至 2020 年的 84 亿美元。

4.1 全球及中国生物技术产业发展情况

4.1.1 全球市场：生物药品需求增加，推动市场快增长

2010-2016 年，全球生物技术领域的年均复合增长率为 3.7%，从 2637 亿美元预计增加至 2935 亿美元。随着世界各国尤其是新兴经济体对生物技术投资的增加，以及发达国家日益增长的老龄人口对生物技术药品的需求增加，将进一步拉动生物技术行业的商业化，预计到 2020 年，全球生物技术产业规模将超过 6000 亿美元，2016-2020 年的年均复合增长率接近 20%。

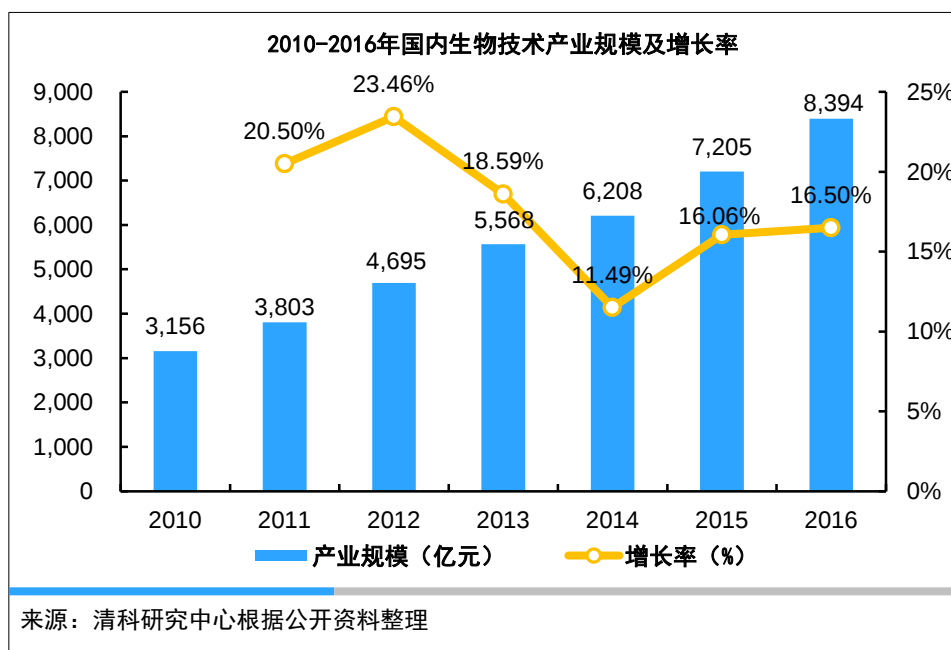
图 60 2010-2020 年全球生物技术行业市场规模及增长率



4.1.2 中国市场：“政策+技术创新”双驱动，增长有望

近年来，国内生物技术领域的基础研究蓬勃发展，技术创新不断突破，已连续5年在生命科学论文发表量、生物技术专利申请量方面位居全球第2位，国际影响力大幅提升。我国生物技术产业规模不断壮大，已成为中国经济的一个重要增长点，并形成了一批如上海张江、天津滨海、泰州医药城、本溪药都、武汉光谷、苏州生物纳米园等有代表性的专业化高新技术园区，以及以长三角地区、环渤海地区、珠三角地区为核心的生物医药产业聚集区。

图 61 2010-2016 年国内生物技术产业规模及增长率



2010-2016 年，我国生物技术产业规模从 3156 亿元增加到 2016 年的 8394 亿元，增长了 1.7 倍，年均复合增长率达到 17.7%。2017 年 1 月，国家发改委发布《“十三五”生物产业发展规划》，提出到 2020 年生物产业规模达到 8-10 万亿元。2016 年，我国生物技术产业规模约占生物产业总规模（3.5 万亿元）的 24%，参照相关规划，2020 年国内生物技术产业规模有望超过 1.5 万亿元。

4.2 全球及中国生物技术产业政策分析

4.2.1 发达国家争相抢占制高点，推动生物产业革命性发展

现代生物技术迅猛发展，取得了一系列重要进展和重大突破，并加速向应用领域演进。在这一战略技术领域，以发达国家为主的各国政府纷纷制定国家战略，加速抢占生物技术的制高点，加快推动生物技术产业革命性发展的步伐。

表 27 国外生物技术领域相关政策

地区	时间	相关政策	主要内容
美国	2012 年	《国家生物经济蓝图》	• 明确将“支持研究以奠定 21 世纪生物经济基础”作为科技预算的优先重点。
欧洲	2014 年	《工业生物技术路线图》	• 目标是为欧洲不断增长的工业生物技术产业进行技术创新并奠定坚实基础。
欧盟	2012 年	《持续增长的创新：欧洲生物经济》	• 将生物经济作为实施欧洲 2020 战略，实现智慧发展和绿色发展的关键要素。
印度	2016 年	《国家生物技术发展战略》（2015-2020）	• 计划 2025 年印度生物技术产业产值达 1000 亿美元，并将印度打造为世界级的生物制造中心。
德国	2013 年	《生物经济战略》	• 提出通过大力发展生物经济，实现经济社会转型，增加就业机会，提高德国在经济和科研领域的全球竞争力。
俄罗斯	2012 年	《俄罗斯联邦生物技术的发展综合计划（2012-2020）》	• 该计划分 2012-2015 年和 2016-2020 年两个阶段实施，共需要耗资 1 万多亿卢布（近 4000 亿美元）。 • 实施计划的其中一个目的，就是要让俄罗斯在生物技术领域成为世界佼佼者，建立起具有全球竞争力的生物经济板块，让生物技术跟纳米工业、信息技术一起成为俄罗斯经济现代化的基石。
韩国	2010 年	《生物经济基本战略》	• 制定了面向 2016 年的《生物经济基本战略》。
日本	2011 年	“第四期科学与技术基本计划”	• 将“绿色技术创新和生命科学的创新”作为国家的重点战略。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

4.2.2 中国国家层面政策频落地，明确生物产业为主导产业

生物产业是 21 世纪创新最为活跃、影响最为深远的新兴产业，也是我国战略性新兴产业

业的主攻方向。国家层面对加快推动生物产业成为国民经济支柱产业高度重视，2016 年 3 月，生物技术和精准医疗正式纳入国家“十三五”规划；2016 年底以来，《“十三五”生物产业规划》、《“十三五”生物技术创新专项规划》相继发布，明确了生物技术产业发展的总目标、主要任务，为国内生物技术产业发展指明了方向。

表 28 国内生物技术领域相关政策情况

时间	部门	政策法规	相关内容
2017.04	科技部	《“十三五”生物技术创新专项规划》	《规划》制定了生物技术发展的总体目标和指标体系，并部署了生物技术与生物产业发展的四大重点任务：捅破前沿关键技术、支撑重点领域发展、推进创新平台建设、推动生物技术产业发展。
2016.12	国家发改委	《“十三五”生物产业规划》	产业规模保持中高速增长，对经济增长的贡献持续加大。到 2020 年，生物产业规模达到 8-10 万亿元，生物产业增加值占 GDP 的比重超过 4%，成为国民经济的主导产业。
2016.12	——	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》	支持新一代信息技术、新能源汽车、生物技术、绿色低碳、高端装备与材料、数字创意等领域的产业发展壮大。大力推进先进半导体、机器人、增材制造、智能系统、新一代航空装备、空间技术综合服务系统、智能交通、精准医疗、高效储能与分布式能源系统、智能材料、高效节能环保、虚拟现实与互动影视等新兴前沿领域创新和产业化，形成一批新增长点。
2016.11	国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	- 提出到 2020 年，形成新一代信息技术、高端制造、生物、绿色低碳、数字创意等 5 个产值规模 10 万亿元级的新支柱，并在更广领域形成大批跨界融合的新增长点。 - 到 2020 年，生物产业规模达到 8-10 万亿元，形成一批具有较强国际竞争力的新型生物技术企业和生物经济集群。
2016.07	国务院	《“十三五”国家科技创新规划》	发展先进高效生物技术。重点部署前沿共性生物技术、新型生物医药、绿色生物制造技术、先进生物医用材料、生物资源利用、生物安全保障、生命科学仪器设备研发等任务，加快合成生物技术、生物大数据、再生医学、3D 生物打印等引领性技术的创新突破和应用发展。
2016.05	中共中央、国务院	《国家创新驱动发展战略纲要》	- 促进生命科学、中医药、生物工程等多领域技术融合，提升重大疾病防控、公共卫生、生殖健康等技术保障能力。研发创新药物、新型疫苗、先进医疗装备和生物治疗技术。 - 重视基因组、干细胞、合成生物、再生医学等技术对生命科学、生物育种、工业生物领域的深刻影响。

来源：清科研究中心根据公开资料梳理

4.3 生物核心技术及其主要应用

基因工程是生物技术的核心，又称基因拼接技术和 DNA 重组技术，是根据生物的遗传原理，采用类似工程设计方法，把一种生物的基因转移到另一种生物中，实现基因转移和重

新自合，从而改变生物的遗传性状和功能的技术。其中，基因测序和基因诊断是核心技术。

4.3.1 基因测序：基因大数据撑起精准医疗深入

基因测序是一种新型的基因检测技术，该技术可以通过血液或唾液中分析测定基因全序列，从而预测患多种疾病的可能性。目前基因测序为个体提供连续基因大数据，是精准医疗的基础和重要实现途径，对精准医疗深入开展具有支撑作用，具有广阔应用场景及增长空间。

基因测序技术目前已经发展到了第四代，其中二代测序技术具有通量大、精度高、价格相对低廉等特点，在市场上仍具有不可颠覆优势；同时，由于专利保护力度大以及较高的技术门槛，二代测序仪器市场壁垒较高，目前基本被欧美公司所垄断。未来，随着三、四代技术的不断成熟以及成本的持续降低，三、四代技术将会逐步取代二代技术成为市场主导。

表 29 四代测序技术重点参数比较

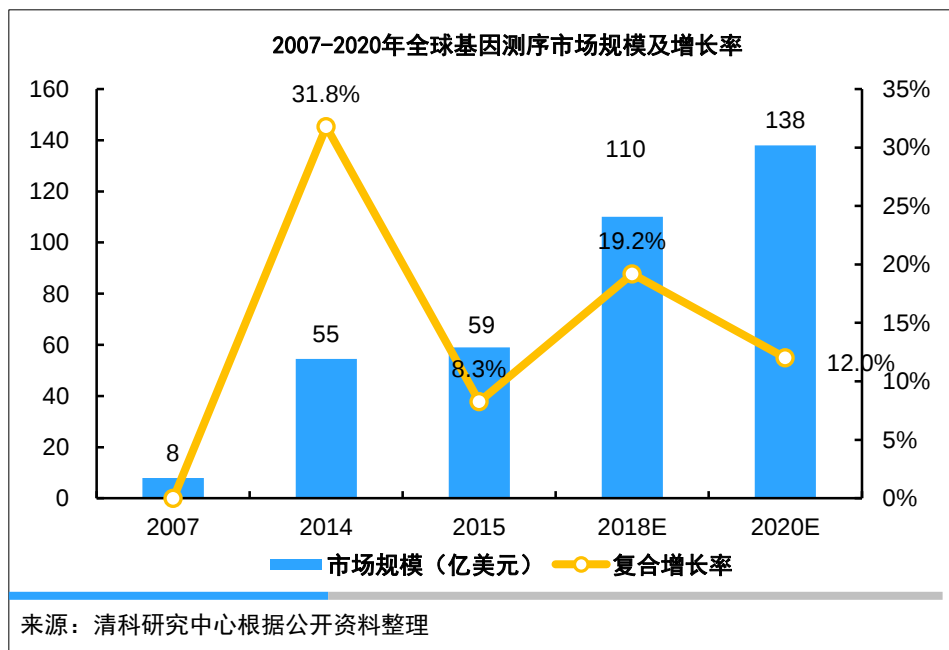
测序技术	产品	原理	序列长度	准确率	缺点
第一代测序	ABI	桑格-毛细管电泳测序法	600-1000	99.99%	成本高、通量低
		电泳测序法			
第二代测序	Illumina Solexa	可逆链终止物及合成测序法	75/100 (x2)	>99%	读长略短
	Illumine Hiseq	可逆链终止物及合成测序法	50/75/150 (x2)	>99%	
	Life Tech SOLiD	连接测序法	50	>99%	
	Roche 454	焦磷酸测序法	200-600	>99%	通量略低
第三代测序	PacBio RS	DNA 单分子测序	1000-10000	85%	准确度低
第四代测序	Oxford Nanopore MinIon	纳米孔测序技术检测电流	≈5400	70%	

来源：Wikipedia，清科研究中心整理

4.3.1.1 全球市场潜力持续释放，中国增速远超全球水平

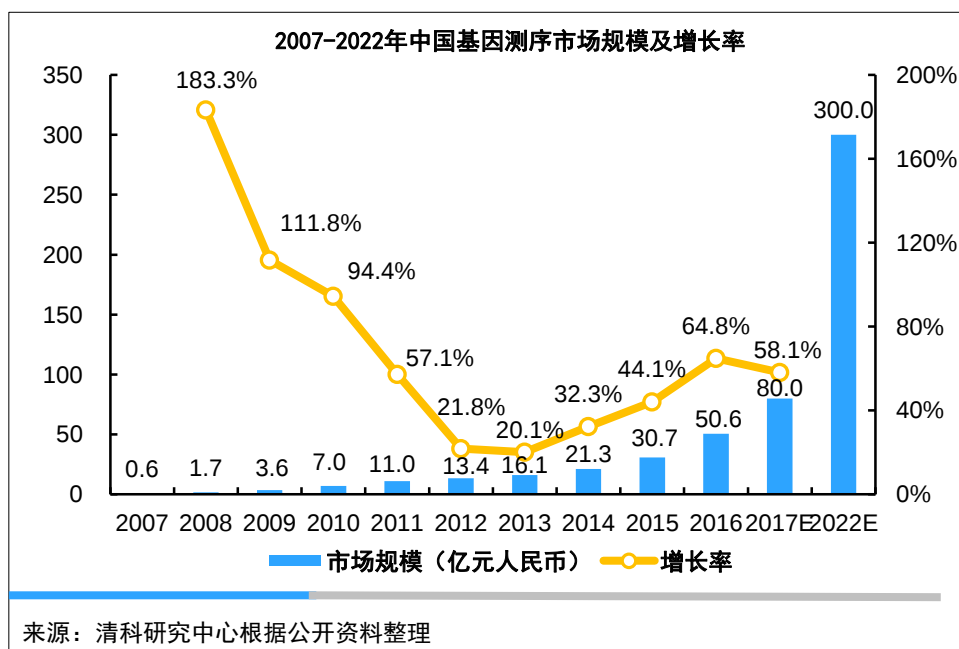
根据 BBC Research 资料显示，全球基因测序市场规模呈逐年增长的趋势，行业潜力持续释放。2007 年全球基因测序市场规模为 7.9 亿美元，预计 2018 年全球基因测序市场规模将超过 110 亿美元，2020 年将达到 138 亿美元，年复合增长率为 24.6%。

图 62 2007-2020 年全球基因测序市场规模及增长率



根据统计和预测,2016 年中国测序市场达 50.6 亿元,2007-2016 年复合增长率达 62.2%。预计 2022 年将达 300 亿元,2016-2022 年复合增速达 35%。基因测序市场,中国复合增长率远高于全球增长水平。

图 63 2007-2022 年中国基因测序市场规模及增长率



4.3.1.2 中国基因测序市场起步阶段，政策引导有序发展

2014 年之前，中国没有对基因测序产品相关的政策规定。2014 年初，继 CFDA 将测序

产品归为第三类医疗器械后，全部基因测序产品被迅速叫停。随后，CFDA 和卫计委逐渐规范基因检测产品市场，并于 2014 年 6 月和 11 月先后批准了华大基因和达安基因的 NIPT 产品上市；2015 年 4 月前陆续下发遗传病诊断、产前筛查与诊断、植入前胚胎遗传学和肿瘤诊断高通量测序试点牌照；2015 年 7 月印发了肿瘤个体化用药基因检测技术、药物代谢酶和药物靶点基因检测技术指南，意味着基因测序的精准医疗有望获得实质性进展。此外，国家发改委也从国家层面上引导推进我国基因测序的发展。

表 30 中国基因测序政策梳理

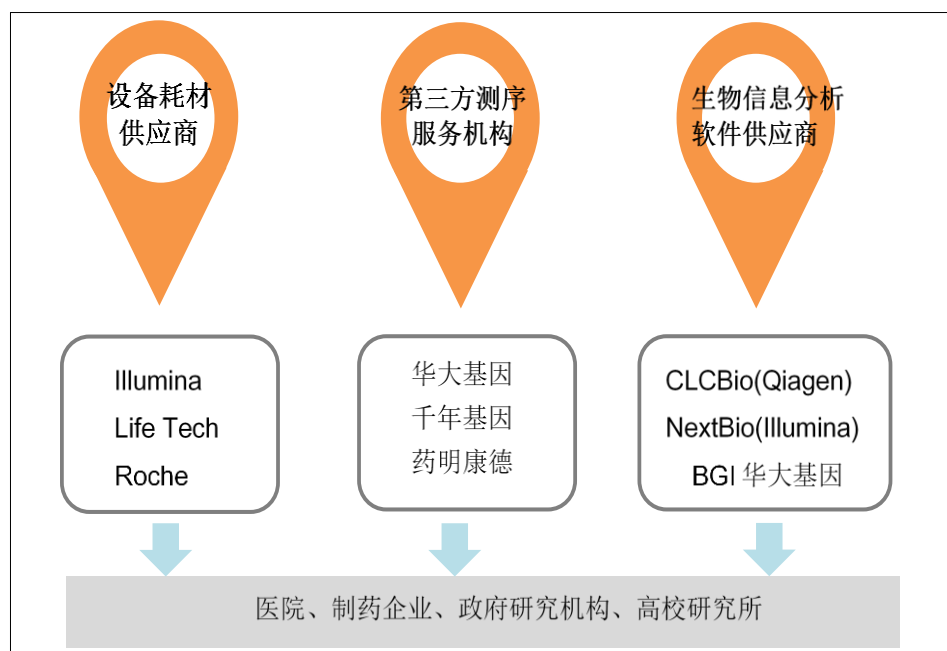
时间	颁发部门	政策名称	内容
2016.11	国家发改委、工信部、科技部、商务部、卫计委、药监局	《医药工业发展规划指南》	指南提供了精准医疗、转化医学为新药开发和疾病诊疗提供了全新方向，支持基因测序、肿瘤免疫治疗等新型医学技术发展，促进各项技术适应临床需求，紧随国际发展步伐。
2016.08	国务院	《“十三五”国家创新规划	规划多次提到了医药，涉及了精准医疗、基因编辑、免疫治疗、干细胞等多个热门领域。
2015.06	国家发改委	《国家发改委关于实施新兴产业重大工程包的通知》	重点发展基因检测等新型医疗技术，快速推进基因检测临床应用以及基因检测仪器试剂的国产化，3 年建设 30 个基因检测技术应用示范中心。
2014.12	卫计委	《关于开展高通量基因测序技术临床应用试点单位申报工作的通知》	确定第一批高通量测序技术临床试点单位，开展遗传病诊断、产前筛查与诊断、植入前胚胎遗传学试点工作。
2014.01	CFDA	《医疗器械监督管理条例》	明确了测序产品为第三类医疗器械。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

4.3.1.3 产业链上游寡头垄断，中游竞争激烈，下游待教育

基因测序全产业链为上游的测序仪器与试剂耗材市场，中游的基因测序服务市场和下游的生物信息学分析市场。中下游市场面向群体包括医院、药厂、科研机构以及消费者等，涉足领域包括医学、农业、司法鉴定等多个方面。

图 64 基因测序全产业链



来源：清科研究中心根据公开资料整理

全球基因测序产业链特点：上游寡头垄断、中游竞争激烈、下游待教育。

上游：产业链中规模最大的一环，测序仪器的核心技术几乎被 Illumina、Life Technologies 两大国外巨头垄断，其全球市场占有率接近 90%，高技术壁垒和封闭性的特点使得中国企业短时间内很难打破垄断格局。国内公司正积极寻求突破，华大基因、贝瑞和康、安达基因等生产的测序仪已通过 CFDA 批准。

中游：基因测序服务市场为第三方测序机构，包括测序服务后的数据分析，行业进入者极多，竞争最为激烈。目前，国际上产前基因筛查已发展比较成熟，发达国家也逐步开始在肿瘤靶向治疗、慢性病预防两个重要应用领域进行定向测序服务。国内个人市场尚未培育成熟，主要是面向科研市场和产前基因筛查，逐步涉足肿瘤诊断市场。

下游：生物信息学分析市场服务于医院、高校、企业及研究机构等终端使用者，市场规模巨大。国外如美国的无创产前诊断市场已被全面覆盖，肿瘤诊断与治疗受到密切关注。国内主要开放了产前筛查与诊断、植入前胚胎遗传学诊断、遗传病诊断及肿瘤诊断与治疗四大领域的临床应用试点。

基因测序整体发展趋势方面，国际巨头不断向产业链两端延伸，扩展应用领域。例如，罗氏于 2007 年、2014 年分别收购了 454 Life Sciences、Genia Technologies，布局上游；2014 年，罗氏通过收购美国 Ariosia 诊断公司布局无创产前诊断领域，涉足中游测序服务；2014 年，罗氏收购生物信息公司 Bina，实现了全产业链布局。国内发展最快也最成熟的是产前

筛查与诊断，市场容量预计可达 100 亿，肿瘤检测方面主要集中在肿瘤易感基因筛查和肿瘤的个体化靶向治疗，随着未来对肿瘤相关基因的不断加深认识，肿瘤相关检测将成为最有发展前景的一个领域，其市场容量有望达到千亿级。目前，基因测序除了医学领域的生殖健康、肿瘤诊断与治疗的应用外，在心血管疾病等复杂病症上应用潜力较大。此外，基因测序也可以农业、环境、司法鉴定等领域。

表 31 基因测序主要应用领域

应用领域	已应用领域	潜在应用领域
医学领域	生殖健康、肿瘤诊断与治疗	心血管疾病、胃肠道疾病等其他复杂病症
非医学领域	食品及中草药同源鉴定 农牧业育种、基础科研等	环境治理、司法鉴定等

来源：清科研究中心根据公开资料整理

4.3.2 基因芯片：基因诊断商业化的理想选择

基因诊断是指利用 DNA 重组技术在分子水平上对人类遗传病的基因缺陷进行检测以诊断遗传病的一种方法，又称 DNA 分析法，主要经历了间接基因诊断、直接基因诊断、动态基因诊断三个主要发展阶段。此外，基因诊断有三个特点：一是直接检测基因的针对性强，属于病因诊断；二是采用核酸分子杂交、聚合酶链反应等技术，特异性强、灵敏度高；三是适用范围广，从局限的遗传性疾病扩大到感染性疾病、肿瘤、心血管疾病等多个领域。

基因诊断的基础技术主要包括核酸分子杂交技术、PCR 技术、DNA 芯片技术等，其中核酸分子杂交技术是最直接且精确的基因诊断技术，PCR 技术是当前应用最广的诊断技术，而 DNA 芯片技术可以单个实验中同时分析数千个参数，例如一块新生儿筛查芯片每次能够检测 1000 个婴儿的 80 种不同疾病，也就是一次进行 80,000 个检测，因此对于需要大量样本、快速周转、精确数据或经济效益的基因诊断来说，DNA 芯片技术是理想选择，未来应用前景广阔，也是后续章节重点介绍的技术。

表 32 基因诊断的基础技术

基础技术	概念及特点
核酸分子杂交技术	以一支顺序核酸片段作为探针，经放射性或非放射性物质标记后，再与位置的目的核酸片段进行杂交反应，分离已杂交和未杂交的标记核酸链，通过标记信号的检测对未知的目的核酸链进行定性、定量分析。
PCR 技术	- PCR 技术（聚合酶链式反应技术）是一种用于扩增特定 DNA 片段的分子生物学技术，最大特点是能将微量的 DNA 大幅增加； - 两种方式：一是通过 PCR 技术扩增特异性基因，直接进行基因诊断；二是进行 PCR 产物的限制性片段长度多态性分析（PCR-RFLP），根据限制性片段数量和长度做出判断。

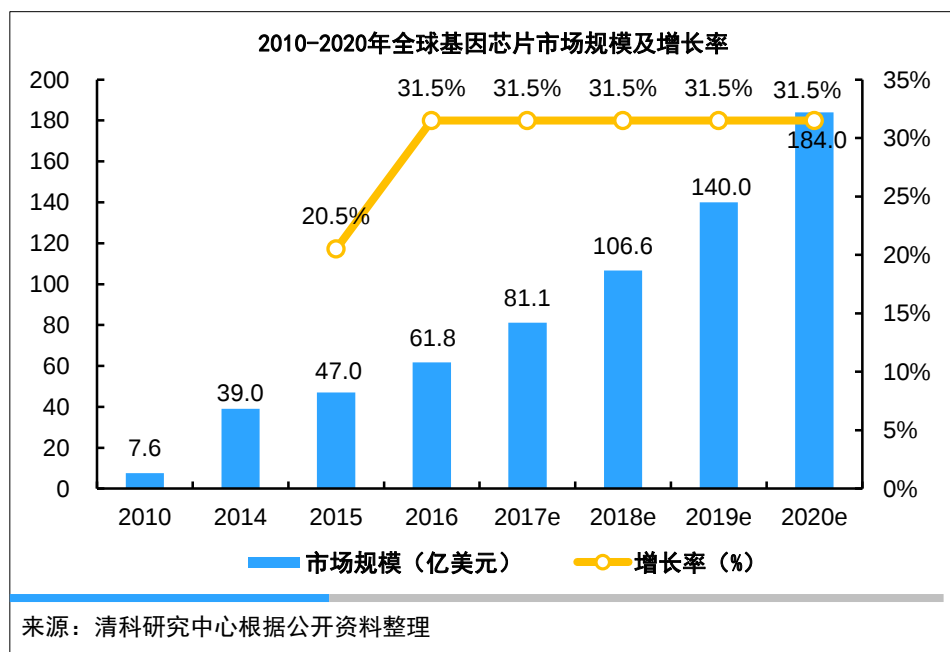
DNA 芯片技术	• 又称基因芯片技术或 DNA 微阵列技术。基因芯片是在基因探针的基础上研制出来的，所谓基因探针是一段人工合成的碱序列，在上连接一些可检测的物质，根据碱基互补原理，利用因探针到混合中识别特定。它将大量探针分子固定于支持物上，然后与标记的样品进行杂交通过检测信号强度及分布来进行析。 • 按照用途可分为表达芯片、诊断芯片、指纹图谱芯片、测序芯片、毒理芯片等。
----------	---

来源：清科研究中心根据公开资料整理

4.3.2.1 全球基因芯片产业化早，中国芯片市场起步晚但发展迅速

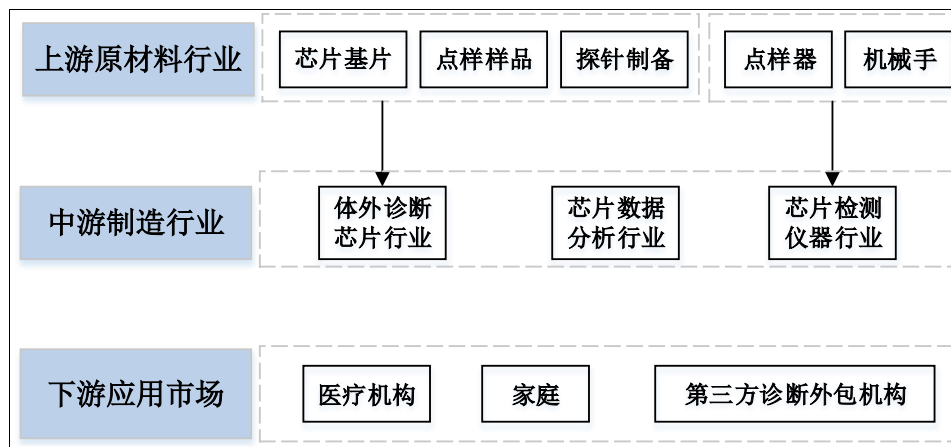
根据 BCC Research 数据，2014 年全球基因芯片市场规模 39 亿美元，2015 年达到 47 亿美元，预计 2020 年将达到 184 亿美元，2015-2020 年均复合增长率为 31.5%。自上世纪 90 年代美国一些成熟的生物技术公司开始基因芯片产业化研究以来，世界各大型制药陆续建立其自己的设备和技术，利用基因芯片开展新药超高通量筛选遗传学、基因组等研究，目前已有十多家基因芯片上市公司，典型代表是 Affymetrix、Agilent。

图 65 2010-2020 年全球基因芯片市场规模及增长率



中国基因芯片研究起步较晚，但技术和产业发展迅速，实现了从无到有的阶段性突破，并逐步走向技术应用和产品销售阶段，在表达谱芯片、重大疾病诊断和生物的相关设备研制上取得了较成就。当前，我国生物芯片（含基因芯片）市场规模约 25-30 亿元，预计 2020 年将超过 50 亿元。基因芯片产业链分为上游原材料行业、中游制造行业、下游应用市场。中游制造行业主要产品是基因芯片诊断试剂盒和基因芯片相关仪器，市场占比分别是 86% 和 14%。中国基因芯片产品市场格局初步形成，但尚未形成垄断，未来在细分领域深耕并具备强大渠道优势的公司市场份额将进一步获得提升。

图 66 基因芯片产业链



来源：清科研究中心根据公开资料整理

国内生物芯片上市公司近 10 家，包括安科生物、新开源、东富龙、千山药机、迪安诊断、达安基因、益善生物、精优药业等，主要业务范围包括基因芯片及测序技术服务、基因检测芯片、基因试剂盒、分子诊断等。

表 33 国内部分生物芯片上市公司基本情况

公司名称	成立时间	所在地区（总部）	业务介绍
千山药机	2002.10	湖南省	主要产品是高血压个体化用药基因检测芯片，并拥有用于恶性肿瘤个体化用药的基因突变检测基因芯片和焦磷酸测序法检测 CDA 基因多态性的试剂盒两项专利。
达安基因	1988.08	广东省	依托中山大学科研平台，以分子诊断技术为主导，集临床检验试剂和仪器的研发、生产、销售以及医学实验室临床检验服务于一体的生物医药高科技企业。
安科生物	2000.09	安徽省	主要从事法医 DNA 检测服务，同时出售试剂盒产品，主要采用荧光定量 PCR 技术，储备有高通量测序技术，未来将向医学诊断领域延伸。
新开源	2000.05	河南省	主要从事以 PCR 和基因芯片为主的分子诊断业务，已建立高通量测序平台、基因芯片平台、单分子光学图谱平台，提供基因组学研究、生物信息学分析等多样化基因测序技术服务。
东富龙	1993.12	上海市	主要从事基因芯片及测序服务，凭借高标准技术平台和多样化服务等竞争优势，为国内外生物医药企业和科研单位提供系统的生物学研究全面解决方案。

来源：上市公司公告，清科研究中心整理

基因芯片诊断试剂盒均有专利保护，当前临床应用领域还没有全面铺开，在病毒基因分型、耐药突变位点检测、遗传基因和肿瘤基因检测方面发展前景广阔。国内基因芯片诊断试剂盒领域的代表企业有赛乐奇、博奥生物、百傲科技、宏灏基因。目前，CDEA（国家食品

药品监督管理局）批准的基因芯片相关仪器较少，基因芯片检测系统的市场空间大。

表 34 基因芯片诊断试剂盒领域的代表企业

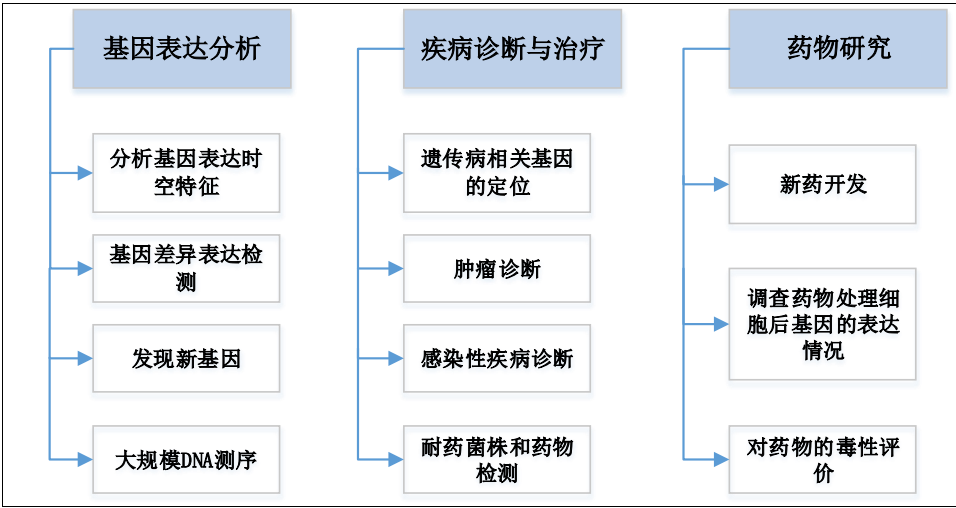
企业名称	产品特点
赛乐奇	具有两款肿瘤基因芯片和乙肝、丙病毒分型与耐药突变位点检测
博奥生物	耳聋基因芯片可以检测 4 个基因中的 9 个基因突变位点
百傲科技	有 4 款基因芯片产品，主要涉及药物代谢、乙醛脱氢酶款基因芯片产品
宏灏基因	高血压芯片可以检测 5 个高血压药物相关基因位点

来源：清科研究中心根据公开资料整理

4.3.2.2 基因芯片主要应用领域

目前，基因芯片主要应用于医疗领域的基因表达分析、疾病诊断与治疗、药物研究等。其中，基因表达分析的具体应用包括分析基因表达时空特征、基因差异表达检测、发现新基因、大规模 DNA 测序等；疾病诊断与治疗的具体应用包括遗传病相关基因的定位、肿瘤诊断、感染性疾病诊断、耐药菌株和药物检测等；药物研究方面的具体应用包括新药开发、对药物的毒性评价，以及调查药物处理细胞后基因的表达情况等。

图 67 基因芯片在医疗领域的应用

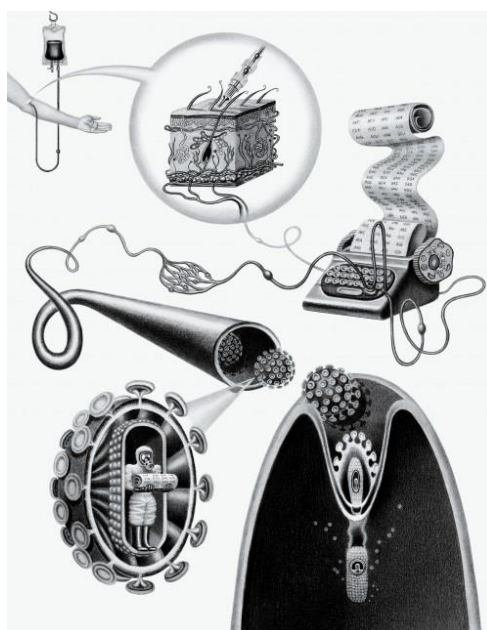


来源：清科研究中心根据公开资料整理

4.3.3 生物技术：探索生物医学工程前沿应用

4.3.3.1 基因疗法 2.0：遗传病的根源疗法

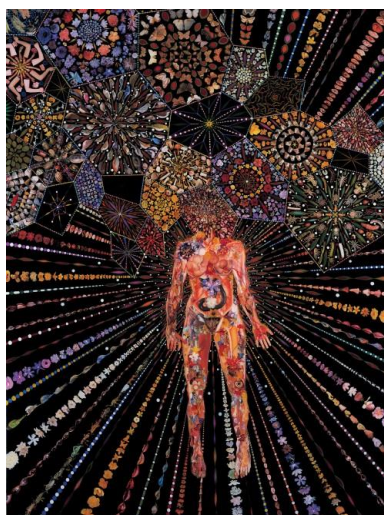
人类的许多疾病是由单基因突变造成的。从机理上说，如果能将正常的健康基因递送到患病部位，让它们表达出正常的功能蛋白，就有望从根源上治疗这些疾病。早期基因疗法失败的原因部分是源于其递送机制，因为新的遗传物质（改造基因）、以及将其携带至细胞的载体病毒，被错误地递送到基因组的其它位置，这会激活某些患者体内的致癌基因，或者引起患者免疫系统的过度反应，从而导致多器官功能衰竭以及脑死亡。



目前，研究人员使用了更高效的病毒将新的功能基因转运到细胞中，一些关键的难题已经解决，新型基因疗法能够彻底治愈一些疾病。当前两种遗传性疾病的基因疗法：治疗一种 SCID 病的 Strimvelis，以及治疗一种引起脂肪在血液中堆积的失调症的 Glybera，已在欧洲获得相关管理部门的批准。在美国，Spark Therapeutics 有望成为第一家迈入市场的基因疗法新创公司，该公司开发出针对渐进式失明的基因治疗方法。还有很多其他正在研究的基因疗法，正将目光投向血友病的治疗，以及一种称为表皮溶解水疱症的遗传性皮肤失能症。

4.3.3.2 液体活检：肿瘤病变的实时警示器

液体活检（Liquid biopsy）是通过血液或者尿液等对癌症等疾病做出诊断，可以通过捕获进入血液或尿液等的其它细胞或 DNA，较组织活检的优势在于非介入性地，可重复性地抽取肿瘤样本（5-10mL 静脉血），从而可以建立基因表达谱，靶向突变用药，快速判断治疗是否有效，并随肿瘤的发展而调节治疗方案。目前，液体活检的主要技术有循环肿瘤细胞（CTCs）、循环肿瘤 DNA（ctDNA）、循环肿瘤 RNA（Circulating RNA）、肿瘤外泌体（携带有



为了执行这个解码人体 37.2 万亿细胞的任务，由来自美国、英国、瑞典、以色列、荷兰和日本的国际科学家组成的联合会正在分配任务，包括检测每个细胞的分子特征，并给每种细胞一个在人体空间中特定的“邮政编码”。从填充大脑和脊髓的毛状神经元，到皮肤的粘脂肪细胞（glutinousfat cells），先前描述细胞的尝试表明，人体总共有约 300 种细胞，但真正的数字无疑会更大。实际上，分析细胞之间的分子差异已经揭示了一些发现。例如已经揭示了的数十年来眼部研究都没能发现的两种新类型的视网膜细胞：一种在每 10000 个血细胞中只占 4 个，却在对抗病原体的第一防线起着重要作用的细胞；以及新发现的一种十分独特、通过产生的类固醇来抑制免疫应答的免疫细胞。

这个新项目的研究主要运用了三种技术。第一种叫做“细胞微流体”，即通过分离单独的细胞并用微珠标记后，使其被油滴包裹后再进行研究和分析，选择油滴的原因是因为油滴可以如同汽车一样载着细胞，沿着被蚀刻在微小芯片上、狭窄的毛细管单向“街道”分流，使得细胞被聚集在特定的地方，裂解并逐一研究。第二种技术是使用超快、高效的测序仪来解码那些在单个细胞中活化的基因。这项技术的花费并不高，每个细胞仅需几美分即可。其高效性使得一个科学家可以在一天内处理 10000 个细胞。第三种技术则是使用全新的标记和染色技术，基于基因活动来定位各种细胞在人体器官或组织中的“邮政编码”。

4.3.3.4 医疗瘫痪：数百万患者的行走梦

全球有数百万人深受瘫痪折磨，他们无时无刻都渴望着摆脱疾病的困扰。近年来，在利用脑植入来恢复脊髓损伤引起的运动自由受损上，科学家们已经取得了显著的进步。借助脑植入物，少量患者已可以通过思想来控制计算机光标或者是机器臂。现在研究人员正在尝试意义重大的下一步：治愈瘫痪。而无线脑体电子元件可绕过神经系统的损伤来实现运动，利用无线电将大脑读取技术直接连接到身体上的电刺激器，创造出法国神经科学家所称的“神经旁路”，使人们的想法能够再次控制四肢，重新恢复运动能力。



由 Robert Kirsch 和 Bolu Ajiboye 领导的凯斯西储大学团队对一个四肢瘫痪者进行了一次实验，他们在瘫痪者的手臂和手掌肌肉安装了超过 16 个的精细电极，在大脑中放置了两个比邮票还小的硅制记录装置，上面有上百个头发大小的金属探针，来探测神经元发出的命令。在操作过程中，志愿者在弹簧扶手的帮助下缓慢地抬起了他的手臂，并可以实现手掌的张和握，甚至可以把有吸管的杯子递到嘴边。

2016 年，法国神经学家葛瑞格尔·库尔蒂纳教授的研究小组在脊椎受损而瘫痪的猴子身上做了一个实验。他们在其大脑内植入一个图钉大小的电极元件，用于感应大脑中指导腿部运动的神经元活动。同时，让猴子穿上特制的夹克，在其受伤的脊椎周围附上一个移动电极垫。两个电子设备通过无线连接。然后，当猴子想行走时，脑中的电子元件会触发脊髓中的预编程序，使其瘫痪的后肢重新动起来。

4.3.3.5 医用机器人：白衣天使的好帮手

医用机器人是指各种用于外科诊断治疗、医学培训、康复治疗、假体和残障人士辅具等的机器人设备，根据服务对象的不同可分为外科机器人、康复机器人和助老助残机器人等。其中，外科机器人主要用于外科手术的诊断、治疗和评估，是目前受到研究关注较多的领域。

自 1985 年第一套脑外科机器人辅助手术系统诞生以来，以机器人为代表的智能手术装备在外科临床中获得越来越多应用，引领微创外科进入崭新时代。国际上外科手术机器人系统开始进入发展成熟期，Da Vinci（达·芬奇）、RoboDoc、Acrobat、SpineAssist 等手术机器人系统已经形成了商业化产品，并展现出巨大临床优势。我国智能手术机器人技术研究起步较晚，研究多为前期基础研究，成功产业化及临床应用产品较少，市场化程度低。

图 68 未来的医用机器人



来源：网络公开图片

4.4 全球及中国脑科学前沿探索

脑科学，从狭义上看是神经科学，是为了解神经系统内分子水平、细胞水平、细胞间的变化过程，以及这些过程在中枢功能控制系统内的整合作用而进行的研究；广义的定义是研究脑的结构和功能的科学，主要分为基础神经科学（侧重基础理论）和临床神经科学（侧重医学临床应用）两类。脑科学领域研究仍处于初级阶段，未来具有前景的新兴技术包括思维绘制、类脑计算机、患者的脑修复、大脑接口以及自动化脑部测试等。

人类大脑大约有 1000 亿个神经元，是一个高度有序但又非常复杂的系统，在过去半个世纪来，神经科学虽然在细胞水平上探索神经可塑性获得了很大的进展，但对理解神经环路和大脑功能可塑性仍面临巨大的挑战。全球人口老龄化，阿尔茨海默综合症、帕金森综合症、亨廷顿综合症等神经退行性疾病日益增多，但人类对大脑如何连接及连接错误导致精神错乱或出现严重神经性疾病，知之甚少。此外，脑科学中的类脑智能技术，也是目前类脑智能研究的主要课题，对于人工智能的发展具有重要意义。

4.4.1 全球及中国“脑计划”：21 世纪人类的重大挑战

脑科学技术研究是 21 世纪人类面临的重大挑战。理解脑的工作机制，进而揭示人类只能的形成和运作原理对人脑认知功能开发、模拟和保护，决定未来人口素质，抢占国际竞争的技术制高点具有重要意义。发达国家及国际组织早已充分认识到脑科学研究的重要性，在既有脑科学研究支持外相继启动了各自的脑科学侧重计划。

表 35 国外发达国家正在或酝酿实施的脑科学计划

时间	国家/组织	计划名称	简介	目的
2016	澳大利亚	澳大利亚脑计划	2016 年 2 月澳大利亚脑联盟正式成立，集合了澳大利亚国内包括澳大利亚神经科学学会和澳大利亚心理学会在内的神经科学和行为科学的研究团体的科学家们。	为超过 28 个成员组织的脑研究项目提供支持。主要包括健康、教育及新工业三大领域。
2016	加拿大	加拿大脑计划	该计划包含三个基本原则，包括核心脑原则：从复杂系统的角度研究脑的观念，为理解健康人和病人脑提供支持；合作原则：“核心脑”方法强调通过训练和体系来提高合作的重要性；核心社区原则：通过增加资金规模来强化加拿大脑研究社群。	改变加拿大的脑研究现状。
2016	韩国	韩国脑计划	该计划的核心是破译大脑的功能和机制，调节作为决策基础的大脑功能的整合和控制机制。该计划还包括开发用于集成脑成像的新技术和工具。	在多个尺度构建大脑图谱、开发用于脑测绘的创新神经技术、加强人工智能相关研发、开发神经系统疾病的个性化医疗。
2014	日本	大脑研究计划	由日本科学家发起的神经科学研究计划将在 10 年内受到日本教育部、文化部及日本医学研究与发展委员会共 400 亿日元（约合 3.65 亿美元）的资助。该计划由日本 47 家研究单位的 65 个实验室组成。	通过融合灵长类模式动物（猕猴）多种神经技术的研究，弥补曾经利用啮齿类动物研究人类神经生理机制的缺陷，并且建立猕猴脑发育以及疾病发生的动物模型。
2013	美国	创新性神经技术大脑研究计划	旨在绘制出显示脑细胞和复杂神经回路快速相互作用的脑补动态图像，研究大脑功能和行为的复杂联系，了解大脑对大量信息的记录、处理、应用、存储和检索的过程，改变人类对大脑的认识。	产生对脑功能障碍的认识，帮助研究人员找到治疗、治愈甚至防止老年痴呆症、创伤性脑损伤等脑补疾病的新方法。
2013	欧盟	人类脑计划	欧盟退出了由 15 个欧洲国家参与、预期 10 年的“人类脑计划”。该计划分为三个重要阶段，分别是 2013 年 10 月至 2016 年 3 月“快速启动”阶段，2016 年 4 月至 2018 年 8 月的“运作阶段”，以及最后三年的“稳定阶段”。	开发信息和通信技术平台，致力于神经信息学、大脑模拟、高性能计算、医学信息学、神经形态的计算机和神经机器人研究。侧重于通过超级计算机技术来模拟脑功能，从而实现人工智能。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

“中国脑计划”名称为“脑科学与类脑科学研究”(Brain Science and Brain-Like Intelligence Technology)，由国家科技部、国家自然科学基金委牵头中国脑计划制定为 15 年计划（2016-2030 年），前五年与中国“十三五”国民经济和社会发展规划纲要相吻合，将面向世界智能科技前沿和“健康中国 2030”的战略需要，发展我国脑科学、类脑技术。

主要研究目的：从认识脑、保护脑和模拟脑三个方向展开研究，逐步形成以脑认知功能的解析和技术平台为一体，以认知障碍相关重大脑疾病诊治、类脑计算与脑机智能技术为两翼的“一体两翼”研究布局。

两大研究方向：一是以探索大脑秘密、攻克大脑疾病为导向的脑科学研究；二是以建立和发展人工智能技术为导向的类脑研究。

解决大脑三个层面的认知问题：一是大脑对外界环境的感官认知，即探究人类对外界环境的感知，如人的注意力、学习、记忆以及决策制定等；二是对人类以及非人灵长类自我意识的认知，通过动物模型研究人类以及非人灵长类的自我意识、同情心以及意识的形成；三是对语言的认知，探究语法以及广泛的句式结构，用以研究人工智能技术。

4.4.2 脑科学应用：探索人脑思考的奥秘

4.4.2.1 脑起搏器：神经性疾患的福音

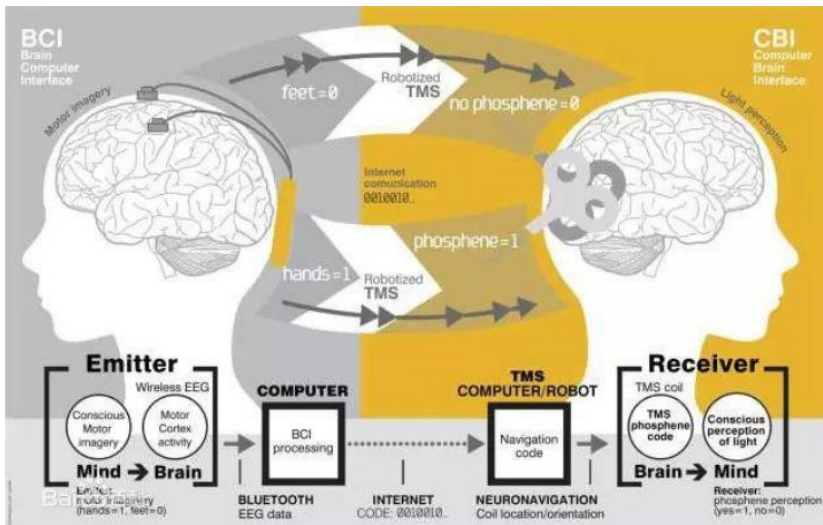
脑起搏器是一种直接作用于神经中枢的人工装置，通过埋植在胸前的刺激器向植入在大脑特定靶点的电极发送电脉冲，是治疗帕金森病、突发性震颤、肌张力障碍、癫痫、强迫症、药物依赖、抑郁等功能性神经或精神疾病的有效疗法。国外典型代表是 Metronic 公司，国内是清华大学、天坛医院和北京品驰医疗设备公司组成的研发团队。

脑起搏器是目前帕金森病手术治疗的最主要方法，帕金森病是中老年常发的神经性退行性疾病，主要病因是大脑黑质细胞数量衰减，神经递质紊乱，引发的神经信号传导异常。脑起搏器通过将电极植入患者大脑，发送弱电脉冲，刺激控制大脑运动的神经核团，起到抑制异常脑神经信号的作用，从而可以消除部分帕金森症状，恢复患者一定的活动和自理能力。

4.4.2.2 脑-机接口：人类未来超能力

脑-机接口（Brain-Computer Interface, BCI）是在大脑与外部设备之间建立的直接的通讯渠道。通过对大脑信号的解读，可以了解到受试者的真实意图并将其转换成对外部设备的控制命令，由此来实现对外部设备的控制。BCI 技术在神经康复、认知计算、人机交互及人机混合智能等多个领域均有广泛而深远的应用前景，但国内外现有的脑-机接口系统大多数尚处于在实验室演示阶段，真正的实用系统还不多见。脑机接口的发展有望实现残疾人部分丧失的感知能力再次获得，或让残疾人控制机械手的三维运动实现精确运动，甚至全面增强人类现有能力，如学习能力、运动能力、感知能力等，甚至还会为盲人重新带来光明。

图 69 脑机接口原理示意图



来源：网络公开图片

脑机接口已经成功地让瘫痪病人完成了一些简单任务，例如将思维转换为电邮，或动手抓住他们喜欢的东西；其他一些技术能将外部世界的信息直接输入大脑，使失聪和失明的患者能获得听觉和视觉体验；深度脑部刺激器能缓解帕金森病人的颤抖症状，并使癌症患者从顽固的病痛中解脱出来；DARPA 的“革命性假肢”项目正在开发神经控制的机器手臂，其可以赋予截肢患者近乎自然的运动和感觉能力。

与大脑相连的设备不只是能从身体和神经系统方面改善患者的生活，还可以应用于汽车、教育、游戏、安全等产业。澳大利亚发明了一种注意力驱动的汽车，使用实时传感器来监控驾驶者的注意力，在发现他们疲劳或分心时会降低速度。新加坡推出名为 **Brainpal** 的脑机接口竞赛游戏，使用神经反馈来提高玩家的注意力。由思维控制的无人驾驶飞机也已出现，而由大脑控制、能极大增强工人力量的外骨骼，也已为时不远。

4.5 中国生物技术行业发展趋势分析

4.5.1 生物大数据引发医疗产业数字化革命

生物科技和医疗技术的迅猛发展、高通量手段的成熟，生物医疗行业数据急剧膨胀，且呈现分散、破碎、低透明度以及意义尚等解析等特征。生物医疗行业大数据十分重视数据间的复杂关系，加上中国健康人群及患者数量庞大，就越发会产生超海量的数据网络。未来，生物医疗大数据数据价值将变得越来越重要，在组学研究及不同组学间的关联研究，快速识别生物标志物和研发药物，快速筛检未知病原和发现可疑治病微生物，实时开展生物监测与公共卫生监测，了解人群疾病谱改变等方面具有广阔的应用前景。

此外，“精准医疗”的实现也依赖于生物大数据的积累、以及后续对这些数据的挖掘和解读。基于生物组学数据（基因组、蛋白组等），患者病史、生活习惯、行为习惯等多方面数据的积累，通过对比过往患病人群的相关数据，应用大数据分析找出最优的治疗方案。

4.5.2 合成生物技术将引领生物技术产业化发展

合成生物技术是对天然或人工生物元器件进行设计组合，获得重构或非天然的新生命系统的技术，包括设计构建新型人工生物元器件、人工基因组、人工细胞等。在我国的“十三五”科技创新战略规划中，合成生物技术已被列为重点发展方向。此外，美国国防部 2014 年将其列为 21 世纪优先发展的六大颠覆性技术之一。

合成生物技术可广泛应用于生物制造、生物医药、农业、资源环境等领域，例如美国杜邦公司曾构建人工细胞工厂生产重大化学品，能耗和温室气体排放均降低 40%。合成生物技术已经成为绿色生物制造产业高速发展的引擎，未来通过基因组设计合成的研究，还能进一步深入认识基因组对生命的调控机制，从而为新型生物学治疗方法、疫苗、材料、疾病控制和营养学等方面的基础性研究提供强有力的支撑，尤其是针对重大复杂疾病，有望形成万亿级医疗健康产业和千亿级企业的新业态。

4.5.3 生物仿制药将迎来市场发展的关键机遇期

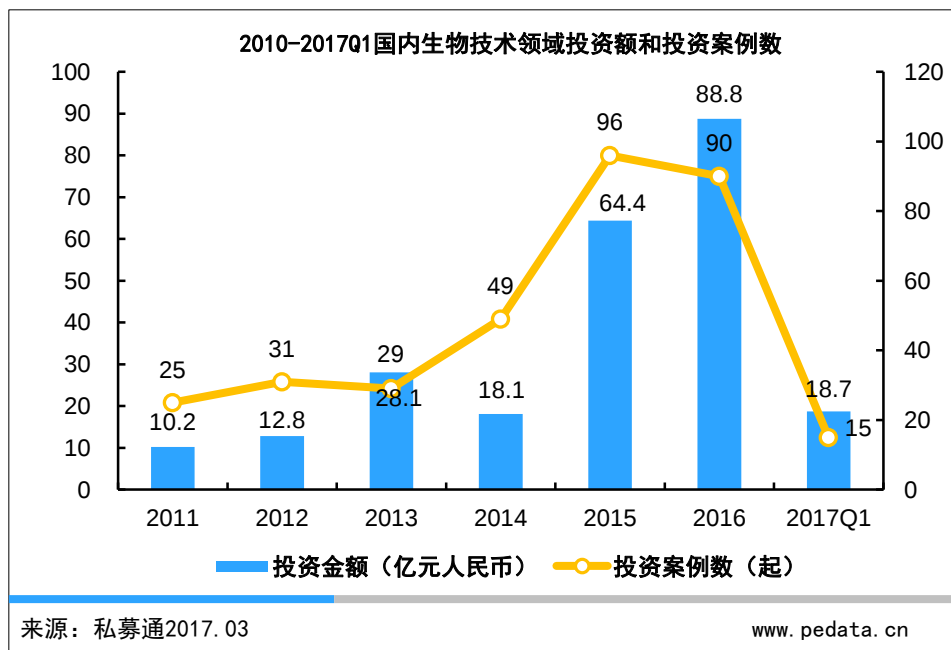
据中国国家卫生和计划生育委员会数据，中国老年人群医疗费用支出是年轻人的 3 倍，占总医疗费用的 30%-35%，尤以慢性病用药为主。心血管疾病、肿瘤、阿尔茨海默症、帕金森症、骨质疏松、骨关节炎等老年慢性病具有高发病率、高致死致残率、需长期控制且难以完全治愈的特点，对于生物技术药品具有很强的依赖性。随着全球人口老龄化加剧及国内医保普及，生物技术药品市场空间将进一步扩展。此外，随着重磅级生物药专利的到期，生物仿制药将迎来难得的发展机遇，进入“黄金发展期”。

4.6 中国生物技术产业投融资分析

4.6.1 投资规模：2015 年以来增长明显

2011-2017Q1，国内生物技术领域共发生 335 起投资事件，投资金额达 241.1 亿元人民币。投资金额从 2011 年 10.2 亿元增长到 2016 年的 88.8 亿元，年均复合增长率达到 54.2%。2015-2016 年是生物技术领域投资热度高涨，年投资额是往年的 3-4 倍，代表性投资事件有：2015 年贝莱德、新加坡政府投资公司、礼来亚洲风险投资基金联合投资三生制药 1.00 亿美元，2016 年国寿投资、高瓴资本、中国平安、理成资产、淡马锡投资、泰康人寿、国投创新、君联资本联合投资信达生物制药 2.6 亿美元。

图 70 2010-2017Q1 国内生物技术领域投资额和投资案例数



4.6.2 投资轮次：相对分散，倾向早期

2011-2017Q1，从投资案例数看，国内生物技术领域投资轮次以A轮、B轮、天使轮为主，占比分别为37%、16%、10%。总占比高达63%；从投资金额看，国内生物技术领域投资轮次主要为A轮、D轮、C轮、B轮，分别占比24%、21%、16%、15%，总占高达76%。

图 71 2011-2017Q1 国内生物技术领域投资轮次分布（按投资案例数，起）

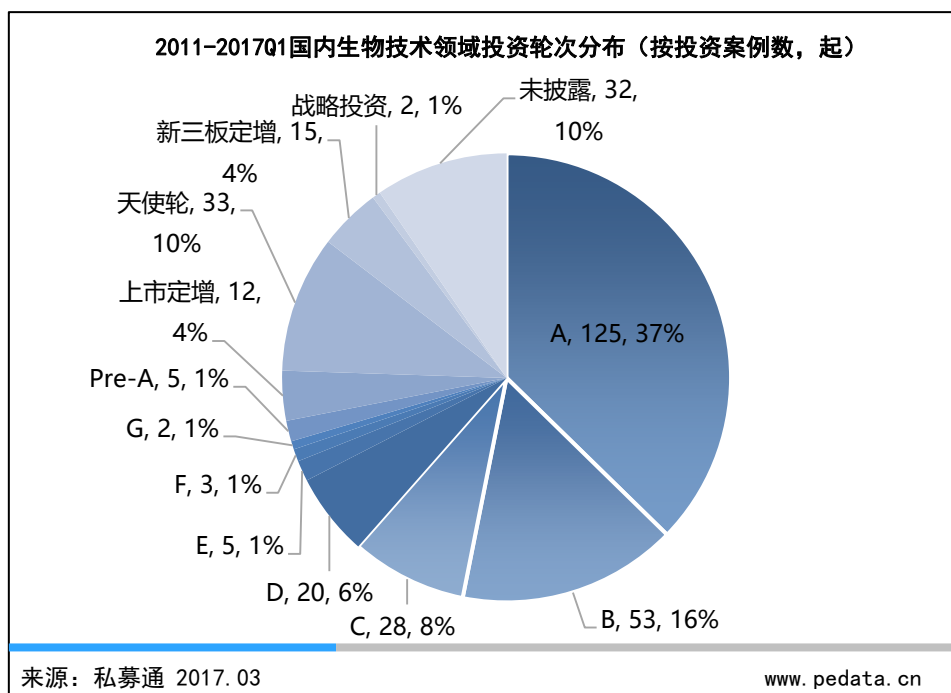
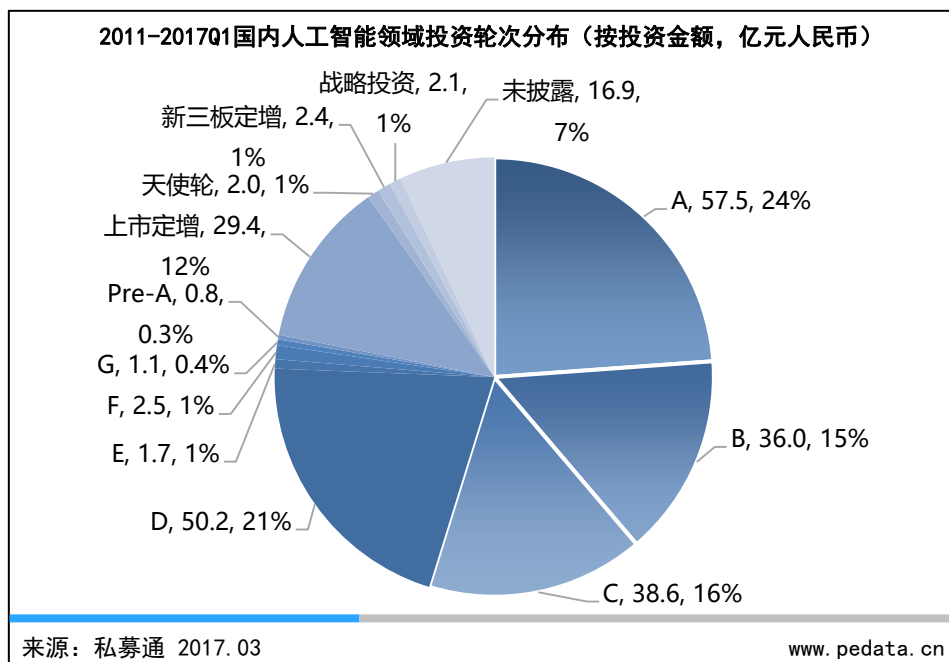


图 72 2011-2017Q1 国内人工智能领域投资轮次分布（按投资金额，亿元人民币）



4.6.3 投资阶段：扩张期和成熟期为主

2011-2017Q1，从投资案例数上来看，国内生物技术领域投资阶段主要分布在扩张期、成熟期，占比分别是 41.2%、27.8%，总占比高达 69%；从投资金额上看，国内生物技术领域投资阶段主要分布在成熟期、扩张期，占比分别是 51.1%、33.4%，总占高达 84.5%。

图 73 2011-2017Q1 国内生物技术领域投资阶段分布（按投资案例数，起）

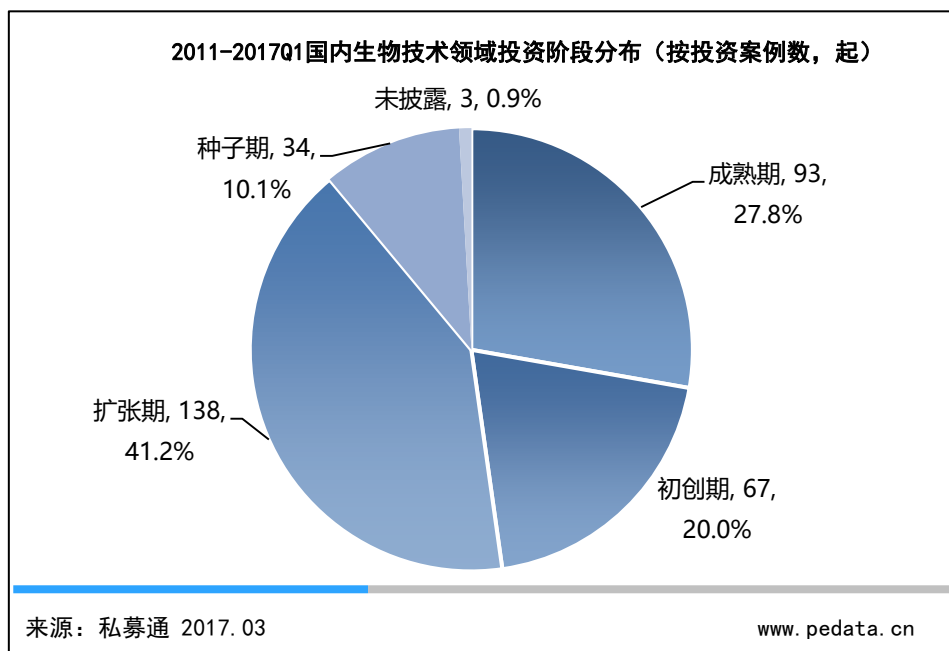
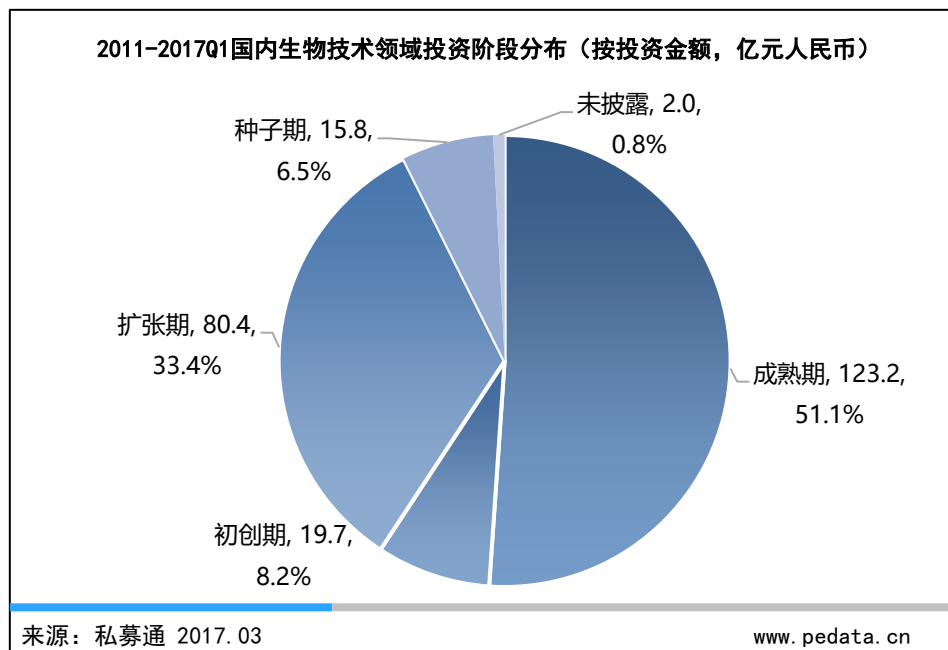


图 74 2011-2017Q1 国内生物技术领域投资阶段分布（按投资金额，亿元人民币）



4.6.4 投资区域：北上苏深是投资重地

2011-2017Q1，国内生物技术领域投资整体地域分布比较分散，共涉及 20 个地区。从投资案例数量上来看，投资地点集中在北京、上海、江苏、深圳四地，分别完成 72 起、65 起、41 起、37 起投资事件，四地投资案例数 215 起，占总投资案例数 335 起的 64.2%；从投资金额上看，投资地点集中分布在北京、江苏、上海、辽宁、深圳五地，投资额分别为 84.1、48.9、22.9、15.6、15.5 亿元，五地投资额 186.9 亿元，占总投资额 241.1 亿元的 77.5%。

图 75 2011-2017Q1 国内生物技术行业投资地域分布（按投资案例数，起）

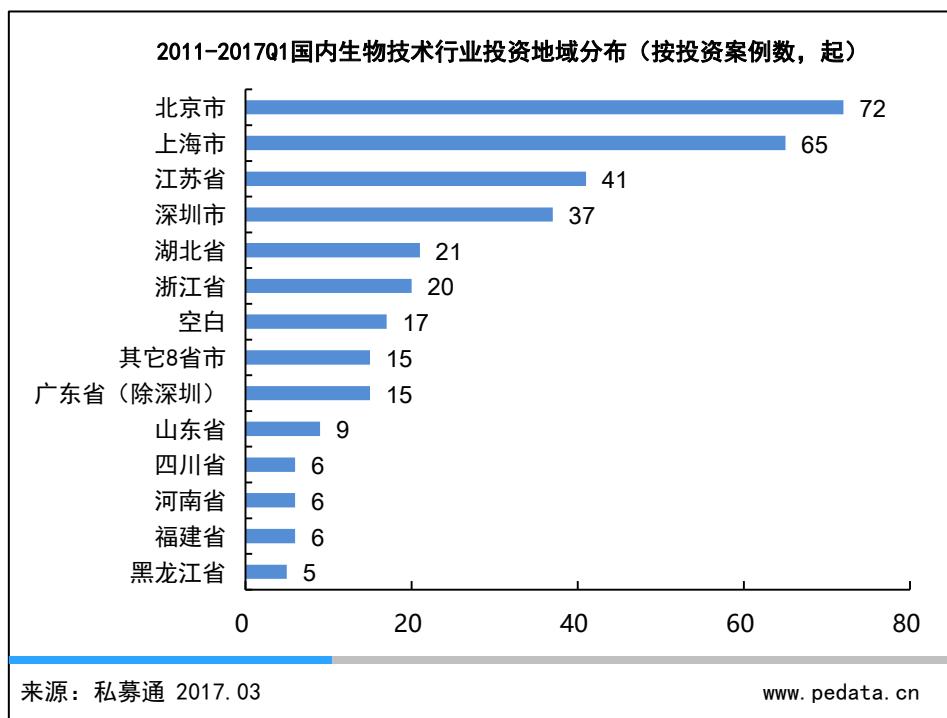
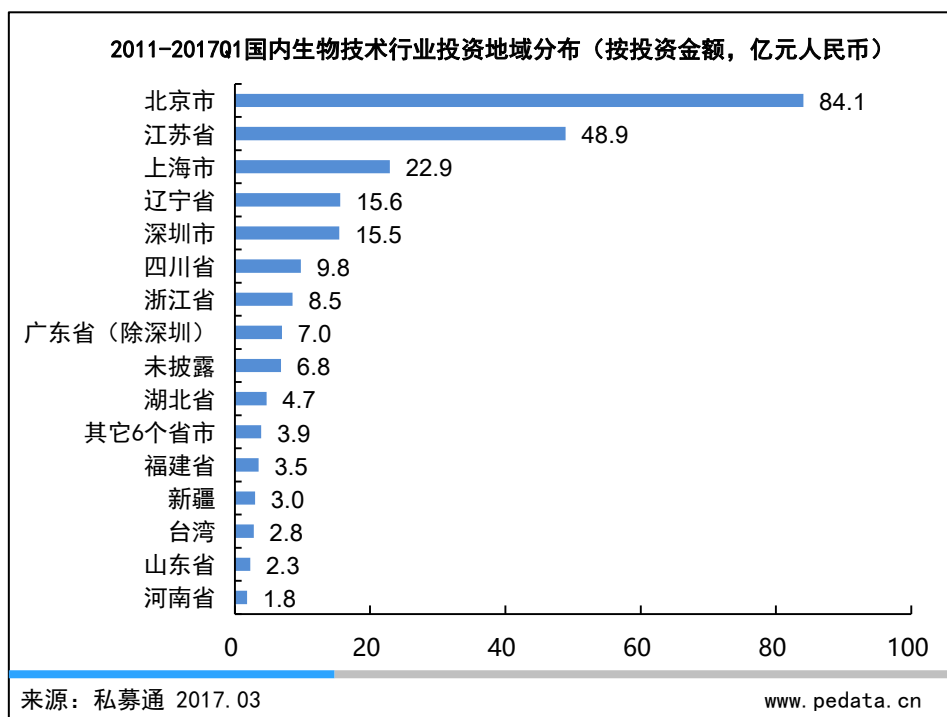


图 76 2011-2017Q1 国内生物技术行业投资地域分布（按投资金额，亿元人民币）



五、 智能制造：驱动中国经济的核心力量

2017年9月，格力自主研发GA-F500五轴联动数控加工中心首次面世，其加工精度和稳定性不输国际品牌，外观品质达到国内外先进水平，代表了中国智能制造的最高水平。五轴联动数控机床是一种科技含量高、精密度高专门用于加工复杂曲面的机床，这种机床系统对一个国家的航空、航天、军事、科研、精密器械、高精医疗设备等等行业有着举足轻重的影响力。目前，五轴联动数控机床系统是解决叶轮、叶片、船用螺旋桨、重型发电机转子、汽轮机转子、大型柴油机曲轴等等加工的唯一手段。但是我国的五轴数控机床技术仍然处于刚起步的状态，与发达国家美日德等的五轴机床仍有一定的差距，未来我国五轴数控机床的研究重点和技术趋势会朝向高速、高精度、高智能、复合化发展。

机床（数控机床）作为“工业之母”，机床的水平是装备制造实力乃至工业水平的直观体现。而智能制造是将制造技术与数字技术、智能技术、网络技术的集成应用于设计、生产、管理和服务的全生命周期，在制造过程中进行感知、分析、推理、决策与控制，实现产品需求的动态响应，新产品的迅速开发以及对生产和供应链网络实时优化的制造活动的总称，把制造自动化的概念更新，扩展到柔性化、智能化和高度集成化。它意味着在产品生命周期内对整个价值创造链的组织和控制再进一步，从创意、订单到研发、生产、终端客户产品交付，再到废物循环利用，包括与之紧密联系的各服务行业，在各个阶段都能更好满足日益个性化的客户需求。所有参与价值创造的相关实体形成网络，获得随时从数据中创造最大价值流的能力，从而实现所有相关信息的实时共享。以此为基础，通过人、物和系统的连接，实现企业价值网络的动态建立、实时优化和自组织，根据不同的标准，对成本、效率和能耗进行优化。

近年来，国际社会从多个角度热议新工业革命，而以信息技术与制造业加速融合为主要特征的智能制造成成为全球制造业的主要趋势。同时，2016年以后，智能制造技术创新应用将加快向系统集成应用迈进，智能制造应用得到进一步完善。而《智能制造发展规划》、《智能制造工程》等相关推进政策也在陆续发布，使得智能制造成为各地推动产业升级发展的主要关注点之一。可以说，智能制造的发展必将对加快推动我国经济发展保持中高速、产业迈向中高端起到关键的推动作用。

表 36 全球智能制造的发展历程

时间	国家	智能制造发展详情
20世纪80年代末	美国	智能制造的概念被提出
1991年	美国	大力支持被总统称之为的关键重大技术，希望借助此举改造传统工业并启动新产业启动了美国先进制造技术发展战略（AMT）
1993年	美国	启动美国先进制造技术计划（AMTP），研究开发世界领先的先进制造技术，以满足美国制造业对先进制造技术的需求，提高制造业的

		竞争力；通过教育与培训计划提高劳动力素质；促进具有环境意识的制造等
1994 年	日本	启动了先进制造国际合作研究项目，包括了公司集成和全球制造、制造知识体系、分布智能系统控制、快速产品实现的分布智能系统技术等
1994 年	加拿大	制定 1994-1998 年发展战略计划，认为未来知识密集型产业是驱动全球经济和加拿大经济发展的基础，认为发展和应用智能系统至关重要，并将具体研究项目选择为智能计算机、人机界面、机械传感器、机器人控制、新装置、动态环境下系统集成
1994 年	欧盟	启动了新的 R&D 项目，选择了 39 项核心技术，其中三项（信息技术、分子生物学和先进制造技术）中均突出了智能制造的位置
2009 年	中国	出台《装备制造业调整和振兴规划》出台以来，智能装备产业发展重点将明确，“十二五”期间，国内智能装备的重点工作是要突破新型传感器与仪器仪表等核心关键技术，推进国民经济重点领域的发展和升级

来源：清科研究中心根据公开资料整理

5.1 全球及中国智能制造产业政策分析

5.1.1 美国：机制健全，跨界融合，保持高水平发展

美国政府主导建立制造业创新研究所体系，加快推动前沿制造技术的基础研究、成果转化和产业融合。在“先进制造伙伴计划”发布后，美国开始建立区域性的制造创新中心，并以此打造国家制造业创新网络。目前已相继成立了美国制造创新研究所、数字化制造与设计创新研究所等四家区域性研究机构。同时，制造巨头加快调整产品业务发展战略，推动跨行业合作不断加深，在发挥各自优势实现各自利益的同时推进制造业向智能化、网络化方面发展。

智能制造技术上，理论和应用研究方面，美国长期处于全球主导地位智能产品研发方面，美国也一直走在全球前列，从早期的数控机床、集成电路、PLC，到如今的智能手机、无人驾驶汽车以及各种先进传感器，大量与智能技术相关的创新产品诞生自美国高校的实验室和企业的研发中心。同时，美国智能制造产业化应用不断加深。一是智能元器件和制造装备在生产环节得到广泛使用。生产线自动化控制、仓储管理等方面早已大面积应用到 RFID 技术，有的自动化车间已经开始使用超高频 RFID。二是依托大数据、物联网等新一代信息技术的智能系统平台相继推出。罗克韦尔的开放式智能制造平台、通用的 Predix 软件平台都是依托数据采集实现工况监测管理的典范。三是生产流程管理由数字化进入智能化。特斯拉打造的机器人全自动化超级工厂 5 天内就可以实现一辆电动车从模型到成型的生产过程。美国从基础元器件到智能制造装备再到工业软件系统的智能制造产业体系越来越完善。工业软件方面，从研发设计软件到管理软件，再到生产控制软件，全球绝大多数有实力企业都来自美国。

5.1.2 德国工业 4.0：全面智能化

欧盟“未来工厂计划”：旨在支持先进生产技术的研发、开发与创新，以帮助实现 2010 年提出的“欧洲 2020”战略目标，即：研发投入增至 GDP 的 3%、温室气体减排 20%、能效提升 20% 以及制造活动占 GDP 比例增至 20%。截至 2014 年 6 月，“未来工厂”计划已经启动了 151 个项目，项目特别注重技术的验证，部分项目还通过 IMS 计划进行国际合作，超过 1000 家企业和组织参与其中。该计划关注了 6 个重点领域：先进制造工艺，着眼面向智能制造的创新工艺；自适应和智能制造系统，着眼智能化的制造单元和生产线，以智能机器人和智能机床为代表；数字化、虚拟和资源高效利用的工厂，着眼工厂的智能化运行，从设计到维修的全生命周期管理；合作与移动的企业，着眼互联网中的智能企业，将智能向供应链扩展；以人为本的制造，着眼智能制造中的劳动力，建立人在生产和工厂中的全新定位；聚焦用户的制造，着眼智能制造中的用户，将制造转变为基于产品的服务。为实现这些领域的目标，欧盟企业需要一系列关键技术和使能条件：先进制造工艺，先进制造系统的机电一体化，信息与通信技术，制造策略，建模、仿真和预测方法与工具，高知工人。这其中，先进制造系统的机电一体化、信息与通信技术是典型的智能制造的关键技术，前者涉及测量/传感、控制/执行、人机交互等硬件密集型技术，后者涉及建模/仿真、分析/决策、网络等软件密集型技术。

工业 4.0，入选了德国政府《德国 2020 高技术战略》中所提出的十大未来项目之一。该项目由德国联邦教育局及研究部和联邦经济技术部联合资助，投资预计达 2 亿欧元。“工业 4.0”包含了由集中式控制向分散式增强型控制的基本模式转变，目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式。在这种模式中，传统的行业界限将消失，并会产生各种新的活动领域和合作形式。“工业 4.0”项目主要分为三大主题：一是“智能工厂”，重点研究智能化生产系统及过程，以及网络化分布式生产设施的实现；二是“智能生产”，主要涉及整个企业的生产物流管理、人机互动以及 3D 技术在工业生产过程中的应用等；三是“智能物流”，主要通过互联网、物联网、物流网，整合物流资源，充分发挥现有物流资源供应方的效率，而需求方，则能够快速获得服务匹配，得到物流支持。通过“工业 4.0”战略的实施，将使德国成为新一代工业生产技术（即信息物理系统）的供应国；和主导市场，会使德国在继续保持国内制造业发展的前提下再次提升它的全球竞争力。

5.1.3 中国政策：紧跟全球发展竞争形势

我国为了适应全球经济发展新形势，也适时提出了中国制造 2025、互联网+等一系列战略计划，因为智能制造可能成为我国在此次技术创新竞争中实现弯道超车的契机。《中国制造 2025》，是我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领。为推进我国从制造大国向制造强国迈进，国务院组织编制并于 2015 年 5 月 8 日正式发布了《中国制造 2025》，对我国制造业转型升级和跨越发展作了整体部署。《中国制造 2025》提出通过“三步走”实现制造强

国的战略目标：第一步，到 2025 年迈入制造强国行列；第二步，到 2035 年我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平；第三步，到新中国成立一百年时，我制造业大国地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列。

《中国制造 2025》要推动的是智能化升级。自动化是我们所处的工业 3.0 版本，《中国制造 2025》更强调的是推动信息化升级，达到智能化。在智能制造中，“端”——智能装备通过通信技术有机连接起来，实现生产过程自动化，通过各类感知技术收集生产过程中的各种数据，通过“网”——工业以太网等通信手段，上传至“云”——工业服务器，在工业软件系统 MES 的管理下进行数据处理分析，并与企业资源管理软件 ERP 相结合，优化生产方案、实现定制化生产，形成“设计-开发-质量管理-服务”的闭环。

表 37 我国智能制造相关政策推进进程

时间	相关主体	政策详情
2017.05	国务院	进一步深入实施《中国制造 2025》，把发展智能制造作为主攻方向，将扩大试点示范城市（群）覆盖面，选择 20-30 个基础条件好、示范带动作用强的城市（群），继续开展“中国制造 2025”试点示范创建工作，以试点示范推进《中国制造 2025》深入实施
2016.12	工信部	《智能制造发展规划（2016-2020）》编制发布，《智能制造工程》发布实施。我国智能制造系统推进将正式展开，继续开展 60 个智能制造试点示范项目，预计智能制造专项将继续把智能制造新模式应用和综合标准化试验验证作为重点支持方向
2015.05	国务院	“中国制造 2025”总体方案已经国务院常务会议审议通过明确未来 10 年中国制造业的发展方向，将智能制造确立为中国制造 2025 的“主攻方向”。
2015.03	国务院	要实施“中国制造 2025”，坚持创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展，加快从制造大国转向制造强国。促进工业化和信息化深度融合，开发利用网络化、数字化、智能化等技术，着力在一些关键领域抢占先机、取得突破。“中国制造 2025”上升至国家战略高度
2014.07	工信部、国家发改委、科技部、财政部	制定《中国制造 2025 规划纲要》，提出以“1+10”的规划体系发展装备制造业，尤其是重点发展重大技术装备
2014.01	工信部、国家发改委、科技部等	联合编制的“中国制造 2025 规划”，首次指出制定“中国制造 2025 规划”的设想
2013.12	工信部	《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》提出将发展工业机器人的重要地位
2012.07	国务院	《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》，提出要重点发展“智能制造装备产业”，推进制造、使用过程的自动化、智能化和绿色化
2012.04	工信部	提出《智能制造科技发展“十二五”专项规划》，明确了“智能制

		造”概念以及我国在该领域的发展方向
--	--	-------------------

来源：清科研究中心根据公开资料整理

5.1.4 中美德三国智能制造战略的异同

德国工业 4.0、美国工业互联网和中国制造 2025 几个概念虽然在表述和涉及内容上不尽一致，但在内涵和目标上殊途同归，希望解决的问题基本相同。三者都注意到了互联网对传统制造业的渗透和影响，并从创新、技术、人才等方面开始布局，通过互联网在工业中的应用来改造传统工业，提升运营效率。但从内容上看，工业互联网范围相对较窄，主要关注互联网的应用对效率的提升和能源的节约；中国制造 2025 涉及内容比较多，除了深化两网融合之外，还涉及到品牌建设、新材料等方面；工业 4.0 介于二者之间，强调互联网和物联网对制造业的改造升级。

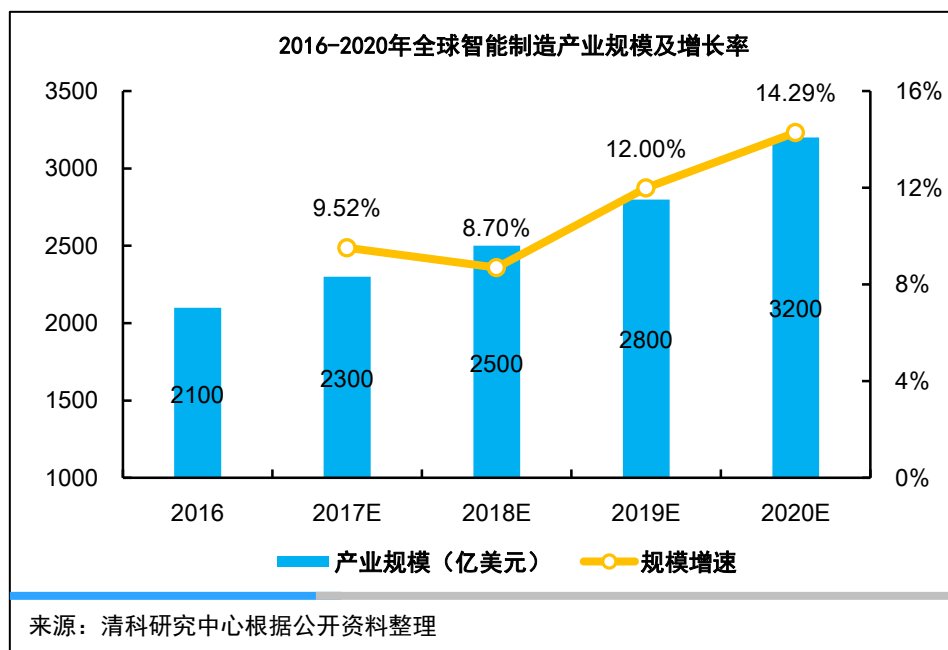
表 38 中美德三国智能制造战略的区别

项目	德国工业 4.0	美国工业互联网	中国制造 2025
时间	2012 年 2 月	2013 年 4 月	2015 年 5 月
牵头者	产官学合作（政府、西门子、SAP 等）	通用电气	政府
高度	第四次工业革命	第三次制造业浪潮	成为制造强国
定义	将 CPS 应用到制造业和物流业；把物联网和服务应用到生产过程中	工业革命带来的机器设备和互联网革命带来的信息、通信间的融合；数据流、硬件、软件和智能的交互	智能制造；加快新一代信息技术与制造业深度融合
目标	保持本国制造业竞争力；提升生产力、资源与能源利用效率	实现系统、设备和资产的优化；提升运营效率、节省成本	制造业转型升级；掌握先进制造业，成为制造业强国
要素	智能工厂、智能生产、智能产品；横向集成、纵向集成、端到端集成	智能机器、高级分析、工作人员；智能系统、智能决策、要素整合	创新驱动、品牌建设、绿色制造、工业强基
战略要点	一个网络、两大主题、三项集成、八项规划	鼓励技术创新、网络基础设施建设、培养专业人才	提高国家制造业创新能力；推进信息化与工业化深度融合；重点发展新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人

来源：清科研究中心根据公开资料整理

5.2 全球及中国智能制造产业发展分析

在各国政策积极推动、各项技术逐步到位的互联网时代下，智能制造引领制造业转型已势在必行，旨在降低生产维护成本、提升生产效率、因应弹性生产及解决缺工等。据估计，2018 年全球智能制造及智能工厂相关市场规模将达 2500 亿美元，复合增速约为 12.5%。

图 77 2016-2020 年全球智能制造产业规模及增长率¹⁸

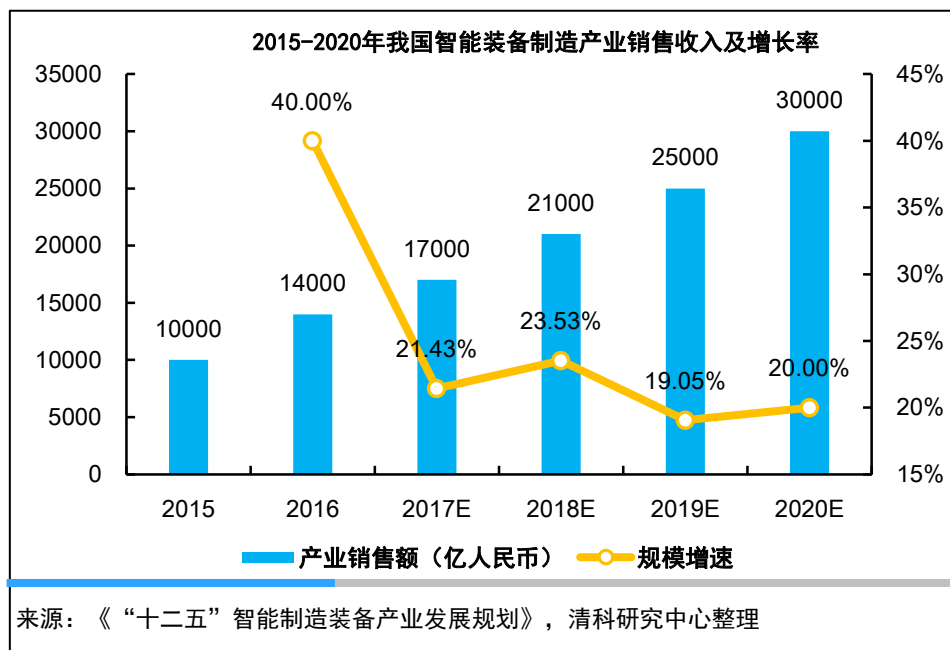
发达国家高端制造回流与中低收入国家争夺中低端制造转移同时发生，对我国形成“双向挤压”的严峻挑战。一方面，制造业重新成为全球经济竞争的制高点，各国纷纷制定以重振制造业为核心的再工业化战略，尤其是高端制造业已呈现向发达国家“逆转移”的趋势。如，苹果电脑已在美国本土设厂生产，日本制造企业松下将把立式洗衣机和微波炉生产从中国转移到日本国内，夏普计划在本土生产更多机型的液晶电视和冰箱，TDK 也将把部分电子零部件的生产从中国转移至日本秋田等地。另一方面，中低端制造业向拥有资源、劳动力等比较优势，能够以更低成本承接劳动力密集型产业的东南亚国家转移。一些跨国资本直接到新兴国家投资设厂，有的则考虑将中国工厂迁至其他新兴国家。如：微软计划关停诺基亚东莞工厂，部分设备转移到越南河内；耐克、优衣库、三星、船井电机、富士康等知名企业纷纷在东南亚和印度开设新厂。总的来看，我国制造业正面临着发达国家“高端回流”和发展中国家“中低端分流”的双向挤压，严峻的局势倒逼着国内制造业必须向信息化与智能化的方向升级，以提升自身竞争力在国际市场上能够站稳脚跟。

近几年，我国制造业数字化、信息化建设步伐加快，自动化生产线、数字化车间建设加速，企业生产、运营、管理的信息化水平不断提升。如上海电气电站设备有限公司发电机厂完成研发 1300MW 核电发电机数字化样机项目，实现工厂数字化三维设计应用新突破；广利核等公司共同完成我国首个具有完全自主知识产权的核电站数字化仪控系统（DCS）平台的研制，并实现了成果在二代、二代加、三代核电工程中的应用。此外，在互联网、云计算等信息技术，以及传感技术、控制技术高速发展的协同作用下，智能制造已开始起步。根据

¹⁸ 全球智能制造产业市场规模统计口径包括：工业机器人、数控机床、传感器及 3D 打印四大类。

《“十二五”智能制造装备产业发展规划》，到 2015 年，智能制造装备产业销售收入预计将超过 1 万亿元。到 2020 年，智能制造装备业将成为具有国际竞争力的先导产业，建立完善的智能装备产业体系，产业销售收入超过 3 万亿元，国内市场占有率超过 60%，实现装备的智能化及制造过程的自动化。在未来 5-10 年的时间里，中国智能制造装备行业增长率有望达到年均 25%。

图 78 2015-2020 年我国智能装备制造产业销售收入及增长率



5.3 智能制造发展阶段及产业链分析

智能制造发展需经历自动化、信息化、互联化、智能化四个阶段。自动化是淘汰低自动化水平的设备，升级为高自动化水平的智能装备的过程；信息化是指产品、服务由物理到信息网络，智能化元件参与提高产品信息处理能力；互联化是建设工厂物联网、服务网、数据网、工厂间互联网，装备实现集成；智能化则是通过传感器和机器视觉等技术实现智能决策。我国目前仍处于“工业 2.0”（电气化）的后期阶段，“工业 3.0”（信息化）还待普及，“工业 4.0”正在尝试尽可能做一些示范，制造的自动化和信息化正在逐步布局。

智能制造体系是基于新一代信息技术，贯穿设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节，是先进制造过程、系统与模式的总称。智能制造过程是指通过自动化装备：机器人、高端数控机床、自动化集成装备及通信技术实现生产自动化，并能够通过各类数据采集技术，如传感器、RFID、机器视觉等，以及应用通信互联手段如工业物联网，将数据连接至智能控制系统（MES、DCS、PLC 等），并将数据应用于企业统一管理控制平台（ERP 等），从而提供最优化的生产方案、协同制造和设计、个性化定制，最终实现智能化生产。

图 79 智能制造发展阶段及产业链

		关键产品	关键技术	企业类型
自动化	自动化生产线集成	- 自动化生产线 - 系统集成 - 智能工厂总包	系统集成及自动化生产解决方案	- 系统集成商 - 工业智能化解决方案提供商
	自动化装备	- 机器人 - 数控机床 - 其他自动化集成装备	- 机器人方案 - 智能装备方案	- 机器人制造商 - 零部件生产商
信息化	工业信息化	- 工业软件 - 数据库	- 信息采集技术 - 信息处理技术	- 数据硬件开发商 - 云计算软件开发商
互联化	工业互联/物联网	- 工业以太网 - 传感器 - RFID	- 网络传输技术 - 传感识别技术	- 无线传输技术生产企业 - 传感器厂商 - 射频生产商
智能化	智能生产	3D打印 - 机器视觉	3D打印技术 - 图像摄取处理技术	3D打印生产制造商 - 图像摄取装置厂商 - 图像处理软件开发

来源：wind，民生证券

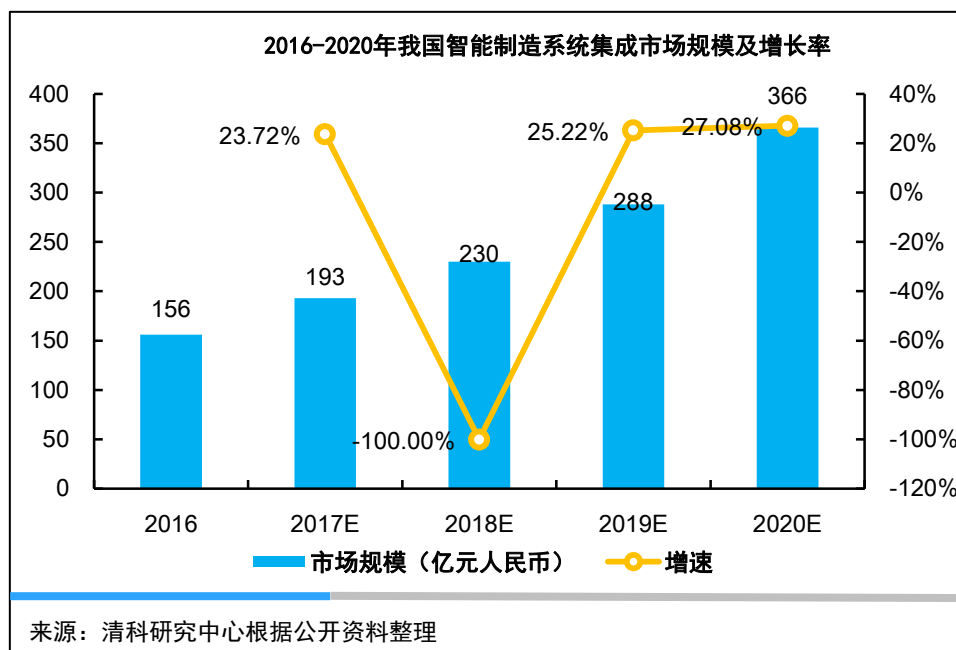
智能制造产业链如上图所示，包括自动化生产线集成、自动化装备、工业信息化、工业互联/物联网、智能化生产 5 个重要部分。

5.3.1 自动化生产线集成

自动化系统集成是制造业数字化网络化智能化的基石，是新一轮工业革命的核心要素。发展实时工业操作系统及高端制造业嵌入式系统、以工业大数据平台与制造业核心软件为代表的基础工业软件，对于先进轨道交通装备、电力装备、农业装备、高档数控机床与机器人、航空航天装备、海洋工程装备与高技术船舶等智能制造重点领域，具有重要意义。

市场规模已超百亿，预估未来增速达 20%。根据系统集成的主要下游应用领域—汽车整车及零部件制造业固定资产投资额来估计，2016 年系统集成市场空间就已达 134-178 亿。据第三方研究机构预测显示，至 2020 年系统集成规模有望接近 400 亿，2016-2020 年期间复合增速超 20%。

图 80 2016-2020 年我国智能制造系统集成市场规模及增长率



应用领域以汽车为主，目前正向一般制造业拓展。目前国内智能制造系统集成下游应用领域集中于汽车工业，市场占比达 48%，其次是 3C 制造占比为 24%。随着机器人产品普及率逐步提升，系统集成应用领域也扩展至一般制造业：包括农副食品加工业，医药制造业，餐饮业等，并且目前行业扩展增速仍在加快。国产工业机器人销售额中，金属制造业占 31%，以家用电器制造、电子元器件、计算机和外部设备制造等为代表的电器机械和器材制造行业占 23%，显示出汽车以外其它领域的系统集成市场份额正在迅速增加。

国外巨头雄踞市场，国内企业悄然崛起。目前我国系统集成商多是从国外购买机器人整机，根据不同行业或客户的需求，制定符合生产需求的解决方案，业务形式主要以大型项目和生产线技术改造为载体，对现有设备进行升级和联网，提供工业控制、传动、通讯、生产与管理信息等方面的系统设计、系统成套、设备集成及 EPC 工程等服务。在系统集成应用领域，国外企业占据了绝大部分的市场份额，实力雄厚，主要外资系统集成商包括 ABB、柯玛、KUKA 等。国内一线的系统集成商包括新松机器人、大连奥托、成焊宝玛、晓奥享荣等，由于拥有价格与渠道优势正悄然崛起，逐渐扩大市场份额。

与新兴信息技术实现产业融合，形成自主生态体系。为应对发达国家把控传统操作系统与工业软件核心技术，主导国际工业竞争话语权的现状，依托我国作为“制造大国”的战略高度同时充分发挥中国互联网生态与应用的全球领先者优势，将以云计算、物联网、大数据为代表的新一代信息技术与现代制造业深度融合，以推动制造业真正向智能化转型升级。到 2020 年，突破部分关键核心技术，基本形成中国工业软件技术标准与生态体系，中低端市场占有率超过 30%。聚焦生产效率提升与服务型制造，自主“云端”+“终端”工业大数据平台在重点行业的应用普及率超过 40%。

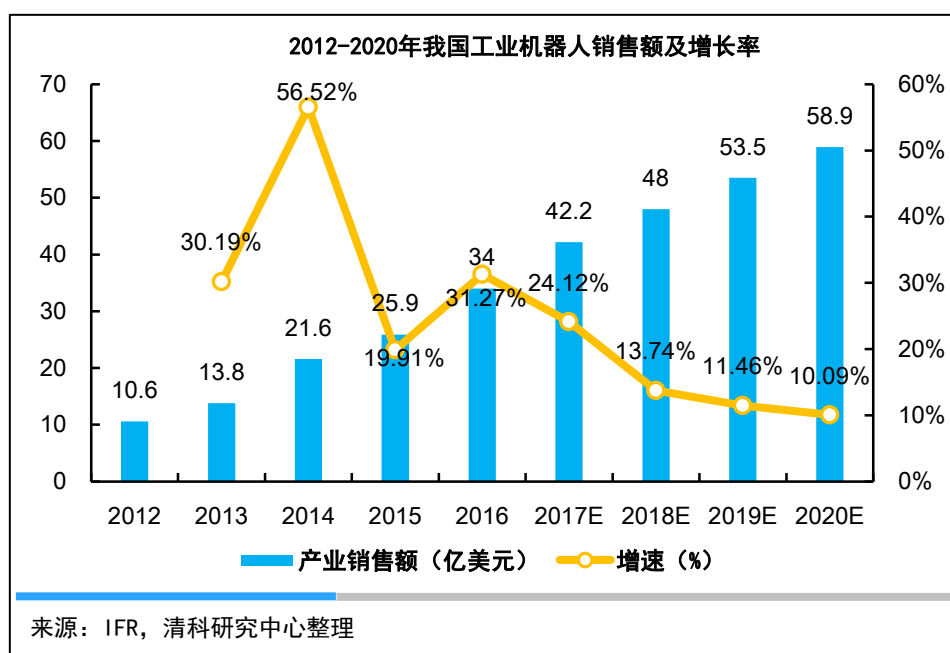
5.3.2 自动化装备：工业机器人&数控机床

5.3.2.1 工业机器人：需求显著增长，但密度偏低

工业机器人通过编程或示教方式实现自动化，同时具备拟人形态及功能，在企业生产加工过程中通过自动控制执行操作作业的机械装路，能代替人做某些单调、频繁和重复的长时间作业，或是危险、恶劣环境下的作业，例如在冲压、压力铸造、热处理、焊接、涂装、塑料制品成形、机械加工和简单装配等工序上，以及在核工业等部门中，完成对人体有害物料的搬运或工艺操作，或者完成某些靠手工无法达到精度或效率的工作。根据用途不同，工业机器人大致可以分为焊接机器人、搬运机器人、喷漆机器人、涂胶机器人、装配机器人、码垛机器人、切割机器人、自动牵引车（AGV）机器人、净室机器人等。

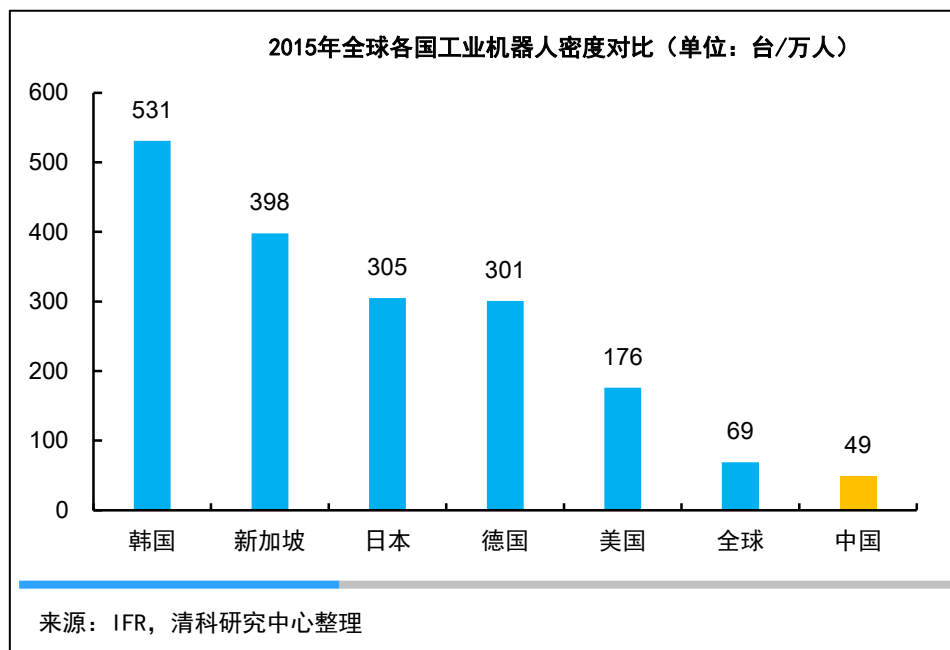
工业机器人销量与销售额快速提升。由于人工成本的增加和产业转型升级的需求，我国的工业机器人自2010年始，出现了大幅增长，此后销量增速保持在20%-50%的较高水平。根据IFR初步统计数据，2016年我国工业机器人销量已高达9万台，较2015年增长31.28%，显著高于全球工业机器人14%的销量增速，而我国工业机器人需求增长强势，成为全球第一大工业机器人应用市场，占全球销量比重已达31%。同时我国制造业智能化升级的需求日益凸显，工业机器人市场依然旺盛，预计至2020年，工业机器人销售额达58.9亿美元，增速稳定在10%左右。据估计至2020年，我国工业机器人有50万台的需求空间，按照年均10万台及均价10万/台来估算，在不考虑出口的情况下，国内工业机器人本体的市场空间未来5年每年保守估计均有100亿。

图 81 2012-2020 年我国工业机器人销售额及增长率



我国工业机器人密度仍偏低。从工业机器人的普及使用情况看，截止 2015 年我国每万人拥有工业机器人的数量已升至 49 台，虽然仍显著低于全球每万人 69 台，但较 2011 年我国每万人 10 台已有显著提升，目前水平已接近 2010 年时全球的每万人 50 台。2013 年工信部曾下发《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》，提出到 2020 年机器人密度达到 100 台/万人。

图 82 2015 年全球各国工业机器人密度对比（单位：台/万人）

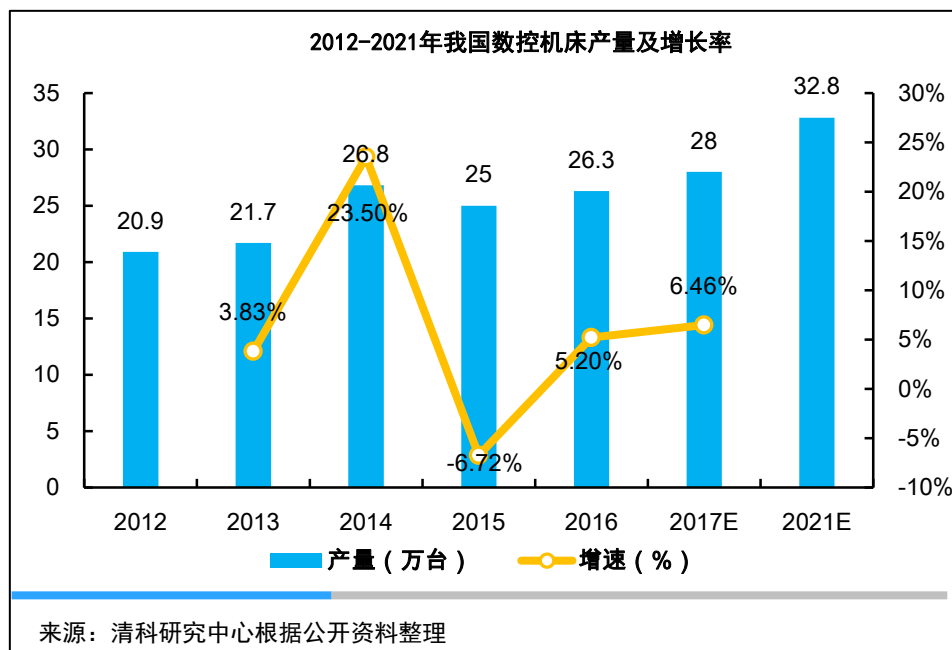


国产机器人未来发展空间巨大：工业机器人的市场目前被日本四大家垄断，国产化的替代空间还很大。我国工业机器人产业发展较晚，发展主要受制于重要核心零部件、工控系统依赖于进口。受零部件供应、相关技术和加工工艺等因素影响，中国市场上工业机器人基本被以 ABB、库卡、发那科和安川四大巨头为主的国外机器人品牌占据着，国产机器人品牌仅占约 8% 的市场份额。中国处于工业机器人生产的产业链下游，多数厂商承担系统二次开发、定制部件和售后服务等附加值低的工作。随着我国工业机器人市场需求的迅速扩大，国内企业的自主研发投入的不断加大，研发能力不断提升，未来将不断拉近与国际厂商的差距，国产机器人将填补巨大的替代空间。

5.3.2.2 数控机床：工业之母，起步阶段

数控机床是数字控制机床的简称，是一种装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序，并将其译码，用代码化的数字表示，通过信息载体输入数控装路。经运算处理由数控装路发出各种控制信号，控制机床的动作，按图纸要求的形状和尺寸，自动地将零件加工出来。机床是“工业之母”，工业水平看装备制造业，装备制造业水平看机床，机床行业的技术水平决定着制造业的工艺水平。

图 83 2012-2021 年我国数控机床产量及增长率



目前我国数控机床已有较高产量水平。从结构上来看，2015 年中国数控金属切削机床、数控金属成形机床（数控锻压设备）产量分别为 21.8 万台、3.2 万台，较 2014 年有一定幅度下降，但仍保持较高产量水平。据估计，我国 2017 年数控金属切削机床、数控金属成形机床（数控锻压设备）产量将分别达到 25.3 万台、2.76 万台，未来五年（2017-2021）年均复合增长率约分别为 3.47%、6.33%。

高端数控仍处于起步阶段。我国目前处于数控机床的智能化技术起步阶段，机床数控化率远低于发达国家：我国机床产量及产值数控化率从 2004 年的 11%、27% 提升至 2013 年的 34.6%、54.7%，而目前发达国家数控机床产量数控化率的平均水平在 65% 以上，产值数控化率在 80% 左右，预计到 2020 年，高档数控机床的装备率将要达到 80%。同时现阶段大部分的数控机床还不具备智能化功能，自主生产的数控机床主要以中低端产品为主，高端数控机床（数控系统）主要依靠进口。国内机床行业市场集中度并不高，主要的市场参与者包括沈阳、大连、济南、秦川等机床厂，进口数控机床主要来自西门子、发那科、三菱等外企；数控系统方面，国产数控系统厂家主要为华中数控、广州数控、大连光洋、沈阳高精和航天数控等，目前这 5 家数控企业均对数控系统软硬件平台等一批高端数控系统关键技术有所突破，高端数控机床被列入“中国制造 2025”目标，到 2020 年，国内市场占有率超过 70%。目前该行业的示范效用已取得了一定成果，由云南 CY 集团承担的工信部《高档数控车床制造数字化车间的研制与示范应用》于 2016 年 8 月通过验收，该项目的关键设备数控化率 100%。

5.3.3 工业信息化：还待普及，欧美主导

工业信息化以工业软件为主，工业软件是指在工业领域进行设计、生产、管理等环节应

用的软件，可以被划分为系统软件、应用软件和中间件（介于这两者之间），其中系统软件为计算机使用提供最基本的功能，并不针对某一特定应用领域；应用软件则能够根据用户需求提供针对性功能，在智能制造流程中，工业软件主要负责从事生产控制、运营管理、研发设计等方面进行优化、仿真、呈现、决策等职能。国内工业软件 ERP 渗透率相对较高，而 MES/DCS 等生产环节控制软件普及率还相当低。

全球各类工业软件发展呈较大差异。工业软件的功能和技术需求在制造企业的不同发展阶段存在较大差异，从而导致每一类工业软件在产业发展中，市场占有率出现分化。据公开资料显示，2011 年以来，全球工业软件市场规模每年保持约 6% 的速度增长。其中研发设计类软件的重要性有所提升，产品生命周期各阶段对仿真软件的应用增多，CAE 软件在制造业各领域的应用日益广泛，保持 8% 左右的增速；传统管理软件增速趋缓，管理软件市场进入成熟期，规模保持平稳上升，增速有所放缓；ERP 等相对成熟的市场加快转向按需付费的软件服务模式，在一定程度上影响了行业收入的增长速度。生产管理类软件市场空间进一步打开，MES 软件成为智能工厂多个环节数据交换的核心，截止 2015 年，全球 MES 软件的规模达到 78 亿美元，保持 17% 左右的高增长率。客户管理和供应链管理软件的高速增长也反映出制造企业顺应“网络化协同制造”的要求，更加重视与消费者和产业链的信息交流。

目前产业格局仍是欧美企业主导。从产业格局看，目前全球工业软件产业主要由欧美企业主导，呈“两极多强”态势，SAP、Oracle、Siemens 在多个领域均崭露头角，而 IBM、达索系统和 Salesforce.com 在各自专业领域形成了一定优势。虽然目前该市场国外的软件公司为主导，但国内厂商国产替代空间巨大。

表 39 工业软件各领域企业格局

软件类型	国家	市场地位	代表厂商
ERP	欧美	一线	  甲骨文
		二线	 
	中国	一线	 智邦国际  用友 企业管理软件领导品牌
CRM	美国	一线	  甲骨文 

	中国	二线	 
CAD	欧美	一线	 
MES	欧美	一线	    

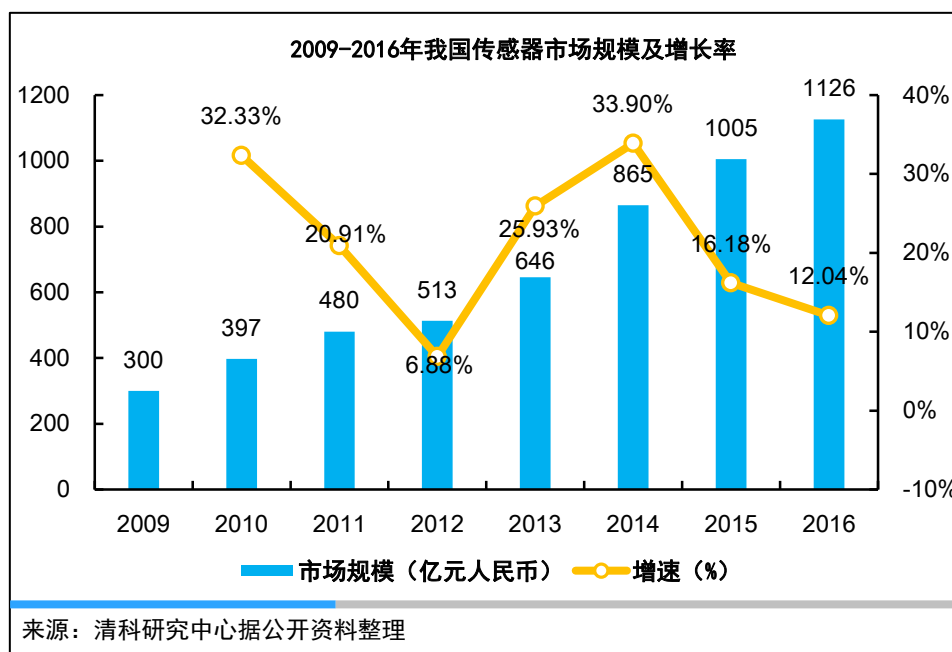
来源：清科研究中心根据公开资料整理

5.3.4 工业物联网：RFID 及机器视觉等技术处于初期

工业互联网就是智能工厂的神经，通过各种信息采集和感知技术，将生产中的信息转为数字信号，通过无线传输、总线技术或者工业以太网等技术将信号传递给计算机系统或者展示给生产人员，经过数据分析处理后，实施更加精确和效率更高的工业生产操作。工业物联网主要应用于设计、生产、管理和服务等全生命周期的各个环节，是中国战略性新兴产业的重要组成部分，蕴含着巨大的经济价值。

我国工业物联网发展快速但技术落后。据估计，2015 年全球传感器市场约 1770 亿美元，美国、日本、德国等老牌工业国家主导了传感器市场，分别占据了整体市场份额的 29.0%、19.5%和 11.3%。2016 年我国传感器销售额达 1126 亿元，在过去 7 年间复合增长率达 21%，预计未来也有超过 10%的复合增速。

图 84 2009-2016 年我国传感器市场规模及增长率



目前国内已有 1700 多家从事传感器生产和研发的企业，其中从事微系统研制、生产的有 50 多家，已建成三大传感器生产基地（安徽、陕西、黑龙江），截止 2014 年我国传感器产量已可达 60 亿只。传感器应用四大领域为工业及汽车电子产品、通信电子产品、消费电子产品专用设备。传感器作为一种信息检测装置，能将监测到的信息按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，与 RFID（射频识别技术）、机器视觉等物联设备一起运用于产品制造以及全生命周期，从而实现对产品制造与服务过程及全生命周期中制造资源与信息资源的动态感知、智能处理与优化控制、工艺和产品的创新等。

相较于欧美发达国家，我国在 RFID、机器视觉、传感器等物联技术和设备产业上的发展还较为落后，如我国 RFID 企业总数虽然超过百家，但是缺乏关键核心技术，尤其是芯片、中间件等方面，目前还未形成成熟的 RFID 产业链，虽然中低、高频标签封装技术在国内已经基本成熟，但只有极少数企业已经具备了超高频读写器设计制造能力；机器视觉方面，国内机器视觉厂商多是引进国外的产品，在此基础上做系统集成方面的工作，实际从事生产机器视觉产品的企业非常少。

工业物联网的技术趋势：1) 终端智能化：底层传感器设备自身向着微型化和智能化的方向发展，同时工业控制系统的开放性逐渐扩大，使得工业控制系统与各种业务系统的协作成为可能。2) 联接泛在化：工业物联网的网络连接将同生产现场的各种传感器、变送器、执行器、伺服驱动器、运动控制器，甚至数控机床、工业机器人和成套生产线等生产装备连接起来。3) 计算边缘化：边缘计算中数据不用上传到云端，在靠近数据源头的网络边缘侧即可完成，更适合实时的数据分析和智能化处理，满足网络实时需求，使计算资源最大化利用。4) 网络扁平化：工业物联网的体系架构逐渐简化，使信息在真实世界和虚拟空间之间

智能化流动，实现对生产制造的实时控制、精确管理和科学决策。5）服务平台化：工业资源互联互通，将实时采集的数据上传至平台对数据进行深入分析，放大平台的开放能力，根据用户的实际体验动态满足各种需求。

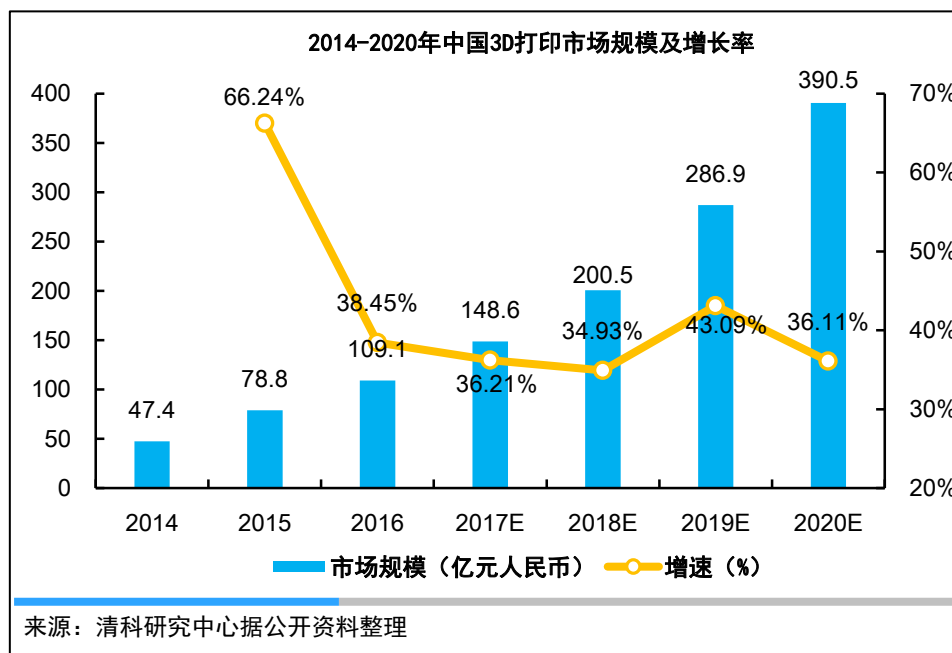
5.3.5 智能生产：3D 打印日趋成熟，但国内商业化发展较慢

智能生产是智能制造的最后环节，在模具制造、工业设计等领域融入信息化、智能化的生产制造技术。主要涉及整个企业的生产物流管理、人机互动以及 3D 技术在工业生产过程中的应用等。

3D 打印技术，也称“增材制造”，是基于三维 CAD 模型数据，通过增加材料逐层制造，将直接制造与相应数学模型结合的一种制造方法。其基本原理是离散-堆积原理。它涵盖了产品生命周期前端的“快速原型”和全生产周期的“快速制造”相关的所有打印工艺、技术、设备类别和应用。

3D 打印市场规模保持高速增长，据公开数据显示，2016 年全球 3D 打印市场规模为 70 亿美元，至 2020 年有望达到 212 亿，2016-2020 年复合增速达到 32%。但 3D 打印仅占到全球制造业市场的 0.04%，市场潜力还未完全开发。目前全球市场主要分布于欧美国家（市场占比超 60%），竞争格局也相对集中，其中 Stratasys、3DSystems 和 EOS 三家 3D 设备制造商市场份额占到整个 3D 打印市场的 70%。

图 85 2014-2020 年我国 3D 打印市场规模及增长率



国内市场来看，我国 3D 打印的市场规模于 2016 年超过 100 亿元，在过去数年内均实现了翻倍增长，并且将在未来数年内保持超过 40% 的复合增速。中国 3D 打印虽然起步晚，

技术相对落后，但拥有全球最大的 3D 打印潜在市场，未来 3D 打印市场规模增速将高于全球水平。

3D 打印上升至国家战略。在我国产业升级的大变革背景下，3D 打印技术自然而然得到国家层面的重视。特别是 2015 年工信部发布《国家增材制造（3D 打印）产业发展推进计划（2015-2016）》，首次明确将 3D 打印列入了国家战略层面，指出对 3D 产业的发展做出了整体计划。到 2018 年，初步建立较为完善的增材制造产业体系，整体技术水平保持与国际同步，在航空航天等直接制造领域达到国际先进水平，在国际市场上占有较大的市场份额。国家政策的强力支持，为 3D 打印行业的发展壮大提供了强有力的后盾和保障。

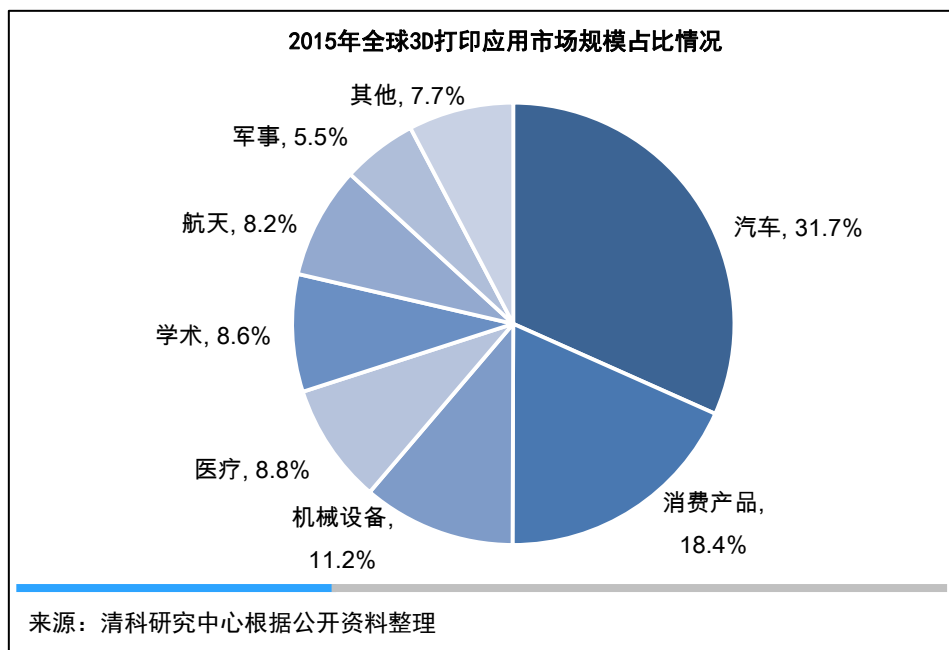
表 40 我国关于 3D 打印政策梳理

时间	部门	政策名称	政策详情
2015.07	工信部装备工业司	《关于 2015 年工业转型升级增材制造专项项目申报的补充通知》	2015 年工业转型升级增材制造领域的重点任务都向包括：激光选区熔化（SLM）金属 3D 打印设备、生物增材制造的软组织修复产品的产业化、增材制造用高性能聚酰胺（PA）复合材料。
2015.07	国务院	《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》	推动云联网和制造业的融合，加强工业大数据的开发和利用，有效支撑增材制造等制造智能化转型，构建开放、共享、协作的智能制造产业生态。
2015.05	国务院	《中国制造 2025》	加快增材制造在机械、航空、船舶、汽车、轻工、纺织、食品、电子等行业生产设备的智能化改造，提高精准制造、敏捷制造能力。
2015.02	工信部装备工业司	《国家增材制造产业分发展推进计划（2015-2016 年）》	结合重大工程需求，在航空航天等涉及国防安全及市场潜力大、应用范围广的关键领域和重要产业链环节实现率先突破； 整体技术水平保持与国际同步，在航空航天等直接制造领域达到国际先进水平，在国际市场上占有较大的市场份额。
2013.08	国务院、工信部	《工业和信息化部关于印发信息化和工业化深度融合专项行动计划（2013-2018 年）的通知》	将增材制造归为先进技术，拓宽在工业产品研发设计中的应用范围，推进增材制造在航空航天和医疗等领域的率先应用。

来源：各部委官网，清科研究中心

汽车行业应用较多，工业应用远超消费应用。目前 3D 打印技术已经在军事、航空航天、医疗、汽车、机械设备制造及消费领域得到了一定的应用。据统计，2015 年全球 3D 打印下游行业应用中，汽车行业应用规模最大，占到全部应用市场的 31.7%；其次是消费产品行业，占 18.4%。整体来看，工业级 3D 打印的规模远超消费级 3D 打印。主要在于目前 3D 打印技术成本虽然处于逐步下降的过程中，但仍处于较高水平，因此判断未来一个时期内，3D 打印行业仍将在高附加值价值的行业内首先得到发展。

图 86 2015 年全球 3D 打印应用市场规模占比情况



5.4 中国智能制造产业面临的机遇与挑战

5.4.1 机遇一：“一带一路”战略推进制造业智能化升级

近十年来，我国制造业持续快速发展，总体规模大幅提升，综合实力不断增强，不仅对国内经济和社会发展做出了重要贡献，而且成为支撑世界经济的重要力量。2016 年，我国工业增加值达到 24.8 万亿元，占 GDP 的比重达到三分之一，我国制造业产出占世界比重达到 20% 左右，在 500 余种主要工业产品中，我国有 220 多种产量位居世界第一，保持世界制造业第一大国地位。制造业是技术创新的主战场，是创新最集中最活跃的领域。经过多年的积累，我国工业领域技术创新经过模仿创新、集成创新、引进消化吸收再创新等多个阶段，创新要素在总量上逐步接近世界前列，在水平上与发达国家的差距正在逐步缩小，产业总体创新能力明显增强，正在由跟随式创新向引领式创新转型。

近年来，“一带一路”战略逐步推进，已经上升到了我国的国家战略。“一带一路”分别指的是丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路。初步估算，“一带一路”沿线总人口约 44 亿，经济总量约 21 万亿美元，分别约占全球的 63% 和 29%。“一带一路”战略的实施有助于我国传统制造业传统的输出，增强我国经济发展的后续动力。在我国“一带一路”战略实施的过程中，我国的高铁、电力设备、通信设备、建筑机械等产品将会用于对亚洲国家的基础设施建设。这些装备的制造业水平将决定未来“一带一路”战略实施过程中我国相关设备在国际市场的竞争力。因此，推动制造业向智能化升级改造，提升智能制造的技术实力，对我国“一带一路”战略的实施具有积极意义。

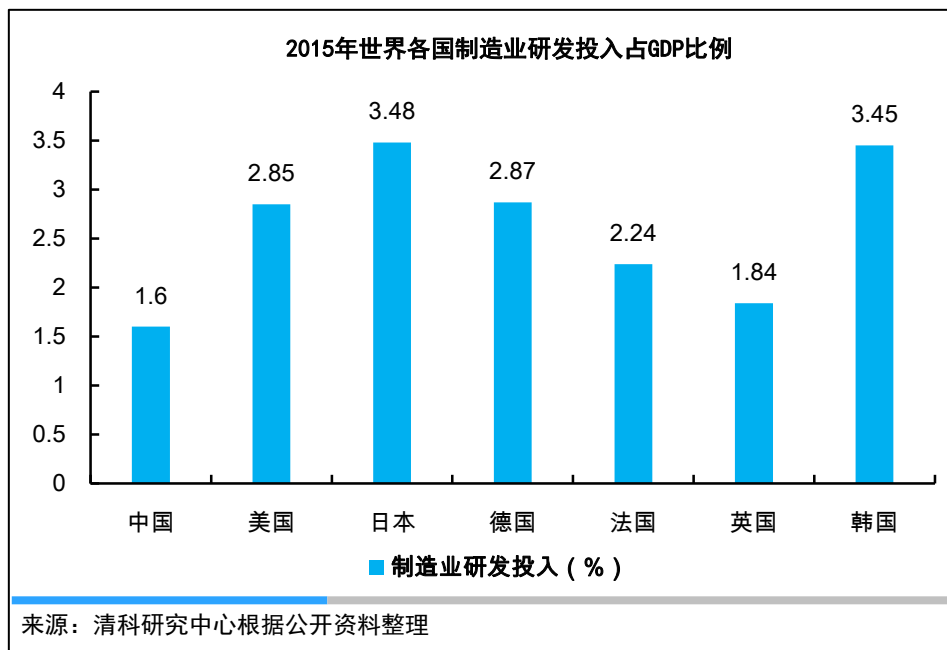
5.4.2 机遇二：新一代信息技术与智能制造融合

从通信角度而言，智能制造将以通信技术为通道，通过物联网的方式进行连接，并上升至云计算与大数据。在这其中，通信技术、连接物联网所需的硬件设备、云计算能力、大数据采集和分析能力等将是制造业智能化中较为重要的部分。而信息技术将是这一切的基础保障。新一代信息技术与制造业的深度融合，将促进制造模式、生产组织方式和产业形态的深刻变革，智能化服务化成为制造业发展新趋势。泛在连接和普适计算将无所不在，虚拟化技术、3D 打印、工业互联网、大数据等技术将重构制造业技术体系，如 3D 打印将新材料、数字技术和智能技术植入产品，使产品的功能极大丰富，性能发生质的变化；在互联网、物联网、云计算、大数据等泛在信息的强力支持下，制造商、生产服务商、用户在开放、共用的网络平台上互动，单件小批量定制化生产将逐步取代大批量流水线生产；基于信息物理系统的智能工厂将成为未来制造的主要形式，重复和一般技能劳动将不断被智能装备和生产方式所替代。随着产业价值链重心由生产端向研发设计、营销服务等转移，产业形态将从生产型制造向服务型制造转变。网络众包、异地协同设计、大规模个性化订制、精准供应链管理等正在构建企业新的竞争优势；全生命周期管理、总集成总承包、互联网金融、电子商务等加速重构产业价值链新体系。新一轮科技革命与产业变革也给我国的制造业发展带来重要机遇。当今，我国在相当一些领域与世界前沿科技的差距都处于历史最小时期，已经有能力并行跟进这一轮科技革命和产业变革，实现制造业的转型升级和创新发展。

5.4.3 挑战一：自主创新能力弱，核心技术对外依赖程度高

近年来，我国科技创新取得了显著成就，但关键核心技术受制于人的局面仍然没有得到根本改变，大量的关键零部件、系统软件和高端装备基本都依赖进口。例如，2015 年，我国 80% 的芯片都依赖进口，进口总额达到了 2313 亿美元，同比增长了 20.5%，进口额超过了原油，是我国第一大进口商品。与发达国家相比，我国制造企业开展技术创新的动力不足、活动不够活跃，尚未真正成为技术创新的主体。我国基础研究投入不足，是缺乏重大突破性、颠覆性创新的重要原因之一。据统计，我国基础研究比例不足 5%，仅仅是发达国家比例的 1/4。原隶属于各工业部门的院所改制为企业之后，更多的资金、人力和管理开始从共性技术领域转到应用技术和商业化领域，不再从事共性技术的研发，产业共性技术的研发和产业化主体弱化。同时，高等学校、科研院所与企业拥有不同的评价机制和利益导向，各自创新活动的目的严重分化，科研成果转化率仅为 10% 左右，远低于发达国家 40% 的水平，产学研合作创新的有效机制尚未形成。由于创新能力不强，我国在国际分工中尚处于技术含量和附加值较低的“制造—加工—组装”环节。

图 87 2015 年世界各国制造业研发投入占 GDP 比例



5.4.4 挑战二：制造业产业结构不合理，信息化水平不高

长期以来，我国制造业发展主要依靠要素低成本优势、通过引进技术和管理迅速形成生产力来实现规模扩张，依靠投资进行拉动，传统产业产能过剩矛盾突出，工业发展尚缺乏统筹协调，区域产业发展同质化问题严重。在产业结构方面，我国制造业中资源密集型产业比重过大，技术密集型产业偏低。同时，我国的生产性服务业发展还处于起步阶段，主要停留在批发零售、运输仓储等低端服务领域，许多关键领域自主研发能力不强，信息化程度极低，直接影响到向服务转型的程度和效果。

另一方面，我国信息基础设施建设和应用水平仍然滞后于发达国家，并且我国企业利用信息技术改造传统生产方式和工艺流程的意愿偏低，大部分地区和行业仍处于以初级或局部应用为主的阶段，且不同地区、行业及不同规模企业间信息化水平差距明显。关系国家经济、社会安全的高端核心工业软件主要依赖进口，信息化与信息安全相关领域人才储备严重不足。目前，发达国家和地区已开始步入制造业与信息技术全面综合集成，以数字化、网络化应用为特点的新阶段。现阶段，我国需要把智能制造作为两化深度融合的主攻方向，全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平，推动我国制造模式从“中国制造”向“中国智造”转变。

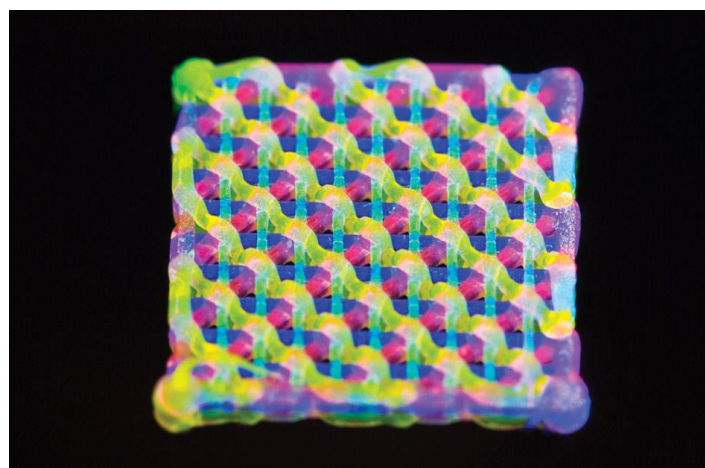
5.5 智能制造前沿技术及应用

5.5.1 微纳 3D 打印：商业价值不可估量

人们或许对 2015 年 10 月习近平主席获赠的英国帝国理工学院的中国长城模型记忆犹新，它的真实规模是真实长城的百万分之一，这是一段只有 100 微米长的中国长城，正是由微纳 3D 打印技术制造而成。

微纳 3D 打印即在微米甚至纳米级别的尺度下，通过细微的 3D 打印工艺，使材料快速成型为目标物体的技术。微纳尺度 3D 打印在复杂三维微纳结构、高深宽比微纳结构以及复合材料三维微纳结构制造方面具有突出的潜能和优势，能够满足微纳机电系统、生物医疗、新材料、新能源、微纳传感器和印刷电子等领域对复杂三维微纳结构的巨大产业需求。而且还具有设备简单、成本低、可使用材料种类多、无需掩模或模具、直接成形的优点。

图 88 微纳 3D 打印示意图



目前，微纳 3D 打印主要有以下五种制作工艺：

- **微立体光刻：**由传统 3D 打印工艺立体光固化成型（SL 工艺）基础上发展起来的一种新型微细加工技术。采用更小的激光光斑、数值在非常小的面积发生光固化反应，微立体光刻采用的层厚通常是 1-10 μm 。根据层面成型固化方式的不同划分为 1) 扫描微立体光刻技术：扫描微立体光刻固化每层聚合物采用点对点或者线对线方式，根据分层数据激光光斑逐点扫描固化，加工效率较低、成本高；2) 面投影微立体光刻技术：通过一次曝光可以完成一层的制作，成本较低，极大提高加工效率。
- **双光子聚合激光 3D 直写：**基于双光子聚合原理，利用了双光子吸收过程对材料穿透性好、空间选择性高的特点，是目前实现纳尺度 3D 打印最有效的一种技术。与

现有的其他工艺相比，双光子聚合能够制造出更高分辨率的三维微纳结构。

- **电喷印：**一种基于电流体动力学微液滴喷射成型沉积技术，采用电厂驱动以“拉”方式从液锥顶端产生极细的射流。由于电喷印采用微垂流模式按需喷印的模式，能够产生非常均匀的液滴并形成高精度图案；打印分辨率不受喷嘴直径的限制，能够实现亚微米、纳米尺度分辨率复杂三维微纳结构的制造。同时电喷印具有兼容性好、成本低、结构简单、分辨率高等优点，是目前最具有应用前景的微纳尺度 3D 打印技术之一。
- **微激光烧结：**在传统选择性激光烧结成型工艺（SLS）基础上开发的一种微尺度 3D 打印技术。通过采用亚微米的粉末材料、圆柱形涂层刮刀、以及调 Q 固体激光器（调制脉冲）技术，实现金属、陶瓷等材料微尺度结构的制造，微激光烧结所制造的结构其分辨率和粗糙度相较 SLS 都提高一个数量级。
- **电化学沉积（EFAB）：**是一种制作任意形状三维金属微结构技术。基于增材制造的原理，EFAB 利用实时掩模技术选择性电沉积多层金属层，制造出任意形状的金属三维微结构。它可以直接批量生产复杂三维、高深宽比微尺度金属结构，其制造的微结构深宽比从理论上可以达到无限，其加工精度主要取决于所使用掩模版的精度。但该技术工艺过于复杂，其发展应用和前景一般。

未来，微纳 3D 打印技术有望凸显巨大的商业价值，目前来看其典型应用领域包括：

- **光学：**通过塑造纳米结构材料的各种模型，能够对光的流动以及控制光子的动态是光子研究的两个关键问题产生极大的助推效应。
- **先进材料：**微纳 3D 打印为超材料、复合材料、功能梯度材料、变密度材料的研制提供了一种强有力的工具，使得许多原本是概念性的设计成为现实，对于汽车、精密仪器制造、航空航天等行业具有非凡的意义。
- **生命科学：**使用生物 3D 打印技术，可以让细胞按照预先的设计的形状和细胞之间的联系生长，达到无免疫排斥，从而模拟人体组织和器官；还能够通过打印骨骼支架，帮助人体组织再生，从而促使自然组织生长等；甚至打印纳米级别的药物颗粒，可通过皮肤直接吸收等等。
- **工业制造：**通过微纳 3D 打印技术，构造纳米尺度下的电路，通过精确控制粒子数量生成指定的任意形状，大大降低电子元器件的成本，同时增强了制造精度，还能够通过具有光学和磁性材料赋予工业品前所未有的特质。

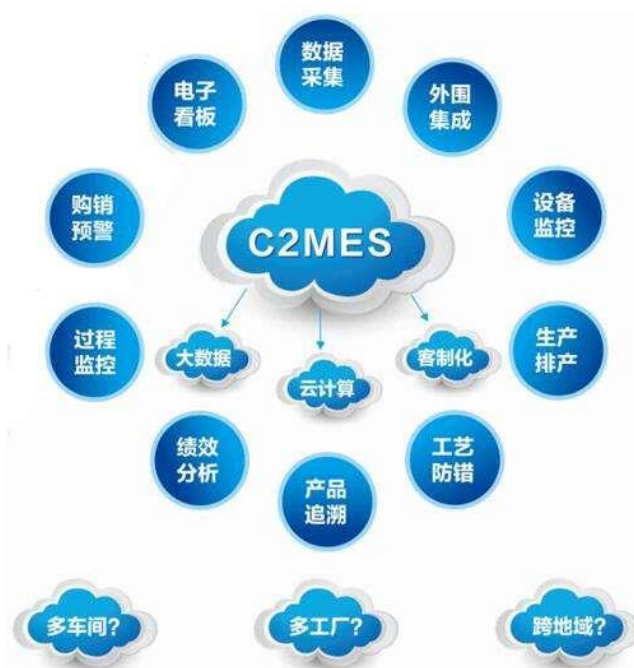
5.5.2 云制造：信息技术与制造业的深度融合

未来，制造业的发展趋势是从传统的产品生产，向着融合新兴技术的制造业解决方案转

变，工业软件将在这个过程中发挥至关重要的作用。工业软件发展的第一阶段是 MES、ERP、WMS、APS、SCM 等独立软件单元并行发展；第二阶段是再整合为一体化平台，往“工业 4.0”方向发展；第三阶段将是互联网在云端，即“云制造”——制造企业将先进的信息技术、制造技术以及新兴物联网技术等交叉融合，工厂产能、工艺等数据都集中于云平台，制造商可在云端广泛的网络资源环境下，为产品提供高附加值、低成本和全球化制造的服务。

云制造的运作原理：云制造系统中的用户角色主要有资源提供者、云制造平台（CMP）、资源使用者。资源提供者通过对产品全生命周期过程中的制造资源和制造能力进行感知、虚拟化接入，以服务的形式提供给 CMP；CMP 提供了一个基础框架，用于在一个合作化的制造流程中，通过制造资源和能力的虚拟化，根据资源使用者的应用请求，动态、灵活的为资源使用者提供服务，实现对云服务的高效管理、运营；资源使用者能够在 CMP 的支持下，动态按需地使用各类应用服务，并能实现多主体的协同交互。

图 89 云制造示意图



来源：网络公开图片

目前，云制造领域还在积极探索一系列拓展问题，包括：1) 针对制造资源共享的问题，探索政府、企业、中介等参与应用模式、商业模式以及推动的工程机制。2) 借助信息技术来支撑、构建和实现可行的商业模式，使云制造的概念落地。3) 面向制造能力和制造资源集聚区域开展试点。

当前，云制造的主要应用领域：

- 大型集团企业的研发设计服务平台：运用大数据、云计算等信息技术，整合集团

企业内部现有的计算资源、软件资源和数据资源，建立面向复杂产品研发设计能力服务平台，为集团内部各下属企业提供技术能力、软件应用和数据服务，支持多学科优化、性能分析、虚拟验证等产品研制活动，促进产品创新设计能力。

- **区域性加工资源共享服务平台：**利用大数据，虚拟化技术、物联网以及 RFID 等技术，建立面向区域的加工资源共享与服务平台，实现区域内加工制造资源的高效共享与优化配置，促进区域制造业发展。
- **制造服务化支持平台：**支持制造企业从单一的产品供应商向整体解决方案提供商及系统集成商转变，提供在线监测，远程诊断，维护和大修等服务，促进制造企业走向产业价值链高端，使服务成为制造企业价值的主要来源。
- **中小企业的公共服务平台：**为其提供产品设计、工艺、制造、采购和营销业务服务，提供信息化知识、产品、解决方案、应用案例等资源，帮助解决中小企业信息化建设资金、人才缺乏的问题。
- **现代制造物流服务平台：**通过 RFID、网络、物流优化等技术，研究整机制造企业、零部件制造企业和物流企业的多方协作模式和第三方服务模式，建立现代制造物流服务平台，降低物流成本，提升企业效率。

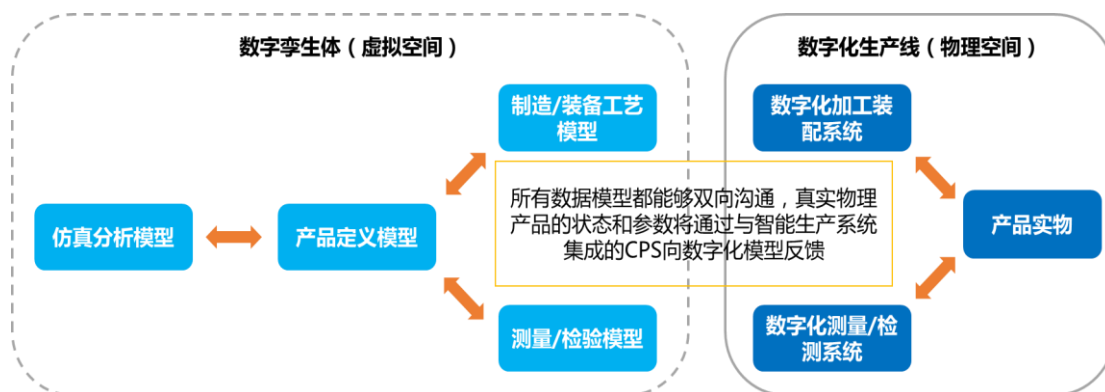
云制造拥有很高的技术门槛，其应用将是一个长期的阶段性渐进过程。首先要求制造企业具有良好的信息化基础，已经实现了企业内部的信息集成与过程集成；其次，制造企业间实现信息互联互通，完成从订单需求到制造任务分解、制造资源优化配置等一系列环节；最后，需要建立制造技术人才队伍与发展基地，培养一批懂技术、懂管理、懂创新的高技能人才，更好地服务于智能制造的国家战略。

未来，云制造的发展方向主要聚焦在云计算、物联网、语义 Web、高性能计算、嵌入式系统等技术的综合集成，同时基于知识的制造资源云端化、制造云管理引擎、云制造应用协同、云制造可视化与用户界面等技术也是需要重点攻关的核心技术。

5.5.3 数字孪生技术：大规模定制化生产的解决方案

数字孪生是充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而实现产品全生命周期内生产、管理、连接的高度数字化及模块化。数字孪生以数字化方式为物理对象创建虚拟模型，来模拟其在现实环境中的行为特征，同时对周边环境变化做出响应，改进操作，增加效率。通过搭建整合制造流程的数字孪生生产系统，能实现从产品设计、生产计划到制造执行的全过程数字化，将产品创新、制造效率和有效性水平提升至一个新的高度。到 2020 年，将有 210 亿个互联的传感器和终端，使数字孪生成为可能。数字孪生将在城市规划、医疗健康、制造业等多个行业得到应用。

图 90 数字孪生示意图



来源：清科研究中心根据公开资料整理

数字孪生技术的运作原理：通过构筑信息空间与物理空间数据交互的闭环通道，能够实现信息虚体与物理实体之间的交互动。以物理实体建模产生的静态模型为基础，通过实时数据采集、数据集成和监控，动态跟踪物理实体的工作状态和工作进展（如采集测量结果、追溯信息等），将物理空间中的物理实体在信息空间进行全要素重建，形成具有感知、分析、决策、执行能力的数字孪生体。数字孪生技术为智能制造系统提供了感知与建模的功能，为其智能化决策判断提供了基础，同时数字孪生对现实生产体系的准确模型化描述，保证数字与物理世界的协调一致，使得虚拟系统与现实物理系统相适应。

数字孪生技术的应用：2016年德国汉诺威工业博览会上，西门子CEO送给奥巴马一副卡拉威高尔夫球杆，其中数字孪生技术参与了设计制造：该球杆在虚拟环境中完成模拟和测试，使球杆的上市周期从2-3年缩短为10-16个月。球杆可以根据顾客的体重、挥杆姿势和力量等所有相关因素量身定制，造价却与普通的球杆没有区别。未来，制造业的方向是“大规模定制化生产”，而数字孪生技术正是这一设想的有效解决方案。具体来看，在制造的全生命周期的各个环节都能够有所应用：

- **预见设计质量和制造过程：**传统制造环节中，必须完成设计后才能制造零部件，同时必须保证生产流程都准确无误才能进行生产。而建立包含所有制造过程细节的数字孪生模型，在虚拟环境中验证制造过程，使得在产品阶段预见其性能并加以改进，制造流程初期就掌握准确信息并预见制造过程，大大缩短产品制造周期。
- **推进设计和制造高效协同：**传统制造流程中，设计、制造、生产各部门独立运作，导致产品信息流失，增加出错概率。在数字孪生模型中，能够对产品、制造方式、生产布局、资源以及物流等各个环节可以进行系统地规划，实现设计人员和制造人员的协同，迅速响应市场需求，提高效率。
- **确保设计和制造准确执行：**由于制造过程的复杂性，一旦出错，漏洞难以排查。从生产设备中收集实时的质量数据，或者对不同的生产策略进行模拟仿真和评估，将

这些信息覆盖在数字孪生模型上，对模拟结果和实际制造结果进行比对，找出存在差异的原因和解决方法，确保生产能完全按照规划来执行。

此外，智能工厂是数字孪生的核心载体，其设备和系统的智能化、集成化程度是数字孪生得以发挥作用的关键因素。汽车工业在智能工厂、数字化车间、自动化生产线建设方面具备良好的基础，在工业软件 PLM、MES 等应用方面成熟度高，能较好的进行系统集成，预计在 2018 年数字孪生将率先在汽车领域推广应用，形成集设计与仿真、制造执行（MES）与质量追溯、数据采集与分析为一体的新一代智能工厂。

5.6 中国智能制造行业未来发展趋势

5.6.1 代工模式加速铺开实现产能流动

随着全球制造业的发展模式正在向网络化、智能化、绿色化转变，大量中低端生产力正在加速被淘汰。由于传统制造业拥有重资产、生产周期长等特点，拥有新技术、新模式的企业难以在短时间内将技术及模式转化为生产力，“苹果+富士康”这一成功的代工模式能够将新技术、新模式与现有生产力进行有机的融合，极大缩短企业从初创到投产的生长周期，推动产业更加快速的更新迭代。2016 年，如蔚来汽车等多家互联网造车企业已经在探索与国内外传统汽车制造企业进行合作生产，2017 年将会涌现一批能够实现量产的电动车型，一旦能有先行企业成功实现此种合作代工模式，该模式将有望在汽车发展相对成熟等传统制造业领域加速铺开。

5.6.2 标准化成为我国智能制造发展的迫切需求

美国、德国、日本等发达国家均明确信息集成是智能制造最为核心、最为基础的问题。目前工厂使用的制造设备的通信标准繁多，多种标准并存，导致行业发展出现壁垒，因而现代制造业发展更要强调“横向合作”，规范行业标准，对于提高制造业竞争力，具有重要的意义。要实现信息集成的目标，就需要制作过程中的各个环节在全球标准化的基础上实行统一的标准。我国作为全球智能制造发展的重要一环，在国内尽早形成行业标准体系，才能从根本上推动智能制造的发展，并在全球标准化体系建设过程中取得更多的话语权。

5.6.3 软件及算法将引领智能制造产品智能化发展

我国智能制造关键的技术攻关领域在于控制系统的配套软件以及核心算法，这些技术决定了智能制造在语言识别、图像识别、自然语言处理、智能监控、生物特征识别等领域的能力。从国际龙头企业来看，包括库卡、ABB、西门子、德玛吉等企业都拥有专职的软件系统和控制算法的研发团队，确保软件和算法的进步能够配套硬件设备的升级，与此同时，部分企业还专门瞄准美国、德国等软件公司，通过股权投资、收购的方式购买技术，从而对自

身产品进行智能化升级，还能够向平台、网络等方向拓展。

5.6.4 云制造将引领智能制造投资新热潮

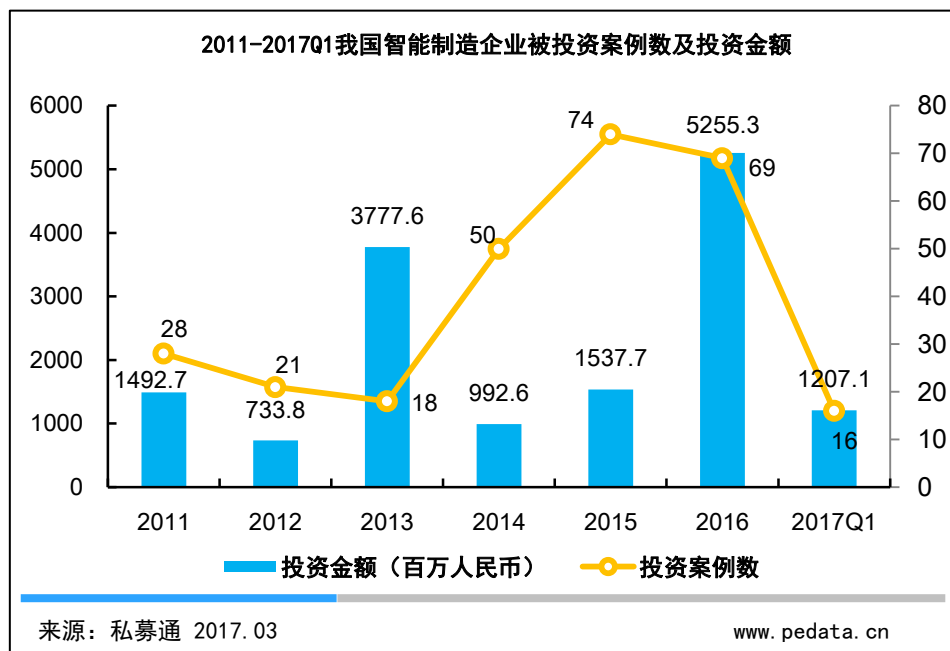
云制造是一种基于泛在网络、以人为中心的智能制造新模式，是两化深度融合和产业链资源优化配置的重要途径，未来云制造将获得更多的投资关注。一方面，云制造已经渗透到产业链的各个环节，包括云端 3D 打印、供应链融资、基于工业云的大数据研发等，在航空航天、汽车工业、工程机械、石油化工、电子电气等众多行业均有广泛的应用。另一方面，云制造也在重塑产业生态，例如在数控机床领域，已经出现了以数控机床生产力和云平台为主要商业模式的新型互联网制造形态；在汽车工业领域，也有企业开始尝试打造汽车全产业链生态圈，形成资本、资源、研发、生产、销售、充电、售后等全方位的云平台制造模式。2017 年，随着新一代信息技术与传统制造业的加速融合，云制造平台的搭建将成为国内制造业领先企业的重点投资方向。

5.7 中国智能制造领域投融资发展现状与趋势分析

5.7.1 投资规模：数量稳定，金额逐年走高

总体来看，中国智能制造领域投资案例数量趋于稳定，投资金额逐年走高。2011-2013 年，智能制造领域的投融资热度相对比较冷淡，除了 2012 年北汽股份一笔 32 亿元的融资拉高了当年的投资额。

图 91 2011-2017Q1 我国智能制造企业被投资案例数及投资金额

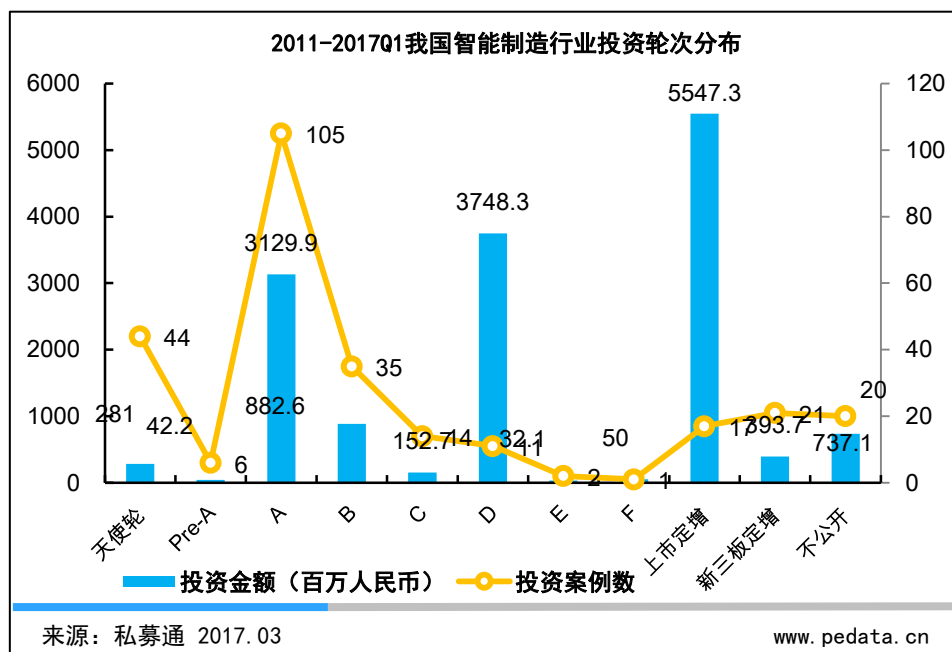


从 2015 年开始，随着《中国制造 2025》的陆续推进，对智能制造行业政策上的不断鼓励，机构对智能制造企业的关注度也逐渐提升，同时也更加注重企业的质量：包括企业的规模，拥有的专利数量以及企业管理人员的整体素质上，具体反映为单笔案例的投资金额更高，机构更偏好于二级市场一些相对较为成熟的企业。2017 年第一季度的投资额已经接近 2015 年的总投资额，表明机构对于该领域仍然持续看好。

5.7.2 投资轮次：技术壁垒和商业模式为优先考量

投资机构更倾向于拥有一定技术壁垒与成熟商业模式的企业。早期轮次上，投资机构偏好 A 轮投资，一方面这些企业拥有一定的技术背景或是在细分领域上已经有所扎根，另一方面其未来潜力较大，如果机构能够成功退出，能够带来的回报十分丰厚。从投资金额上看，机构热衷于投资上市定增，一方面也是 2015 年 A 股经历了大牛市，在定增监管收紧之前的投资收益显著，另一方面，我国智能制造的上市公司通常具有优秀的技术底蕴，其中一些实力强大的国企也是受“中国制造 2025”战略最为直接的受益者。

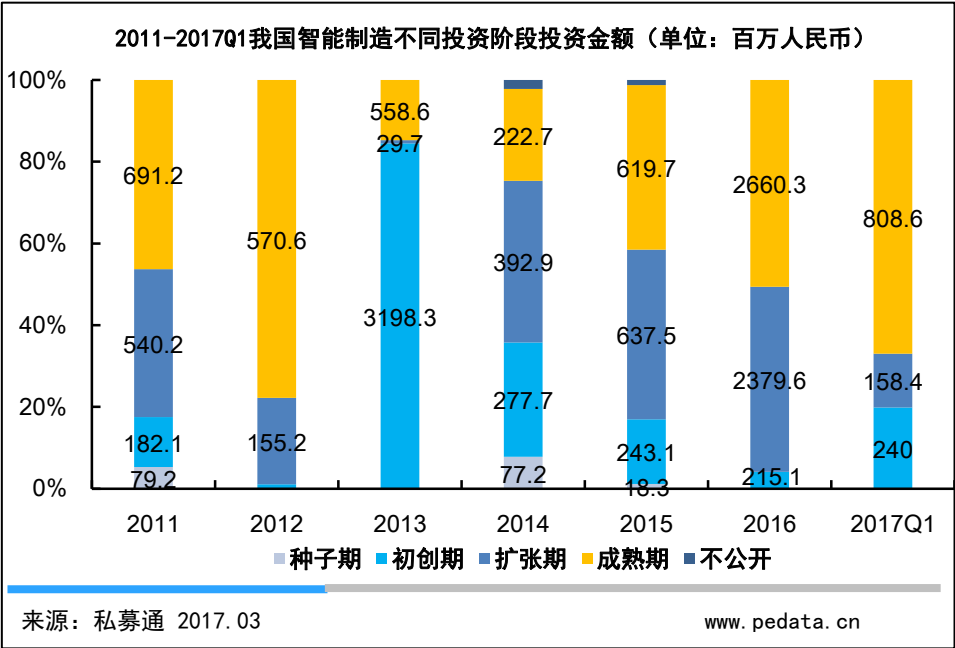
图 92 2011-2017Q1 我国智能制造行业投资轮次分布



5.7.3 投资阶段：技术沉淀和标准化运作是核心

从投资机构投资的企业来看，多以成熟期为主，因为制造业是强调技术沉淀和标准化运作的行业。我国诸多优质的企业，在智能制造领域上坚持走自主研发，创新突破的道路并且取得了相当的成绩，如科德数控的五轴数控机床，埃斯顿的工业机器人等。新兴的智能制造企业更多的停留在热点概念阶段，因而投资机构更加青睐于上市或者新三板挂牌企业，他们已经在市场上口碑良好且掌握了较为成熟的核心技术。

图 93 2011-2017Q1 我国智能制造不同投资阶段投资金额（单位：百万人民币）



六、 新能源—人类未来能量的支柱

自 2016 年 12 月 30 日零时启动的、跨越 2016 年和 2017 年的空气重度污染将连续超过 200 个小时，北京持续空气重度污染以及连续预警总时长创历史之最。2017 年 1 月 6 日，中国首都北京 1 月 4 日宣布，再次延长空气重污染橙色预警至 1 月 7 日左右。这是自 2016 年 12 月 30 日本轮空气重污染警报启动以来北京市第二次延长预警。

自从人类步入 21 世纪，世界面临的能源问题凸显，能源环境问题已经成为未来经济发展的重要制约因素。根据国际能源署（IEA）数据显示，2016 年全球每天石油用量增加 160 万桶，达到了 9560 万桶。其中，印度、欧洲以及中国需求增长强劲，全球对化石能源的巨量需求促使其枯竭提速，大力发展可再生且清洁的新能源成为了全球共同的重要命题。我国作为能源消费大国，一次能源消费总量呈逐年增长趋势。同时，化石能源应用造成的环境污染问题持续恶化，“温室效应”“臭氧层空洞”以及我国严重的雾霾污染等问题的严峻促使新能源加速发展和应用。十九大报告中，习近平主席指出，“建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计。必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，像保护生命一样对待生态环境。”

新能源相关技术的不断发展，使得相关应用已经加快渗透到人类的生活当中。“钢铁侠”埃隆·马斯克除了痴迷航空航天外，对新能源也进行了深入布局。2016 年 11 月，特斯拉以 21 亿美元收购家用太阳能光伏发电公司 SolarCity，并宣布建立 SolarCity 超级工厂。该工厂采用新型材料组合，通过简化、低成本的制造工艺生产出转换效率为 22% 的太阳能电池板。该工厂的建立直接催化了太阳能行业“更便宜、更有效”的发展方向。另外，伴随着大数据、人工智能技术的发展，对风力和光照条件已经可以做到精准预报，使风力发电和太阳能发电产出的电压、电流及功率变的稳定，并能够整合入电网，极大的提升了输送方向。除此之外，“空中取电”、“太阳能热光伏电池”等新技术的诞生无不预示着新能源替代化石能源时代的逐步到来。

从定义上来看，新能源指在新技术基础上，可系统地开发利用的可再生能源，包含了传统能源¹⁹之外的各种能源形式。从可再生以及清洁的特性上看，新能源主要包括太阳能、风能、核能、生物质能、海洋能、氢能等。相对于传统能源，新能源具有污染少、储量大的特点，这对于解决当今世界严重的环境污染问题和资源枯竭问题具有重要意义。

¹⁹ 传统能源：又称常规能源，是指已经大规模生产和广泛利用的能源，包括煤、石油、天然气、水能等。

6.1 全球及中国新能源产业发展分析

6.1.1 全球能源消费进入后石油时代，各国新能源替代步伐加快

当今全球能源处于石油向新能源过渡的后石油时代，原油价格的下跌引发全球地区能源结构的变动。石油进口国大量储备石油，但同时也给新能源创造了发展机会。从国家层面看，美国、英国、日本以及德国等国家，作为能源消耗大国依旧严重依赖石油（原油及天然气），而法国由于对核能的大规模应用，使得核能在能源结构上的占比达到 38.7%，在全球独领风骚。同时，部分欧洲国家如挪威及瑞典，清洁能源占比已经超过 50%。2010 年，全球能源消费总量为 119.78 亿吨油当量，但到了 2015 年，全球能源消费总量达到 131.47 亿吨油的当量，5 年间增长了 9.76%。



来源：网络公开图片

2016 年，全球清洁能源平均为 14.6%，我国清洁能源份额为 13%，低于世界平均水平，也低于美国的 14.7%。但是我国清洁能源发展迅速，2012-2016 年，全球平均增加了 1.5%，美国仅增加 1.2%，而中国增加了 3.7%，我国正在加快对新能源的使用步伐。从新能源总装机容量来看，2011 年总装机容量为 28917 亿千瓦，2016 年达到了 57511 亿千瓦，预计 2017 年能达到 65993 亿千瓦，呈逐年上涨趋势。

表 41 2016 年全球各国一次能源消费结构情况

国家	原油	天然气	原煤	清洁能源			清洁能源 合计
				核能	水力发电	再生能源	
美国	38.0%	31.5%	15.8%	8.4%	2.6%	3.7%	14.7%
中国	19.0%	6.2%	61.8%	1.6%	8.6%	2.8%	13.0%
英国	38.9%	36.7%	5.8%	8.6%	0.6%	9.3%	18.5%
法国	32.4%	16.2%	3.5%	38.7%	5.7%	3.5%	47.9%
日本	41.4%	22.5%	26.9%	0.9%	4.1%	4.2%	9.2%
德国	35.1%	22.4%	23.3%	5.9%	1.4%	11.8%	19.1%

国家	原油	天然气	原煤	清洁能源			清洁能源合计
				核能	水力发电	再生能源	
挪威	21.4%	9.1%	1.6%	—	66.8%	1.1%	67.9%
瑞典	28.2%	1.5%	4.2%	27.2%	27.2%	11.7%	52.2%
俄罗斯	22.0%	52.1%	13.0%	6.6%	6.5%	0.1%	13.1%

来源：清科研究中心根据公开资料整理

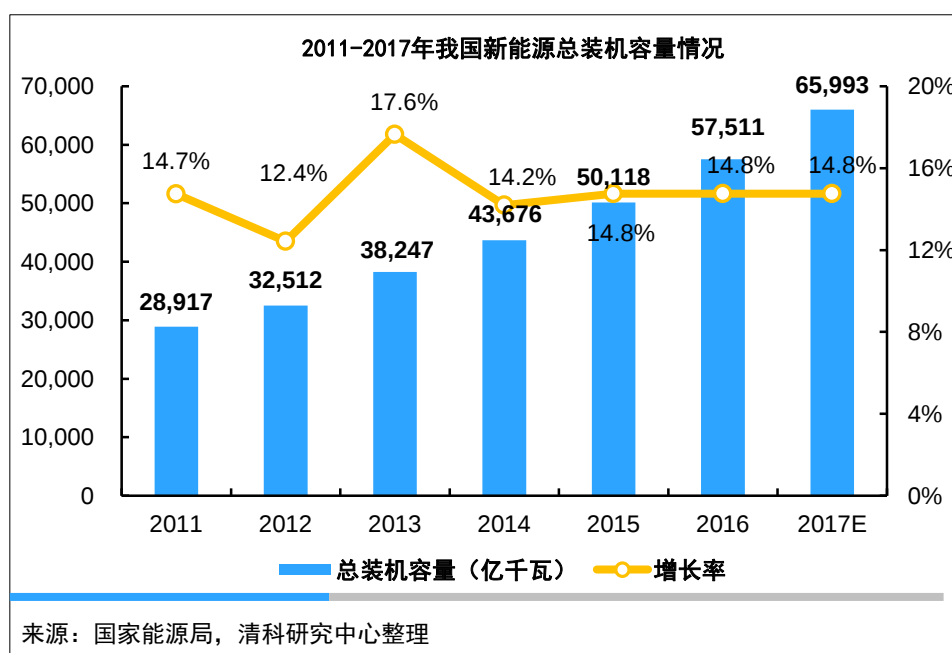
6.1.2 我国新能源产业平稳快速发展，能耗占比有待进一步提高

自改革开放以来，我国经济获得了飞速的发展，而与之相对的是庞大人口基数带来的对资源、环境以及能源等方面的巨大压力。相比于西方发达国家，我国新能源行业的发展起步较晚，但近年来的发展速度极快，规模增长迅速。从历史发展进程上看，我国新能源产业分别经历了20世纪80年代的起步阶段、90年代的规划实行阶段以及21世纪的高速发展阶段。

80年代“六五”期间，新型可再生能源技术开始列入国家重点科技攻关计划当中，并受到中央提供资金支持。我国第一次将新能源作为未来国家发展的战略组成部分，然而由于当时我国煤炭及石油等能源相对丰富，且新能源由于技术的局限未能实现规模化应用，使得相关研发停留在了初级阶段，但也埋下了萌芽的种子。

“可持续发展”概念的提出成为了90年代新能源发展的标志，为我国新能源发展规划的实行提供了更为明确的方向。在此期间，我国通过国内研发、组织国际合作等方式积极发展可再生能源，如与美国、欧洲等多国合作，在国内建立了再生能源实验项目，我国新能源行业在该阶段技术获得了长足的进步。

图 94 2011-2017 年我国新能源总装机容量情况



近年来,我国新能源总装机容量呈逐年上涨趋势,2011 年总装机容量为 28917 亿千瓦,2016 年达到了 57511 亿千瓦,预计 2017 年能达到 65993 亿千瓦,整体增速保持平稳。虽然新能源与传统能源相比仍有较大差距,但增长较快。同时,随着新能源替代传统能源的大趋势,未来增长速度将会持续加快。

6.2 全球及中国新能源产业政策分析

6.2.1 发达国家聚焦新能源发展重心,“激励+保障”体系建设并进

从整体上看,全球主要能源消耗大国为应对逐渐枯竭的化石能源以及恶化的气候环境问题均出台了相应的能源政策。美国新能源产业的演进,基本上就是在政策激励与扶持逐步发展起来的,重视并发挥立法和法案的作用,是美国新能源产业发展中最鲜明的特点,如《1978 年国家能源法案》、《1980 年能源安全法案》、《2005 年能源政策法案》、《2007 年能源独立和安全法案》、《2009 年美国复兴与再投资法案》等;德国可再生能源发展在世界上具有代表性,其施行的《可再生能源法》经过多次的修订已经制定出较为合理的新能源激励制度以及法律保障体系,目前在 2017 年 1 月 1 日开始实施的《可再生能源法》3.0 版在可再生能源上网电价政策方面作出较大调整;日本推行的《能源革新战略》以及英国制定的《能源法案》均强调要调整国内能源结构占比,而清洁的新能源正是其发展重心,除此之外,作为全球重要经济体的欧盟制定了《欧洲 2020 战略》,务求倡导全欧整体发展新能源。

表 42 世界主要能源消耗大国新能源相关政策情况

时间	国家/组织	政策名称	主要内容
2009 年	美国	《2009 年美国复兴与再投资法案》	赋予了新能源财政激励的权利。其中能源部能源效率和可再生能源局（EERE）获得财政拨款 168 亿美元,接近 2008 年的 10 倍。
2017 年	德国	《可再生能源法》3.0 版	为投资可再生能源提供了可靠的法律保障。采用招投标模式来确定对可再生电力的津贴。
2016 年	日本	《能源革新战略》	对能源供给系统改革,扩大能源投资,实现 2030 年能源结构的优化,降低温室气体排放。
2012 年	英国	《能源法案》	调整英国国内能源消费结构,大力发展低碳经济,提高新能源占比。
2010 年	欧盟	《欧洲 2020 战略》	该战略进一步强化欧盟作为一个整体协调发展新能源的决心。倡导全欧盟成员国统一能源政策应对气候变化危机。

来源:清科研究中心根据公开资料整理

6.2.2 我国出台系列新能源推动政策,大力扶持产业规模化发展

我国自“十一五”开始便将新能源作为重点发展产业,并在《十一五规划建议》中明确提出加快发展风能、太阳能、核能等可再生资源。国务院于 2016 年 11 月发布的《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知》中明确指出鼓励新能源行业发展,规划到 2020 年,

几大核心新能源产业将占能源消费总量 8%以上，产值规模超 1.5 万亿元。为实现规划，我国近年来实施了一系列新能源产业推动政策，2017 年 10 月由国家发改委及国家能源局联合发布的《中国可再生能源展望 2017》中明确提出要深化激励机制改革，提高可再生能源附加水平。除此之外，我国也重视对新能源行业的管理与规范，2017 年 2 月国家能源局发布了《2017 年能源工作指导意见》指出要加强能源行业管理，并拓展能源国际合作。可以看出，我国在新能源政策上努力实现激励与规范并行，促使行业快速、健康的发展，我国对新能源的重视程度逐年递增。在多项政策的共同促进下，我国新能源行业在国家的大力布局推动下已经有了显著的发展与提升，虽然与发达国家相比仍有差距，但未来的发展空间值得期待。

表 43 中国新能源领域相关政策情况

政策名称	发布时间	发布单位	涉及新能源内容
《中国可再生能源展望 2017》	2017.10	国家发改委、国家能源局	深化激励机制改革，提高可再生能源附加水平，实施可再生能源配额制度；更大范围的采取竞争性拍卖方式，降低大规模风电和太阳能发电项目的并网价格。
《关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通知》	2017.02	国家发改委、财政部、国家能源局	建立可再生能源绿色电力证书自愿认购体系。试行可再生能源绿色电力证书的核发工作。完善绿色电力证书的自愿认购规则。《通知》鼓励政府机关、企事业单位、社会机构和个人自愿认购绿证。
2017 年能源工作指导意见	2017.02	国家能源局	推进非化石能源规模化发展以及能源技术装备的升级。加强能源行业管理，并拓展能源国际合作。
《可再生能源发展“十三五”规划》	2016.12	国家能源局	明确制定了我国可再生能源包括风力发电、光伏发电、生物质能发电的发展规划。
《可再生能源发电全额保障性收购管理办法》	2016.03	国家发改委	加强可再生能源发电全额保障性收购管理，保障非化石能源消费比重目标的实现，推动能源生产和消费革命。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

6.3 风能：生态经济的可再生能源

空气流动所产生的动能称为风能，空气流速越高，动能越大，属于可再生能源。与其他能源相比，风能具有明显的优势，它蕴藏量大，是水能的 10 倍，分布广泛，永不枯竭，对交通不便、远离主干电网的岛屿及边远地区尤为重要。风能由于受地理位置的限制和对面积的高要求，其应用没有太阳能以及核能广泛。但随着风能设施的日趋进步，其生产成本逐步降低，在适当地点，风力发电成本已低于其它发电。同时，风能设施多为不立体化设施，可保护陆地和生态，完全符合我国对环境保护方面的要求。

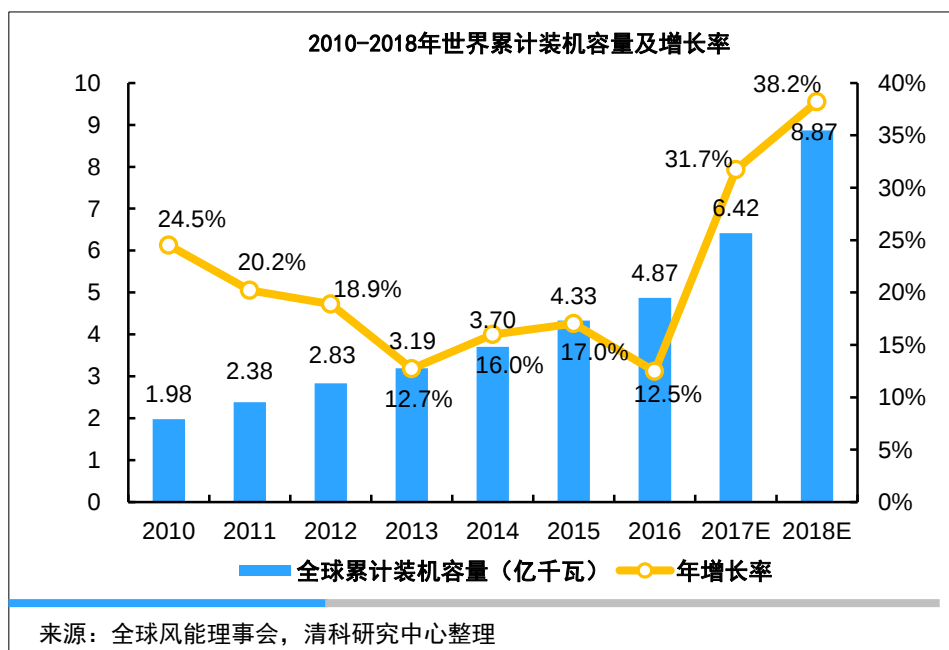


来源：网络公开图片

6.3.1 全球风电规模逐年递增，我国风电容量位居世界第一

2016 年，全球风电年新增容量超过 54.6 吉瓦²⁰，累计容量达到 486.7 吉瓦。虽然新增风电装机容量增速同比下降了 14%，但整体上仍然维持稳定的增长。2011-2015 年间，全球累计风电装机容量平均增长率为 16.9%，由于各国政府对风电发展的大力推动，全球市场呈现蓬勃发展趋势。

图 95 2010-2018 年世界累计风电装机容量及增长率

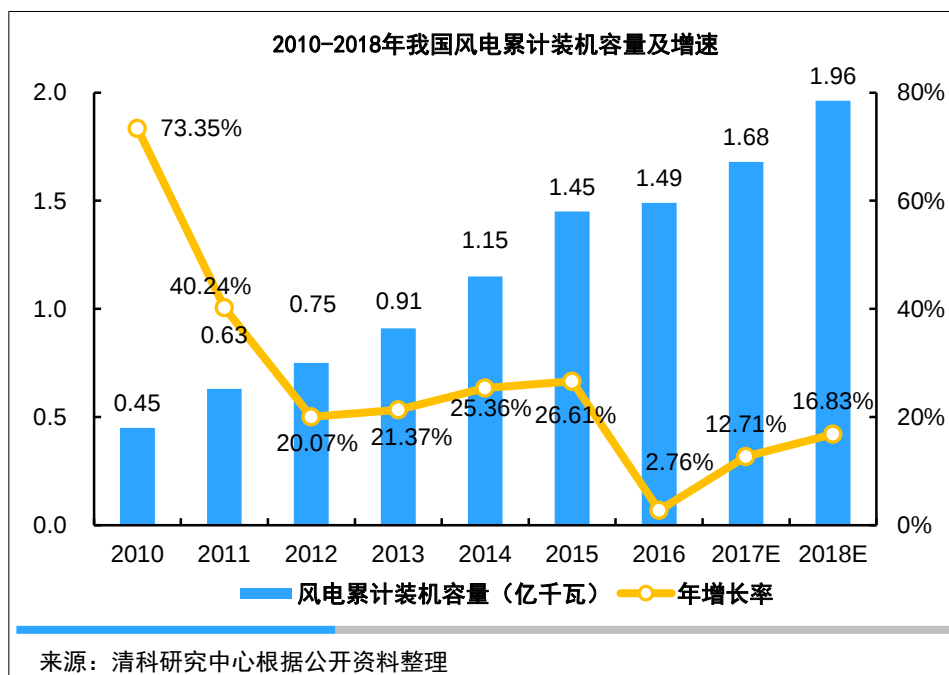


我国风电产业自“十一五”便呈现快跑姿势，迅速成为了继火电、水电之后，第三个迈

²⁰ 吉瓦：功率单位，1 吉瓦（GW）为十亿瓦。

入我国 1 亿千瓦俱乐部的成员。而“十二五”期间，快跑姿势得到了延续。虽然在 2016 年累计装机电容量增速放缓，但仍旧无可置疑的成为了全球第一，累计装机容量达到了 1.49 亿千瓦，占全球累计装机电容量的 30.47%。

图 96 2010-2018 年我国风电累计装机容量及增速



我国风力发电行业产业链经过多年发展已经相对成熟。其中，风力发电材料研发生产企业及零部件制造企业处于产业链上游，零部件制造包括电机、塔架、叶片等金属结构部件。而设备制造企业位于产业链中游，其主要职能是将零部件制造商提供的部件进行组装加工从而制成风机。对各风电场进行布局发电的企业处于产业链下游，此类企业负责将风能应用于生活中。由于我国部分风力发电组件技术与资金门槛较低，造成了我国风力发电设备企业数目较多，部分零部件产品供大于求，产能过剩现象开始呈现。但随着国家新政推行以及市场的逐步成熟，未来风力发电产业链结构将持续完善。

图 97 风力发电产业链分析

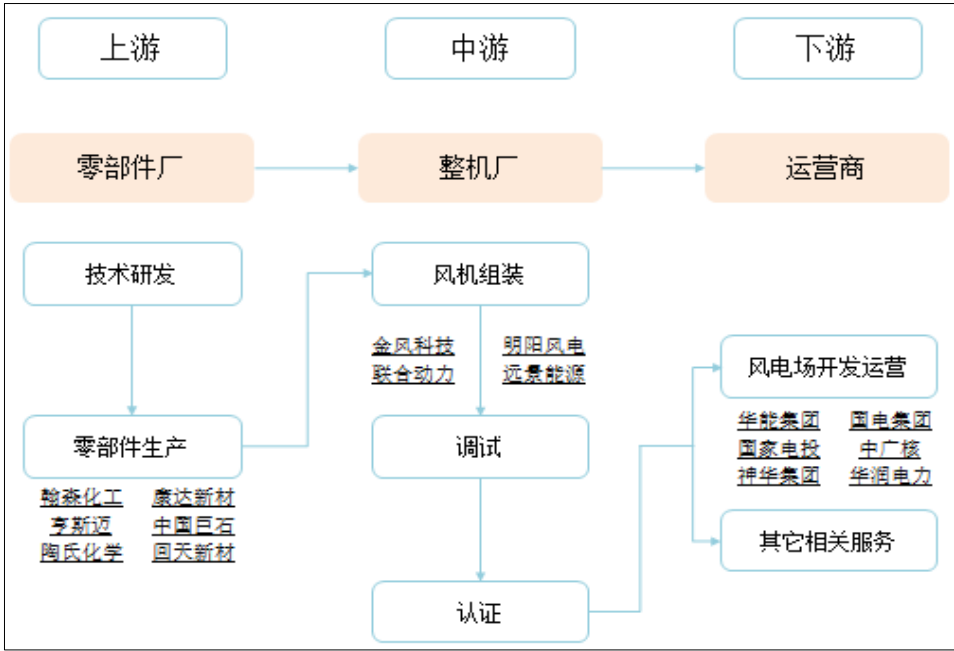


表 44 风力发电产业链主要环节典型企业情况

产业链环节	公司名称	成立时间	主营业务/产品
风机组装	风科技股份有限公司	1998	600kW、750kW、1.2MW 等系列风力发电机组
风机组装	国电联合动力技术有限公司	2007	1.5MW-6MW 各类风力发电机组
风机组装	明阳智慧能源集团股份公司	2006	MY1.5/2.0MW 系列风力发电机组
风电场开发运营	中国广核集团有限公司	1994	风力发电场规划、建造、运营、维护等
风电场开发运营	中国国电集团公司	2002	风力发电场规划、建造、运营、维护等

来源：清科研究中心根据公开资料整理

风能产业链中游的整机制造环节已经较为成熟，金风科技、国电联合以及明阳风电等公司风电装机占有率不断提高。根据中国风能协会统计，2016 年金风科技在我国新增装机容量占有率达到 27.1%，行业龙头的地位不可动摇，中游整机制造环节的市场集中度不断提高。

产业链下游的风电运营环节，由于国有企业自身的属性以及与政府良好的对接能力，因此是风电场开发运营领域的绝对主力。2016 年前十大开发商如中广核、中国国电、国家电投等全部属于国企，而累计装机占比更是超过 70%，市场份额高度集中。

6.3.2 政策规范风能行业发展，持续推进能源结构优化调整

政策规划逐步施行，风电行业进一步得到规范。近年来，我国风电政策除了推动产业发展以外，更多是对行业进行规范，从而促进行业健康发展。2016 年 3 月，国家能源局发布的《全国风电开发建设方案的通知》中明确提出要保持风电开发建设节奏，并推进新能源结构调整，推动能源生产和消费革命。同时，2017 年 2 月，由国家发改委、财政部以及国家

能源局共同发布的《关于试行可再生能源绿色电力证书核发及资源认购交易制度的通知》中提出要建立可再生能源绿色电力证书自愿认购体系,从而完善并解决新能源补贴金额的釐定问题。

表 45 近年来我国风力发电部分相关政策

政策名称	发布时间	发布机关	主要内容
《关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通知》	2017.02	国家发改委、财政部、国家能源局	建立可再生能源绿色电力证书自愿认购体系。试行可再生能源绿色电力证书的核发工作。完善绿色电力证书的自愿认购规则。《通知》鼓励政府机关、企事业单位、社会机构和个人自愿认购绿证。绿证交易的优点是,交易价格由买卖双方自主决策,解决新能源补贴金额的釐定问题。中国将开启倡导全社会消费绿色电力新时代,会有更多具有社会责任感和环保意识的企业及个人引领绿色电力消费潮流。
《全国风电开发建设方案的通知》	2016.03	国家能源局	通知提出要保持风电开发建设节奏,促进风电产业持续健康发展,并推进新能源结构调整,推动能源生产和消费革命。各省将分散式接入风电项目,自行组织建设,并纳入各省开发建设方案当中。
《国家能源局综合司关于开展风电清洁供暖工作的通知》	2015.06	国家能源局	通知中提到,电网企业要加快开展适应风电清洁供暖发展的配套电网建设,研究制定适应风电清洁供暖应用的电力运行管理措施,保障风电清洁供暖项目的可靠运行。
《关于加强风电项目核准计划管理有关工作的通知》	2014.01	国家能源局	对已列入“十二五”第一批风电项目核准计划但未按时完成核准的项目,取消其纳入国家核准计划内的资格。若上述项目重新启动审核程序,并争取国家补贴资金,需重新申请纳入国家核准计划。通知旨在规范风电项目的施行。

来源: 清科研究中心根据公开资料整理

6.3.3 水平轴风电机组优势突出, 成为广泛应用的主流技术

风力发电的主要技术包括水平轴风电机组技术、海上风电技术、变桨变速技术和功率调节技术等。其中, 水平轴风电机组技术由于具有风能转换效率高、转轴较短、在大型风电机组上更突显了经济性等优点, 使它成为世界风电发展的主流机型, 并占有 95% 以上的市场份额。同期发展的垂直轴风电机组, 因为转轴过长、风能转换效率不高, 启动、停机和变桨困难等问题, 目前市场份额很小、应用数量有限, 但由于它的全风向对风和变速装置及发电机可以置于风轮下方等优点, 近年来, 国际上的相关研究和开发也在不断进行并取得一定进展。

表 46 风电主流技术及优势

技术名称	优势
水平轴风电机组技术	风能转换效率高、转轴较短、在大型风电机组上更突显了经济性

变桨变速、功率调节技术	载荷控制平稳、安全和高效
直驱式、全功率变流技术	提高系统的运行可靠性和寿命，减少维护成本
新型垂直轴风力发电机	微风启动、无噪声、抗 12 级以上台风、不受风向影响

来源：清科研究中心根据公开资料整理

智能风能技术将逐步应用。由于风能的应用收到环境因素影响十分明显，天气的骤变或者风力的骤降都会给发电组件带来很大的冲击。不过伴随着大数据和人工智能技术的不断发展，人类对风力预报已经极为精确，使得风力发电产出的电压、电流以及功率变得稳定，能够整合入电网，极大的提高了输送范围。

6.4 太阳能：取之不尽、用之不竭

太阳能是指太阳的热辐射能，主要表现为太阳光线，具有开发简单、无污染、可持久性强、可直接开发和利用等特点。据统计，每年到达地球表面上的太阳辐射能约相当于 130 万亿吨标煤，其总量属世界上可以开发的最大能源。同时，根据 21 世纪初太阳产生的核能速度估算，其储量足够维持上百亿年，对于地球而言，太阳能可以被称之为用之不竭的能源，在化石燃料日趋减少的情况下，太阳能已成为人类使用能源的重要组成部分。



来源：网络公开图片

表 47 太阳能分类

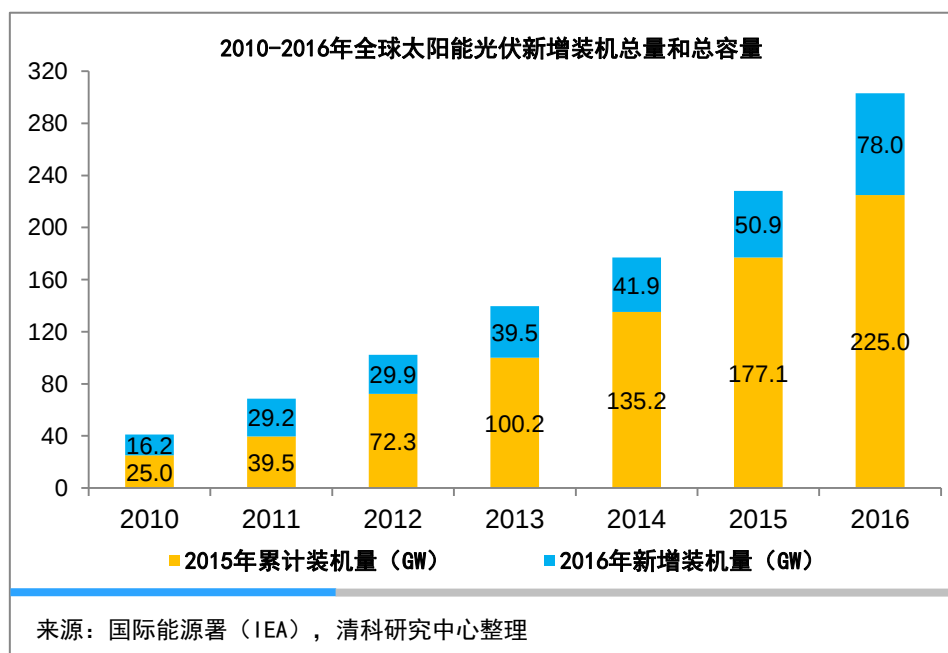
类别	定义	实现方式	主要应用
太阳能光伏	射线能量的直接转换	通过利用硅等半导体材料所制成的光伏板组件或太阳能电板，利用光照产生直流电	计算机能源、为房屋提供照明、并入电网等
太阳能光热	太阳辐射的热能转换	利用集热器把太阳辐射热能集中起来给水加热产生蒸汽，然后通过汽轮机、发电机来发电。	建筑内热水、采暖、空调和照明等

来源：清科研究中心根据公开资料整理

6.4.1 全球太阳能光伏发电进入成熟期，我国累计装机量独占鳌头

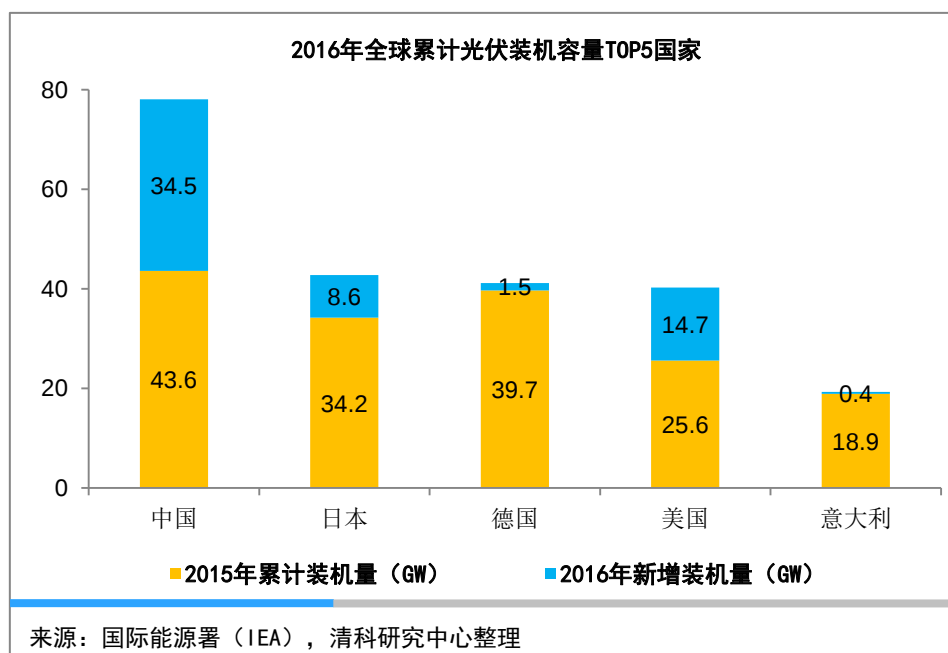
近年来，太阳能光伏发电维持高速增长，并随着技术的不断突破以及规模化应用的实现使得整个太阳能光伏发电进入成熟期。根据国际能源署数据显示，2016 年全球光伏装机容量累计达到了 303 吉瓦，而过去十年间，光伏发电平均年增长率超过 40%，成为全球增速最快的新能源。

图 98 2010-2016 年全球太阳能光伏新增装机容量和总容量



目前，全球光伏发电达到吉瓦量级的共有 24 个国家。其中，6 个国家累计装机容量超过 10 吉瓦，4 个国家超过 40 吉瓦，而中国更是在 2016 年实现了对德国的超越，达到了 78 吉瓦，引领全球。根据国际能源署公布的 2016 年光伏装机量数据显示，全年我国新增装机为 34.54 吉瓦，连续四年居首。而美国新增 14.7 吉瓦，排名第二，3 到 5 名分别为日本、印度以及英国。

图 99 2016 年全球累计装机容量 TOP5 国家

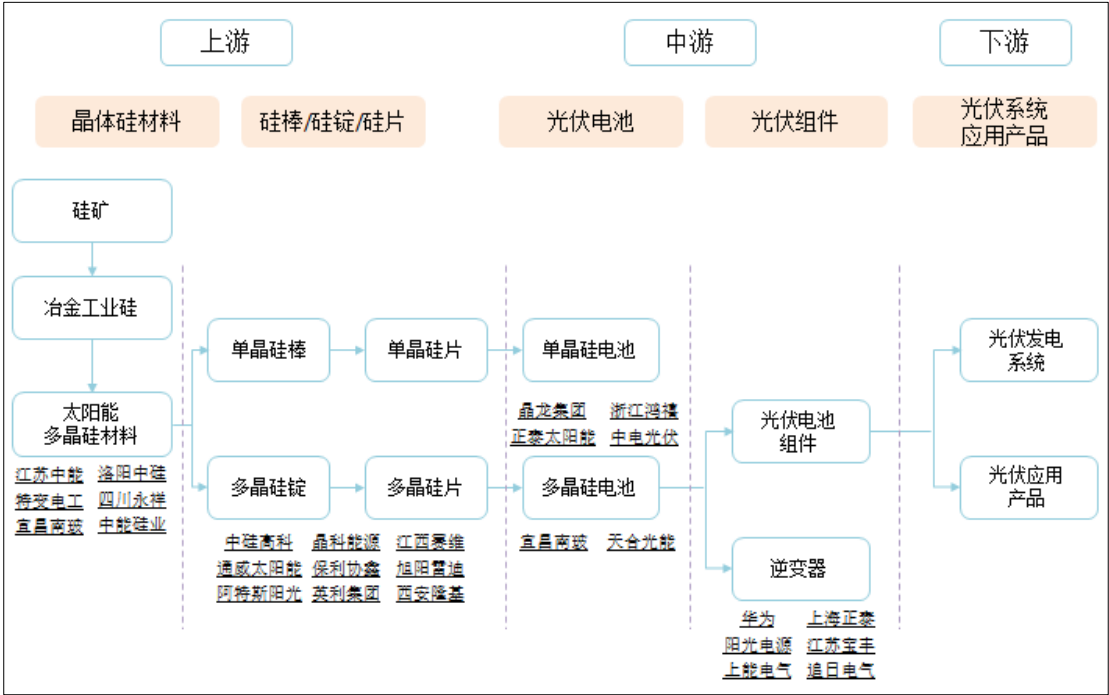


可以看出，光伏发电产业当前已经初具规模，已经实现了初步的产业化。与此同时，其成本也在逐步降低。在欧洲、日本、澳大利亚等多个国家和地区中，商业和居民用电领域甚至已实现平价上网。在光伏发电产业逐渐成熟的当下，行业整体步入了成本及质量优化阶段。

太阳能产业链上游核心主要是晶体硅的提供商，目前我国晶体硅提纯技术自动化程度还十分有限，与发达国家差距较大，但近年来随着对太阳能技术的持续攻克，迎头追赶态势显著。其中，江苏中能于 2016 年多晶硅产能接近 7 万吨/年，占比 36%，成为多晶硅行业龙头，并跻身全球三强，成绩瞩目。而中游主要包括太阳能电池及组件制作企业，经过 2012-2013 年的行业洗牌，我国光伏电池及组件行业集中度显著提高，行业前十企业如阿特斯、天合光能等企业占据市场份额达到 60% 左右，分化趋势较为显著。下游是进行太阳能发电的输电及消费企业。由于下游发电运营企业前期投建电站投资的回报周期较长，且有连带中游组件厂商资金链断裂的风险，使得下游电站运营行业将进行洗牌，结构调整步伐将会持续加快。

我国当前太阳能发电主要还是以光伏发电为主，然而因为光伏发电储存难、不稳定的瓶颈，近年来全球各太阳能应用强国已经大力发展光热发电，而光热发电产业链中基本不会出现光伏电池板生产过程中高耗能、高污染等问题。因此，太阳能产业链未来将会出现一定变化，但同时太阳能行业会步入更为成熟的轨道中。

图 100 太阳能光伏发电产业链分析



来源：清科研究中心根据公开资料整理

表 48 产业链各环节代表企业情况

产业链环节	公司名称	成立时间	主要产品
多晶硅	江苏中能硅业科技发展有限公司	2006	高纯多晶硅
单晶硅电池	晶龙实业集团有限公司	1996	单晶硅片系列、太阳能电池片等
多晶硅电池	天合光能有限公司	1997	晶硅光伏产品、分布式及地面电站建造等
逆变器	华为技术有限公司	1987	智能终端、交换机、智能手机、逆变器等
光伏系统应用	中国华电集团公司	2002	能源开发、电力热力供应等

来源：清科研究中心根据公开资料整理

6.4.2 政策红利驱动太阳能多元化应用，实现产业高速稳定发展

2017 年 1 月，国家能源局印发《太阳能发展“十三五”规划》，以促进太阳能产业持续健康发展，加快太阳能多元化应用，推动建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系。规划中提出，到 2020 年底，太阳能发电装机达到 1.1 亿千瓦以上，其中，光伏发电装机达到 1.05 亿千瓦以上，在“十二五”基础上每年保持稳定的发展规模；太阳能热发电装机达到 500 万千瓦。太阳能热利用集热面积达到 8 亿平方米。到 2020 年，太阳能年利用量达到 1.4 亿吨标准煤以上。继续开展分布式光伏发电应用示范区建设，到 2020 年建成 100 个分布式光伏应用示范区，园区内 80% 的新建建筑屋顶、50% 的已有建筑屋顶安装光伏发电。成本方面，规划提出光伏发电成本持续降低。预计到 2020 年，光伏发电电价水平会在 2015 年的基础上下降 50% 以上，在用电侧实现平价上网目标。

表 49 近年来我国太阳能发电部分相关政策

政策名称	发布时间	发布机关	主要内容
《关于深化能源行业投融资体制改革的实施意见》	2017.04	国家能源局	意见要求充分激发社会资本参与能源投资的动力和活力，并对光伏、生物质能、火电站、水电站、风电等项目开展以竞争性方式确定能源投资项目业主试点。
《能源发展“十三五”规划》	2017.01	国家能源局	要求推进非化石能源可持续发展，包括水电、核电、风电、太阳能等。2020 年太阳能发电规模达到 1.1 亿千瓦以上，其中分布式光伏 6000 万千瓦、光伏电站 4500 万千瓦、光热发电 500 万千瓦。
《国务院办公厅关于完善支持政策促进农民持续增收的若干意见》	2016.12	国务院	该意见针对精准扶贫、精准脱贫做出明确指示，并将光伏列入其中。通过持续加大扶贫综合投入力度，深入实施乡村旅游、林业特色产业、光伏、小水电、电商扶贫工程。
《“十三五”脱贫攻坚规划的通知》	2016.11	国务院	通知针对光伏扶贫做出明确指示，财政扶贫资金、相关涉农资金和社会帮扶资金投入设施农业、养殖、光伏、水电、乡村旅游等项目形成的资产，可折股量化到农村集体经济组织，优先保障丧失劳动能力的贫困户。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

6.4.3 我国太阳能开发程度总体偏低，技术提升有望实现平价用电

我国光伏发电经历了三代的发展，如今技术较为成熟，第一代运用的是晶体硅光伏发电；而第二代光伏发电运用的是品类繁多的薄膜电池；第三代光伏发电技术核心则是引用了聚光技术。目前，晶体硅光伏发电技术由于其高光电转化率的趋势以及成熟的发展成为了市场的主流应用技术，但随着第三代聚光技术的持续发展，未来第三代太阳能技术有望成为市场主流，得到大规模应用。

目前，我们对太阳能的开发利用仅仅还是冰山一角，不管从环保角度或是经济角度出发，太阳能的能量利用空间和清洁性都是无可替代的，未来，太阳能的应用将遍布到生活的每个角落。未来的汽车、游艇等出行工具都将可以由太阳能供电；太阳能发电成本将有可能降低到与常规电价相竞争的水平。

表 50 太阳能发电核心技术情况

技术阶段	技术名称	技术原理	优势
第一代	晶体硅光伏发电技术	通过多晶体硅发电系统在一定光强条件下运行发电	光电转化率高
第二代	薄膜光伏发电技术	低厚度薄膜规模铺设光伏转换发电	成本低、易于规模铺设、弱光性好
第三代	聚光技术	均匀聚光，大幅提高电池的转化率	电池转化率高、零污染率

来源：清科研究中心根据公开资料整理

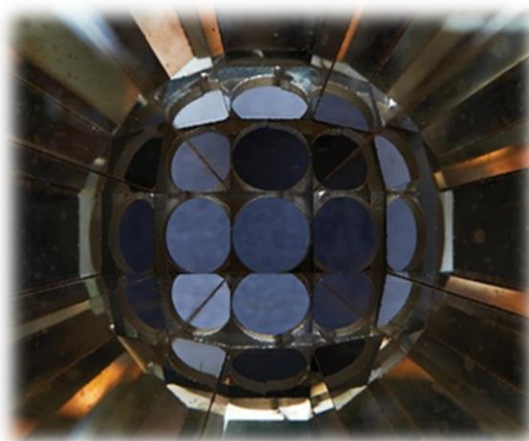
当前全球对太阳能电池的技术开发极为迅速，成为了时下的一股热潮，出现了诸如 SolarCity 的超级工厂、太阳能热光伏电池等促进太阳能规模应用、提高太阳能利用率的技术。

SolarCity 的超级工厂。SolarCity 的电池板采用了一种新型材料组合，通过简化的、低成本的制造工艺生产出了转换效率为 22% 的太阳能电池板。



SolarCity 在水牛河（Buffalo River）附近的工业园区内，正在筹建北美最大的太阳能电池生产工厂。该工厂投产后的产能为每天 10000 个太阳能电池板，或者每年可以实现太阳能发电一千兆瓦。该公司称，SolarCity 只需要少于常规设备三分之一的电池板，便可以产生与之相等的电量。

太阳能热光伏电池。太阳能热光伏电池是利用工程创新和最新的材料科学进步来捕获更多的太阳能。该技术的秘诀在于先将太阳光变成热能，然后将其重新变成光，并聚集在太阳能电池可以使用的光谱范围内，从而让太阳能电池效率翻倍的技术。这项新设计可能会催生出在日落后依然可以工作的廉价太阳能发电技术。该技术的秘诀在于先将太阳光变成热能，然后将其重新变成光，而且聚集在太阳能电池可以使用的光谱范围内。



6.5 核能：待挖掘的地球能源宝藏

核能（或称原子能）是通过核反应从原子核释放的能量，是可持续发展的能源，不仅是一种高效经济的能源，而且也是一种清洁、安全的能源。核能不仅可以用来发电，还可以用于供热，可作为火箭、宇宙飞船、人造卫星等动力能源。由于核动力不需要空气助燃，也可以作为地下、水中和太空等缺乏空气环境下的特殊动力，将是人类开发海底资源的理想动力。



来源：网络公开图片

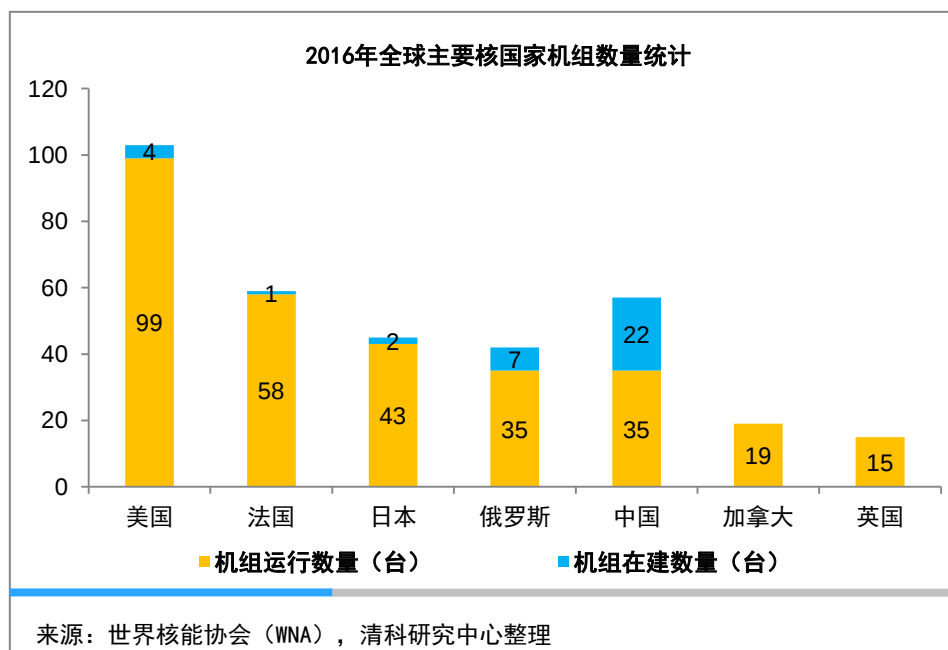
6.5.1 我国核电规模居世界前列，但发电量占比低，发展潜力充足

我国核电规模居世界前列，但占发电量比率较低，核电产业发展潜力充足。根据世界核能协会数据显示，我国已投用核电机组为 35 座，位居世界第五。而已投运的 35 座核电机组中，自主化二代改进型核电机组 CPR1000 达 18 座，占比为 49%，而国产化核电机组（包括 CPR1000、CNP1000、CNP600 和 CNP300）达到 28 座，国产化率为 75.68%。同时，2016 年主要核能国家中，我国核电机组在建数量位居全球第一，达到 22 台。我国在建的 22 座核电机组中，自主化三代核电机组华龙一号达 9 座，占比为 41%。第三代核电机组（包括华龙一号、AP1000、EPR1750）数量为 15 座，占比高达 68%。

根据国际原子能机构统计数据，我国截至 2016 年运行装机容量为 3474 万千瓦。而我国核能发电量在 2016 年达到 197.83TWh²¹，落后于美国和法国，居全球第三位。根据国家统计局数据，2014 年之前我国核能发电量占全部发电量的比例也只有 1.8%-2.1%；2014 年之后，核电发展开始加速，核能发电量占比从 2013 年的 2.1%增至 2016 年的 3.6%，但仍然仅为 2016 年全球平均水平的 1/3，低于风电 3.98%、水电 17.79%和化石燃料 74.37%的占比，是我国第四大电力来源。然而，目前美国核电占全国发电量达到 20%，而法国更是达到 75%，我国与多个核能源强国差距极大，可见核电在我国具备充足的发展潜力。

²¹ TWh：高能量发电站的发电单位，1TWh 为 1000 吉瓦。

图 101 2016 年全球主要核国家机组数量统计



6.5.2 核电技术处于世界先进水平，行业集中度高，下游寡头垄断

我国核能产业链包括上游环节的核燃料及原材料，中游的核反应堆制造、核电核心设备制造及核电辅助设备制造，以及下游的核电站建设、运营维护等。核能上游产业是指核燃料和原材料的生产。核燃料主要是指铀矿，目前世界铀矿主要集中在澳大利亚、哈萨克斯坦和加拿大等地，我国铀矿探明储量位居世界 10 位以后。据世界核协会统计，2016 年我国铀原料生产量为 1227 吨，当年我国的铀进口量为 23136 吨，进口依存度超过 95%。按照每百万千瓦机组一年大约小号 160-180 吨铀，及时按照核电总装机到 2020 年 6000 万千瓦计算，每年大约需消耗铀超过 1 万吨，以当前我国的铀产量计算也仅能满足 13% 的需求，我国属于贫铀国家。国内核电公司正努力对外兼并或与外国铀矿公司合作以获得稳定的核燃料来源。而原材料主要是指耐高温、耐腐蚀、耐磨损的各种材料，包括锆的化合物及其合金、核级钠、核石墨等，由于核能原材料技术门槛高，当前我国从事核电原材料的企业数量较少。

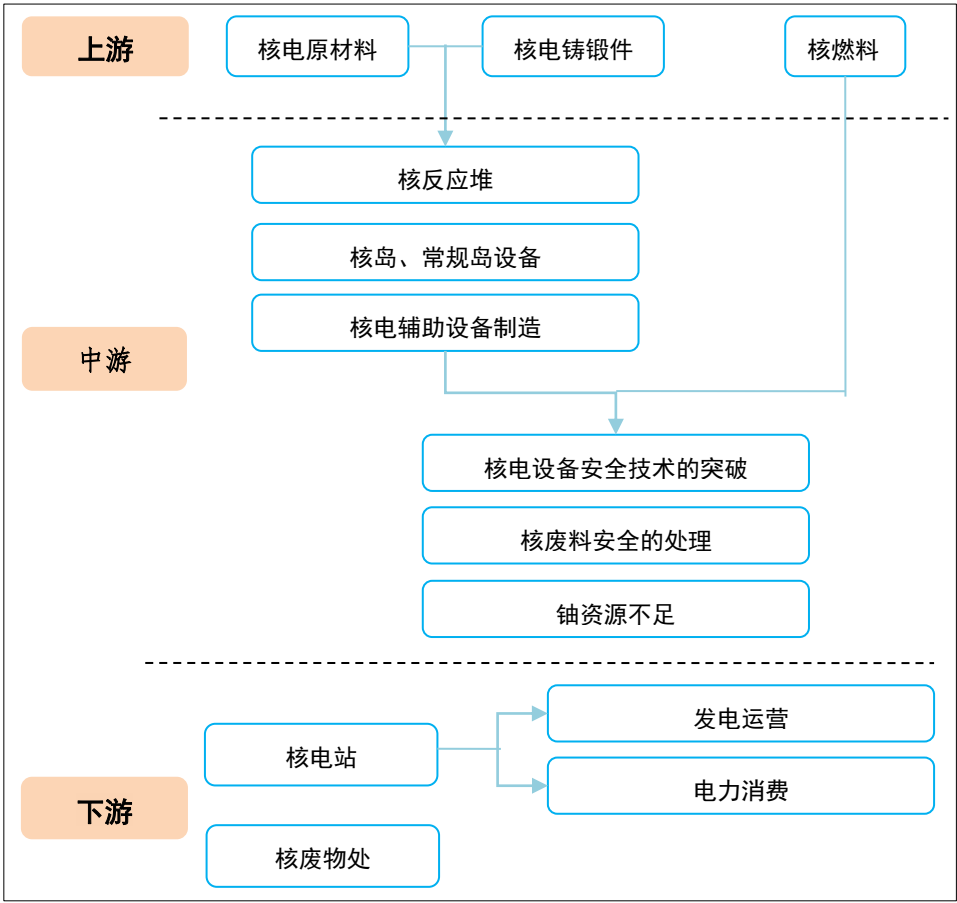
表 51 世界主要铀资源国资源量（截至 2013 年 1 月 1 日）

序号	国家	铀资源量 (10 ³ tU)	百分比 (%)
1	澳大利亚	1706.1	28.9
2	哈萨克斯坦	679.8	11.51
3	俄罗斯	505.9	8.57
4	加拿大	493.9	8.37
5	尼日尔	404.9	6.86
6	纳米比亚	382.8	6.48
7	南非	338.1	5.73

序号	国家	铀资源量 (10 ³ tU)	百分比 (%)
8	巴西	276.1	4.68
9	美国	207.4	3.51
10	中国	199.1	3.37
10 国合计		4857.8	82.3
世界总计		5902.9	100

来源：地质学报，清科研究中心整理

图 102 核能产业链分析



来源：清科研究中心根据公开资料整理

核能中游产业的核反应堆是一个能维持和控制核裂变链式反应，从而实现核能到热能转换的装置，也是核电厂的核心。目前核反应堆技术主要由美国、法国、俄罗斯等国掌握，而我国通过引进技术以及自我研发创新也已经逐渐掌握了相关技术——如具有自主知识产权的核反应堆 CNP 等系列。核电辅助设备制造包括核岛堆内构件、压力容器、核岛起重设备、核岛循环冷却装置等，此环节在核能产业链里进入门槛相对较低，因此我国核电辅助设备的国产化程度较高，生产能力已经追上国外先进水平，但受制于核心零部件和关键原材料供应的不足仍存在一些技术瓶颈。

核能产业链下游处于寡头垄断的局面，行业高度集中。目前国家允许控股核电站的运

营商只有中核、中广核及国家电力投资公司三家。由于核电的高稳定性、环保性以及长久性的优势使其具备着充足的潜力。随着核电项目尤其是内陆核电的全面加速，未来，国家预计会有限发放运营牌照。

由于核电拥有较高进入门槛以及极高的潜在危险性，所以我国对于核电运营资质进行严格的控制。目前能够提供整机生产的企业不足 10 家，行业仍旧处于成长阶段，市场呈现垄断竞争，竞争态势有限。同时，行业较高的集中度使得现有企业通过市场优势对潜在进入者进行了挤压，因此资本多为通过投资现有企业实现进入，潜在进入者的威胁较小。另外，核电的高门槛注定了上游对钢材、核电锻件等原材料有着特殊需求，且部分高端部件设备的原材料需要海外进口，所以供应商拥有较高的议价能力。从核电的发展角度来看，核电设备没有替代品，只有产品升级换代，其替代品威胁较小。可以看出，核电行业整体竞争强度较小。

6.5.3 政策持续助推产业发展，核安全法推行在即，保障依法治核

2016 年 12 月底，国家能源局发布《能源技术创新“十三五”规划》，规划提出，未来 5 年，在新型反应堆研发领域，我国将加快自主知识产权先进核电堆型的持续改进创新，推广应用自主知识产权的先进三代压水堆，加快高温气冷堆、快堆、模块化小型堆、海洋核动力平台的技术示范工程建设和产业化，积极开展微型堆、钍基熔盐堆等新堆型研究等。发展核能的核心是建立一套符合国情、相对完善的核安全法规体系。而我国对于核安全规章较多，但未有一套顶层的法律。而酝酿多时的《核能源法》推行在即，将落实依法治核，完善我国涉核法律体系。

表 52 近年来我国核电行业部分相关政策

政策名称	发布时间	发布机关	主要内容
《2017 年能源工作指导意见》	2017.02	国家能源局	2017 年的重点工作任务包括年内计划建成三门 1 号机组、福清 4 号机组、阳江 4 号机组、海阳 1 号机组、台山 1 号机组等项目，新增装机规模 641 万千瓦。积极推进具备条件项目的核准建设，年内计划开工 8 台机组。扎实推进三门 3、4 号机组，宁德 5、6 号机组，漳州 1、2 号机组，惠州 1、2 号机组等项目前期工作，项目规模 986 万千瓦。
《能源技术创新“十三五”规划》	2016.12	国家能源局	加快核能自主知识产权先进核电堆型的持续改进创新，推广应用自主知识产权的先进三代压水堆，加快高温气冷堆、快堆、模块化小型堆、海洋核动力平台的技术示范工程建设和产业化，积极开展微型堆、钍基熔盐堆等新堆型研究等。
《电力发展“十三五”规划》	2016.11	国家发改委、国家能源局	“十三五”期间，全国核电投产 3000 万千瓦，并开工 3000 万千瓦以上，计划到 2020 年装机达到 5800 万千瓦。
《能源发展战略行动计划》	2014.12	国务院	计划提出，到 2020 年，核电装机容量达到 5800 万千瓦，再建容量达到 3000 万千瓦以上
《能源发展“十	2013.01	国务院	规划提出要加快建设现代核电产业体系，打造核电强国。到

政策名称	发布时间	发布机关	主要内容
“二五”规划》			2015 年，运行核电装机达到 4000 万千瓦，在建规模 1800 万千瓦。
《核电中长期发展规划（2011-2020）》	2012.11	国家发改委、国务院	除规划到 2020 年装机容量达到 5800 万千瓦以及在在建 3000 万千瓦以外，还规划将核电发电占比提升至 4%。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

6.5.4 三代核电技术进入应用阶段，与发达国家技术差距不断缩小

我国的核电技术路线始于 20 世纪 80 年代，通过引进国外先进设备，从而对其技术进行消化、研发并创新。经过 20 多年的努力，我国在核电技术方面实现了巨大突破，实现了 60 万千瓦压水堆机组设计国产化，基本掌握了百万千瓦压水堆核电厂的设计能力。目前发达国家已步入第三代核电技术的应用阶段，而我国通过自主研发的“华龙一号”也属于第三代核电技术。我国核电技术方面虽然与发达国家仍有差距，但技术指标的距离正不断缩小，已步入世界核电先进行列。

(一) AP1000

AP1000 是美国西屋公司研发的一种先进的“非能动型压水堆核电技术”。该技术在理论上被称为国际上最先进的核电技术之一。AP1000 为单堆布置两环路机组，电功率 1250MWe，设计寿命达到 60 年，主要安全系统采用非能动设计，布置在安全壳内，安全壳为双层结构，外层为预应力混凝土，内层为钢板结构。AP1000 的主要安全系统，如余热排出系统、安注系统、安全壳冷却系统等，均采用非能动设计，系统简单，不依赖交流电源，也无需能动设备即可长期保持核电站安全，非能动式冷却显著提高安全壳的可靠性。



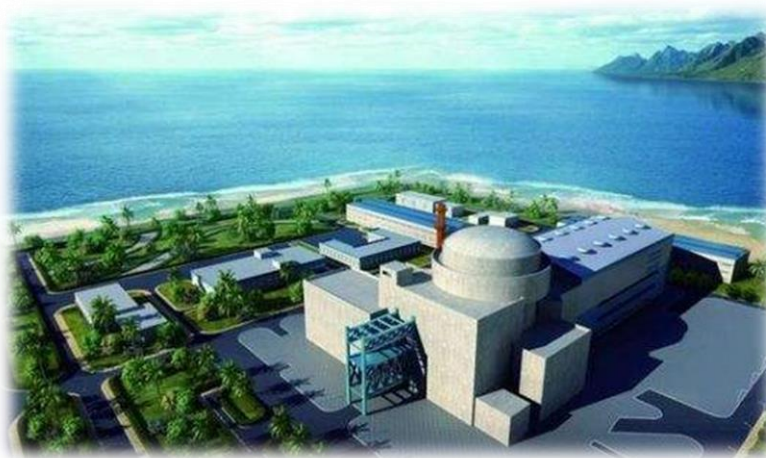
来源：网络公开图片

同时，针对严重事故的设计可将损坏的堆芯保持在压力容器内，避免放射性释放。另外，AP1000 在建造中大量采用模块化建造技术，缩短了建造周期，提高了实用性。另外，因为

独特的非动能安全系统，AP1000 与正在运作的电站设备相比，阀门、泵、安全级管道、电缆、抗震厂房容积分别减少了 50%、35%、80%、70%和 45%。AP1000 技术属于第三代核电技术，目前我国引进并应用于三门核电站、海阳二期、广东陆丰等内陆核电站项目。

（二） 华龙一号

华龙一号结合了 177 足燃料组件堆芯、多重冗余的安全系统以及能动与非能动相结合的安全措施为主要技术特征，并采用世界最高安全要求和最新技术标准，满足了国际原子能机构的安全要求，属于第三代核能技术。华龙一号充分利用了我国近 30 年来核电设计、建设、运营所积累的经验、技术和人才优势，并借鉴了 AP1000、EPR 在内的现今核电技术。



来源：网络公开图片

华龙一号安全技术十分值得称道，其非能动安全壳热量导出系统配置有三个冷却水箱，共三千吨左右的水装量，作为严重事故后安全壳内释热的最终热阱。在安全壳内设置 12 个换热器，换热面积共一千多平方米。而蒸汽发生器二次侧非能动排热系统与非能动安全壳热量导出系统共用一个换热水箱，并在水箱内设置管壳式换热器。

应急堆芯冷却系统还设置了非能动安全注入水箱。当反应堆冷却剂系统压力降低到低于一定值时，安全注入水箱自动向反应堆冷却剂系统注入含硼水从而保证堆芯的冷却。同时，作为应急堆芯冷却系统的纵深防御补充手段，非能动堆腔注水系统配置了一个堆腔注水冷却水箱，水箱装有 2200 多吨水，在发生严重事故时通过向堆腔注入冷却水，冷却压力容器外表面来导出堆芯衰变热。另外，非能动安全壳消氢系统还配备了几十台非能动氢气复合器，一旦发生事故，可以通过催化剂限制安全壳内的氢气浓度在燃烧和爆炸限值以下。

由于这些安全系统的非能动设计理念及配备的高位换热水箱，华龙一号机组可以满足事故后 72 小时不干预原则，非能动安全系统在设计基准事故或超设计基准事故甚至严重事故时会自动投入运行，分别执行预防堆芯熔毁、堆芯融毁后保证压力容器的完整性、提供蒸发器二次侧冷却、保证安全壳不超温超压、消除氢气爆燃及爆炸风险等安全功能。

6.6 中国新能源发展动态及趋势分析

6.6.1 “能源+互联网”概念持续渗透，智慧能源产业链逐步形成

智慧地球作为 2009 年由国际学术界提出的新概念，其倡导的互联互通改变人类世界的运行方式涉及数十亿人的工作和生活。而智慧能源也是当中重要的一环。

目前，我国智慧能源金城和能源互联网的工作进展迅速，2013 年 11 月“智慧能源产业技术创新战略联盟”成立，2015 年 2 月“全国智慧能源公共服务云平台”启用，2015 年 3 月 IEEE1888 被 ISO/IEC 纳为能源互联网产业国际标准。智慧能源产业正一步步朝着可持续发展能源体系迈进。同时，智慧能源的相关产业链也逐渐形成，上游包括 Intel、Cisco、中国电信等企业加入，中下游有哲达、中能兴科等一批新型节能技术服务产业群。未来，“能源+互联网”的概念将持续渗透，智慧能源发展潜力巨大。

6.6.2 国内弃光限电问题受到重视，分布式光伏发电应用迎春天

我国光伏发电近年来的高速发展固然可喜，但由于光伏发电应用市场长期大力投资集中式光伏电站，因此使得弃光限电问题长期无法有效解决，而分布式光伏项目的发展也受到了阻碍。截至 2016 年，我国光伏发电累计装机容量达到 78 吉瓦，但分布式占比仅 15%，而集中式光伏电站装机达到了 85%，发展局势极为不均衡。为此，国家能源局于 2014 年发布了《关于推进分布式光伏发电应用示范区建设的通知》，当中提及鼓励社会投资分布式光伏发电应用示范区，并计划简并多个示范区。而随着新政的陆续出台，分布式光伏发电势必受到更多关注，未来有望实现高速发展。

6.6.3 国际核电市场空间依然广阔，中国核电技术装备加快出海

核电作为高端制造业的代表，具有极高的商业价值，而我国对于核电的开发及应用位居全球前列，已经具备对外贸易的实力。虽然日本福岛核事故引发的危机使全球核电发展受到一定影响，但由于核电在温室气体减排中所起到的巨大作用和核电安全技术的进一步提升，许多国家和地区仍把核电作为能源结构调整的重要方向，国际核电市场依然广阔。近年来，我国核电出海动作频繁，我国当前已经与 30 个国家签订了双边核能合作协定，技术应用优势将为我国核电在海外收获不俗的成果。同时，为了加强相关企业在“出海”过程中的沟通交流，以在国际竞争中形成合力，在国家有关部门推动下，中核、国核技、中广核等发起成立了中国核电技术装备“走出去”产业联盟，它的成立在形式上为我国核电企业抱团出海提供了合作机制，将推动中国核电企业在国际市场上由“单兵作战”进化为“强强联合”。

6.7 中国新能源投融资发展趋势分析

6.7.1 全球风电强国聚焦海上风电，国内政策驱动行业加速发展

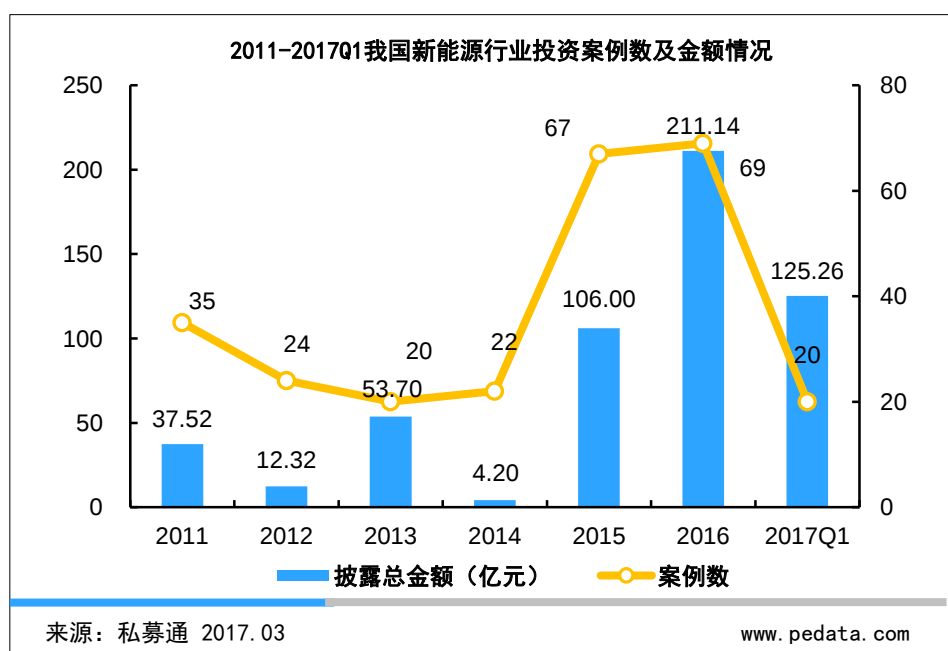
海上风电技术开发相较陆地风电晚，且运行环境复杂、开发难度较高，因而开发十分有限。但海上风能由于具有资源丰富、发电功率大、运行稳定等优势近年来受到了全球风能强国的重点发展。目前，英国、德国等欧洲国家海上风电已经进入规模化发展阶段，技术开发已日趋成熟。截至 2016 年末，全球海上风电装机容量已达 14.3 吉瓦，而装机容量前五名分别是英国、德国、中国、丹麦、荷兰。其中英国占比接近 40%，领跑全球。

我国海上风能资源丰富，据估计，我国海上风电资源约为 7.5 亿千瓦，具有巨大的开发潜力。而目前我国海上风电较之陆地风电发展还相对滞后，并且我国沿海地区风能资源丰富，且电能消耗能力更强，更适合发展风电。从政策层面看，国家能源局发布了明确的海上风电规划，根据《风电发展“十三五”规划》，重点推动江苏、浙江、福建、广东四省的海上风电建设，累计并网规模占全国规划规模 90%，同时积极推动天津、河北、上海等地区的海上风电建设。预计到 2020 年，全国海上风电开工建设规模达到 10.05 吉瓦。

6.7.2 投资规模：受化石能源价格影响，波动较大

新能源的投资风向总是受到化石能源的价格以及能源危机效应的影响。2011 年，我国对新能源的投资热度较高，案例数达到 35 例，而披露投资总金额为 37.52 亿元，但随着美国页岩油革命以及 OPEC 对原油供应的提高，原油价格暴跌使得新能源的投资热度迅速下降。

图 103 2011-2017Q1 我国新能源行业投资案例数及金额情况

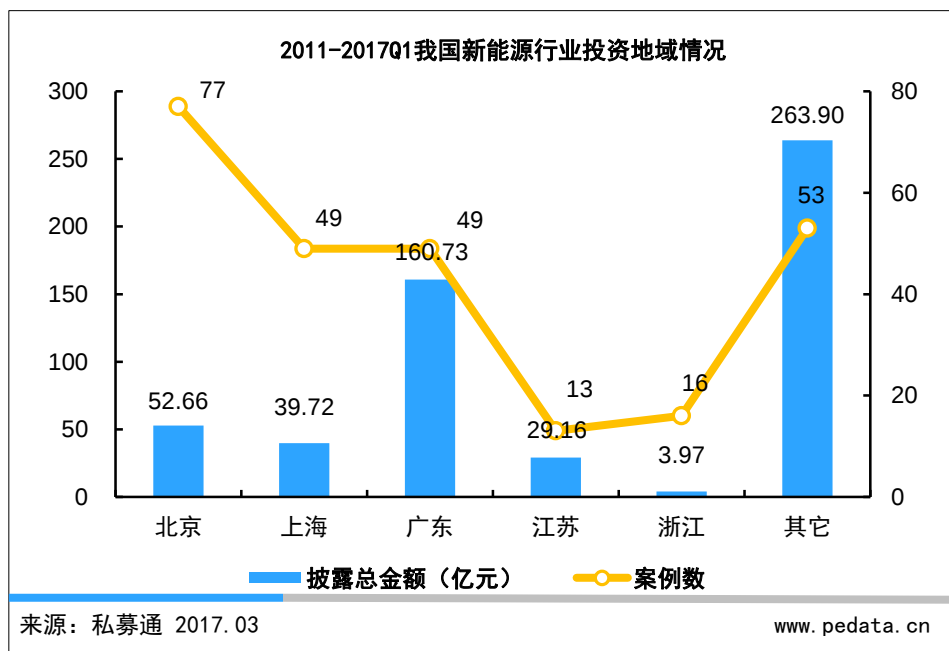


可以看出，2011-2014 年我国对新能源的投资起伏较大。但到了 2015 年，由于新能源技术的逐步突破，规模化应用逐渐实现，以及化石能源价格的提升、人类危机意识的逐步提升等因素的共同促进下，新能源投资重新火爆。2015 年共有 67 起投资案例发生，而总金额达到 106 亿元。而 2016 年投资案例数达到 69 起，投资金额高达 211.14 亿元。2017 年仅一季度，披露投资总金额就达到了 125.26 亿元，投资热度持续提升。

6.7.3 投资地域：北京、上海、广东地区占比高

从新能源投资地域上来看，2011-2017Q1，北上广以及浙江、江苏等发达地域最受投资者喜爱。从投资案例上看，北京市以 77 起居首，而上海与广东则以 49 起并列第二。浙江以 16 起投资案例位居第三。从投资金额上看，广东地区披露总投资金额达到 160.73 亿元远超其它，北京以 52.66 亿元位居次席，上海则以 39.72 亿元居于第三。

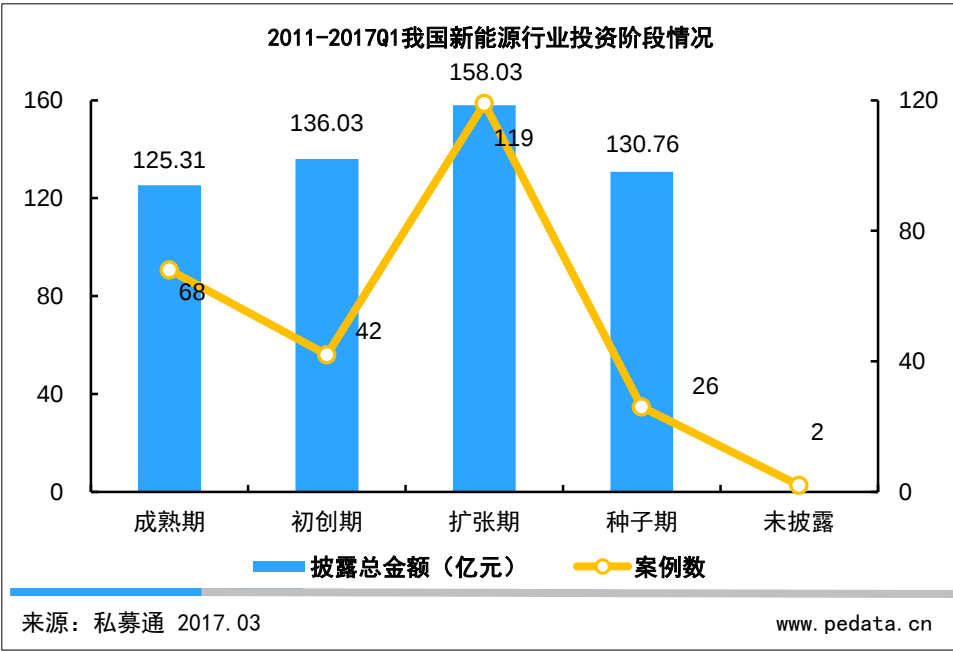
图 104 2011-2017Q1 我国新能源行业投资地域情况



6.7.4 投资阶段：扩张期、成熟期为主，早期单笔金额较高

2011-2017Q1，我国新能源行业投资阶段从案例上看，扩张期的投资案例达到 119 起，独占鳌头；成熟期则以 68 起投资案例居于第二；初创期则以 42 起投资案例位居第三。从披露总投资金额来看，2011-2017Q1 期间四个阶段的金额分布较为均匀，可见投资者对处于新能源各阶段的企业均有涉及，投资张力较大，市场热度高。其中，扩张期披露总投资金额以 158.03 亿元居首，而初创期以 136.03 亿元位居第二，种子期则以 130.76 亿元居于第三，成熟期以 125.31 亿元位居末席。

图 105 2011-2017Q1 我国新能源行业投资阶段情况



七、 新材料：撑起各尖端行业的基础

北京时间 2017 年 9 月 13 日凌晨一点，Apple（苹果公司）在 Apple Park 新总部——刚刚建成的史蒂夫·乔布斯剧院，发布新机型 iPhone X。这是 iPhone 诞生十周年之际，对开创了手机新时代的乔布斯的献礼，iPhone 也被高度评价为“重新定义了手机”。

一直以来，苹果手机和国产手机之间的市场战争，就像是在先进基础材料生产性能指标上的较量。新材料产业是国家科技发展进步的基石，也是国家工业技术与科技水平的前瞻性指标，对未来经济发展和社会变革都起着基础性作用。因此，新材料产业是世界各国必争的战略性新兴产业，也是当前最重要、发展最快的科学技术领域之一。

我国对新材料产业发展高度重视。2010 年 10 月 10 日，国务院发布《关于加快培育和发展战略性新兴产业》的决定，明确提出将新材料产业作为国家重点发展的七大战略性新兴产业之一，同时也是战略新兴产业“基础的基础”，是其他六大战略新兴产业蓬勃发展的先导、动力与支柱，加快发展新材料，对于促进我国战略性新兴产业的形成与发展，带动传统产业和支柱产业的技术提升和产品的更新换代，建设制造强国具有重要战略意义。

新材料是指新出现的具有优异性能或特殊功能的材料，或是传统材料改进后性能明显提高或产生新功能的材料。新材料与传统材料之间并没有截然的分界，传统材料经过组成、结构、设计和工艺上的改进，从而提高材料性能或出现新的性能，都可发展成为新材料。

新材料种类繁多，应用领域广泛，分类方式也大不相同。通常情况下，根据材料属性及功能特性的不同，可分为先进基础材料、关键战略材料、前沿新材料三大类；按照材料应用领域的不同，可分为节能环保材料、电子信息材料、生物材料、高端装备材料、新能源材料、新能源汽车材料等。

表 53 新材料分类（按材料属性及功能特性）

类别	主要种类
先进基础材料	先进钢铁材料、高温铝合金、高端聚烯烃、镁合金、特种合成橡胶、先进轻纺材料、先进建筑材料、特种工程塑料、高强韧钛合金等
关键战略材料	高端装备用特种合金、芳纶纤维、高性能分离膜材料、高性能碳纤维、新型能源材料、新型显示材料、高性能永磁材料、高效发光材料、生物医用材料、宽禁带半导体材料等
前沿新材料	形状记忆合金、新型低温超导材料、石墨烯、智能仿生与超材料、低成本高温超导材料、自修复材料、金属及高分子制造材料等

来源：清科研究中心根据公开资料整理

表 54 新材料分类（按应用领域）

类别	主要种类
节能环保材料 （也叫生态环境材料）：指用性能同时又被赋予优异的环境协调性的材料	- 环境相容材料：纯天然材料（木材、石材等）、仿生物材料（人工骨、人工脏器）、绿色包装材料（绿色包装袋、包装容器）、生态建材（无毒装饰材料等）； - 环境降解材料：生物降解塑料等； - 环境工程材料：环境修复材料、环境净化材料（分子筛、离子筛材料）、环境替代材料（无磷洗衣粉助剂）等。
电子信息材料 ：指在微电子、光电子技术和新型元器件基础产品领域中所用的材料	- 集成电路及半导体材料：以硅材料为主体，新的化合物半导体材料及新一代高温半导体材料也是重要组成部分，也包括高纯化学试剂和特种电子气体； - 光电子材料：激光材料，红外探测器材料，液晶显示材料，高亮度发光二极管材料，光纤材料等领域； - 新型电子元器件材料：磁性材料，电子陶瓷材料，压电晶体管材料，信息传感材料和高性能封装材料等。
生物材料 ：指和生命系统结合，用以诊断，治疗或替换机体组织，器官或增进其功能的材料	主要包括金属和合金，陶瓷，高分子材料，复合材料和生物质材料。
高端装备材料 ：指用于航空航天、轨道交通、海洋工程等高端装备制造业的材料	- 各类轴承钢、油船耐腐蚀合金钢、轨道交通大规格铝合金型材、高精度可转位硬质合金切削工具材料； - 高性能铝材，碳纤维及其复合材料等（航空航天）。
新能源材料 ：指实现新能源的转化和利用以及发展新能源技术中所要用到的关键材料	- 储氢电极合金材料为代表的镍氢电池材料； - 嵌锂碳负极和 LiCoO₂ 正极为代表的锂离子电池材料； - 燃料电池材料； - Si 半导体材料为代表的太阳能电池材料； 铀、钍、钚为代表的反应堆核能材料等。
新能源汽车材料 ：指用于新能源汽车生产的材料	- 驱动电机材料（永磁材料等）； - 动力电池材料； - 轻量化材料。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

7.1 全球及中国新材料产业发展分析

7.1.1 全球新材料产业发展不均衡，发达国家处于全面领先地位

当前，在全球新材料领域中，美国在宇航材料、纳米材料等多个领域全面领先；日本在纳米材料、电子信息材料具有明显优势；韩国则在显示材料、存储材料占领一席之地；欧洲在结构材料、光学与光电材料、纳米材料享誉全球；俄罗斯则在耐高温材料以及宇航材料方面具备与美国叫板的优势。总体而言，新材料产业在全球的分布较不均衡，发达国家在新材料产业上处于全面领先地位，而发展中国家除中国、印度、巴西以及俄罗斯等少数国家外，

大多数国家的新材料产业发展现状较为落后。

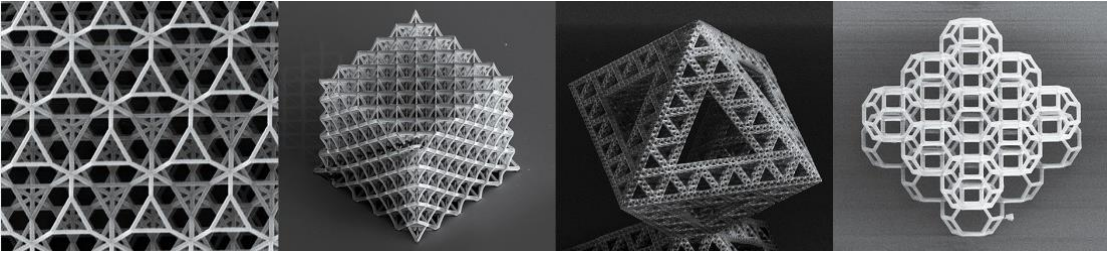
表 55 全球新材料产业重点企业概况

国家	公司名称	新材料优势领域
德国	巴斯夫、拜耳	结构材料、光学与光电材料
美国	埃克森美孚、陶氏化学、杜邦、3M、霍尼韦尔	纳米材料、宇航材料
日本	松下电工、三菱化学、住友电工、富士胶片、东丽	纳米材料、电子信息材料
韩国	三星、乐天、SK 集团、LG	显示材料、存储材料
俄罗斯	谢韦尔、诺里尔斯克、俄罗斯纳米集团、 VSMPO-AVISMA	高温材料、宇航材料

来源：清科研究中心根据公开资料整理

其中，纳米结构材料是依托有机物支架，采用 3D 打印制造出纳米级别精确控制的金属和陶瓷纳米晶体。

图 106 纳米结构示例图



7.1.2 中国新材料产业稳定快速增长，产业集群化发展趋势明显

“十二五”期间，中国新材料产业保持稳定、快速增长的态势，新材料行业总产值由 2010 年的 0.65 万亿元增加到 2016 的 2.5 万亿元，年均增速超过 24%。在产业集群方面，一批龙头企业和领军人才不断成长，北京、天津、深圳、宁波等地区初步形成了新材料产业集群，推动了区域产业结构升级和资源整合。此外，通过新型工业化示范基地创建工作，全国已建成了 48 个新材料领域相关基地，形成了一批发展载体。

在产业结构方面，特种金属功能材料占国内新材料产业整体市场比重约为 32%，高端金属结构材料占国内新材料产业整体市场比重约为 19%，先进高分子材料占国内新材料产业整体市场比重约为 24%，新型无机非金属材料占国内新材料产业整体市场比重约为 13%，高性能纤维及复合材料占国内新材料产业整体市场比重约为 9%，前沿新材料占国内新材料产业整体市场比重约为 3%。

图 107 2010-2017 年我国新材料产业规模及增长率情况

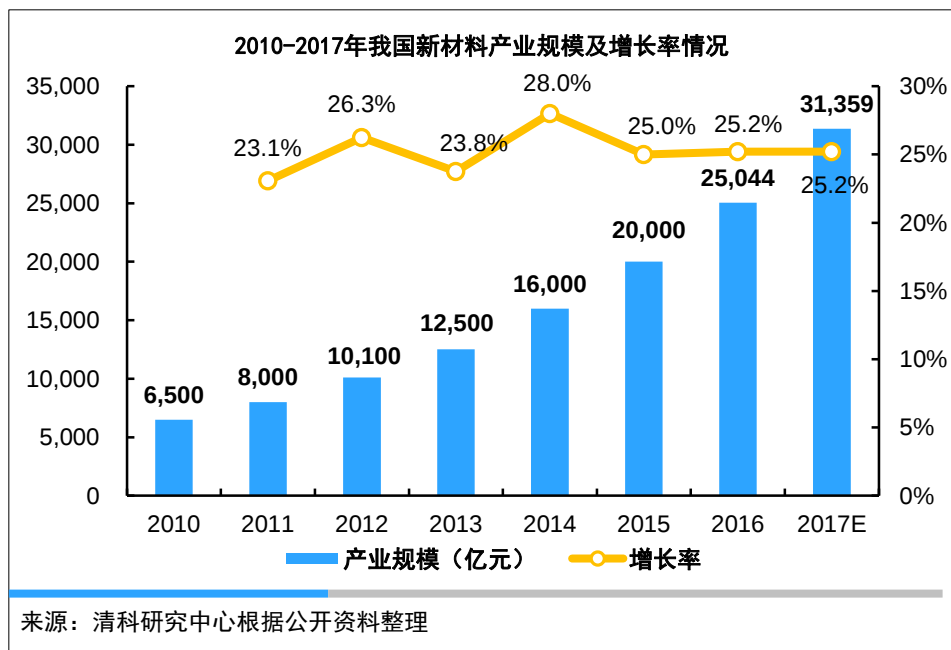
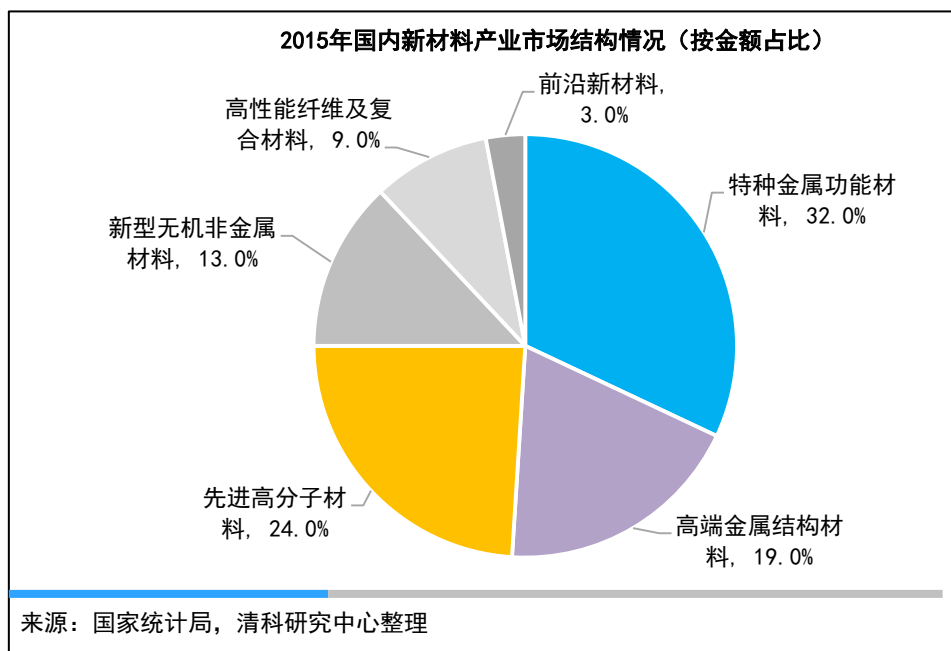


图 108 2015 年国内新材料产业市场结构情况（按金额占比）



7.2 全球及中国新材料产业政策分析

7.2.1 各国“再工业化”战略启动，推动新材料成为科技竞争焦点

自 2008 年金融危机以来，发达国家纷纷启动“再工业化”战略，并陆续将新材料作为回归实体经济、抢占全球科技竞争制高点的重要基础，不断加大对新材料的政策支持力度。

美国、欧洲、日本等国更是将新材料产业的发展作为国家科技发展战略的重要组成部分。

表 56 多国新材料产业支持政策概览

政策名称	时间	国家/组织	主要内容
“材料基因组计划”	2011 年	美国	包括开发材料创新基础设施、实现先进材料的国家目标。
《为我们的未来做准备：发展欧洲关键使能技术总策略》	2009 年	欧盟	将先进材料划归到五大科技关键使能技术之一。
“地平线 2020”	2011 年	欧盟	将打造卓越科技、成为全球工业领袖以及成功应对社会挑战作为三个主要关注目标。提出新材料、光电技术、生物技术等技术的交叉研究。
《日本产业结构展望 2010》	2010 年	日本	将高温超导、纳米技术、碳纤维等 10 大尖端材料技术及产业作为新材料产业未来发展的主要领域。
《2030 年前材料与技术发展战略》	2014 年	俄罗斯	发布了 18 个重点材料战略发展方向，包括智能材料、金属化合物、纳米材料及涂层等，还制定了新材料产业主要应用企业的发展战略
《第三次科学技术基本计划》	2013 年	韩国	计划中将推进 120 项国家战略技术的开发，其中 30 项重点技术包括先进技术材料、大数据应用等。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

7.2.2 国家战略层面布局，指导新材料产业规模化、市场化发展

2010 年以来，我国国家高度重视新材料产业发展，先后成立了国家层面的专项基金和组织领导机构。2016 年 6 月，发展改革委、财政部、工信部牵头发起，联合国家开发投资公司、中国工商银行等其他投资主体共同出资，成立国家级的先进制造产业投资基金，首期规模 200 亿元。其中，中央财政出资 60 亿元，吸引社会资本投入，采用有限合伙制，按照市场化原则独立运作，在《中国制造 2025》十大重点领域的基础上，进一步聚焦轨道交通装备、高端船舶和海洋工程装备、工业机器人、新能源汽车、现代农业机械、高端医疗器械和药品、新材料等市场潜力大、产业基础好且符合产业发展趋势的重点领域，推动了新材料产业的市场化发展。2016 年 12 月，国务院成立国家新材料产业发展领导小组，专项负责统筹新材料产业的发展工作。此外，《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》、《新材料产业发展指南》、《“十三五”新材料领域科技创新专项规划》等的发布，国家从发展战略、产业规划、科技创新等多方面对新材料产业的发展提供了指导方针。

表 57 近年我国新材料领域重点政策及事件概览

政策名称	发布单位	发布时间	新材料内容
《“十三五”技术标准科技创新规划》	科技部、质检总局、国家标准委	2017.06	加强新兴和交叉领域技术标准研制。 在现代农业技术、新一代信息技术、智能绿色服务制造技术、 新材料技术 、清洁高效能源技术、现代交通技术与装备、高效生物技术、现代食品制造技术、现代服务技术等创新活跃、技术融合度较高的领域，鼓励以企业为主体、产学研用相结合，同步部署产品和技术研发、标准研制与产业化推广，通过技术标准加速创新技术和产品市场化进程、缩短产业化周期。
《“十三五”材料领域科技创新专项规划》	科技部	2017.04	明确“十三五”时期材料领域科技创新的思路目标、任务布局和重点方向， 规范和指导未来5年国家材料科技发展。 发展重点：重点发展基础材料技术提升与产业升级、战略性先进电子材料、材料基因工程关键技术与支撑平台、纳米材料与器件、先进结构与复合材料、新型功能与智能材料、材料人才队伍建设等。
《新材料产业发展指南》	工信部、发改委、科技部、财政部	2017.01	到2020年，新材料产业规模化、集聚化发展态势基本形成，突破金属材料、复合材料、先进半导体材料等领域技术装备制约，在碳纤维复合材料、高品质特殊钢、先进轻合金材料等领域实现 70种以上重点新材料产业化及应用 ，建成与我国新材料产业发展水平相匹配的工艺装备保障体系。
国家新材料产业发展领导小组成立	国务院	2016.12	小组组长由 国务院副总理马凯 担任。具体职责是审议推动新材料产业发展的总体部署、重要规划，统筹研究重大政策、重大工程和重要工作安排，协调解决重点难点问题，指导督促各地区、各部门扎实开展工作。
《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	国务院	2016.12	加快发展壮大新一代信息技术、高端装备、 新材料 、生物、新能源汽车、新能源、节能环保、数字创意等战略性新兴产业，促进更广领域新技术、新产品、新业态、新模式蓬勃发展，建设制造强国，发展现代服务业，推动产业迈向中高端，有力支撑全面建成小康社会。
《石化和化学工业发展规划（2016-2020年）》	工信部	2016.09	实施创新驱动战略、促进传统行业转型升级、发展 化工新材料 、促进两化深度融合、强化危化品安全管理、规范化工园区建设、推进重大项目建设、扩大国际合作等八项主要任务。
《装备制造业标准化和质量提升规划》	质检总局、国家标准委、工信部	2016.08	到2020年，工业基础、 智能制造 、 绿色制造 等重点领域标准体系基本完善，质量安全标准与国际标准加快接轨，重点领域国际标准转化率力争达到90%以上，装备制造业标准整体水平大幅提升，质量品牌建设机制基本形成，部分重点领域质量品牌建设取得突破性进展，重点装备质量达到或接近国际先进水平
《“十三五”国家科技创新规划》	国务院	2016.07	重点新材料研发及应用。 重点研制碳纤维及其复合材料、高温合金、先进半导体材料、新型显示及其材料、高端装备用特种合金、稀土新材料、军用新材料等，突破制备、评价、应用等核心关键技术。

政策名称	发布单位	发布时间	新材料内容
《国家创新驱动发展战略纲要》	中共中央、国务院	2016.05	开发移动互联技术、量子信息技术、空天技术，推动增材制造装备、智能机器人、无人驾驶汽车等发展，重视基因组、干细胞、合成生物、再生医学等技术对生命科学、生物育种、工业生物领域的深刻影响，开发氢能、燃料电池等新一代能源技术， 发挥纳米、石墨烯等技术对新材料产业发展的引领作用 。面向2030年，坚持有所为有所不为，尽快启动航空发动机及燃气轮机重大项目，在量子通信、信息网络、智能制造和机器人、深空深海探测、 重点新材料 和新能源、脑科学、健康医疗等领域，充分论证，把准方向，明确重点，再部署一批体现国家战略意图的重大科技项目和工程。
《2015年原材料工业转型发展工作要点》	工信部	2016.03	强化新材料产业发展顶层设计 。研究制定促进新材料产业健康发展的指导意见。结合深化科技体制改革的总体部署，推动重点新材料研发和应用重大工程实施方案的编制论证工作。配合有关部门落实关键材料升级换代工程实施方案。推动建立并支持各地探索建立新材料首批次应用风险补偿机制，努力形成上下游良性互动、产学研用紧密结合的协同创新体系。
《中国制造2025》	国务院	2015.05	瞄准新一代信息技术、高端装备、 新材料 、生物医药等战略重点，引导社会各类资源集聚，推动优势和战略产业快速发展。以特种金属功能材料、高性能结构材料、功能性高分子材料、特种无机非金属材料 and 先进复合材料为发展重点， 加快研发先进熔炼、凝固成型、气相沉积、型材加工、高效合成等新材料制备关键技术和装备，突破产业化制备瓶颈 。高度关注颠覆性新材料对传统材料的影响，做好 超导材料、纳米材料、石墨烯、生物基材料 等战略前沿材料提前布局和研制。加快基础材料升级换代。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

7.3 全球及中国石墨烯产业分析

石墨烯是从石墨材料中剥离出来、由碳原子组成的只有一层原子厚度的二维晶体。它比钻石还坚硬，强度是世界上最好钢铁的上百倍，不仅是世界上最强、最坚硬以及最薄的物质，同时还由于它在已知的材料中，电阻率最小、导热系数最高，电流密度是铜的100万倍，导热率是铜的10倍，因此是最理想的电极和半导体材料。

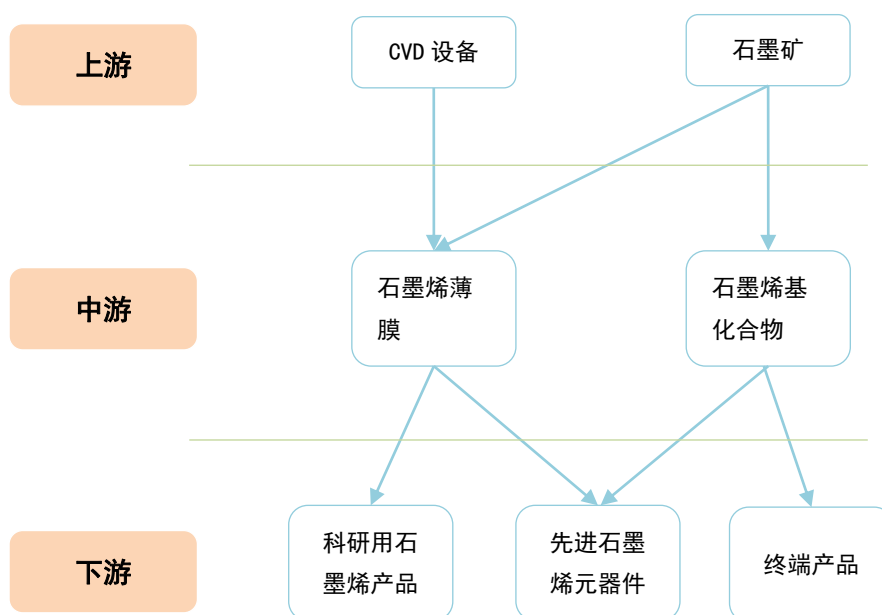
石墨烯的不同尺寸都有着独特的性能。纳米尺寸的石墨烯具有与众不同的光、电、磁、热、力学等特性。而片状石墨烯由于传导结构特殊，在电、热传到方面具有很大优势。随着研究的深入、科技手段的进步，其性质和应用范围也不断扩展，在诸如催化、储氢、海水淡化、癌症治疗领域进展颇丰，是21世纪最具颠覆性的新材料。

随着政策扶持加码，市场投资热情高涨，石墨烯产业下游的一些初级应用领域已经打开。

但由于规模化生产尚未能实现，下游应用市场尚待进一步开发。目前，大部分石墨烯企业仍无法找到确定的商业模式和盈利模式，石墨烯产业还处于早期技术攻关阶段，尚未实现大规模生产应用。

从整体上看，石墨烯产业链正处于建设期。石墨烯上游产业链为石墨烯制备和石墨矿的开采，是目前石墨烯产业链中较为成熟的领域。中游为石墨烯薄膜、石墨烯基化合物制造环节。当前，石墨烯的技术研发基本集中在产业链中游，中游也是目前产业链的核心部分。下游主要是石墨烯产品的应用领域。但由于技术原因，石墨烯大规模应用目前还无法实现，所以应用领域总体规模较小。

图 109 石墨烯产业链分析

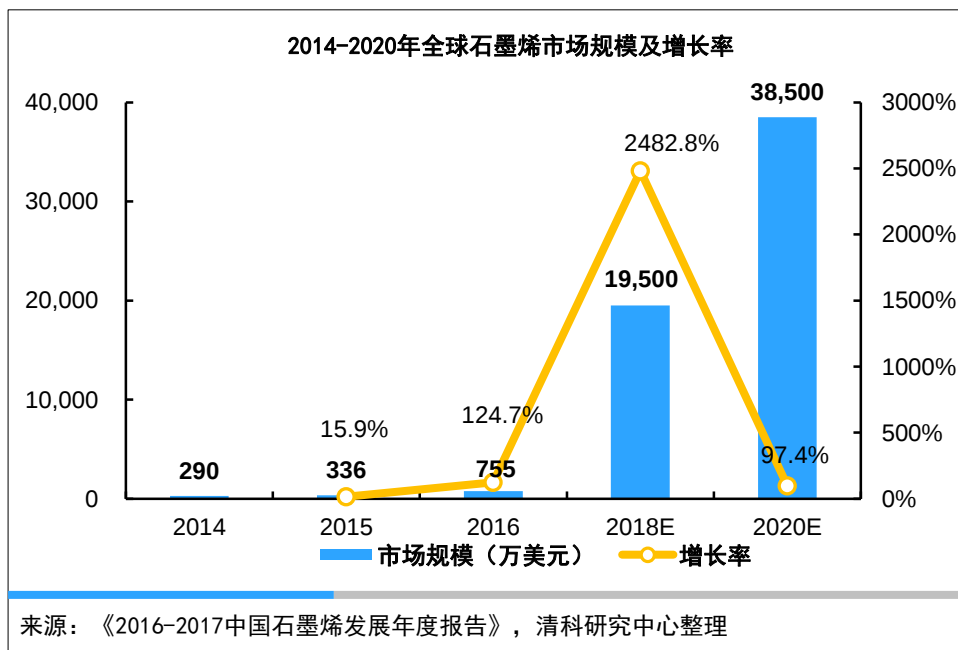


来源：清科研究中心根据公开资料整理

7.3.1 石墨烯应用逐步展开，市场处于爆发前夜

虽然石墨烯在电子学、光学、磁学、生物医学、催化、储能和传感器等领域都将有广阔应用，行业潜力无限。但目前，全球石墨烯产业市场规模有限。据中国信息社发布的《2016-2017 年中国石墨烯发展年度报告》显示，2016 年，全球石墨烯市场规模仅为 755 万美元，较 2015 年增长 124.7%；预计 2020 年，产业规模将达到 3.85 亿元。由于石墨烯已逐渐从技术攻关过渡到规模应用中，未来全球市场规模巨大。

图 110 2014-2020 年全球石墨烯市场规模及增长率



中韩美领跑全球石墨烯技术研发。目前，全球各国对石墨烯技术的研发大多以功能器件的研发为主，对于石墨烯的应用领域的规模化开发，投入力度有限。英国虽作为石墨烯的“诞生地”，但相关研发和产业化生产却落后于中、韩、美等国。美国作为科技强国，对石墨烯的研发投入开始时间较早，投入力度也较大，已有众多小型石墨烯企业诞生，产业化和应用化进程相对较快。欧盟也投入了相当的人力和财力去加强对石墨烯相关应用的研究。日本作为碳材料产业最为发达的国家之一，对石墨烯的研究投入规模也很大，诸多著名企业如日立、索尼以及东芝等，已取得了一系列进展。

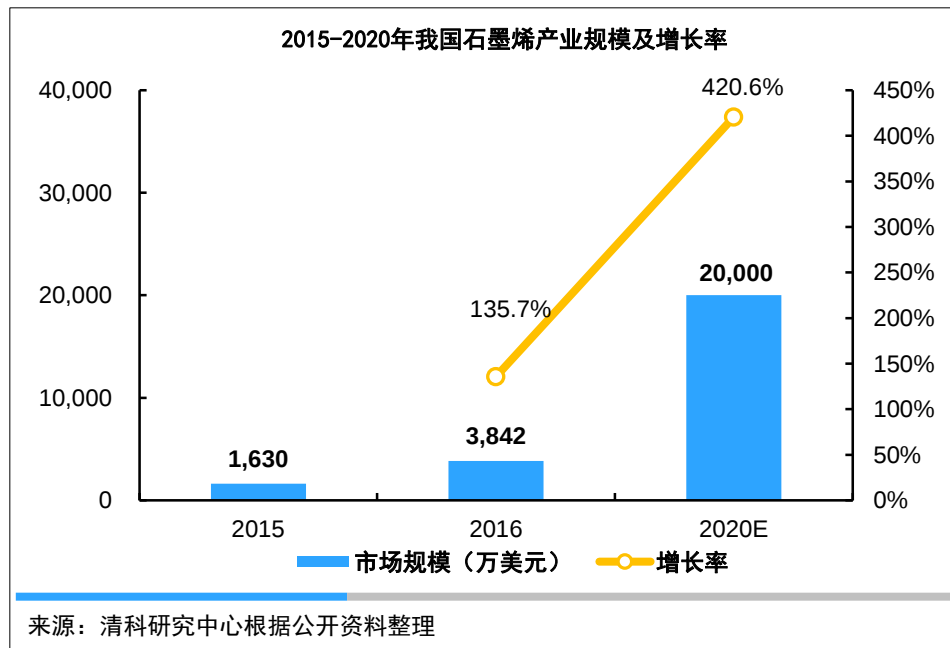
表 58 全球石墨烯应用领域代表企业

企业名称	国家	应用领域
Angstrom Materials	美国	高性能石墨烯复合材料
Graphene Square	韩国	移动设备触摸屏
Bluestone Global Tech	美国	柔性触摸屏
Graphenea	西班牙	电池电极、太阳能电池板、电子数码产品
Sony	日本	透明导电膜、触摸屏
Nokia	芬兰	光传感器
Graphensic AB	瑞典	半导体能源、环保材料

来源：清科研究中心根据公开资料整理

我国石墨烯产业规模激增，未来有望成为全球石墨烯强国。2016 年，我国石墨烯产业规模达 3842 万美元，较 2015 年增长 135.7%，预计到 2020 年，产业规模将达到 2 亿美元，增长态势惊人。随着石墨烯下游应用领域的拓展，我国成为全球石墨烯产业强国指日可待。

图 111 2015-2020 年我国石墨烯产业规模及增长率



目前，我国石墨烯行业主要以小型和初创期企业居多，中大型企业数量相对较少。随着石墨烯产业化发展的推进，2016 年较 2015 年，企业在数量和规模上均有所加强。截至 2017 年 5 月，我国从事石墨烯相关产业的企业已达 2000 多家，其中已有成型石墨烯业务的企业数量超过 500 家。

表 59 石墨烯产业链各环节代表企业

产业链环节	代表企业
石墨矿	中国宝安、方大炭素、烯碳新材
CVD 设备	烯成科技
石墨烯薄膜	二维碳素、重庆墨希、东旭光电
石墨烯应用	新纶科技、中超控股、乐通股份、莱宝高科

来源：清科研究中心根据公开资料整理

应用领域方面，石墨烯在我国已形成了以新能源、大健康、节能环保、复合材料、石墨烯原材料、石墨烯设备为主的六大市场化领域。

表 60 石墨烯应用领域分类

石墨烯应用领域	涉及行业	代表企业
新能源	锂电池、铅酸电池、超级电容器等	东莞鸿纳、青岛昊鑫
大健康	智能服饰、智能穿戴产品等	济南圣泉、深圳烯旺
节能环保	润滑油、电致加热室内供暖、水处理及海水淡化系统、空气净化装置等	江苏同创、熊爸爸、爱客家
复合材料	塑料、涂料、橡胶、导电油墨等	第六元素、中超电缆、宁波墨西、厦门凯纳

石墨烯应用领域	涉及行业	代表企业
石墨烯原材料	CVD 石墨烯膜	宁波墨西、第六元素、唐山建华、济宁利特纳米、宝泰隆等
石墨烯设备	CVD 制造体系、化学制造体系	厦门烯成、常州国成

来源：清科研究中心根据公开资料整理

7.3.2 我国政策扶持持续加码，推动石墨烯技术产业化发展

石墨烯有“新材料之王”的称号，是催化传统产业升级和培育新兴产业发展的基础性材料。近年来，国家扶持政策持续加码，石墨烯已被纳入国家《新材料产业“十三五”规划》重大专项。而由于目前全球石墨烯产业仍处于技术发展期，我国对石墨烯产业发展推行的政策多以推动技术发展为主，以为未来实现产业化打好基础。

表 61 近年我国石墨烯产业相关政策情况

政策名称	发布时间	发布单位	石墨烯相关
《“十三五”材料领域科技创新专项规划》	2017.5	科技部	重点发展石墨烯碳材料技术方面。单层薄层石墨烯粉体、高品质大面积石墨烯薄膜工业制备技术，柔性电子器件大面积制备技术等应用技术。
《“十三五”国家科技创新规划》	2016.8	国务院	重点发展以石墨烯等为代表的现金碳材料。
《国家创新驱动发展战略纲要》	2016.5	工信部	发展引领产业变革的颠覆性技术、不断催生新产业、创造新就业，发挥纳米、石墨烯等技术对新材料产业发展的引领作用。
《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》	2015.11	发改委、财政部、工信部	到 2018 年，石墨烯材料制备、应用开发、终端应用等关键环节良性互动的产业体系基本建立；到 2020 年，形成完善的石墨烯产业体系，实现石墨烯材料标准化、系列化和低成本化。
《中国制造 2025》	2015.10	国务院	明确了石墨烯在战略前沿材料中的关键地位，强调其战略布局和研制，努力实现石墨烯产业“2020 年形成百亿产业规模，2025 年整个产业规模破千亿”的发展目标。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

7.3.3 石墨烯技术发展迅速，制备技术不断完善

石墨烯可分为石墨烯粉体和石墨烯薄膜两大类。常见的石墨粉体生产的方法包括机械剥离法、氧化还原法、SiC 外延生长法。由于其良好的强度、柔韧、导电、导热、光学特性，石墨粉体在物理学、材料学、电子信息、计算机、航空航天等领域都得到了长足的应用。石墨烯薄膜生产方法主要为化学气相沉积法（CVD）。由于目前石墨烯产业整体还处于技术研发阶段，各种形式的制备方式各具优劣。未来，随着技术的持续攻关，石墨烯的制备技术也有望得到更多发展。

表 62 石墨烯核心技术解析

核心技术	原理	优势	劣势
机械剥离法	利用物体与石墨烯之间的摩擦和相对运动，得到石墨烯薄层材料。	操作简单、石墨烯晶体保持完整	生产效率低
氧化还原法	使用硫酸、硝酸等化学试剂及高锰酸钾、双氧水等氧化剂将天然石墨氧化，增大石墨层之间的间距，在石墨层与层之间插入氧化物，制得氧化石墨（Graphite Oxide）。然后将反应物进行水洗，并对洗净后的固体进行低温干燥，制得氧化石墨粉体。	操作简单、产量较高	产品质量较低、污染较重
（碳化硅）SiC 外延法	通过在超高真空的高温环境下，使硅原子升华脱离材料，剩下的 C 原子通过自组形式重构，从而得到基于 SiC 衬底的石墨烯。	产品质量高	对设备要求高
化学气相沉积法	使用含碳有机气体为原料进行气相沉积制得石墨烯薄膜的方法。	面积大、质量高	成本较高、厚度薄

来源：清科研究中心根据公开资料整理

从 2004 年英国科学家成功将石墨烯从石墨中分离出来开始，各国在石墨烯专利的申请量上就出现了高速增长，石墨烯产业也由此进入快速发展期。涉及石墨烯专利技术的公司和研究机构主要集中在美国、韩国以及中国，三国专利数占全球总数的近 70%。其中，我国石墨烯专利技术数量明显高于美国与韩国。但当前，石墨烯产业仍处于技术发展阶段。

近年来，我国在石墨烯专利申请数量上呈高速增长趋势。虽然 2015 年的增长数量出现小幅下滑，但依旧维持较高的基数。

图 112 全球石墨烯专利分布情况

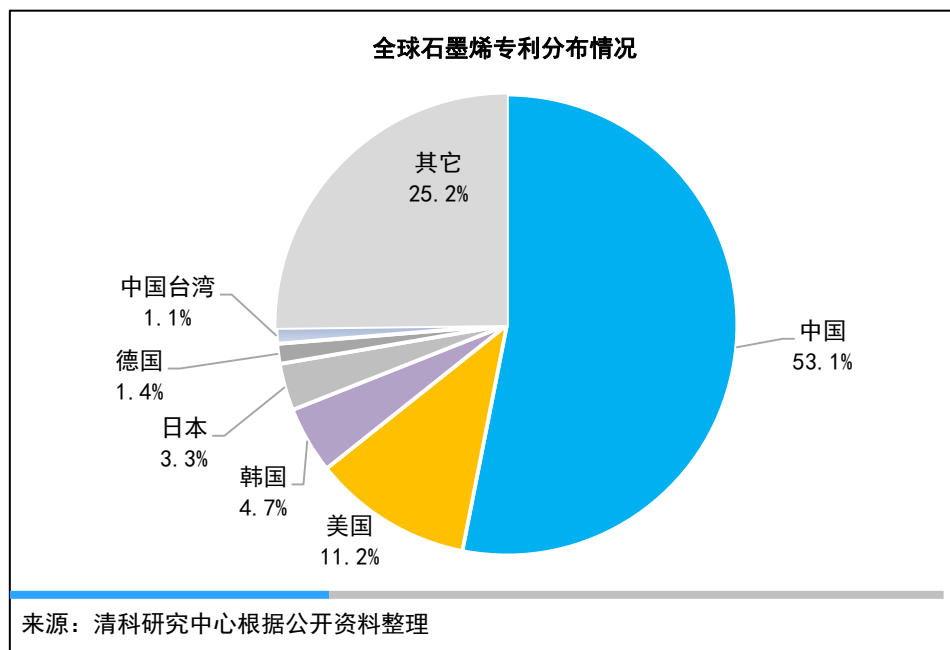
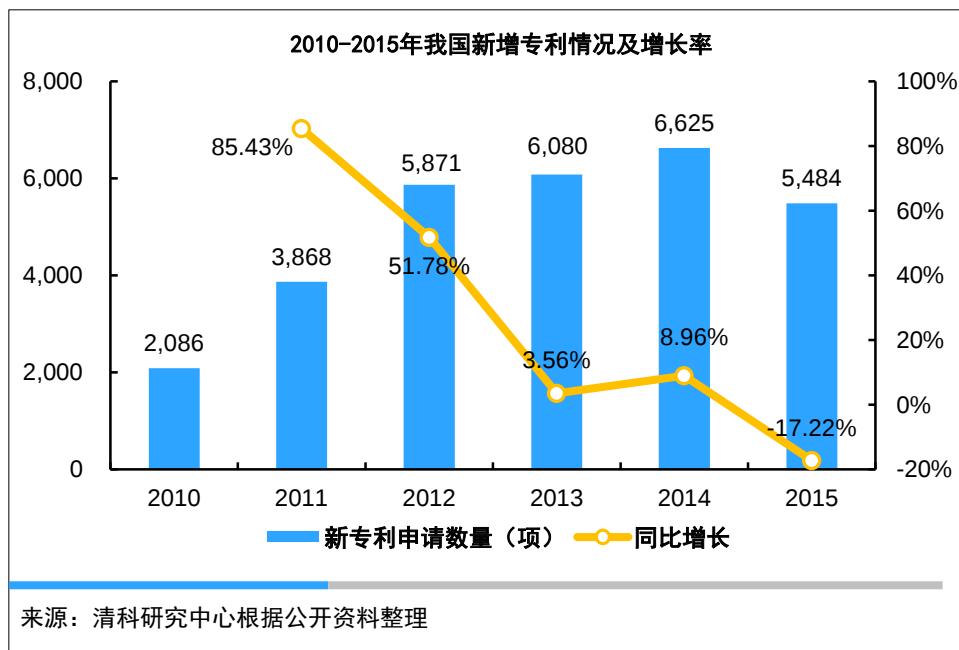


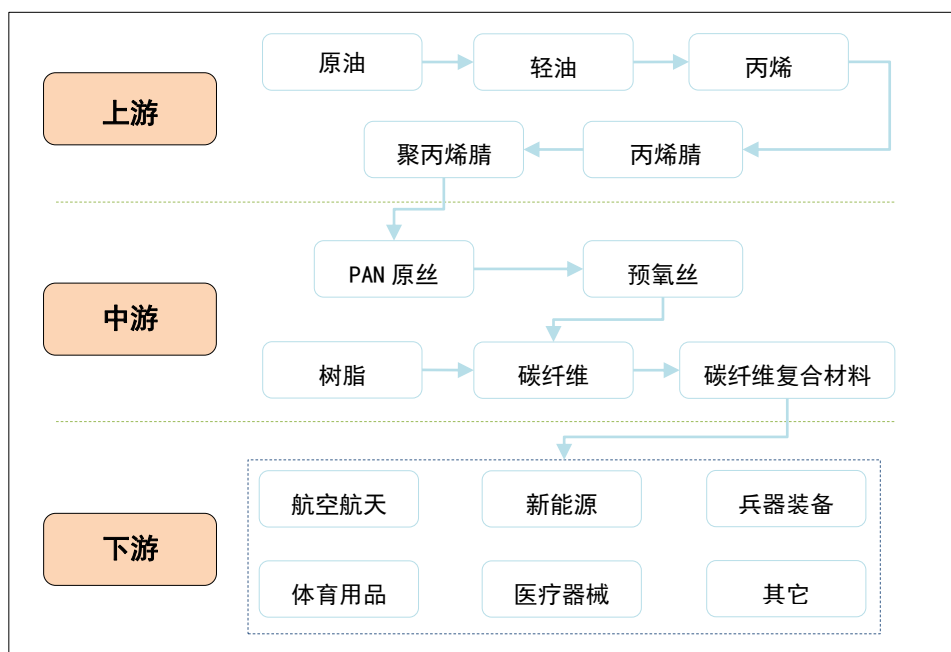
图 113 2010-2015 年我国新增专利数量及增长率



7.4 全球及中国碳纤维产业分析

碳纤维，是一种含碳量在 95% 以上的高强度、高模量的新型纤维材料，力学性能优异，“外柔内刚”。质量比金属铝轻，但强度却高于钢铁，并且具有耐腐蚀、高模量的特性。

图 114 碳纤维产业链分析



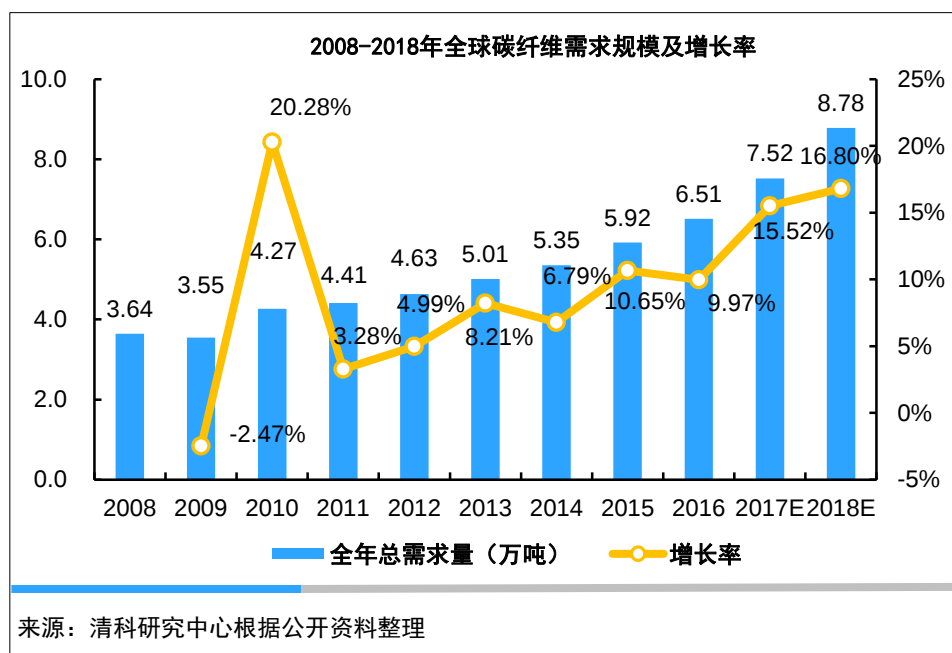
来源：清科研究中心根据公开资料整理

作为我国战略性新兴产业中的一种重要产品，碳纤维不仅具有碳材料的固有无定形特性，又兼备纺织纤维的柔软可加工性，是新一代增强纤维，广泛应用于新型纺织机械、电缆、油田钻探、风电设备、航空航天、核电、军工、医疗器械、汽车复合材料、建筑等领域。

7.4.1 碳纤维应用市场快速扩张，需求量与日俱增

当前，碳纤维技术发展已经趋于成熟，规模化应用逐步展开，全球对碳纤维的技术研发和产业开拓一直保持着较高热情，关注度居高不下。而碳纤维经历了多年的发展，技术已较为成熟，应用领域极为广阔，大规模应用正逐步展开。近年来，随着航空航天、体育休闲和工业应用等对碳纤维的规模应用，碳纤维的需求大幅度增加，全球碳纤维市场规模快速增长。2008年，全球碳纤维市场需求量为3.64万吨，较2001年增长接近100%。而到了2016年，全球碳纤维需求量就达到6.51万吨，涨幅再次接近1倍。

图 115 2008-2018 年全球碳纤维需求规模及增长率



全球碳纤维市场高度集中，美日企业垄断市场。碳纤维作为当前全球热门新材料，具备较高的行业进入壁垒，而美日两国在技术上占领了制高点，使得全球碳纤维生产商主要聚集于两国。根据赛奥碳纤维技术数据显示，2016年，全球碳纤维理论产能为13.9万吨，小丝束产能主要集中于以日本为首的亚洲，而大丝束产能主要集中于欧美。日本东丽、美国卓尔泰克、德国西格里、日本三菱、日本东邦五家企业合计理论产能8.1万吨，占世界总产能的58%。其中，日本东丽集团由于收购了美国卓尔泰克，使其理论产能达到4.3万吨，占全球理论总产能的31%，成为了毋庸置疑的行业龙头。

我国碳纤维消费量大，占全球消费量超过20%。2006-2011年，我国对碳纤维的需求呈

现波动状态，主要是因为在全球碳纤维供应不足的情况下，美日等国对我国实行出口限制，导致我国碳纤维需求被抑制。而到了 2011 年，我国碳纤维市场需求开始快速释放，2013 年达到 1.39 万吨，2016 年达到 2.13 万吨，占全球总需求的接近 25%。未来五年，我国的碳纤维需求有望以约 12% 的复合增速继续增长。

图 116 2016 年全球碳纤维理论产能前 5 企业及占比情况

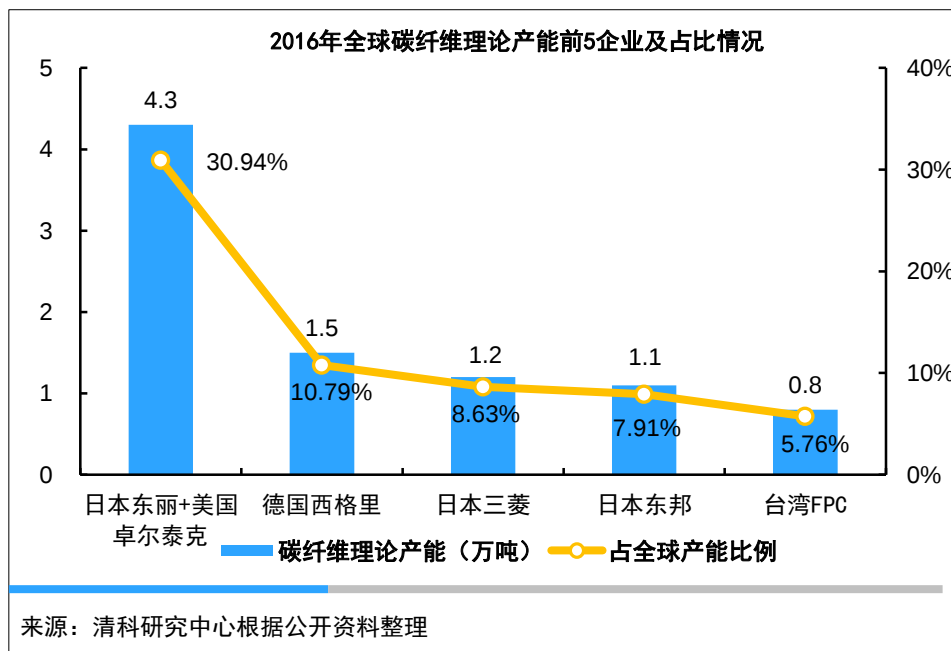
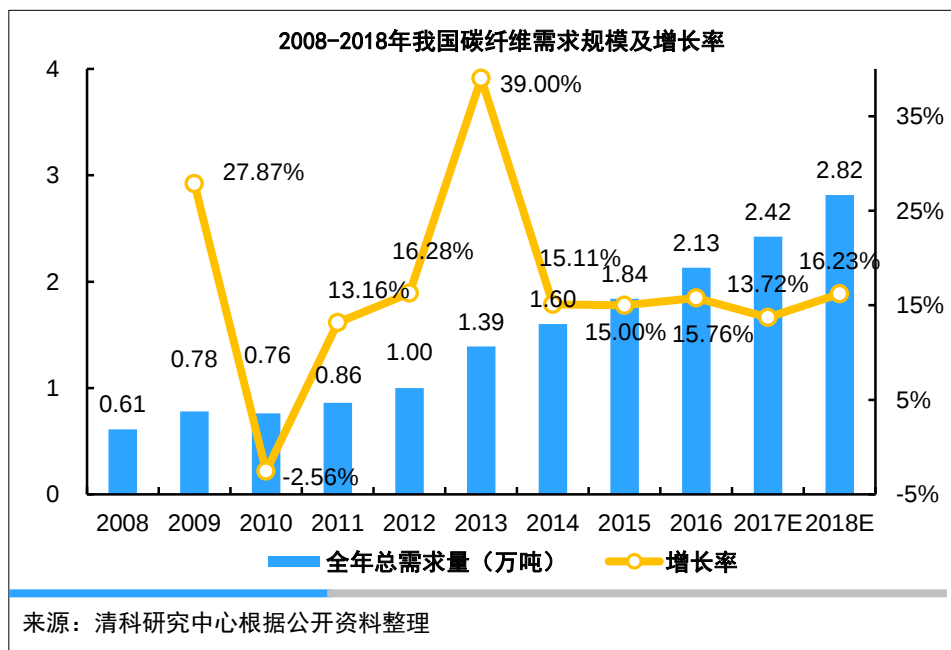


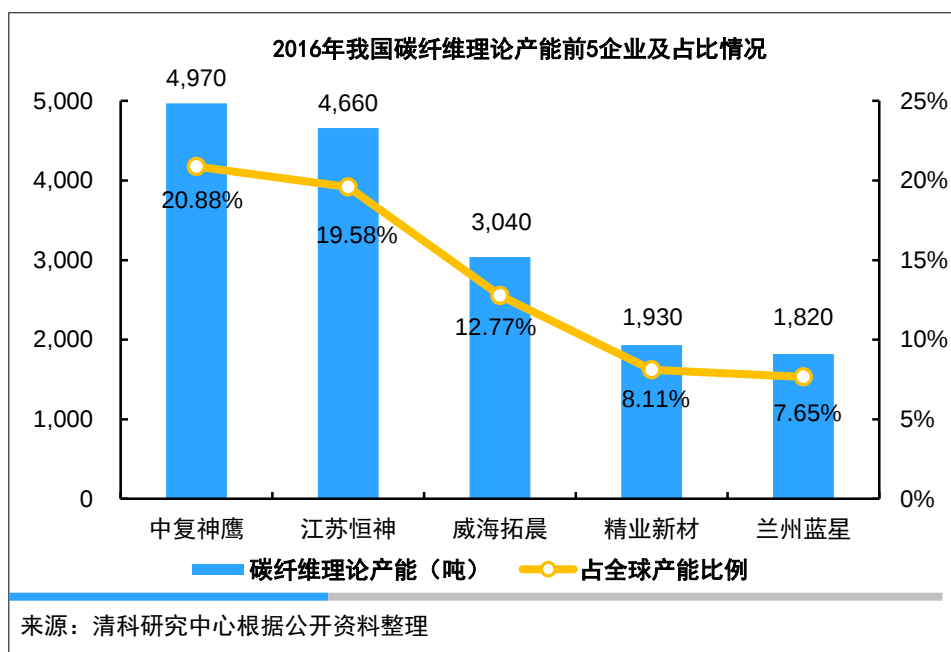
图 117 2008-2018 年我国碳纤维需求规模及增长率



我国碳纤维企业与国外存在产能与技术上的差距，技术亟待攻关。我国碳纤维行业发展由于受到欧美日等发达国家长期的限制，在技术上存在一定差距。但近年来，这一现状已

逐渐改善。根据赛奥碳纤维技术数据显示，2016年，我国碳纤维企业理论总产能为2.38万吨，而真正有效的产出仅3600吨左右，产能利用率仅15%，进口依赖度超过80%。碳纤维生产工艺流程长且复杂，为国内企业进驻碳纤维行业带来了较高的壁垒。目前，我国碳纤维企业普遍存在产品一致性差、稳定性不足等问题。另外，我国碳纤维产品基本属于小丝束，单条线产能仅百吨级，规模效应无法发挥，导致国产碳纤维成本高昂。但我国仍产生了如中复神鹰、江苏恒神等产能较高的企业。随着政策的推动、技术的攻关以及碳纤维市场应用的逐步覆盖，未来我国碳纤维企业有望实现规模化发展。

图 118 2016 年我国碳纤维理论产能前 5 企业及占比情况



7.4.2 政策扶持碳纤维研发，未来将逐步完成进口替代

当前，全球对碳纤维的规模化应用加速展开。近年来，我国对碳纤维的政策主要集中在注重对碳纤维规模化应用以及自主研发制造的规划与实行上，并提出加快进口产品的替代步伐。《中国制造 2025》提出，到 2020 年，碳纤维复合材料要满足飞机技术要求，国产碳纤维用量要达到 4000 吨以上，并计划在 2025 年基本实现自主保障。

表 63 近年我国碳纤维相关政策情况

政策名称	发布单位	时间	碳纤维内容
《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	国务院	2016	规划提出，要加快制定轨道交通装备用齿轮钢、航空航天碳纤维复合材料等标准，完善环保功能性膜材料、海洋防腐材料配套标准。做好碳纤维等材料标准布局。
《中国制造 2025》	国务院	2015	到 2020 年，国产碳纤维复合材料要满足飞机技术要求，国产碳纤维用量要达到 4000 吨以上；到 2025 年，高性能

政策名称	发布单位	时间	碳纤维内容
			能纤维基本实现自主保障。
《纤维复合材料工业“十三五”发展规划》	发改委	2015	加大对碳纤维的研发和生产力度，与化工行业合作。
《关于加快推进碳纤维行业持续健康发展的指导意见》	工信部	2013	到 2015 年，国内 PAN 原丝、高强型碳纤维产品质量和成本控制接近国际先进水平，单线产能达到千吨级并配套原丝产业化制备。
《新材料行业“十二五”发展规划》	工信部	2012	加强高强、高强中模、高模和高强高模碳纤维系列品种的攻关，实现千吨级装置稳定运转。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

由于碳纤维上游的丙烯腈是从原油中炼化取得，因此，我国丙烯腈生产企业主要包括国内顶尖石化能源巨头中石油及中石化旗下的炼化公司。而中游原丝、碳纤维以及碳纤维复合材料生产企业数量较少，但增长迅速，与日本等发达国家在技术上相比仍存在不小差距。而下游应用环节目前主要包括体育设备及航空航天等行业。

表 64 我国产业链各环节代表企业

产业链环节	代表企业
丙烯腈	中石油、中石化、上海赛科
PAN 原丝	奇峰化纤、中复神鹰、恒天天鹅、恒神股份
预氧丝及碳纤维	江苏恒神、中恒新材料、吉林石化、威海拓晨、精业新材、兰州蓝星
碳纤维复合材料	江山纤维、嘉兴中宝、无锡威盛、博云新材料、艾蒂国际
碳纤维制品	中钢吉炭、大连兴科
碳纤维应用	广汽部件、新乡航空、航天晨光、湖北钓鱼王、上海永久

来源：清科研究中心根据公开资料整理

7.4.3 聚丙烯腈纤维技术受全球认可，成为当下碳纤维炼制主流

碳纤维作为增强型纤维材料，通常不单独使用，而是终端纤维复合材料加以应用。根据原材料来源，碳纤维可以分为聚丙烯腈基（PAN）碳纤维、沥青基碳纤维、粘胶基（纤维素）碳纤维。目前，应用较普遍的碳纤维主要是聚丙烯腈碳纤维和沥青碳纤维。市场上 90% 以上的是用聚丙烯腈基碳纤维。

从粘胶纤维制取高力学性能的碳纤维必须经高温拉伸石墨化，碳化收率低，技术难度大、设备复杂，产品主要为耐烧蚀材料及隔热材料所用；而由沥青制取碳纤维，原料来源丰富，碳化收率高，但因原料调制复杂、产品性能较低，亦未得到大规模发展；由聚丙烯腈纤维原丝也可制得高性能的碳纤维，且其生产工艺较其它方法简单力学性能优良，自 20 世纪 60 年代后在碳纤维工业发展良好。

聚丙烯腈碳纤维是以聚丙烯腈纤维为原料制成的碳纤维，主要用作复合材料的增强体。其生产主要包括原丝生产和原丝碳化两个过程。原丝生产过程主要包括聚合、脱泡、计量、

喷丝、牵引、水洗、上油、烘干收丝等工序。而碳化过程主要包括放丝、预氧化、低温碳化、高温碳化、表面处理、上浆烘干、收丝卷绕等工序。

应该看到，中游制备 PAN 原丝为碳纤维生产的产业链核心环节。PAN 原丝由丙烯腈经过聚合和纺丝后得到。PAN 原丝是生产高品质碳纤维的技术关键，也是碳纤维制造成本最高的环节。可以说，碳纤维性能的好坏关键在于 PAN 原丝的质量，原丝的内部缺陷会在碳化后几乎形状不变的“遗传”给碳纤维，不同质量的 PAN 原丝利用率不一样。原丝的成本占到碳纤维成本的 60~70%，而质量较差的 PAN 原丝会增加碳纤维的生产成本。

虽然无论均聚或共聚的聚丙烯腈纤维都能制备出碳纤维，但为了制造出高性能碳纤维并提高生产率，工业上常采用共聚聚丙烯腈纤维为原料。另外，炼化聚丙烯腈基碳纤维相比其他技术拥有碳化率高、流程相对简单、高抗拉强度等优势，获得了全球高度的发展，也成为了当下绝对的主流。

7.5 中国新材料产业发展趋势分析

7.5.1 石墨烯逐步迈向应用领域，打开蓝海市场

当前，石墨烯虽处于技术研发阶段，石墨烯电池的研发可能也难以实现质的突破，但其在储能应用领域已有所突破。如已出现以石墨烯为添加材料的超级电容器以及太阳能电池产品。同时，石墨烯在中央处理器和芯片等核心电子元件的应用研发也有着巨大的市场前景，众多 IT 巨头都十分关注石墨烯在中央处理器和芯片的应用。其中，石墨烯导电油墨和石墨烯射频标签已出现在消费电子产品市场。随着石墨烯逐步步入应用领域，其市场潜力无可估量。

7.5.2 碳纤维亟待技术攻关，进口替代大势所趋

目前，全球的碳纤维市场还处于被美日等发达国家垄断状态。欧美等碳纤维强国长期对我国实行技术封锁以及出口限制，使得我国碳纤维技术发展受到抑制。目前，我国碳纤维产品 80% 依赖进口。面对这一现状，我国政府大力推进碳纤维自主发展，技术研发成果尚可。虽然当前我国碳纤维企业整体产能依然较低，但未来大幅增长可期，进口依赖比例下降是必然趋势，企业也有望迎来发展曙光。

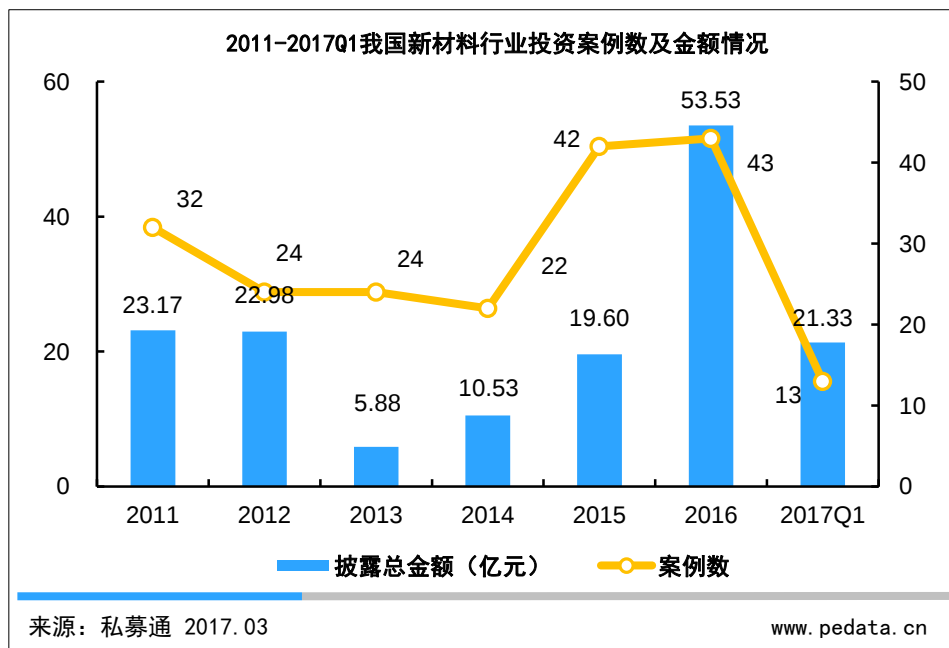
7.6 中国新材料产业投融资发展趋势分析

7.6.1 投资规模：相关领域需求增加，投资金额大幅增长

近年来，随着科技竞争在全球的不断加剧，我国对新材料行业的关注度也在与日俱增，

“十三五”时期更是对新材料行业有了具体的规划。新材料行业的投资热度从 2015 年开始回暖，案例数达到 42 起，披露投资金额达 19.6 亿元。到了“十三五”的元年 2016 年，新材料行业投资案例数为 43 起，披露投资金额出现大幅提升，达到 53.53 亿元，超过 2015 年披露投资金额的 2 倍。

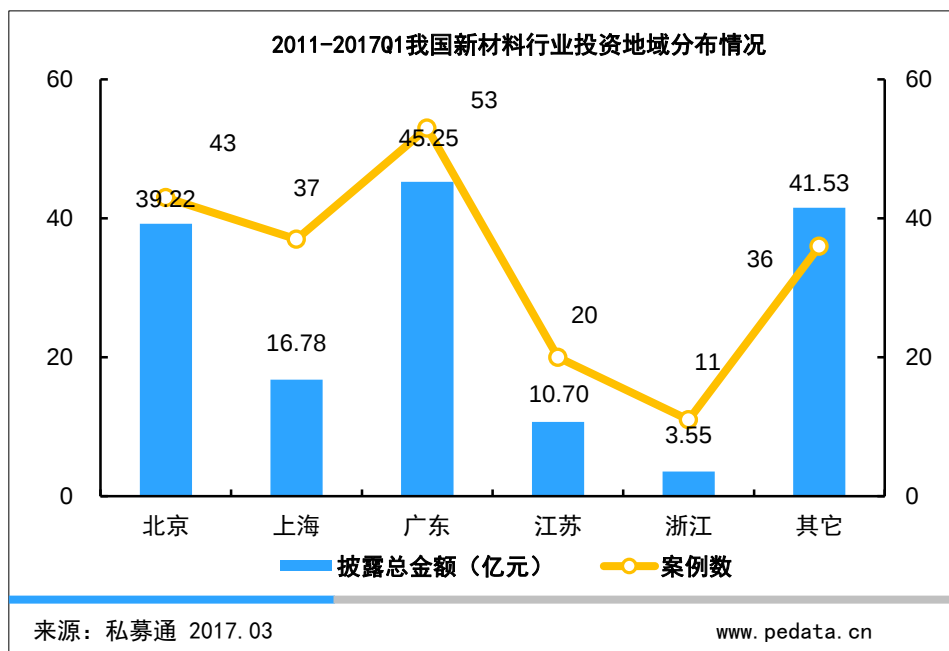
图 119 2011-2017Q1 我国新材料行业投资案例数及金额情况



7.6.2 投资地域：广东、北京、上海占据三甲

从投资地域上看，北京、上海、广东以及江苏最受投资者青睐。广东地区的投资案例数达到 53 起，披露投资总金额达到 45.25 亿元，均位居第一；北京以 43 起案例，39.22 亿元的披露投资金额位居第二；上海共发生 37 起投资案例，披露投资金额为 16.78 亿元，与广东和北京差距较大，位列第三。可以看出，经济较发达地域的投资热度更高。

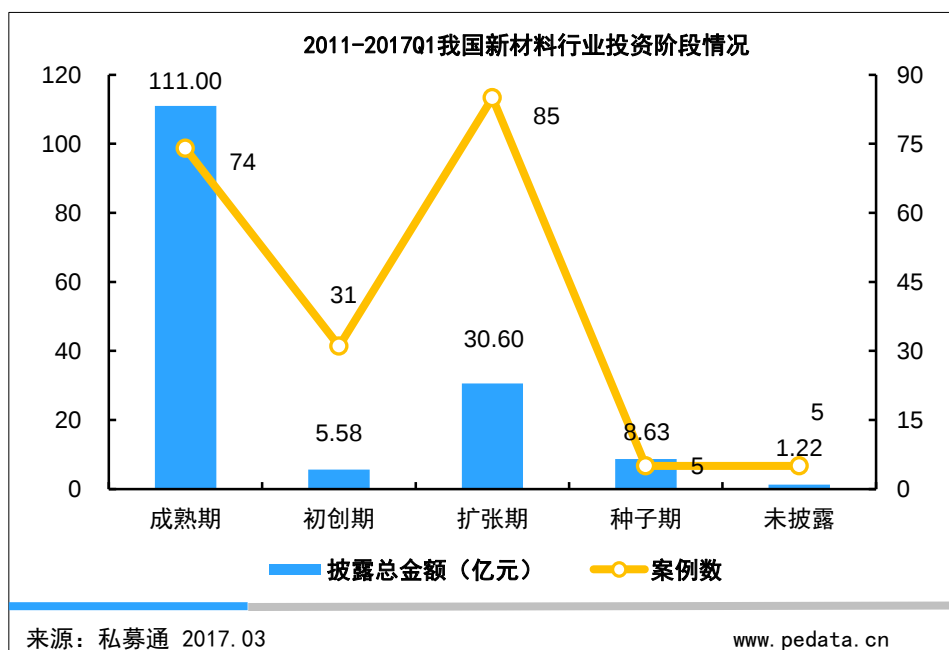
图 120 2011-2017Q1 我国新材料行业投资地域分布情况



7.6.3 投资阶段：机构相对谨慎，聚焦成熟期、扩张期

从投资阶段情况看，2011-2017Q1，我国新材料行业的被投企业以处于成熟期和扩张期为主。其中，处于成熟期的被投企业 74 起，位居第二，但披露投资总金额达到 111 亿元，独占鳌头。而处于扩张期的被投企业 85 起，在数量上位居第一，披露总投资金额为 30.6 亿元，位居第二。初创期及种子期的被投企业，无论在案例数量还是投资金额，均与成熟期及扩张期有极大差距。表明了投资者对新材料行业的投资态度较为谨慎。

图 121 2011-2017Q1 我国新材料行业投资阶段情况

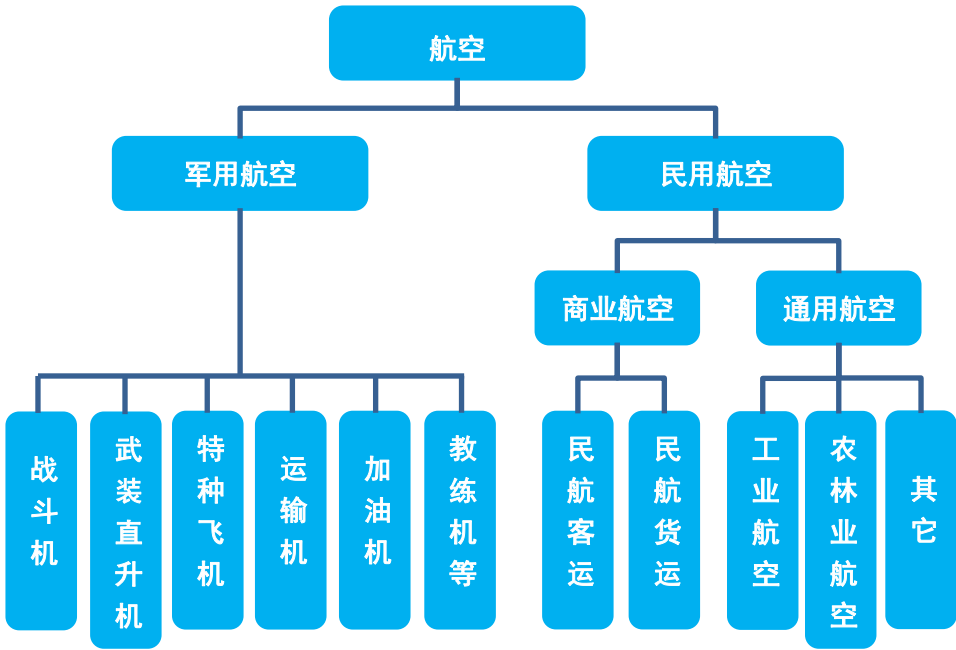


八、 航空航天：拓展人类新边疆

“航天”又称空间飞行、宇宙航行，泛指航天器在地球大气层外的航行活动，大体分为载人航天和不载人航天两大类。航天工业是研制与生产航天器、航天运载器及其所载设备和地面保障设备的工业，是国防科技工业的重要组成部分，属于综合性的高技术产业之一。

“航空”是指飞行器在地球大气层中的航行活动，航空工业是研制、生产和修理航空器的工业，是典型的知识、技术和资金密集型产业，产品和工艺高度精密，属于现代科技成果的综合，也属于军民结合型工业，反映了一个国家科技和工业的发展水平。航空工业包含军用航空和民用航空两个重要组成部分。其中，军用航空主要是为军队提供战斗机、武装直升机、特种飞机（预警机、侦察机、巡逻机等）等军用飞机；民用航空分为商业航空²²和通用航空，商业航空指民航的客运和货运业务，通用航空指使用民用航空器从事公共航空运输以外的民用航空活动，包括工业航空、农林业航空、其他三类，如农业航空植保、航空摄影、航空遥感、航空旅游、商务旅行等。无论军用航空还是民用航空，核心产品均是飞机。

图 122 中国航空工业分类情况



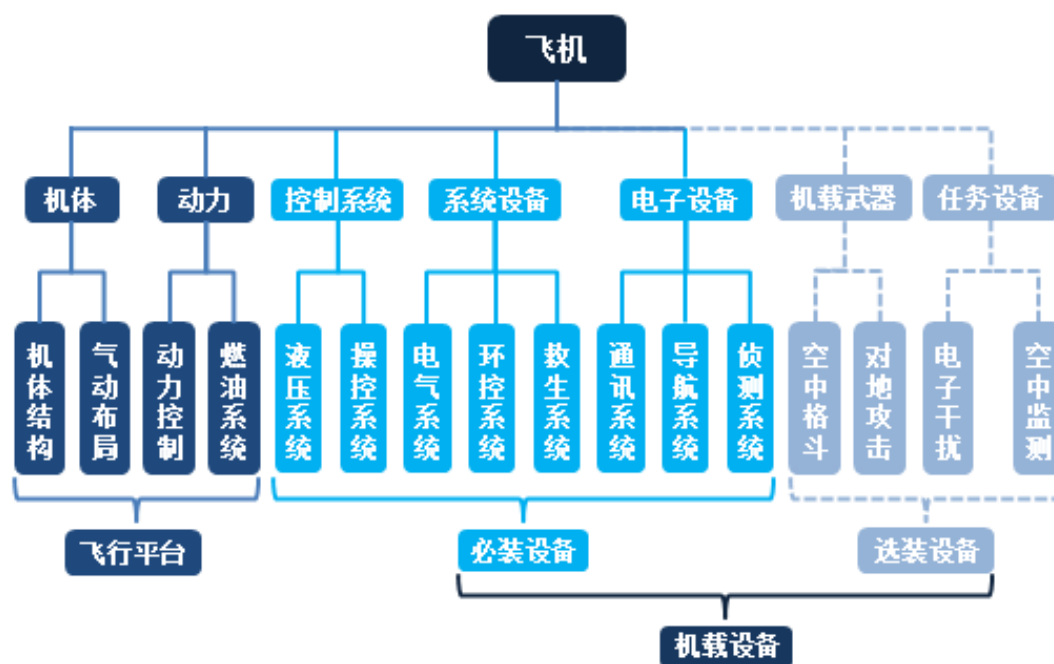
来源：清科研究中心根据公开资料整理

随着航空技术的发展，现代飞机已经由最初的由机体、发动机及简单操作系统构成的飞行机器演变成为综合机体技术、发动机推进技术和机载辅机技术于一体的航空运载平台。其中，飞机结构设计与强度、航空材料、航空动力、航空电气工程、航空推进系统、飞行控制

²² 商业航空也称公共航空运输。

系统、惯性组合导航系统、航空电子、人机与环境工程、航空仪表与测试、应急救援、航空维修工程等等都是航空工业中很复杂的系统，涉及专业的航空技术，可以说航空产业是“制造业之花”，集制造业先进技术于一体。

图 123 飞机总体构成



来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.1 全球及中国航空航天产业发展分析

8.1.1 航空航天民用商业化持续走热，全球科技巨头纷纷布局

航空航天是军用与民用密切结合的工业。在很长的时间里，军事需要一直是航空航天发展的重要推动力。很多情况下，民用产品是在军用产品技术开拓的领域里发展的。而近年来，航空航天的民用商业化越来越火热，受到了社会的广泛关注。

曾在航空股折戟的巴菲特在 2015 年以惊人的 372 亿美元收购美国精密机件公司（主要供应航空航天、新能源等行业），更在 2016 年一反常态购置 100 亿美元航空股；特斯拉创始人埃隆马斯克创立了私人太空运输公司 SpaceX，并成功将“飞龙船”发射到地球轨道，成为有史以来首次由私人企业发射到太空并折返的飞船，并计划在 2020 年将人类送上火星；由亚马逊 CEO 贝索斯创立的 Blue Origin 私人航天公司研发的可重复使用火箭实现了安全着陆，使得私人航天的商业化程度大幅迈进；谷歌于 2014 年战胜 Facebook 收购太阳能无人机制造商泰坦航空航天公司，并宣布进军无人机市场；而苹果也通过成立无人机研发团队进入航空航天领域。可以看出，航空航天逐渐从尖端科技中自带的高冷范逐渐变的更为“亲民”。

同时，航空航天的发展对全人类有着极为重要且现实的意义，走出地球，拓展边疆将不再遥不可及。

（一）可回收火箭

SpaceX 在 2015 年 12 月成功回收了其研发的猎鹰 9 号火箭，这在航空航天技术史上是划时代的一天。火箭通常会在其首航的过程中损毁，但是如今，人们可以令火箭垂直着陆，并且在重新添加燃料之后，开启另一个新航程，这为人类航天事业创造了新纪元。



目前可回收火箭回收的是火箭第一级，在猎鹰 9 号的第一级在与第二级分离后，通过用 3 台发动机完成了程序转弯的过程。在太空中利用姿态控制火箭使箭体旋转 180 度，令第一级的 9 台主发动机朝向地面，进行“Boostback Burn”减速。



来源：网络公开图片

当第一级再入大气后，进行“Entry Burn”减速，并逐渐调整箭体姿态。为了保证回收成功，第一子级顶端安装了四片栅格翼，使火箭在接近地面时，四个栅格翼展开，对箭体姿态进行稳定，然后主发动机再次点火，利用略低于火箭重量的推力使火箭进一步减速。火箭第一级利用带有终端角度、速度和位置约束的制导律接近地面着陆场并实施软着陆，实现火箭第一级的回收。

(二) 可充气太空舱

美国私人航天企业毕格罗航空航天公司推出了毕格罗可充气活动太空舱（BEAM）。一旦安装完毕，BEAM 将展开成长 4 米、直径约为 3.2 米的充气舱，成为国际空间站的一部分。可充气式太空舱能够提高运载效率和满足大型空间飞行器长期在轨性能的有效结构形式，采用柔性结构和复合材料，具有重量和空间上的优势。同时由于成本较低，已经成为 NASA 重点发掘的技术。未来，巨型充气式空间站会让人类实现旅居太空的梦想，让太空探索行进更远。



来源：网络公开图片

表 65 各巨头对航空航天的布局情况

公司/个人	事件	意义
伯克希尔 哈撒韦	372 亿美元收购精密机件公司 100 亿美元购置航空股	巴菲特一反常态看好航空行业的发展趋势，对商业航空进行布局注资。
埃隆·马斯克	创立私人航天企业 SpaceX	成为史上第一个成功发射太空飞船并折返的私人航天公司。
贝索斯	创立私人航天企业 Blue Origin	先于 SpaceX 成功实现重复使用火箭的着陆。
苹果	成立无人机研发团队	联动其它产品，布局物联网
Facebook	成立无人机研发实验室 收购英国无人机制造商 Ascenta	计划利用搭载激光设备的无人机帮助全球更多地域联网。

公司/个人	事件	意义
谷歌	收购泰坦航空航天公司 与 NASA 开发“行星间互联网” “气球计划”	丰富谷歌地图数据 为医疗提供相关保障 为偏远地带提供宽带服务

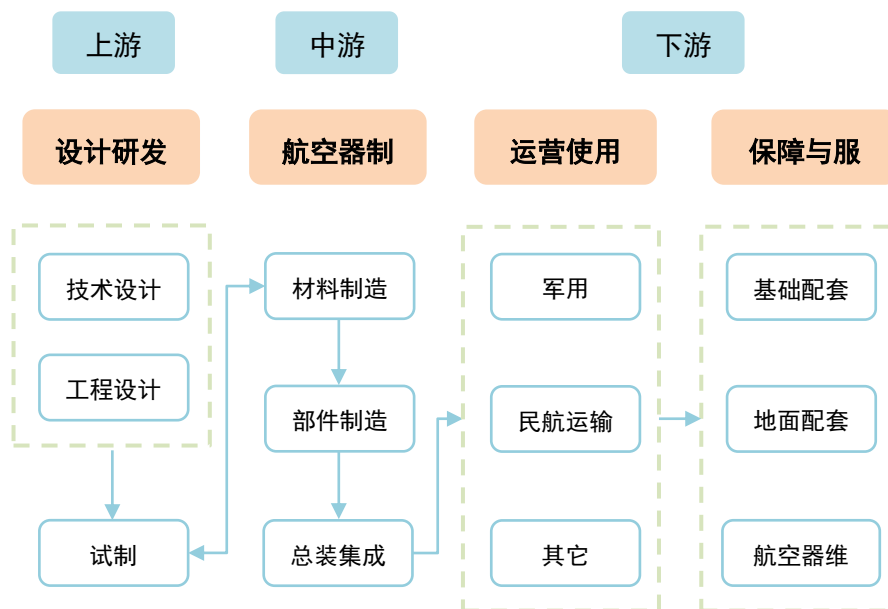
来源：清科研究中心根据公开资料整理

值得一提的是，世界互联网巨头对航空航天领域的陆续布局令全球对“互联网+航空航天”产生无限遐想。SpaceX 倡导“廉价”航天，并计划通过新研发的新型卫星技术，提供更廉价的网络服务，而谷歌收购泰坦航空和自身推行的“气球计划”以及 Facebook 收购 Ascenta 的一个共同目的均是提供廉价互联网服务，并提高互联网应用的全球普及度。而互联网在全球更为全面的普及对日益火热的物联网以及逐渐饱和的互联网市场将有明显的推进作用，各互联网巨头对航空航天领域的布局从侧面上看也是新一轮的“圈地运动”。

8.1.2 我国航空工业产业链趋于完善，行业门槛、集中度极高

航空产业链由设计研发、航空器制造、运营使用以及运营保障与服务四个环节组成。基于航空产业极高的战略价值以及特殊性，我国航空产业基本处于国企垄断的局面，因此具有极高的行业门槛。

图 124 航空工业产业链情况



来源：清科研究中心根据公开资料整理

目前，国内航空产业上游的设计与研发主要由中航工业集团下属的研究所承担；航空器

制造环节²³主要包括航空材料制造、航空部件制造以及总装集成制造，其中，航空材料制造主要是钛合金、高温材料、复合新材的供应，航空部件制造的参与者主要包括动力系统制造商、航空零部件与机载系统制造商，总装集成环节包括整机制造与总装集成商以及提供航空加工服务和设备的企业；运营使用环节参与主体主要包括运营军用飞机的军方单位、运营民航运输的客/货运航空公司以及通用航空公司，而运营保障与服务包括基础配套保障、地面配套（机场服务与雷达监控）以及航空器维修维护。

表 66 我航空产业链各环节代表企业概况

产业链环节	公司名称	成立时间	主营业务
设计研发	中国航空工业集团公司	2008	各类航空器的设计研发以及制造
航空器制造	哈尔滨飞机工业集团有限责任公司	1952	直升机、轻型多用途飞机、新支线客机研发制造
运营使用	中国国际航空股份有限公司	1988	航空运输运营服务
运营保障与服务	金鹿（北京）公务航空有限公司	1998	公务机托管等服务

来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.1.3 人造卫星应用市场发展迅猛，推动整体规模爆发式增长

航天行业中用途最广、发射数量最多以及发展速度最快的航天器是人造卫星，其发射数量约占航天器发射总数的 90% 以上。我国人造卫星从 1970 年 4 月 24 日，第一颗“中国星”东方红一号成功上天，中国从此成为第五个用自制火箭发射国产人造卫星的国家。随后的近十年间，中国人造卫星行业实现了从无到有、从发射到返回的技术突破。进入 80 年代后，我国人造卫星产业才迎来了发展的春天，人造卫星发射数量、种类和功能都有了质的提升。到 2000 年，建成了北斗导航试验系统，成为继美、俄之后的世界上第三个拥有自主人造卫星导航系统的国家，跻身全球航天强国。

表 67 我国人造卫星发展历程

时间	事件	意义
1970 年 4 月	“东方红”一号成功升天	中国成为第五个用自制火箭发射国产人造卫星的国家
1981 年 9 月	“一箭三星”成功升天	中国成为世界上第三个实现一箭多星技术的国家
1984 年 4 月	“长征 3 号”运载火箭将试验通信人造卫星“东方红 2 号”送入赤道上空	中国成为世界上第五个独立发射地球静止轨道人造卫星的国家
2000 年 10 月	建成了北斗导航试验系统	成为继美、俄之后的世界上第三个拥有自主人造卫星导航系统的国家

²³ 还包括为航空制造提供零部件加工设备及服务和装配设备的航空制造装备企业。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

我国卫星种类涵盖面广，目前已拥有包括遥感人造卫星、导航人造卫星、通信人造卫星、空间探测人造卫星和技术试验人造卫星等多种类型的人造卫星，形成了海洋人造卫星系列、气象人造卫星系列、陆地人造卫星系列、环境人造卫星系列、北斗导航定位人造卫星系列、通信广播人造卫星系列等人造卫星系列和实践科学探测与技术试验人造卫星系列，基本构成了全方位的应用人造卫星体系，为人造卫星应用的发展奠定了坚实的基础。

近年来，我国人造卫星不仅发射数目多，而且发射频率越来越高。2010 年，我国火箭累计发射数目达到了标志性的 100 发，其中前 50 发整整用了 21 年，而第二个 50 发只用了 9 年，2014 年我国火箭共发射了 14 发，而 2015 年达到 19 发。强劲的人造卫星需求推动人造卫星发射数目呈现了爆发式增长。而今，仅近两年就有超过 30 发火箭发射，50 多颗人造卫星被送入太空。

表 68 我国主要人造卫星系列简介

人造卫星系列	人造卫星数目	用途
海洋人造卫星系列	海洋一号（2 颗）、海洋二号，共 3 颗	主要用于海洋水色色素的探测，为海洋生物的资源开放利用、海洋污染监测与防治、海岸带资源开发、海洋科学研究等领域服务。
气象人造卫星系列	风云人造卫星 13 颗	广泛应用于天气预报、气候预测、灾害监测、环境监测、军事活动气象保障、航天发射保障等重要领域，特别在台风、暴雨、大雾、沙尘暴、森林草原火灾等监测预警中发挥重要作用，增强我国防灾减灾和应对气候变化能力，为各级政府提供了准确的决策信息。
陆地人造卫星系列	中巴资源人造卫星（4 颗），高分系列（3 颗）	调查地下矿藏、海洋资源和地下水资源，监视和协助管理农、林、畜牧业和水利资源的合理使用，预报和鉴别农作物的收成，研究自然植物的生长和地貌，考察和预报各种严重的自然灾害（如地震）和环境污染，拍摄各种目标的图像，借以绘制各种专题图（如地质图、地貌图、水文图）等。
环境人造卫星系列	环境减灾星座（2 颗），HT 系列（3 颗），HJ 系列（3 颗）	用于环境和灾害监测的对地观测。
北斗导航定位人造卫星系列	北斗试验人造卫星（4 颗），北斗人造卫星（14 颗）	向全球用户提供高质量的定位、导航和授时服务，包括开放服务和授权服务两种方式。开放服务是向全球免费提供定位、测速和授时服务，定位精度 10 米，测速精度 0.2 米/秒，授时精度 10 纳秒。授权服务是为有高精度、高可靠人造卫星导航需求的用户，提供定位、测速、授时和通信服务以及系统完好性信息。
通信广播人造卫星系列	东方红人造卫星 14 颗	为通信、广播、水利、交通、教育等部门提供了各种服务。
实践科学探测与技术试验人造卫星系列	实践人造卫星 14 颗	用于空间环境辐射探测、单粒子效应试验、空间流体科学试验以及人造卫星工程新技术试验。
海洋人造卫星系列	海洋一号（2 颗）、海洋二号，共 3 颗	主要用于海洋水色色素的探测，为海洋生物的资源开放利用、海洋污染监测与防治、海岸带资源开发、海洋科学研究等领域服务。

人造卫星系列	人造卫星数目	用途
气象人造卫星系列	风云人造卫星 13 颗	广泛应用于天气预报、气候预测、灾害监测、环境监测、军事活动气象保障、航天发射保障等重要领域，特别在台风、暴雨、大雾、沙尘暴、森林草原火灾等监测预警中发挥重要作用，增强我国防灾减灾和应对气候变化能力，为各级政府提供了准确的决策信息。
陆地人造卫星系列	中巴资源人造卫星（4 颗），高分系列（3 颗）	调查地下矿藏、海洋资源和地下水资源，监视和协助管理农、林、畜牧业和水利资源的合理使用，预报和鉴别农作物的收成，研究自然植物的生长和地貌，考察和预报各种严重的自然灾害（如地震）和环境污染，拍摄各种目标的图像，借以绘制各种专题图（如地质图、地貌图、水文图）等。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

近年来，我国在商业航空航天领域也涌现出不少优秀企业。随着互联网在各行各业的应用，早在 2015 年，中国兵工集团与阿里巴巴集团各出资 50% 设立千寻位置网络有限公司，公司理念是“互联网+位置（北斗）”，通过北斗地基一张网的整合与建设，构建位置服务云平台，以满足国家、行业、大众市场对精准位置服务的需求。此番互联网巨头的入场，北斗产业链将有望脱离研发企业散乱的格局，开始迈入兼并整合期。另外，我国领先的新兴卫星研发公司九天微星也将“互联网+”思维代入商业航天，务求改变传统的航天模式。而商业运载火箭开发商零壹空间则专注于低成本小型运载器的研制、设计以及总装。零壹空间愿景成为中国的 SpaceX，大幅降低商业航天的成本。

作为一个以现代科学为基础的高新技术产业，航空航天是国民经济和国防建设的重要组成部分，我国从“十五”到“十二五”以来，一直秉持“寓军于民”的政策，大力发展军用航空航天行业，进行军制改革，并且在军事航空航天实力双方面实现巨大飞跃。

8.2 全球航空航天产业政策分析

8.2.1 各航空航天强国普遍重视军民融合，以军工技术于民用

在冷战初期，前苏联在航天技术及规模上大幅领先美国，而最终却因为航天工业黑洞式的投入导致解体。美国则在冷战初期落后时深刻反思，将本来彼此独立的航天研究单位整合，大幅度提高了研发效率。更重要的是，美国将发展航天工业的技术大规模变现到民用，促使经济获得了大幅发展。从此，军民融合受到了全球各航天强国的重视，航天技术的变现最直观的受益者便是航空工业，航空航天两者也变得密不可分。冷战结束后，各航空航天强国均将“军民融合”作为其重要的政策导向目标，在发展军工的同时变现技术于民用，促进两者协同发展。

表 69 全球航空航天强国军民融合政策情况概览

国家	政策方向	相关政策	军民融合内容
----	------	------	--------

国家	政策方向	相关政策	军民融合内容
美国	军民一体化	《采办改革：变革的命令》	提出要对国防采办方式、军用标准、国防会计制度等进行重大调整。
日本	先民后军，以民掩军	《促进基础技术开发税制》	发展两用技术，扩大民品生产，并对可生产军品的民间企业优惠扶持。
俄罗斯	先军后民	《俄罗斯国防工业军转民法》	确定了国防工业军转民的法律形式。
英国	民技优先	《国防科技和创新战略》	明确提出国防部应吸引世界范围内技术先进的民用部门参与国防工业的科研和生产。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

中国早在 1997 年由全国人大常委颁布的《中华人民共和国国防法》总则第四条中便提出“国家在集中力量进行经济建设的同时，加强国防建设，促进国防建设与经济建设协调发展”，并于 2010 年颁布的《中华人民共和国国防动员法》中规定“国防动员坚持平战结合、军民融合的方针”，从顶层宪法就规定了国防建设与经济发展协调发展的基本原则。从我国近年来相关航空航天政策来看，开放国防建设领域相关市场，引导民营科研机构及企业等非公有单位进入国防建设领域，在经济发展领域是重构经济结构和调整产业升级的重要部署。

同时，中国近年来对军民融合持续重视，2016 年发布了《关于经济建设和国防建设发展的意见》，其中指出要统筹推进经济建设和国防建设，并加快落实军民融合。另外，我国于 2017 年成立了“中央军民融合发展委员会”，标志着我国将军民融合的概念上升为国家战略。

表 70 中国军民融合部分政策情况

事件/政策	发布时间	单位	相关内容
“中央军民融合发展委员会”成立	2017	中共中央政治局召开会议	习近平主席在会上强调，把军民融合上升为国家战略，是长期探索经济建设和国防建设协调发展规律的重大成果，是从国家发展和安全全局出发作出的重大决策。
《关于经济建设和国防建设融合发展的意见》	2016	中共中央、国务院、中央军委	统筹推进经济建设和国防建设，加快落实军民融合。
《关于加快吸纳优势民营企业进入武器装备科研生产和维修领域的措施意见》	2014	总装备部、国防科技工业局、国家保密局	建立相关配套制度机制，完善联合监督管理和退出机制，承担武器装备科研生产和维修任务的民营企业数量和任务级别的提升。

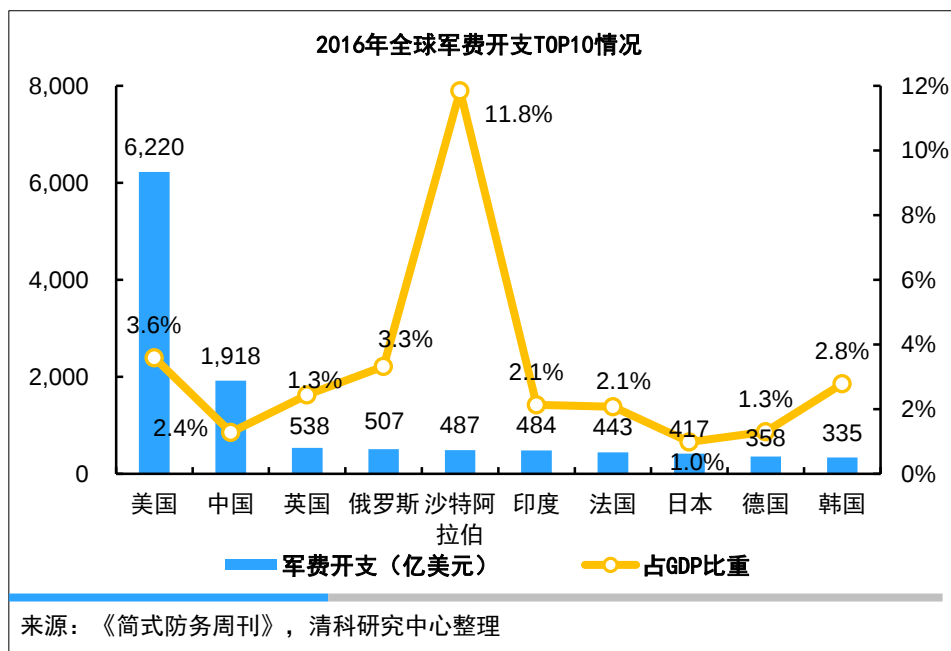
来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.2.2 我国军费开支高居全球第二位，但占 GDP 比重仍然较低

美军军费开支一枝独秀，强国将军费开支控制在占 GDP4% 以下。一个国家的科技研发水平可以较为直观的体现在军用航空航天中。根据《简式防务周刊》数据显示，2016 年，

国防开支前十分别为美国、中国、英国、俄罗斯、沙特阿拉伯、印度、法国、日本、德国以及韩国，美国以 6220 亿美元的军费开支独占鳌头，甚至超越了 2-10 名之和。而我国则以 1918 亿元的军费开支位居次席。从军费开支占 GDP 比例上来看，沙特阿拉伯²⁴占比达到 11.8%，远超其它，而美国则以 3.6% 位居第二。值得一提的是，我国军费开支虽然位居第二，但军费开支所占 GDP 比例仅为 2.4%。而冷战过后，各发达国家基本将军费开支占 GDP 币种控制在 2%-4% 之间。

图 125 2016 年全球军费开支 TOP10 情况



8.2.3 我国政策推进民航自主研发进程，大力实施航天强基工程

在安全、有序、协调的发展格局下，我国航空行业持续完善航空基础设施建设，并大力发展民用、军用航空技术水平。同时，航天行业一直以来都是作为我国重点战略行业，其相关的政策也是为推动航天行业的发展，尤其是“十三五”后更是大力完善航天立法及航天法规体系，同时，对商业航天的发展也有着明确的规划，加速航天技术对商业的变现速度。

表 71 我国航空航天产业部分政策情况

法律法规及政策	颁发时间	颁发部门	相关内容
《“十三五”交通领域科技创新专项规划》	2017	交通部、科技部	规划提出了交通领域科技创新的重点发展领域，包括新构型新能源通用航空飞机技术、新概念新布局无人运输机及现有机型无人化技术。还指出，适时、有序推进低

²⁴ 沙特阿拉伯国内经济严重依赖石油，财政收入石油贡献占比超过 90%，其军用工业严重落后，但为了维持中东强国的地位，每年从美国大量购入先进军备，因而占 GDP 比重极高。

法律法规及政策	颁发时间	颁发部门	相关内容
			空空域开放，是通用航空快速发展和安全有序运行、打开通航产业万亿级市场规模的必需。
《直升机电力作业安全规程》	2017	民航局	该规程为我国民航行业第一部直升机电力作业标准，达到了国际同类标准的先进水平，填补了国内直升机电力作业领域的技术标准空白。
《关于促进通用航空业发展的指导意见》	2016	国务院办公厅	《意见》提出，到 2020 年，建成 500 个以上通用机场，基本实现地级以上城市拥有通用机场或兼顾通用航空服务的运输机场，覆盖农产品主产区、主要林区。形成安全、有序、协调发展格局。
《2016 中国的航天》白皮书	2016	国务院	白皮书进一步完善相关政策与措施，针对未来发展和弱项，提出实施强基工程，提升航天科技工业基础能力。
《国家民用空间基础设施中长期发展规划》	2015	发改委、财政部和国防科工局	提出“三步走”的发展规划，国家将在政策、投资、税收等方面给予全面支持。
《民航局关于促进低成本航空发展的指导意见》	2014	民航局	指导意见从坚持安全发展、促进快速壮大、支持灵活经营、鼓励走出去、改善基础环境、加大政策扶持六个方面提出了多项政策保障措施。
《中国人民解放军卫星导航应用管理规定》	2014	中国人民解放军总参谋部	对卫星导航应用的职责任务、规划计划、申请审批、应用组织、技术保障、安全管理等方面做出明确规定，并且着眼提高北斗卫星导航系统的作战应用效能。
《关于组织开展北斗卫星导航产业重大应用示范发展专项的通知》	2014	发改委、财政部	提出了北斗产业在 8 个行业领域的示范应用，包括电力授时、公安警务、建筑安全监测、海关物流监管、保险综合应用、海洋开发利用、林业生态保护和消费电子。
《船舶工业加快结构调整促进转型升级实施方案》	2013	国务院	在“提高关键配套设备和材料制造水平”中明确提出推进导航设备产业化发展。
《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》	2013	发改委	该目录将航空发动机、航空机载机电设备列入国家重点发展的战略性新兴产业和产品；并要相应部门进一步细化和落实。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.3 航空发动机：飞机的“心脏”

航空发动机是飞机制造的核心，其性能好坏直接影响飞机的飞行性能、可靠性及经济性，是飞机的“心脏”。需要在高温、高速、高负荷的苛刻条件下反复工作，且技术性能、耐久性、可靠性及经济性要求日益提高，涉及气动、热力、控制、材料、强度、制造等诸多学科和技术领域，是典型的技术密集型产品，具有研发周期长、技术难度大、耗费资金多等特点，属于典型的高投入高回报行业。

航空发动机经历了三次重大的变革：（1）第一次重大变革：涡喷替代活塞，能够产生动

力直接推动飞机前进，并且极大的提高了发动机的输出功率；（2）第二次重大变革：涡喷发动机风扇化，主要解决了涡喷发动机能量散失的问题；（3）第三次重大变革：高涵道比发动机应需而生，主要为满足战略部署对于战略远程大型运输机等特种机型载重量大、航程远等对发动机的高涵道比、低油耗等的性能需求。

表 72 航空发动机三次变革

第一次重大变革： 涡喷式发动机替代活塞式发动机	活塞式发动机 	涡喷式发动机 
第二次重大变革： 涡喷式发动机风扇化	风扇式涡喷发动机 	
第三次重大变革： 高涵道比发动机应需而生	高涵道比发动机 	

来源：清科研究中心根据公开资料整理

表 73 航空发动机分类

主要类型	分类方式	分类
活塞发动机	冷却方式	液冷式
		气冷式
	气缸排列方式	星型
		V 型
		直列型
		双列型
		X 型

主要类型	分类方式	分类
喷气式发动机	有压气机	涡轮喷气发动机
		涡轮风扇发动机
		涡轮螺旋桨发动机
		涡轮轴发动机
		涡轮桨扇发动机
	无压气机	冲压式发动机
		脉动式发动机

来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.3.1 美英三大生产商寡头垄断，航空发动机需求持续增长

航空发动机被誉为现代工业的“明珠”，是一个国家科技、工业实力的重要体现。当今世界能够独立研制航空动力并形成产业规模的国家只有联合国五大常任理事国，具有技术和商业优势的则只有美、英两国，全球航空发动机产业是典型的寡头垄断市场；而寡头垄断核心技术与市场的背后是一条多层次分工协作的生产供应链，其 70% 以上的零部件都依靠外部采购。

目前，全球航空发动机制造主要在美国的通用（GE）、惠普（Pratt&Whitney Group）、以及英国的罗罗（Rolls-Royce）这三大航空发动机生产商当中。同时，为了进一步整合资源和强化竞争优势，这三大航空发动机公司还通过两两联合、或与其他国家的航空发动机公司共同组建成立合资公司，包括 CFMI、IAE 以及 EA 三家。这六家航空发动机制造企业占据全球航空发动机市场 95% 的份额，市场集中度极高。

表 74 全球三大航空发动机生产商及其合资公司

公司名称	主要产品	装配机型	市场份额
General Electric Company	CF6 系列、CF23 系列、GE90 系列等	波音 B747、空客 A300、庞巴迪 CRJ100 等	40%
Rolls-Royce	RB211-524 系列、Trent700 系列、Trent1000 系列等	波音 B747、洛马 L-1011、空客 A380 等	22%
Pratt&Whitney	JT3、JT8D 系列、PW6000 系列等	波音 B707、道格拉斯 DC-8、空客 A318 等	9%
CFMI	CFM56-3 系列、CFM56-5 系列	波音 B737-300/400/500	-
International Aero Engines	V2500 系列	空客 A320、A340-200 等	-
Engine Alliance	GP7000 系列	空客 A380	-

来源：清科研究中心根据公开资料整理

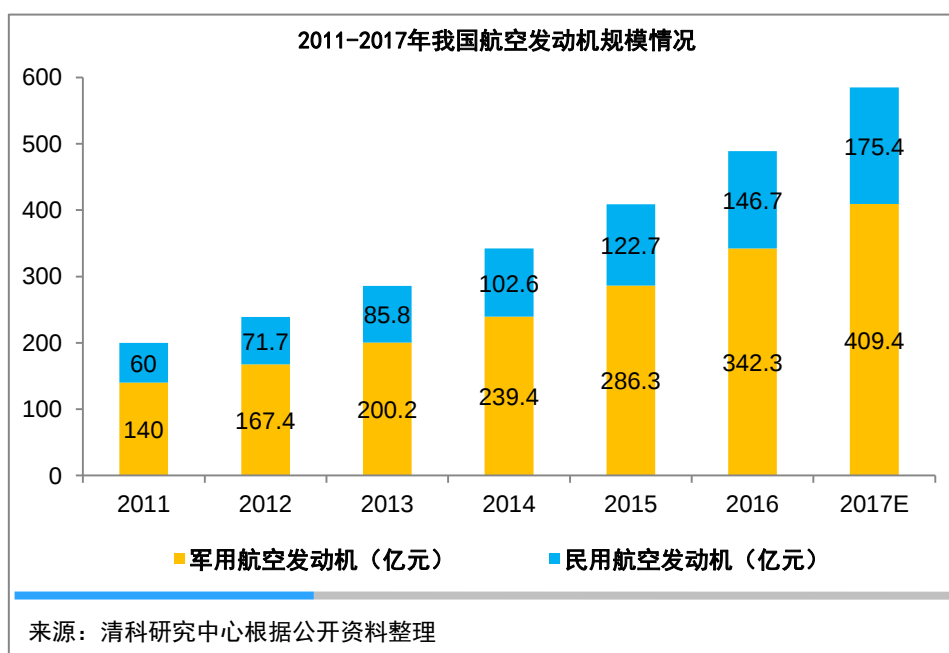
未来 10 年，全球战斗机市场交付量将在相对较低的位置保持稳定，在 2025 年后，战斗机、大型运输机等机型或将迎来交付高峰。根据空客公司 2015 年市场展望报告显示，未来

20 年全球民机需求量将持续上升，2025-2035 年，全球民用飞机需求量将比前十年增加 25% 左右。按此趋势，全球航空发动机需求量也将持续增长。

8.3.2 我国航空发动机规模接近 500 亿，国内产能初具规模

近年来，我国航空发动机规模稳步上升。2016 年，我国航空发动机市场总规模为 489 亿元，其中军用占比达到 70%，而民用为 30%。预计到 2020 年，我国航空发动机产业市场规模将突破千亿元大关。与此同时，我国自行研制生产的民用航空发动机长江 1000 系列预计在 2025 年后完成试航取证，并逐步实现国内民用航空发动机需求的国产替代。

图 126 2011-2017 年我国航空发动机规模情况



目前，我国航空发动机的研制制造工作主要由中航工业直属的中航商用航空发动机有限公司和中国航空发动机集团有限公司承担，两者代表了我国最尖端的发动机技术生产厂商。而其它环节如关节材料等环节也有如抚顺特钢等代表企业。可以说，虽然我国发动机制造与美国等航空发动机制造强国有一定差距，但在国家层面的推进下企业也初具规模。

表 75 我国航空发动机代表企业情况

代表企业	主营业务
中国航空发动机集团有限公司	航空发动机整机研发及制造
中国航空动力控制股份有限公司	航空发动机控制系统研制及制造
四川成发航空科技股份有限公司	航空发动机零部件制造
抚顺特殊钢材股份有限公司	高温合金及超高强度钢
北京钢研高纳科技股份有限公司	高温合金

来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.4 军用飞机：引领航空前沿技术的国防战略核心

军用飞机是直接参加战斗、保障战斗行动和军事训练的飞机的总称，是空军、陆军、海军等航空兵的主要技术装备。军用飞机主要包括：歼击机、轰炸机、歼击轰炸机、强击机、反潜巡逻机、武装直升机、侦察机、预警机、电子对抗飞机、炮兵侦察校射飞机、水上飞机、军用运输机、空中加油机和教练机等。飞机大量用于作战，使战争由平面发展到立体空间，对战略战术和军队组成等产生了重大影响。

表 76 军用飞机主要类型

示例图	类型
	战斗机 —歼击机：在空中消灭敌机和其他飞航式空袭兵器的军用飞机。 —轰炸机：实施空中突击，投掷常规炸弹、核弹或发射空对地导弹的军用飞机。 —强击机：用于从低空、超低空突击战术或浅近战役纵深内的目标，直接支援地面部队作战。
	特种飞机 —预警机：拥有整套远程警戒雷达系统，用于搜索、监视空中或海上目标，指挥并可引导己方飞机执行作战任务的飞机。 —侦察机：专门用于从空中进行侦查、获取情报的军用飞机。 —海上巡逻机：用于海上巡逻、监视、反潜。
	武装直升机 装有武器，为执行作战任务而研制的直升机，是一种超低空火力平台，其强大火力与特殊机动能力的有机结合，可有效地对各种地面目标和超低空目标实施精确打击。
	运输机 用于空运兵员、武器装备和其他军用物资、并能空投伞兵和军用装备的军用飞机。

示例图	类型
	教练机 训练飞行员从最初级的飞行技术到能够单独飞行与完成指定工作的特殊机种。

来源：清科研究中心根据公开资料整理

军用飞机中，战斗机集最先进技术手段于一身，是最能突出的反映航空技术的进步与发展。21 世纪初，美国在作战飞机的分代上，将第二次世界大战后期出现的喷气式飞机作为第一代，共分为五代，（1）第一代战斗机：主要是喷气式实验性飞机，集体属于活塞螺旋桨时代，并未参与战斗；（2）第二代战斗机：采用了理想的后掠翼设计，达到了减小跨声速阻力和提高飞行速度的目的；（3）第三代战斗机：超声速战机时代到来。各类先进空对空导弹和大功率涡轮喷气发动机等新设计加速普及使得这一代战机拥有更先进作战能力；（4）第四代战斗机：高机动性能喷气式战斗机。通过机载设备与数字式电子计算机的密切融合，电子系统更为稳定，同时，高推动比发动机等新的机载设备的诞生使得战机机动性大增；（5）第五代战机：隐身及超高速巡航喷气式战机，隐身、超声速巡航、超机动性以及短距起降是第五代战机的 4 大特征。同时，更先进电子系统的结合使得新一代战机拥有更全面的战斗应用。

我国的歼-10、美国的 F-16、F/A-18、F-15、俄罗斯的苏-27、米格-29 等当前主力战斗机属于第三代，美国的 F-22 和 F-35 为当前世界先进的作战飞机，为第四代。第四代战机的主要性能包括隐身能力、超声速巡航、超机动能力和敏捷性、高度综合的航空电子综合系统和武器等。

表 77 各代战机特点与典型型号

时期	特点	典型型号
第 1 代	试验型飞机、喷气推进	F-80、Me262
第 2 代	后掠翼、测距雷达、红外导弹	F-86、MiG-15
第 3 代	超声速、脉冲雷达、超视距攻击	F-105、F-4、MiG-17、MiG-21
第 4 代	PD 雷达、高机动性、下视下射导弹	F-15、F-16、幻影 2000、MiG-29
第 4+代	高敏捷性、传感器融合、低信号特征	台风、Su-30、新型 F-16、F/A-18
第 4++代	有源电扫相控阵雷达、信号特征耕地或者采用幽怨隐身，部分具有超声速巡航能力	Su-35、F-15SE
第 5 代	带武器内埋的全方位隐身、超高敏捷性、全传感器融合、综合化航电系统、部分或全部的超声速巡航能力	F-22、F-35、T-50、J-20
第 6 代	超级隐身能力，可能具有“变形”能力、弹性蒙皮、高度联网、超高灵敏传感器、可选有人或无人驾驶、定向武器	-

来源：《Aiman》，清科研究中心整理

8.4.1 全球各国军用航空呈三大阵营，优势对比明显

自苏联解体以后，受制于军用航空的敏感性，全球军用航空工业逐渐形成了欧美及其同盟国、中俄及其它独联体和其他国家三个阵营，而美国凭借其强大的航空军事实力以及政治影响力成为了当之无愧的军用航空老大，全球军用航空前十大企业中有 6 家来自美国。

表 78 全球军用航空企业 TOP10

企业	国家	代表产品
洛克希德·马丁	美国	F-22
波音公司	美国	E-3 预警机
BAE 系统公司	英国	猎迷反潜机
诺思罗普·格鲁曼	美国	B-2 轰炸机
联合航空制造集团公司	俄罗斯	苏-35
通用动力公司	美国	F-111 战斗轰炸机
雷神公司	美国	AIM-7 导弹
欧洲宇航防务公司	法国、德国、西班牙	协合式飞机
芬梅卡尼卡公司	意大利	狂风战斗机
联合技术公司	美国	黑鹰直升机

来源：清科研究中心根据公开资料整理

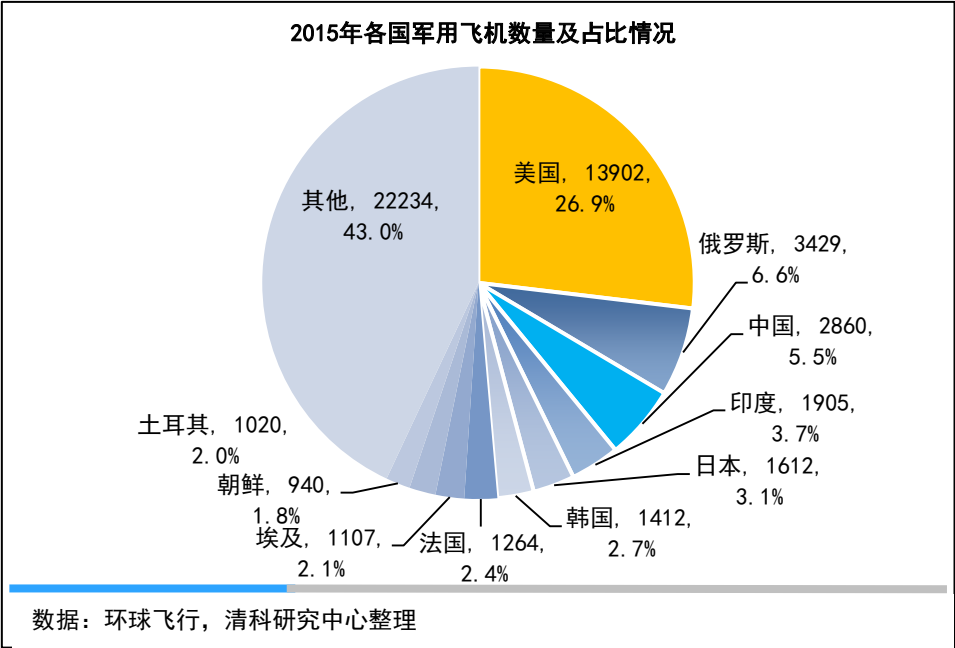
8.4.2 我国军用飞机发展迅速，但距离美国仍有差距

自 2015 年我国首次把空军定位为“战略空军”以来，国家不断加强军机的研制实力，为空军输送先进的军用飞机以提高其作战能力。同时，军用飞机也是现代陆军和海军的关键武器装备，更是各种预警、侦察机的载机，因此要打造强大的陆军、海军、空军及火箭军²⁵，军用飞机是重中之重，未来国家对军用飞机的设计和生产制造的投入也会持续加大。

我国军用飞机在规模与技术上不断突破，然而在数量与质量上与美国仍有较大差异，随着我国大量军费的投入，我国军用飞机的规模在不断扩张，产品也在不断的升级换代。

图 127 2015 年各国军用飞机数量及占比情况

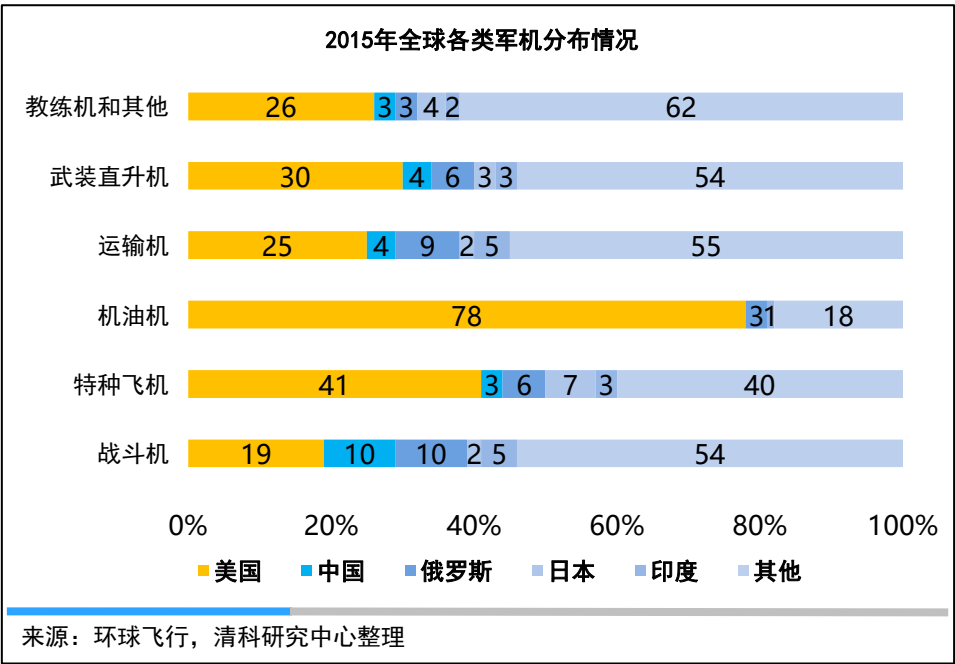
²⁵ “火箭军”的前身是“二炮部队”，2015 年 12 月 31 日中国人民解放军第二炮兵二炮部队更名为“中国人民解放军火箭军”。



从全球范围来看，我国军机数量仍然与美国存在很大差距。美国拥有现役固定翼飞机和其他类型的飞机 13902 架，占全球现役军用飞机总数的 27%；俄罗斯紧随其后，拥有 3429 架各型飞机，占全球百分比为 7%；而我国位列第三名，现役飞机数量为 2860 架，占全球百分比为 6%，我国军机数量不足美国的四分之一。

除战斗机外，我国其余种类飞机数量与美国相对差距也较大。战斗机和武装直升机在世界军机总量中占比较大，占比分别为 28.22%和 37.71%。我国战斗机超过美国的一半，其余种类飞机全不足美国六分之一。

图 128 2015 年全球各类军机分布情况



8.4.3 国内军用航空市场极度集中，制造技术趋于成熟

我国军用航空制造主要掌握在国家手中，国防科工委领导下的中航飞机（中航工业旗下直属公司）是我国唯一且最大的飞机制造商。军用航空飞机制造包括发动机、系统、整机等多个环节。为实现对我国航空飞机制造的多环节覆盖，中航工业建立了多个直属公司。其中包括：我国直升机制造龙头的中航直升机股份有限公司、拥有我国航空机电唯一上市平台的中航工业机电系统股份有限公司；我国航空电子行业龙头的中航航空电子系统股份有限公司；我国航空发动机巨头中国航发科技工程有限责任公司以及我国发动机控制系统的核心供应商中国航发动力控制股份有限公司等。经过多年发展，中航飞机在飞机制造的各环节均有较为成熟的制造技术，飞机制造水平持续提高。

表 79 我国军用航空相关企业情况

公司名称	行业地位	发展预期
中航飞机股份有限公司	中国飞机制造行业龙头	远程战略轰炸机是我国军队作战能力短板，利好大飞机和发动机厂商；民用航空，空客预计成为最大航空运输市场，未来有望复制空客成长轨迹
中航直升机股份有限公司	直升机制造龙头	我国军事战略转型，军用直升机需求快速增长；低空即将放开，民用直升机面临更为广阔的市场需求
中航工业机电系统股份有限公司	航空机电唯一上市平台	未来 20 年航空机电系统市场近万亿，成长空间极广阔，公司作为行业龙头将持续受益
中航航空电子系统股份有限公司	航空电子行业龙头	我国航电市场规模大约 2400 亿美元。公司在航空电子各领域，具备系统级、设备级和器件级产品的完整产业链的研发和制造体系
中国航发动力科技工程有限责任公司	航空发动机巨头	主要来源于航空发动机整机及维修业务，新产品逐渐量产，老产品带来维修业务的增加
中国航发动力控制股份有限公司	航空发动机控制系统核心供应商	预计未来 20 年我国航空发动机市场需求约 2.8 万亿，其中发动机采购需求 1.5 万亿，配套服务需求 1.3 万亿。短期军品需求快速放量，长期看民用领域需求更为广阔
抚顺特殊钢股份有限公司	高端特种钢巨头	高温合金军品国内市场占有率达到 80% 以上，高强度钢国内市场占有率达到 90% 以上，其它高端品种市占率亦位居国内前列，将极大受益于我国高端装备制造业大发展
北京钢研高纳科技股份有限公司	高温合金材料引领者	随核电重启，高温合金需求将放量增长，预计核电领域未来 10 年每年对高温合金等各种特种材料的需求约 100-150 亿元左右，进口替代空间广阔

来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.5 民用飞机：航空航天民用化、商业化的重要阵地

民用飞机的概念发端于第二次世界大战后，英美等国家制造了一大批用于运输用途的飞机机型，同时对一批军用战斗机进行改造用于民用运输。而随着国际经济贸易一体化进程的

不断加速，航空运输已经成为世界范围内最为重要的商业运输形式之一，民用飞机制造行业也经历了数十年的蓬勃发展。按飞机使用用途划分民用飞机可分为三种：一是全客机，主舱载人，下舱载货；二是全货机，主舱及下舱全部载货；三是用于从事工业、农业、林业、渔业和建筑业的作业飞行以及医疗卫生、抢险救灾、气象探测、海洋监测、科学实验、教育培训、文化体育等飞行活动的同行飞机。前两种属于商业航空即民航市场，第三种属于通用航空产业。

8.5.1 全球民航资源高度集中，欧美处于国际垄断地位

经过 100 多年的发展，全球航空制造资源已经集中到少数企业中，美国波音公司以及欧洲空客公司基本垄断了干线飞机市场，而巴航工业和庞巴迪则在支线飞机市场占据较大份额。

目前，世界最大的民用飞机制造商为美国波音公司，其产品涵盖了 100 座级别到 500 多座级别以及货运型号在内的各种民用飞机。我国民用飞机的制造经历多年有了长足的发展。但当前自主制造能力还十分有限，与美国欧洲差距较大。

表 80 波音公司主要机型介绍

示例图	型号
	737: 中短程双发喷气式客机，自研发以来五十年销路经久不衰，成为民航历史上最成功的窄体民航客机系列之一，至今已发展出十个型号。
	747: 波音 747 是由美国波音公司在上个世纪六十年代末在美国空军的主导下推出的大型商用宽体客/货运输机亦为世界上第一款宽体民用飞机，自 1970 年投入服务后，到空客 A380 投入服务之前，波音 747 保持全世界载客量最高飞机的纪录长达 37 年。2011 年，747 最新型号 747-8 正式投入服务。
	767: 波音 767 是美国波音公司开发的中大型、长航程、宽体双发喷气式飞机，用来与空中客车 A300 和 A310 竞争，它是波音公司第一架具有两乘员玻璃座舱的飞机。



777: 波音 777 是一款中远程双引擎宽体客机，是目前全球最大的双引擎宽体客机，三级舱布置的载客量由 283 人至 368 人，航程由 5 千海里至 9 千海里（9 千公里至 17 千公里）。



787: 波音 787 是航空史上首架超远程中型客机，它变体机型中典型的三层座位设计能容纳 242 至 335 名乘客。其最大特点是大量采用先进复合材料建造飞机骨架、超低燃料消耗、较低的污染排放、高效益及舒适的客舱环境。

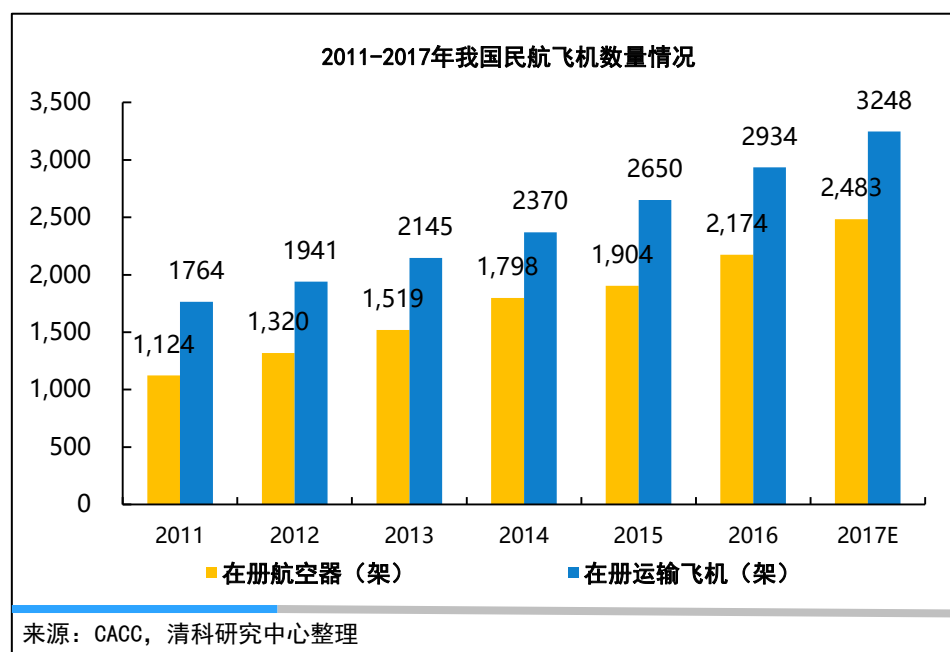
来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.5.2 我国民航运力增长迅速，支线客机制造实现突破

（1）民航运力发展

我国民航运力近年来增长迅速，航线网络得到了进一步完善，使得我国民航运输飞机总量也快速攀升，根据 CAAC 数据统计，2015 年我国民航飞机总量达到 2650 架，较之 2011 年的 1764 架增加了 886 架，年均增长 10%。

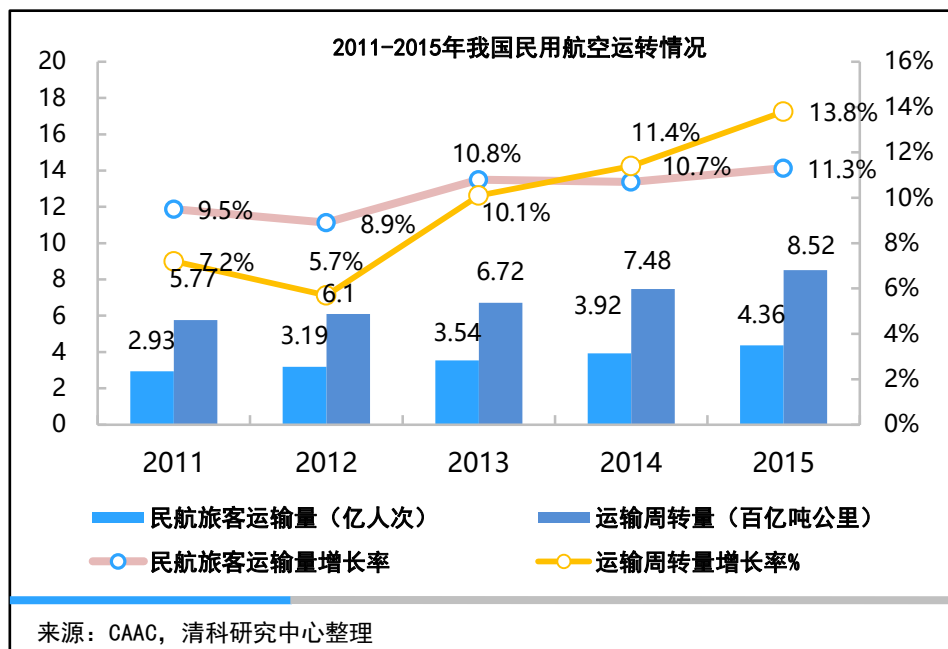
图 129 2011-2017 年我国民航飞机数量情况



随着经济发展，国民收入增加，我国民用航空呈稳步增长，2015 年民用航空周转量达到 852 亿吨公里，同比增长 13.8%；民航旅客运输量 4.36 亿人次，同比增长 11.3%。为了

匹配不断增长的民用航空的需求，民航航空飞机数量需保持同步增长，将持续助推航空制造业快速发展。

图 130 2011-2015 年我国民用航空运转情况



（2）民用航空支线及干线飞机制造现状

目前，我国民用航空支线及干线飞机的制造总体仍处于研发制造阶段，民用航空飞机基本还是依靠进口组装。但是，我国近年来干线及支线飞机需求的快速增长，也进一步促进了相关飞机技术的突破。例如，2015 年，由中航商飞研制成功的小型支线客机 ARJ21 成功飞抵成都，是我国首个拥有自主知识产权的支线客机；2017 年 5 月，C919 在上海成功试飞，体现了我国对支线客机的再次突破。

2017 年 5 月，我国国产大型飞机 C919 在上海浦东机场试飞成功，标志着我国将成为继美国和欧盟等国家地区之后的新兴民用客机制造国。我国大型客机领域自运 10²⁶下马以来，一路跌跌撞撞经历了 30 多年的艰辛发展，终于使 C919 翱翔于天空，代表了中国人有了自己的干线客机。据统计，国内有 22 个省份、200 多家企业、36 所高校、数十万产业人员参与了 C919 大型客机研制，包括宝钢在内的 16 家材料制造商和 54 家标准件制造商成为大型客机项目的供应商或潜在供应商。

（3）民航运输企业现状

民航运输方面，形成了中央控股航空公司为第一梯队，地方航空公司为第二梯队，与民

²⁶ 运 10 是中国于 1970 年开始研制，1982 年成功试飞的小型客机，但由于当时国内外多种阻碍因素的共同作用下于 1986 年终止。

营航空公司不断发展的竞争局面。由于政府对航空运输业的严格管控,以及较高的准入门槛,中央控股航空运输公司一直处于垄断地位。其中,中国国际航空股份有限公司、中国南方航空股份有限公司以及中国东方航空股份有限公司三大航空公司作为行业领军者。截至 2016 年,三大航实现运输总周转率 677.7 亿吨公里,旅客周转量 5617.52 亿人公里,客运量 31294.99 万人, 占我国航空运输业的比重分别为 70.5%、67.2%和 64.2%。

8.6 人造卫星：未来大国争夺太空制空权的焦点

8.6.1 人造卫星导航应用市场庞大，产值突破 2000 亿元

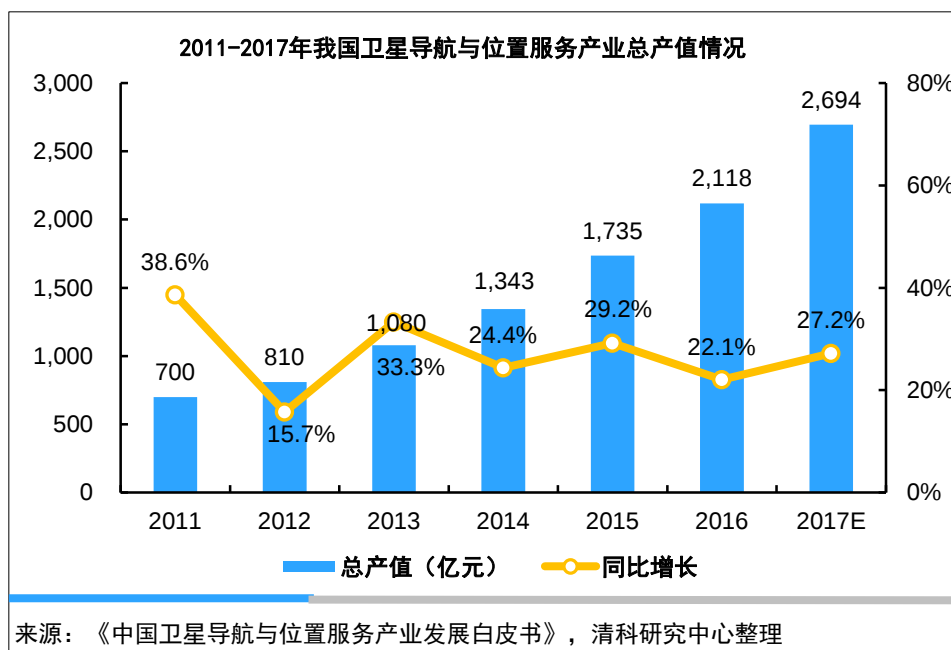
人造卫星导航是目前中国人造卫星产业市场化程度最高、国际商业化成就最大、市场前景最好、自主技术实力最靠前的领域，也是未来中国太空制空权的关键。自 2000 年，我国首先建成北斗导航试验系统，目前已成功应用于测绘、电信、水利、渔业、交通运输、森林防火、减灾救灾和公共安全等诸多领域，如 2008 年北京奥运会及汶川抗震救灾等，有着显著的经济效益和社会效益。



来源：网络公开图片

根据 2016 年《中国人造卫星导航与位置服务产业发展白皮书》显示，我国全年人造卫星导航总体产值已突破 2000 亿元大关，达到了 2118 亿元，较之 2015 年增长 22.1%。2016 年我国人造卫星导航与位置服务领域企事业单位数量保持在 14000 家左右，从业人员数量约 45 万。据不完全统计，截至 2017 年 4 月，业内上市公司（含新三板）总数达到 53 家，上市公司涉及人造卫星导航与位置服务的相关产值约占全国总产值的 10.87%，产业集中度有所提升。2016 年国内导航定位终端产品总销量突破 5.3 亿台，其中具有人造卫星导航定位功能的智能手机销量达到 5.1 亿台，而带北斗功能的数量超过 30%。汽车导航后装市场终端销量达到 800 万台，汽车导航前装市场终端销量突破 550 万台，各类监控终端销量在 600 万台左右。

图 131 2011-2017 年我国卫星导航应用产业总产值情况



8.6.2 北斗导航处于市场化初期，应用潜力将持续释放

（1）北斗导航系统建设进程

经过多年的努力，北斗卫星导航系统（简称“北斗系统”）功能逐步成熟，成为中国人造卫星产业的名片。2012年12月27日，北斗导航业务正式对亚太地区提供无源定位、导航、授时服务，定位精度优于20m，授时精度优于100ns；2013年，首个北斗人造卫星导航地面增强网建成试运行，差分北斗人造卫星导航地面增强示范系统，沿海北斗连续运行参考站系统也相继建成。此外，更多的地方级导航信号增强系统也将要陆续投入使用；2014年11月，国际海事组织通过了对北斗人造卫星导航系统认可，标志着北斗导航系统进入全球导航市场迈出了关键的一步。

目前，中国正基于现有北斗系统建设导航服务范围全球化、定位精度更高的“北斗二代”。“北斗二代”建成之日，北斗导航系统可在全球范围内像GPS系统一样实现全天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠定位、导航和授时服务。

表 81 我国北斗卫星导航系统建设进程

时间	事件
1989	利用通信人造卫星开展双星定位演示验证试验
1994	启动北斗人造卫星导航试验系统建设
2000	发着两颗北斗试验人造卫星，北斗人造卫星导航试验系统建成
2004	启动北斗人造卫星导航系统建设
2007	北斗人造卫星导航系统首颗 MEO 人造卫星成功发射，开展了国产人造卫星原子钟、精密定

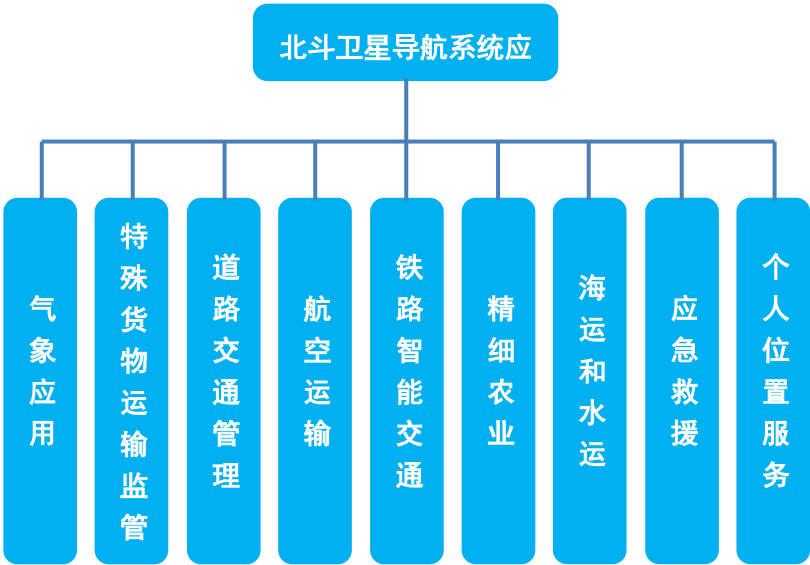
时间	事件
	轨与时间同步、信号传输体制等大量技术试验
2009	首颗 GEO 人造卫星成功发射，验证了 GEO 导航人造卫星相关技术
2010	第二颗 GEO 导航人造卫星发射成功
2012	北斗系统空间信号接口控制文件正式版 1.0 正式公布，北斗导航业务正式对亚太地区提供无源定位、导航、授时服务
2013	正式发布了《北斗系统公开服务性能规范（1.0 版）》和《北斗系统空间信号接口控制文件（2.0 版）》两个系统文件
2014	国际海事组织海上安全委员会审议通过了对北斗人造卫星导航系统认可的航行安全通函

来源：中国卫星导航定位协会，清科研究中心整理

（2）北斗导航服务领域

人造卫星导航是朝阳产业，具有高成长高效益的特点。其中，北斗系统“双向定位”潜力巨大，基于位置服务（LBS）快速发展。当前人造卫星导航服务已经不再是简单的位置服务，基于位置的服务（LBS）通过与互联网的融合已经成为新兴产业。如今，北斗终端设备涵盖了导航产业各领域，竞争力稳步增强。

图 132 我国北斗卫星导航系统应用领域



来源：清科研究中心根据公开资料整理

在智能手机领域，近年来，三星、华为等品牌推出了具备北斗定位功能的手机；在车载导航领域，国内外已有 20 多个品牌、200 多款车型的北斗车载导航仪走向市场。而北斗人造卫星的“双向定位”特色功能对于运动监测、遇险报警等服务具有非常大的市场挖掘价值。伴随着我国智能手机的崛起，以及互联网市场的井喷式发展，北斗 LBS 服务市场将进一步扩大。

（3）北斗导航产业规模及代表企业

目前，我国卫星导航绝大部分市场份额仍由美国 GPS 系统占据，但北斗导航产业已经开始实现规模化应用，增长速度极快。截至 2015 年，北斗导航规模达到了 700 亿元，预计到 2020 年将超过 2600 亿元。

图 133 2012-2020 年中国北斗导航产业规模（单位：亿元人民币）



由于目前北斗导航还处于市场化初期，从事北斗导航的企业较多，但集中度较低。其中，芯片和运营服务的主板参与者 2015 年营收均值分别达到 25.64 亿元和 23.31 亿元，两者拥有相对较大的市场空间。

表 82 我国北斗系统各产业链环节代表企业情况

企业名称	产业链环节	主要产品
航天时代电子技术股份有限公司	芯片	高性能传感器、无线电测量控制系统、星上精密机构及结构部件等
北京合众思壮科技股份有限公司	GIS 软件	GIS 采集、高精度测量、系统工程、汽车导航等
广州海格通信集团股份有限公司	导航终端	导航设备研发、生产、销售、服务
广州中海达卫星导航技术股份有限公司	测量终端	GNSS 研发、生产、销售
中国东方红卫星股份有限公司	运营服务	卫星研制及卫星应用

来源：清科研究中心根据公开资料整理

8.7 中国航空航天工业发展趋势

8.7.1 受新能源技术突破影响，行业或面临颠覆式改变，重新洗牌

从不做手机的苹果用自己第一款手机在短短 3 年内就将多年称王的诺基亚拉下王座；多年未涉及视频游戏的任天堂以其颠覆式的体感玩法击退了索尼和微软。近年来，跨界竞争以颠覆性的姿态促进着行业的变革。而航空航天可以说是人类最高精尖科技的结合体，涉及的领域包括新材料、新能源、人工智能等，这意味着任何一个领域技术的革新都可能改变航空航天整体的发展方向。目前，全球正处于新旧能源的替代期，新能源规模化运用进程已经加快，而随着新能源技术的持续突破，未来辐射到航空航天也只是时间问题。届时，传统的化石能源发动机可能被新能源发动机替代，航空航天的核心环节有望出现颠覆式改变，可能引发行业洗牌。

8.7.2 火箭及卫星成本逐步降低，“互联网+航空航天”应用前景广阔

2015 年 1 月，由特斯拉创始人马斯克创办的太空公司 SpaceX 获得谷歌和 Fidelity 公司 10 亿美元的投资额。作为互联网公司的谷歌投资航空航天领域的企业 SpaceX 引发了全球关注，而谷歌的全球互联网普及理念也逐步清晰。

航空航天的高速发展对于帮助实现互联网的全球覆盖有着极大的促进作用，并随着火箭、卫星等发射成本的逐步降低，使得民用领域的应用前景逐步开阔。未来“互联网+航空航天”的模式将逐步应用于更多民用领域。

8.7.3 北斗导航打破 GPS 垄断格局，全球化运营服务体系逐步形成

北斗系统发展至今，从兼容 GPS 到兼容北斗，从军用应用到普及大众，北斗导航正快速占领市场，打破被 GPS 垄断的格局。而北斗“填上好用，地下会用”的局面也正被逐渐夯实。而未来五年，北斗卫星导航与位置服务产业将实现跨越式发展，市场国际化和服务全球化也将得以实现，应用深度和广度都将大幅提升，产业竞争能力会有质的飞跃。在多种因素的共同促进下，北斗导航的市场潜力将加速释放。届时，北斗导航上游将形成拥有自主知识产权的生产研发体系及配套产业环境，中游将形成一批国际知名企业和民族品牌，下游将形成全球化的运营服务体系，大幅提升国际影响力。

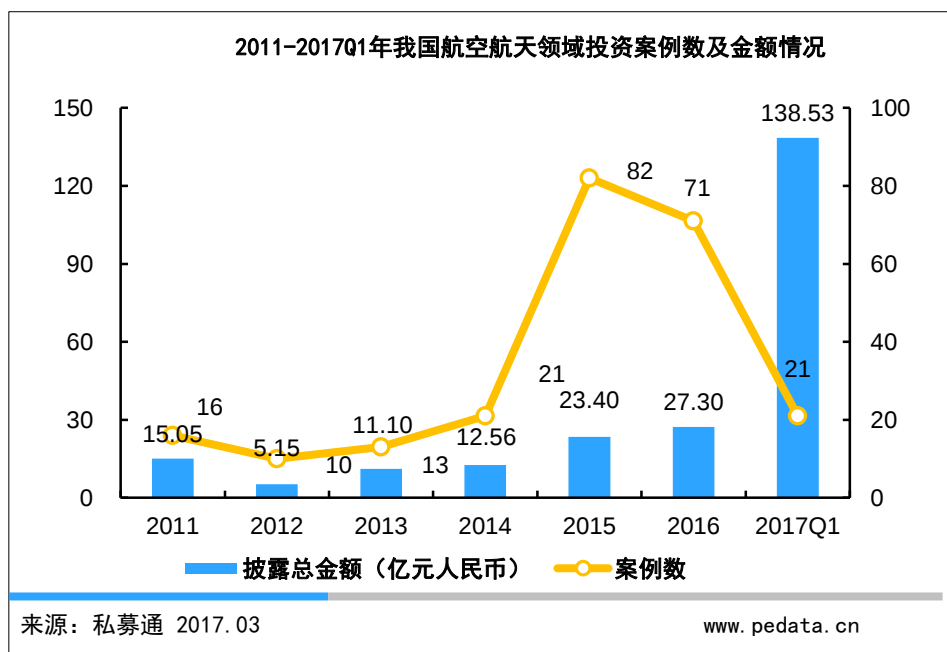
8.8 中国航空航天工业投融资趋势

8.8.1 投资规模：持续稳定增长，行业巨头进一步拉高投资热度

我国航空航天行业的投融资在“十三五”的影响下出现了较大幅度增长。2015 年达到

了 23.40 亿元的披露总投资额，案例数达到了 82 起。而作为“十三五”元年的 2016 年，投资热度得到了保持，披露投资金额为 27.3 亿元，案例数为 71 起。2017 年一季度，中国航空公司、易方达基金、中国航空油料集团公司等联合投资中国国际航空股份有限公司 112.18 亿元人民币，由于金额数量较大，因而直线推动了 2017 一季度总披露投资金额，使得其远超其它年份。

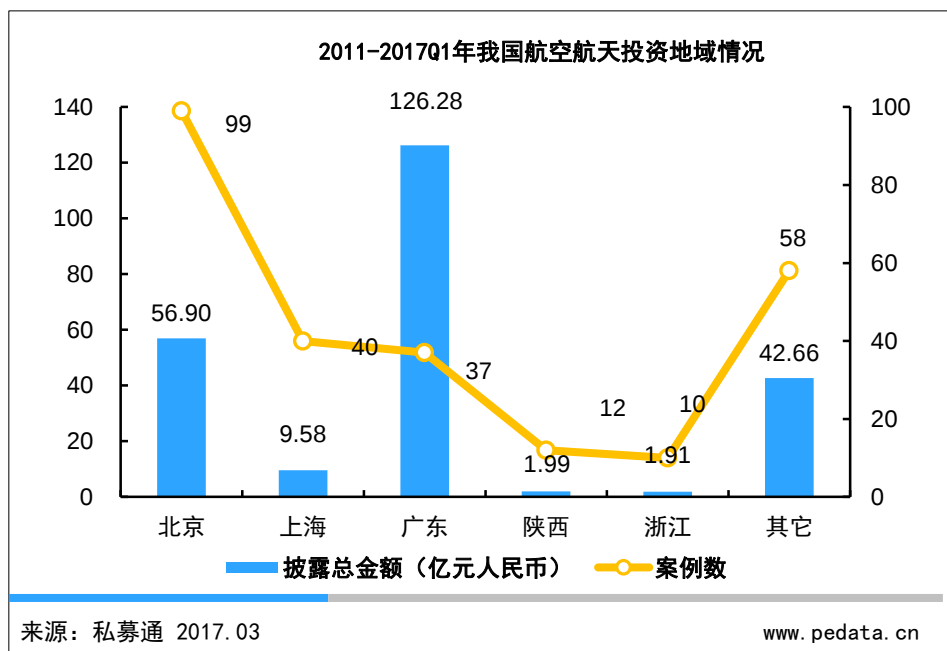
图 134 2011-2017Q1 我国航空航天领域投资案例数及金额情况



8.8.2 投资地域：广东独占鳌头，北京稳居二位，上陕浙位列其后

从地域上看，在北上广以及浙江地区发达的经济依托下，航空航天投资热度远超其它，陕西由于其所处地理及战略因素成为了我国核心科技孵化区域之一，航空航天投资也以 1.99 亿元跻身前五。而广东地区则以 126.28 亿元的披露投资额独占鳌头。

图 135 2011-2017Q1 我国航空航天领域投资地域情况



8.8.3 投资阶段：受高门槛、长周期影响，扩张期、成熟期获青睐

航空航天行业具有极高的门槛并且拥有较长的投资周期，所以投资者往往更倾向于成熟期的投资。2011-2017Q1年，投资者对航空航天行业处于成熟期的企业披露投资金额达到了190.01亿元，一枝独秀，案例数为58起。而扩张期的投资案例数达到了82起，位居第一。可以看出，投资者对航空航天行业投资态度谨慎，扩张期及成熟期受到青睐。

图 136 2011-2017Q1 我国航空航天领域投资阶段情况

