

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划

中国工程院重大咨询项目成果文库

战略性新兴产业发展重大行动计划研究丛书

丛书主编 钟志华 邬贺铨

高端装备制造业 发展重大行动计划研究

卢秉恒 等 著



科学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划
中国工程院重大咨询项目成果文库
战略性新兴产业发展重大行动计划研究丛书

丛书主编 钟志华 邬贺铨

高端装备制造业 发展重大行动计划研究

卢秉恒 等 著

北 京

内 容 简 介

本书是中国工程科技发展战略研究院面向公众和决策人员的系列研究报告之一。全书针对“十三五”高端装备制造业中的航空装备、卫星制造及应用、轨道交通装备、海洋工程装备、高档数控机床、工业机器人、增材制造装备等7个领域,分析全球高端装备制造业格局变化与未来发展重点、我国“十二五”高端装备制造业发展经验及存在问题,以及高端装备制造业培育与发展重大需求,提出“十三五”高端装备制造业重大行动计划实施途径,展开高端装备制造业重大行动计划评价研究,并针对存在问题及发展需求提出相关政策措施建议。

本书有助于公众了解中国战略性新兴产业中高端装备制造业的发展态势和政策走向,可供各级领导干部、有关决策部门和产业界及公众参考。

图书在版编目(CIP)数据

高端装备制造业发展重大行动计划研究 / 卢秉恒等著. —北京: 科学出版社, 2019.3

(战略性新兴产业发展重大行动计划研究丛书 / 钟志华, 邬贺铨主编)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划

中国工程院重大咨询项目成果文库

ISBN 978-7-03-060563-4

I. ①高… II. ①卢… III. ①制造业—工业发展—研究—中国
IV. ①F426.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第030251号

责任编辑: 李 莉 / 责任校对: 孙婷婷

责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 正典设计

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京画中画印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年3月第 一 版 开本: 720 × 1000 B5

2019年3月第一次印刷 印张: 9 3/4

字数: 200 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

“战略性新兴产业发展重大行动计划研究”

丛书编委会名单

顾 问：

徐匡迪 路甬祥 周 济 陈清泰

编委会主任：

钟志华 邬贺铨

编委会副主任：

王礼恒 薛 澜

编委会成员（以姓氏笔画为序）：

丁 汉	丁文华	丁荣军	王一德	王天然	王文兴
王华明	王红阳	王恩东	尤 政	尹泽勇	卢秉恒
刘大响	刘友梅	孙优贤	孙守迁	杜祥琬	李龙土
李伯虎	李国杰	杨胜利	杨裕生	吴 澄	吴孔明
吴以成	吴曼青	何继善	张 懿	张兴栋	张国成
张彦仲	陈左宁	陈立泉	陈志南	陈念念	陈祥宝
陈清泉	陈懋章	林忠钦	欧阳平凯	罗 宏	岳光溪
岳国君	周 玉	周 源	周守为	周明全	郝吉明
柳百成	段 宁	侯立安	侯惠民	闻邦椿	袁 亮
袁士义	顾大钊	柴天佑	钱清泉	徐志磊	徐惠彬
栾恩杰	高 文	郭孔辉	黄其励	屠海令	彭苏萍
韩 强	程 京	谢克昌	强伯勤	谭天伟	潘云鹤

工作组组长：周 源 刘晓龙

工作组（以姓氏笔画为序）：

马 飞	王海南	邓小芝	刘晓龙	江 媛	安 达
安剑波	孙艺洋	孙旭东	李腾飞	杨春伟	张 岚
张 俊	张 博	张路蓬	陈必强	陈璐怡	季桓永
赵丽萌	胡钦高	徐国仙	高金燕	陶 利	曹雪华
崔 剑	梁智昊	葛 琴	裴莹莹		

“高端装备制造业发展重大行动计划研究”

项目组成员名单

一、院士成员

卢秉恒	中国工程院院士，西安交通大学教授，课题组长
栾恩杰	中国工程院院士，国家国防科技工业局，课题组长
张彦仲	中国工程院院士，中国航空工业集团有限公司科学技术委员会主任
王天然	中国工程院院士，中国科学院沈阳自动化研究所研究员
丁荣军	中国工程院院士，中车株洲电力机车研究所有限公司
刘友梅	中国工程院院士，中车株洲电力机车有限公司
林忠钦	中国工程院院士，上海交通大学校长
刘大响	中国工程院院士，中国航空工业集团有限公司科学技术委员会副主任
尹泽勇	中国工程院院士，中国航空工业集团有限公司科学技术委员会副主任
王华明	中国工程院院士，北京航空航天大学教授

二、专家成员

1) 航空装备领域

费洪柱	中国航空工业集团有限公司规划发展部部长
夏武	中国航空工业集团有限公司规划发展部处长
吴兴世	中国商用飞机有限责任公司科学技术委员会研究员
孙洪钊	中国商用飞机有限责任公司发展规划部高级主管
张永新	中国航空发动机集团有限公司发展计划部处长
李子灿	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会副秘书长
陈淮秋	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会研究员
崔德刚	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会研究员
王建秋	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会研究员
蔡晓斌	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会科技部部长

彭友梅	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会研究员
张东红	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会研究员
伍大明	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会研究员
陈少军	中国航空工业发展研究中心副主任
张东波	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会高级工程师
荣继芳	中国航空工业集团有限公司科学技术委员会科技部副部长

2) 卫星制造及应用领域

王崑声	中国航天系统科学与工程研究院科学技术委员会主任，研究员
袁建华	中国航天系统科学与工程研究院总设计师，研究员
朱 毅	国家国防科技工业局科学技术委员会办公室主任
胡良元	中国航天工程科技发展战略研究院办公室主任，研究员
赵 滢	中国航天系统科学与工程研究院二所副所长，研究员
刘立民	中国航天系统科学与工程研究院研究员
孙静芬	中国航天系统科学与工程研究院研究员
王 红	中国航天系统科学与工程研究院高级工程师
包彦明	中国航天系统科学与工程研究院高级工程师
姚 娟	中国航天系统科学与工程研究院高级工程师
喻 洋	中国航天系统科学与工程研究院工程师
蒲洪波	中国航天系统科学与工程研究院高级工程师
崔 剑	中国航天工程科技发展战略研究院办公室工程师

3) 轨道交通装备领域

陈高华	中车株洲电力机车研究所有限公司副总工程师
杨 颖	中车株洲电力机车有限公司副总工程师
韩 亮	中车株洲电力机车研究所有限公司项目主管

4) 海洋工程装备领域

杨建民	上海交通大学教授，上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院院长
尤云祥	上海交通大学教授
柳存根	上海交通大学教授
汪学锋	上海交通大学教授
唐文勇	上海交通大学教授
肖 湘	上海交通大学教授
彭 涛	上海交通大学高级工程师，上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院副院长
陈 震	上海交通大学副教授
薛鸿祥	上海交通大学副教授

李 欣 上海交通大学研究员
田新亮 上海交通大学副教授

5) 高档数控机床领域

张 俊 西安交通大学教授
王 磊 西安交通大学助理研究员
张会杰 西安交通大学工程师

6) 工业机器人领域

宋晓刚 中国机械工业联合会执行副会长，教授级高级工程师
陈 丹 机械工业信息中心副处长，工程师
赵军平 机械工业信息中心工程师
贾彦彦 机械工业信息中心经济师

7) 增材制造装备领域

汤海波 北京航空航天大学研究员
张述泉 北京航空航天大学高级工程师
刘 栋 北京航空航天大学高级工程师
田象军 北京航空航天大学高级工程师
李 安 北京航空航天大学高级工程师
张纪奎 北京航空航天大学副教授
李 佳 北京航空航天大学高级工程师
程 序 北京航空航天大学讲师
王 磊 西安交通大学助理研究员

“战略性新兴产业发展重大行动计划研究” 丛书序

中国特色社会主义进入了新时代，中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。战略性新兴产业是以重大技术突破和重大发展需求为基础，对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用的产业，具有知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好等特点。面对当前国际错综复杂的新形势，发展战略性新兴产业是建设社会主义现代化强国，培育经济发展新动能的重要任务，也是促进我国经济高质量发展的关键。

党中央、国务院高度重视我国战略性新兴产业发展。习近平总书记指出，要以培育具有核心竞争力的主导产业为主攻方向，围绕产业链部署创新链，发展科技含量高、市场竞争力强、带动作用大、经济效益好的战略性新兴产业，把科技创新真正落到产业发展上^①。党的十九大报告也提出，建设现代化经济体系，必须把发展经济的着力点放在实体经济上，把提高供给体系质量作为主攻方向，显著增强我国经济质量优势^②。要坚定实施创新驱动发展战略，深化供给侧结构性改革，培育新增长点，形成新动能。

为了应对金融危机，重振经济活力，2010年，国务院颁布了《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》；并于2012年出台了

① 中共中央文献研究室. 习近平关于科技创新论述摘编. 中央文献出版社，2016

② 习近平. 决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利. 人民出版社，2017

《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》，提出加快培育和发展节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车等战略性新兴产业；为了进一步凝聚重点，及时调整战略性新兴产业发展方向，又于 2016 年出台了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》，明确指出要把战略性新兴产业摆在经济社会发展更加突出的位置，重点发展新一代信息技术、高端制造、生物、绿色低碳、数字创意五大领域及 21 项重点工程，大力构建现代产业新体系，推动经济社会持续健康发展。在我国经济增速放缓的大背景下，战略性新兴产业实现了持续快速增长，取得了巨大成就，对稳增长、调结构、促转型发挥了重要作用。

中国工程院是中国工程科技界最高荣誉性、咨询性学术机构，同时也是首批国家高端智库。自 2011 年起，配合国家发展和改革委员会开展了“战略性新兴产业培育与发展”“‘十三五’战略性新兴产业培育与发展规划研究”等重大咨询项目的研究工作，参与了“十二五”“十三五”国家战略性新兴产业发展规划实施的中期评估，为战略性新兴产业相关政策的制定及完善提供了依据。

在前期研究基础上，中国工程院于 2016 年启动了“战略性新兴产业发展重大行动计划研究”重大咨询项目。项目旨在以创新驱动发展战略、“一带一路”倡议等为指引，紧密结合国家经济社会发展新的战略需要和科技突破方向，充分关注国际新兴产业的新势头、新苗头，针对《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》提出的重大工程，提出“十三五”战略性新兴产业发展重大行动计划及实施路径，推动重点任务及重大工程真正落地。同时，立足“十三五”整体政策环境进一步优化和创新产业培育与发展政策，开展战略性新兴产业评价指标体系、产业成熟度深化研究及推广应用，支撑国家战略决策，引领产业发展。

经过两年的广泛调研和深入研究，项目组编纂形成“战略性新兴产业发展重大行动计划研究”成果丛书，共 11 种。其中 1 种为综合卷，即《战略性新兴产业发展重大行动计划综合研究》；1 种为政策卷，即《战略性新兴产业：政策与治理创新研究》；9 种为领域卷，包括《节能环保产业发展重大行动计划研究》《新一代信息产业发展重大行动计划研究》《生

物产业发展重大行动计划研究》《能源新技术战略性新兴产业重大行动计划研究》《新能源汽车产业发展重大行动计划研究》《高端装备制造业发展重大行动计划研究》《新材料产业发展重大行动计划研究》《“互联网+智能制造”新兴产业发展行动计划研究》《数字创意产业发展重大行动计划研究》。本丛书深入分析了战略性新兴产业重点领域以及产业政策创新方面的发展态势和方向，梳理了具有全局性、带动性、需要优先发展的重大关键技术和领域，分析了目前制约我国战略性新兴产业关键技术识别、研发及产业化发展的主要矛盾和瓶颈，为促进“十三五”我国战略性新兴产业发展提供了政策参考和决策咨询。

2019 年是全面贯彻落实十九大精神的深化之年，是实施《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》的攻坚之年。衷心希望本丛书能够继续为广大关心、支持和参与战略性新兴产业发展的读者提供高质量、有价值的参考。

前 言

高端装备制造业是国家“十二五”规划提出的战略性新兴产业七大领域之一，是具有高技术含量和高附加值的装备制造产业，是传统装备制造业的提升和工业化发展的高级阶段。它的重点方向主要包括航空装备、卫星制造及应用、轨道交通装备、海洋工程装备和智能制造装备（涉及高档数控机床、工业机器人、增材制造装备）。发展高端装备制造业对带动我国产业结构优化升级、提升制造业核心竞争力具有重要的战略意义。

“十三五”是我国经济社会发展的重要战略机遇期，全面建成小康社会的决定性阶段。本书在中国工程院重大咨询研究项目“‘十三五’战略性新兴产业发展重大行动计划”的基础上，以院士为核心，以专家为骨干，以创新驱动、“一带一路”倡议等为指引，主要针对“十三五”高端装备制造业中的航空装备、卫星制造及应用、轨道交通装备、海洋工程装备、高档数控机床、工业机器人、增材制造装备等7个领域，分析全球高端装备制造业格局变化与未来发展重点，我国“十二五”高端装备制造业发展经验及存在问题，高端装备制造业培育与发展重大需求，提出“十三五”高端装备制造业重大行动计划实施途径，开展高端装备制造业重大行动计划评价研究，并针对存在问题及发展需求提出相关政策措施建议，为科学制定高端装备制造业的发展规划提供决策支持。

“高端装备制造业发展重大行动计划研究”项目组

2019年3月

目 录

第一章 全球高端装备制造业格局变化与未来发展重点分析·····	1
第一节 高端装备制造业的格局变化·····	1
第二节 引发产业变革的颠覆性技术分析·····	6
第三节 未来全球高端装备制造业发展重点·····	10
第四节 贸易保护主义对高端装备制造业发展的影响·····	14
第二章 我国“十二五”高端装备制造业发展经验及存在问题·····	18
第一节 我国“十二五”高端装备制造业成功经验·····	18
第二节 “十二五”高端装备制造业投融资分析·····	24
第三节 我国高端装备制造业发展存在的问题·····	28
第三章 高端装备制造业培育与发展重大需求分析·····	35
第一节 “十三五”我国经济社会发展的重大战略部署·····	35
第二节 创新型强国对高端装备制造业的需求·····	38
第三节 培育经济发展新动能对高端装备制造业的需求·····	42
第四节 全面建成小康社会对高端装备制造业的需求·····	45
第四章 “十三五”高端装备制造业重大行动计划实施途径·····	49
第一节 航空装备产业重大行动计划实施途径·····	49
第二节 卫星制造及应用产业重大行动计划实施途径·····	73
第三节 轨道交通装备产业重大行动计划实施途径·····	79
第四节 海洋工程装备产业重大行动计划实施途径·····	87
第五节 大型高性能金属构件增材制造产业重大行动计划实施途径·····	92
第五章 高端装备制造业重大行动计划评价研究·····	98
第一节 重大行动计划产业成熟度分析·····	98
第二节 重大行动计划评价指标体系·····	99
第三节 重大行动计划评价案例·····	107
第六章 政策措施建议·····	128
第一节 航空装备产业·····	128
第二节 卫星制造及应用产业·····	129
第三节 轨道交通装备产业·····	131

第四节	海洋工程装备产业	133
第五节	高档数控机床产业	134
第六节	工业机器人产业	135
第七节	增材制造装备产业	136

第一章 全球高端装备制造业格局变化与未来发展重点分析

第一节 高端装备制造业的格局变化

“十二五”以来全球新兴产业格局发生了很大变化，高端装备制造业的七大领域同样有不同程度的变化。

（一）航空装备产业

未来航空市场需求强劲，仅就运输飞机市场而言，2016年7月11日波音公司《当前市场展望》预测，未来20年全球将需要3.96万架新飞机，这些新飞机的总价值约为5.9万亿美元。空中客车公司2016年7月12日发布的全球市场预测，未来20年全球航空客运量年均增长率为4.5%，需要新增超过3.3万架100座级以上飞机，包括3.24万架客机和645架业载10t以上的货机，总价值约5.2万亿美元。到2035年，全球客机和货机机队总数将由2016年的1.95万架增长1倍，达到约4万架。中国商用飞机有限责任公司（简称中国商飞）《2015—2034年民用飞机市场预测年报》预测，2016~2036年全球航空旅客周转量将以平均每年4.7%的速度递增，预计将有3.7万架新机交付，价值约4.82万亿美元。新兴经济体特别是亚洲地区的城市化发展及财富增长是航空业增长的主要动力来源。涵盖超过60亿人口的新兴经济体航空客运量年均增长率预计为5.6%，2036年倾向搭乘飞机出行的人口比例将是2016年的3倍，达到75%。中国将在未来10年内成为世界最大的航空运输市场。波音公司预测，2016~2036年中国将需要6330架新飞机，总价值约9500亿美元。与此同时，中国民航机队规模在未来20年将扩大到2016年的3倍。此外，全球范围内航空工业军、民用航空器销售比由于民用航空制造业的进一步扩张仍在向民用航空器方面扩大，民用航空工业整体素质和生存发展的经济合理性显著提高，产业组织和经营模式不断拓新，关键技术研发强度持续增加，产业格局面临新的变化，民用航空市场正逐渐受到颠覆性技术带来的影响。航空制造业产业结构在技术和市场力量的作用下也在发生巨大变化，世界航空制造产业技术架构和产业格局将延续之前的变革性发展态势，更大范围的整合、更深层次的重组将成为航空制造产业格局转变的重要里程碑。

民用航空制造业具有的高端高质特征、聚集效应、带动效应、引领效应日益突出，世界发达国家和地区、有条件的发展中国家和地区，都在竞相发展民用航空制造业，积极抢占经济和科技发展的制高点，赢得综合实力和科技水平竞争的主动权。

（二）卫星制造及应用产业

目前，全球卫星制造及应用产业呈现蓬勃发展态势，产业发展格局正在产生新的变化。从市场主体来看，除美国、欧洲等传统航天强国及地区依然占据主导地位之外，近年来发生的我国首颗量子通信卫星、北斗卫星导航系统的区域稳定服务、高分辨率等遥感卫星系统建设，印度“一箭 104 星”等一系列重点事件，标志着以中国、印度为代表的发展中国家正在加快赶超步伐。从产业链来看，全球卫星制造及应用产业依然保持较好发展势头，2016 年产业规模已达到 2605 亿美元，总体保持 2% 的增长速度。其中，由于卫星发射数量大幅减少，卫星制造业收入下降 13%；卫星服务业在整个产业链中依然占据主导地位，但 2016 年收入增速减缓，仅增长 0.2%，大众通信消费业务收入占据卫星服务业收入的 90% 以上，卫星固定通信业务收入、对地观测业务收入均保持较好的增长势头。地面设备制造业的收入增速较好，增长 7%，增长动力主要为卫星导航设备和网络设备，收入分别增长 8% 和 7%。此外，全球发射服务业收入增长 2%，美国发射服务业收入占全球的比例由 2015 年的 34% 提高到 2016 年的 40%，欧洲、中国在 2016 年的发射服务业中仍然扮演重要角色。从产业布局来看，世界主要航天国家及地区均在加快商业航天发展步伐，“航天 + 互联网”这一新兴商业模式正在加速构建，信息、技术、资金等要素正在加速融合。此外，中国正在以“一带一路”空间信息走廊为重点，按照与有关国家共商共建的原则，加快推进有关区域的空间基础设施建设，为全球卫星制造及应用产业发展注入新活力。

（三）轨道交通装备产业

从全球市场竞争格局来看，中国仍然存在不足。目前北美、欧洲和日本等发达国家和地区的轨道车辆制造商占据国际业务的高端市场，在制造车辆和设备方面，制造商不仅开发车辆系统和软件，设备技术含量高，还承担了轨道交通项目系统集成的任务。中国轨道交通装备制造业总体上比较强大，但仍有少量关键技术、核心部件和基础材料还依赖进口，原创性技术的比例有待提高，以软件为基础的信息化、智能化技术处于初级阶段，与产品硬实力相比，中国在国际标准和国际认证等软实力上亟待提升。

(四) 海洋工程装备产业

进入 21 世纪,各个涉海国家纷纷投入前所未有的关注和实力参与海洋开发工程。同时在全球市场波动和不确定性增加的背景下,海洋工程装备产业面临的形势更加错综复杂。欧美等国和地区掌握海洋工程装备产业主要知识产权与关键技术,垄断高端海洋装备及配套设备研发、设计、生产、供货、总包的企业,处于第一阵营,其产品因技术含量及利润率高在国际海洋工程装备产业占据价值链高端,具有很强竞争力;以浮式生产储油装置(floating production storage and offloading, FPSO)、液化天然气(liquefied natural gas, LNG)生产运输装备、钻井船为主要产品的韩国,以及以 FPSO 改装、自升式平台、半潜式平台为主要产品的新加坡,处于第二阵营;通过产业综合能力的提升,我国逐步掌握海洋工程装备技术,已具备深水半潜平台、浮式生产系统等装备的自主设计、建造能力,逐步逼近第二阵营。

(五) 高档数控机床产业

目前,中国装备制造业面临着发达国家“高端回流”和发展中国家“中低端分流”的双重挤压。机床行业的传统制造强国主要为德国、日本、美国、意大利等发达国家。中国 2009 年开始实施的“高档数控机床与基础制造装备”国家科技重大专项对高档数控机床与基础制造装备主机、数控系统、功能部件、共性技术等进行了总体布局 and 任务分解,中央财政投入了几十亿元资金,实施 10 年来,在航空航天、汽车、船舶、发电设备等领域取得了阶段性成果,相关重大战略装备和重点产品在实际应用中初见成效,部分技术指标达到国际先进水平,填补国内空白。目前中国重型锻压装备、部分机床主机平均无故障时间已达到 2000h 以上,接近国际先进水平;数控系统等核心零部件取得明显突破,国产数控系统在功能、性能方面与国际先进水平的差距大幅缩小,一些关键功能部件在精度、可靠性等关键指标上已接近国际先进水平;重点领域装备保障能力不断提升,航空航天领域典型产品所需关键制造装备的“有无问题”正逐步得到解决。中国虽然已是数控机床装备制造业大国,产值全球第一,但产业大而不强、自主创新能力薄弱,面临低端产能过剩、中档数控机床受到挤压、高档数控机床和高档数控系统及关键功能部件仍然依赖进口的问题。自 2008 年金融危机以来,美国、德国、日本等国政府和相关专业人士在寻求危机解决方案的过程中纷纷提出“再工业化”,通过发展智能制造来重振制造业,并锁定高端制造领域,谋求塑造新的竞争优势。不仅与中国高端装备的未来发展构成激烈竞争,还将对已经形成优势的产品造成市场空间挤压。全球机床竞争格局有以下特征。