

分类号 C8/349  
U D C                     

密级 公开  
编号 10741



硕士学位论文  
(专业学位)

论文题目 中国装备制造业智能制造  
水平测度及影响因素分析

研究生姓名: 王菲

指导教师姓名、职称: 韩君 教授

学科、专业名称: 统计学 应用统计硕士

研究方向: 经济统计应用

提交日期: 2023年5月30日

## 独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 王菲 签字日期： 2023.5.30

导师签名： 韩磊 签字日期： 2023.5.30

导师(校外)签名： 严雪林 签字日期： 2023.5.30

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意” / “不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 王菲 签字日期： 2023.5.30

导师签名： 韩磊 签字日期： 2023.5.30

导师(校外)签名： 严雪林 签字日期： 2023.5.30

**Intelligent Manufacturing Level  
Measurement And Influencing Factors  
Analysis of China's Equipment  
Manufacturing Industry**

**Candidate : WANG Fei**

**Supervisor: HAN Jun**

## 摘要

现如今经济增长更侧重提高质量、降低污染、增加效率，装备制造业是制造业的核心，智能制造为装备制造业的转型升级和竞争力的提升提供了新方向。装备制造业行业门类繁多，各子行业的发展规律和融合方式不同，如何准确的进行把握，分步骤、分行业推进装备制造业转型升级是新发展阶段装备制造业智能制造需要关注的重点。

基于此，本文以装备制造业为研究对象，首先梳理已有文献分析研究现状，阐述装备制造业智能制造的发展内涵、相关理论和发展现状。其次分析指标选择的理论逻辑，从基础条件、行业效益、建设水平三个维度出发构建装备制造业智能制造发展评价指标体系，综合选用纵横向拉开档次法和熵权法，选取 2015~2020 年中国装备制造业的相关数据，探究装备制造业八个子行业的智能制造综合发展水平以及不同维度下各子行业的发展情况。最后以测算所得的装备制造业智能制造综合发展水平为被解释变量，以人才建设、技术创新、劳动力供给、政府支持和外商投资为解释变量，选取 2015~2020 年装备制造业 8 个子行业所构建的面板数据进行实证分析，探究五个影响因素对智能制造发展的作用，对行业按规模分类后进行行业异质性分析。结论表明：装备制造业八个子行业 2015~2020 年智能制造综合发展水平不同步存在差异，变化趋势也不尽相同，在智能制造的基础条件、行业效益和建设水平三个维度都存在发展不协调的情况。人才建设、技术创新、劳动力供给对装备制造业智能制造发展呈显著的正向作用，政府支持对装备制造业智能制造发展呈显著的负向作用，外商投资对智能制造发展没有显著影响，三个不同规模行业智能制造发展的影响因素也不同。由此对装备制造业智能制造后续发展提出针对性的对策和建议。

**关键词：**智能制造 装备制造业 组合赋权法 动态综合评价法

## Abstract

Nowadays, economic growth focuses more on improving quality, reducing pollution and increasing efficiency. Equipment manufacturing industry is the core of the manufacturing industry. Intelligent manufacturing provides a new direction for the transformation and upgrading of equipment manufacturing industry and the improvement of competitiveness. There are various categories of equipment manufacturing industry, the development rules and integration ways of each sub-industry are different. How to accurately grasp, step by step, sub-industry to promote the transformation and upgrading of the equipment manufacturing industry is the new development stage of the equipment manufacturing industry intelligent manufacturing needs to focus on the key.

Based on this, this paper takes the equipment manufacturing industry as the research object. Firstly, reviews the existing literature and analyzes the research status, expounds the development connotation, related theories and development status of intelligent manufacturing in the equipment manufacturing industry. Secondly, the theoretical logic of index selection is analyzed, and the evaluation index system of intelligent manufacturing development in the equipment manufacturing industry is constructed from three dimensions: basic conditions, industrial benefits

and construction level. To select the relevant data of China's equipment manufacturing industry from 2015 to 2020, the vertical and horizontal scatter degree method and entropy weight method are comprehensively used to explore the comprehensive development level of intelligent manufacturing in eight sub-industries of equipment manufacturing industry and the development situation of each sub-industry in different dimensions. Finally, the comprehensive development level of intelligent manufacturing in the equipment manufacturing industry is taken as the explained variable and talent construction, technological innovation, labor supply, government support and foreign investment are taken as the explanatory variable. The panel data constructed by eight sub-industries of the equipment manufacturing industry from 2015 to 2020 are selected for empirical analysis to explore the role of five influencing factors on the development of intelligent manufacturing. The industry is classified according to its size and then the industry heterogeneity is analyzed. The conclusion shows that the comprehensive development level of intelligent manufacturing in the eight sub-industries of equipment manufacturing industry from 2015 to 2020 is different, and the change trend is not the same. There are uncoordinated development in the three dimensions of basic conditions, industry benefits and construction level of intelligent manufacturing. Talent construction, technological innovation and labor supply have a significant positive effect on the development of intelligent

manufacturing in equipment manufacturing industry, government support has a significant negative effect on the development of intelligent manufacturing in the equipment manufacturing industry, foreign investment has no significant impact on the development of intelligent manufacturing, the three industries with different sizes of intelligent manufacturing development factors are different. Therefore, targeted countermeasures and suggestions are put forward for the subsequent development of intelligent manufacturing in equipment manufacturing industry.

**Key words:** Intelligent manufacturing; Equipment manufacturing; Combination empowerment method; Dynamic comprehensive evaluation method

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究背景及意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 文献综述.....	2
1.2.1 装备制造业研究现状.....	2
1.2.2 智能制造研究现状.....	5
1.2.3 装备制造业智能制造研究现状.....	8
1.2.4 文献述评.....	8
1.3 研究内容与方法.....	9
1.3.1 研究内容.....	9
1.3.2 研究方法.....	10
1.4 研究创新与不足.....	11
1.4.1 创新点.....	11
1.4.2 不足之处.....	11
1.5 论文框架.....	12
<b>2 相关概念及理论依据</b> .....	<b>13</b>
2.1 相关概念与内涵.....	13
2.1.1 装备制造业与智能制造.....	13
2.1.2 装备制造业智能制造发展内涵.....	13
2.2 相关理论.....	15
2.2.1 技术创新理论.....	15
2.2.2 产业结构演变理论.....	15
2.2.3 企业社会责任理论.....	17
2.2.4 人力资本理论.....	17



2.3 本章小结 .....	18
<b>3 装备制造业智能制造发展现状 .....</b>	<b>19</b>
3.1 智能制造发展现状 .....	19
3.1.1 智能制造总体发展情况 .....	19
3.1.2 智能制造试点示范项目情况 .....	20
3.1.3 智能制造发展的政策支持 .....	21
3.2 装备制造业智能制造发展现状 .....	22
3.2.1 总体发展情况 .....	22
3.2.2 各子行业发展情况 .....	23
3.3 本章小结 .....	29
<b>4 装备制造业智能制造水平测度 .....</b>	<b>30</b>
4.1 装备制造业智能制造测度指标体系的构建 .....	30
4.1.1 指标选择的理论逻辑 .....	30
4.1.2 测度指标体系构建 .....	31
4.2 装备制造业智能制造综合发展水平测度 .....	33
4.2.1 数据来源与预处理 .....	33
4.2.2 权重确定 .....	34
4.2.3 综合发展水平测度 .....	37
4.3 装备制造业智能制造各维度发展水平测度 .....	40
4.3.1 基础条件 .....	40
4.3.2 建设水平 .....	42
4.3.3 行业效益 .....	44
4.4 本章小结 .....	47
<b>5 装备制造业智能制造影响因素分析 .....</b>	<b>48</b>
5.1 变量选取及数据来源 .....	48
5.1.1 影响因素作用机理分析 .....	48
5.1.2 变量选取 .....	49

5.1.3 数据来源 .....	50
5.2 模型设定及检验 .....	51
5.2.1 模型设定 .....	51
5.2.2 多重共线性检验 .....	51
5.3 实证结果与分析 .....	52
5.3.1 模型选择 .....	52
5.3.2 模型估计 .....	53
5.3.3 稳健性检验 .....	54
5.3.4 行业异质性分析 .....	55
5.4 本章小结 .....	56
<b>6 结论与建议 .....</b>	<b>57</b>
6.1 结论 .....	57
6.2 建议 .....	58
<b>参考文献 .....</b>	<b>60</b>
<b>攻读硕士学位期间承担的科研任务及主要成果 .....</b>	<b>64</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>65</b>

# 1 绪论

智能制造的发展为制造业的转型升级提供可能，装备制造业是制造业的核心。本章以装备制造业的智能制造发展研究对象，首先对文章的研究背景和研究意义进行了介绍，其次从装备制造业研究现状、智能制造研究现状和装备制造业智能制造研究现状出发，梳理、归纳、总结相关文献，最后对本文的研究内容、研究方法、研究创新与不足进行了阐述。

## 1.1 研究背景及意义

### 1.1.1 研究背景

制造业是国民经济的核心，发展较为迅速且拥有一套完整的制造体系，但是也面临类似于“大而不强”亟需转型升级的问题。近年来制造业的发展逐渐向智能制造靠拢，智能制造基于先进制造技术，深度融合与新一代信息技术，贯穿于产品全生命周期，在制造的过程中会产生智能化行为。发展智能制造对于建立我国制造业竞争新优势、推动制造业迈向中高端、实现制造强国具有重要意义。从《中国制造 2025》明确提出智能制造是两化深度融合的主要方向，《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》指出要加大智能制造系统的发展力度，到《智能制造试点示范 2016 专项行动实施方案》《智能制造发展规划（2016~2020 年）》《国家智能制造标准体系建设指南》等相关政策的出台，智能制造逐步成为制造业转型升级的破题之举<sup>[61]</sup>。“十三五”以来，我国智能制造的建设步伐坚实有力，智能制造的整体水平也得到了明显提升。“十四五”时期是我国工业和信息化发展增效提质的重要阶段，《“十四五”规划建议》坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，加快推进制造强国的建设，深入实施智能制造工程促进制造业高端化和智能化。《“十四五”智能制造发展规划》的编制从立足新发展阶段，准确把握新时代智能制造定位和使命出发。十三届全国人大五次会议通过的《政府工作报告》中指出要促进传统产业升级，大力推进智能制造，增强制造业核心竞争力。中国共产党第二十次全国代表大会提

出现代化产业体系的建设，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，加快建设制造强国，推进新型工业化，工业和信息化部对标对党的二十大部署要求，完整、准确、全面贯彻新发展理念，深化重点产业发展思路研究，发展壮大装备制造业，稳步推进制造业强链补链，推动制造业向高端化智能化发展，大力推进智能制造。

装备制造业是国民经济的生命线和工业的内核，也是制造业的核心。装备制造业集劳动密集、资金密集和技术密集于一体，对就业、技术进步、投融资都有推动作用。现如今经济增长更侧重于对质量的提高、降低对环境污染以及增加效率，这种转变以研发更先进和更高效的技术装备为根本。因此，装备制造业的转型升级不可或缺，其智能化的发展也会产生示范引领作用。

### 1.1.2 研究意义

智能制造为装备制造业的转型升级和竞争力的提升提供了新方向，但是装备制造业行业门类繁杂，应用场景也相对复杂多样，各子行业的发展规律和融合方式也不同。如何准确的进行把握，分步骤、分行业促进装备制造业转型升级是新阶段装备制造业智能制造需要重点关注的。为了推进装备制造业智能制造的接续发展，本文选择装备制造业为研究对象，探究各子行业之间智能制造的发展差异，寻找发展所存在的问题和不足，为装备制造业智能制造的后续发展提供一些可能的建议，丰富对装备制造业智能制造的研究。

## 1.2 文献综述

结合研究需要，本文将从装备制造业的研究现状、智能制造的研究现状以及装备制造业智能制造的研究现状三个方面出发对国内外学者已有的文献进行梳理。

### 1.2.1 装备制造业研究现状

#### (1) 国外研究现状

国外学者对装备制造业的研究集中于技术创新对装备制造业的影响和装备制造业发展过程两方面，在技术创新对装备制造业产生的影响方面，Cardoso

等（2012）<sup>[6]</sup>利用二次调查数据、专家访谈资料和多个案例研究影响先进制造技术实施的组织因素，发现企业要调整组织因素，实现技术创新以提升经济效益；Sainz（2015）<sup>[2]</sup>探讨风力发电机制造新技术，认为要充分利用人工智能提升企业效率降低企业成本；Veronika Kurz 等（2018）<sup>[8]</sup>通过分析员工的创新行为，开发并测试了员工驱动创新集成模型，结果表明影响创新行为的最重要因素是一个适当的工作设计，企业创新能打破行业壁垒。在装备制造业发展过程方面，Paiva 等（2008）<sup>[1]</sup>通过实证分析考察制造过程中的组织知识如何与产业活力相关；Martinez 等（2010）<sup>[5]</sup>采用基于半结构式访谈和档案数据的探索性单案例研究方法介绍正在服务化进程中的英国制造企业在成为产品服务提供商方面遇到的挑战；Sung（2018）<sup>[7]</sup>讨论韩国向工业 4.0 过渡过程中会受到机器通信所需的 IT 安全性、可靠性和稳定性、生产过程的完整性等因素影响。

## （2）国内研究现状

国内学者对装备制造业的研究较为丰富，主要分为装备制造业转型升级的因素和路径探讨、装备制造业的技术创新效率研究、对装备制造业发展水平的测度、探究装备制造业与其他产业融合发展情况、装备制造业的区域与空间特征研究五类。

第一类是对装备制造业转型升级的因素和路径的探讨。陈瑾等（2018）<sup>[13]</sup>研究了我国装备制造业在升级时可能面临的问题，提出我国装备制造业在高质量发展下的产业升级路径，构建评价指标体系采用层次分析法分析装备制造业的转型升级；潘秋晨（2019）<sup>[43]</sup>选取 1995~2014 年相关部门数据，测度装备制造业的全球价值链嵌入程度并构建指标体系，运用 GMM 法对影响机制进行实证分析发现转型升级效果在动荡中呈上升趋势，全球价值链嵌入对装备制造业转型升级有推动作用。薛纯等（2019）<sup>[58]</sup>在产业转型升级、制造业服务化和信息化作用关系的基础上阐述理论假设，使用中介效应模型研究信息化促进装备制造业转型升级的机理。严复海等（2019）<sup>[62]</sup>使用超效率 DEA 模型测度企业投资效率，通过回归模型实证分析企业投资效率对不同类型企业转型的影响，结果表明均呈正向相关；杨瑾等（2020）<sup>[63]</sup>使用模糊集定性比较分析法，选取 6 家企业，在颠覆式创新驱动下研究影响装备制造业转型升级的市场颠覆、市

场选择等 4 个因素并探究 2 条发展路径；黄满盈等（2021）<sup>[27]</sup>以财务竞争视角为切入点，使用固定效应模型进行实证分析，研究了驱动 107 家高端装备制造业企业转型升级的相关因素。

第二类是测度装备制造业的技术创新效率。王艳等（2017）<sup>[50]</sup>以新疆装备制造业为对象，使用随机前沿模型研究技术创新效率和影响因素，发现新疆装备制造业的技术创新效率不高但总体呈上升趋势；杜文忠等（2018）<sup>[21]</sup>使用 2000~2014 年 21 个一级行政区数据，采用聚类分析以及超效率 DEA 模型测度我国先进装备制造业的发展效率，研究发现东、中、西部地区发展效率有梯度特征；王青等（2019）<sup>[51]</sup>从内在机理出发，选取 2001~2017 年东北地区相关数据，选用 Malmquist 指数法对各子行业的效率变化进行测算，使用 VAR 模型分析生产性服务业对装备制造业各个子行业效率的影响程度，发现在冲击下装备制造业各子行业效率有不同的表现；童纪新等（2019）<sup>[22]</sup>采用三阶段 DEA，使用 2011~2015 年相关数据探究装备制造业技术效率的影响因素、动态发展以及空间布局，结果表明该效率均值有典型的区域差异性；曾刚等（2019）<sup>[64]</sup>整理 2011~2016 年的年鉴数据，使用环境变量和投入产出指标，综合运用 Bootstrap 模型和四阶段 DEA 模型测算高端装备制造业技术创新效率且对其现状及差异进行分析；晁坤（2020）<sup>[14]</sup>使用产出距离函数的随机前沿分析法，对装备制造业及其子行业的技术创新效率进行研究，发现效率低下的源头是规模效率较低。

第三类是对装备制造业发展水平的测度。李士梅等（2019）<sup>[33]</sup>使用 DEA-malmquist 指数法测算 2001~2015 年中国装备制造业全要素生产率，发现其在考察期有显著改善；明星等（2020）<sup>[40]</sup>基于聚类分析评价区域装备制造业竞争力并构建回归模型研究其影响因素；钞小静等（2021）<sup>[15]</sup>以生产制造、研发设计和市场匹配为出发点构建评价指标体系，综合运用 BP 神经网络算法和纵横向拉开档次法测度装备制造业高质量发展水平；李健等（2021）<sup>[34]</sup>基于 2008~2017 年 30 个省份的数据，使用 CRITIC-TOPSIS 法动态评价我国装备制造业的综合发展能力，比较区域装备制造业的发展差异；綦良群等（2021）<sup>[45]</sup>以价值流动为视角，使用 GERT 模型测度 2002~2018 年中国装备制造业的服务化水平，发现产出服务化水平整体低于投入服务化水平。

第四类是探究装备制造业与其他产业融合发展情况。惠利等（2019）<sup>[28]</sup>使用中国投入产出表数据对装备制造业和生产性服务业的融合进行了研究，要增强生产性服务业的有效供给以促进装备制造业向产业链高端跃进；王晓玲等（2022）<sup>[52]</sup>以2013~2019年东北地区的数据为研究对象，构建相关评价指标体系，测算装备制造业与数字经济的融合发展水平，并分析影响其融合发展的因素，结果表明金融支持力度、对外开放程度等都对融合发展有正向影响；彭永涛等（2022）<sup>[44]</sup>从环境、组织和技术出发，使用模糊集定性比较分析法研究现代服务业与装备制造业融合组态的因果关系、刻画融合路径。

第五类是研究装备制造业的区域与空间特征。陈博等（2019）<sup>[16]</sup>从微观企业出发，基于城市网络研究方法和复杂网络理论模型探究长江经济带装备制造业网络空间特征，研究表明装备制造业网络组织能力在空间上呈显著的非均衡特征；江露薇等（2020）<sup>[31]</sup>以生态位理论为基础，测度2012~2016年我国装备制造业时空演进与地区差异特征，结果表明我国装备制造业呈东强西弱的态势，是非均衡的但区域特色逐步显现；赵子健等（2020）<sup>[65]</sup>在中国区域层面探究了装备制造业全要素生产率的差异、高端化战略以及影响因素，发现企业的全要素生产率西部地区最低，东部地区最高。

## 1.2.2 智能制造研究现状

### （1）国外研究现状

梳理现有文献，国外学者对智能制造的研究主要集中于探究发展智能制造对企业产生的影响和智能制造发展进程两方面。对于企业发展智能制造所产生的影响，Yang Jie等（2020）<sup>[10]</sup>采用2014~2019年中国制造业实施的智能制造企业面板数据，运用倾向得分差异匹配法考察智能制造对金融绩效和创新绩效的影响；Zhang Minghao等（2021）<sup>[12]</sup>在智能制造的背景下，引入协作熵作为度量工具合理量子系统结构模型中成员的协作关系，并结合犹豫模糊评分函数，构建了复杂供应商网络的协作评价模型，通过量子子系统成员间的协作关系，并对其逐级迭代进行总结，实现从局部到整体的复杂供应商网络协同效率评价；Ying Limeng等（2022）<sup>[11]</sup>利用中国制造业上市公司的公开数据，采用

连续时间差分法对智能制造促进企业创新的作用进行研究。对于智能制造发展进程, Xiangzhi Zhang 等(2021)<sup>[9]</sup>认为需要基于专利信息分析的结果, 对我国智能制造业的发展给出一定的建议, 从而发挥知识产权在我国智能制造业发展中的关键作用, 促进我国智能制造业的高质量、可持续发展; Liu Caihong 等(2022)<sup>[4]</sup>识别了智能供应链中的风险因素, 构建了智能制造中降低潜在损失的风险评估指标体系; Joshi 等(2022)<sup>[3]</sup>认为这是一个技术的时代, 新兴技术不仅有助于企业拓展业务领域, 而且有助于企业实现可持续增长, 要在智能制造中使用数字技术促进可持续发展。

## (2) 国内研究现状

国内学者对智能制造的研究主要集中于探讨智能制造的模式与路径、测度智能制造发展能力、研究智能制造推动相关企业转型升级、探究发展智能制造对企业所产生的影响四个方面。

在探究智能制造的发展模式与路径方面, 陈丽娟(2018)<sup>[17]</sup>以工业 4.0 时代为背景阐述了我国智能制造产业发展的模式, 表明中国制造业要有工业 4.0 的生产效率加上“智能”生产的模式; 韩江波(2019)<sup>[29]</sup>认为要从两化融合、创新驱动、服务型制造等方面出发推进中国智能制造的发展; 刘强(2019)<sup>[35]</sup>从现代意义的概念和目标出发分析智能制造的发展过程、内涵、特征、架构模型, 阐述了推进智能制造的原则以及发展途径; 孟凡生等(2019)<sup>[41]</sup>在提出新能源设备智造影响因素与智能制造相关假设的基础上, 建立概念化模型测量影响因素, 通过结构方程模型实证检验作用机理, 结果表明外部环境、企业能力、管理水平均有正向影响; 钟志华等(2020)<sup>[66]</sup>认为要合理利用数字化、智能化升级以此来提升我国智能制造水平, 并且结合行业特色开展智能制造; 郭进(2021)<sup>[24]</sup>从价值链、产业链、技术链三个方面研究认为由传统向智能的转变跨越了整个技术体系。

在智能制造发展能力测度方面, 董志学等(2016)<sup>[23]</sup>在对影响智能制造的因素进行分析的基础上构建指标体系, 采用因子分析法分析制造业企业向智能制造转变的路径; 张明明等(2019)<sup>[67]</sup>以 12 家上市企业 2012~2016 年数据为基础, 使用突变级数法从创新投入、创新产出、商业化推广、创新外部环境四



个方面出发探究企业智能化发展创新能力,发现创新产出能力和商业化推广能力是主要影响因素;李健旋(2020)<sup>[36]</sup>构建评价指标体系,选用熵权法对中国制造业智能化程度和省际制造业智能化差异分别进行了评价,并从内外源两部分出发研究影响智能化的因素;万晓榆等(2020)<sup>[54]</sup>结合三大变革理念,构建包含产业发展和融合应用等指标在内的指标体系,测度我国各省份智能化发展水平,结果发现发展水平呈从西北内陆往东南沿海逐级递增态势;吴敏洁等(2020)<sup>[55]</sup>使用潜因子模型,基于智能制造五维内涵,研究2012~2017年中国区域智能制造发展水平,结果表明全国大部分地区智能制造发展水平呈上升趋势;季良玉(2021)<sup>[32]</sup>同样先进行了中国制造业智能化水平测度指标体系的构建,后使用熵权法和纵横向拉开档次法综合测度中国30个省份制造业的智能化水平,发现2003~2017年各省份制造业的智能化水平是呈上升的趋势,四大地区间的智能化水平差距较大。

在研究智能制造推动相关企业转型升级方面,孟凡生等(2018)<sup>[42]</sup>运用实证对传统制造发展智能制造的影响因素理论模型进行验证,结果表明集成互联、技术创新等因素在智能制造的发展过程中起促进作用;苏贝等(2018)<sup>[46]</sup>从15个智能制造典型案例出发,基于扎根理论研究影响企业智能化转型升级的因素;韩月等(2019)<sup>[30]</sup>基于医药制造业的行业特性,从建立意识、模型选择、模式识别、体系构建、方式选择出发分析医药制造业实现智能制造和转型升级的路径;朱娅(2019)<sup>[68]</sup>通过分析智能制造的战略目标、路径、前景,阐述了智能制造驱动传统产业转型升级需要人力资源集聚、技术资源集聚、技术创新集群的逻辑思路;巫圣义等(2020)<sup>[56]</sup>认为智能制造的发展使劳动密集型产业降本增效,要通过建立人才培养机制、完善标准体系的建设等手段不断推进产业转型升级;李继庚等(2020)<sup>[37]</sup>探讨了中国造纸工业智能化转型的方向和升级路径,要实现数据化运营和智能化生产。

在探究发展智能制造企业所产生的影响方面,肖静华等(2020)<sup>[59]</sup>对4家企业进行实地调查,并从资源基础变革出发探析智能制造对企业战略变革和创新的影响,分析表明智能制造会改变企业原有资源基础特性;陈秀英等(2020)<sup>[18]</sup>基于工厂、车间数字化视角,使用系统GMM法研究智能制造转型对产业结

构升级的影响，发现智能制造转型对产业结构升级有技术溢出红利；温湖炜等（2021）<sup>[57]</sup>使用 2009~2018 年中国制造业上市公司的数据，研究了智能化的发展对企业全要素生产率的影响，结果表明该影响是正向的；宋旭光等（2021）<sup>[47]</sup>选用嵌套的 CES 生产函数进行劳动投入份额理论框架的构建，分析劳动收入份额与智能制造发展的影响，研究表明作用的方向由智能制造之间的替代弹性和传统生产方式决定。

### 1.2.3 装备制造业智能制造研究现状

现有文献对装备制造业智能制造的研究主要从探究影响装备制造业智能制造因素和装备制造业智能制造发展路径出发。在探究装备制造业智能制造影响因素方面，宋永昕（2020）<sup>[49]</sup>从装备制造企业出发，选用扎根理论确定管理者认知、外部环境和企业能力对智能制造转型的正向影响；赵刚（2020）<sup>[69]</sup>以高端装备制造业为抓手，从传统资源、数字化、创新三个方面构建作用机理框架，采用扎根理论对影响智能化转型的因素进行识别，并使用结构方程模型分析各种因素的产生作用的机理；刘志浩等（2021）<sup>[38]</sup>在研究山东省装备制造业智能化水平时从智能效益、智能应用、智能支撑三个角度出发构建测度的指标体系，研究表明地区发展水平、政府财政、技术创新都是关键的影响因素；张元芹（2021）<sup>[70]</sup>以辽宁省装备制造业为出发点，在对当前的发展情况和理论进行阐述探讨的基础上选用系统动力学原理探究政府政策系统、人才系统、信息化支撑系统、技术系统之间的相互作用，并建立 SD 模型研究智能化转型的关键影响因素。在分析装备制造业智能制造发展路径方面，许夕青等（2021）<sup>[60]</sup>对智能制造集聚的影响机制进行定性分析，使用动态面板模型对 2005~2019 年长三角智能制造空间集聚程度、集聚效益进行研究，剖析标准体系、智能制造链、协同发展和创新能力的发展路径；陈国强等（2021）<sup>[19]</sup>探讨装备制造的发展历程、时代内涵和发展趋势，分析其研究焦点，定义了三维焦点概念和中国式装备制造领域转型升级战略方法。

### 1.2.4 文献述评

现有文献对装备制造业和智能制造的研究都较为丰富，研究方法和研究机

理也各不相同。国外学者对装备制造业的研究主要从技术创新对装备制造业的影响和装备制造业发展过程两方面出发，国内学者对装备制造业的研究主要分为装备制造业转型升级的因素和路径探讨、装备制造业的技术创新效率研究、对装备制造业发展水平的测度、探究装备制造业与其他产业融合发展情况、装备制造业的区域与空间特征研究五类。国内外学者对智能制造的研究主要集中于智能制造发展进程、探讨智能制造的模式与路径、测度智能制造发展能力、研究智能制造推动相关企业转型升级、探究发展智能制造企业所产生的影响四个方面，但研究的对象多偏向于制造业整体，对装备制造业的研究较少而且测算智能制造发展水平的指标体系的建立也不够完善。现有的对装备制造业智能制造的研究也都偏向于影响因素和发展路径的探究，研究角度较为单一。

因此，本文选择装备制造业为研究对象，首先阐述装备制造业智能制造的发展内涵，在此基础上从基础条件、行业效益、建设水平三个维度出发建立智能制造发展测度体系。综合使用纵横向拉开档次法和熵权法确定指标权重，对装备制造业八个子行业 2015~2020 年智能制造的发展水平进行测度，探究其 2015~2020 年六年间的发展态势。其次，从不同维度对装备制造业智能制造发展水平进行测度，综合分析智能制造各维度下装备制造业子行业的发展差异和发展现状。最后，构建面板模型分析影响装备制造业智能制造发展的主要因素，根据研究结果提出合理的建议与发展对策。

## 1.3 研究内容与方法

### 1.3.1 研究内容

本文探析装备制造业智能制造发展内涵和相关理论，构建智能制造发展测度体系，基于 2015~2020 年装备制造业八个子行业相关数据，探究其发展态势。分维度对装备制造业智能制造发展水平进行测度，深入综合分析智能制造不同维度下装备制造业子行业的发展差异。最后构建面板模型分析影响装备制造业智能制造发展的主要因素，具体内容如下：

第一章绪论。掌握我国装备制造业和智能制造的发展现状，探析装备制造

业发展智能制造的必要性,明确研究背景和研究意义,从装备制造业研究现状、智能制造研究现状和装备制造业智能制造研究现状三个角度出发对已有文献进行梳理,介绍研究内容、研究方法、思路框架及论文的创新与不足。

第二章相关概念及理论依据。本章主要对装备制造业和智能制造的相关概念、装备制造业智能制造发展内涵进行阐述,从技术创新理论、人力资本理论、企业社会责任理论和产业结构演变理论四个方面出发阐述文章相关理论,为后文分析打下理论基础。

第三章装备制造业智能制造发展现状。从总体发展情况、试点示范项目情况和发展政策支持三个方面出发描述智能制造发展现状。从总体发展情况和各子行业发展情况出发阐述装备制造业智能制造发展现状。

第四章装备制造业智能制造发展测度。首先在探究装备制造业智能制造发展内涵和阐述相关理论的基础上,分析指标选择的理论逻辑,随后从基础条件、行业效益、建设水平三个方面出发构建智能制造测度指标体系,综合运用纵横向拉开档次法和熵权法确定指标权重,测算 2015~2020 年我国装备制造业智能制造综合发展水平和各维度发展水平。

第五章装备制造业智能制造影响因素分析。本文选取 2015~2020 年装备制造业 8 个子行业的面板数据进行实证分析,在探究装备制造业智能制造影响因素作用机理的基础上,以装备制造业智能制造发展水平为被解释变量,分析人才建设、技术创新、劳动力供给、政府支持、外商投资对我国装备制造业智能制造发展的影响情况,随后将装备制造业分为大规模行业、中等规模行业、小规模行业三大类进行行业异质性分析,探究不同规模行业同一变量对被解释变量的作用效果差异。

第六章研究结论与对策建议。主要概括研究结论,并针对装备制造业各个子行业的研究结果给出针对性的发展对策及建议。

### 1.3.2 研究方法

(1) 动态综合评价法:智能制造是一个动态发展的系统过程,为了揭示装备制造业智能制造发展的动态演化规律,本文选用熵权法和纵横向拉开档次法

综合确定指标权重，使用综合评价函数确定测度水平。

(2) 比较分析法：对客观事物进行比较以对事物本质与规律有认知。文章在发展水平分析、发展效率分析、实证检验以及政策建议部分运用了比较分析法，研究了装备制造业不同子行业智能制造发展情况。

(3) 计量分析法：本文从装备制造业智能制造综合发展水平、人才建设、技术创新、劳动力供给、政府支持、外商投资出发构建计量模型，并进行实证检验，研究不同因素对装备制造业智能制造发展影响效应的差异性。

## 1.4 研究创新与不足

### 1.4.1 创新点

#### (1) 研究视角的创新

在研究角度方面，现有文献对智能制造的研究，研究对象多偏向于制造业整体，对装备制造业的研究较少而且测算智能制造发展水平的指标体系的建立也不够全面，研究角度较为单一。文章选择装备制造业智能制造为研究的对象，探析装备制造业智能制造发展内涵、理论逻辑，构建智能制造发展测度体系，基于装备制造业八个子行业相关数据，探究其发展态势，对装备制造业智能制造发展水平进行测度，深入综合分析发展差异和发展现状。

#### (2) 研究方法的创新

现有且常用的动态综合评价方法各有优缺点，在装备制造业智能制造发展水平测度中，确定指标权重时，为避免单一方法所产生误差，选择将熵权法和纵横向拉开档次法结合，综合确定指标权重。

### 1.4.2 不足之处

考虑到智能制造研究的特殊性和数据的可获得性，加之数据收集存在的限制，建设水平维度下的相关指标数据无法整体获得，因此选用行业隶属于装备制造业且发展智能制造的上市公司相关数据近似代替装备制造业子行业相关数据。数据可能会产生一定偏差。

## 1.5 论文框架

文章研究框架如下图所示。

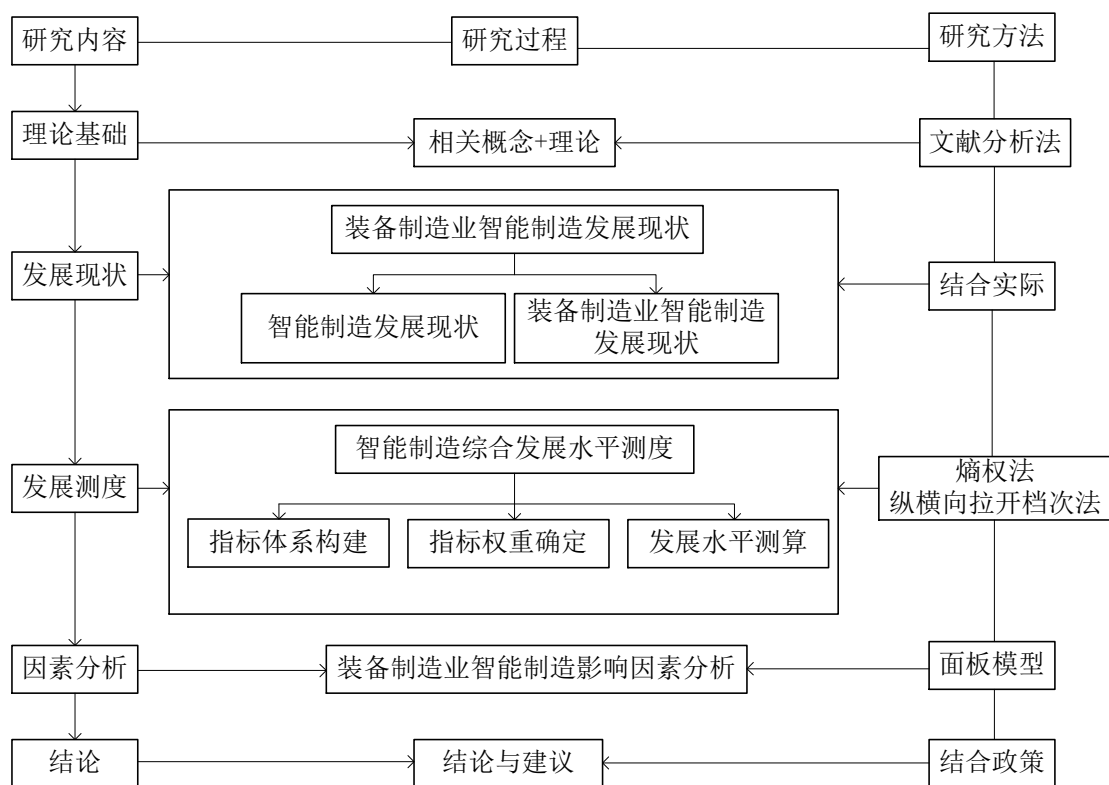


图 1.1 研究框架

## 2 相关概念及理论依据

本章主要阐述装备制造业、智能制造的相关概念及装备制造业智能制造的发展内涵，以及从技术创新理论、产业结构演变理论、企业社会责任理论、人力资本理论四个方面出发阐述文章涉及的相关理论，为后文指标体系的构建和影响因素的选择提供理论基础。

### 2.1 相关概念与内涵

#### 2.1.1 装备制造业与智能制造

装备制造业是工业的关键所在和国民经济的生命线，装备制造业融合技术密集、资金密集和劳动密集于一体，对投资、就业、技术进步都有促进作用。现如今经济增长更侧重于对质量的提高、降低对环境污染以及增加效率，这种转变是以能够研发更先进和更高效的技术装备为根本。因此，装备制造业的转型升级不可或缺，装备制造业的智能制造发展也倍受关注。由国家统计局官网对工业统计相关问题的回答可知，装备制造业包含金属制品业，通用设备制造业，专用设备制造业，汽车制造业，铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业，电气机械和器材制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业，仪器仪表制造业八个子行业。后续数据整理和计算所提及到装备制造业的行业分类均以此为准。

智能制造源于人工智能的研究，《国家智能制造标准体系建设指南》文件中指出智能制造是基于先进制造技术，深度融合与新一代信息技术，贯穿于产品全生命周期，在制造过程中可以伴随着智能活动的进行，例如精确研究、判断推理、思想构建和做出决策等。具有自适应、自执行、自决策、自学习、自感知等突出点，是一种提高制造业的质量、效率效益的先进生产方式。

#### 2.1.2 装备制造业智能制造发展内涵

《智能制造发展规划（2016~2020）》中指出智能制造的发展要坚持市场主导，在配置资源中充分发挥出市场的决定性作用，发挥政府在统筹总体布局

和政策指引等方面的主动作用,让发展环境能够进一步的公平公正;促进合作,始终保持创新驱动,建立健全创新体系,能够激发企业创新动力活力,促进智能制造技术的加强,创新突破装备与模式,坚持扩大对外开放形成互利共赢;坚持统筹安排、整体推进,整合各方优势资源,调动各方积极性,全面部署关键技术装备创新;坚持对规律遵循和不同类别不同策略,准确把握智能制造的发展特点,引导行业逐步发展智能化。

装备制造业智能制造历经自动化、信息化、互联化和智能化四个阶段,自动化是指在工业加工生产中注重调整装备和自动控制,例如使用人机协作系统和自动识别设备。信息化是指对相关数据库和工业软件的应用,并能够对工业大数据进行检测评估和运维,同时采集分析工业大数据使数据管理体系得到逐步建立。互联化是指工业互联网顺利将机器、人、数据联接起来,并且工业网络要符合工厂各系统层级之间低时延和高可靠等要求,完成工业网络架构下的各层级和异构网络之间的组网,让网络运行管理和无线频谱、网络地址等资源使用规范化。这三个阶段从制造工艺自身过渡到整体系统的集成都依赖于研发和创新。智能化是指智能生产,要确保在生产的过程中完成动态优化调度、多级计划协同、流程模拟和制造资源动态组织;在管理的过程中落实作业过程异常管理、管控、设备运行状态监控和质量追溯;在产品流通的过程中完成工厂内部信息追踪与物料状态标识、物料分拣配送路径规划与管理、智能仓储系统等智能化配送。

因此在发展过程中,要聚焦控制、决策与感知等核心环节,进一步引导产学研用联合创新,提升生产的质量和可靠性,在核心技术能做到攻坚克难,加速智能制造装备发展;增加对支撑软件的研发,攻克共性技术创新,建设不同领域的智能制造创新中心,建成较为完备的智能制造技术创新体系;形成对基础共性标准、行业应用标准的研究,构建与产业需求发展相匹配、先进且适用的标准体系;面向智能制造发展需求,推动建设大数据服务平台、工业云计算,完善工业互联网信息安全风险的信息共享、考察和评测机制,构筑工业互联网基础;选出一批智能制造试点示范项目,整合相关经验和模式,确定一批智能制造成效突出的标杆企业,对所总结的经验和模式在关联行业进行推广和移植;



面向企业智能制造发展需求,推动不同企业领域的合作,推动产业链中各环节上企业进行协调分工、联同发展,逐步形成智能制造发展的生态体系;积极推动智能制造装备产业建设集群,进一步完善产业链协调配套服务体系,推动各区域智能制造联同发展;建设多层次人才队伍,培养一批能够解决关键技术卡脖子难题、引领推动制造业智能转型的领军队伍,构建人才培养长效化机制,创新人才教育培训模式,打造智能制造人才多方服务平台。

## 2.2 相关理论

由于智能制造是制造业一种更高层次的转型升级,文章主要阐述以下理论,以此提供本文的理论基础。

### 2.2.1 技术创新理论

熊彼特在《经济发展理论》中首次完整的提出技术创新理论。创新就是能够实现生产条件和要素的一种新结合,并将其逐步指引进生产体系。创新一般包括运用新的生产方法、生产新的产品、拥有新的供应商、拓展新的市场、创建新的组织形式。

随着时间的推移,该创新理论被发展成为两个分支。一种是新古典经济增长理论和内生经济增长理论,新古典经济增长模型由罗伯特·索罗于1956年提出,模型使用资本和劳动投入生产一种均质产品,第一就是假定技术保持不变,并对资本在经济增长中所发挥和产生的作用进行集中考察。罗默在1986年提出内生经济增长理论,把技术进步当作是经济知识积累和内生变量的结果,认为经济增长的原动力是知识积累。另一种是技术创新的轨道和范式,线性范式认为技术创新经历简单的线性过程,不过只局限于单个企业内部的技术过程,网络范式则将视野转向企业与外部环境的关联和沟通。随着全球化的发展,创新系统研究发展到集群创新与区域创新阶段,都建立在产业集群的基础上。

### 2.2.2 产业结构演变理论

产业结构理论是指一个国家或地区在社会再生产过程中产业间各类资源的分布状况,各产业所占比例被称为产业发展水平。17世纪配第首次发现世界各

国经济发展的不同时段和国民收入水平的差异主要根源在于产业结构产生的差异，他在《政治算术》一书中，通过探究得出结论：工业比商业的收入少，农业比工业收入少，也就是说商业与工业相比附加值高、工业与农业相比附加值高。重农学派的创始人魁奈提出生产阶级是关于社会阶级结构的划分。亚当·斯密在《国富论》一书中阐述了产业发展、资本投入及产业部门应掌握一定的顺序。

依据是否在研究对产业结构的影响时纳入外贸因素，产业结构演变趋势理论可以划分为封闭型或开放型产业结构理论。封闭型主要有：克拉克在继承融合前人观点的基础上建立了完善的理论框架，整合得到克拉克法则，说明了劳动人口的移动方向；库兹涅茨经探究形成库兹涅茨产业结构论：产业结构和劳动部门结构将处于下降趋势，在国民生产总值中政府消费的比例会逐渐上升，而个人消费比例逐渐下降；里昂惕夫的研究更加透彻，建设了投入产出分析体系，对国内不同地区间的经济关系进行研究以及探究各类经济政策所产生的作用；霍夫曼开拓了工业结构演变规律，提出霍夫曼比例在工业化进程中处于接续下降的状态。开放型主要有：钱纳里认为经济发展中产业结构会发生变化，资本与劳动的替代弹性是稳定不变的；俄林提出要素禀赋论，认为生产要素禀赋差异的存在导致了比较成本差异的产生；大卫·李嘉图为了获得比较优势和资源的优化配置，对斯密的绝对成本（或相对成本）进行了一种国际分工；筱原三代平研究出了动态比较成本说，强调后起国的不成熟产业经过扶持，会有可能让原来处于劣势的产品转化为优势产品。

产业结构的发展理论主要有：费夏提出关于三次产业的划分方法；赤松要主张产业发展的“雁形形态论”，认为本国的产业发展要融合于国际市场且关系要紧密，不断的使产业结构国际化，产业发展政策也要根据特点制定；丁伯根认为经济结构就是要在潜意识中，能够运用些许手段达到某种目的，其中就包含了调整结构的手法。产业结构调整的理论主要包括：赫希曼的不平衡增长理论；刘易斯的二元经济结构模型，可以解释发展中国家经济问题；筱原三代平的两基准理论；罗斯托提出经济成长阶段理论和主导产业扩散效应理论。

### 2.2.3 企业社会责任理论

企业社会责任理论是指企业在创造出利润、承担一定法律责任的同时，还要承担对环境和消费者的责任，企业的社会责任促使企业摒弃原有的把利润作为唯一追求的想法，强化在生产过程中关注人的价值，注重对环境和消费者以及社会的贡献。古典经济学理论认为通过市场的反馈，社会能够更准确的确定其需要，企业在运行和发展的过程中能够被认为是尽到自己的社会责任，也就意味着企业需要对生产资源尽可能高效率地利用，以便提供社会需要的产品和服务，并能找到符合消费者意愿的支付价格对他们进行销售。

企业社会责任理论范围主要有，①企业对政府的责任：在社会中要摆正好社会公民的位置，自觉遵守政府颁布的有关企业的法律和法规，照章纳税、遵纪守法、合法经营，对政府规定的其他义务和责任做到能承担和敢担当，并承接政府的日常巡查和常规监督；②企业对资源环境和可持续发展的责任：企业是自然环境破坏、污染的主要作用方。因此企业应当有长远发展的考量，不能只顾眼前的利益，要承担起建立长远发展的经济重任，进而实现自身的发展；③企业对社区的责任：企业是社会不可或缺的一份子，是社区的一部分，企业对社区的责任就是能够给予社区一定的回报，比如为社区提供更多更好的就业岗位、积极主动的在公益方面提供捐助帮扶等。④企业对股东和员工的责任：不折不扣的在有关法律规定形成的框架下运行，对拥有的资金安全和收益负全部责任，能够给股东更多的投资反馈，不得对投资者有所欺骗和期满；必须能够进行最大程度的换位思考，设身处地的考虑员工所能够获得的东西；⑤企业对消费者的责任：企业应自觉主动的在产品和服务质量上对消费者有所承诺，承担所提供的产品和服务质量责任，不得欺诈期满消费者和赚取暴利，并且自觉接受政府、社会 and 群众的监督。

### 2.2.4 人力资本理论

人力资本理论的研究最早来源于经济学，这种理论认为人力资本是一种在人身上的资本的表现，是在对生产者进行培训、职业教育等所产生的支出和在主动或者被动接受教育时产生的机会成本的总和，具体表现为灌输于人自身的

各种生产知识、素质价值观以及劳动与管理技能的存量总和。人力资本管理融合了经济学领域的“资本投资回报”与“人”的管理两大角度，可以从两个维度来对人力资本管理进行理解，即①对外在要素量的管理：根据一些变化，对人力进行一些适当的关联培训、沟通、组织，使二者有一种最佳比例和有机的整合，使人力和物力都能够发挥出最佳效应。②对内在要素质的管理：采用科学合理的方法，对人的观念、思想和行为进行积极有效的管理，充分发挥人的主观自觉能动性，以实现组织目标。

人力资本管理的具体任务是：①人力资源的计划与配置：为了满足企业在发展中的需要，通过规划、招聘、选择等方式，确保有足够质量和数量的劳动力和专业人才的供给；②职业发展生涯：通过对员工的遴选、考核和管理，给予全体员工指引和帮助，形成符合实际的职业发展规划，并最大程度地得到实现，以便全体员工得到成长；③人力资源潜力的发展：持续提高员工的劳动和专业技术能力，扩展企业各方面的效益；④业绩评估和激励：完善工作说明书且明确工作守则，通过考察工作带来的效益，作为业绩和效率判定的依据，并依据考察的结果，采用合理的绩效报酬、配套服务等他激励形式，对员工的积极性和创造性形成鼓励；⑤协调劳动关系：使用各种手段，对企业日常管理过程中所形成的多种关系进行参与调和，避免形成更大矛盾和纠纷影响企业效益。

## 2.3 本章小结

本章主要阐述相关概念和理论依据。首先对智能制造和装备制造业的概念进行阐述，分析装备制造业智能制造发展内涵。然后从技术创新理论、人力资本理论、企业社会责任理论和产业结构演变理论四方面出发对相关理论进行阐述，为下文进行的相关研究奠定理论基础。

### 3 装备制造业智能制造发展现状

现如今智能制造的发展成效显著，本章主要从智能制造总体发展情况、试点示范项目情况、发展政策支持、装备制造业智能制造总体发展情况、各子行业发展情况出发进行阐述。

#### 3.1 智能制造发展现状

##### 3.1.1 智能制造总体发展情况

智能时代的到来，让制造业朝着更高效率和更高质量方向的转型升级成为可能，随着国家支持力度的增大，我国智能制造行业保持着较快的发展速度，由前瞻产业研究院发布数据可知，2015~2020 年我国智能制造业产值规模均处于上升状态，我国智能制造行业的产值规模 2015 年约 9963 亿元同比增长 23%，2020 年约 25056 亿元，同比增长 18.85%。

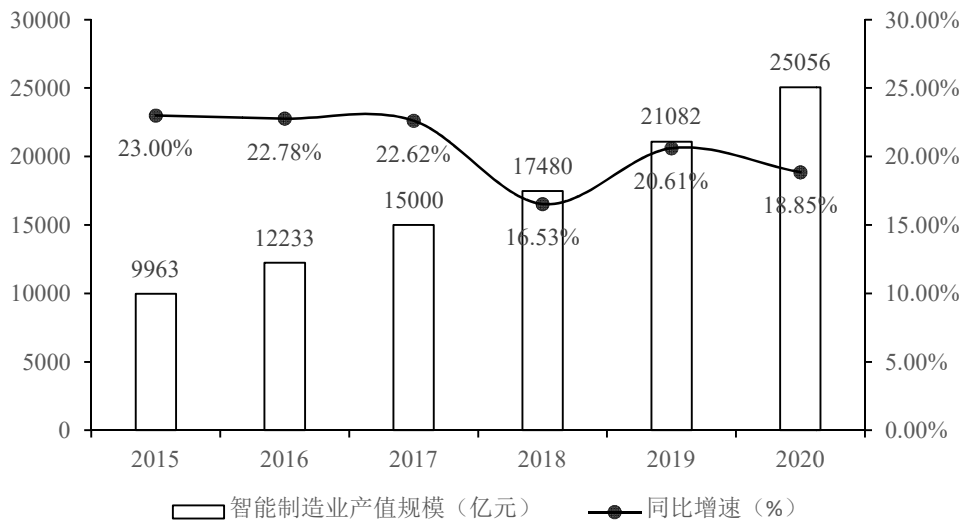


图 3.1 2015~2020 年智能制造产值规模及增速

2016 年《智能制造发展规划（2016~2020 年）》编撰完成，这对于指导全国智能制造发展是一种纲领性文件，《规划》对“十三五”期间我国智能制造发

展的重点任务、目标和指导思想进行了明确，国内智能制造发展得到了科学合理规划，这有利于制造业智能转型全面推进格局的加快形成。由智能制造发展规划可知，从“十三五”开始，通过建立健全标准体系、系统解决方案供应商培育、进行企业的试点示范应用等多种措施的进一步实施，我国制造业智能化水平得到明显提升，逐渐形成一种地方与中央紧密配合、各方协调联合推进的工作格局，发展状态良好，供给能力得到不断提升，在国内市场智能制造装备满足率达到 50%以上，有 43 家系统解决方案供应商的主营业务收入超过 10 亿元。支撑体系得到逐步的完善，建立了国际先行的标准体系，主要参与制定的国际标准有 28 项，主导发布的国家标准达 285 项，发展具有一定号召力的工业互联网平台 70 余个。推广应用所带来的效果明显，产品的残次品率平均有 35% 的降低、研制产品的周期平均有 35% 的缩短、示范试点项目生产的效率平均提高 45%，涌现出离散型、流程型智能制造、远程运营维护服务、网络协同制造、大范围独特化定制的新模式和新业态。

由中商产业研究院所整理的可知，现如今我国智能制造形成了各具特色的四个主要聚集区：珠三角地区、长三角地区、环渤海地区和中西部地区，珠三角地区是“中国制造”的主要所在地，已经产生在自身产业特色的框架下进行智能制造的应用示范；长三角地区拥有特点明确的智能制造装备产业集群，产业对智能制造的发展比较均衡；环渤海地区是智能制造建设高地，形成“两翼”与“核心区域”错位发展的产业格局；中西部地区把握卫星等一系列特色领域的优势，建成智能装备产业聚合，快速提升智能制造水平。

### 3.1.2 智能制造试点示范项目情况

从 2015 年开始到 2018 年，工业和信息化部启动专项行动，实施智能制造示范试点，综合考虑区域和行业分布等因素，优选一批试点示范项目，达到引领带动作用。2015~2018 年智能制造示范项目共计 306 项，2019 年发布智能制造标杆企业共计 17 家，智能制造示范项目所在地具体分布如下表所示。

表 3.1 智能制造示范试点项目所在地分布情况

所在地	项目数	所在地	项目数	所在地	项目数
山东省	34	河北省	12	重庆市	3
浙江省	25	江西省	11	宁夏回族自治区	3
广东省	24	新疆维吾尔自治区	11	云南省	3
江苏省	19	辽宁省	9	黑龙江省	2
安徽省	19	河南省	9	天津市	2
湖南省	16	贵州省	7	海南省	1
福建省	15	山西省	6	吉林省	1
北京市	14	四川省	6	青海省	1
上海市	14	内蒙古自治区	4	西藏自治区	1
陕西省	14	广西壮族自治区	4	—	—
湖北省	12	甘肃省	4	—	—

### 3.1.3 智能制造发展的政策支持

智能制造的快速发展离不开政府政策的一系列支持,《智能制造发展规划》的出台为智能制造的发展提供引导。《国家智能制造标准体系建设指南》的发布促进智能制造综合标准化工作的加快,帮助构建智能制造综合标准体系,让智能制造标准的规范和引导作用得到发挥,开展智能制造综合标准化体系建设研究工作。发布《智能制造能力成熟度评估方法》和《智能制造能力成熟度模型》两项国家标准,能对各行业和地区智能制造发展水平进行客观评价,对企业精准提升智能制造能力带来关键的参考作用。近年来发布的智能制造有关政策如下表所示:

表 3.2 智能制造相关政策

年份	相关政策
2015 年	《中国制造 2025》 《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》 《智能制造试点示范 2016 专项行动实施方案》
2016 年	《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》 《“十三五”国家战略新兴产业发展规划》 《智能制造发展规划（2016~2020 年）》
2017 年	《高端智能再制造行动计划（2018~2020 年）》
2018 年	《国家智能制造标准体系建设指南》
2019 年	《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》
2020 年	《国家新一代人工智能标准体系建设指南》
2021 年	《“十四五”智能制造发展规划》

## 3.2 装备制造业智能制造发展现状

### 3.2.1 总体发展情况

作为制造业的支柱，装备制造业的转型升级必不可少，在发展智能制造时装备制造业的重要环节主要有：设计工艺、生产活动、计划调度、设备管理、质量管控和供应链管理，由此带来一系列的实施成效如动态调度的建立、高效率响应、人机协作的装备制造业智能制造示范工厂、形成设计制造一体化协调、全流程公开生产、供应链高效率弹性管理控制。

2015 年装备制造业共拥有规模以上工业企业 127276 家，2020 年装备制造业共拥有规模以上工业企业 150578 家，2015~2020 年装备制造业规模总体大致呈增长趋势；2015 年装备制造业资产总计 319970.03 亿元，2020 年资产总计 459165.6 亿元，2015~2020 年资产规模总体呈上升趋势。但 2015~2020 年装备制造业利润总额波动较大，呈上升下降又逐渐上升趋势。



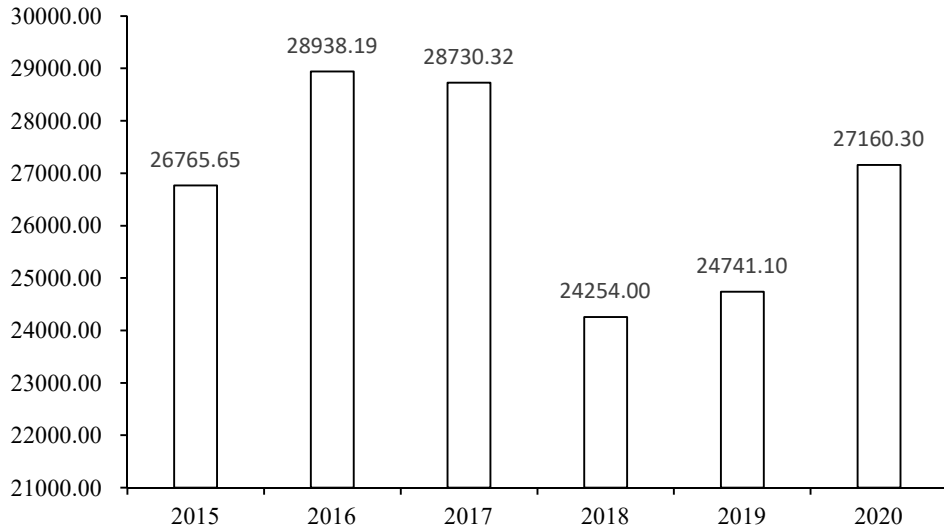


图 3.2 2015~2020 年装备制造业利润总额

### 3.2.2 各子行业发展情况

#### (1) 金属制品业

金属制品业广泛应用于各个领域，行业总体存在企业数量多但是规模小发展水平参差不齐的问题，在生产过程中面临车间难管控、市场难预测、设备有效利用率低、协同效率低的难点。在日益激烈的市场竞争中，可以依靠智能制造转型升级达到行业规模化、集约化发展，实现生产过程管理透明化、可追溯。2015年金属制品业共拥有规模以上工业企业 21137 家，资产总计 25889.81 亿元。2020年金属制品业共拥有规模以上工业企业 26881 家，资产总计 32971.6 亿元。

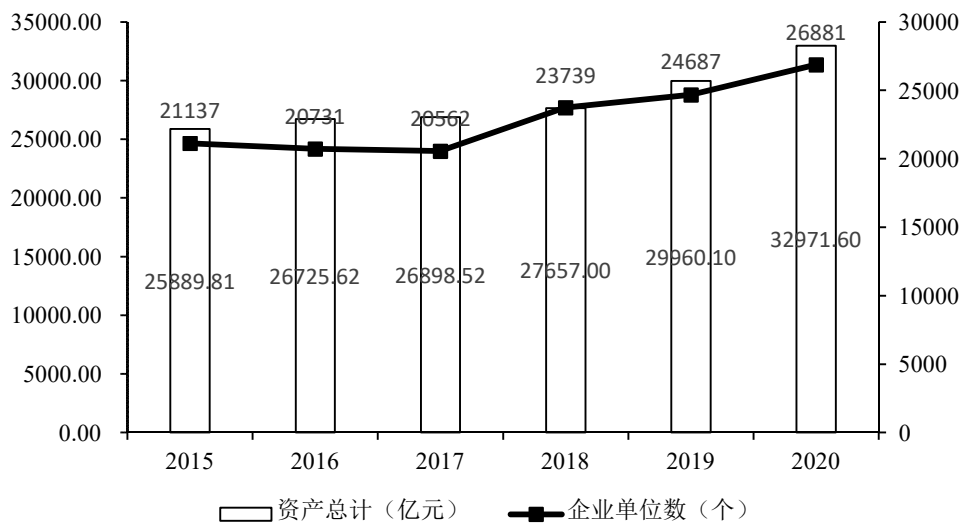


图 3.3 2015~2020 年金属制品业发展情况

## （2）通用设备制造业

通用设备制造业在制造业中属于基础性产业,是机械工业的主要生产设备。通用设备制造业行业集中度较低,产品同质性强,智能制造的发展可以使产业生产管理和技术管理水平得到提升,实现从生产低端产品向高附加值产品转变,以此节省生产成本增强核心竞争力,2015年通用设备制造业共拥有规模以上工业企业24592家,资产总计41842.85亿元。2020年通用设备制造业共拥有规模以上工业企业26420家,资产总计48383.3亿元。

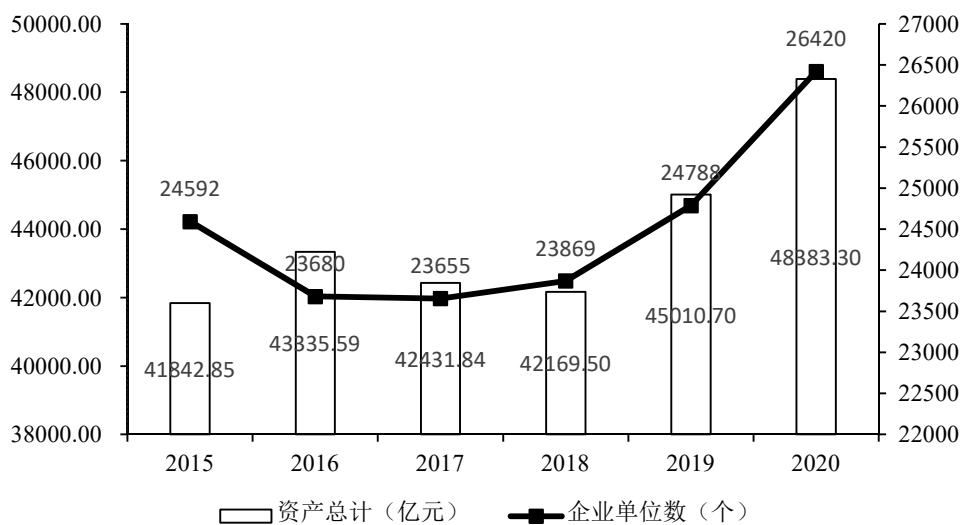


图 3.4 2015~2020 年通用设备制造业发展情况

## （3）专用设备制造业

专用设备制造业也是应用领域较为广泛的产业,其产业链上游是以结构件和电子元件为主的生产制造业,主要功能是完成智能制造装备的生产、组装。产业链中游包括电子信息产业、智能制造装备行业和其他。产业链下游主要集中于智能设备、智能手机和汽车工业等。专用设备制造业产业链向着高端化、智能化的方向转型升级,发展势头较好。

2015年专用设备制造业共拥有规模以上工业企业17800家,资产总计35455.17亿元。2020年专用设备制造业共拥有规模以上工业企业21089家,资产总计47463.2亿元。

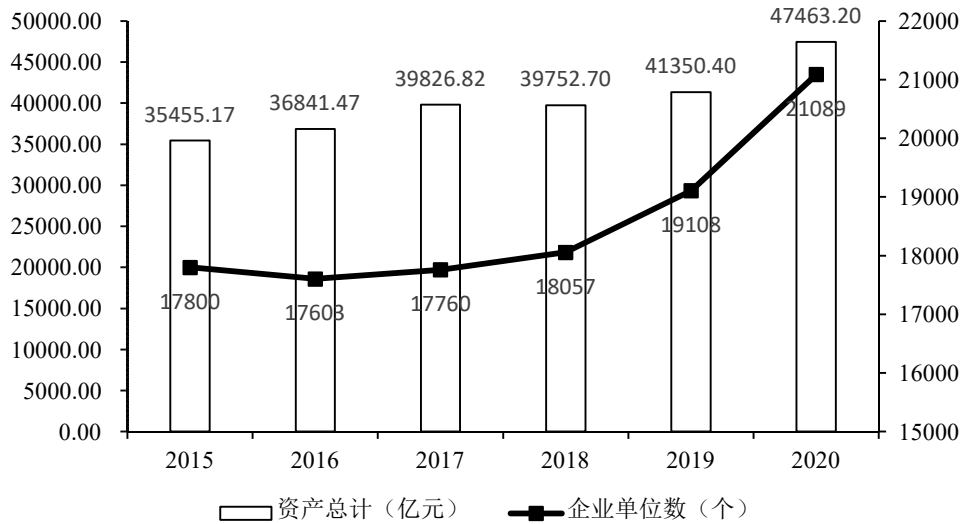


图 3.5 2015~2020 年专用设备制造业发展情况

#### (4) 汽车制造业

汽车制造业是智能制造发展的重点领域之一，目前汽车制造业的发展实现由弱到强的转变，汽车是一种所属于高新技术的结晶，其产业在日常生活中的所涉及的技术范围十分广泛。从自动驾驶汽车到为工厂车间提供服务的机器人，人工智能正在改变自动制造过程的主要方面，汽车制造业的发展使工业社会工业力量和物质基础得到了坚实的奠定。智能制造的发展与汽车制造互相影响，国家也将发布实施智能汽车创新发展战略、合理拓展智能汽车基础设施的城市试点范围，完善城市数字化平台，融通城市数据面，不断改进智慧城市的操作系统，探索数字化基础设施的建设。

2015 年汽车制造业共拥有规模以上工业企业 14149 家，资产总计 59940.81 亿元。2020 年汽车制造业共拥有规模以上工业企业 16018 家，资产总计 84079.8 亿元。

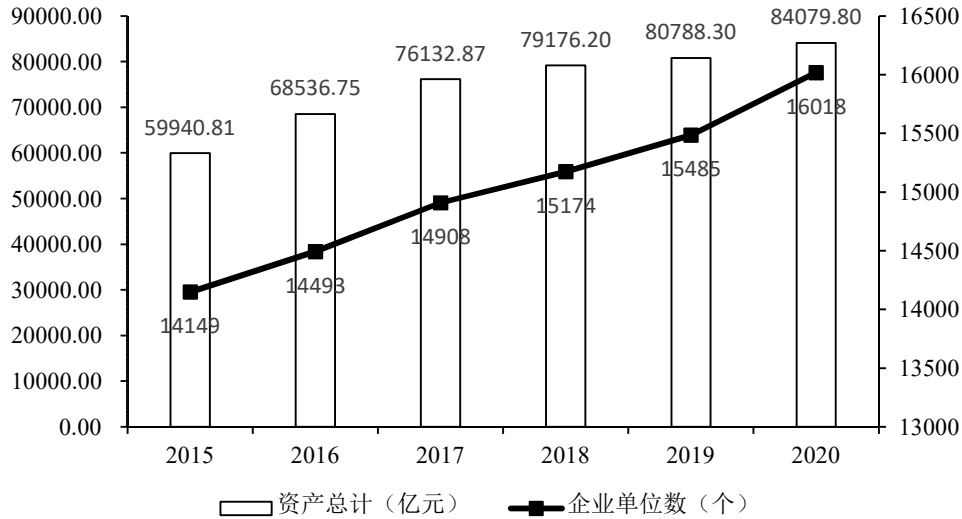


图 3.6 2015~2020 年汽车制造业发展情况

(5) 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业

运输设备制造业涉及铁路、船舶、航空航天和其他，产业需求会随着社会的发展而增加，高端化、智能化的发展会推进产业应用新技术和新工艺，提高管理水平以达到提高要素资源使用率的效果，有利于建立自主配套产业链，促进行业健康发展。2015 年运输设备制造业共拥有规模以上工业企业 5054 家，资产总计 22416.91 亿元。2020 年运输设备制造业共拥有规模以上工业企业 5050 家，资产总计 25699.4 亿元。

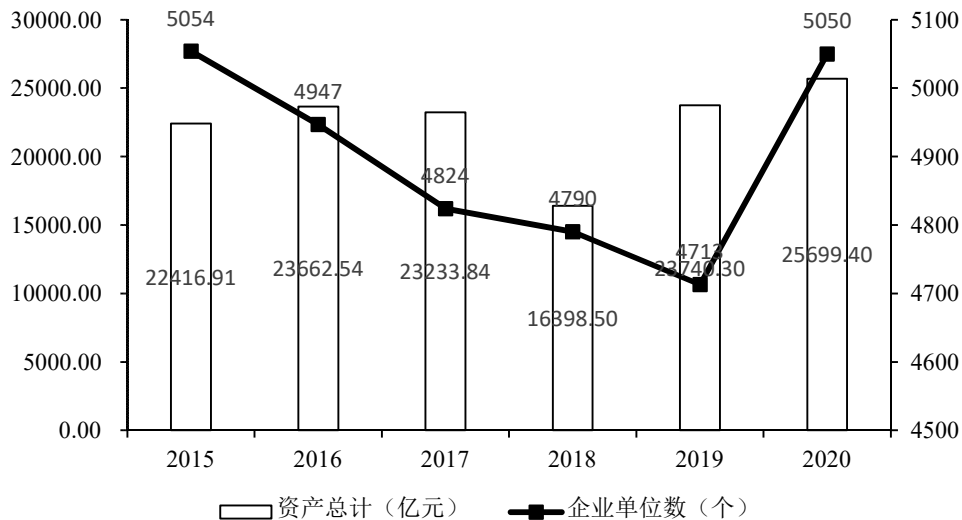


图 3.7 2015~2020 年运输设备制造业发展情况

(6) 电气机械和器材制造业

电气机械和器材制造业主要包括电工器材制造、电机制造等行业，受需求旺盛的拉动发展迅速但也会对今后发展带来潜在威胁，该行业产、供、销是一个整体存在大量信息交换，智能制造的发展能够使信息集中、及时准确的分享，提高管理决策的科学性。也会使管理进一步标准化、规范化、制度化、程式化。2015年电气机械和器材制造业共拥有规模以上工业企业23674家，资产总计57153.76亿元。2020年电气机械和器材制造业共拥有规模以上工业企业26944家，资产总计77119亿元。

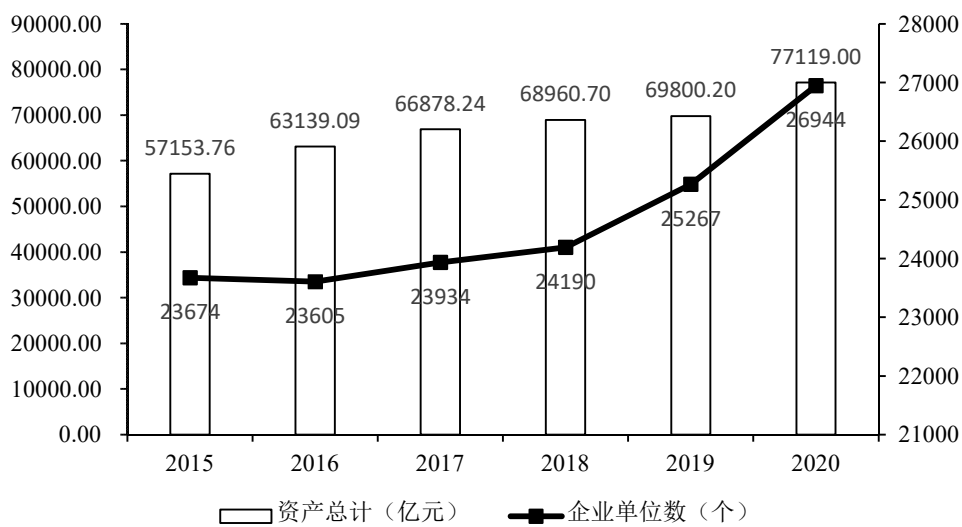


图 3.8 2015~2020 年电气机械和器材制造业发展情况

#### (7) 计算机、通信和其他电子设备制造业

电子设备制造业也是智能制造发展的重点行业，产业融合促进电子设备制造业的快速发展，高端化、智能化的发展为行业带来在线精密评估检测、人机高效协同、新技术新模式、大批量定制，由此建设高效率配送、柔性生产和资源协调的电子信息智能制造示范工厂，实现所有流程智能化决策、产业链协同优化和产供销一体化管控。2015年电子设备制造业共拥有规模以上工业企业14594家，资产总计67231.29亿元。2020年电子设备制造业共拥有规模以上工业企业20867家，资产总计129821.1亿元。

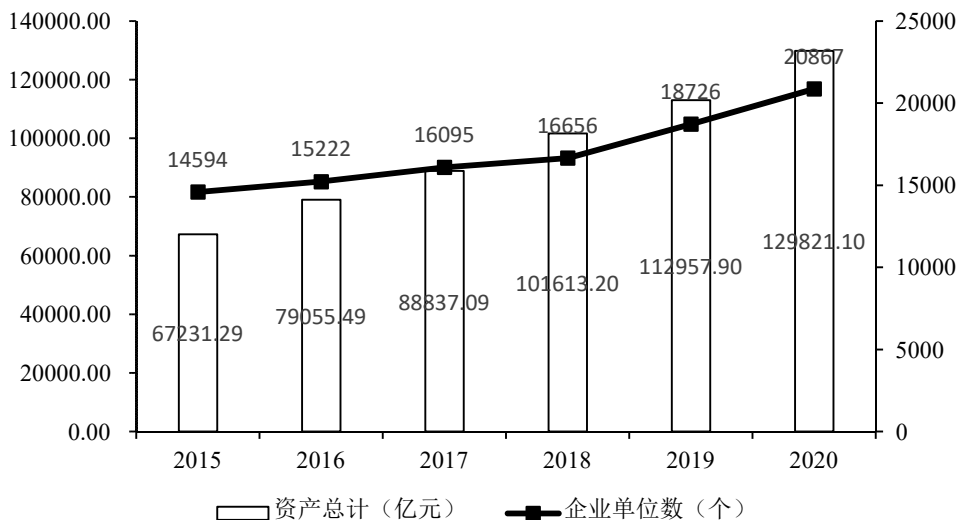


图 3.9 2015~2020 年电子设备制造业发展情况

(8) 仪器仪表制造业

仪器仪表制造业产品是工业、科研、农业等领域进行测控的手段和设备，应用范围广泛，产品门类齐全。随着各个领域的飞速发展和科学技术的进步，仪器仪表制造业产品面临更灵敏、更稳定、更便捷的更高要求，在智能化的加持下，产业会朝着高精尖的方向发展。产品将具有人工智能，解决传统方法滞留的问题。2015 年仪器仪表制造业共拥有规模以上工业企业 4261 家，资产总计 8024.43 亿元。2020 年仪器仪表制造业共拥有规模以上工业企业 5289 家，资产总计 11608.2 亿元。

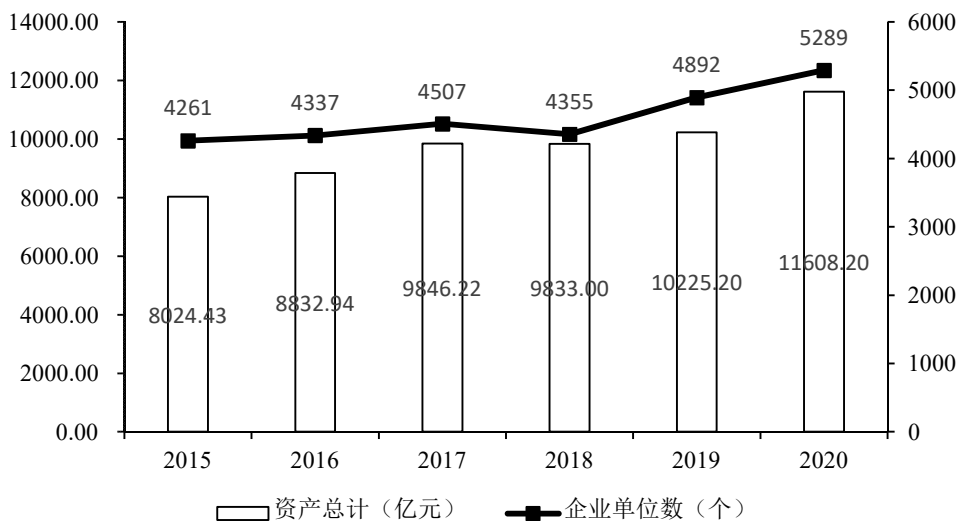


图 3.10 2015~2020 年仪器仪表制造业发展情况

### 3.3 本章小结

本章首先对智能制造发展现状进行分析，从智能制造产值规模、智能制造发展所带来的成效和智能制造形成的四大聚集区出发对智能制造总体发展情况进行探究，对智能制造试点示范项目和得到的政策支持进行阐述。然后对装备制造业智能制造发展现状进行分析，从装备制造业拥有的规模以上工业企业数和资产总计出发分析装备制造业总体及八个子行业的发展现状。

## 4 装备制造业智能制造水平测度

本章在第二章所阐述的相关理论基础之上，阐述装备制造业智能制造发展指标选择的理论逻辑，以此构建装备制造业智能制造发展测度指标体系，运用动态综合评价法，对装备制造业智能制造综合发展水平、各维度发展水平进行相应测度。

### 4.1 装备制造业智能制造测度指标体系的构建

#### 4.1.1 指标选择的理论逻辑

智能制造是基于先进制造技术，深度融合与新一代信息技术，用于制造业提质增效的一种先进生产方式。创新使生产条件和要素进行一种新的结合。技术创新理论以创新为基础，技术创新的实现需要配合一定的社会经济条件，技术创新的本质是一种不知道结果的经济活动，有助于社会总体的创新效率在占据创新优先权的市场竞争中得到提升。经济发展的实质在于获得一个灵活的机制，装备制造业对智能制造的发展也是如此，对产业技术创新能力的考察必不可少。

经济和社会的不断进步下，企业不仅要对自身的发展负责，还要对社会环境负责，并积极主动承担一定的社会责任。企业对社会责任的履行帮助社会解决就业问题、消除社会存在的一些不安定的隐患，从长远出发改善环境合理利用资源实现可持续发展，有助于缩小已经存在的贫富差距。企业社会责任理论范围中企业对股东的责任是指企业应不折不扣的在有关法律规定形成的框架下运行，对拥有的资金安全和收益负全部的责任，能够给股东丰厚的投资回报，不得对投资者有所欺骗和期瞒。企业是自然环境破坏、污染的主要作用方，因此企业对资源环境和可持续发展有责任，企业应当有长远发展的计划，不能只顾眼前的利益，要承担起建立可持续发展的经济重任，进而实现自身的发展。智能制造发展的加快能够重塑我国制造业的发展模式，因此对装备制造业发展智能制造所产生的行业效益进行测度。



### 4.1.2 测度指标体系构建

基于已有文献的研究、指标选择的理论逻辑以及对装备制造业智能制造发展内涵的分析,本文从基础条件、行业效益和建设水平三个维度出发,共选取 22 个指标构建指标体系,其中生态效益所包含的指标全部为逆向指标,其余指标全部为正向指标,指标体系如表 4.1 所示。

表 4.1 装备制造业智能制造发展评价指标体系

准则层	要素层	指标层	指标说明
基础条件	研发能力	研究与试验人员全时当量 (人年)	R&D 人员按实际从事 R&D 活动时间计算的工作量
		R&D 经费支出 (万元)	调查单位内部为实施 R&D 活动而实际发生的全部经费
		R&D 项目数 (项)	本期 R&D 项目总数
	创新能力	有效发明专利数 (件)	本期经审批已经授权的专利的数量
		新产品销售收入 (万元)	本期销售新产品实现的收入
		新产品开发项目数 (项)	本期新产品开发项目总数
		新产品开发经费支出 (万元)	调查单位实施新产品开发活动而实际发生的全部经费
		实现产品创新的企业所占比重 (%)	实现产品创新的企业数/ 规模以上工业企业数
		实现工艺创新的企业所占比重 (%)	实现工艺创新的企业数/ 规模以上工业企业数
		研发投入 (元)	本期研发投入总额
建设水平	智能技术	技术人员占比 (%)	企业技术人员/公司员工总数
		专利类无形资产变化量 (元)	专利类无形资产 (本期增加量-本期减少量)

续表 4.1 装备制造业智能制造发展评价指标体系

准则层	要素层	指标层	指标说明
		机器设备类资产变化量（元）	机器设备类资产 (本期增加值-本期减少值)
	生产智能	智能生产能力（%）	智能产品营业收入/ 主营业务收入总额
	管理智能	软件类无形资产变化量（元）	软件类无形资产 (本期增加额-本期减少额)
		营业利润增长率（%）	本年营业利润增长额/ 上年营业利润总额
	经济效益	营业收入增长率（%）	本年营业收入增长额/ 上年营业收入总额
		绩效水平（%）	利润总额/GDP
行业效益		能源消费总量（万吨标准煤）	报告期内实际消费的各种能源数量
	生态效益	工业废气排放量（吨）	实际产生的工业废气的量
		工业废水排放量（吨）	实际产生的工业废水的量
		一般工业固体废物产生量（万吨）	实际产生的一般工业固体废物的量

基础条件主要是对装备制造业是否能够发展智能制造进行考察，具体衡量主要从创新能力和研发能力两个方面进行。企业创新是部门之间相互联通的价值链增值过程，新产品是指采用新技术构思和原理而且在一定范围内先进、新颖、适用的产品，创新能力越突出，企业也可以有更大力度去缩减成本，新产品和新技术也会大幅提高产品竞争力。因此选择开发经费支出、开发项目数和新产品销售收入以及实现产品和工艺创新的企业占比来对创新能力进行分析。研发能力突出说明拥有前沿专利技术、先进仪器设备和高水平的研发人员，可以更好的突破科技壁垒推动创新，与更多的国际研发伙伴进行合作，借鉴更多

一流经验和技術，让企业创新效率得到提升。研究与试验发展在一定程度上能够反映出科技发展水平，因此研发能力通过研究与试验发展项目数、研究与试验人员全时当量、有效发明专利数、经费支出来衡量。

《智能制造发展规划（2016~2020）》中指出智能制造在发展过程中要坚持以需求为导向激发企业促进智能制造的内生动力，建设水平主要针对企业智能制造发展是否符合需求进行以及具体进展如何进行考察，分管理智能、生产智能、智能技术三个方面进行衡量。考察企业管理智能能力时，选用软件类无形资产变化量；考察企业生产智能能力时，选用智能产品占主营业务收入比重、机器设备类固定资产变化量；考察企业智能技术时，选用无形资产中专利权类资产变化量、技术人员占总人数比重、研发费用。

行业效益主要通过生态效益和经济效益去考察，选取绩效水平、营业收入增长率和营业利润增长率来衡量经济效益，能够反映出装备制造业企业发展智能制造的盈利能力和市场前景以及能够带来的效益。选用工业废气和废水排放量、一般工业固体废物产生量、能源消费总量来考察生态效益，能够反映装备制造业企业发展智能制造时改善环境和消费能源的情况。

## 4.2 装备制造业智能制造综合发展水平测度

### 4.2.1 数据来源与预处理

文章所涉及的装备制造业数据来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及巨潮资讯网。数据中提及到的工业企业全部为规模以上工业企业。建设水平维度下的相关数据均来源于各个上市企业年报，考虑到智能制造研究的特殊性和数据的可获得性，建设水平维度下的相关指标数据借鉴陆国庆（2014）<sup>[39]</sup>和程贵孙（2015）<sup>[20]</sup>的研究，选用行业所属于装备制造业且发展智能制造的上市公司相关数据近似代替装备制造业子行业相关数据，年报数据通过巨潮资讯网下载查询获得。智能制造企业的遴选基于 2015~2018 年中华人民共和国工业和信息化部发布的智能制造试点示范项目名单和 2019 年发布的智能制造标杆企业案例。结合研究主题从中选择行业隶属于装备制造

业的企业 81 家，剔除数据存在缺失的企业最终选择 65 家企业作为研究对象，其中金属制品业企业 1 家、通用设备制造业企业 9 家、专用设备制造业企业 8 家、汽车制造业企业 10 家、运输设备制造业企业 2 家、电气机械和器材制造业企业 15 家、电子设备制造业企业 17 家、仪器仪表制造业企业 3 家。将所选企业中属于同一子行业的企业指标数据进行加权平均，以此代表该子行业该指标数据，缺失的部分数据由线性回归的方式进行补充。由于各指标的单位有差异，搜集到的数据量级也不统一，采用极差法对数据进行无量纲化处理。

#### 4.2.2 权重确定

现常用的动态综合评价方法中，确定权重时易受主观因素影响的有层次分析法和相对指数法，而主成分分析法会将过多的信息丢失。熵权法和纵横向拉开档次法在确定权重时是客观赋权，熵权法确定指标权重时有效利用各个指标观测值所提供的信息但对相关指标间的关系没有反映，郭亚军提出纵横向拉开档次法，运用时序立体数据进行客观测度但是缺少对指标增长性的衡量<sup>[25]</sup>。因此，本文对唐孝文的研究<sup>[49]</sup>进行借鉴，确定指标权重时综合考虑熵权法和纵横向拉开档次法，获得指标权重后通过综合评价函数计算评价对象的综合得分。

##### (1) 熵权法

设指标体系中有  $n$  个被评价对象， $m$  个评价指标。基于无量纲化处理后的数据，第一步计算各指标数据的变异程度：

$$v_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (4.1)$$

第二步计算每一项指标的信息熵值：

$$E_j = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n v_{ij} \ln(v_{ij}) \quad (4.2)$$

式 (2) 中当  $v_{ij}$  为 0 或 1 时，有：

$$v_{ij} \ln(v_{ij}) = 0 \quad (4.3)$$

第三步计算每一项指标的差异性系数：

$$D_j = 1 - E_j \quad (4.4)$$

最后确定指标的权重:

$$w_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^m D_j} \quad (4.5)$$

## (2) 纵横向拉开档次法

设指标体系有  $n$  个被评价对象,  $m$  个评价指标,  $T$  年数据, 原始数据  $\{x_{ij}(t_k)\}$  构成时序立体数据, 综合评价函数为:

$$y_j(t_k) = \sum_{j=1}^m w_j x_{ij}(t_k), k=1, 2, \dots, T; i=1, 2, \dots, n \quad (4.6)$$

各评价对象在时序立体数据表上的整体差异可用  $y_j(t_k)$  的总离差平方和来进行描述:

$$e^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{i=1}^n (y_j(t_k) - \bar{y})^2 \quad (4.7)$$

原始数据经过预处理后有  $\bar{y} = 0$  则:

$$e^2 = \sum \sum (y_j(t_k))^2 = W' \sum_{k=1}^T H_K W = W' H W \quad (4.8)$$

$$H_K = X_K' X_K \quad (4.9)$$

$$X_K = \begin{pmatrix} x_{11}(t_k) & \dots & x_{1m}(t_k) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1}(t_k) & \dots & x_{nm}(t_k) \end{pmatrix} \quad (4.10)$$

其中,  $W$  为权重矩阵,  $W'$  为  $W$  的转置,  $W$  是矩阵  $H$  的最大特征值  $\lambda_{\max}(H)$  所对应的经归一化处理的特征向量。

## (3) 组合赋权

对使用熵权法和纵横向拉开档次法计算所得的权重求其平均, 以此得到最终指标权重  $\beta_j$ 。2015~2020 年装备制造业智能制造发展指标权重如表 4.2 所示。

表 4.2 装备制造业智能制造发展指标权重

指标	平均后权重					
	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
研究与试验人员全时当量	0.0447	0.0428	0.0429	0.0456	0.0447	0.0452
R&D 经费支出	0.0434	0.0416	0.0426	0.0451	0.0441	0.0435
R&D 项目数	0.0509	0.0472	0.0451	0.0448	0.0445	0.0435
有效发明专利数	0.0675	0.0611	0.0585	0.0537	0.0544	0.0540
新产品销售收入	0.0485	0.0479	0.0480	0.0481	0.0466	0.0445
新产品开发项目数	0.0505	0.0469	0.0454	0.0452	0.0446	0.0436
新产品开发经费支出	0.0456	0.0444	0.0445	0.0466	0.0475	0.0450
实现产品创新的企业 所占比重	0.0394	0.0384	0.0376	0.0383	0.0385	0.0376
实现工艺创新的企业 所占比重	0.0419	0.0405	0.0402	0.0406	0.0405	0.0401
研发投入	0.0407	0.0426	0.0429	0.0439	0.0447	0.0388
技术人员占比	0.0377	0.0357	0.0410	0.0385	0.0425	0.0360
专利类无形资产净增加额	0.0509	0.0470	0.0572	0.0589	0.0583	0.0449
机器设备净增加额	0.0520	0.0391	0.0287	0.0682	0.0452	0.0766
智能生产能力	0.0379	0.0759	0.1095	0.0580	0.0601	0.0717
软件类无形资产净增加额	0.0610	0.0642	0.0296	0.0459	0.0545	0.0479
营业利润增长率	0.0405	0.0393	0.0435	0.0365	0.0370	0.0441
营业收入增长率	0.0363	0.0417	0.0392	0.0355	0.0441	0.0370
绩效水平	0.0444	0.0437	0.0466	0.0479	0.0472	0.0446
能源消费总量	0.0407	0.0388	0.0352	0.0373	0.0381	0.0365
工业废气排放量	0.0491	0.0432	0.0422	0.0432	0.0429	0.0425
工业废水排放量	0.0381	0.0403	0.0389	0.0392	0.0393	0.0361
一般工业固体废物产生量	0.0383	0.0379	0.0406	0.0390	0.0408	0.0461

### 4.2.3 综合发展水平测度

由综合评价函数：

$$Y_{it_k} = \sum_{j=1}^m \beta_j x_{ij}(t_k) \quad (4.11)$$

计算出被评价对象的综合得分。为了便于得分比较采用功效系数法将综合得分的范围规定为 60~100。

表 4.3 装备制造业智能制造发展综合得分

行业	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
金属制品业	60.17	60.00	60.57	61.56	62.39	61.06
通用设备制造业	79.88	75.67	76.61	74.94	77.60	81.63
专用设备制造业	75.51	73.04	76.54	75.16	77.04	80.04
汽车制造业	83.63	83.07	81.94	83.11	82.69	71.87
铁路、船舶、航空航天和 其他运输设备制造业	75.13	68.60	63.90	65.55	72.67	67.63
电气机械和器材制造业	85.72	91.47	90.35	83.73	83.05	81.62
计算机、通信和 其他电子设备制造业	92.75	90.83	95.46	100.00	93.08	98.77
仪器仪表制造业	71.33	71.54	74.36	71.29	70.04	71.70

由表 4.3 可知，装备制造业子行业智能制造的发展存在不均衡的情况。装备制造业智能制造发展综合得分的平均值为 77.21，金属制品业、运输设备制造业、仪器仪表制造业 2015~2020 年的综合得分都低于平均得分，智能制造发展水平较低。提高质量、增加效率是装备制造业产业转型升级的首要目标。金属制品业属劳动密集型产业，未上市中小企业居多，自身实力较弱，在向智能制造转型过程中容易遇到资金不足而无法支撑转型中所需新技术和新设备投入等问题。运输设备制造业与人民的生活息息相关，铁路、轨道交通和航空在智能制造的发展中取得一些进步，例如高端产品和发达市场转变成功、自主研发水

平提高。但由于运输设备制造业创新和研发周期较长的产业特性，竞争力的提升还存在一定不足。仪器仪表制造业由于产品种类多、标准统一困难、生产设备专业性强等特点，在实现产品自动化提升生产效率时陷入困境，导致其智能制造发展水平低于平均水平。电子设备制造业、电气机械和器材制造业 2015~2020 年综合得分都高于平均得分，智能制造发展水平较高。电子设备制造业由于产业链逐渐完整加之政策的大力扶持，在智能制造发展过程中首当其冲，发展水平整体较高。电气机械和器材制造业属于产品技术密集度较高的产业，研发投入力度大且重视创新。在其余产业加快发展智能制造的同时也会为电气机械和器材制造业带来较多新需求，进一步加快其智能制造的发展。值得注意的是，专用设备制造业在 2015~2019 年的综合得分都低于平均得分，2020 年高于平均得分。但汽车制造业确截然相反，其综合得分在 2015~2019 年都高于平均得分，2020 年低于平均得分。专用设备制造业是指专门针对某类对象实现某项功能的设备制造，在政策支持和需求增加的情况下专用设备制造业发展态势较好，但竞争压力较大、生产效率低和产业生存环境不够完善的问题会影响其智能制造发展水平，2020 年的疫情影响了专用设备制造业的发展，随着复工复产该产业产品需求增加，相应的智能制造发展也较快。汽车制造业是我国大型基础产业之一，在发展过程中能做到生产信息化和精益化使其竞争力不断提升，智能制造总体发展水平也较高。2020 年大部分市民因疫情居家而减少出行，汽车销量受到影响导致 2020 年该行业智能制造发展水平较低。



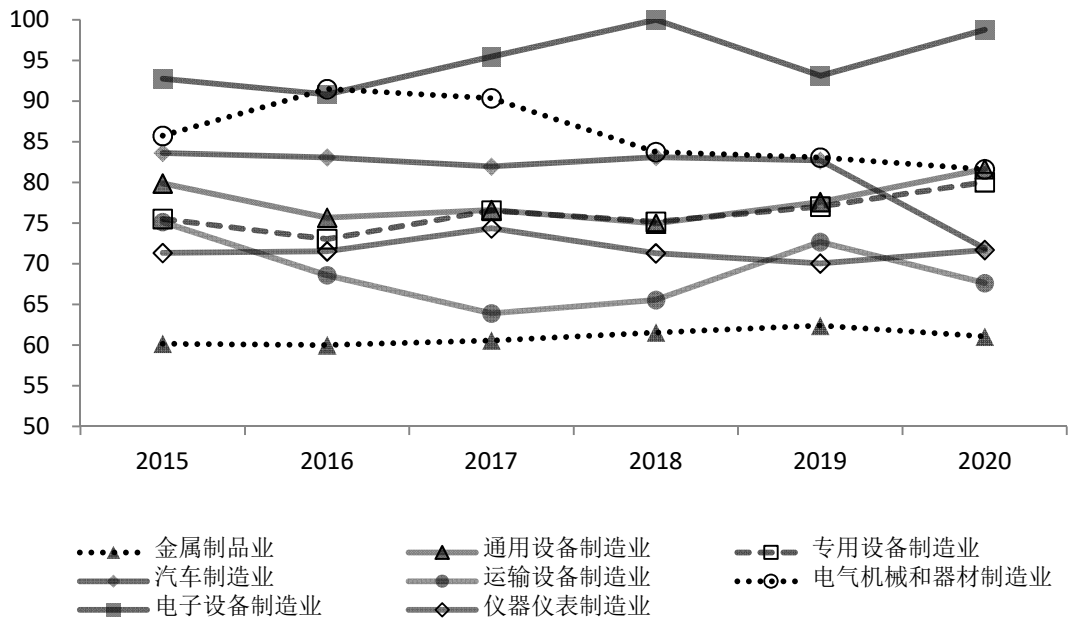


图 4.1 装备制造业智能制造发展变化趋势

由图 4.1 可知，除运输设备制造业、电子设备制造业、电气机械和器材制造业外，其余子行业 2015~2020 年智能制造发展水平变化幅度较小。运输设备制造业在多年发展过程中已经形成完善的制造体系，在装备制造业智能制造发展的初期，该产业为重要试点领域，要在产品设计、制造和服务上做到智能化。但由于运输设备制造业服务对象多涉及出行和运输的行业特性，其技术和资金的投入得到反馈是一个较为漫长的过程，智能化的转变也需要一定时间，因此该产业智能制造发展水平在 2015~2017 年呈下降态势。随着产业自主创新能力和竞争力的提升以及以数字化和智能化为导向的政策扶持，运输设备制造业智能制造发展水平在 2017~2019 年呈上升态势。2020 年运输设备制造业的发展受疫情影响受阻呈下降态势。电子设备制造业的发展已趋于成熟，产业规模大，经济效益高。在大力发展高新技术产业的政策支持下，电子设备制造业关键技术装备的集成应用度高，能有效实现产品智能化信息化，智能制造发展水平也在 2016~2018 年呈稳步上升态势。但由于产业发展整体聚集度较高使区域发展水平差异较大，依据需求进行自主创新和自主研发的能力不够完善，导致其智能制造发展水平在 2019 年出现下降。2020 年发生的疫情在一定程度上阻碍了该产业的发展，但其规模成熟、信息化程度较高成为复工复产的优势，使得该

产业智能制造发展水平较上一年有所提升但幅度不大。电气机械和器材制造业智能制造发展水平在 2015~2017 年呈上升态势，在 2017~2020 年呈下降态势。该产业制造的产品与日常生活和其他产业联系紧密，在智能制造发展初期，例如新能源、人工智能等产业扩大发展布局的同时会产生许多新产品的需求，在一定程度上扩大电气机械和器材制造业的市场规模，也为其智能制造的发展奠定基础。但产品同质化严重、行业竞争激烈的问题随之出现，阻碍后续电气机械和器材制造业智能制造的发展。

### 4.3 装备制造业智能制造各维度发展水平测度

#### 4.3.1 基础条件

由表 4.4 可知，2015~2020 年装备制造业八个子行业在研发能力和创新能力的提升上出现不均衡现象。装备制造业基础条件得分中，2015 年金属制品业最低，2018 年电子设备制造业最高，基础条件平均得分为 76.06。电气机械和器材制造业、电子设备制造业 2015~2020 年得分均位于平均分以上，研发能力和创新能力相对较突出。制造业与新一代信息技术的进一步深度融合，使得关键核心技术装备的发展取得成效。电气机械和器材制造业的市场规模不断增长，行业新增长点出现。这些变化都将推动产业以研发能力和创新能力为突破口提高自身市场竞争力。电子设备制造业的发展更注重技术的投入和产品的创新，在研发人员和研发投入等方面都具有潜在优势，发展智能制造的基础条件也较优于其他行业。金属制品业、仪器仪表制造业、运输设备制造业 2015~2020 年得分均位于平均分以下，研发能力和创新能力相对不突出。由于企业规模相对较小，资金实力相对较弱，金属制品业在转型升级过程中的主要任务是提高质量增加效率，导致其研发投入不够、产品创新动力不足。新兴产业的快速发展和政策投入倾向带动仪器仪表行业转型升级，但该行业产品一直存在科技含量低的问题，创新和研发能力的提升还需一定时间。运输设备制造业的发展可以保持国家经济活力、提高公众生活质量。其中未来公共交通的发展以新型轨道交通为主导方向，逐渐走向互联互通、可持续和多模式；发展技术复杂度高、

价值量高的船舶能够推动我国造船产业转型升级；航空制造产业链长、覆盖面广，在经济快速发展情况下对其需求也快速增长。由于涉及国民经济核心部分，运输设备制造业产品研发和创新要以需求为主，投资周期较长，创新能力和研发能力的提升需要一定时间。

表 4.4 装备制造业基础条件得分

行业	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
金属制品业	60.00	60.81	61.14	62.44	63.42	63.59
通用设备制造业	76.97	76.10	75.16	76.00	77.12	77.51
专用设备制造业	75.06	74.51	74.90	75.57	76.45	77.41
汽车制造业	77.94	78.47	78.20	78.13	76.80	74.97
铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	64.83	64.16	63.69	63.13	63.17	62.53
电气机械和器材制造业	87.36	86.43	86.59	86.35	85.98	84.56
计算机、通信和其他电子设备制造业	99.30	98.56	99.35	100.00	99.97	99.41
仪器仪表制造业	67.95	67.73	67.73	67.82	67.97	67.86

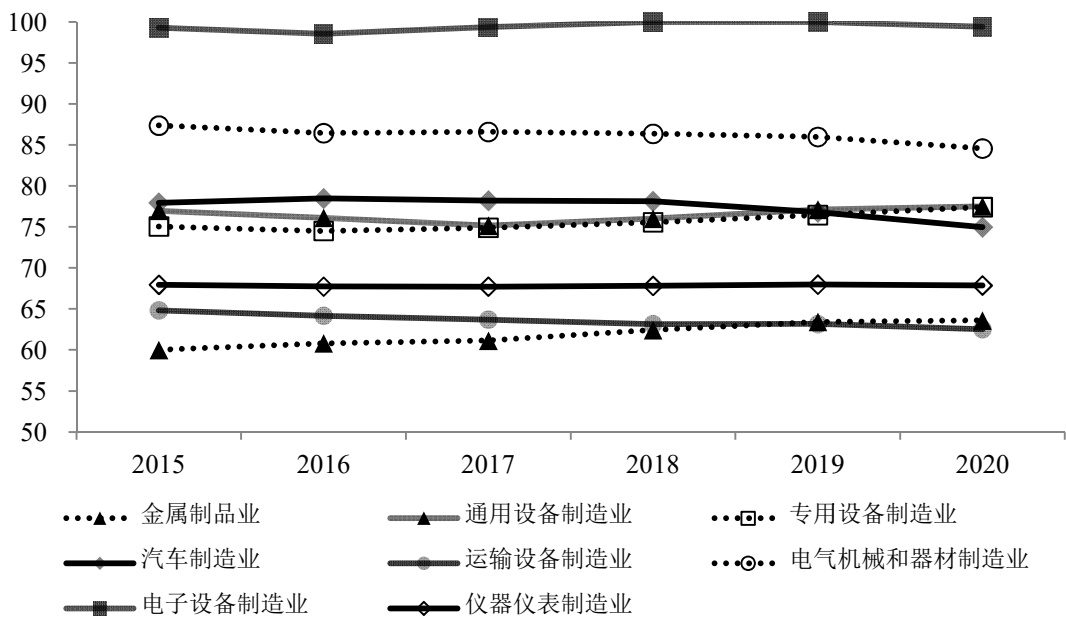


图 4.2 装备制造业基础条件发展水平变化趋势

由图 4.2 可知, 装备制造业八个子行业 2015~2020 年基础条件得分变化总体较为平稳。《智能制造发展规划(2016~2020)》中提出始终保持创新驱动, 建立健全创新体系, 能够激发企业创新动力活力, 促进技术的加强, 创新突破智能制造装备与模式。从现实情况来看, 智能制造发展要加快制造装备的数字化、信息化、智能化步伐, 普遍使用制造执行和过程控制系统, 提高关键工艺流程的数控化率。创新和研发能力是智能制造发展过程中最本质的条件, 研发的投入也为后续产品创新提供动力。但任何研发投入都存在一定的投资周期, 投入转换也需要一定时间, 且有投入的资金不能转化为新产品的风险出现。

### 4.3.2 建设水平

由表 4.5 可知, 智能制造建设水平在装备制造业各子行业间呈不断变化的状态。2015~2020 年装备制造业建设水平得分平均值为 76.43, 其中运输设备制造业 2017 年得分最低, 电子设备制造业 2018 年得分最高。八个子行业中只有电子设备制造业建设水平得分在这六年间均高于平均得分, 其余七个子行业在 2015~2020 年建设水平得分都在不断变化。

表 4.5 装备制造业建设水平得分

行业	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
金属制品业	64.63	66.40	74.24	65.28	65.57	64.64
通用设备制造业	85.13	80.75	81.50	73.23	78.06	87.18
专用设备制造业	71.89	67.75	73.66	69.22	70.51	71.57
汽车制造业	91.01	82.10	85.07	83.12	91.47	73.53
铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	82.37	69.50	60.00	66.55	72.27	71.72
电气机械和器材制造业	75.52	91.19	93.31	76.27	75.93	77.89
计算机、通信和其他电子设备制造业	85.52	81.54	91.63	100.00	85.28	97.23
仪器仪表制造业	63.57	64.43	72.82	64.13	66.12	66.34

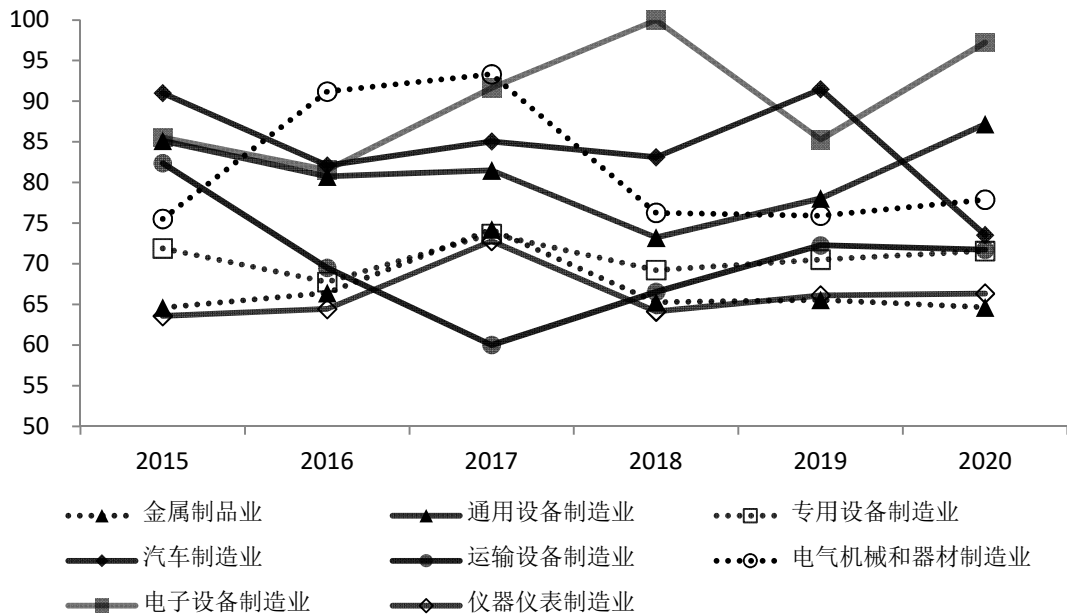


图 4.3 装备制造业建设水平发展水平变化趋势

由图 4.3 可知，金属制品业和仪器仪表制造业在 2017 年建设水平不稳定，其余年份均变化不大，其余 6 个子行业 2015~2020 年建设水平都波动较明显。金属制品业行业集中度低且企业规模较小，智能技术的运用并没有使其在生产过程能够高效的实行智能化和信息化，其智能制造建设水平的波动也较小。仪器仪表制造业的客户群体相对特殊，有确定且稳定的服务对象如地质勘探、实验分析等，市场空间容量有限，在转型升级过程中企业的结构和技术得到了一定的调整，但产品是否可靠、是否稳定、是否高端的缺陷依旧存在，因此其智能制造建设水平的发展较为缓慢。通用设备制造业、专用设备制造业都是传统意义层面的机械工业，相似度较高，这两个行业 2015~2020 年建设水平都呈先下降后稳步上升的态势。通用设备制造业是为工业行业供应动力等设备的基础性产业，周期性较强也易受国家宏观经济政策的影响。高端领域技术容易受制于人，市场需求量增长有限，企业增长乏力的问题促使通用设备制造业不断发展新的产品领域。随着经济快速发展，专用设备的市场需求得到不断扩大，多家企业不断加入生产制造，专用设备制造行业的竞争较为激烈且产品流通存在时滞，但随着智能化、自动化水平不断提高，智能制造建设水平也随之增强。汽车制造业、运输设备制造业建设水平总体也呈先下降后上升的态势，运输设

备制造业建设水平在 2016 年和 2017 年都有较大的下降幅度,而 2018 年和 2019 年随即出现较大幅度的上升,汽车制造业建设水平在 2020 年有较大幅度的下降。汽车制造业和运输设备制造业与居民日常生活息息相关,制造业升级和产业政策、基础设施建设的投资、宏观环境倾向会拉动这两个产业高速发展,但产业结构的调整需要时间适应,会对建设水平产生影响。后续发展中汽车制造业能够逐渐建立研发创新体系,企业效益回升,但 2020 年发生的疫情影响其生产、销售等阻碍了其智能制造建设进程。运输设备制造业中的船舶行业加快推进海洋工程装备的智能化转型、航空航天产业逐步迈入自主研发环节,智能制造建设水平得到提升。电气机械和器材制造业 2016 年和 2017 年建设水平都处于大幅上升态势,但在 2018 年出现较大幅度下降。电气机械和器材制造业与日常生活联系紧密,受到国家对机械产业大力扶持政策的推动,市场需求不断增长,企业发展环境和经济环境得到保障,智能制造建设水平前期也处于爬升态势。在后续发展阶段,产业政策的变化对电气机械和器材制造业企业的生产结构和融资方式产生影响,其核心零部件研发能力不突出,技术引进和转化能力受到限制,部分产品更新换代周期日益缩短,产品同质化严重使相关企业发展停滞。电子设备制造业 2015~2020 年建设水平的变化呈下降和上升交替进行的态势。电子设备制造业是我国制造业关键性产业,在发展中取得较大的技术突破,自身对技术知识的积累和丰富的经验加之国家颁布的若干鼓励扶持性政策,总体发展迅速且出现一批有竞争力的企业。但是从产业布局角度来看,电子设备制造业的发展依旧呈现不均匀的产业分布与集聚,东部发达地区产业贡献度大且特点和优势明显,西部不发达地区发展缓慢,如何进行区域内协调发展的问题依旧存在。从技术方面来看,电子设备制造业核心技术缺失和抗风险能力偏弱使产业国际竞争力下降,关键领域高端技术相对于国外存在的差距使产业低端产品过剩而高端供给不足。电子设备制造业的发展机会与风险并存,智能制造建设能力也变化多端。

### 4.3.3 行业效益

在智能制造发展过程中,装备制造业各子行业间行业效益的不均衡性逐渐

显现。2015~2020 年装备制造业行业效益平均得分为 85.05，其中金属制品业 2017 年得分最低，仪器仪表制造业 2017 年得分最高。金属制品业和通用设备制造业行业效益得分在六年间均低于平均得分，专用设备制造业、仪器仪表制造业行业效益得分在这六年间均高于平均得分，值得注意的是金属制品业的得分整体偏低与其他七个子行业。金属制品业在生产过程中主要消耗一些金属原材料，种类繁多复杂的金属制品能耗大污染强导致生态效益低下。同时，金属制品业企业规模相对较小盈利能力也不及其余行业，行业效益总体处于不高的水平。虽然仪器仪表制造业在制造过程中也会直接消耗原材料，专用设备制造业在生产中会消耗塑料和橡胶制品，但提高生产效率和广泛应用智能技术会逐步使企业能耗降低、改善生态环境，更好的做到可持续长久发展。

表 4.6 装备制造业行业效益得分

行业	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
金属制品业	68.22	64.03	60.00	67.87	68.05	65.94
通用设备制造业	82.22	76.94	83.61	82.76	83.16	84.33
专用设备制造业	86.56	85.62	92.80	89.44	91.39	99.38
汽车制造业	83.38	92.09	88.81	92.08	80.10	73.19
铁路、船舶、航空航天和 其他运输设备制造业	90.85	87.20	83.53	81.86	97.63	84.62
电气机械和器材制造业	93.26	92.57	86.17	87.94	86.41	85.00
计算机、通信和 其他电子设备制造业	80.41	83.46	88.62	85.00	82.18	86.57
仪器仪表制造业	96.49	97.11	100.00	97.01	90.42	96.26

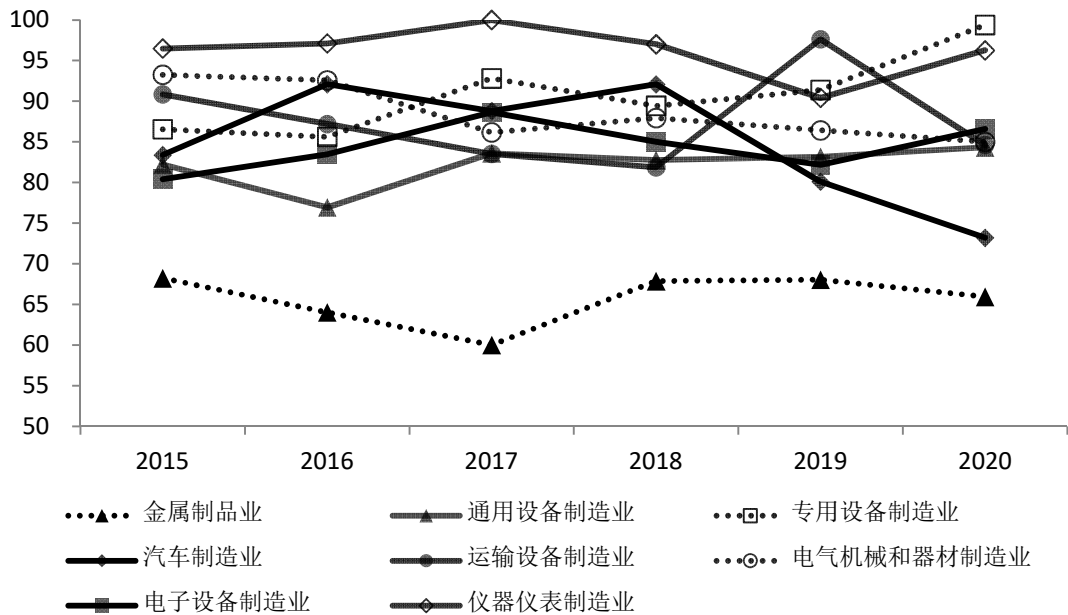


图 4.4 智能制造行业效益发展水平变化趋势

由图 4.4 可知，2015~2020 年装备制造业八个子行业的行业效益呈现不同的发展趋势。金属制品业和通用设备制造业行业效益呈先下降后上升再逐渐平稳的态势，六年时间在这两个行业转型升级的过程中，着重做到加快技术创新体系的构建，渐渐将信息化、智能化运用到生产中使得盈利能力增强，行业效益也逐步增加。专用设备制造业行业效益整体呈上升态势，该产业的发展在工业设备制造领域中处于关键位置，专用设备制造业的发展过程注重劳动力、技术、资源等生存环境和品质量、劳动生产率等市场环境的培养，以达到不断提升本土企业市场竞争力的目的，能源消耗问题的相继改善使得整个行业效益稳步上升。汽车制造业行业效益这六年间变化较明显，上升与下降交替进行。汽车制造业是战略性产业，近年来汽车制造业企业数量和总资产等呈现上升态势，市场也得到进一步优化，但依旧存在缺乏芯片、原材料价格上涨、核心技术与发达国家存在较大差距的问题，使其经济效益增速及盈利水平回落。运输设备制造业行业效益在 2015~2018 年呈平稳下降态势，在 2018~2019 年之间出现大幅度上升的趋势，2020 年行业效益又处于下降态势。运输设备制造业的智能化发展是一个前期投入大、成果转换慢的过程，在转型过程中该产业逐渐实现创新驱动、深度融合信息化和工业化，形成完善和持续的创新体系，也使行



业效益得到了提升。2020年疫情发生，日常出行受到限制，行业效益也受到影  
响。我国一直鼓励电子设备制造业的发展，其能源消耗低于其余行业，但是能  
耗比重却逐年增加，以至于生态效益存在下降的情况，导致电子设备制造业的  
行业效益呈先升后降的态势。电气机械和器材制造业的发展存在诸如产品市场  
趋于饱和、市场环境竞争激烈以及产品更新换代周期日益缩短等问题，产业行  
业效益总体呈较小的下降态势。仪器仪表制造业的发展存在可靠性不足和产品  
稳定性较差等问题，使产业行业效益总体呈下降态势但波动较小。

#### 4.4 本章小结

本章阐述了指标体系中指标选择的理论逻辑，以此为基础构建装备制造业  
智能制造发展测度指标体系，综合使用熵权法和纵横向拉开档次法确定各指标  
权重，随后运用综合评价函数测度装备制造业智能制造综合发展水平和各维度  
发展水平。结论表明：装备制造业子行业智能制造的综合发展存在不均衡的情  
况。金属制品业、运输设备制造业、仪器仪表制造业智能制造发展水平较低。  
电子设备制造业、电气机械和器材制造业智能制造发展水平较高。专用设备制  
造业和汽车制造业在六年间智能制造发展波动大。子行业的发展趋势也不相同。  
装备制造业八个子行业在智能制造基础条件、建设能力和行业效益三个维度都  
存在发展不均衡的情况。

## 5 装备制造业智能制造影响因素分析

本章以第二章中阐述的理论为基础，分析装备制造业智能制造发展影响因素的作用机理，确定解释变量，以第四章测度中测算所得的装备制造业智能制造综合发展水平为被解释变量，选取 2015~2020 年装备制造业 8 个子行业的面板数据进行实证分析，分析五个影响因素对智能制造发展的作用。将装备制造业八个子行业分为三类进行行业异质性分析，探究不同规模行业同一变量对被解释变量的作用效果差异。

### 5.1 变量选取及数据来源

#### 5.1.1 影响因素作用机理分析

技术创新理论告诉我们，不同市场状态对技术创新会产生促进、阻碍以及使技术创新发生得更频繁、更活跃。持久的技术创新需要有效需求的创造提供最基础的动力，技术创新的速度和规模被社会需求规模通过市场中介影响，技术创新的内容和方向被社会需求结构的变化通过市场中介影响。因此如果想要使自己的创新物尽其用，企业就要抓住市场需求。

人力资本理论中，依据企业在发展过程中所呈现出的要求，要有目的地优化分配人力资源，让员工拥有持续的创造性和积极性，进而完成经济效益和生产率提高。人力资源潜力的发展可以理解为通过培育与教化等方式，持续提高员工的劳动和专业技术水平，增加企业人力资本的累积，实现企业效益的提高；人力资源的计划与配置就是利用组织、计划、配置、选择、吸引等方式，保质保量的为企业提供专业人才和劳动力，让企业在发展过程中发挥出最佳效应。

开放型产业结构理论在研究对产业结构的影响因素时考虑国际分工和贸易，其中要素禀赋论认为，生产要素禀赋差异促使比较成本差异的产生。由此各国要能够把握自己生产所拥有的优势的商品，借助国际自由贸易对各国生产要素进行重新分配，从而达到国际商品价格的均衡化；动态比较成本理论认为产品的比较成本可以转化，在当前国际贸易中暂时没有优势的产业，从长远看却有

可能转化为拥有优势的产业。

智能制造的发展能够建立我国制造业竞争新优势、推动制造业迈向中高端、实现制造强国，政府对各产业发展智能制造的政策支持也不可或缺，因此，结合以上对装备制造业智能制造发展影响因素的作用机理分析，本文选择技术创新、人才建设、劳动力供给、外商投资、政府支持五个因素对装备制造业智能制造发展产生的影响进行实证分析。

### 5.1.2 变量选取

本文选取 2015~2020 年装备制造业 8 个子行业的面板数据进行实证分析，选取装备制造业智能制造发展测度中测算所得的装备制造业智能制造综合发展水平（FZSP）为被解释变量，综合装备制造业智能制造发展内涵与已有文献的研究，选择人才建设、技术创新、劳动力供给、政府支持和外商投资为解释变量，分析五个因素对智能制造发展的影响作用，变量定义如下：

（1）人才建设（RCJS）：根据陈瑾等（2018）<sup>[13]</sup>对装备制造业转型升级的研究，高校所培养的人才正是产业发展所需要的，高水平人才能够带来更多的知识和研发成果，也能提高工业企业发展的效率，智能制造发展所经历的四个阶段中人才建设或许会产生影响，本文选取装备制造业规模以上工业企业研发机构人员中硕博人员所占比例来衡量因素人才建设。

（2）技术创新（JSCX）：装备制造业的发展向高效率、高质量转变以技术为基础，智能制造的发展也离不开技术的进步和优化支持，本文选取装备制造业规模以上工业企业中有 R&D 活动的企业数所占比例来衡量因素技术创新。

（3）劳动力供给（LDL）：产业的发展离不开劳动力，用工人数在一定程度上反映劳动力供给，本文选取装备制造业规模以上工业企业平均用工人数来衡量因素劳动力供给。

（4）政府支持（ZFZC）：根据刘志浩等（2021）<sup>[38]</sup>的研究，政府制度会优化产业结构。智能制造的发展会消耗资源，政府支持形成财政支持和资源倾向，本文选取装备制造业规模以上工业企业国家资本金衡量因素政府支持。

（5）外商投资（WSTZ）：依据李健旋（2020）<sup>[36]</sup>的研究，引进的技术和

资本可能有助于制造业智能化的深入推进，为了探寻外部环境，外国投资者实际投入企业的资本金是否会对装备制造业智能制造发展产生影响，本文选取装备制造业规模以上工业企业外商资本金来衡量因素外商投资。

### 5.1.3 数据来源

被解释变量发展水平为第三章中测算所得，解释变量数据来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国工业统计年鉴》和国家统计局官网。变量的描述性统计结果如下表：

表 5.1 变量描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值	观察样本量	
overall		0.1795	0.1317	0.8221	N=48	
FZSP	between	0.4289	0.1820	0.1483	0.7384	n=8
	within		0.0513	0.2703	0.5362	T=6
overall		0.0445	0.0457	0.2217	N=48	
RCJS	between	0.1286	0.0461	0.0604	0.2074	n=8
	within		0.0092	0.1021	0.1495	T=6
overall		0.1073	0.1701	0.6368	N=48	
JSCX	between	0.4198	0.0886	0.2639	0.5610	n=8
	within		0.0670	0.2995	0.5302	T=6
overall		237.3363	87.7000	914.8000	N=48	
LDL	between	413.2748	249.8571	96.8050	893.8517	n=8
	within		23.2662	368.8831	462.1215	T=6
overall		662.0543	129.0000	2931.6700	N=48	
ZFZC	between	1084.7510	636.0872	155.1700	2034.9380	n=8
	within		277.0419	367.8231	1981.4830	T=6
overall		1384.7770	222.5400	5009.2200	N=48	
WSTZ	between	1559.3660	1450.2820	234.9150	4477.2450	n=8
	within		195.0588	1027.9830	2317.6030	T=6

变量描述性统计结果可以看出，被解释变量发展水平最大值和最小值相差较大装备制造业八个子行业智能制造的发展存在不平衡，五个解释变量的组间标准差均大于组内标准差，装备制造业八个子行业存在差异。

## 5.2 模型设定及检验

### 5.2.1 模型设定

面板数据能够克服时间序列数据和截面数据存在的局限性，对经济情况有更为准确理性客观的分析，本文选取 2015~2020 年装备制造业八个子行业相关变量构建面板模型，分析人才建设、技术创新、劳动力供给、国家支持和外商投资五个方面因素对装备制造业智能制造发展的影响效应，使用对数形式处理变量解决异方差和平稳性的问题，面板模型设定如下：

$$FZSP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln RCJS_{it} + \alpha_2 \ln JSCX_{it} + \alpha_3 \ln LDL_{it} + \alpha_4 \ln ZFZC_{it} + \alpha_5 \ln WSTZ_{it} + U_i + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

式中， $i$  代表装备制造业各个子行业， $t$  代表年份， $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项， $U_i$  表示不可观测的个体效应， $FZSP_{it}$  为装备制造业智能制造综合发展水平， $RCJS_{it}$  代表人才建设水平， $JSCX_{it}$  代表技术创新水平， $LDL_{it}$  代表劳动力供给情况， $ZFZC_{it}$  代表政府支持情况， $WSTZ_{it}$  代表外商投资情况。

### 5.2.2 多重共线性检验

为了检验解释变量的选取是否合理进行多重共线性检验，VIF 值均小于 10 时，解释变量之间不存在多重共线性，由表 5.2 可知本文所选取的解释变量之间均不存在多重共线性。

表 5.2 多重共线性检验结果

变量	VIF	1/VIF
lnZFZC	8.83	0.1133
lnRCJS	8.45	0.1184
lnLDL	2.2	0.4544
lnWSTZ	2.02	0.4958
lnJSCX	1.63	0.6145
Mean VIF	4.62	—

## 5.3 实证结果与分析

### 5.3.1 模型选择

面板数据处理过程中需要对存在的混合回归模型、固定效应模型和随机效应模型三个模型进行选择，文章进行 F 检验对面板数据使用固定效应模型还是混合回归模型进行检验，F 检验的原假设为不存在个体异质性截距项；文章进行 LM 检验对面板数据使用混合回归模型还是随机效应模型进行检验，LM 检验的原假设为不存在个体效应；为了确定估计过程选用固定效应模型还是随机效应模型，文章对面板数据进行 hausman 检验，hausman 检验的原假设为随机效应模型更有效。运用软件 stata14 进行模型检验，检验在 5% 的置信水平下进行，结果如表 5.3 所示，文章在处理面板数据时应该使用随机效应模型。

表 5.3 模型选择假设检验结果

检验	P 值	所做判断
F 检验	0.0001	拒绝原假设，应该使用固定效应。
LM 检验	0.0111	拒绝原假设，应该使用随机效应。
hausman 检验	0.0636	不拒绝原假设，应该选择随机效应。

### 5.3.2 模型估计

在对面板数据进行处理时选择随机效应模型，估计过程选择聚类稳健标准误，消除普通标准误所带来的误差，五个解释变量对装备制造业智能制造发展的影响效应如下所示。

表 5.4 回归结果

变量	系数	稳健标准误	P 值
lnRCJS	0.2085	0.0642	0.0010
lnJSCX	0.1380	0.0761	0.0700
lnLDL	0.2604	0.0610	0.0000
lnZFZC	-0.0442	0.0242	0.0680
lnWSTZ	-0.0315	0.0386	0.4140
_cons	-0.0069	0.2430	0.9770

由估计结果可知，变量人才建设、技术创新、劳动力供给和政府支持都通过了 10% 的显著性水平检验，这四个因素均对装备制造业智能制造发展有显著影响，外商投资对智能制造发展没有显著影响。

人才建设对装备制造业智能制造发展呈显著的正向作用，影响系数为 0.2085。高知识人才在智能制造发展过程中必不可少，在今后发展中要提高行业研发机构中硕博人员占比以不断增强智能制造发展后备力。技术创新对装备制造业智能制造发展呈显著的正向作用，影响系数为 0.1380。研究与试验发展可以反映科技发展水平，科技发展和技术创新能够拉动智能制造的发展，相关工业企业需要对关键核心技术进行持续研发、消化和吸收增强智能制造发展动力。劳动力供给对装备制造业智能制造发展呈显著的正向作用，影响系数为 0.2604。产业的发展离不开劳动力，大型企业能够更好的吸收资金和资源，效率的提高也会更快进而促进智能制造的发展。政府支持对装备制造业智能制造发展呈显著的负向作用，影响系数为-0.0442，政府所提供的财政支持和资源倾

向会促进智能制造的发展但是长期依赖政策供给会消耗工业企业的发展积极性，对工业企业智能制造的发展起不到拉动作用。高文鞠等（2020）<sup>[26]</sup>在探究装备制造业高质量发展影响因素时发现政府的过度干预对装备制造业高质量发展有阻碍作用，因此，智能制造的发展要借助政府支持产生积极作用还需要把握尺度，不能将对工业企业的支持变成过度的干预，让支持适得其反。外商投资对装备制造业智能制造的发展没有显著的拉动作用，外商投资以规模以上工业企业外国投资者实际投入企业的资本金来衡量，工业企业对智能制造的发展存在一定流程和阶段，是一个时间较长的投入与见效循环的过程，在这个过程中企业还要保持自身运转，投入企业的资本金并没有完全在发展智能制造中进行利用。

### 5.3.3 稳健性检验

为了检验实证结果的稳健性，将解释变量技术创新的衡量由装备制造业规模以上工业企业中有 R&D 活动的企业数所占比例更换为装备制造业规模以上工业企业中有研发机构的企业数所占比例，重新进行随机效应估计，完成稳健性检验，结果如下：

表 5.5 稳健性检验结果

变量	系数	稳健标准误	P 值
lnRCJS	0.2144	0.0596	0.0000
lnJSCX	0.1714	0.0659	0.0090
lnLDL	0.2177	0.0698	0.0020
lnZFZC	-0.0441	0.0207	0.0330
lnWSTZ	-0.0076	0.0456	0.8670
_cons	0.1807	0.1733	0.2970

由表 5.5 稳健性检验结果可知，在 10%的显著性水平下除常数项外，解释变量的系数和显著性均未发生较大变化，人才建设、技术创新、劳动力供给和



政府支持这四个因素均对装备制造业智能制造发展有显著影响，外商投资对智能制造发展没有显著影响。人才建设、技术创新、劳动力供给对装备制造业智能制造发展呈显著的正向作用，政府支持对装备制造业智能制造发展呈显著的负向作用。稳健性检验结果与前文回归结果相差不大，通过了检验说明该模型较为稳定。

### 5.3.4 行业异质性分析

根据装备制造业八个子行业 2015~2020 年平均拥有规模以上工业企业单位数将装备制造业分为大规模行业、中等规模行业、小规模行业，进行行业异质性分析，探究不同规模行业同一变量对被解释变量的作用效果差异。行业异质性回归由 stata 计算得出，结果如下表所示。

表 5.6 分行业规模回归结果

	(1) 大规模行业	(2) 中等规模行业	(3) 小规模行业
lnRCJS	0.0535 (0.17)	-0.210 (-4.53)***	-0.159 (-0.23)
lnJSCX	0.124 (1.30)	0.0991 (0.70)	0.0342 (0.06)
lnLDL	0.459 (5.74)***	0.499 (2.91)***	0.166 (0.72)
lnZFZC	-0.0155 (-0.13)	0.0224 (0.29)	-0.0302 (-0.23)
lnWSTZ	0.174 (0.89)	-0.0625 (-0.54)	-0.00539 (-0.35)
_cons	-3.263 (-1.02)	-2.550 (-2.98)***	-0.547 (-0.20)
N	18	18	12

\* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

由回归结果可知，人才建设系数在中等行业规模通过显著性检验，回归系数为负值，说明对于中等规模行业来说，人才建设对智能制造的发展产生负向影响。对属于中等行业规模的 3 个装备制造业子行业来说人才建设可能已达标，

持续加强行业的人才建设反而会对智能制造的发展产生阻碍作用。技术创新系数在大规模行业、中等规模行业、小规模行业均未通过显著性检验，说明技术创新对三个不同规模行业智能制造发展没有影响。劳动力系数在大规模行业和中等规模行业均通过显著性检验，回归系数均为正，说明对于大规模行业和中等行业规模来说，劳动力供给对智能制造的发展产生正向影响。劳动力是一种基础要素，在行业中增加劳动力的供给还会引发其他生产要素的收益递增，促进资金和资源的吸收。

政府支持系数在大规模行业、中等规模行业、小规模行业均未通过显著性检验，说明政府支持对三个不同规模行业智能制造发展没有影响。外商投资系数在大规模行业、中等规模行业、小规模行业均未通过显著性检验，说明外商投资对三个不同规模行业智能制造发展没有影响。

## 5.4 本章小结

本章使用软件 `stata14`，以装备制造业智能制造发展水平为被解释变量，在对影响因素的作用机理进行分析的基础上选择解释变量，构建面板数据进行回归分析，结论表明：人才建设（RCJS）、技术创新（JSCX）、劳动力供给（LDL）均对装备制造业智能制造发展有显著影响，且呈正向作用。政府支持（ZFZC）对装备制造业智能制造发展有显著影响，但呈负向作用，外商投资（WSTZ）对智能制造发展没有显著影响。同时，大规模行业、中等规模行业、小规模行业三个不同规模行业智能制造发展的影响因素存在较大差别。

## 6 结论与建议

### 6.1 结论

本文构建装备制造业智能制造发展评价指标体系，分别对装备制造业八个子行业智能制造发展综合水平、三个不同维度的发展水平进行了测度分析。根据相关理论对影响因素作用机理进行分析，从人才建设、技术创新、劳动力供给、政府支持和外商投资出发探究影响装备制造业智能制造发展的因素，得到主要结论如下：

(1) 装备制造业八个子行业 2015~2020 年智能制造综合发展水平存在差异，变化趋势也各有不同。金属制品业、运输设备制造业、仪器仪表制造业 2015~2020 年的综合得分都低于平均得分，智能制造整体发展水平较低，其中运输设备制造业智能制造发展水平在 2015~2017 年呈下降趋势，在 2017~2019 年呈上升趋势，2020 年受疫情影响呈下降趋势。电子设备制造业、电气机械和器材制造业 2015~2020 年综合得分都高于平均得分，智能制造发展水平较高。电气机械和器材制造业智能制造发展水平在 2015~2017 年呈上升趋势，2017~2020 年呈下降趋势。电子设备制造业的智能制造发展水平在 2016~2018 年呈稳步上升趋势，但是在 2019 年出现下降。其余行业发展水平都相对稳定。

(2) 装备制造业八个子行业在智能制造基础条件、建设水平和行业效益三个维度都存在发展不均衡的情况，从基础条件来看，电子设备制造业、电气机械和器材制造业研发能力和创新能力相对较好，金属制品业、仪器仪表制造业、运输设备制造业研发能力和创新能力相对较弱，八个子行业基础条件在这五年间的发展趋于平稳波动不大。从建设水平来看，通用设备制造业、专用设备制造业 2015~2020 年建设水平都呈先下降后上升的状态，汽车制造业和运输设备制造业建设水平在 2016 年和 2017 年都出现幅度较大的下降，而 2018 年和 2019 年随即出现幅度较大的上升，2020 年又呈下降趋势。电气机械和器材制造业 2016 年和 2017 年建设水平都处于大幅上升态势，但在 2018 年出现大幅下降。电子设备制造业 2015~2020 年建设水平的变化呈下降和上升交替进行的态势。

从行业效益来看，金属制品业和通用设备制造业行业效益得分在六年间均低于平均得分，且金属制品业的得分总体偏低于其他七个子行业。电气机械和器材制造业、仪器仪表制造业行业效益总体呈下降态势但波动较小。汽车制造业行业效益这六年间变化较明显，上升与下降交替进行，运输设备制造业行业效益在 2015~2018 年呈平稳下降态势，但在之后出现大幅度上升状态，2020 年行业效益又处于下降趋势。

(3) 人才建设、技术创新、劳动力供给和政府支持这四个因素均对装备制造业智能制造发展有显著影响，外商投资对智能制造发展没有显著影响。人才建设、技术创新、劳动力供给对装备制造业智能制造发展呈显著的正向作用，政府支持对装备制造业智能制造发展呈显著的负向作用。对三个不同规模行业来说，大规模行业中劳动力供给产生显著正向影响，中等规模行业中技术创新产生显著负向影响，劳动力供给产生显著正向影响。小规模行业中各因素没有产生影响。

## 6.2 建议

(1) 注重研发和创新能力的提升，坚固发展基础。缺乏持续的研发投入和高端先进核心技术被他人限制是装备制造业存在的共同问题，在发展智能制造的过程中各行各业要杜绝对政策扶持的过度依赖，政策的利用要做到因地制宜，要认识到自身优势的同时多推动试验与发展活动，注重研发的投入早日实现稀缺技术的重大突破，比如通过设备的预测性维护、普及设备联网率、实现设备远程监控来提高设备数字化和网络化能力；拓展产品生产的新领域，运用创新的技术推动产业结构升级且提高竞争力；要不断提高工业企业研发机构人员中高层次人才占比，持续建设创新人才队伍用以支撑产业长久发展，如完善智能制造标准体系、培养智能制造的意识。

(2) 高效普遍应用智能装备，让提质增效惠及各产业。在具体实施智能制造的过程中，对产品质量的提升和生产效率的提高是根本目的。通用设备制造业、专用设备制造业相关企业在具体生产过程中要建成类似远程下发工艺文件、

智能采集生产数据、数字化设备管理的智能化车间，在设计和销售等关键业务中实现流程化管理，运用更加合理科学的发展方式。电子设备制造业的发展具有潜力但是存在着技术的复杂性高且产品更迭速度快的问题，要建设柔性生产、资源联通和高效配送的电子信息智能制造示范工厂，让产品能够保质保量。做到生产过程质量控制、产品在线质量检测、定期开展评估与监测、产品全流程质量追溯，根据评估与监测结果进行优化和改善，同时关注技术的运用管理和生产要素间的融通以提升产业发展效率。金属制品业智能制造综合发展水平不太高且行业效益相对比较低，为此要积极在生产过程中推动金属制品业制造过程与数控技术的结合，扎实促进数字化设计快速适应产业需求的变化，着重推进生产过程智能化。

(3) 确保市场需求与供给的匹配，稳定产业链和供应链。仪器仪表制造业中，下游应用领域例如实验分析仪器的持续发展能够为上游关联产品带来可观的需求增量，但也会倒逼仪器产品实行更高标准和要求。故仪器仪表制造业要注重合理配置有限的资源，从业务协同、供应商管理、数据共享和风险管理为出发点，保证供应链上下游企业高效率协同。汽车制造业存在一定的发展基础但是其生产工艺过程复杂、产业链长、密集程度大，应优化智能制造建设过程中的生产要素和技术运用的搭配，对分散化制造资源进行整合，综合利用企业内外部资源，实行面向汽车大规模个性化定制的生产研发和营销，确保产业发展的合理性。电子设备制造业产品比较注重追求定制化和个性化需求，该产业智能制造发展应以这个方面为出发点，实现服务和产品匹配。电子设备制造业产业在不同区域的发展也不协调，智能制造发展过程中要合理提升产业集聚度，建设产业生态体系，注重各区域内协调发展。电气机械和器材制造业的智能制造发展要整合以往发展经验并作为指引，详细了解内外部产业环境并能够随时调整融资渠道和产业结构，实现供应链高效弹性管控、全流程透明生产、设计制造一体化协同。运输设备制造业也应针对定制化、品种多等特点，考虑 5G 等数字“新基建”应用需求，对生产线实现总体规划，稳步提升产业利润率。

## 参考文献

- [1]Ely Laureano Paiva, Claudio Reis Goncalo. Organisational knowledge and industry dynamism: an empirical analysis[J]. *Int. J. of Innovation and Learning*,2008,5(1).66-80.
- [2]J.A. Sainz. New Wind Turbine Manufacturing Techniques[J]. *Procedia Engineering*,2015,132:80-886.
- [3]Joshi Vijay D.,Gadwale Anurag Gopalrao. Use of Digital Technologies in Smart Manufacturing for Sustainable Development[J]. *Splint International Journal of Professionals*,2022,8(3):265-272.
- [4]Liu Caihong, Ji Hannah, Wei June. Smart Supply Chain Risk Assessment in Intelligent Manufacturing[J]. *Journal of Computer Information Systems*,2022,62(3):609-621.
- [5]Martinez, Veronica, Bastl, Marko, Kingston, Jennifer, Evans, Stephen. Challenges in transforming manufacturing organisations into product-service providers[J]. *Journal of Manufacturing Technology Management*,2010,21(4):449-469.
- [6]Rafaela da Rosa Cardoso, Edson Pinheiro de Lima, Sergio E. Gouvea da Costa. Identifying organizational requirements for the implementation of Advanced Manufacturing Technologies (AMT)[J]. *Journal of Manufacturing Systems*,2012,31(3):367-378.
- [7]Tae Kyung Sung. Industry 4.0: A Korea perspective[J]. *Technological Forecasting & Social Change*,2018,(132):40-45.
- [8]Veronika Kurz, Stefan Hüsigg, Michael Dowling. What drives different employee types of innovative behaviour? Development and test of an integrative model of employee driven innovation in German firms[J]. *Int. J. of Entrepreneurship and Innovation Management*,2018,22:4-5.
- [9]Xiangzhi Zhang, Jinhui Xu, Yuming Chang, Jiayi Liu. Research on the Development Strategy of China's Intelligent Manufacturing Industry from the Perspective of Patent Analysis[J]. *Scientific Journal of Intelligent Systems Research*,2021,3(11).
- [10]Yang Jie, Ying Limeng, Gao Manru. The influence of intelligent manufacturing on financial performance and innovation performance: the case of China[J]. *Enterprise Information Systems*,2020,14(6):812-832.
- [11]Ying Limeng, Liu Xiaojing, Li Menghao, Sun Lipeng, Xiu Pishi, Yang Jie. How does intelligent manufacturing affects enterprise innovation? The mediating role of organisational learning[J]. *Enterprise Information Systems*,2022,16(4):630-667.
- [12]Zhang Minghao, Shi Li, Zhuo Xiangzhi, Liu Yuan. Research on Collaborative Efficiency Evaluation of Complex Supplier Network under the Background of Intelligent Manufacturing[J]. *Processes*,2021,9(12):2158-2158.
- [13]陈瑾,何宁.高质量发展下中国制造业升级路径与对策——以装备制造业为

- 例[J].企业经济,2018,37(10):44-52.
- [14]晁坤.基于 SFA 的装备制造业技术创新效率实证检验[J].统计与决策,2020,36(20):72-75.
- [15]钞小静,刘璐,孙艺鸣.中国装备制造业高质量发展的测度及发展路径[J].统计与信息论坛,2021,36(06):94-103.
- [16]陈博,陆玉麒,潘颖,舒迪.基于装备制造业企业的长江经济带网络空间特征研究[J].长江流域资源与环境,2019,28(02):261-268.
- [17]陈丽娟.我国智能制造产业发展模式探究——基于工业 4.0 时代[J].技术经济与管理研究,2018, (03):109-113.
- [18]陈秀英,刘胜.智能制造转型对产业结构升级影响的实证研究[J].统计与决策,2020,36(13):121-124.
- [19]陈国强,张芳兰,徐丽,申正义.智能信息时代下装备制造领域的中国式转型升级[J].包装工程,2021,42(24):60-72.
- [20]程贵孙,张雍,章斐.我国民营战略性新兴产业生产效率的区域差异研究[J].经济问题探索,2015, (08):81-87.
- [21]杜文忠,胡燕萍.基于聚类分析和 SE-DEA 模型的我国先进装备制造业发展效率研究[J].科技管理研究,2018,38(04):166-174.
- [22]童纪新,徐倩,李莹.基于五大空间布局的装备制造业技术效率评价与测度[J].中国科技论坛,2019, (04):84-92.
- [23]董志学,刘英骥.我国主要省市智能制造能力综合评价与研究——基于因子分析法的实证分析[J].现代制造工程,2016, (01):151-158.
- [24]郭进.传统制造业企业智能化的路径选择研究[J].人文杂志,2021, (06):69-78.
- [25]郭亚军.一种新的动态综合评价方法[J].管理科学学报,2002, (02):49-54.
- [26]高文鞠,慕良群.科技人才、全要素生产率与装备制造业高质量发展[J].中国科技论坛,2020, (09):84-95+124.
- [27]黄满盈,邓晓虹.高端装备制造业转型升级驱动因素分析[J].技术经济与管理研究,2021, (09):56-61.
- [28]惠利,丁新新.我国装备制造业与生产性服务业的产融发展分析[J].统计与决策,2019,35(11):120-124.
- [29]韩江波.我国智能制造发展的案例对比与路径创新研究[J].技术经济与管理研究,2019, (01):87-94.
- [30]韩月,刘兰茹,朱虹.我国医药制造业转型升级与实现智能制造的路径分析[J].中国医药工业杂志,2019,50(08):921-927.
- [31]江露薇,刘国新,王静.我国装备制造业的地区差距与产业布局的空间关联性——基于生态位理论的分析[J].科研管理,2020,41(09):132-141.
- [32]季良玉.中国制造业智能化水平的测度及区域差异分析[J].统计与决策,2021,37(13):92-95.
- [33]李士梅,李强.中国装备制造业全要素生产率测算及提升路径[J].哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2019, (02):54-61+88.
- [34]李健,闫永蚕.中国装备制造业综合发展能力评价与时空演变特征[J].统计与决策,2021,37(20):95-99.
- [35]刘强.探索智能制造发展之路[J].数字印刷,2019, (01):16-25+105.
- [36]李健旋.中国制造业智能化程度评价及其影响因素研究[J].中国软科学,2020, (01):154-163.

- [37]李继庚,刘焕彬,洪蒙纳,满奕.中国造纸工业智能化转型升级路径的探讨与实践[J].中国造纸,2020,39(08):1-13.
- [38]刘志浩,于秀艳.山东省装备制造业智能化水平测度及影响因素研究[J].现代管理科学,2021,(06):38-48.
- [39]陆国庆,王舟,张春宇.中国战略性新兴产业政府创新补贴的绩效研究[J].经济研究,2014,49(07):44-55.
- [40]明星,胡立君,王亦民.基于聚类分析的区域装备制造业竞争力评价研究[J].宏观经济研究,2020,(06):114-121.
- [41]孟凡生,于建雅.新能源装备智造发展影响因素作用机理研究[J].科研管理,2019,40(05):57-70.
- [42]孟凡生,赵刚.传统制造向智能制造发展影响因素研究[J].科技进步与对策,2018,35(01):66-72.
- [43]潘秋晨.全球价值链嵌入对中国装备制造业转型升级的影响研究[J].世界经济研究,2019,(09):78-96+135-136.
- [44]彭永涛,侯彦超,罗建强,李丫丫.基于 TOE 框架的装备制造业与现代服务业融合组态研究[J].管理学报,2022,19(03):333-341.
- [45]綦良群,王金石,崔月莹,高文鞠.中国装备制造业服务化水平测度——基于价值流动视角[J].科技进步与对策,2021,38(14):72-81.
- [46]苏贝,杨水利.基于扎根理论的制造企业智能化转型升级影响因素研究[J].科技管理研究,2018,38(08):115-123.
- [47]宋旭光,杜军红.智能制造如何影响劳动收入份额——基于中国省级面板数据的实证研究[J].经济理论与经济管理,2021,41(11):79-96.
- [48]宋永昕.装备制造企业智能制造转型影响因素研究[D].长春理工大学,2020.
- [49]唐孝文,孙悦,唐晓彬.中国高端装备制造业技术创新能力评价研究[J].科研管理,2021,42(09):1-9.
- [50]王艳,龚新蜀,李津津.基于 SFA 模型的新疆装备制造业技术创新效率及影响因素分析[J].科技管理研究,2017,37(12):146-151.
- [51]王青,李佳馨,郭辰.生产性服务业对装备制造业子行业效率的影响——基于东北地区的实证研究[J].工业技术经济,2019,38(05):71-78.
- [52]王晓玲,韩平.数字经济与装备制造业融合发展研究——以东北地区为例[J].技术经济与管理研究,2022,(05):105-110.
- [53]王笛旭,王淑娟.融资约束抑制了制造业企业创新吗?——基于世界银行中国企业调查数据的实证分析[J].兰州财经大学学报,2022,38(03):78-91.
- [54]万晓榆,赵寒,张炎.我国智能化发展评价指标体系构建与测度[J].重庆社会科学,2020,(05):84-97+2.
- [55]吴敏洁,徐常萍,唐磊.中国区域智能制造发展水平评价研究[J].经济体制改革,2020,(02):60-65.
- [56]巫圣义,李晓华.智能制造助力劳动密集型产业转型升级[J].江苏大学学报(社会科学版),2020,22(01):115-124.
- [57]温湖炜,钟启明.智能化发展对企业全要素生产率的影响——来自制造业上市公司的证据[J].中国科技论坛,2021,(01):84-94.
- [58]薛纯,杨瑾.信息化驱动装备制造业转型升级机理研究[J].西安财经学院学报,2019,32(05):120-127.
- [59]肖静华,李文韬.智能制造对企业战略变革与创新的影响——资源基础变革



- 视角的探析[J].财经问题研究,2020, (02):38-46.
- [60]许夕青,葛和平.长三角智能制造集聚的影响机制与发展路径研究[J].经济问题,2021, (12):89-96.
- [61]余建斌. 智能化, 释放发展新动能——把握中国经济新变化<sup>⑤</sup>(人民时评)[N]. 人民日报, 2020-07-13(005).
- [62]严复海,穆宁馨.投资效率对装备制造企业转型的影响研究[J].会计之友,2019, (14):97-103.
- [63]杨瑾,解若琳.颠覆式创新驱动装备制造业转型升级的关键影响因素及路径[J].中国科技论坛,2020, (11):74-82+109.
- [64]曾刚,耿成轩.高端装备制造业技术创新效率测度与优化[J].技术经济与管理研究,2021, (03):17-22.
- [65]赵子健,傅佳屏.中国装备制造业的区域差异、影响因素与高端化战略[J].系统管理学报,2020,29(01):21-30.
- [66]钟志华,臧冀原,延建林,苗仲桢,杨晓迎,古依莎娜.智能制造推动我国制造业全面创新升级[J].中国工程科学,2020,22(06):136-142.
- [67]张明明,李霞,孟凡生.我国新能源装备企业智能化发展创新能力评价[J].哈尔滨工程大学学报,2019,40(11):1936-1942.
- [68]朱娅.智能制造驱动传统产业转型升级逻辑理路与策略研究[J].河南社会科学,2019,27(12):61-66.
- [69]赵刚.高端装备制造企业智能化转型的关键影响因素作用机理研究[D].哈尔滨工程大学,2020.
- [70]张元芹.辽宁装备制造业智能化转型的影响因素研究[D].辽宁大学,2021.

## 攻读硕士学位期间承担的科研任务及主要成果

[1]韩君,王菲.新发展阶段中国装备制造业智能制造发展测度[J].财经理论研究,2022, (04):74-86.

## 致 谢

毕业论文已经完成，这是三年研究生期间最后的任务，也意味着自己的研究生生活要结束了。现在依旧能想起大四五月份查到研究生待录取通知时的开心和对研究生生活的憧憬。三年的时光总是短暂，这三年我不断地成长，也感谢自己这一路上遇到的人们。

首先，感谢我的导师韩君老师，论文的写作过程中遇到很多困难，许多时候觉得停滞不前，感谢老师耐心认真且专业的指导，每一次修改和反馈都让我能够学习到很多。每周开设的讨论课，三年中我的身份经历了由旁听者到主讲者再到旁听者的转变，感谢老师在我主讲讨论课时给予的鼓励和改进建议，这对我来说终身受益。同时也感谢学院所有老师的付出。

其次，感谢我的家人和朋友，谢谢他们在身后给予的支持，鼓励我勇敢去做自己想做的。

最后，感谢自己的坚持，一步一个脚印走完读书的路，学生身份已经完结，换个身份一如既往的加油吧！