

广东省高端装备制造产业 专利统计分析报告

广东省知识产权保护中心

2021 年 12 月



目录

第一章	引言.....	1
1.1	项目背景.....	1
1.2	产业链分类.....	2
1.3	统计口径约定.....	3
1.4	重要术语释义.....	3
第二章	高端装备制造产业发展态势.....	5
2.1	高端装备制造产业发展现状.....	5
2.1.1	全球高端装备制造产业发展概况.....	5
2.1.2	我国高端装备制造产业发展概况.....	7
2.2	政策环境.....	8
2.2.1	全球政策环境.....	8
2.2.2	中国政策环境.....	10
2.2.3	广东政策环境.....	13
2.3	产业竞争格局分析.....	14
第三章	中国高端装备制造产业创新发展态势.....	17
3.1	中国创新企业.....	17
3.2	中国专利布局.....	18
3.3	中国创新人才.....	22
第四章	从关键技术看产业技术发展方向.....	25
4.1	高端数控机床.....	25
4.1.1	多轴联动数控机床领域的发展现状.....	27
4.1.2	多轴联动数控机床领域的专利布局情况.....	28
4.1.3	多轴联动数控机床技术洞察.....	31
第五章	广东省高端装备制造产业创新发展定位.....	34
5.1	广东省创新企业.....	34
5.2	广东省专利布局.....	35
5.3	广东省创新人才.....	38
5.4	广东省产业链集聚结构.....	39
5.5	优势环节分析.....	39
5.6	不足环节分析.....	41
5.7	潜力环节分析.....	42
5.8	风险环节分析.....	43
第六章	广东省智能装备制造产业创新发展路径建议.....	45
6.1	产业布局建议.....	45
6.2	产业知识产权风险防控建议.....	48

图目录

图 1. 高端装备制造产业链结构图.....	3
图 2. 全球高端装备制造业空间分布格局.....	6
图 3. 中国高端装备制造主要产业规模及预测.....	8
图 4. 中国高端装备制造创新企业数量增长情况.....	17
图 5. 中国高端装备制造创新企业数量排名前 10 省市（单位：家）.....	18
图 6. 中国高端装备制造产业的发明专利申请公开量增长趋势.....	19
图 7. 中国高端装备制造产业发明专利申请公开量排名前 10 省市（单位： 件）.....	19
图 8. 中国的高端装备制造产业链的热点技术领域增长趋势.....	21
图 9. 中国高端装备制造产业创新人才数量增长情况.....	23
图 10. 中国高端装备制造产业创新人才数量排名前 10 省市（单位：人）.....	23
图 11. 数控机床产业链全景.....	25
图 12. 多轴联动数控机床相关专利申请公开趋势.....	28
图 13. 国内 31 省市和海外在华专利布局对比情况.....	29
图 14. 多轴联动数控机床相关专利技术分布.....	29
图 15. 多轴联动数控机床相关专利申请人地域分布.....	31
图 16. 多轴联动数控机床技术洞察.....	33
图 17. 广东省各市创新企业分布情况.....	34
图 18. 广东省各市高端装备制造产业累计发明专利申请公开量的分布情况	36
图 19. 广东省各市从事高端装备制造产业创新人才分布情况.....	38

表目录

表 1. 发达国家和新兴经济体在高端制造领域的战略布局.....	9
表 2. 中国高端装备制造产业相关政策.....	10
表 3. 各省市高端装备制造产业相关政策.....	12
表 4. 广东省高端装备制造产业相关政策.....	14
表 5. 中国高端装备制造产业链的创新资源分布情况.....	20
表 6. 国内 31 省市与海外来华在中国的专利布局对比情况.....	22
表 7. IPC 小类释义	30
表 8. 广东省高端装备制造领域高价值专利中的代表性专利.....	37
表 9. 广东省在高端装备制造产业链的优势领域创新要素分布.....	40
表 10. 广东省在高端装备制造产业链的不足领域创新要素分布.....	41
表 11. 广东省在高端装备制造产业链的潜力产业增速情况.....	42
表 12. 高端装备制造产业链专利预警分析.....	44

第一章 引言

1.1 项目背景

2021年3月,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》围绕“发展壮大战略性新兴产业”进行了专章论述,指出要着眼于抢占未来产业发展先机,培育先导性和支柱性产业,推动战略性新兴产业融合化、集群化、生态化发展,战略性新兴产业增加值占GDP比重超过17%。2021年9月,中共中央、国务院印发《知识产权强国建设纲要(2021-2035年)》,在“建设激励创新发展的知识产权市场运行机制”部分,明确要大力推动专利导航在传统优势产业、战略性新兴产业、未来产业发展中的应用。

习近平总书记对广东制造业发展高度重视、寄予厚望,明确要求广东加快推动制造业转型升级,建设世界级先进制造业集群。2020年5月,《广东省人民政府关于培育发展战略性支柱产业集群和战略性新兴产业集群的意见》发布,并进一步制定了20个战略性新兴产业集群行动计划,最终形成“1+20”的政策体系,旨在推动广东省产业链、创新链、人才链、资金链、政策链相互贯通,加快建立具有国际竞争力的现代化产业体系。2021年4月,《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》在“总体要求”中表示,改造提升传统产业,做大做强战略性支柱产业,培育发展战略性新兴产业,加快发展现代服务业,推动产业基础高级化和产业链供应链现代化,提高产业现代化水平,打造新兴产业重要策源地、先进制造业和现代服务业基地,推动建设更具国际竞争力的现代产业体系。

针对“高端装备制造产业”,广东省工业和信息化厅等五部门于2020年9月印发了《广东省培育高端装备制造战略性新兴产业集群行动计划(2021-2025年)》,提出到2025年,将广东省打造成全国高端数控机床、海洋工程装备、航空装备、卫星及应用、轨道交通装备等高端装备制造的重要基地。并明确广东省市场监督管理局负责突破产业发展瓶颈和短板,构建产业创新平台和创新体系,加强质量品牌建设,增强知识产权综合实力等重点任务中的相关工作。

为深入贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九大精神,认真落

实中共中央、国务院关于发展壮大战略性新兴产业和知识产权强国建设及省委、省政府关于推进制造强省建设的工作部署，按照《广东省人民政府关于培育发展战略性新兴产业产业集群和战略性新兴产业集群的意见》、《广东省培育高端装备制造战略性新兴产业集群行动计划（2021-2025年）》的工作安排，加快发展高端装备制造战略性新兴产业集群，促进产业迈向全球价值链高端，开展高端装备制造产业专利分析研究工作。基于产业专利导航创新决策理念，紧扣产业分析和专利分析两条主线，将专利信息与产业现状、发展趋势、政策环境、市场竞争等信息深度融合，基于知识产权产业金融大数据，深入研究广东省高端装备制造产业发展现状，明晰产业发展方向，找准区域产业定位，分析存在制约发展的瓶颈问题和制度障碍，指出优化产业创新资源配置的具体路径，提出适用于本区域产业创新发展的相关建议，为广东省高端装备制造产业发展规划、招商引资、人才引进等提供决策支撑。

1.2 产业链分类

高端装备制造产业分为六大领域，包括智能制造装备、航空装备、航天装备、轨道交通装备、海洋工程装备、集成电路装备。进一步将高端装备制造产业分为多个相关的三级分支：智能制造装备主要涉及机器人制造、高端数控机床、重大成套设备制造、增材设备制造、智能关键基础零部件制造；航空装备主要涉及航空器装备制造、航空相关设备制造、航空通信导航设备；航天装备主要涉及卫星装备制造、飞船制造、火箭制造；轨道交通装备主要涉及铁路车辆、城市轨道交通车辆、轨道交通车辆零部件、轨道交通通信系统、信号与控制系统；海洋工程装备主要涉及海洋工程装备制造、深海石油钻探设备制造、海洋相关设备制造；集成电路装备主要涉及集成电路制造设备等。



图1. 高端装备制造产业链结构图

1.3 统计口径约定

本报告中的所有数据均为中国高端装备制造产业知识产权资源统计数据。

发明专利申请公开量 指公开的发明专利申请数量。

有效专利量 报告期末处于专利权维持状态的案卷数量，包括发明、实用新型和外观。与申请量和授权量不同，有效量是存量数据而非流量数据。

有效发明专利量 报告期末处于发明专利权维持状态的案卷数量。与申请量和授权量不同，有效量是存量数据而非流量数据。

1.4 重要术语释义

创新企业 指有发明专利申请活动的企业。

上市公司 包括在 A 股、中概股、港股和新三板上市的企业。

独角兽企业 指成立时间不超过 10 年、估值超过 10 亿美元的未上市创业公司。

隐形冠军企业 指在某个细分行业或市场占据领先地位，拥有核心竞争力和明确战略，其产品、服务难以被超越和模仿的企业。

专精特新企业 指具有“专业化、精细化、特色化、新颖化”特征的工业中小企业。

初创企业 指融资成功且拥有专利申请的创业企业。

高价值专利 包含以下五种情况的有效发明专利：战略性新兴产业的发明专利、在海外有同族专利权的发明专利、维持年限超过 10 年的发明专利、实现较高质押融资金额的发明专利、获得国家科学技术奖或中国专利奖的发明专利。

创新人才 指有发明专利申请的发明人。

国家高层次人才 指院士、长江学者、创新人才推进计划、博士后创新人才支持计划等高端人才。

技术高管 指在企业中担任董事、监事、高管，同时拥有专利申请的发明创造工程师。

科技企业家 指有专利申请的企业法定代表人。

复合增速 即年复合增长率，计算方法为总增长率百分比的 n 方根， n 等于有关时期内的年数。公式为： $(\text{现有数值}/\text{基础数值})^{(1/\text{年数})} - 1$ 。

国内 31 省市 包含黑龙江省、辽宁省、吉林省、河北省、河南省、湖北省、湖南省、山东省、山西省、陕西省、安徽省、浙江省、江苏省、福建省、广东省、海南省、四川省、云南省、贵州省、青海省、甘肃省、江西省、内蒙古自治区、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区、西藏自治区、广西壮族自治区、北京市、上海市、天津市、重庆市，共 22 个省、5 个自治区、4 个直辖市。

第二章 高端装备制造产业发展态势

2.1 高端装备制造产业发展现状

2.1.1 全球高端装备制造产业发展概况

高端装备制造业是推动工业转型升级的引擎，行业的技术水平决定着国民经济各行业的装备水平。

高端装备制造业又称先进装备制造业，是指生产制造高技术、高附加值的先进工业设施设备的行业。高端装备主要包括传统产业转型升级和战略性新兴产业发展所需的高技术高附加值装备。高端装备制造业是以高新技术为引领，处于价值链高端和产业链核心环节，决定着整个产业链综合竞争力的战略性新兴产业，是现代产业体系的脊梁，是推动工业转型升级的引擎。大力培育和发展高端装备制造业，是提升国家产业核心竞争力的必然要求，是抢占未来经济和科技发展制高点的战略选择，对于加快转变经济发展方式、实现由制造业大国向强国转变具有重要战略意义。

从经济发展规律角度看，一个国家或地区在工业化中后期向后工业化阶段转变的过程中，以煤炭、有色、钢铁为代表的传统重工业向以高技术、高端装备等为代表的新兴产业转变。现阶段，全球主要发达国家纷纷将高端装备制造作为着力点，加大战略布局力度，抢占全球科技和产业竞争的制高点，重塑国家竞争优势。

从全球范围来看，高端装备制造产业中有两个细分行业达到了万亿量级。其中，航空装备制造业规模在 2017 年达到 30594 亿元，轨道交通装备制造业规模达到 14336 亿元。未来 20 年，受航空运输与轨道交通运输行业等下游需求影响，市场预测航空装备制造业及轨道交通装备制造业这两个行业仍将持续上升。机床、海工、机器人制造三个行业发展态势各异。2017 年全球机床产业（切削+成形）规模为 5902 亿元，全球机床行业在经历快速增长后近年来增势趋缓。海洋工程装备制造业 2017 年全球规模在 3380 亿元，全球海洋工程装备近年来进入深层次调整状态，市场需求低迷，产业发展面临极大挑战。机器人行业全球规模 1095

亿元，规模相对较小，全球产业仍处于起步阶段，但受美欧日等发达国家和地区的普遍关注，未来发展潜力巨大。

全球高端装备制造产业主要布局在美国、欧洲、东亚地区。

欧洲、美国高端装备制造产业布局较为全面，实力出众；俄罗斯、日本、中国在少数高端装备制造细分产业上处于领先地位。具体来看，美国在航空、卫星、海洋工程、智能制造装备产业处于国际领先地位；欧洲在高端装备制造产业五大领域发展较为全面，实力雄厚；俄罗斯在航空与卫星制造业拥有深厚的积淀；日本在轨道交通装备与智能制造装备产业处于优势地位；而我国在轨道交通装备与卫星制造业上有一定的产业优势。

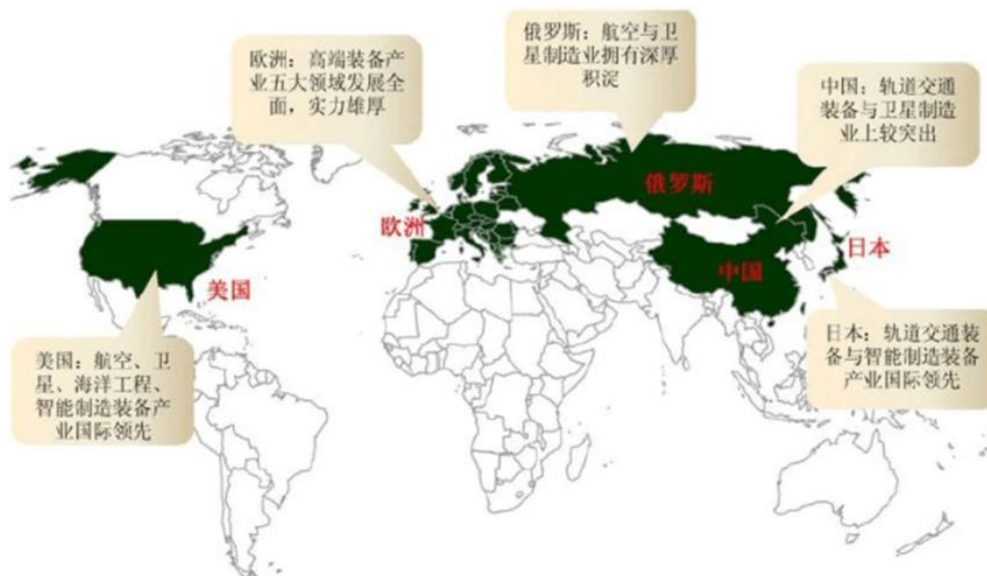


图2. 全球高端装备制造业空间分布格局

全球高端装备制造产业链呈现中心-边缘环状分工。

高端装备制造产业的国际分工呈现龙头企业主导产业发展，无形生产控制有形生产，知识技术创新能力强的国家主宰和控制知识技术创新能力弱的国家等特点，从而形成由欧美日发达国家、新兴经济体、欠发达及落后国家共同构成的中心-边缘环状国际分工格局。欧美等发达国家处于高端装备产业核心层，拥有强大的产业发展基础，先进的技术研发水平和资本运作能力，制定产业标准的话语权，企业品牌、设计与全球销售的控制权，在产业分工中获得较高利润回报。如德国、美国、日本等核心层发达国家，掌控核心技术与关键零部件高附加值环节。

新兴经济体处于高端装备产业中间层，以劳动密集型为主，依靠廉价的劳动力要素参与国际代工或以贸易方式切入全球价值链，从事全球价值链低端的加工、制造、生产和装配环节，缺乏高端装备制造的核心技术，产业利润微薄，长期被锁定在全球价值链的中低端环节。欠发达及落后国家以出口矿产、初级原材料为主，处于全球产业链的最底层。

2.1.2 我国高端装备制造产业发展概况

我国装备制造业快速发展，已成为世界装备制造的大国，但我国还不是装备制造业的强国，与发达国家相比还存在差距。

近年来我国企业在政府政策的支持下不断加强技术创新和技术改造，整体技术水平持续提升，开发出了一大批具有自主知识产权的高端装备。然而在高端电力装备、工程机械、数控机床等诸多主机领域高速发展的同时，许多关键零部件和配套产品发展滞后，严重地依赖于进口。我国自主品牌的高端装备制造业核心竞争力不强，中低端产能过剩、竞争尤为激烈，高端环节被国外品牌掌控。由于创新能力薄弱，不少企业甚至重点企业的研发实验条件普遍较差，创新能力难以达到预期水平。我国工业创新能力不足的问题也日益凸显。近几年，我国科技转化率不足 15%，远低于发达国家 40%-50%的水平，技术仍有较大的提升空间。面对技术层面创新能力不足的问题，需进一步完善产业集群创新生态环境，把创新摆在制造业发展全局的核心位置，强化核心企业扶持力度，加大核心企业装备研发的投入。

据 2019 年艾瑞集团发布的《中国制造：2019 科创板创新科技产业发展研究报告》显示，预计到 2021 年，我国高端装备制造主要产业规模将达到 1.7 万亿，到 2022 年，将达到 1.9 万亿，到 2023 年，将达到 2.1 万亿。在我国高端装备制造主要行业市场规模结构方面，高铁制造业在产业结构中的占比一直很高，其他行业如数控机床、深海石油钻采、工业机器人、卫星、航空等在产业结构中的占比一直较低，值得注意的是，航空制造业近几年的占比一直在增加，而深海石油钻采近几年占比下降明显。我国除了高铁产业相对成熟、产业体系相对完善外，其他产业仍处在成长期，个别产业处在试验阶段，一旦正式实现规模化量产，产生的商业价值巨大。

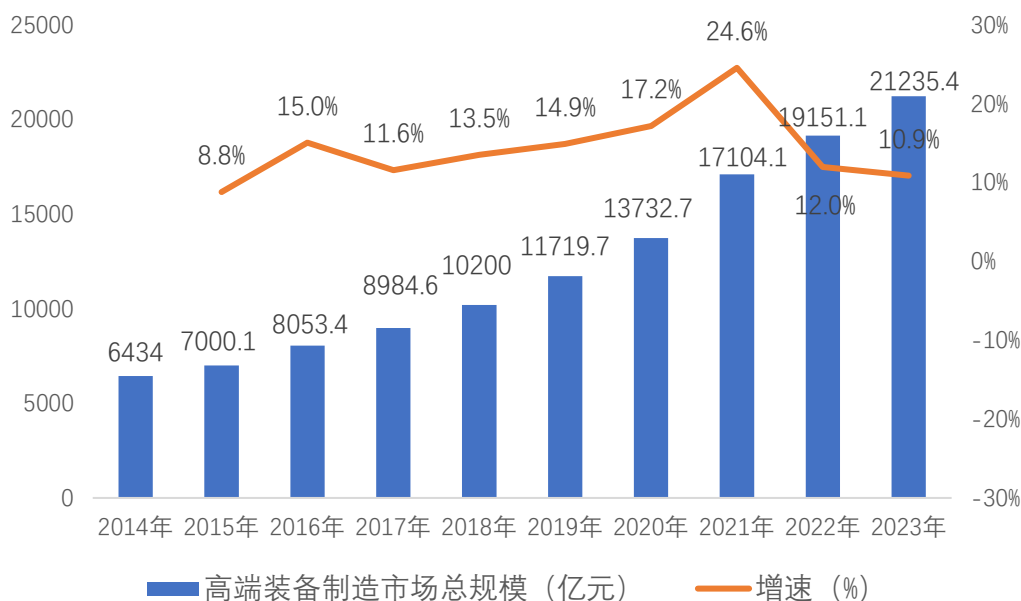


图3. 中国高端装备制造主要产业规模及预测

中国高端装备制造产业崛起重塑产业格局。

在新一轮科技革命推动下，我国高端装备制造企业已经逐步进入高铁、航空航天、卫星通讯、智能制造等高附加值产业环节，推动技术创新和产业变革，打破发达国家掌控的全球价值链固化状态，重塑世界高端装备产业链和价值链，崛起成为一支最重要的国际力量。

2.2 政策环境

2.2.1 全球政策环境

发达国家的再工业化和发展中国家低成本制造竞争，使全球高端装备制造产业结构的重组速度加快。

世界各国都将发展高端装备产业核心技术提升为国家发展战略的核心层面，先后出台各类相关辅助政策措施，激励本国制造产业的换代升级，以谋求在新一轮产业革命角逐中占据有利地位，确保其在全球价值链分工中占有一席之地。发达国家积极推动新兴技术与装备制造业的融合发展，推动工业制造技术的高端化与智能化；通过重构制造业产业链条，让更多的高附加值生产制造环节回归本土，提高本国工业经济与竞争实力。当前，美国、德国、日本等制造业传统强国，已

经从自身的优势领域中切入到新一轮的工业革命中，引导生产方法与模式的创新，以确保在未来全球产业体系与全球价值链分工体系中继续保持领导地位。例如，美国积极推动国家制造业创新网络建设，以技术创新的先发优势继续保持其全球领先地位；德国积极制定高科技战略，确定了五大领域的关键技术和十大未来项目。新兴国家通过国家政策大力推动先进制造业发展，积极抢占未来高端装备制造业的巨大市场，逐步进入价值链的核心层，冲击全球制造业传统格局。如巴西公布了工业强国计划，印度颁布了国家制造业政策等。此外，泰国，印尼和越南等国家依靠资源、劳动力等比较优势，开始在中低端制造业上发力，以更低廉的成本参与劳动密集型制造产业。

表1. 发达国家和新兴经济体在高端制造领域的战略布局

国家		主要政策	主要内容
发达国家	美国	《先进制造伙伴关系计划》、《先进制造业国家战略计划》、《制造业创新网络计划》	推动新一代信息技术、快速成型制造、智能制造、生物制造等领域处于领先地位
	德国	《“工业 4.0”战略》	工业生产制造由自动化向智能化和网络化方向升级
	日本	产业结构蓝图确定 10 个尖端技术领域	加快发展协同式机器人、无人化工厂
	英国	《英国制造 2050》、《英国发展先进制造业的主要策略和行动计划》	聚焦“高价值制造”战略
	法国	《新工业法国计划》	优化制造业布局
	韩国	“领先的创新者战略”	促进制造业与信息技术相融合
新兴经济体	巴西	“工业强国计划”	推动先进制造业发展
	印度	“国家制造业政策”	推动先进制造业发展

高端装备制造业全球化合作已成其主要发展趋势。

2011 年 6 月，美国正式启动包括工业机器人在内的“先进制造伙伴计划”，2012 年 2 月又出台“先进制造业国家战略计划”，提出通过加强研究和试验(R&E)税收减免、扩大和优化政府投资、建设“智能”制造技术平台以加快智能制造的技术创新，同年又设立美国制造业创新网络，并先后设立增材制造创新研究院和数字化制造与设计创新研究院。德国通过政府、弗劳恩霍夫研究所和各州政府合作，投资于数控机床、制造和工程自动化行业应用制造研究。日本早在 1990 年就倡导“智能制造系统 IMS”国际合作研究计划。许多发达国家如美国、欧洲共同体、加拿大、澳大利亚等参加了该项计划。该计划共计划投资 10 亿美元，对

100 个项目实施前期科研计划。近年又提出通过加快发展协同式机器人、无人化工厂提升制造业的国际竞争力。德国于 2013 年正式实施以智能制造为主体的“工业 4.0”战略，巩固其制造业领先地位。且有望与中国“互联网+”在开发利用网络化、数字化、智能化等技术方面进行合作。

2.2.2 中国政策环境

我国对于高端装备制造产业愈发重视，相关发展政策持续不断。

高端装备制造产业是工业化发展的高级阶段，是具有高技术含量和高附加值的产业。我国高端装备制造产业的发展正处于起步阶段，近年来，国家制定一系列的规划、行动计划或者具体的政策措施来推动重点行业和领域的发展，加快建设制造强国。

表2. 中国高端装备制造产业相关政策

时间	发文机构	文件名称	主要内容
2020 年	国务院	《2020 年政府工作报告》	推动制造业升级和新兴产业发展，提高科技创新支撑能力。加强新型基础设施建设，发展新一代信息网络，拓展 5G 应用等。
2020 年	国家发改委	新型基础设施建设	其中信息基础设施是指基于新一代信息技术演化生成的基础设施，比如，以 5G、物联网、工业互联网、卫星互联网为代表的通信网络基础设施，以人工智能、云计算、区块链等为代表的新技术基础设施，以数据中心、智能计算中心为代表的算力基础设施等。
2020 年	财政部、工业和信息化部等	《重大技术装备进口税收政策管理办法》	对符合条件条件的企业及核电项目业主为生产国家支持发展的重大技术装备或产品而确有必要进口的部分关键零部件及原材料，免征关税和进口环节增值税。
2019 年	国家发改委等	《关于推动先进制造业和现代服务业深度融合发展的实施意见》	推进建设智能工厂；加快工业互联网创新应用；深化制造业服务业和互联网融合发展，大力发展“互联网+”，激发发展活力和潜力，营造融合发展新生态。突破工业机理建模、数字孪生、信息物理系统等关键技术。深入实施工业互联网创新发展战略，加快构建

			标识解析、安全保障体系，发展面向重点行业和区域的工业互联网平台。
2019年	国家税务总局办公厅	《关于做好2019年深化增值税改革工作的通知》	制造业等行业增值税税率由16%降至13%。将交通运输业、建筑业等行业现行10%增值税税率降至9%，保持6%一档的税率不变。
2019年	国务院	《2019年政府工作报告》	推动传统产业改造提升，促进先进制造业和现代服务业融合发展，拓展“智能+”培育新一代信息技术、高端装备等新兴产业集群。
2018年	国家统计局	《战略性新兴产业分类（2018）》	战略性新兴产业包括新一代信息技术产业、高端装备制造、数字创意相关服务、环保产业等九大领域。
2018年	工信部、国家发改委	《促进大中小企业融通发展三年行动计划》	围绕绿色制造、生物医药、新材料等重点领域开展国际经济技术交流和跨境撮合，吸引高端制造业、境外原创技术孵化落地，推动龙头企业延伸产业链。
2018年	国家标准委、工信部	《关于组织开展2018年国家高端装备制造业标准化试点工作的通知》	通过加快高端装备制造业技术标准的研制，完善技术标准体系，强化标准的实施，支撑企业自主品牌建设，形成一批高端装备制造业标准化示范的典型企业和园区，促进装备制造业由大变强。
2017年	国家发改委	《增强制造业核心竞争力三年行动计划（2018-2020年）》	到十三五末，智能机器人、智能汽车等制造业重点领域突破一批关键技术实现产业化。
2017年	工信部	《高端智能再制造行动计划（2018-2020年）》	到2020年，突破一批制约我国高端智能再制造发展的拆解、检测、成形加工等关键共性技术，智能检测、成形加工技术达到国际先进水平；发布50项高端智能再制造管理、技术、装备及评价等标准。
2016年	国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	增材制造（3D打印）、机器人与智能制造、超材料与纳米材料等领域技术不断取得重大突破，推动传统工业体系分化变革，将重塑制造业国际分工格局。
2015年	国务院	《中国制造2025》	到2020年，基本实现工业化，制造业大国地位进一步巩固，制造业信息化水平大幅提升。掌握一批重点领域关键核心技术。到2025年，制造业整体素质大幅提升。到2035年，我国制造业整体达到世界制造强国阵

			营中等水平。
2010年	国务院	《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》	到2020年，战略性新兴产业增加值占国内生产总值的比重力争达到15%左右，节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造产业成为国民经济的支柱产业。

2017年开始，多省市出台相关政策推动高端装备制造产业发展，发展方向因地制宜。

近年来，战略性新兴产业在政策支持下逆势增长，成为推动经济加速回暖的重要因素。除了北京、上海、广东等发达地区出台相关高端装备制造产业政策之外，河南、云南、西安等地出台相关政策方案，蓄势打造万亿级先进制造业，并重点面向新一代信息技术、高端装备、新能源汽车、航空制造等领域培育新兴产业集群。

表3. 各省市高端装备制造产业相关政策

省市	时间	文件名称	主要内容
上海	2020年	《上海市经济信息化委关于开展2020年度上海市高端智能装备首台突破专项申报工作的通知》	对首台突破项目，采取无偿资助方式，每个项目支持比例不超过首台装备销售合同金额的30%。对被评国际首台装备项目，按合同金额的20-30%比例进行支持，支持金额不超过3000万元；对被评国内首台装备项目，按合同金额的10%比例进行支持，支持金额不超过1000万元。
	2020年	《关于加快推进农业机械化和农机装备产业转型升级的实施意见》	到2025年，农机装备结构科学合理，主要农作物耕种收综合机械化率达到98%以上，蔬菜生产“机器换人”初步实现，设施菜田绿叶菜生产机械化水平达到60%。
	2018年	《全力打响“上海制造”品牌加快迈向全球卓越制造基地三年行动计划（2018-2020年）》	以龙头企业为引领，建设20个工业互联网平台，争取3家左右制造企业进入世界500强。二是做大“独角兽”企业，使上海制造创新力更强。
	2017年	《上海促进高端装备制造业发展“十三五”规划》	2020年，开发一批标志性、带动性强的重点产品和装备，突破一批关键技术和核心部件，实现一批高端装备的工程化、产业化应用，力争把上海高端装备制造业打造成为对接国家“一带一路”战略的国际装备产能合作主力军。
北京	2019年	《轨道交通直流牵引供电系统保护装置技术规范》	促进本市轨道交通直流牵引供电系统保护装置规范设置，更好地引导轨道交通直流牵引供电系统保护装置设计、施工、监理、生产及检验、材料采购招、投标、验收及运营维护管理，提升轨

			道交通运营服务水平。
	2019年	《关于组织开展2019年高端装备制造产业发展资金（支持工作母机产品应用推广专题）项目申报工作的通知》	原申报通知中申报材料第四点调整为“合同签订时间应在2017年6月17日至2019年9月30日期间，且包含技术合同，如无单独技术合同，则应提供能够反映装备技术要求、核心技术参数的佐证材料复印件”。
河南	2020年	《推动制造业高质量发展实施方案》	明确努力建成全国先进制造业强省，到2025年，产业基础能力和产业链现代化水平达到国内一流，形成数个万亿级产业集群、一批千亿级新兴产业集群和百亿级企业。
云南	2020年	《加快构建现代化产业体系的决定》	提出重点培育先进制造业等五大万亿级支柱产业，到2025年，主营业务收入达到1.5万亿元。
天津	2020年	《天津市海洋装备产业发展五年行动计划（2020-2024年）》	到2024年，市海洋装备产业将累计培育形成年收入超100亿元企业2家，超50亿元企业3家、超10亿元企业10家。
重庆	2020年	《重庆市促进软件和信息服务服务业高质量发展行动计划（2020-2022年）》	到2022年，成功创建中国软件名城，打造2个中国软件名园、1个国家数字服务出口基地。软件业务收入达3000亿元，年均增长超过20%。
浙江	2020年	《浙江省“4+1”重大项目建设计划2020年实施计划》	全面推进省市县长项目工程，突出高端制造业和高新技术产业，招引落地一批引领性、前瞻性、标志性重大产业项目。2020年，全省交通投资，高新技术与产业投资，生态环保、城市更新和水利设施投资，民间项目投资增长10%。
湖北	2018年	《武汉市实施“万千百工程”推进制造业高质量发展行动方案》	重点布局智能装备、商业航天与临空制造、高技术船舶与海洋工程装备、轨道交通装备、先进电力装备与智能电网等细分领域，推进国家商业航天基地建设，争创国家数字化设计与制造创新中心，全方位提高装备制造业智能制造水平，建成国内一流的高端装备制造产业集群。
江苏	2017年	《关于金融支持高端装备制造制造业发展的意见》	逐步提高高端装备制造业贷款占全部贷款比例，力争3年内每年提高1-2个百分点。对高端装备制造制造业企业特别是技术升级改造项目，及时优先给予支持。

2.2.3 广东政策环境

政策助力高端装备制造产业培育发展。

高端装备制造产业是广东省重点培育发展的十大战略性新兴产业集群之一，广东省政府先后印发了《广东省先进制造业发展十三五规划》、《关于2020年新兴产业扶持计划（高端装备制造、生物医药、新材料、人工智能、物联网）申报指南的通知》及《广东省培育高端装备制造战略性新兴产业集群行动计划

（2021-2025 年）》等政策性文件，均明确了大力发展高端装备制造产业创新发展的政策措施。

表4. 广东省高端装备制造产业相关政策

时间	文件名称	主要内容
2020 年	《广东省培育高端装备制造战略性新兴产业集群行动计划（2021-2025 年）》	在高端装备制造领域承担一批国家级项目，建成若干国家级、省级创新中心和实验室，推动一批重点领域核心技术和关键零部件取得重大突破；到 2025 年，高端装备制造产业营业收入达 3000 亿元以上，年均增长达到 10%以上；培育一批具有国际影响力和自有品牌价值的行业领军企业和“专精特新”企业；形成一批关键核心领域高价值专利。
2019 年	《关于 2020 年新兴产业扶持计划（高端装备制造、生物医药、新材料、人工智能、物联网）申报指南的通知》	事后资助，按经专业审计机构专项审计后确认费用的 30%给予资助，单个项目资助金额不超过 1000 万元。项目总投资由建设投资、研发费用和流动资金构成，其中建设投资不低于项目总投资的 50%。
2018 年	《深圳市战略性新兴产业发展专项资金扶持政策》	鼓励企业加快工艺、技术、产品高效转化，建设中试基地和中试生产线，予以最高 1000 万元支持。
2017 年	《广东省先进制造业发展十三五规划》	在产业发展重点部分，广东省先进制造业未来重点发展 6 大产业、23 个细分领域。6 大产业分别是高端电子信息制造业、先进装备制造业、石油化工产业、先进轻纺制造业、新材料制造业、生物医药及高性能医疗器械产业。

2.3 产业竞争格局分析

全球高端装备制造产业龙头企业主要集中在欧美国家及日本，领先较为明显。

全球高端装备制造产业主要由欧美国家及日本主导，中国在轨道交通装备制造行业较为领先。航空装备制造业集中度很高，干线飞机市场长期被波音及空客两家公司垄断；轨道交通装备制造业市场主要被中国中车、加拿大的庞巴迪、法国的阿尔斯通、德国的西门子以及日本的日立和川崎重工占据；数控机床行业市场主要被中、德、日、美、意相关公司所占据，中国核心竞争力不足；机器人行业基本由瑞典 ABB、德国库卡、日本发那科和安川机电四家公司主导，领先明显。

在航空装备制造行业，欧美处于绝对领先地位，干线飞机市场长期被波音和空客所垄断。

航空装备制造业相较于其它细分行业全球规模最大，我国在全球的占比却最低。从全球航空装备制造业全球分布来看，其产业集中度很高，整机制造主要集中于欧美。民用干线飞机市场长期被波音和空客所垄断，双方竞争激烈，形成了相对稳定的竞争平衡态势。2016年，全球干线飞机交付量中，波音交付748架，空客交付688架，庞巴迪交付7架，波音和空客占比99.5%。2017年我国航空装备制造业的产业规模约为2227亿元，仅占全球总规模的7.27%，且我国航空装备制造业中，民用干线飞机、航空发动机等核心部件等仍然依赖进口，技术水平与主要竞争对手差距较大。

在轨道交通装备制造行业，中国轨交装备处于优势地位，其次是欧美、日本等地区，中国中车领先全球。

轨道交通装备制造业呈现集聚态势，中国轨交装备发展整体处于领先地位，具有突出的全球竞争力。全球轨道交通装备制造业主要集中分布于中国、欧洲、美国、日本等地区。行业内领先的代表企业有中国中车、加拿大的庞巴迪、法国的阿尔斯通、德国的西门子以及日本的日立和川崎重工等。我国轨道交通装备制造业为后起之秀，但如今已领跑全球，2017年我国轨道交通装备制造业市场规模约4870.4亿元，占据全球约34%的市场份额。由于背靠中国这一巨大市场，中国中车营业收入2017年达到2110亿元，显著高于行业内其他主要竞争对手，是全球规模最大、品种最全、技术领先的轨道交通装备供应商。

在数控机床行业，德国、日本保持领先，中国虽规模最大，但高端产品与核心零部件制造能力不足。

在机床行业中，德、日等传统制造大国优势依然明显，中国虽然具有世界规模最大的机床制造能力，但高端数控产品与核心零部件制造能力严重不足，企业生存环境严峻。2017年全球机床行业的产业规模为873亿美元，其中，中国机床制造行业的规模为245亿美元，占据全球28.06%的市场份额。排名第二位的日本为133亿美元，排名第三位的德国为129亿美元，排名第四位的意大利为60.3亿美元，居第五位的美国为58.4亿美元，以上五国占全球产量的72%。此

外，近年来机床行业的产品不断升级创新，德国工业 4.0、中国制造 2025 等都将高档数控机床作为重点发展领域。

在海洋工程装备制造行业，行业依旧低迷，韩国、日本和新加坡处于领先地位。

海洋工程装备制造业受到石油价格波动的影响，具有明显的周期属性，当前仍然处于低潮期。从全球格局看，韩国、日本和新加坡的海洋工程装备建造能力仍处于领先地位。2017 年我国海洋工程专用设备制造行业实现销售收入 975.78 亿元，较 2016 年同比增长 7.65%，规模约为全球海洋工程装备制造业规模的 28.87%。

在机器人行业，欧洲与日本企业处于主导地位，代表性企业包括瑞典 ABB、德国库卡、日本发那科和安川机电。

机器人应用范围和领域不断拓展，销量保持稳定增长态势。目前全球机器人行业仍然处于起步阶段，2017 年全球工业机器人销售额达到 162 亿美元，预计未来 2~3 年内全球工业机器人销量将继续保持较快增长态势，2019 年全球投入使用的工业机器人数量有望达到 260 万台，其中新增使用 140 万台。当前，全球机器人行业由欧洲与日本企业主导，代表性企业包括瑞典 ABB、德国库卡、日本发那科和安川机电，被誉为工业机器人四大家族。2017 年，中国工业机器人市场需求规模达到 42.2 亿美元，占全球 26.05% 的市场份额，但高端机器人核心零部件主要依赖进口，国产化率较低。基于机器人制造在未来社会中的重要作用，机器人制造产业已成为大国间的又一竞争领域。

第三章 中国高端装备制造产业创新发展态势

3.1 中国创新企业

中国高端装备制造产业创新企业共 6.1 万家，全球排名第一，近五年复合增速达 22%。其中，广东省的创新企业数量在全国排名第二。

截至 2021 年 6 月底，中国高端装备制造产业创新企业共计 61102 家，近五年复合增速达 22%，高出全球创新企业数量的平均增速（8.1%）13.9 个百分点。其中，2018 年同比增速最快，同比增长 25.5%。

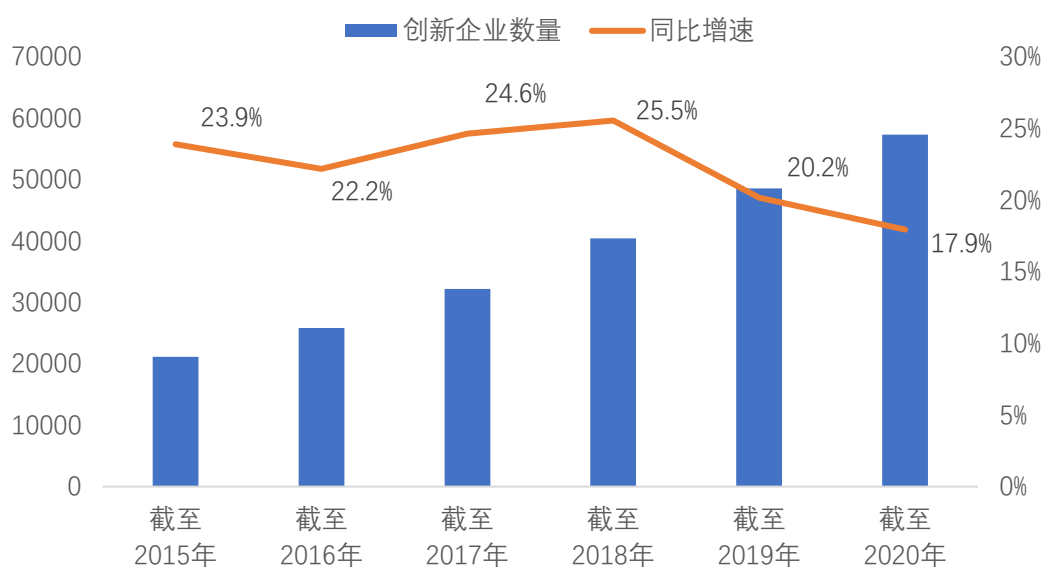


图4. 中国高端装备制造创新企业数量增长情况

中国高端装备制造产业创新企业主要分布在长三角、珠三角、京津冀地区，排名前五位的省市分别为江苏省、广东省、浙江省、安徽省和北京市。

从 31 省市分布来看，中国高端装备制造产业创新企业主要分布在长三角、珠三角、京津冀地区，其中，全国创新企业数量排名前五位的省市分别为江苏省（10045 家）、广东省（7631 家）、浙江省（5555 家）、安徽省（3399 家）、北京市（3198 家）。其中，广东省的创新企业数量在全国排名第二。

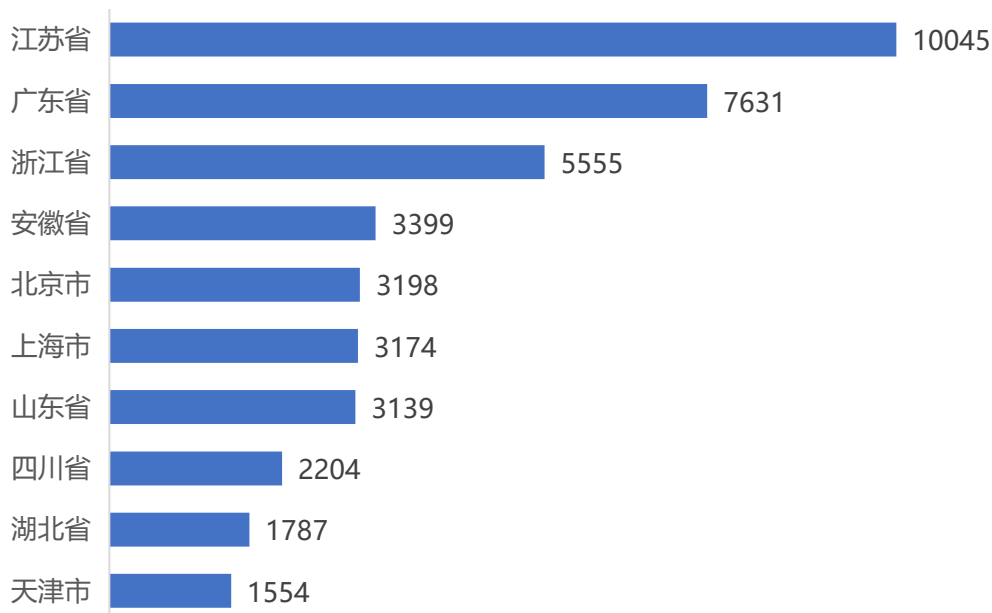


图5. 中国高端装备制造创新企业数量排名前10省市（单位：家）

中国高端装备制造产业高新技术企业共 43087 家，占全国高端装备制造产业创新企业总数的 70.5%；上市公司 1486 家；初创企业 5136 家。

截至 2021 年 6 月底，全国高端装备制造产业的高新技术企业共 43087 家，占全国高端装备制造产业创新企业总数的 70.5%。全国高端装备制造产业的上市公司达 1486 家，占总数的 2.4%。

截至 2021 年 6 月底，全国高端装备制造产业的初创企业数量为 5136 家，占全国高端装备制造产业创新企业总数的 8.4%。全国隐形冠军企业数量为 1097 家，占全国高端装备制造产业创新企业总数的 1.8%。此外，全国共有独角兽企业 50 家。

3.2 中国专利布局

中国高端装备制造产业累计发明专利申请公开量达 36.4 万件，全球排名第一，近五年复合增速达 17.5%。

截至 2021 年 6 月底，中国高端装备制造产业累计发明专利申请公开量为 363786 件，全球排名第一。近五年复合增速达 17.5%，高出全球复合增速（9.0%）8.5 个百分点。其中，2017 年同比增速最快，同比增长 36.0%。

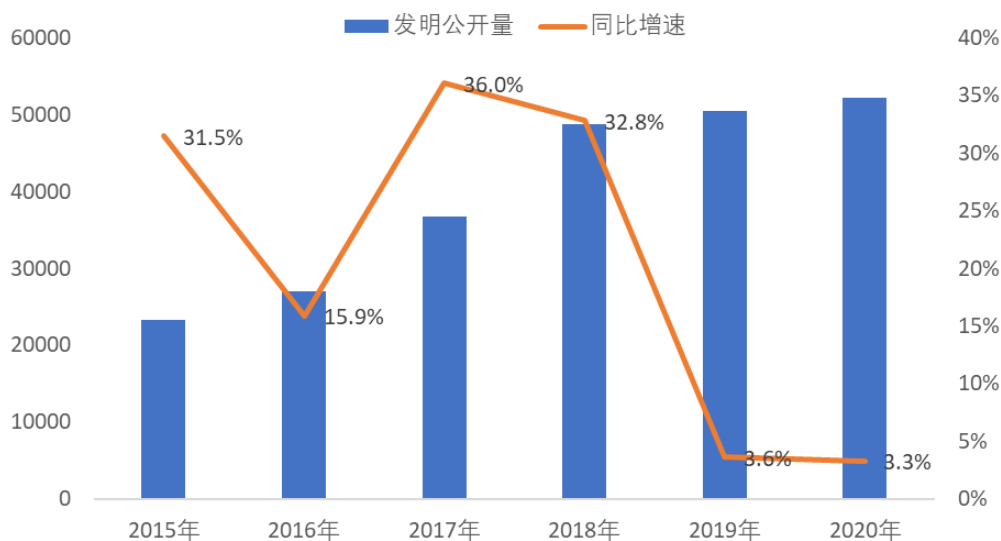


图6. 中国高端装备制造产业的发明专利申请公开量增长趋势

从中国高端装备制造产业累计发明专利申请公开量的分布情况来看，发明专利申请公开量主要集中于江苏省、北京市、广东省、上海市、浙江省。其中，广东省的发明专利申请公开量为 35449 件，排名全国第三。

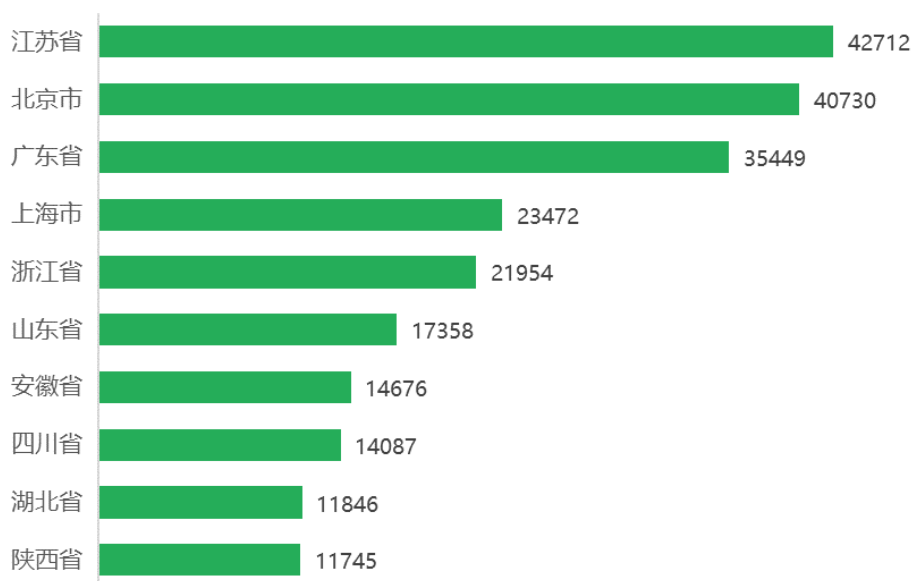


图7. 中国高端装备制造产业发明专利申请公开量排名前10省市（单位：件）

中国高端装备制造产业的高被引专利主要集中于北京市、上海市、江苏省、广东省和浙江省，产学研合作主要集中于北京市、广东省、江苏省、上海市和山东省。

中国高端装备制造产业累计发明专利授权量为 133841 件，中国高端装备制造产业累计有效发明专利量为 107561 件，主要集中于北京市、江苏省、广东省、

上海市和浙江省等省市。

中国高端装备制造产业累计高被引专利数量为 2564 件，高被引专利数量主要集中于北京市（479 件）、上海市（258 件）、江苏省（233 件）、广东省（225 件）和浙江省（140 件）等省市。其中，广东省累计高被引专利数量为 225 件，排名全国第四。

中国高端装备制造产业累计产学研合作专利数量为 9089 件，主要集中于北京市（2021 件）、广东省（1039 件）、江苏省（789 件）、上海市（719 件）和山东省（542 件）等省市，其中，广东省累计产学研合作专利数量为 1039 件，排名全国第二。

在中国范围内，机器人制造领域受关注度较高，其创新人才数量及创新企业数量也同样是排名第一。

在中国高端装备制造产业链中，机器人制造的累计发明专利申请公开量为 6.9 万件，专利布局量最大；其次是高端数控机床，累计发明专利申请公开量为 4.2 万件，集成电路制造设备为 3.6 万件，卫星装备制造为 3.0 万件，深海石油钻探设备制造为 2.8 万件。可以看出，机器人制造领域受关注度较高，研发投入力度较大。从创新人才数量及创新企业数量来看，机器人制造领域也同样是排名第一。

表5. 中国高端装备制造产业链的创新资源分布情况

产业链二级	产业链三级	累计发明专利申请公开量	发明专利申请公开量近五年复合增速	创新人才数量	创新企业数量
智能制造装备	机器人制造	69120	28.9%	135263	16109
	高端数控机床	42385	20.5%	86866	12651
	重大成套设备制造	25961	-2.6%	60055	7880
	智能关键基础零部件制造	9503	5.8%	26903	3607
	增材设备制造	8099	26.0%	13044	1514
集成电路装备	集成电路制造设备	35806	4.0%	64413	3756
航天装备	卫星装备制造	30220	18.6%	76469	6975
	飞船制造	5217	26.9%	14896	553
	火箭制造	2239	23.5%	7008	225
航空装备	航空器装备制造	21521	40.0%	45145	4159
	航空相关设备制造	16523	21.9%	39145	3033

	航空通信导航设备	8806	14.6%	24538	1628
海洋工程装备	海洋相关设备制造	13686	13.5%	31677	3042
	海洋工程装备制造	22046	16.5%	50413	3928
	深海石油钻探设备制造	28421	11.2%	83160	4035
轨道交通装备	轨道交通车辆零部件	16178	16.9%	34578	2633
	铁路车辆	7737	12.6%	17841	1457
	信号与控制系统	6426	23.0%	17807	1259
	轨道交通通信系统	5600	18.7%	16859	1479
	城市轨道交通车辆	2940	21.9%	7159	551

近五年，中国的航空器装备制造、机器人制造、飞船制造、增材设备制造领域的发明专利公开复合增速均在 25%以上。其中，机器人制造领域的专利公开量在 2018 年达到峰值；航空器装备制造领域近五年复合增速达 40.0%，增速远高于其它细分领域。

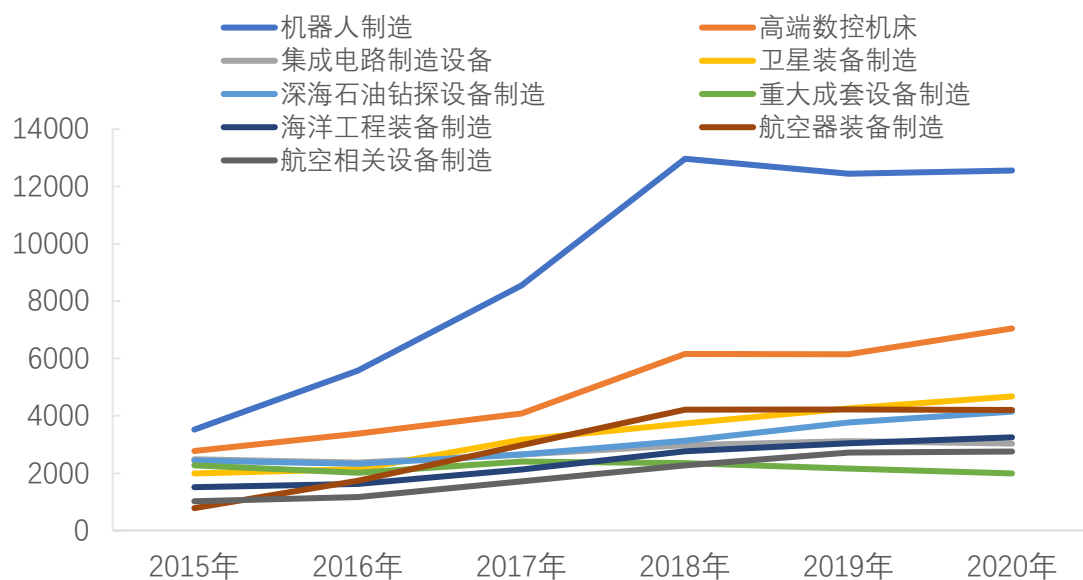


图8. 中国的高端装备制造产业链的热点技术领域增长趋势

从发明专利申请公开量的近五年复合增速来看，国内 31 省市增速排名前五的产业分别是航空器装备制造(39.9%)、机器人制造(30.0%)、飞船制造(28.7%)、信号与控制系统(26.1%)、增材设备制造(25.6%)。整体来看，海外来华的发明专利申请公开量的近五年复合增速相对平缓，但在增材设备制造领域海外来华的发明专利申请公开量的近五年复合增速(52.0%)远高于国内 31 省市(25.6%)。从同比增速来看，海外来华在增材设备制造、集成电路制造设备、航空器装备制造、航空相关设备制造、航空通信导航设备、铁路车辆的专利布局速度超过国内 31 省市。

表6. 国内 31 省市与海外来华在中国的专利布局对比情况

产业链二级	产业链三级	国内 31 省市			海外来华		
		累计发明专利申请公开量	同比增速	五年复合增速	累计发明专利申请公开量	同比增速	五年复合增速
智能制造装备	机器人制造	64003	1.7%	30.0%	4904	-11.7%	15.5%
	高端数控机床	38713	18.0%	20.6%	3475	-16.9%	19.6%
	重大成套设备制造	23499	-6.4%	-2.1%	2336	-29.6%	-10.7%
	智能关键基础零部件制造	8244	7.2%	7.5%	1235	-18.9%	-9.3%
	增材设备制造	7290	-10.9%	25.6%	585	38.7%	52.0%
集成电路装备	集成电路制造设备	25315	-3.4%	4.2%	9328	2.3%	2.5%
航天装备	卫星装备制造	26657	10.2%	19.8%	3103	2.0%	4.1%
	飞船制造	4782	17.0%	28.7%	426	-11.1%	2.0%
	火箭制造	2106	0.5%	24.4%	133	0.0%	-2.6%
航空装备	航空器装备制造	20192	-1.5%	39.9%	1255	21.7%	41.2%
	航空相关设备制造	13582	-2.5%	21.5%	2902	23.1%	24.2%
	航空通信导航设备	7468	0.7%	14.7%	1317	6.8%	14.4%
海洋工程装备	深海石油钻探设备制造	25401	11.1%	12.7%	3006	-11.8%	-8.3%
	海洋工程装备制造	20091	7.3%	17.8%	1816	0.0%	-2.4%
	海洋相关设备制造	13202	-5.1%	13.6%	423	-41.8%	7.8%
轨道交通装备	轨道交通车辆零部件	13567	10.8%	19.1%	2599	-5.7%	1.7%
	铁路车辆	6692	6.8%	13.3%	1041	7.9%	4.3%
	信号与控制系统	5598	13.6%	26.1%	823	-12.7%	0.3%
	轨道交通通信系统	5234	-1.6%	20.1%	359	-26.9%	-7.5%
	城市轨道交通车辆	2724	0.7%	23.0%	212	-33.3%	-1.9%

3.3 中国创新人才

中国高端装备制造产业创新人才共 71.8 万人，全球排名第一，近五年复合增速达 21.9%。其中，广东省的创新人才数量在全国排名第三。

截至 2021 年 6 月底，中国高端装备制造产业创新人才共 71.8 万人。近五年中国高端装备制造产业创新人才数量快速增长，复合增速达 21.9%，高出全球高端装备制造产业创新人才数量平均增速（8.6%）13.3 个百分点，从每年的同比增

速来看，同比增速略有波动。

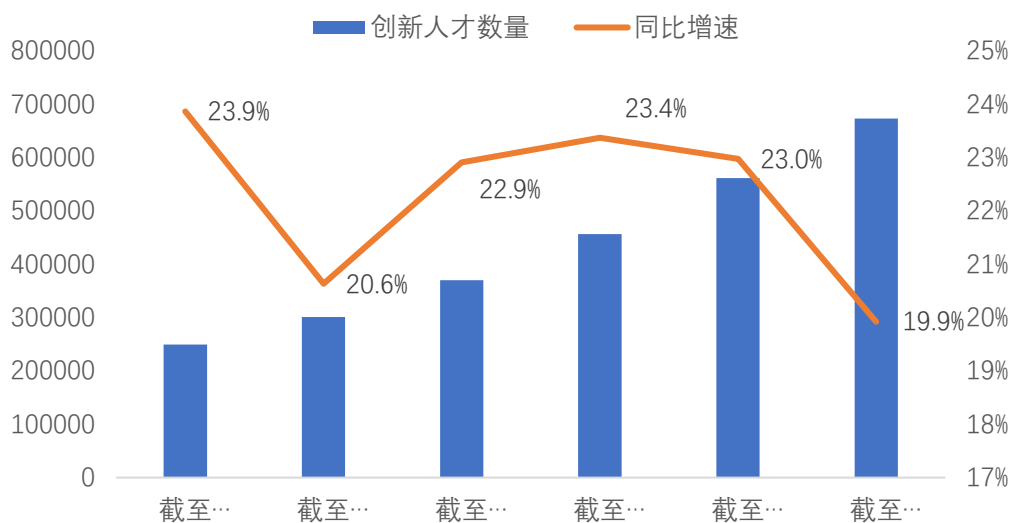


图9. 中国高端装备制造产业创新人才数量增长情况

中国高端装备制造产业创新人才主要分布在北京市、江苏省、广东省、上海市、山东省等省市。

从中国创新人才分布来看，中国从事高端装备制造产业的创新人才主要分布在北京市（98292人）、江苏省（72716人）、广东省（57157人）、上海市（43953人）、山东省（43277人）。其中，广东省的高端装备制造创新人才数量在全国排名第三，占中国高端装备制造产业创新人才总量的8.0%。

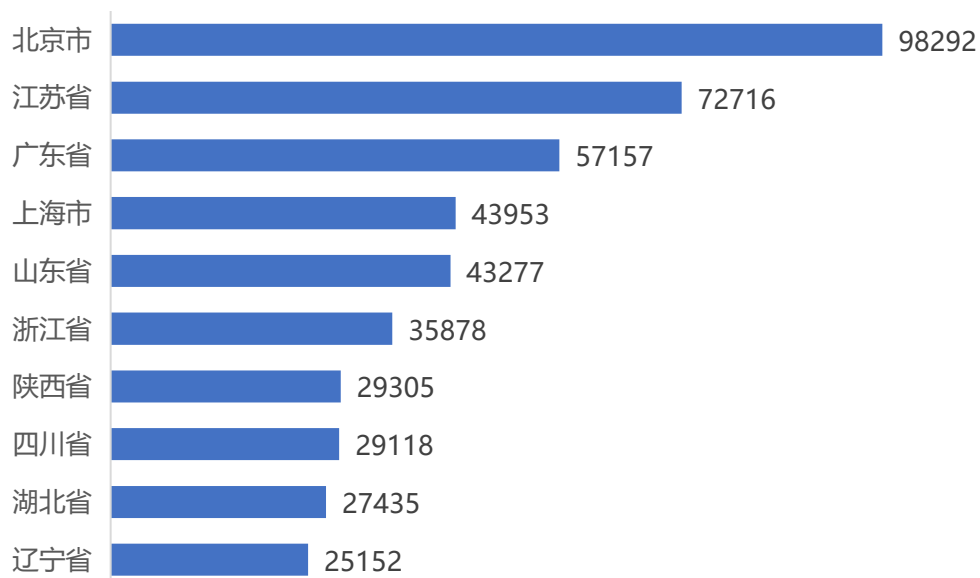


图10. 中国高端装备制造产业创新人才数量排名前10省市（单位：人）

中国高端装备制造产业的高层次人才、技术高管、科技企业家主要集中于江苏省、广东省、浙江省、山东省及北京市，其中广东省国家高层次人才数量全国排名第四，技术高管及科技企业家数量均全国排名第二。

在国家高层次人才方面，中国高端装备制造产业共有国家高层次人才 44291 人。从省市分布情况来看，国家高层次人才主要集中于北京市（7413 人）、江苏省（4599 人）、上海市（3304 人）、广东省（2691 人）和山东省（2651 人），其中，广东省的国家高层次人才在全国 31 省市中排名第四。

在技术高管方面，中国高端装备制造产业共有技术高管 69053 人。从省市分布情况来看，技术高管主要集中于江苏省、广东省、浙江省、山东省和安徽省，合计共 39477 人，占中国高端装备制造产业技术高管总数的 57.2%，其中，广东省共有技术高管 11791 人，在全国 31 省市中排名第二。

在科技企业家方面，中国高端装备制造产业共有科技企业家 47376 人，从省市分布情况来看，科技企业家主要集中于江苏省、广东省、浙江省、山东省和安徽省，合计共 27808 人，占中国高端装备制造产业科技企业家总数的 58.7%，其中，广东省共有科技企业家 8416 人，在全国 31 省市中排名第二。

第四章 从关键技术看产业技术发展方向

4.1 高端数控机床

机床被称为“工业母机”，是工业生产最重要的工具之一。2021年处于新一轮周期的起点。

机床行业为装备制造业提供生产设备，是装备制造业的工作母机，下游涵盖传统机械工业、汽车工业、电力设备、铁路机车、船舶、国防工业、航空航天工业、石油化工、工程机械、电子信息技术工业以及其他加工工业。机床行业的上游主要是基础材料及零部件，其中包括结构件、铸铁、钢铁、数控系统、驱动系统、传动系统等。

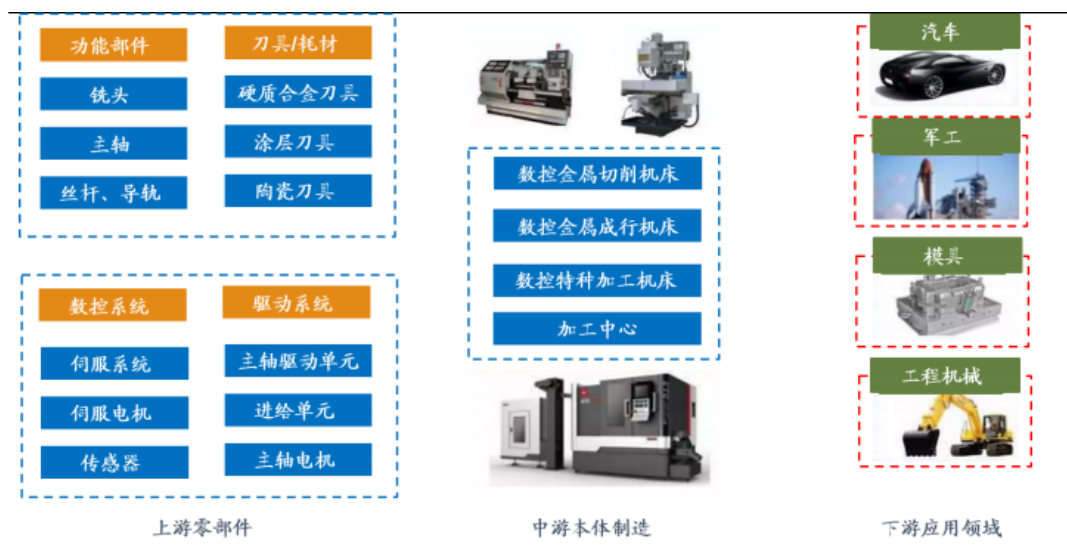


图11. 数控机床产业链全景

机床的一般产品寿命约为10年，在2011年全球机床消费量和产值达到顶峰后回落，此后进入长达十年的下行周期。根据Gardner公司数据，2019年全球机床消费为821亿美元，减少131亿美元，同比下降13.8%，是2010年以来最低点。与消费类似，2019年全球机床产量为842亿美元，减少129亿美元，同比下降13.3%，也是2010年以来的最低水平，目前全球机床行业仍处于周期底部。我国机床行业正处于存量替换的高峰期以及产业结构的调整升级阶段，整机及核心零部件国产化水平逐渐提升，数控化作为行业的升级趋势，发展空间广阔，新周期或已启动。

我国数控机床行业存在结构性失衡，高端领域缺乏核心竞争力。

我国数控机床行业存在明显的供需矛盾，主要体现在低档数控机床的产能过剩和高档数控机床的供应不足而导致供给侧结构性失衡。中国数控机床行业自上世纪 90 年代末快速发展至今，已经由过去的开发增量发展到现在的优化存量阶段，比如近年来对数控机床需求占比最大的汽车、航空航天和模具等领域都向着轻质化、多构型化及低成本制造等方面发展，新材料的运用越来越广泛，对数控机床的加工能力也提出越来越高的要求。但是，我国机床行业已经形成了以中、低档机床为主的生产体系，由于低档数控机床行业门槛低，进入企业众多，而近几年低档数控机床市场有效需求不足，该领域已经出现产能过剩的现象。

另一方面，中国制造业正处于“两化”融合发展、推动产业结构调整升级的关键时期，以中高档数控机床为核心的智能制造装备产业在中国产业结构调整、工业两化融合发展中发挥重要作用。随着国民经济的发展以及产业结构的升级，中高档数控机床的应用愈发普及，产品需求越来越大，供给却难以满足需求。

对于中低档数控机床而言，机械电气部件以及数控系统现已基本能够实现国产化，各类部件均有多个供应商配套供应，基本不存在“卡脖子”问题，国内数控机床先进企业实现国产化产品性能、质量与国际先进企业相比无明显差异。

对于高档数控机床而言，从国内高端数控机床以及配套供应链发育程度来看，除五轴联动数控机床部分部件存在“卡脖子”以外，其他高端数控机床部件以及数控系统基本能够实现国产化，但部分核心关键部件的加工精度、可靠性不足以及数控系统功能相对落后，国产化数控机床的性能、质量暂无法达到国外先进企业水平。

多轴联动数控机床符合机床行业未来的发展趋势，适用范围广、加工质量精、工作效率高。

目前，五轴联动数控机床是解决航空发动机叶轮、叶盘、叶片、船用螺旋桨等关键工业产品加工的唯一手段。

五轴联动数控机床能够加工一般三轴联动机床不能加工或者无法一次装夹加工完成的连续光滑的自由曲面。例如航空发动机转子、大型发电机转子、大型船舶螺旋桨等。由于五轴联动数控机床在加工过程中刀具相对于工件的角度可以

随时调整，避免了刀具的加工干涉，可以完成三轴联动机床不能完成的许多复杂的加工。

五轴联动数控机床可以提高自由空间曲面的加工精度、加工效率和加工质量。相对于三轴数控机床加工一般的型腔复杂的工件，五轴联动数控机床可以在一次装夹中完成加工，并且由于五轴联动数控机床加工时可以随时调整位姿角，五轴联动数控机床可以以更好的角度加工工件，避免了多次装夹，大大提高了加工效率、加工质量和加工精度。

五轴联动数控机床的工作效率显著提升。在传统三轴数控机床加工过程中，大量的时间被消耗在搬运工件、上下料、安装调整等时间上。五轴联动数控机床可以完成数台三轴数控机床才能完成的加工任务，大大节省了占地空间和工件在不同加工单元之间运转的时间和花费，工作效率显著提升，相当于普通三轴数控机床的 2 到 3 倍。

4.1.1 多轴联动数控机床领域的发展现状

多轴联动数控机床是具有战略意义的大国重器，对一个国家的航空、航天、军事、科研、精密器械、高精医疗设备等行业有着举足轻重的影响力。

多轴联动技术是高端数控机床的核心技术之一。多轴联动是指数控机床各进给轴（包括直线坐标进给轴和回转坐标进给轴）在数控装置控制下按照程序指令同时运动。高档数控机床一般都具有 3 轴或 3 轴以上联动控制功能，多为 4 轴联动或 5 轴联动。

工业上需要加工复杂的曲面，舰艇、飞机、火箭、卫星、飞船中许多关键零件的材料、结构、加工工艺都有一定的特殊性和加工难度，用传统加工方法无法达到要求，必须采用多轴联动、高速、高精度的数控机床才能满足加工要求。以五轴联动加工中心为代表的高档数控机床作为难度最大、应用范围最广的数控机床技术，在加工方面有着不可替代的优点，符合未来机床的发展趋势，被认为是航空航天、船舶、精密仪器、发电等行业加工关键部件的最重要加工工具。在飞机典型结构件、航天复杂与精密结构件、飞航导弹发动机零部件等领域实现批量示范应用，为大飞机、新型战机、探月工程等国家重大专项和重点工程提供了关键制造装备。

目前数控机床产业呈现出高端技术垄断的格局，核心技术被控制在特定国家、特定公司的手中，关键零部件大多来自德国、日本的相关企业。技术的差距体现在稳定性、可靠性、效率、精度等各方面。德国重视数控机床和配套件的高、精、尖和实用性，各种功能部件研发生产高度专业化，在质量、性能上位居世界前列；日本重点发展数控系统，机床企业注重向上游材料、部件布局，一体化开发核心产品；美国在数控机床设计、制造和基础科研方面具有较强的竞争力。由于中国数控机床行业起步较晚，中国企业在行业竞争中往往是靠“量”来取胜，产品附加值较低，在核心技术方面与西方制造强国和日本之间还存在着较大的差距，暂时还未能能在世界高端数控机床市场取得优势。

4.1.2 多轴联动数控机床领域的专利布局情况

全球多轴联动技术领域主要由中日及欧美主导；我国多轴联动技术领域呈快速发展态势。

截至 2021 年 6 月底，多轴联动数控机床技术领域的全球累计专利申请公开量约有 1.1 万件，中国累计专利申请公开量约为 5368 件。从公开趋势来看，早期全球专利公开主要集中于欧美及日本，且年专利公开量增长缓慢，中国相关人于 1991 年提出第一件相关专利申请，2009 年开始，无论全球还是中国年专利公开量均呈现快速增长趋势，且两者趋势基本保持一致，可见中国专利公开情况是影响全球专利公开趋势变化的主要因素。

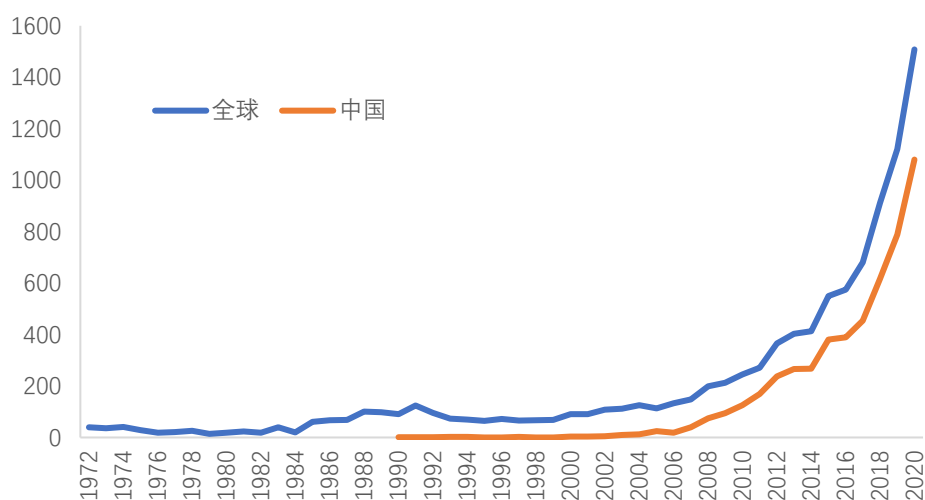


图12. 多轴联动数控机床相关专利申请公开趋势

从国内 31 省市和海外在华专利布局对比情况来看，近十年来，国内 31 省市在华专利布局量远高于海外在华专利布局量，且差距还在不断拉大，可见，多轴联动数控机床相关技术在国内的受关注程度在不断提高。深究发现，近十年，海外在华专利主要是由发那科株式会社、三菱电机株式会社、德克尔·马霍普夫龙滕有限责任公司等各国业内巨头布局的，由此可见，受海外中小企业战略选择及国内技术壁垒影响，我国市场主要受海外业内巨头的关注。

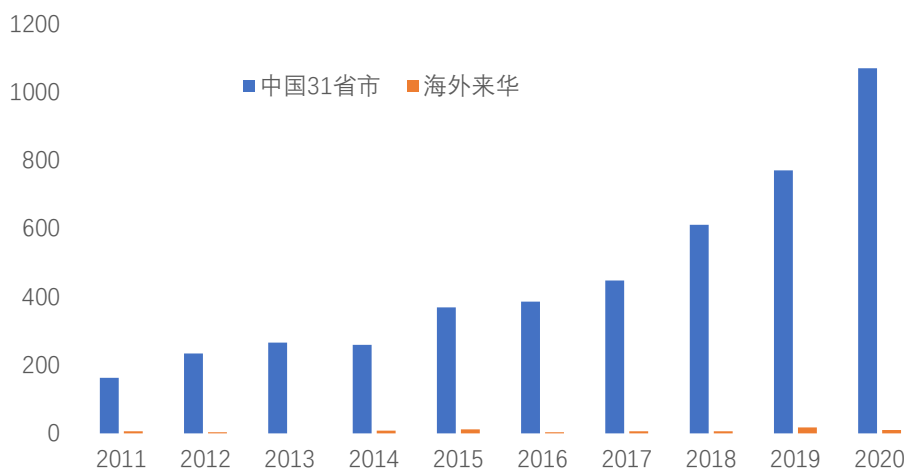


图13. 国内 31 省市和海外在华专利布局对比情况

从技术分布情况来看，多轴联动数控机床相关专利技术主要涉及一般的控制或调节系统或其功能单元，或用于这种系统或单元的监视或测试装置（G05B），以及机床的零件、部件或附件，或以特殊零件或部件的结构为特征的通用机床，或不针对某一特殊金属加工用途的金属加工机床的组合或联合（B23Q），占总公开量的 56.3%。

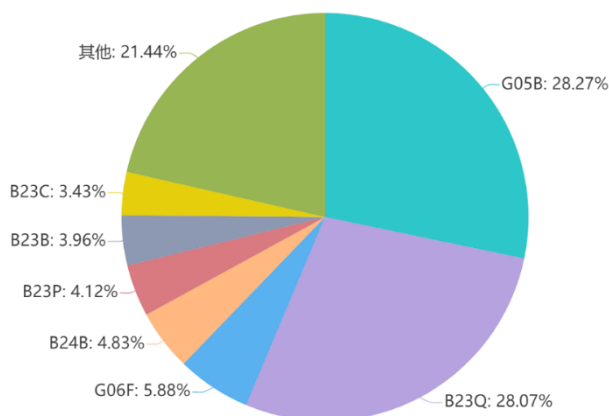


图14. 多轴联动数控机床相关专利技术分布

表7. IPC 小类释义

G05B	一般的控制或调节系统或其功能单元，或用于这种系统或单元的监视或测试装置
B23Q	机床的零件、部件或附件，或以特殊零件或部件的结构为特征的通用机床，或不针对某一特殊金属加工用途的金属加工机床的组合或联合
G06F	电数字数据处理
B24B	用于磨削或抛光的机床、装置或工艺，或磨具磨损表面的修理或调节，或磨削、抛光剂或研磨剂的进给
B23P	金属的其他加工、组合加工或万能机床
B23B	车削或镗削
B23C	铣削

全球多轴联动数控机床相关专利申请主要来源于中日及欧美，日本技术专利集中度高，而中国方面技术较为分散。

从申请人地域分布情况来看，全球多轴联动数控机床相关专利申请主要来源于中国、美国、日本、德国、英国。其中，中国在全球累计公开专利数量达 5458 件，占全球累计专利申请公开量的 51.6%，在全球排名第一位。中国不同于其他国家的是，高校、科研院所占据技术研发优势地位，实力显著，代表高校有华中科技大学、大连理工大学、上海交通大学等，而企业研发实力相对高校偏弱，代表企业有成都飞机工业有限责任公司、科德数控股份有限公司、佛山市普拉迪数控科技有限公司，因此，促进高校科研成果转化、加强产学研合作对于我国多轴联动数控机床产业发展十分重要。其次，美国在全球累计公开专利数量 1807 件，在全球排名第二，占全球累计专利申请公开量的 17.1%，代表企业有波音公司、通用电气公司、赫克公司。再次，日本在全球累计公开专利数量 1288 件，在全球排名第三，占全球累计专利申请公开量的 12.1%，代表企业有发那科株式会社、三菱电机株式会社、牧野机床公司。值得注意的是，虽然日本专利公开总量排在全球第三位，但从重点申请人的角度来看，日本几大龙头公司却处于全球申请人排名前列，发那科公司更是居于首位，专利公开量遥遥领先。可见日本在该领域的专利技术集中掌握在龙头企业手里，相对而言，中国该技术领域专利申请人较为分散。

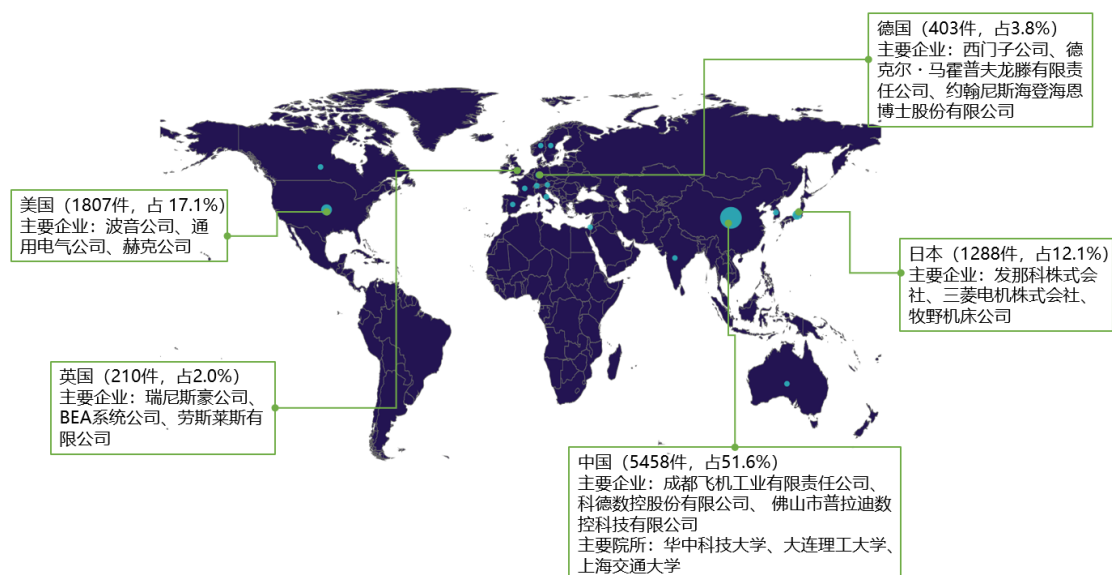


图15. 多轴联动数控机床相关专利申请人地域分布

4.1.3 多轴联动数控机床技术洞察

多轴联动数控机床领域主要有数控装置或系统、刀具路径轨迹生成、加工参数选取、加工检测或补偿、后置处理等技术创新方向。

数控机床的大脑就是数控系统，数控系统的性能和功能与机床本身的设计和制造品质一同影响着数控机床的性能和功能，在多轴联动数控机床中也是这样。就目前阶段而言，数控系统起码应具有以下基本要素：多通道、多轴联动（至少五轴以上），具有刀具的空间补偿及优化功能，具有全闭环或者是双闭环进行控制的能力，其插补周期应该小于 0.5ms，其前瞻功能的控制能力大于 1000 程序段，其在数据运算与交换上满足单位小于 1nm。未来，多轴联动数控机床要向着高速、高精度、智能化、复合化的方向发展。

目前，国际上多轴联动数控机床技术领域的难点主要有：对控制器、伺服系统要求非常严格；编程抽象、操作困难；后置处理器进一步开发；对 CAD/CAM 系统的要求；刀具半径补偿问题；双摆角数控万能铣头等核心部件开发难度大；投资巨大等。此外，我国目前虽已基本解决有无问题，但仍面临主机大而不强，高档数控系统和关键功能部件发展滞后，技术服务能力不足等问题。

未来多轴联动数控机床领域的技术发展方向主要是，数控装置、系统革新，优化数控加工检测、补偿，优化刀具路径轨迹生成，优化加工参数选取，优化加工模拟、仿真，优化后置处理技术、零件三维建模技术等。此外，我国还应将重

点放在多轴、多通道，高精度插补、动态补偿以及智能化编程的研究中，进而让多轴联动数控机床在实际应用中能够实现自主监控、维护、重组、优化等功能。

从专利布局的角度来看，多轴联动数控机床的技术创新方向也都主要集中在上述的重点发展方向上。将多轴联动数控机床的重点技术方向及其技术方案具体解读如下：

（1）数控装置或系统

数控装置具有组间利用共通数据的存储部、程序解析部以及根据共通数据 1 值或 2 值进行不同动作的插补处理部，其能够对一台多轴多系统 NC 工作机械进行控制，将多个工件独立地并列加工。

数控装置具有多种计算单元以及将 3 直线轴和 3 旋转轴向通过修正量加法运算单元求出的位置驱动的单元，其即使在以刀具侧面进行的加工或钻孔加工中，也能按照指令所指示的刀具位置和刀具姿态（方向）进行加工。

（2）刀具路径轨迹生成

根据曲面形状、最陡梯度路径及残留高度等信息生成二维区域填充曲线，然后首尾相连并映射到空间曲面，所得刀具轨迹长度变短，且其转向的次数减少为以前的八成左右，而且加工质量优于大部分方法。

通过描画扫掠面几何元素和零件几何模型之间的交点的连续曲线来生成交点曲线，并作为刀具路径，该方法和系统显著优于已知方法和系统。

（3）加工参数选取

参数设定装置以及参数设定方法具备机械结构文件、参数生成单元及参数设定单元，其能够容易地设定驱动机械的参数，大幅减少作业者的时间。

根据最弱轴的伺服参数及各轴机械参数，计算其它轴伺服参数，并都输入相应轴，使各轴闭环频响一致，保证机床多轴联动精度，提高调试效率和准确性。

（4）加工检测或补偿

由铣刀朝向和实际尺寸差以及端侧铣削的面法线和环周铣削的面法线确定校正向量，并以此校正尺寸差。因而，即使存在尺寸差，也能生成精确和高品质的表面。

根据逆向雅可比矩阵，在内环对轮廓误差进行预测补偿，在外环对轮廓误差进行反馈补偿，显著提高了五轴加工轨迹轮廓精度。

(5) 后置处理

将机床软件生成的数控程序点反算到编程坐标系的点位，再顺算到其它系统的机床，实现代码在各类系统的机床上通用。

后处理器装置具有特征形状识别部、区间设定部及动作生成部，特征形状的信息包含信息集合(a)以及(b)中的至少一个。后处理器装置能够生成适合特征形状的加工处理的加工程序。

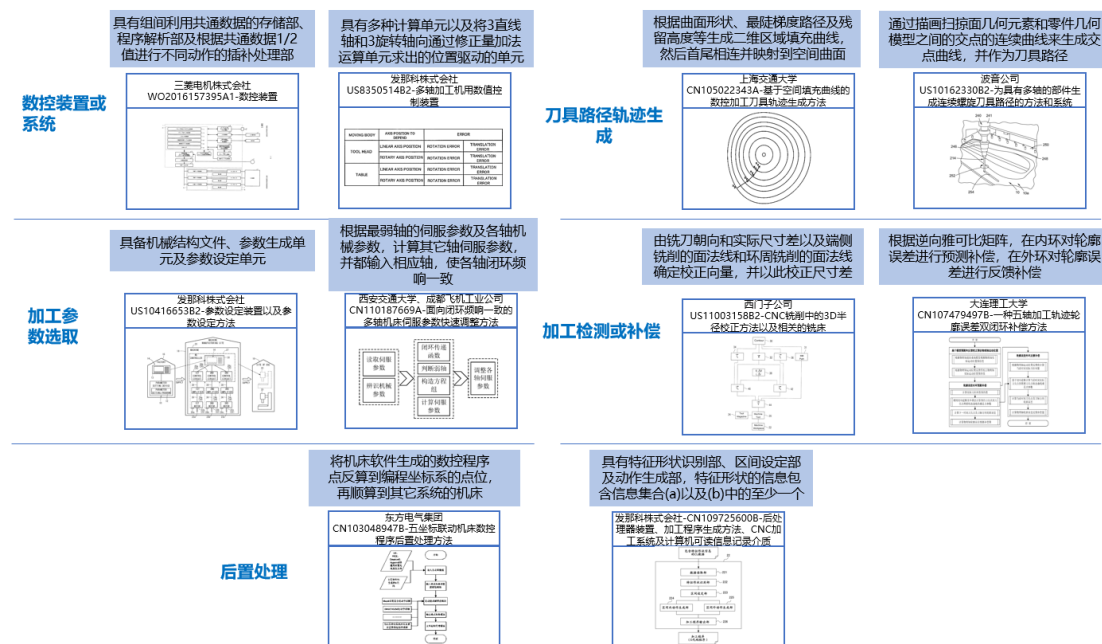


图16. 多轴联动数控机床技术洞察

第五章 广东省高端装备制造产业创新发展定位

5.1 广东省创新企业

广东省高端装备制造产业创新企业共计 7631 家，主要分布在深圳市、广州市和东莞市，分别占总数的 37.5%、18.7%和 13.9%，其中清远市近五年复合增速和同比增速均排名第一。

截至 2021 年 6 月底，广东省高端装备制造产业有发明专利申请活动的创新企业共计 7631 家，占全国高端装备制造产业创新企业(61102 家)的比重为 12.5%。广东省的相关创新企业数量的近五年复合增速为 33.9%，高出全国增速(22.0%) 11.9 个百分点。从各市来看，广东省高端装备制造产业有发明专利申请活动的创新企业主要分布在深圳市、广州市和东莞市，分别有 2864 家、1425 家和 1059 家，分别占广东省高端装备制造产业创新企业总数的 37.5%、18.7%和 13.9%。

广东省高端装备制造产业的龙头企业主要分布在深圳市、广州市，包括大族激光科技产业集团股份有限公司、大疆创新科技有限公司、研祥智能科技股份有限公司、广州市昊志机电股份有限公司、深圳市英威腾电气股份有限公司等。

从创新企业增速情况来看，清远市近五年的复合增速为 53.2%，排名居于广东省各市之首。2020 年清远市高端装备制造产业创新企业数量为 63 家，同比增长 59.5%，增速在广东省各市中排名第一。

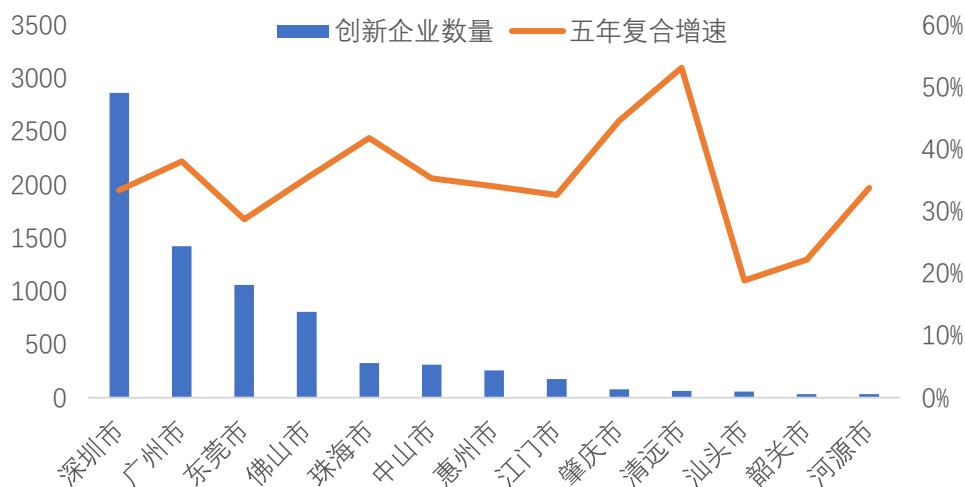


图17. 广东省各市创新企业分布情况

广东省高端装备制造产业高新技术企业数量、上市公司数量、初创企业数量具备比较优势，均在全国 31 省市中排名第一。

截至 2021 年 6 月底，广东省高端装备制造产业高新技术企业共 7655 家，占全国高端装备制造产业高新技术企业总数的 17.8%，在全国 31 省市中排名第一。上市公司达 280 家，占全国高端装备制造产业上市公司总数的 18.8%，在全国 31 省市中排名第一。

从初创企业数量来看，广东省高端装备制造产业共有初创企业 969 家，占全国高端装备制造产业初创企业总数的 18.9%，在全国 31 省市中排名第一。此外，广东省高端装备制造产业隐形冠军企业数量为 97 家，在全国排名第四，仅次于浙江省（142 家）、江苏省（123 家）、山东省（102 家）。广东省独角兽企业数量为 10 家，在全国 31 省市中排名第三，仅次于北京市（19 家）、上海市（14 家）。

5.2 广东省专利布局

广东省高端装备制造产业累计发明专利申请公开量为 35449 件，主要分布在深圳市（14214 件），近五年复合增长速度最快的为肇庆市。

截至 2021 年 6 月底，广东省高端装备制造产业累计发明专利申请公开量为 35449 件。广东省近五年复合增速为 30.1%，高出全国复合增速（17.5%）12.6 个百分点。

从广东省各地市来看，广东省高端装备制造产业累计发明专利申请公开量主要分布在深圳市（14214 件），占广东省的比重达 40.1%。从广东省各地市高端装备制造产业发明专利申请公开量的增速来看，近五年复合增长速度最快的是肇庆市，近五年复合增速高达 96.1%。

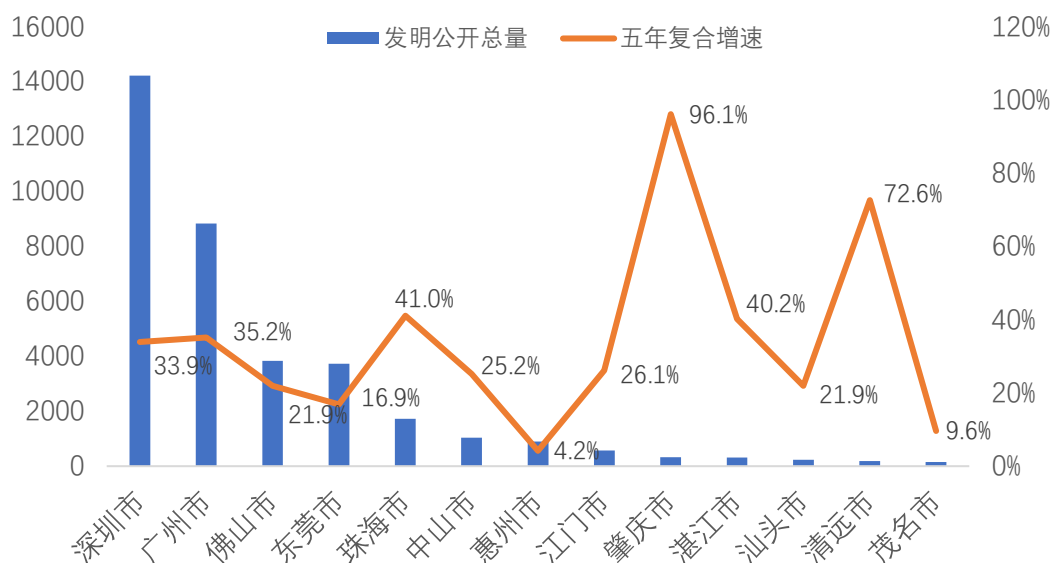


图18. 广东省各市高端装备制造产业累计发明专利申请公开量的分布情况

从广东省高端装备制造产业的累计发明专利申请公开量分布情况来看，发明专利主要集中于深圳市（14214件）、广州市（8833件）、佛山市（3828件）、东莞市（3733件）以及珠海市（1727件），其中深圳市的累计发明专利申请公开量排名全省第一。

截至2021年6月底，广东省高端装备制造产业累计有效发明专利量为8019件，在全国31省市中排名第三。

从发明专利授权量来看，广东省高端装备制造产业累计发明专利授权量为9545件，在全国31省市中排名第三。从有效发明专利量来看，广东省高端装备制造产业累计有效发明专利量为8019件，在全国31省市中排名第三。

广东省高端装备制造产业累计高被引专利数量为225件，在全国31省市中排名第四，累计产学研合作专利数量1039件，在全国排名第二。

从高被引专利量来看，广东省高端装备制造产业累计高被引专利数量为225件，占全国高端装备制造产业累计高被引专利数量（2564件）的8.8%，在全国排名第四。

从产学研合作来看，广东省高端装备制造产业累计产学研合作专利数量为1039件，占全国累计产学研合作专利数量（9089件）的11.4%，在全国排名第二。

表8. 广东省高端装备制造领域高价值专利中的代表性专利

序号	标题	申请号	申请日	当前权利人	第一发明人
1	多旋翼无人机、动力系统、电调、电调的控制方法及系统	CN201680002639.0	2016/12/28	深圳市大疆创新科技有限公司	刘万启
2	一种数控设备	CN201210013794.6	2012/01/16	广东省仁丰五金电器有限公司	杨东佐
3	登机桥辅助支撑装置和带有该装置的登机桥及其控制方法	CN200410004652.9	2004/02/26	深圳中集天达空港设备有限公司； 中国国际海运集装箱（集团）股份有限公司	沈鸿生
4	3D 打印机及其采用的镜头模组	CN201480080208.7	2014/12/03	大族激光科技产业集团股份有限公司	李家英
5	无人飞行器的机架、无人飞行器及其使用方法	CN201680004362.5	2016/04/01	深圳市大疆创新科技有限公司	邓雨眠
6	旋翼组件及具有旋翼组件的无人飞行器	CN201580066433.X	2015/09/25	深圳市大疆创新科技有限公司	耶方明
7	多工位传递机械手机构	CN201580080083.2	2015/12/31	深圳市大富精工有限公司	何自坚
8	一种微型钻头及加工此微型钻头的方法	CN201010134295.3	2010/03/22	深圳市金洲精工科技股份有限公司	厉学广
9	一种轨道交通调度的方法及服务器、系统	CN201610538585.1	2016/07/08	深圳市海能达技术服务有限公司	李鹏
10	轨道车辆	CN201610838452.6	2016/09/21	比亚迪股份有限公司	任林

5.3 广东省创新人才

广东省高端装备制造产业创新人才共 57157 人, 主要分布在深圳市(19906 人)、广州市(17625 人)和佛山市(4659 人), 其中, 创新人才数量近五年复合增速最高的城市是肇庆市, 创新人才数量同比增速最高的城市是韶关市。

从广东省各城市来看, 广东省从事高端装备制造产业创新人才共 57157 人, 主要分布在深圳市(19906 人)、广州市(17625 人)和佛山市(4659 人), 分别占广东省高端装备制造产业创新人才总量的 34.8%、30.8%和 8.2%。

从增速来看, 2020 年广东省从事高端装备制造产业创新人才同比增速 26.3%, 近五年复合增速 34.6%。在广东省内各市中, 同比增速最高的是韶关市(54.2%), 其次是清远市(53.8%)。近五年复合增速最高的是肇庆市(61.4%), 其次是梅州市(60.2%)。

广东省从事高端装备制造产业创新人才中, 发明专利申请量较多的工程师包括大族激光科技产业集团股份有限公司的高云峰、深圳市奥拓电子股份有限公司的吴涵渠和深圳市创世纪机械有限公司的夏军等。

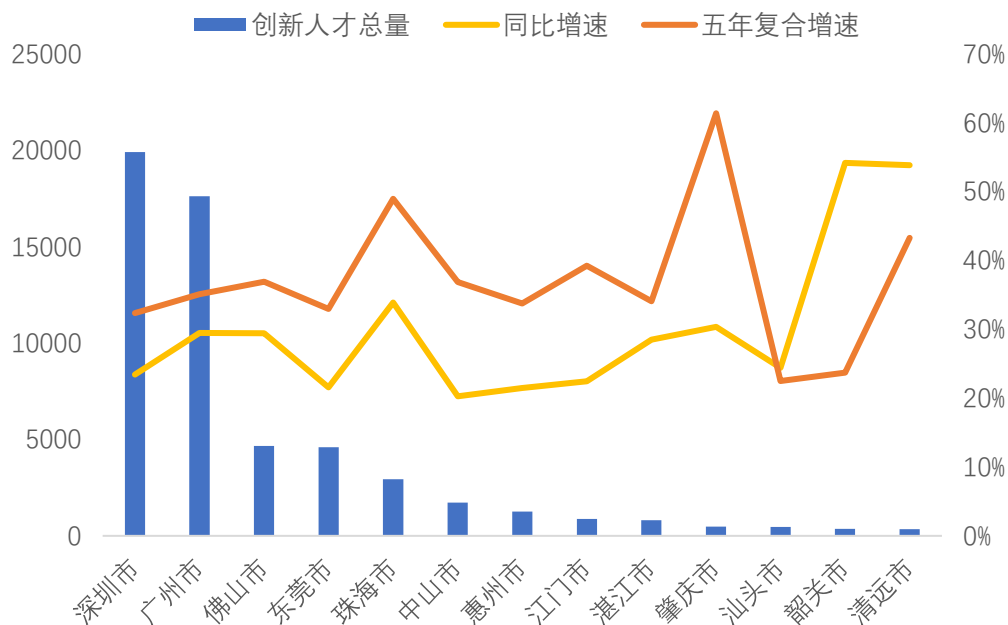


图19. 广东省各市从事高端装备制造产业创新人才分布情况

广东省高端装备制造产业技术高管 11791 人，科技企业家 8416 人，在全国 31 省市中均排名第二；广东省高端装备制造产业国家高层次人才 2691 人，全国排名第四。

在国家高层次人才方面，广东省高端装备制造产业共有国家高层次人才 2691 人，占全国高端装备制造产业国家高层次人才（44291 人）的比重为 6.1%。在全国 31 省市中排名第四。

在技术高管方面，广东省高端装备制造产业共有技术高管 11791 人，占全国高端装备制造产业技术高管总人数（69053 人）的比重为 17.1%。在全国 31 省市中排名第二。

在科技企业家方面，广东省高端装备制造产业共有科技企业家 8416 人，占全国高端装备制造产业科技企业家总人数（47376 人）的比重为 17.8%。在全国 31 省市中排名第二。

5.4 广东省产业链集聚结构

5.5 优势环节分析

从广东省高端装备制造产业的细分产业来看，广东省高端装备制造产业的发明专利活动全面覆盖产业链各环节，发明专利资产持续积累。优势环节有增材设备制造、机器人制造、高端数控机床、卫星装备制造、航空器装备制造等 13 个细分产业。

广东省高端装备制造产业细分领域的优势环节包括：**在智能制造装备产业中**，机器人制造、高端数控机床、重大成套设备制造、增材设备制造、智能关键基础零部件制造的累计发明专利授权量、创新人才数量、创新企业数量均在全国各省市中排前五名，是优势环节。其中，增材设备制造的累计发明专利授权量、创新人才人数、创新企业数量在全国各省市均排名第一；机器人制造的累计发明专利授权量、创新企业数量在全国各省市均排名第二，创新人才人数在全国各省市排名第一；高端数控机床的累计发明专利授权量、创新人才人数、创新企业数量在全国各省市均排名第二。**在集成电路装备产业中**，集成电路制造设备的累计发明

专利授权量、创新人才数量在全国各省市均排名第四，创新企业数量在全国各省市排名第二，也是优势环节。在**航天装备产业**中，卫星装备制造的累计发明专利授权量在全国各省市排名第二，创新人才人数在全国各省市排名第三，创新企业数量在全国各省市排名第一，也是优势环节。在**航空装备产业**中，航空器装备制造、航空通信导航设备的累计发明专利授权量、创新人才数量、创新企业数量均在全国各省市中排前五名，是优势环节。其中，航空器装备制造的累计发明专利授权量、创新人才数量在全国各省市均排名第二，创新企业数量在全国各省市排名第一。在**海洋工程装备产业**中，海洋相关设备制造的累计发明专利授权量、创新人才人数在全国各省市均排名第四，创新企业数量在全国各省市排名第二，也是优势环节。在**轨道交通装备产业**中，轨道交通通信系统、信号与控制系统的累计发明专利授权量、创新人才数量、创新企业数量均在全国各省市中排前五名，也是优势环节。

此外，综合累计发明专利授权量、创新人才数量、创新企业数量、累计高被引专利数量、维持在五年以上的专利数量以及上市企业数量来看，在航空装备方面，航空相关设备制造的累计高被引专利数量、维持在五年以上的专利数量和上市企业数量均为全国前三；且航空相关设备制造的累计发明专利授权量、工程师数量和创新企业数量均排名在全国前七，也均属于优势环节。

表9. 广东省在高端装备制造产业链的优势领域创新要素分布

优势产业		累计发明专利授权量		创新人才		创新企业	
产业领域	细分领域	数量	国内排名	数量	国内排名	数量	国内排名
智能制造装备	机器人制造	2594	2	18401	1	2893	2
	高端数控机床	1382	2	8262	2	1659	2
	重大成套设备制造	798	3	3557	4	706	2
	增材设备制造	295	1	1826	1	260	1
	智能关键基础零部件制造	273	4	1379	5	243	3
集成电路装备	集成电路制造设备	921	4	3814	4	409	2
航天装备	卫星装备制造	1079	2	7202	3	1029	1
航空装备	航空器装备制造	801	2	5722	2	656	1
	航空相关设备制造	250	7	2326	5	313	2
	航空通信导航设备	304	3	1756	4	233	2
海洋工程装备	海洋相关设备制造	290	4	2708	4	366	2
轨道交通装备	轨道交通通信系统	199	2	1339	4	174	2

	信号与控制系统	177	3	1050	5	99	3
优势产业		高被引专利		维持在五年以上的专利		上市企业	
产业领域	细分领域	数量	国内排名	数量	国内排名	数量	国内排名
航空装备	航空相关设备制造	3	3	408	2	17	1

5.6 不足环节分析

广东省高端装备制造产业的细分产业中较为薄弱的环节包括，航天装备领域的飞船制造、火箭制造，海洋工程装备领域的深海石油钻探设备制造，轨道交通装备领域的铁路车辆、城市轨道交通车辆等 5 个细分产业。

从细分产业链环节来看，飞船制造、火箭制造、深海石油钻探设备制造、铁路车辆、城市轨道交通车辆为不足产业。具体地，在**航天装备领域**，飞船制造的累计发明专利授权量只有 56 件，在全国各省市内排名第七，创新人才人数在全国各省市内排名第八，火箭制造的累计发明专利授权量仅有 7 件，在全国各省市内排名第十二，技术有待积累，创新人才人数在全国各省市内排名第十三。在**海洋工程装备领域**，深海石油钻探设备制造的累计发明专利授权量在全国各省市内排名第十四，创新人才人数在全国各省市内排名第十三。在**轨道交通装备领域**，铁路车辆的累计发明专利授权量只有 81 件，在全国各省市内排名第十二，创新人才人数在全国各省市内排名第十五，城市轨道交通车辆的累计发明专利授权量只有 62 件，在全国各省市内排名第七，创新人才人数在全国各省市内排名第八。

表10. 广东省在高端装备制造产业链的不足领域创新要素分布

不足产业		累计发明专利授权量		创新人才		创新企业	
产业领域	细分领域	数量	国内排名	数量	国内排名	数量	国内排名
航天装备	飞船制造	56	7	372	8	46	2
	火箭制造	7	12	62	13	10	5
海洋工程装备	深海石油钻探设备制造	160	14	1548	13	171	6
轨道交通装备	铁路车辆	81	12	424	15	65	6
	城市轨道交通车辆	62	7	273	8	36	4

5.7 潜力环节分析

广东省高端装备制造产业链中，增长较快的潜力领域包括增材设备制造、航空器装备制造、航空通信导航设备等9个细分产业。

综合分析广东省高端装备制造产业各细分产业环节在创新企业规模、企业累计发明专利授权量和创新人才数量的近五年复合增速水平，可以看出，增长较快的潜力产业包括：智能制造装备领域的增材设备制造、机器人制造，航天装备领域的飞船制造，航空装备领域的航空器装备制造、航空通信导航设备，轨道交通装备领域的铁路车辆、城市轨道交通车辆、轨道交通车辆零部件、轨道交通通信系统，以上细分产业总体保持了较为突出的发展势头，未来潜力较大。

其中，增材设备制造、航空器装备制造、航空通信导航设备领域的发明专利授权量近五年复合增速分别是130.5%、84.6%、64.4%，远高于全国发明专利授权量近五年复合增速14.7%，为最具发展潜力的三大产业。

表11. 广东省在高端装备制造产业链的潜力产业增速情况

潜力产业		累计发明专利授权量		创新人才		创新企业	
二级产业名称	三级产业名称	数量	五年复合增速	数量	五年复合增速	数量	五年复合增速
智能制造装备	机器人制造	2594	37.9%	18401	53.2%	2893	49.6%
	增材设备制造	295	130.5%	1826	66.9%	260	67.6%
航空装备	航空器装备制造	801	84.6%	5722	69.7%	656	63.8%
	航空通信导航设备	304	64.4%	1756	44.3%	233	34.2%
航天装备	飞船制造	56	53.4%	372	53.1%	46	47.6%
轨道交通装备	轨道交通车辆零部件	314	51.6%	1360	34.0%	155	26.5%
	铁路车辆	81	47.6%	424	34.2%	65	37.0%
	城市轨道交通车辆	62	47.6%	273	43.8%	36	38.9%
	轨道交通通信系统	199	42.0%	1339	27.9%	174	26.6%
智能制造装备	机器人制造	2594	37.9%	18401	53.2%	2893	49.6%

5.8 风险环节分析

伴随着高端装备制造产业的快速发展，加之中国突出的市场地位，中国成为欧洲、日本及美国等各大高端装备制造巨头公司专利布局的重点方向。通过分析国外在华发明专利申请公开量的增速，有助于判断产业链各细分领域是否存在潜在的安全风险。为有效判别产业是否存在潜在专利风险，我们将使用产业知识产权风险判别模型开展风险识别工作。

针对高端装备制造产业链，风险判别模型中的重点产业国外在华发明专利申请公开量增速采用的指标是高端装备制造产业链整体的国外在华 2015-2020 年的发明专利申请公开量的五年复合增速（8.6%），当某细分领域国外在华发明专利申请公开量的五年复合增速大于或等于产业链整体的国外在华 2015-2020 年的发明专利申请公开量的五年复合增速时，则判定该细分领域为风险产业。

在高端装备制造产业链中，有 6 个细分领域存在潜在的安全风险，分别为机器人制造、高端数控机床、增材设备制造、航空器装备制造、航空相关设备制造以及航空通信导航设备领域。

基于专利大数据的产业知识产权风险判别模型分析，在高端装备制造细分产业链中，有 6 个细分领域存在潜在的安全风险，分别为机器人制造、高端数控机床、增材设备制造、航空器装备制造、航空相关设备制造以及航空通信导航设备领域。

从产业知识产权风险判别结果来看，国外申请人在华申请的发明专利中，增材设备制造领域的近五年复合增速高于高端装备制造产业整体达 43.4%，航空器装备制造领域高于高端装备制造产业整体达 32.6%。说明就近五年的整体情况来看，国外申请人在这两个细分领域有高度的布局倾向，布局速度远高于高端装备制造产业整体，需引起相关利害主体的高度重视。另外，航空相关设备制造、高端数控机床、机器人制造、航空通信导航设备领域分别高于高端装备制造产业整体的 15.6%、11.0%、6.9%、5.8%，也需引起我国相关利害主体多加关注。

需要说明的是，由于产业知识产权风险判别模型是以国外来华增速数据为基础进行数据分析的，所以得出的风险产业结果并不代表国内相关产业处于弱势，仅是说明国外申请人在这一领域着重布局，增速较快，需要引起我国多加注意。

表12. 高端装备制造产业链专利预警分析

细分领域	细分领域国外在华发明专利申请公开量近五年复合增速	产业整体国外在华发明专利申请公开量近五年复合增速	差值	是否为风险产业
机器人制造	15.54%	8.6%	6.9%	是
高端数控机床	19.63%	8.6%	11.0%	是
重大成套设备制造	-10.72%	8.6%	-19.3%	否
智能关键基础零部件制造	-9.35%	8.6%	-17.9%	否
增材设备制造	51.97%	8.6%	43.4%	是
集成电路制造设备	2.48%	8.6%	-6.1%	否
卫星装备制造	4.14%	8.6%	-4.5%	否
飞船制造	1.99%	8.6%	-6.6%	否
火箭制造	-2.64%	8.6%	-11.2%	否
航空器装备制造	41.16%	8.6%	32.6%	是
航空相关设备制造	24.21%	8.6%	15.6%	是
航空通信导航设备	14.44%	8.6%	5.8%	是
深海石油钻探设备制造	-8.31%	8.6%	-16.9%	否
海洋工程装备制造	-2.39%	8.6%	-11.0%	否
海洋相关设备制造	7.78%	8.6%	-0.8%	否
轨道交通车辆零部件	1.70%	8.6%	-6.9%	否
铁路车辆	4.33%	8.6%	-4.3%	否
信号与控制系统	0.29%	8.6%	-8.3%	否
轨道交通通信系统	-7.46%	8.6%	-16.1%	否
城市轨道交通车辆	-1.89%	8.6%	-10.5%	否

第六章 广东省智能装备制造产业创新发展路径建议

广东省高端装备制造产业在国内具备比较优势，产业链覆盖面全且分布较为合理，企业、人才、专利等科创资源丰富，尤其是创新企业。建议实施强链、补链、延链工程，持续优化产业链结构。推动高校、科研院所科创资源利用，加强产学研合作，开展高端装备制造产业关键技术协同创新。积极落实《支持“专精特新”中小企业挂牌上市融资服务方案》，推动潜力“专精特新”中小企业上市，为制造业高质量发展提供重要金融支撑。大力引进培育高端装备制造相关高端人才，“引”、“稳”、“培”、“鉴”相结合建设“2%”人才高地。抓紧粤港澳大湾区建设机遇，深化粤港澳合作，协同推进高端装备制造产业发展。加强我国高端装备制造产业专利布局，建立预警机制，保障产业链安全。加强现有重大项目的知识产权分析评议和风险防控。

6.1 产业布局建议

实施固链、补链、延链工程，持续优化产业链结构。

从产业细分的角度来看，广东省在多数细分领域中处于优势地位，在企业、人才、专利方面领先明显。建议首先，实施固链工程，做强优势环节，优化产业布局，继续巩固和加强以增材设备制造、机器人制造、高端数控机床、卫星装备制造、航空器装备制造为代表的13个优势产业的领先地位，抢占全球高端装备制造技术高地，争夺行业话语权。

其次，实施补链工程，针对广东省高端装备制造产业链的不足环节，如飞船制造、火箭制造、深海石油钻探设备制造、铁路车辆、城市轨道交通车辆，结合本省发展规划，积极对外协商，引进国内外相关行业巨头在广东省落户研发。例如，引进一批铁路车辆、城市轨道交通车辆领域的全球领先企业，可重点关注中国中车、庞巴迪、阿尔斯通、西门子、日立和川崎重工等。再次，实施延链工程，针对广东省高端装备制造产业链下游，扩大高端装备市场应用范围，延展产业链链条，扩大产业规模，推进广东省国民经济和产业优化的优化布局。

推动高校、科研院所科创资源利用，加强产学研合作，开展高端装备制造产业关键技术协同创新。

工业和信息化部、发展改革委、科技部、财政部联合印发的《高端装备创新工程实施指南》提出，高端装备制造业发展的总体要求是：坚持“政府引导与市场机制相结合、自主创新与开放合作相结合、重点突破与夯实基础相结合”的原则，加强组织领导和政策推动，加大资金支持力度，创新资金支持方式，切实重视落实高端装备的国产化依托工程，促进产学研用协同创新，统筹研发、制造、应用各环节，突破一批关键技术和核心部件，开发一批标志性、带动性强的重点产品和装备，实现一批重大装备的工程化、产业化应用，打造中国制造业“新名片”，带动我国制造业水平的全面提升。建立以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系。产学研合作是企业发展的内在需求，是增强企业自主创新能力、提高市场竞争力的重要途径。广东省应依托在高端装备制造领域的高校、科研院所资源，加强产学研合作，进行产业关键技术协同创新。

高校、科研院所、企业是区域创新发展的“三驾马车”，依托高校、科研院所、龙头企业和产业园区等创新资源创建产学研创新发展平台，搭建技术研发平台、成果转化平台、产业孵化平台等，建成若干政府主导、学研单位及业内龙头引领、企业为主的产业空间新格局。广东省的部分高等院校及科研院所也为本地区产学研合作做出了良好的示范，比如，广东工业大学佛山数控装备研究院主要瞄准珠江西岸先进装备制造业需求，围绕机器人、精密装备、3D 打印等智能制造领域，进行关键技术与产品研发和企业服务，已培育孵化 80 多个高端创业项目，吸引社会投资资金超 3 亿元，注册实体公司 60 多家，研发创新产品超过 60 项，申请专利超 400 件，服务地方企业超 500 家，已实现技术服务收入超亿元。

随着高端装备制造产业的快速发展，德国、日本、美国等高端装备制造产业巨头纷纷将目光投向以中国为代表的新兴市场，通常采用“产品未动，专利先行”的方式进入中国市场，由于专利权的排他性，专利已然成为国际巨头抢占市场的重要武器。在全球化的今天，中美贸易摩擦的背景下，建议加大对国内高校、科研院所高端装备制造的科创资源挖掘和利用，针对我国不足环节和风险环节，筛选高校及科研院所专利运营的试点技术领域，以试点技术领域的高校及科研院所的专利资产作为专利池，根据高校团队、科研院所团队及其研究领域细分专利池

为专利包,并根据供需进行专利包与企业的配对,实现以特定技术领域的学研(高校、科研院所)专利包为纽带,连接创新供给侧(高校、科研院所)和需求侧(相关企业)。

积极落实《支持“专精特新”中小企业挂牌上市融资服务方案》,推动潜力“专精特新”中小企业上市,为制造业高质量发展提供重要金融支撑。

上市公司是区域产业高质量发展的排头兵,是新技术、新业态、新经济的重要开拓者。一是建议采用大数据手段精准识别潜力“专精特新”中小企业,尤其是通过知识产权产业金融大数据手段,运用企业科创能力评价模型,开展“专精特新”中小企业科创实力评价,准确掌握“专精特新”中小企业科技创新状况,为潜力“专精特新”中小企业的发现、培育、成熟、上市奠定良好的基础。二是建议加强拟上市“专精特新”中小企业的 IPO 知识产权辅导,助力企业对内做好知识产权规划工作,构建技术研发体系,在技术研发过程中,规避现有技术,避免侵权风险,同时还要开展专利挖掘,启示技术创新,保持专利申请的持续性,彰显技术创新能力,在专利申请过程中,从技术攻防及市场选择的角度进行知识产权整体布局,形成契合公司战略的专利组合,此外,还应完善公司知识产权管理制度,注意自身知识产权的管理和维护工作,避免因管理失误造成无谓的损失;对外做好知识产权风险的防范和预警工作,通过知识产权尽职调查分析风险来源,评估危害程度以及发生的可能性,特别是针对公司的主营业务在 IPO 前开展专利比对分析,排查商标、专利侵权风险,制定风险应对预案,保障企业顺利上市。围绕制造强省建设目标,以上市公司为平台、并购重组为手段,提升上市公司发展水平,做强产业链,做深价值链,提高广东省高端装备制造产业核心竞争力。

大力引进培育高端装备制造相关高端人才,“引”、“稳”、“培”、“鉴”相结合建设“2%”人才高地。

企业最具有创新能力的核心人员一般占研发人员的 2%,换言之,这 2%的核心人员是引领推动产业发展的“关键少数”,是全球高端装备制造产业角逐的焦点。建议广东省的人才工作进一步聚焦到这“2%”的高端人才层面,从以下四个方面入手。一是“引”,加强创新创业基础条件建设,配套相关人才政策,吸引国内外高层次人才优秀人才,在人才引进中加强对行业领军人才、技术高管及科技企

业家等人才的引进力度。二是“稳”，加强人才大数据的建设与运用，构建高端装备制造产业创新人才数据库，实时监测广东省高层次人才发展动态，稳定核心技术人才，减少高端人才外流。三是“培”，依托广东省高等院校的科教资源，深化产教融合，建立起学历教育与职业教育相结合的人才培养模式，协同培养创新型科技工程师，大力支持创新型科技工程师申报广东省及国家的相关人才培养计划和科研攻关计划。四是“鉴”，有效利用知识产权大数据建立发现人才、评价人才、跟踪人才机制，绘制全球高端人才图谱，落实人才引进中的知识产权评价和鉴定机制。

抓紧粤港澳大湾区建设机遇, 深化粤港澳合作, 协同推进高端装备制造产业发展。

在粤港澳大湾区建设的大机遇下，广东省应深化同香港、澳门的高端装备制造相关合作，加快推进高端装备制造产业一体化布局 and 各类高端要素对接，协同促进高端装备制造产业发展。粤港澳大湾区具备良好的高端装备制造产业集群，广东省重点省市应统筹利用粤港澳和国际国内科技创新资源，围绕高端装备制造产业发展完善科技创新链，加快形成以创新为驱动、以科技为引领的经济体系和发展模式，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合。同时还应注意制度的差异，化制度差异为制度优势，注重政策的互补，进一步完善产业政策、人才政策、科技政策，学习先进地区经验。其次，充分发挥产业集聚对区域创新的积极作用，推动区域内企业交流，促进行业内隐性知识扩散，启发区域企业技术创新，进而实现以区域创新带动广东省高端装备制造产业发展。以广州、佛山、深圳、东莞、中山为核心的智能制造装备产业集聚区，以广州、深圳、珠海、中山、阳江为核心的海洋工程装备产业集聚区，以广州、深圳、珠海为核心的航空装备产业集聚区，以江门为核心的轨道交通装备产业集聚区，在科技创新发展中，应主动发挥引领作用，推动粤港澳大湾区高端装备制造产业高质量发展。

6.2 产业知识产权风险防控建议

加强我国高端装备制造产业专利布局，建立预警机制，保障产业链安全。

产业安全关乎国家安全，建议加强我国高端装备制造以下重点产业的专利布局，建立预警机制。如智能制造装备产业中存在安全风险的机器人制造、高端数

控机床、增材设备制造领域，航空装备产业中存在安全风险的航空器装备制造、航空相关设备制造、航空通信导航设备领域，尤其是增材设备制造、航空器装备制造领域，需重点加强。

加强现有重大项目的知识产权分析评议和风险防控。

建议加强现有重大科技项目及招商引资项目的知识产权分析评议和风险防控，预警防范重大知识产权风险，助力高端装备制造产业发展决策的科学性和及时性。如加强重大项目的人才流动尽职调查，避免因人才流动造成的侵权风险。加强重点产业的知识产权侵权风险排查工作，避免无效宣告事件的发生。加强海外知识产权风险排查工作，重点针对美国 337 调查条款，做好知识产权储备和风险防控工作。

