

012022 学校代码：10485  
密 级：公开

分类号：F275  
UDC：657



# 郑州航空工业管理学院

## 硕士专业学位论文

### 绿色智能制造赋能企业财务效应及内在机理研究 ——以中国巨石为例

姓 名： 李晗

学 号： 2020012041

学 院： 商学院

学科、专业： 会计

导师及职称： 刘辉副教授（校内）

王东方（校外）

2022 年 5 月

012022 学校代码：10485  
密 级：公开

分类号：F275  
UDC：657



# 郑州航空工业管理学院

## 硕士专业学位论文

### 绿色智能制造赋能企业财务效应及内在机理研究 ——以中国巨石为例

姓 名： 李晗  
学 号： 2020012041  
学 院： 商学院  
学科、专业： 会计  
导师及职称： 刘辉副教授（校内）  
王东方（校外）

2022 年 5 月

Research on financial Effect and internal  
mechanism of green intelligent manufacturing  
——The case of China Jushi Co., Ltd.

Dissertation Submitted to  
**Zhengzhou University Of Aeronautics**  
in partial fulfillment of the requirement  
**for the degree of Master**

by  
**Li Han**  
**(MPAcc)**

Dissertation Supervisor: Professor Liu Hui

**May, 2022**

## 独创性声明

本人声明所提交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得郑州航空工业管理学院或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。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：李晗

签字日期：2022年5月23日

## 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解郑州航空工业管理学院有关保留、使用学位论文的规定。特授权郑州航空工业管理学院可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，提供阅览服务，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

（保密的学位论文在解密后适用本授权说明）

学位论文作者签名：李晗

导师签名：刘辉

签字日期：2022年5月23日

签字日期：2022年5月23日

## 致 谢

行文至此，意味着我的研究生生活已接近尾声。回首过往，我感觉自己很幸运，遇到许多良师益友陪我度过每一段重要的时刻，为我指引方向，在此谨向我的老师、同学和家人表达真挚的感谢！

首先，感谢我的导师刘辉老师，本文是在她亲切关怀和悉心指导下完成的。刘辉老师渊博的学识、严谨的作风、优秀的人格魅力以及对学生无微不至的关怀，都令我由衷地钦佩。从论文的选题、研究视角的切入、结构框架设计、数据的选取到最后论文的撰写，刘辉老师给予我很多帮助和鼓励。在生活中，刘辉老师和蔼可亲，给予了我许多人生和择业选择的建议，收益良多。同时，在校外实践中，感谢王东方老师的言传身教、耐心指导，让我受益终身。

其次，衷心感谢商学院的全体老师和同学们。在这两年的研究生学习期间，各位任课老师言传身教，同学们之间互帮互助，在论文写作过程中为我提出了宝贵的建议。此外，我也特别感谢高帅磊师兄、王文博师兄、朱佳师弟、张翰予师妹以及郝冰雪同学在论文写作过程中给予我的帮助。感谢我的室友，为我营造了良好的生活环境，并教我一些高级软件应用。感谢贾清华同学在论文撰写过程中为我搜集数据，感谢我的几位好朋友在我学习生活中给予我的鼓励。在此，谨向上述提到的老师和同学表达我的感谢。

最后，感谢我的家人给予我精神和物质上的支持。感谢你们的关心和理解，你们的支持给予我前行的力量，你们默默付出，帮助我专心完成学业。

本文的研究成果凝结了各位老师、同学、家人的帮助，谢谢你们！愿你们身体健康、工作顺利、生活愉快！

## 摘要

目前，我国制造业面临着经济、环境、国内外局势等诸多挑战，制造业向绿色化、智能化转型成为解决当下环境问题，提升企业核心竞争力的关键，是我国制造业实现高质量发展的重要转型方向。《中国制造 2025》提出绿色制造和智能制造两大工程，我国于 2015 年开始实施智能制造试点示范行动，现已进入深化应用和全面推广阶段。2020 年碳达峰碳中和目标的提出，为智能制造提出了新要求，企业绿色低碳发展已经成为现阶段我国最重要的经济发展政策之一。当下，绿色智能制造正在成为驱动制造业转型升级、实现高质量发展的新动力，但我国仍有较多的传统制造业面临是否转型、如何转型的现实问题，实施绿色智能制造后企业将产生怎样的财务效应以及之间存在怎样的传导机理还不明晰。

本文基于这样的现实背景对相关文献进行梳理，发现鲜有文献对制造业绿色化、智能化融合发展进行研究，而本文以绿色智能制造为研究视角，主要探究绿色智能制造实施后企业将产生怎样的财务效应，以及之间存在怎样的传导机理？本文选取中国巨石为研究对象，首先从宏观、行业以及企业内部视角分析中国巨石绿色智能制造转型的动因，再以价值链视角分析绿色智能制造在各环节的实践，然后基于现有研究和公司实践，主要从成本控制效果、资产运用效率、融资获取能力、财务绩效四个方面对中国巨石财务效应进行分析，最后对绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理进行总结。

研究发现，中国巨石绿色智能制造实施后在成本控制效果、资产运用效率、融资获取能力、财务绩效四个方面的表现均有所提升，进一步分析发现绿色智能制造通过“竞争优势、成本管控能力、绿色治理能力”赋能企业财务效应。最后本文得出以下研究结论，第一，绿色智能制造通过研发投入提升竞争优势，实现成本优化；第二，绿色智能制造通过优化要素配置提升资产运用效率；第三，“绿色-智能”协同发展提升企业融资能力与盈利水平。

**关键词：**绿色智能制造；财务效应；内在机理

**分类号：**F275

## Abstract

At present, China's manufacturing industry is facing many challenges, such as economy, environment, domestic and foreign situations, and the transformation of manufacturing industry to green and intelligent has become the key to solve the current environmental problems and enhance the core competitiveness of enterprises, and is an important transformation direction of China's manufacturing industry to achieve high-quality development. "Made in China 2025" proposed two major projects of green manufacturing and intelligent manufacturing. China began to implement the pilot demonstration action of intelligent manufacturing in 2015, and has entered the stage of deepening application and comprehensive promotion. Under the background of "China aim to have CO<sub>2</sub> emissions peak before 2030 and achieve carbon neutrality before 2060", the green and low-carbon development of enterprises has become one of the most important economic development policies in China at this stage. presently, green intelligent manufacturing is becoming a new driving force to drive the transformation and upgrading of the manufacturing industry and achieve high-quality development. However, the financial effect of the implementation of green intelligent manufacturing and the conduction mechanism between green intelligent manufacturing and financial effects are not clear, so there are still more traditional manufacturing industries in China facing the practical problems of whether to transform and how to transform.

Based on the realistic background, this study analyzes the relevant research, and finds that existing research lack of consideration for the integration development of green manufacturing and intelligent manufacturing. However, this study takes green intelligent manufacturing as the research perspective, mainly explore what kind of financial effects will produce and what kind of conduction mechanism exists?

This study selects China Jushi as the research object. Firstly, from the macroscopic perspective, industry perspective and internal perspective, this study analyzes the driving force of China Jushi green intelligent manufacturing transformation. secondly, based on the value chain, this study analyzes the practice of green intelligent manufacturing in various production links. Thirdly, based on the existing research and the company practices, this study selects four aspects to analyze the financial effect of China Jushi: cost control effect, asset utilization efficiency, financing acquisition ability, and financial performance. Finally, it summarizes the internal mechanism of green intelligent manufacturing enabling enterprises' financial effect.

The results of the study found that after the implementation of China Jushi green intelligent manufacturing, the performance of cost control effect, asset utilization efficiency, financing acquisition ability and financial performance has been improved. Further analysis revealed that green intelligent manufacturing empowers enterprise financial effects by improving "competitive advantage, cost control ability and green governance ability". Therefore, this study finds that: first, green intelligent manufacturing through R & D investment to enhance competitive advantage, and to achieve cost optimization; second, green intelligent manufacturing through the optimization of element allocation to improve the efficiency of asset use; third, "green - intelligent" coordinated development to improve corporate financing capabilities and profitability.

**Keywords:** Green intelligent manufacturing; Financial effect; Internal mechanism

**Classification Number:** F275

## 目 录

摘 要 .....	I
Abstract .....	II
1 引言 .....	1
1.1 研究背景与研究意义 .....	1
1.1.1 研究背景 .....	1
1.1.2 研究意义 .....	1
1.2 研究内容与方法 .....	2
1.2.1 研究内容 .....	2
1.2.2 研究方法 .....	3
1.2.3 技术路线图 .....	4
1.3 创新点 .....	6
2 文献综述 .....	7
2.1 绿色智能制造内涵的相关研究 .....	7
2.1.1 产业战略角度 .....	7
2.1.2 技术发展角度 .....	7
2.2 绿色智能制造转型的相关研究 .....	8
2.2.1 转型动因的相关研究 .....	8
2.2.2 转型实施路径的相关研究 .....	9
2.3 绿色智能制造的财务效应的相关研究 .....	10
2.3.1 动态能力视角 .....	10
2.3.2 研发投入视角 .....	11
2.3.3 成本控制视角 .....	11
2.3.4 要素生产率视角 .....	11
2.3.5 异质性研究视角 .....	12
2.4 文献述评 .....	12
3 相关概念界定和理论基础 .....	13
3.1 相关概念界定 .....	13
3.1.1 绿色智能制造 .....	13
3.1.2 财务效应 .....	13
3.2 理论基础 .....	13
3.2.1 资源基础理论 .....	13

3.2.2 技术创新理论 .....	15
3.2.3 价值链理论 .....	15
4 中国巨石绿色智能制造实践分析 .....	17
4.1 中国巨石公司简介 .....	17
4.2 中国巨石绿色智能制造转型动因 .....	18
4.2.1 宏观环境 .....	18
4.2.2 行业环境 .....	19
4.2.3 企业内部因素 .....	21
4.3 中国巨石绿色智能制造实践 .....	22
4.3.1 研发环节——重绿色技术与核心产品创新 .....	23
4.3.2 生产环节——绿色智能生产线 .....	24
4.3.3 仓储环节——产品数字化管控 .....	25
4.3.4 运营环节——全流程工业大数据中心 .....	25
5 中国巨石绿色智能制造的财务效应分析 .....	27
5.1 成本控制效果 .....	27
5.1.1 成本费用利润率 .....	27
5.1.2 生产成本 .....	28
5.1.3 期间费用 .....	31
5.2 资产运用效率 .....	33
5.3 融资获取能力 .....	35
5.4 财务绩效水平 .....	37
5.4.1 营业收入分析 .....	37
5.4.2 利润指标分析 .....	39
6 绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理研究 .....	41
6.1 绿色智能制造战略提升企业竞争优势 .....	41
6.2 研发投入推进绿色智能制造战略实施 .....	42
6.2.1 研发投入促进产品和技术创新 .....	42
6.2.2 研发投入提升创新绩效 .....	43
6.2.3 绿色研发形成绿色效益 .....	45
6.3 “绿色-智能”协同实现企业成本优化 .....	46
6.3.1 绿色智能制造提升要素配置效率 .....	46
6.3.2 绿色智能制造提升绿色治理能力 .....	47
7 研究结论与启示 .....	50
7.1 研究结论 .....	50

7.2 经验启示.....	51
7.3 不足与展望.....	52
参考文献.....	53
作者简介.....	60

# 1 引言

## 1.1 研究背景与研究意义

### 1.1.1 研究背景

改革开放以来，我国制造业长期处于“世界工厂”的发展模式，存在产业结构失衡、自主创新能力不强、信息化程度不足、能耗高、排污严重等问题。目前，我国制造业面临着经济、环境、国内外局势等诸多挑战，亟需向绿色发展转型、加速产业结构优化调整、打破发达国家“再工业化”和发展中国家“中低端分流”的夹层效应。绿色智能制造将为制造业高质量发展增添动力。发达国家多将智能制造列为国家发展战略，我国为实现制造业的高质量发展，向制造强国迈进，《中国制造 2025》提出绿色制造和智能制造两大工程。2015 年起我国开始推进智能制造试点行动，现已进入不断深化阶段。碳达峰碳中和目标的实现为智能制造提出了新要求，企业绿色低碳发展已经成为现阶段我国最重要的经济发展政策之一。

向绿色化、智能化转型升级不仅是由政府推动的国家战略，更是企业谋求发展的市场行为。绿色智能浪潮方兴未艾，我国仍有较多的传统制造业面临是否转型、如何转型的现实问题。对于企业个体而言绿色智能制造仍然存在诸多挑战，如技术壁垒高、资金投入高、盈利不确定等。绿色智能制造系统从开始建立到平稳运行进而实现价值创造并非一蹴而就，厘清绿色智能制造实施与企业财务效应的内在关系，对指导企业绿色智能制造转型，推动我国制造业高质量发展具有重大意义。

中国巨石是我国绿色智能制造转型发展的试点企业，始终秉承绿色低碳理念，加快智能制造基地的建设，在环境保护和产业升级方面成为了玻璃纤维制造的引领者。玻璃纤维生产需大量的高温熔窑，碳排放总规模仍相对较高，行业碳减排工作任务较重。低端产品同质化严重、高端研发不足，供需结构失衡等问题阻碍行业发展的步伐。2015 年起中国巨石不断推进绿色智能制造进程，积极开展绿色技术创新攻关，智能制造生产基地逐步投建、开工生产，打造了智能制造绿色标杆生产线，提高生产效率和能源利用率。公司于 2018 年获得“中国工业大奖”、2019 年被列入首批“浙江省未来工厂”、2021 年获得“中国碳公司行业标兵”，推动了玻纤行业低能耗高质量发展。因此本文选择中国巨石为研究对象，分析其绿色智能制造转型的动因、实践应用以及财务效应，探索绿色智能制造影响企业财务效应的内在机理，以期为更多企业绿色智能发展提供有益借鉴。

### 1.1.2 研究意义

### （1）理论意义

在环境问题愈加凸显，先进技术和制造业加速融合的背景下，企业的绿色制造和智能制造活动逐渐合二为一，即绿色制造需要智能化技术支撑，智能制造应该具备绿色属性，二者越来越无法分割开来独立进行。但绿色制造和智能制造协同作用的理论基础如何？二者又是通过什么途径来发挥作用的？对财务效应的影响如何？本文从绿色智能制造视角切入，探究中国巨石绿色智能制造转型动因、实践、财务效应以及绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理，丰富了相关理论研究领域，并从理论上为绿色智能制造进一步发展提供了研究支持。

### （2）现实意义

绿色发展具有公共性和外部性经济特征，政府在绿色发展中发挥主导力量。我国制造业普遍存在环境难达标、价值增值低、竞争力不强等问题，许多制造企业面临绿色化、智能化转型升级的困惑，是否转型、如何转型、转型后效果如何是企业面临的重大问题。本文以提升制造业绿色智能制造转型的内生动力为出发点，基于绿色智能制造相关理论以及中国巨石绿色智能制造实践，从微观层面分析绿色智能制造在企业中的应用模式与财务效应，以及绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理。丰富了绿色智能制造企业财务效应的案例研究，为相关政策的实施和相关行业企业绿色智能制造转型提供指导价值。

## 1.2 研究内容与方法

### 1.2.1 研究内容

国内外环境愈加复杂，制造业普遍面临着排放高、创新不足、供需不匹配等问题。在“双碳目标”以及《中国制造 2025》等国家发展战略的背景下，制造业向绿色化、智能化转型成为企业的升级发展方向，那么，在推行绿色智能制造的实践过程中，绿色智能制造究竟能产生怎么样的财务效应？两者之间存在怎样的内在传导机理？这是本文拟解决的主要问题。

第一章绪论，首先基于我国制造业向绿色化、智能化发展的背景，从绿色智能制造为切入点，提出“绿色智能制造的实施如何影响企业财务效应”的研究问题。其次介绍本研究的意义、方法以及可能存在的创新之处。

第二章文献综述，从绿色智能制造内涵、绿色智能制造转型以及绿色智能制造财务效应三个方面对文献进行梳理，总结现有文献的特点与不足之处，明确本文的研究方向，即以绿色智能制造实施对企业财务效应的影响及传导机理为主要研究问题，选取绿色智能制造试点企业中国巨石为研究对象，从微观层面探索绿色智能制造实践、财务效应以及内在机理。

第三章相关概念界定和理论基础，本文首先对“绿色智能制造”和“财务效

应”进行了概念界定，然后梳理了相关理论研究，资源基础理论、技术创新理论、价值链理论为本文的案例研究提供了研究参考，本文可能存在的边际贡献在于丰富绿色化、智能化情境下相关理论的应用性研究。

第四章中国巨石绿色智能制造应用实践，介绍了中国巨石公司简介、绿色智能制造转型动因以及实践。中国巨石秉承绿色发展理念，加快智能制造基地的建设，在环境和产业升级方面成为了玻璃纤维制造的引领者。公司基于制造业宏观环境、行业困境、企业发展的背景多方面考虑，于2015年起不断推进绿色智能制造进程，积极开展绿色技术创新攻关，生产基地逐步投建、开工生产，打造了智能制造绿色标杆生产线，提高生产效率和能源利用率，推动了玻纤行业低能耗高质量发展。中国巨石绿色智能制造应用实践体现在研发、生产、仓储、运营等各环节中，本文将具体分析绿色智能制造如何赋能生产过程的各环节。

第五章中国巨石绿色智能制造的财务效应分析，主要从成本控制效果、资产运用效率、融资获取能力、财务绩效四个方面对中国巨石财务效应进行分析。首先，选取成本费用利润率指标对成本控制效果进行总体分析，选取单位玻纤成本、单位玻纤净利、单位玻纤天然气消耗量、人均创利指标对生产成本分析，选取各期间费用占营业收入的比例以及有息负债占比指标对期间费用进行分析；其次，选取总资产周转率指标对资产运用效率整体评价，选取存货周转率和应收账款周转率指标具体分析资产运用效率；再次，以流动性指标衡量企业的融资获取能力，并选取政府补贴现金流量指标加以佐证；最后，选取主营业务收入增长率和主营业务收入占比指标衡量营收质量，选取销售净利润率和净资产收益率指标衡量利润状况。

第六章绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理研究，从竞争优势、成本管控能力、绿色治理能力三方面来分析绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理。

第七章研究结论与启示，总结本文的研究结论，为玻纤行业及相关企业提出一些启示思考，以及提出本文的不足之处及对未来的展望。

## 1.2.2 研究方法

本文选取单案例进行研究，并结合文献研究法、对比分析法、归纳法辅佐案例分析，对中国巨石绿色智能制造转型动因、应用实践、财务效应、绿色智能制造为企业赋能的内在机理进行研究。

### （1）文献研究法

笔者借助图书馆、网络数据库等资源，查阅关于绿色智能制造的文献、并对文献分类整理，此外还对资源基础理论、技术创新理论、价值链理论等相关研究

进行归纳整理，认识到我国绿色智能制造转型整体态势、以及企业绿色智能制造的转型的动因，为本文的研究视角切入、案例分析打下基础。

### （2）案例分析法

本文采用单案例研究法。以中国巨石绿色智能制造实践为案例，探究绿色智能制造转型的动因和应用实践，从成本控制效果、资产运用效率、融资获取能力和财务绩效水平四个方面对企业绿色智能制造的财务效应进行评价，以及从“技术-经济”维度探讨智能制造为企业赋能的内在机理。最后，提出本文对中国巨石绿色智能制造的财务效应及内在机理研究的结论与启示，以期为玻纤以及相关行业制造业绿色智能制造发展提供参考。

### （3）对比分析法

本文在分析中国巨石绿色智能制造的财务效应时，选取绿色智能制造不同发展阶段进行趋势对比分析并用行业均值进行横向比较，以期探究绿色智能制造对成本控制效果、资产运用效率、融资获取能力、财务绩效水平的影响，分析企业竞争优势。

### （4）归纳法

本文基于已有文献的理论支持，结合中国巨石绿色智能制造转型的动因、财务效应、内在机理的研究，采用归纳法探寻对玻纤企业以及类似的制造业绿色智能制造发展更具有普适性的启示，以期拓展本研究的普遍适用性。

## 1.2.3 技术路线图

基于以上研究内容和研究方法，将本文的研究思路概括为：首先，以我国制造业普遍面临的环境、技术升级等问题为研究起点，对绿色智能制造相关文献进行梳理，明确本文主要的研究问题，即绿色智能制造究竟能产生怎么样的财务效应，以及两者之间存在怎样的内在传导机理？其次，资源基础理论、技术创新理论、价值链理论为本文的研究提供了理论基础，本文可能存在的边际贡献在于丰富绿色化、智能化情境下资源基础理论、技术创新理论、价值链理论的应用性研究。再次，采用案例分析法对案例公司绿色智能制造转型动因、实践进行分析，结合对比分析法分析绿色智能制造财务效应，再运用案例分析法探究绿色智能制造与财务效应之间的内在机理。最后，采用归纳法总结本研究的结论与建议，增加研究的普遍适用性。具体技术路线如下图 1.1 所示：

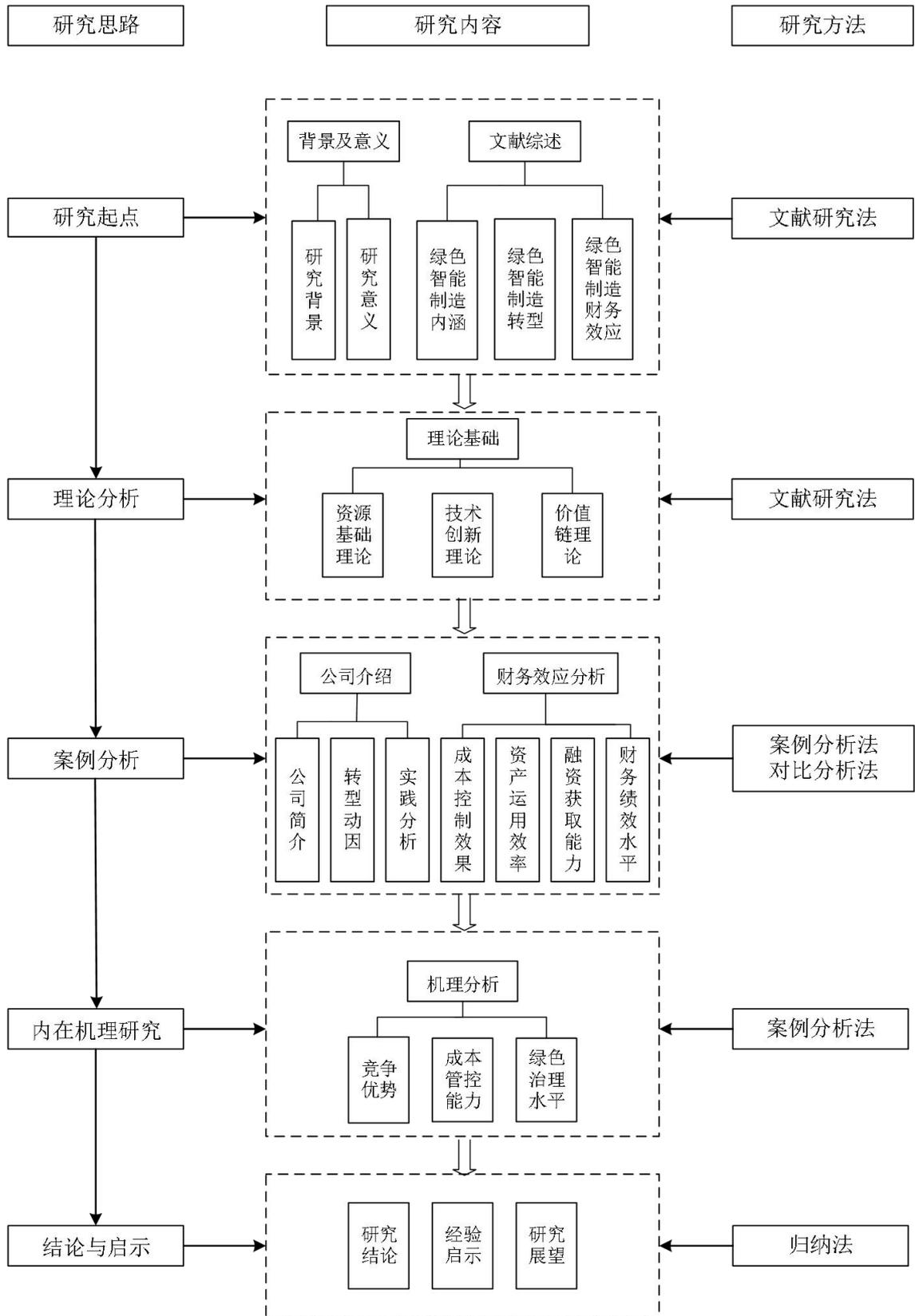


图 1.1 技术路线图

### 1.3 创新点

本文的创新之处主要体现在以下两点：

（1）以绿色智能制造融合发展为研究视角。绿色制造和智能制造在以往文献研究中是相互割裂的两条线，不能为新经济态势下绿色智能制造的协同发展提供理论支撑和经验支持，而本文则将“绿色智能制造”合并为一个基本概念，并以此为基础探究绿色制造和智能制造在企业的融合发展、协同作用以及成效机制，这在以往的研究中是较少涉及的，具有一定的创新性。

（2）以绿色智能制造在财务效应方面的经济后果为主要研究问题。尽管近几年关于绿色智能制造相关研究逐渐增加，但是这些研究主要集中在行业特性较强的技术领域，研究时更多是基于“技术”维度，探究新一代信息技术下绿色智能制造发展方向以及具体技术实现路径，缺乏绿色智能制造财务效应的研究。本文尝试在现有文献的基础上，结合中国巨石绿色智能制造的实践，对绿色智能制造的财务效应进行具体衡量和分析，并从“技术—经济”维度对绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理进行深入探究，进一步丰富和完善绿色智能制造的研究范畴。

## 2 文献综述

### 2.1 绿色智能制造内涵的相关研究

笔者在进行绿色智能制造相关文献梳理时发现,“绿色智能制造”一词在经济报道、企业战略规划、行业学术前沿报告会议中频繁出现,绿色智能制造成为制造业应对当下环境问题,提升企业核心竞争力的关键,是我国制造业实现高质量发展的重要转型方向。从现实背景出发,本文梳理了绿色智能制造相关文献,发现绿色制造和智能制造研究起步较早,但绿色化和智能化融合发展的文献主要集中在近期研究中,绿色智能制造仍没有明确的定义,关于“绿色智能制造”的表述多集中在行业特性较强的相关技术研究领域,通常把“绿色智能制造”理解为生产制造过程中绿色化与智能化融合发展(王婷, 2020)<sup>[1]</sup>,构建绿色智能生产方式,发展智能化绿色制造技术,提高企业经济效益和生态效益(姚树俊, 2022)<sup>[2]</sup>。文献中与之类似的表达有“智能制造可持续发展模式”(苏贝和杨水利, 2018)<sup>[3]</sup>、“智能制造绿色性”(张武杰, 2019)<sup>[4]</sup>、“智能绿色”(姚树俊, 2022)<sup>[2]</sup>、“新智能制造”(李伯虎等, 2022)<sup>[5]</sup>。绿色智能制造相关研究还处于不断摸索阶段,但不少研究学者对制造业向绿色化、智能化转型方向基本达成共识。

#### 2.1.1 产业战略角度

路甬祥(2010)基于我国机械制造业面临的挑战及全球机械制造业的发展趋势,提出发展新兴产业需要正确的方向和核心技术的支撑,绿色制造、智能制造将助力新兴产业<sup>[6]</sup>。傅志寰等(2015)结合我国工业绿色发展现状,提出以技术为支撑,促进企业绿色源头治理和末端治理水平<sup>[7]</sup>。翁士增(2019)基于提升地区经济发展能力和综合实力视角,提出科技与产业变革对地区发展至关重要,要加强绿色智能技术攻关,实现绿色化、智能化制造<sup>[8]</sup>。

#### 2.1.2 技术发展角度

刘飞等(2000)基于绿色制造的研究现状,认为智能技术在绿色制造发展中十分重要<sup>[9]</sup>。孙柏林(2013)认为装备制造业将转向绿色化、智能化,提出信息技术、智能技术等先进技术融合向绿色、智能、精益化技术发展<sup>[10]</sup>。余东华等(2015)提出中国制造 2025 将推动高端、绿色、信息化技术进步<sup>[11]</sup>。王婷等(2020)提出基于大数据技术下的绿色智能制造,并对关键技术及流程思路进行检验,证明了绿色智能制造模式的可行性<sup>[1]</sup>。庄存波等(2021)提出工业 5.0 架构,认为工业 5.0 时代更加突出知识赋能、以人为中心、更注重绿色制造和可持续制造技术<sup>[12]</sup>。李婉红和李娜(2022)在绿色智能制造生态系统中多主体协同创新的研究中提出,绿色和智能制造

融合发展是我国经济高质量发展的关键，其融合的关键在于绿色智能关键共性技术的创新和应用<sup>[13]</sup>。

## 2.2 绿色智能制造转型的相关研究

本小节对绿色智能制造转型的相关研究进行梳理，现有研究主要针对制造业面临的环境恶化、技术驱动升级、全球价值链重构等问题来进行转型动因分析，并从技术创新升级、商业模式创新以及多维度发展方面对制造业转型的相关路径进行研究。

### 2.2.1 转型动因的相关研究

#### (1) 探寻绿色低碳新方案

绿色智能制造是可持续发展的制造模式。Giret A(2017)认为智能制造发展的关键特性是绿色化<sup>[14]</sup>，Zhang X(2019)<sup>[15]</sup>、Taisch M(2010)<sup>[16]</sup>、Lasi H(2014)<sup>[17]</sup>认为可持续制造是各制造大国工业化战略的关键技术领域，中国制造 2025 规划要求制造业实现绿色发展。刘慧岭(2019)认为制造业发展已不适合高消耗、高污染、低附加值的粗放增长<sup>[18]</sup>。波特假说认为合理的环境规制通过倒逼企业技术创新提高企业竞争力。韩立达等(2020)认为技术创新对制造业绿色化具有促进作用，并且存在路径依赖效应<sup>[19]</sup>。

#### (2) 利用智能制造技术驱动生产效率提升

Stock T(2016)、Waibel M W(2017)认为智能制造能可以节约生产材料、减少生产环节的浪费<sup>[20][21]</sup>。Acemoglu D 和 Restrepo P(2018)认为智能化生产的流程优化和技术优化使企业生产效率提升明显<sup>[22]</sup>。杨兴锐(2018)、李文瑞(2018)结合企业在生产端、管理端、平台侧制造的应用，印证了智能制造有助于减少浪费、节约成本，并且有助于商业模式创新<sup>[23][24]</sup>。肖静华等(2021)提出智能制造重构了试错方式、数据利用方式以及交互学习方式，从而缩短创新周期、降低试错成本和创新风险<sup>[25]</sup>。邵婧婷(2019)认为是制造业企业转型为了寻求数字化和智能化变革的最重要目的就是重塑企业价值链，提高生产效率、增强竞争力，进而追求利润最大化<sup>[26]</sup>。肖静华等(2021)认为智能制造企业转型为了在产量、精度、成本等方面的取得优势<sup>[25]</sup>。

#### (3) 应对全球价值链重构，提升动态能力

全球价值链驱动机制正在发生变化，价值链分层逐步形成、附加值获取日益固化，荆林波等(2019)、钟志华等(2020)将培育数字经济、发展智能制造作为实现制造业创新升级的主攻方向<sup>[27][28]</sup>。吕越(2020)认为人工智能通过降本增效提升我国制造业企业在全价值链的地位<sup>[29]</sup>。

Teece 等(1997)提出动态能力是企业将内外部资源优化配置，以提升对外部环

境的快速应对能力<sup>[30]</sup>。Bareny(1991)、Bharadwa(2000)、董保宝(2011)认为企业通过资源创造动态能力来获取竞争优势<sup>[31][32][33]</sup>, Marques 等(2017)认为制造业数字化变革使企业更好的适应市场的转变, 减少风险和错误, 增加企业的竞争力<sup>[34]</sup>。Schoemaker(2018)提出企业需要应对复杂多变的环境维持竞争优势, 对其动态能力有较高的要求<sup>[35]</sup>。在大数据时代, 企业资源流动愈加频繁, 为企业资源配置优化提供更多可能, 进而提高动态能力。Mikalef(2020)指出大数据分析能力帮助企业感知市场需求、优化资源配置、增强动态能力, 进而提升企业竞争力<sup>[36]</sup>。

## 2.2.2 转型实施路径的相关研究

### (1) 技术创新升级路径研究

绿色智能制造实施的直接落脚点在于新一代新兴技术和制造技术的融合发展。李婉红等(2013)基于以我国造纸企业为研究对象, 发现不同类型的规制工具对末端治理技术创新、绿色工艺及技术创新有着不同程度的促进作用<sup>[37]</sup>。杜宝瑞(2015)等提出智能化由单一智能设备、智能设备组线, 到自动化和柔性化生产线、中央调度智能工厂, 最终实现协同智能联盟的发展路径<sup>[38]</sup>。陶永(2016)认为绿色制造将与人工智能深度融合, 同智能制造技术一起在我国产业升级中发挥重要作用<sup>[39]</sup>。刘培基等(2021)进一步完善了绿色制造的理论与技术体系, 提出绿色制造是一项复杂工程, 除了绿色设计、绿色生产、绿色运维等专项技术之外, 还涉及一系列支持性技术, 如产品生命周期建模、评估、数据管理等技术<sup>[40]</sup>。

### (2) 商业模式创新路径研究

商业模式创新为绿色智能制造赋能企业财务效应提升提供了管理保障。Gierej S(2017)认为制造业智能化是否成功与技术匹配的新商业模式紧密相关<sup>[41]</sup>。Oliveira D T D 和 Cortimiglia M N(2017)提出企业价值共创的商业模式创新, 通过敏锐地觉察市场, 减少交易成本, 促进提升企业绩效<sup>[42]</sup>。苏贝(2018)认为大规模个性化定制不仅可以更好的适应市场环境, 而且可以提升产品质量、改善生产效率与柔性, 推动智能化升级<sup>[43]</sup>。钱雨等(2018)认为商业模式在制造业智能化转型中经历了从被动式适应到主动创新的过程<sup>[44]</sup>。长青等(2021)基于动态资源管理视角, 将商业模式创新类型分为“市场适应型、技术引领型、共享开放型”<sup>[45]</sup>。

### (3) 多维度发展路径研究

除此之外, 其他学者还从不同角度构建了绿色智能制造的研究路径。中国工程科学院(2018)从价值、技术和组织三个维度构建中国智能制造总体框架, 从战略、战术、生态系统三个层面提出发展路径<sup>[46]</sup>。周源(2019)认为中国作为后发国家, 推进智能制造的技术升级路线与西方国家区别在于, 我国采用数字化、智能化等技术并进, 实现融合发展<sup>[47]</sup>。郭进(2021)基于技术链、产业链、价值链建立了“三

链互动升级”模型<sup>[48]</sup>。周勇等(2022)认为我国智能制造要在政策体系、核心技术、支撑要素三方面进行突破<sup>[49]</sup>。

刘飞(2020)认为数字化转型对制造业生产率存在多个维度的影响机制,不同的行业的上市公司之间存在显著的异质性<sup>[50]</sup>。赵剑波(2021)认为应从企业实践和需求中寻找具体的、可操作性的方式推动数字化进程<sup>[51]</sup>。基于我国制造业多案例研究,陈旭升和梁颖(2020)以华为、海尔、吉利为研究对象,发现资源集成与过程升级、拓宽服务可以推动智能制造转型<sup>[52]</sup>。孟韬等(2021)研究发现后发企业智能制造模式从柔性制造、产业链协同柔性制造到产品全生命周期数字化的改变<sup>[53]</sup>。尹华等(2021)以关键能力切入,提出智能化升级可以从“强链、补链、延链”的路径优化价值链<sup>[54]</sup>。

## 2.3 绿色智能制造的财务效应的相关研究

绿色智能制造是中国制造业实现可持续发展的关键。笔者梳理绿色智能制造赋能企业财务效应相关研究发现,鲜有学者研究绿色智能制造的财务效应,现有文献主要侧重于绿色制造或智能制造的某一方面的财务效应研究。本文基于绿色智能制造的内涵以及相关的财务效应研究,认为绿色智能制造的财务效应与传统的机器智能相比,更加关注绿色成本、碳排放量等绿色绩效。与传统的绿色绩效研究相比,更加重视企业的行为和制造过程的集成化、并行化、智能化<sup>[55]</sup>。绿色智能制造集绿色化、智能化的双重优势,相关研究视角较为丰富,笔者主要从以下角度对文献进行梳理。

### 2.3.1 动态能力视角

战略适应性理论认为企业为适应环境变化而进行的战略改变,战略与环境的动态适应性会促进企业经营业绩提升(饶敏, 2008)<sup>[56]</sup>。Kashmanian R M 等(2011)认为当企业应对环境挑战首先应进行环境战略转型,环境战略转型是企业减少环境破坏并兼顾经营利益的管理模式<sup>[57]</sup>。Hang 和 Li(2017)从动态能力和社会网络理论视角研究绿色创新,认为动态能力、协调能力和社会互惠是影响绿色创新的主要驱动因素,绿色产品和技术创新对环境绩效和组织绩效具有积极影响<sup>[58]</sup>。孙新波和苏钟海(2018)研究发现,制造业企业通过数据赋能实现敏捷制造,不仅降低数据流通阻碍、提高制造过程敏捷性,而且可以实现需求数据与企业资源直接对接,使企业最终形成响应快、成本低的高质量供给<sup>[59]</sup>。张光宇(2021)人工智能已逐渐成为当代产业变革与科技进步的重要驱动力,其引领的群体性技术革命以绿色、智能等为特征,不断催生出颠覆传统认知的新模式<sup>[60]</sup>。郑勇华等(2022)基于企业能力视角,提出战略匹配可以强化智能化转型与企业绩效的联系<sup>[61]</sup>。

### 2.3.2 研发投入视角

陈静怡等(2021)认为研发投入是企业创新的基础,以环保企业为研究对象,发现研发资金投入不能促进当期企业绩效,而研发人员投入可以提升当期企业绩效,研发投入可以为环保企业当期或未来带来不同程度的绩效<sup>[62]</sup>。绿色智能制造企业对创新的依赖程度更高,需要更多的研发投入去推动技术创新。应里孟(2020)提出智能制造通过增加研发投入带动人才的需求,而研发投入与员工素质的提升促进企业财务与创新绩效<sup>[63]</sup>。李倩和潘玉香(2020)以我国智能制造企业为研究对象,发现无形资产对企业经营绩效具有积极作用,但不同行业之间无形资产的促进效果具有明显差异<sup>[64]</sup>。陈金亮等(2021)从信息处理能力角度出发,提出研发投入通过丰富知识库、提高信息的吸收和处理能力,正向调节智能制造与创新绩效之间的关系<sup>[65]</sup>。

### 2.3.3 成本控制视角

冯巧根(2016)认为智能制造技术为成本管理工具创新、环境成本内化、构建共生生态提供了新思路<sup>[66]</sup>。Huang W J 和 Li Y H(2017)认为绿色工艺创新通过对生产过程管控,可以减少资源浪费、提升效率、补偿环保成本,从而实现环境和财务绩效双赢<sup>[58]</sup>。吕文晶等(2019)提出智能化技术从生产、产品、服务模块改善成本管控<sup>[67]</sup>。李婉红和王帆(2021)智能化转型能够通过降低成本粘性提升传统制造企业的绩效水平<sup>[68]</sup>。姚树俊等(2022)通过构建智能信息互联、绿色治理能力和环境绩效的理论模型研究,发现环境信息共享与企业绿色成本和碳排放量降低均呈正相关<sup>[2]</sup>。而潘玉香和李倩(2021)认为我国处于转型的初级阶段,新一代信息技术作为智能化转型中的关键资源,具有投入成本高、风险大、不确定性强的特点,会给企业绩效带来不利影响<sup>[69]</sup>。

### 2.3.4 要素生产率视角

Xie X 等(2016)认为绿色工艺创新可以提高生产率和增强企业竞争优势,进而改善财务绩效<sup>[70]</sup>。何小钢等(2019)研究发现新兴信息技术实现的核心资源是人力资本<sup>[71]</sup>。唐贵瑶等(2019)以我国企业为研究对象,发现绿色人力资源管理促进组织的环保绩效和财务绩效<sup>[72]</sup>。夏同水(2020)以 A 股上市公司为研究对象,发现绿色管理通过优化内外部资源配置促进企业创新绩效<sup>[73]</sup>。孔令英和王晓菲(2022)在回顾绿色绩效研究中提到,在制造环节提高资源利用效率、减少污染排放主要包含使用绿色能源、生产过程清洁、生产绿色产品三方面。黄阳华(2015)认为数据要素将成为新型核心投入<sup>[74]</sup>,刘军等(2019)、高煜(2019)认为智能化可以提升技术创新水平和生产效率<sup>[75]</sup>,实现制造业节本提效、价值创造模式的高质量发展<sup>[76]</sup>。赵宸宇等

(2021)认为数字化转型促进全要素生产率提升表现在创新能力、人员结构、两业融合以及成本管控方面<sup>[77]</sup>。孟凡生等(2021)在“智能+”与创新绩效的研究中,提出智能化提升资源共享水平,进而提升企业创新绩效<sup>[78]</sup>。

### 2.3.5 异质性研究视角

楼永等(2021)提出地区、行业、企业性质不同,工业智能化与企业绩效的关系具有显著异质性<sup>[79]</sup>。戚聿东和蔡呈伟(2020)以2011-2018年中国非高新技术制造业上市公司为研究对象,发现数字化与企业绩效的关系受到管理行为与销售行为的影响,且存在相互抵消作用,因此两者关系整体影响并不明显<sup>[80]</sup>。张树山等(2021)研究智能制造如何影响企业效应并进行机制检验,发现智能制造通过成本、创新和融资三个方面提高企业绩效,其提升效果显著且存在滞后性<sup>[81]</sup>。葛陈鹏(2021)、时运来等(2021)分别从纺织行业、柴油发动机行业智能制造的应用研究,认为智能制造促进企业节能降耗、提质增效<sup>[82][83]</sup>。

## 2.4 文献述评

现有文献呈现出以下特点,一是关于绿色制造、智能制造的相关研究起步较早,更多关注于技术构建、实施路径、产业政策等研究领域;二是从产业产略、技术发展等角度指出绿色制造和智能制造融合的发展趋势,随着环境监管愈加严格,会倒逼企业明确绿色发展目标。企业在数字化、智能化技术不断与制造业融合的背景下,绿色制造成为一个复杂的系统工程,不仅需要绿色专项技术,更需要一系列支持性技术,如产品生命周期建模、评估、数据管理等技术。绿色智能呈现出集成化、并行化、智能化发展趋势;三是提出绿色智能制造的新模式,并利用案例验证了关键技术和流程思路的可行性。

但是现有文献研究仍存在以下不足,一是绿色制造和智能制造的研究主要侧重于单一领域,研究中存在较少的交集,鲜有文献关注绿色和智能制造的融合发展模式;二是绿色智能制造相关研究较少,主要集中在行业特性较强的技术领域,相关财务绩效研究多以宏观层面为主,缺乏微观层面绿色智能制造与财务效应的相关研究;三是在绿色和智能两个领域对企业绩效的研究各有侧重,绿色智能制造如何影响企业财务效应的内在传导机制还不清楚。

目前,绿色智能制造理论和实践均处于不断探索的阶段,本文以绿色智能制造对企业财务效应的影响及传导机理为切入点,选取绿色智能制造试点企业中国巨石为研究对象,从微观层面探究绿色智能制造的实施路径、对企业财务效应的影响以及其内在的传导机理,以期丰富绿色智能制造的理论研究,并为制造业绿色智能转型实践提供借鉴意义。

## 3 相关概念界定和理论基础

### 3.1 相关概念界定

#### 3.1.1 绿色智能制造

目前,绿色智能制造仍没有明确的定义,基于现有研究的观点,本研究认为绿色智能制造是对当前实际工业需求的高度概括和响应,是绿色和智能融合发展的制造模式。它以信息技术推动产品设计和制造流程的优化,减少资源消耗和废气物排放,同时实现减碳目标。绿色智能制造区别于传统的机器化智能(苏贝和杨水利,2018)<sup>[3]</sup>,更加专注智能制造的绿色性,推动经济和绿色环保协同发展(庄存波,2021)<sup>[12]</sup>。

#### 3.1.2 财务效应

学术界对财务效应没有明确的概念界定,广义的财务效应是指制定或者执行某项战略后对企业盈利、偿债、经营、股东财富、市场竞争力等方面带来的经济效益。本文主要解决的问题是在推行绿色智能制造的实践过程中,绿色智能制造实施产生的财务效应及内在传导机理,本文以绿色智能制造转型的动因出发,降本、增效、提质是制造业企业转型的目标,降本即成本控制效果、增效即资产运用效率和融资获取能力、提质即财务绩效水平,因此本文主要从成本控制效果、资产运用效率、融资获取能力、财务绩效水平四个方面来衡量财务效应。

首先,成本控制效果是财务效应分析的关键,分别从成本费用利润率、生产成本、期间费用三个方面分析公司绿色智能制造实施前后成本管控效果;其次,先通过总资产周转率指标整体评价资产运用效率,再结合绿色智能制造实施的特点,如构建绿色智能生产线、实现产品数字化管控、建立立体存放仓库、建立全流程工业大数据中心等,有针对性地选取存货周转率和应收账款周转率指标具体分析绿色智能制造实施对资产运用效率的影响;再次,绿色智能制造具有技术性强、投资规模大、风险高等特性,绿色智能制造企业需要更多的资金投入带动技术升级、产品创新,以提升企业的竞争优势,因此,融资获取能力对绿色智能制造企业发展至关重要,本文用流动性来衡量绿色智能制造企业融资获取能力,流动性越大其融资获取能力越强。最后,绿色智能制造企业的最终目标是实现企业高质量发展,在财务绩效水平方面体现在良好的收入增长态势和稳步的利润空间,因此,本文主要以收入和利润相关指标来衡量企业财务绩效水平。

### 3.2 理论基础

#### 3.2.1 资源基础理论

随着社会需求升级和企业管理进步,资源基础理论逐步发展起来,该理论研究的核心目标是助力企业通过资源管理获取可持续竞争优势。本文将研究阶段分为“资源基础理论探索-理论融合-理论深化”三个发展阶段。

#### (1) 资源基础理论探索阶段——静态资源基础理论

1959年 Penrose 关注企业组织内部成长,最早提出企业是资源的集合。1980年 Porter 关注企业外部情境,基于企业战略视角,认为外部环境因素在企业获取与维持竞争优势中起决定性作用。由于波特的竞争战略没有考虑企业内部资源差异,因此不能解释同行业企业竞争优势的差异。在此基础上, Wernerfelt 于 1984 年提出资源基础观,认为资源是企业进行战略选择的起点,并强调企业依托异质性资源、知识及能力构建资源位置壁垒是解释企业获取高额利润。Barney 于 1991 年基于资源异质性和不可流动性假设,从静态研究视角提出“企业拥有有价值的、稀缺的、难以复制的、无法完全替代的资源是企业持续竞争优势”的理论框架,这标志资源基础理论体系初步形成。

#### (2) 理论融合阶段——自然资源基础观和动态能力理论

①自然资源基础观。1995年, Hart 把环境资源对企业产生的约束和机会引入资源基础观中,对企业与自然环境的关系纳入系统框架,形成了自然资源基础观。其认为企业绿色创新战略会促使企业形成独特的、难以模仿的资源或能力,并通过绿色管理形成竞争优势,促进提升企业绩效。

②动态能力理论。 Teece 等(1997)突破了企业战略分析的静态视角,提出动态能力,即企业整合、构建和重新配置内外部资源的能力<sup>[27]</sup>。Winter S G(2003)认为动态能力是一种高阶能力<sup>[84]</sup>。 Helfat C E 和 Peteraf M A(2003)引入能力生命周期为动态资源基础理论提供了一种更为全面的研究方法,有助于解释组织能力异质性的来源<sup>[85]</sup>。

#### (3) 理论深化阶段——资源行动观

资源基础理论的研究框架不断完善,在动态资源基础观的基础上,更加关注资源与能力的内在关系。从行动视角出发,深入探讨组织内外部资源的动态行为对资源形成和资源配置的影响机制。苏敬勤等(2017)资源行动观的演化可以根据不同成长期企业资源的特质,分为资源拼凑与资源协奏。起初, Baker T 和 Nelson R E 提出资源拼凑理论,旨在为新创企业突破资源约束。Wernerfelt(2010)认为组织应通过扩展资源组合获取新资源, Maritan 等(2010)指出关注资源和能力投资、异质性资源评估、资源管理流程构建有利于促进资源获取与积累,吴亮等(2016)发现资源拼凑促进企业绩效。而后, Sirmon D G(2011)提出资源协奏框架,认为资源协奏强调管理者在资源与能力实现之间的动态能动作用<sup>[86]</sup>。王娟茹和李莘(2020)认为资源协奏促进企业技术创新<sup>[87]</sup>。林菁菁等(2021)认为政策和市场因素推动了资源行动

由“拼凑”到“协奏”的演化<sup>[88]</sup>。张璐等(2021)阐述加强大数据、数字化、网络化情境下资源基础理论的应用性研究是未来资源基础理论的重要研究方向<sup>[89]</sup>。

本文在分析绿色智能制造转型动因、实践、机理研究中基于该理论的观点，认为绿色创新战略会帮助企业赢得持续竞争优势，提升企业绩效，实施绿色管理可以获取竞争优势，更加关注企业绿色智能制造转型对资源配置的影响。随着数字化、智能化的发展，企业资源的形成和配置变得更加复杂，目前该理论在数字化、智能化的应用性研究还比较匮乏，本文可能存在的边际贡献在于丰富绿色化、智能化情境下资源基础理论应用性研究。

### 3.2.2 技术创新理论

熊彼特于 1912 提出创新理论，认为“创新”是建立一种新的生产函数，即把一种从来没有过的关于生产要素和生产条件的“新组合”引入生产体系，并分析了经济动态循环关键因素创新：产品、技术（或者生产方法）、市场、原料供应来源、组织创新。

在熊彼特创新理论研究的基础上，技术创新逐步成为研究热点。技术创新研究阶段可以总结为三个阶段：第一阶段认为技术创新是经济增长的基本因素；第二阶段认为知识累计形成技术创新，知识累计才是经济增长的最初驱动因素；第三阶段主要研究不同组织间的技术扩散如何推动经济增长。从创新理论的动态性视角研究，提出路径依赖理论和技术生命周期理论。1989 年 Arthur W B 提出路径依赖理论，由于规模经济、投资不可逆性和技术相互关联性的影响形成了一种正反馈和自我强化的机制。Harvey(1984)首先将技术生命周期进行划分，Foster(1988)用 S 曲线表征技术生命周期的发展阶段。Lund vall 和 Bengt Ake(1992)提出创新系统理论，将动态的、复杂的创新纳入分析范围，并在此基础上进一步提出技术和制度是相互作用的。关于技术创新与企业价值之间的联系，大多学者认为技术创新可以正向影响企业价值。

技术创新理论相对较为成熟，本文在中国巨石绿色智能制造的案例分析以及赋能财务效应的内在机理研究中结合了技术创新理论的观点，认为研发投入、技术创新促进企业绩效提升。本文在该理论的基础上可能存在的边际贡献在于，结合绿色技术创新和智能技术创新，探究绿色智能制造技术与企业财务效应的关系。

### 3.2.3 价值链理论

价值链理论通常被用来解释价值创造活动和企业竞争优势，该理论认为企业以创造价值为目标，以价值和价值活动分析为基础。1985 年，迈克尔·波特提出了价值链理论，对制造业而言，价值链就是企业在设计研发、生产加工、销售维护

和其他有利于产品流通的活动的集合体。价值链理论是从内外部价值链分别分析价值链构成内容、特点以及联系，并优化整合提升企业整体竞争优势。企业不同的活动为企业带来的价值增量不同，分析企业内部价值链，有助于强化增值活动，实现企业总体价值最大化。分析企业外部价值链，有助于明确企业在行业中的定位，整合上下游之间的资源，提升企业甚至行业的竞争力。

随着价值链相关理论发展，知识、信息和数据等非实物资源在价值创造中愈发重要。Miller H G 和 Mork P(2013)提出数据价值链，认为数据价值链由数据管理活动、利益相关者以及技术三方面组成，并将其过程划分为数据发现、集成和探索三个阶段<sup>[90]</sup>。信息技术以及数字基础设施是数据价值链创造价值的基础，李晓华和王怡帆(2020)认为数据价值链更注重生产过程中数据的流通，数据流动可以打破组织边界，在各环节中赋能传统制造业实现价值创造<sup>[91]</sup>。

本文依据价值链视角对中国巨石绿色智能制造实践环节进行分析，剖析不同价值链环节中绿色智能制造的应用。此外，数字价值链与传统价值链相比，更加关注数据在各生产环节中与各要素之间的价值创造，在资源流动范围上拓宽了组织边界，更加关注数字智能技术赋能数据价值链。数据价值链理论为本文对绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理研究奠定了理论基础。

## 4 中国巨石绿色智能制造实践分析

本章首先梳理了中国巨石绿色智能制造发展历程，并划分出“两化”融合、绿色智能制造起步、绿色智能制造不断深化三个阶段。其次从宏观环境、行业环境、企业内部因素分析中国巨石绿色智能制造转型的原因。最后，基于价值链视角，分析公司在研发、生产、仓储、营运四个环节中绿色智能制造的应用实践。

### 4.1 中国巨石公司简介

中国巨石股份有限公司（以下简称“中国巨石”、“公司”），原名中国玻纤股份有限公司，于1999年在上海证券交易所上市（股票代码：600176），公司以玻璃纤维及制品的生产与销售为主，目前已经成长为玻璃纤维工业的龙头企业。中国巨石是玻纤材料及其制品细分领域的一家隐形冠军，公司的成长史就是我国玻纤行业崛起的缩影。中国巨石始终秉持绿色低碳理念，紧跟《中国制造2025》发展目标，探索智能化生产工艺和技术，引领行业智能化发展，积极落实绿色技术创新攻关，构建综合能源系统，推动了玻纤行业低能耗高质量发展。本文根据公司智能化发展程度，将绿色智能制造划分为三个阶段，其绿色智能制造发展历程如下表4.1所示：

表 4.1 中国巨石绿色智能制造发展历程

时间线	公司发展状况
2012年	国家级“两化”深度融合示范企业。
2015年	“智慧工厂”入选浙江省“两化深度融合”智能制造专项计划示范项目；自主研发的“机器人”大批投入使用，迈向绿色智能制新台阶。
2016年	玻纤产业智能制造基地奠基；多条生产线冷修技改；实施制造执行系统（MES）示范项目，实现信息化系统的实时自动管理；拥有自动装卸、定位摆放系统，实现机械化、自动化的仓库管理。
2017年	新材料智能制造基地计划分三期逐步建设；拥有玻纤生产先进技术与配套体系、积累大量数据生产资料，满足智能制造必备条件；成为国家知识产权示范单位。
2018年	启动以“智能制造”为核心的第四次创业的关键之年，制定新“四化”战略；多个智能制造基地建设启动，多条生产线投产；“高性能玻纤绿色关键工艺开发与系统集成”成为国家“绿色制造系统集成”项目。
2019年	玻纤智能工厂评为浙江省智能工厂。新材料智能制造基地多条生产线项目满产运行。

续表

时间线	公司发展状况
2020年	智能制造基地多条生产线开工；项目建设有序推进，绿色智能制造不断深化，引领行业发展。
2021年	获得“中国碳公司行业标兵”；入选“央企 ESG 先锋 50 指数”；入选工业产品绿色设计示范企业名单。
2022年	获得第三届高端制造业 CIO 论坛“数字制造综合实力卓越奖”

资料来源：中国巨石年报及官网新闻整理

第一阶段：2012 至 2015 年，公司处于工业化与信息化融合阶段（简称“两化”融合阶段）。不断提升信息化水平，加大研发投入，为绿色智能制造奠定了基础。

第二阶段：2015 至 2018 年，公司处于绿色智能化起步阶段。2015 年自动化机器设备逐步完善，跨出绿色智能制造的第一步；2016 年智能制造生产基地开工建设，多条生产线冷修技改使得生产工艺进一步优化，制造执行系统（MES）等多项智能化系统逐步推进；2017 年，公司已经具备了绿色智能制造的所有条件，获得“国家知识产权示范企业”。

第三阶段：2018 年至今，公司处于绿色智能制造不断深化阶段。制定新“四化”目标战略，持续关注制造智能化、发展和谐化。公司打造智能制造绿色标杆生产线，提高生产效率和能源利用率。2019 年被列入首批“浙江省未来工厂”，2021 年获得“中国碳公司行业标兵”，入选“央企 ESG 先锋 50 指数”、“国家工业产品绿色设计”、“浙江节水标杆企业”等荣誉，2022 年公司朝着“数字智造、生态互联”目标迈进，引领产业链、供应链数智化发展水平，实现产业可持续发展。

## 4.2 中国巨石绿色智能制造转型动因

企业发展绿色智能制造的原因有许多，为了探究中国巨石绿色智能制造转型的动因，本文主要从宏观环境、行业环境和企业内部三个角度来分析。

### 4.2.1 宏观环境

#### （1）生态环境紧迫，亟需向绿色低碳转型

我国长期经济粗放发展，以自然资源的过度开发换取得经济利益增长，使得生态环境不断恶化和失衡。进入新常态阶段，资源供给趋紧、环境承载力不足，大气环境、水环境、噪声和固体废物污染依然严重，很大程度影响人们的身体健康。解决环境问题的根本在于构建绿色低碳循环发展经济体系，推动社会经济发展绿色转型，2021 年国务院针对该体系建设做出了重要工作部署，实现绿色低碳循环发展，完成“双碳”目标任务需要全社会共同努力，而制造业绿色发展是其

中关键一环。

#### (2) 激发数智赋能作用，实现工业绿色低碳发展

应对全球环境问题，2020年9月我国做出“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”（以下简称“双碳”目标）的承诺，推进制造业绿色低碳发展是实现“双碳”目标的重中之重。我国“十四五”规划和2035年远景目标纲要为制造业绿色低碳发展提供新方向，要实现能源清洁高效、重点排放领域向低碳转型，同时要加快数字智能与制造业融合，驱动生产变革。中国制造2025及系列配套政策正推动我国制造业向绿色智能制造升级。2015年5月我国国务院发布《中国制造2025》，提出智能制造工程和绿色制造工程。《“十四五”智能制造发展规划》（征求意见稿）提出，智能制造是实现制造业高质量发展的关键，实现工艺数智化、工业软件水平提升，推动智能工厂建设，并预计到2025年，规模以上制造业基本实现数字化，行业骨干企业初步实现智能化。

因此，基于相关政策的指引和企业谋求发展的需要，中国巨石作为绿色智能制造的试点企业，在节能降耗、智能化技术方面取得了突出成绩，引领行业高质量发展。

### 4.2.2 行业环境

中国玻璃纤维行业经历60余年发展，全行业产能结构、产业结构、产品结构布局趋于合理，行业分工较为明确，企业差异化专业化发展意识和水平不断提升。2006年以前，玻璃纤维主要应用于建材行业，生产能耗大，是国家节能降耗工作的“重中之重”；2006年，池窑拉丝生产线工业逐步成熟，可以大大降低能耗；2015年绿色制造和智能制造成为玻纤行业的突破口和主攻方向。随着新一代信息技术与智能制造技术不断成熟，玻纤行业逐渐实现试点，一批智能车间落地，进一步降低运营成本、能耗水平、产品生产周期、不良品率。

#### (1) 行业发展新机遇

##### ① 玻璃纤维材料成为新兴产业

高性能玻璃纤维及其复合材料是新材料产业的主要驱动力，推动新能源产业发展。玻璃纤维是一种无机非金属材料，以优质的性能和较低价格成为绿色低碳目标下替代材料的“宠儿”。在双碳目标背景下，玻纤材料在风电、新能源汽车、建筑节能等领域拥有广阔的市场前景，也是支撑各领域绿色低碳发展的重要基础材料，因此玻璃纤维市场需求将保持长期增长。行业协会发布的《玻璃纤维行业“十四五”发展规划》指出，为保证市场供需稳定，行业未来将保持年均高于当期国家GDP增速3个百分点左右的产量增速。

##### ② 专注细分领域，争当单项冠军

玻纤行业下游市场跨度大，从风电光伏到汽车及轨道交通产业，再到电子通讯产业、建筑与基础设施建设产业，玻纤制造企业需要根据下游不同领域的应用需求及需求的变化趋势，做好产品研发与市场推广。玻纤行业企业应走差异化、专业化发展道路，不同类型的企业在自己的细分市场，善用绿色智能制造技术，做好各领域应用研究市场拓展，培育和发展一批具备较高技术门槛的规模化细分市场。

### （2）行业发展新挑战

#### ①能耗双控与需求增长矛盾

随着国家明确提出“双碳”目标，碳减排成为行业未来发展的核心议题。尤其是随着能源“双控”政策的落地实施，如何更好的实现节能减排和低碳生产，已经成为各行业掌握未来发展主动权的首要任务。玻璃纤维行业拥有大量的高温熔窑，行业碳排放总规模虽不如水泥、玻璃等行业，但单位产品碳排放水平在国民经济各门类产品中仍相对较高，行业碳减排工作任务较重。此外，能耗双控阻碍了玻璃纤维池窑建设项目的审批建设工作，甚至将玻璃纤维行业纳入“两高”行业进行管控。此外部分现有产线也面临严重的电荒和能源价格快速上涨，企业的正常生产经营受到严重影响。由于市场需求旺盛，各地池窑建设项目面临审批难建设慢的问题，行业内各类型中低端产能迅速恢复并满负荷运转。在巨大利益驱使下，落后产能如燎原之势在全国蔓延，甚至出现了移动式生产线和地下生产线的新模式，给行业淘汰落后和维护健康市场环境带来严峻挑战。

#### ②高端玻纤产品研发不足

我国玻纤材料仍需加大高端产品研发，优化产品结构。从进出口金额来看，我国出口的玻纤产品多为初级产品、技术含量低。2020年全行业玻纤产品出口量133万吨，金额20.5亿美元，平均出口单价约0.15亿美元，同期进口量18.8万吨，金额9.4亿美元，平均进口单价约0.5亿美元。我国玻纤出口量虽然高于进口量，但进口单价是出口单价的三倍多。从进口种类上看，玻璃纤维进口品种相对稳定，2020年玻纤粗纱、薄片、其他玻纤等产品进口增速超过50%，在国内热塑市场疲软背景下，短切纱进口增速仍超过10%。可见行业在中高端产品研发以及内需市场应用研究仍存在不足，行业应加强中高端产品开发、优化产能结构。

#### ③产品同质化，缺乏创新

当前行业内多数企业仍然主要依靠资源和低成本要素投入来获取发展，自主创新不足。大多数企业作为追随者，集中在行业引领者已突破的产品领域，而对于潜在的应用市场，却不愿意花太多的精力和资金进行研究开拓，也缺乏配套的服务体系，难以形成核心竞争力。行业内出现产能过剩和同质化竞争，造成行业不良竞争和产品价格大幅波动，不利于该产业的发展。

随着新技术、新模式、新机遇的出现，制造业的生产方式随之改变，这对玻纤企业工艺技术和生产设备都提出了更高要求。面对技改提升、集约管理、节能减排等均将迎来智能化解决方案。行业内涌现了以中国巨石、山东玻纤等为代表的绿色智能制造引领者，但行业整体生产及物流自动化、智能化水平有待进一步提升。

#### ④成本控制风险

资源环境成本增加。在国家环保管控趋严的背景下，原材料成本和燃料动力成本占比较高，呈现成本攀升的趋势。原材料主要为矿石原料，短期内具有不可再生性，未来优质矿石资源可能受限，燃料动力价格上涨。此外，生产过程中的三废排放、碳排放等环境指标更加严格，企业环保成本增加。

转型成本较高。在寻求突破的过程中，“不转等死，乱转找死”成了许多企业转型中面临的困惑。玻纤行业是重资本行业、市场集中度高，且具有较高的技术门槛。数字化、智能化、绿色化所需的设施建设对于制造业而言成本本身就高，长期以来，我国制造业数字化基础整体偏弱、多采用低成本竞争策略、产品附加值低、面临低段锁定困境，因此其盈利能力难以弥补转型带来的资金缺口，融资门槛高难度大，可能进一步推高转型成本。

### 4.2.3 企业内部因素

#### （1）破解绿色低碳约束

十三五期间，国家环境规制趋严，对玻纤行业冲击较大，大批中小企业关停，中国巨石等现存企业纷纷加大绿色投入。十四五期间，玻纤制品产能持续优化，碳减排、环境保护等相关产业政策不断向低端落后产能施压，中国巨石积极提升自动化、智能化水平，向清洁生产升级，提升产品性能和资源的利用效率。《玻璃纤维行业“十四五”发展规划》要求，到“十四五”末，各主要生产线产品综合能耗比“十三五”末降低 20%以上，行业碳排放降低 30%以上。在绿色环保背景下，高污染、高碳排不仅与绿色低碳发展理念相悖，而且会产生很高的政治成本、社会舆论压力。中国巨石积极部署绿色智能制造，破解产业绿色低碳发展约束，巩固“三废”循环利用，增加绿色研发投入、持续创新高性能产品、优化工艺流程，使得公司符合污染物排放相关标准。此外，公司还可以利用绿色智能制造进一步降低产品综合能耗、降低生产成本，提升环境绩效和财务绩效。

#### （2）优化企业内外部管理

优化企业内部生产管理，提高精细管理和柔性制造能力。智能技术与制造业融合推动企业管理模式变革，大数据平台通过数据采集、挖掘、建模、分析，可以提高企业管理、监督自动化水平。大数据和人工智能技术以强大的数据处理和

分析能力帮助企业实现管控精准化、生产柔性化，智能制造实施让数据流动性更强，打破传统管理组织边界，重构不同组织间的协同优势。智能化是工业革命到了新时期自然派生出来的产物，企业管理者应顺应技术发展，推动数字化、智能化与制造业融合发展，不断进行生产模式创新与管理方式变革，提升企业的竞争优势。

引领产业链和谐发展。玻璃纤维生产端特点是大池窑连续化生产，一旦点火不得停产，且品类繁多、工艺复杂，需求端的特点是下游应用广泛、需求变化快等，当生产计划与市场需求不匹配时，容易造成严重的供求不均衡，因此，玻纤生产企业需要灵敏的市场洞察、快捷的沟通渠道和柔性的生产制造能力，而绿色智能制造为企业发展提供了新思路。

#### （3）满足高端产品研制需要

智能化水平是高端产品研制的基础保障。中国巨石一直注重高端产品的研发和生产，截止 2020 年，公司拥有 11720 人，其中技术人员有 1766 人，占比约 15%。中国巨石研发的核心产品从高性能玻纤 E6 到超高模量玻纤 E9 的不断迭代升级，高端产品设计符合绿色产品导向，目前超高模量玻纤 E9 在玻纤技术方面实现了跨越性突破，为玻纤复合材料高端应用拓展了更大的可能性。高性能的玻纤材料通常具有配方精度高、工艺复杂、生产难度大等特点，人工或者简单的自动化生产线已不再满足其的研制需要，对生产过程也提出了更高的要求。因此，发展绿色智能迫在眉睫。

#### （4）提高企业核心竞争优势

绿色智能制造的推进有助于企业在规模、成本、创新以及产能结构方面形成核心竞争优势。绿色智能制造可提高总产值，减低单位固定费用，形成规模经济。进而巩固行业地位，降低原料采购成本、提高客户粘性，形成成本优势。工业数据库有助于创新体制完善，为各种技术创新提供土壤，形成创新优势。数据收集与智能分析可以提升对市场的敏锐洞察，及时优化产品生产和库存结构，使产能结构更趋合理。

### 4.3 中国巨石绿色智能制造实践

中国巨石以绿色低碳理念为引领，建立了碳排放数据库和环保主体责任管理制度，为实现“碳中和”，向实现“三负一零”进军，即实现吨纱污染物、用能、用水负增长，污水零排放的绿色目标。公司践行绿色低碳理念，构建“资源高效、能源低碳、过程清洁、废物循环”玻纤绿色制造体系，对行业绿色智能制造体系构建发挥引领作用。本文基于企业价值链视角，从研发、生产、仓储、营运四个环节介绍中国巨石绿色智能制造的应用实践。

### 4.3.1 研发环节——重绿色技术与核心产品创新

中国巨石在研发设计阶段可以通过数字化孪生技术对智能工厂总体设计、生产工艺及其布局建立数字化仿真模型，对新产品研发不断进行性能优化，具有研发试错成本低、研制周期短等优势。研发设计数字化成为推动技术创新与产品升级的重要手段。

#### （1）注重绿色技术创新

中国巨石长期坚持绿色技术创新，已取得显著成果。目前公司在大型玻纤池窑、玻璃配方和绿色制造三大技术领域拥有世界一流核心自主知识产权。公司高度重视能源的利用效率，拥有多项先进技术，如大型玻纤池窑技术、大功率电助熔、低蒸发量冷却系统、纯氧燃烧技术、碓顶燃烧技术、废热预热、烟气和设备废热回收利用技术等，形成了低能耗、高融化率、寿命长的智能控制高融化率窑炉。玻璃配方主要体现在利用清洁材料生产出高性能的玻璃纤维产品，而绿色制造体现在生产工艺的方方面面，笔者将在下文会详细论述。

#### （2）注重核心产品研发

中国巨石从 E6 到 E9 产品的研发也是玻纤材料发展的缩影，如图 4.1。E6 高性能玻纤不仅可以降低配合料进口比例和成本，而且提高了产品强度及耐腐蚀性能，降低了污染物排放。E7 既有 E6 玻璃纤维的所有优势，又在模量、强度、软化点温度等性能方面取得技术突破，能够满足大功率风力叶片、压力容器等高端市场的产品升级需求。E8 在性能上得到升级，并避免了含硼原料的引入，符合清洁生产要求。E9 超模量玻纤在风电产业应用范围和市场份额持续扩大，是行业塔尖产品，显著提升了超高模量玻璃纤维的性价比和产品竞争力，提供了一个全新的更高性能的技术平台，为玻纤复合材料高端应用领域的拓展提供更大可能性。

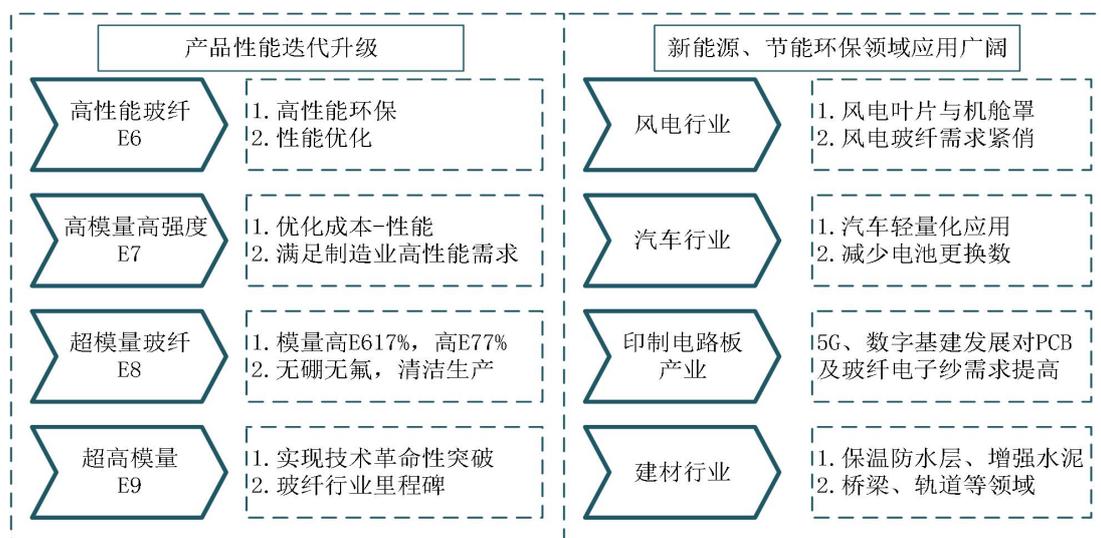


图 4.1 中国巨石产品创新（笔者自制）

### 4.3.2 生产环节——绿色智能生产线

中国巨石绿色智能制造的核心是“高效率、高稳定率、低能耗”，新材料绿色智能制造基地生产线主要用于生产高端环保材料，对各个生产环节进行了优化创新，将绿色智能制造融入到智能装备、智能物流、智慧工作、智能质量四个方面。智能生产线可实现生产要素的高度统一和协同配置，不仅保证了产品性能稳定、提升生产效率，而且能源消耗、成本节约技术达到了行业领先。

中国巨石绿色智能制造生产线主要有原料配比、高温炉制、拉丝、烘干、络纱、包装六项生产环节，针对不同生产环节特点采用不同的智能生产技术，在注重生产效率提升、成本控制的同时，始终贯彻绿色低碳生产理念，注重三废回收利用和废丝生产线建设，如下图 4.2 所示。

(1) 原料配比环节。采用浸润剂自动称重、自动配比系统，实现数据化控制、数据记录可追查，从而提高了配比效率、节约原料损耗。

(2) 高温炉制环节。熔窑的温度、液面、压力等指标，采用现场总线控制系统进行检测、控制，以提高控制水平和各参数的控制精度。采用纯氧燃烧技术代替传统的空气燃烧，不仅可以提高窑炉融化率，改善玻璃液的质量，减少热量流失，还可以减少 80% 以上的废气和 99% 的氮氧化物的排放。

(3) 拉丝环节。通路玻璃液温度控制是影响原丝质量的重要环节，采用现场总线控制系统控制漏板温度，温控精度控制在 0.5℃ 的误差范围，大大提高了原丝质量。

(4) 烘干环节。传统的烘干方式是蒸汽在烘干炉内通过换热器进行多次热交换，能源利用率低。余热利用和烘干炉改造技术集成应用，使烘干介质由蒸汽调整为池窑余热，由炉外燃烧改造为炉内燃烧，并对热量输送管道、过程控制系统、抽湿系统进行了优化设计，提高热源的综合利用。

(5) 包装环节。利用机器视觉化技术，可以机器检测污损、尺寸从而降低了次品率。5G 纺织品视觉质检系统”可以代替人工检测瑕疵，不仅速度快人工三倍还保证了检测质量，此外 5G 大宽带、低时延可以让相机端算力卸载移步边缘中心，降低了质检系统工业相机的成本。

(6) “三废”处理。先进的生产工艺和设备是公司处理“三废”的利器。2021 年公司评选为年度节水标杆单位，废水通过污水处理站和中水回用系统处理，2021 年公司水资源循环利用率达 98.7%，并不断优化废水处理工艺，做好污水防渗工作。玻璃纤维纱和玻璃纤维电子纱的取水单耗分别领先行业取水先进值的 83% 和 60%。废气通过综合处理，严格低于国家排放标准。废气废渣通过直接投入环保生产线的回用技术和玻纤硬废 100% 回收技术，减少固废排放，提高了资源利用效率。

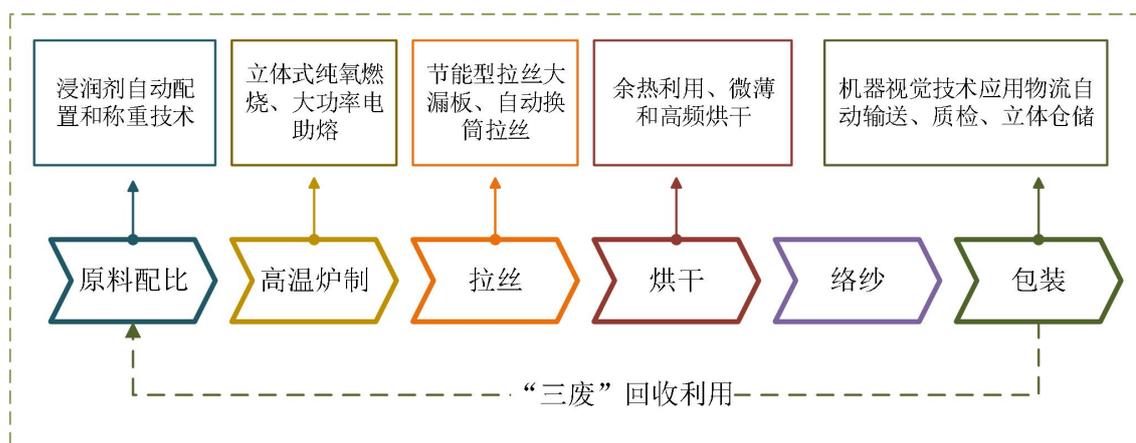


图 4.2 中国巨石绿色智能制造生产线（笔者自制）

### 4.3.3 仓储环节——产品数字化管控

物流自动输送，提高存取效率。利用全自动化物流输送系统使产品全程自动输送、识别、储存、分流，工序间输送无人工干预，达到了识别和输送准确率 99.9% 以上，提高物流输送速度 80% 以上。自主研发“手臂”机器人通过红外传观定位装置，实现机器人自动取纱、放纱，无需人工搬运，应用二维码及视觉识别技术，实现纱团由秤到托盘摆放，利用条码识别系统实现仓库作业机械化和自动化。公司采用总控调度系统统一调配，机器人可以自动完成上千种规格的玻纤出入库，实现货物的自动化存取，大大地提高了工作效率。

立体存放仓库，实现了空间数字化管理。公司建有数万平方米的智能物流仓储中心，自动化立体库单位存储量是传统平面仓库的 4 倍，节约用地面积 60% 以上。改变了原本传统的仓储管理方式，优化了库存结构、提高了仓储管理质量，并解决了储存品种受限的难题，实现了空间数字化管理。公司立体仓储中心的建成和使用，使得玻纤仓储管理信息化、自动化、智能化迈上新台阶。

### 4.3.4 运营环节——全流程工业大数据中心

#### （1）为绿色智能生产提供基础支撑

工业大数据不仅是保障绿色智能制造的基础，也是推动“智”造的核心要素。中国巨石建成第一家玻纤工业大数据中心，对生产各工序 4 万点位数据实时采集、高效处理，为实施绿色智能制造提供完备的数据基础。工业大数据中心可以对设备运行的所有参数进行“采集、清洗、建模和分析”，通过各类图表、驾驶舱和人工智能技术形象展示来精准预判和进一步分析，为管理层的决策提供数据支撑。

#### （2）提高公司内部资源利用率

中国巨石全流程大数据中心实现了集团生产运营全覆盖，提高企业内部资源

利用率。全流程形成了集信息共享、生产计划、过程协同、设备控制、资源优化、质量监管、决策支持为一体的智能管控平台。生产线基本采用自动化物流方式，窑炉溶制、拉丝、捻线、织布等后处理的各项工艺参数实现了在线监控、自动读取和智能分析。一旦运行异常，大数据中心就会及时推送信息到手机上，不仅降低了人力成本，还大大提高了生产效率。

新的绿色智能制造生产线优势明显，人均生产效率提升 14%，吨纱制造成本下降 5.5%，高端产品比例达 90%以上。目前桐乡智能制造基地已经建成 6 条超大型生产线，在资源利用效率、产品质量控制、绿色化生产、劳动生产率提升等方面都取得了突破性成果。六分厂年人均生产效率超 500 吨，超过行业平均水平 40%，取得了经济效益、社会效益和环境效益显著。

### （3）促进产业链资源共享

中国巨石借助数据接入服务实现产业链信息互联，打破信息孤岛，促进上下游企业资源共享、融合发展。与上游供应商通过 SRM 系统对接，实现数字化对接采购需求、电子化签订采购合同、实时查询采购进度、及时跟踪物流动态。与下游客户实现产品数据对接，公司实现了产品信息数字化管控，客户只需扫描产品二维码便可获取产品批次、型号、质量等相关信息，并形成相关标准 API 接口，可支持客户后续接入。此外，公司物流、海关等多方数据打通，实现销售订单全过程跟踪、物流信息实时上传、报关数据精准发送，极大地提高了公司营运效率。这种产业链资源共享的便利在疫情常态化期间，优势更为凸显。

## 5 中国巨石绿色智能制造的财务效应分析

本章在中国巨石绿色智能制造的财务效应分析时，基于文献回顾与相关理论基础，从公司绿色智能制造实施的动因视角出发，降本、增效、提质是制造业企业转型的目标，因此本章将从成本控制效果、资产运用效率、融资获取能力以及财务绩效水平四个方面来衡量公司财务效应。中国巨石 2015 年绿色智能制造起步，本文选取了 2012-2021 年的财务报告相关数据进行研究，对比绿色智能制造实施前后对公司财务效应的影响。根据申万行业分类标准（2021 版）选取玻纤行业所有上市公司作为对比公司，共包括再升科技、中材科技、长海股份、宏和科技（2019 年上市）、正威新材 5 家上市公司。

### 5.1 成本控制效果

长期以来，良好的成本控制能力是中国巨石的护城河。为了探究绿色智能制造对公司成本控制能力的影响，本小节采用纵向与横向对比分析相结合的方法，从成本费用利润率、生产成本以及期间费用相关指标对公司成本控制进行分析。

#### 5.1.1 成本费用利润率

成本费用利润率表示每花费一单位成本费用为企业带来的利润，反应企业利润对成本费用的敏感性。数值越大说明利润越高，则成本管控越好。选取成本费用利润率不仅可以反应企业盈利水平，更能推动企业节约成本费用，积极探索新技术、新工艺、新产品。

$$\text{成本费用利润率} = \frac{\text{利润总额}}{\text{营业成本} + \text{税金及附加} + \text{期间费用} + \text{资产减值损失}} \times 100\%$$

从表 5.1，可以得知，在 2015 年以前中国巨石处于“两化”融合阶，成本费用利润率处于中等水平，增速较缓。2015-2018 年，随着绿色智能制造不断深化，不断进行研发投入，对成本控制的效果显著提升，侧面反映了研发投入的累积效应。如下图 5.1 所示，绿色智能制造实施以前，中国巨石成本费用利润率低于再升科技、长海股份、宏和科技。在绿色智能制造实施以后，2015 年中国巨石首次超过长海股份、宏和科技，并一直保持领先水平。2016 年中国巨石开始逐步追平再升科技，并保持行业最高水平。2019 年和 2020 年成本费用利润率主要受营业收入下降的影响，中国巨石海外收入占比约 45%，2019 年及 2020 年国内外经济复杂<sup>①</sup>。2021 年

<sup>①</sup> 2019 年，一方面受中美贸易摩擦影响，市场需求放缓；另一方面玻纤行业产能扩张过快，供需失衡，玻纤产品价格大幅下滑。2020 年受疫情影响，需求和生产骤降，对投资、消费、出口带来明显的冲击。

中国巨石高端产品比例再创新高，绿色智能制造项目不断优化成本管控、助力新的利润增长点，其成本费用利润率增长优势明显。

表 5.1 中国巨石成本费用利润率对比数据

年份	中国巨石	长海股份	中材科技	再升科技	宏和科技	正威新材	行业均值
2012	7.74%	20.64%	6.34%	12.68%	—	3.71%	10.22%
2013	8.93%	14.97%	4.49%	18.27%	—	0.45%	9.42%
2014	10.72%	18.18%	5.39%	23.84%	15.17%	1.53%	12.47%
2015	20.20%	20.39%	7.88%	29.41%	16.05%	2.73%	16.11%
2016	32.23%	21.60%	6.73%	38.57%	26.38%	1.04%	21.09%
2017	40.64%	12.98%	10.56%	24.23%	34.91%	-0.07%	20.54%
2018	41.18%	16.58%	11.81%	20.70%	33.44%	2.03%	20.96%
2019	31.66%	18.33%	14.23%	18.12%	23.49%	3.94%	18.29%
2020	31.70%	18.58%	15.28%	34.70%	27.92%	2.67%	21.81%
2021	56.63%	—	25.49%	20.80%	—	—	34.31%

数据来源：新浪财经网<sup>①</sup>

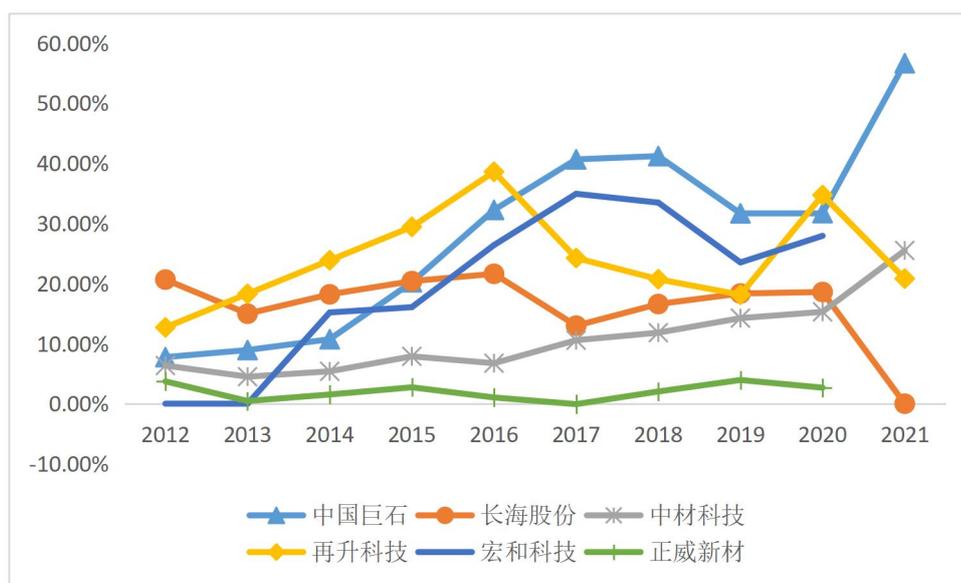


图 5.1 中国巨石成本费用利润率趋势分析

数据来源：新浪财经网

整体而言，中国巨石在 2015 年绿色智能制造起步以来，成本费用利润率保持的高速增长，并且逐步赶超同行企业，目前在行业中处于领先优势。

### 5.1.2 生产成本

<sup>①</sup> 长海股份、宏和科技、正威新材 2021 年年报仍未披露，因此缺少 2021 年成本费用利润率数据。

中国巨石绿色智能制造对成本的节约体现在生产过程的各个方面，生产成本中原料、燃料动力、人工成本占比较高，本文主要选取了单位玻纤成本、单位玻纤净利、单位玻纤天然气消耗量、人均创利四个指标分析绿色智能制造对中国巨石生产成本的影响。

#### （1）单位玻纤成本与单位玻纤净利润分析

单位玻纤成本 = 玻纤总成本（元）/玻纤产量（吨）

单位玻纤净利润 = 净利润（元）/销售量（吨）

用单位玻纤成本表示每生产一吨玻纤产品需要消耗的成本，用单位玻纤净利润表示每销售一吨玻纤产品所为企业创造的净利润。

绿色智能制造开启以前，中国巨石经历了两轮降本浪潮，2000-2010年，大型池窑生产技术落地，公司通过增加产能摊薄制造费用，随后公司通过收购上游企业、生产线冷修升级、纯氧燃烧技术等方式控制原材料、燃料和贵金属消耗成本。2015年绿色智能制造的实施开启了第三次降本浪潮，如图5.2所示<sup>①</sup>，单位玻纤成本整体呈下降趋势，由于公司绿色智能制造是一次规划分批投产，生产线逐步冷修升级和建设投产，所以绿色智能制造在2015-2016年对单位玻纤成本降低影响较弱。随着生产线不断投产和绿色智能制造技术逐步完善，2017年以后单位玻纤成本明显下降，绿色智能制造在提高生产效率和原料使用效率方面提升明显，2020年吨成本约为2829元/吨，处于行业领先水平。其中，2019年成本略有上升主要是原材成本、人工成本有所增加以及成本费用口径调整共同导致的。

单位玻纤净利润与单位玻纤成本的变化相呼应，随着单位玻纤成本的下降，单位净利润呈现上升趋势。与2015年以前增速相比，单位玻纤净利润在绿色智能制造实施以后增长较为明显。玻纤材料以高性价比的优势逐步拓宽下游市场，产品价格基本没有提升，有些产品还出现了下降，因此产品单位净利润的提升主要是因为单位成本下降提升了利润空间。如图5.2所示，吨净利从326元/吨，提升到1514元/吨，增长了近4倍。可见，公司成本管控较好，由于智能化逐步推进，先进生产技术提高资源的使用效率有助于成本的控制。绿色智能制造扩大了生产规模，公司在产业链的议价权增强，其原材料、能源的采集成本降低。规模优势进一步降低单位产品折旧费用、人工费等成本，中国巨石成本控制能力在玻纤生产企业中形成较强的优势。

<sup>①</sup> 中银证券、中泰证券未公布2021年单位玻纤成本、单位玻纤净利润数据



图 5.2 中国巨石单位玻纤成本、单位玻纤净利润分析（单位：元/吨）

数据来源：中银证券、中泰证券

## （2）单位玻纤天然气消耗量分析

中国巨石坚持绿色发展，不断提升燃料动力利用效率，为了剔除天然气能源价格波动对燃料动力成本控制分析的干扰，本文选取单位玻纤天然气消耗量指标进行分析，单位玻纤天然气消耗量表示每生产一吨玻纤及其制品需要耗用天然气的量。

绿色智能制造实施以来，吨天然气消耗量明显下降。如图 5.3 所示，绿色智能制造实施前，吨天然气消耗量最高达 175 立方米/吨，到 2020 年已经下降到 139 立方米/吨，降幅约 26%。根据中泰证券研究所研报显示，2020 年同行企业中吨天然气消耗量分别为泰山玻纤 194 立方米/吨、重庆国际 197 立方米/吨、山东玻纤 165 立方米/吨，中国巨石 139 立方米/吨能耗处于行业领先水平。其低能耗的背后是中国巨石长期绿色技术和智能化技术创新的累计效应，公司在绿色制造领域具有世界一流的核心自主知识产权，拥有低能耗、高融化率、寿命长的智能控制高融化率窑炉，不仅降低了燃料动力成本，还实现了碳排放降低。

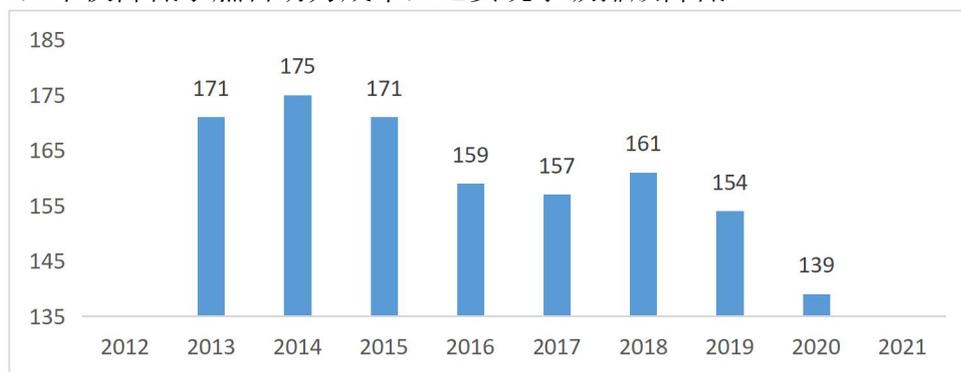


图 5.3 单位玻纤天然气消耗量分析（单位：立方米/吨）

数据来源：中泰证券研究所<sup>①</sup>

<sup>①</sup> 中泰证券研究所未公布 2012 年和 2021 年单位玻纤天然气消耗量

### (3) 人均创利分析

绿色智能制造通过提高人工生产率应对人均薪酬上升。在我国人力成本上升的背景，中国巨石每年人均薪酬增长约 10%，由于公司较早的开始绿色智能制造，人均产量逐年升高，人均创利表现良好。

人均创利 = 利润总额/全年平均职工人数

本文选取人均创利指标表示一定期间内单位人工为企业创造的利润程度。如下图 5.4 所示，2012-2014 年中国巨石人均创利保持低速增长，2015 年以后随着绿色智能制造技术深化，标准化、自动化数据不断完善，逐步实现生产作业的机械化、自动化，大大提高了工作效率，人均创利高速增长。2019 年和 2020 年受宏观经济环境影响数据小幅波动，2021 年全球疫情不断反弹导致大多数企业停工停产，行业人均创利出现明显下降，但是中国巨石在逆境中寻找继续，继续推进绿色智能制造实施，人工生产效率提升显著，人均创利再创新高，并逐步形成领先优势。

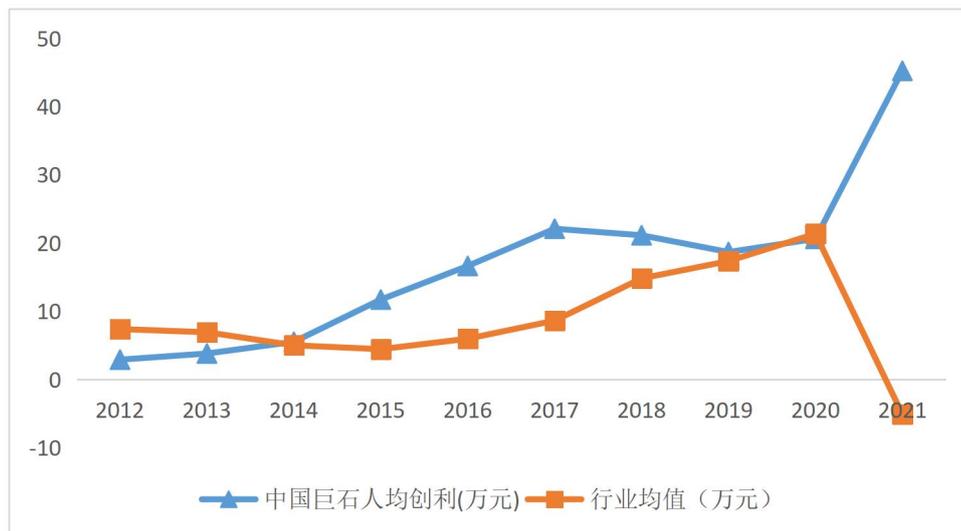


图 5.4 2012-2021 年中国巨石人均创利分析

数据来源：Wind 数据库

### 5.1.3 期间费用

本文主要为了探究绿色智能制造实施对期间费用的影响，在分析期间费用变化时，没有直接采用销售费用、管理费用、财务费用的绝对量，是由于在研究期间内该公司不断扩大生产规模，营业收入逐步攀升。为了避免规模扩大对期间费用的影响，本文主要采用各期间费用占营业总收入的比率进行分析。

如表 5.2 所示，相比于销售费用，管理费用、财务费用占比最高，这与该行业的特征密切相关，玻纤制造属于重资产性制造行业，资本、技术投入较大，其管理费用和财务费用占比较高。此外，由于玻纤及其制品市场集中度高，具有较

高的技术门槛，对下游客户具有品牌效应，销售费用占比相对较低。

表 5.2 各期间费用占营业总收入的比率

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
销售费用占比	3.42%	3.32%	3.21%	3.99%	3.97%	3.71%	3.84%	0.84%	1.15%	0.73%
管理费用占比	9.52%	9.70%	9.10%	8.07%	8.81%	5.39%	5.36%	5.50%	4.77%	6.75%
财务费用占比	14.06%	12.65%	12.47%	10.50%	7.20%	4.85%	3.40%	4.91%	4.16%	2.80%

数据来源：中国巨石 2012-2021 年报数据

如图 5.5 所示，销售费用、管理费用、财务费用占营业总收入的比率均呈现下降趋势，说明企业每创造一单位的收入需要消耗的期间费用降低。公司积极利用绿色智能制造技术加强成本管控，包括利用自动化物流机器人，减少用工量；提高智能化管控，提升管理效率；构建产品成本费用监督考核体系等，期间费用得到控制。

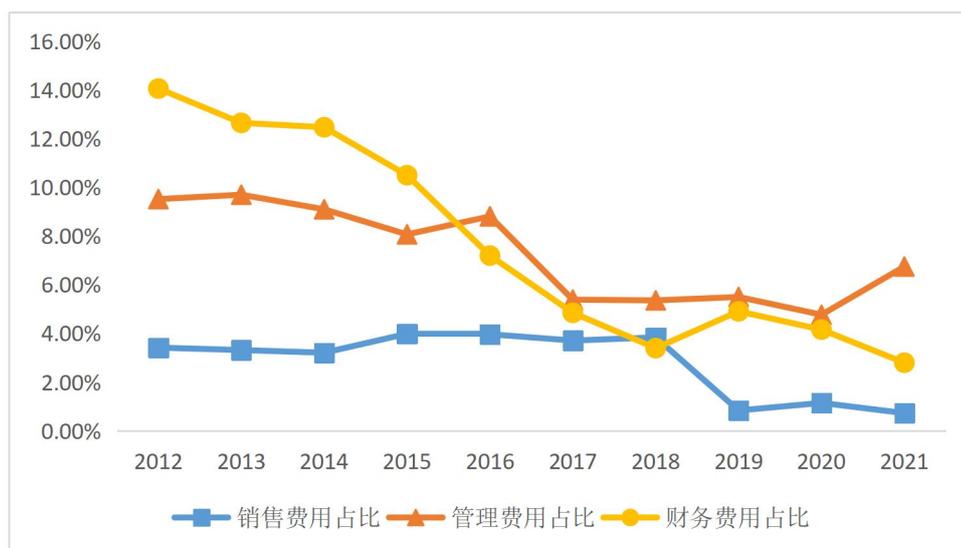


图 5.5 各期间费用占营业总收入的比率趋势分析

绿色智能制造实施后公司财务费用下降最为明显。公司作为绿色化、智能化转型的试点企业，绿色智能制造符合国家战略发展，得到多次专项政府补贴，与此同时公司积极发行绿色票据不仅可以促进绿色智能制造发展，还能进一步降低融资成本。因此，公司贷款结构得到持续优化，降低了财务费用。如图 5.6 公司自绿色智能制造实施以来，其有息负债占比呈下降趋势，2014 年公司有息负债占比达 66.43% 远高于行业平均水平，公司融资成本较高。2021 年公司有息负债占比降到 27.06%，公司财务费用明显降低。

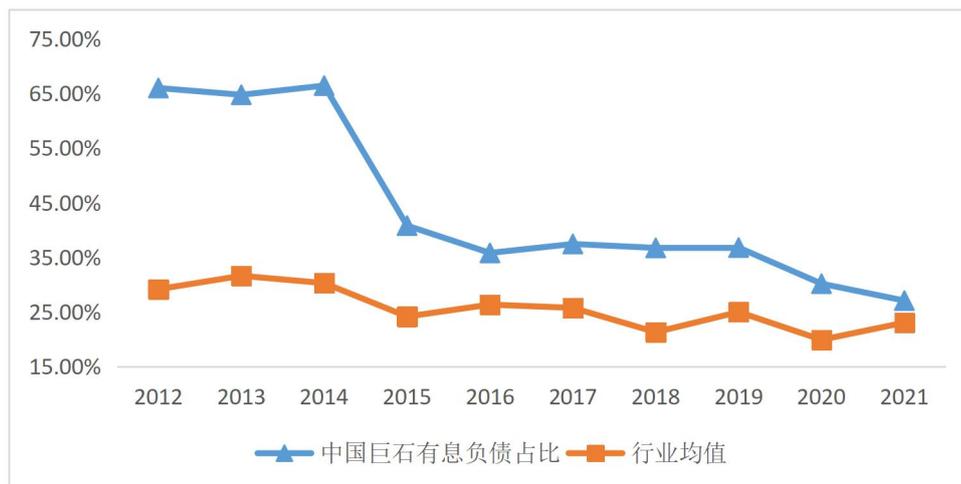


图 5.6 2012-2021 年中国巨石有息负债占比分析

数据来源：依据申万三级行业分类（2021 版）玻纤行业各公司年报数据计算所得

总体而言，中国巨石在绿色智能制造实施以来，其成本费用利润率实现了从追赶领先水平到成为行业的领先水平的飞跃；在生产成本管控方面，绿色智能化生产从原料、能源动力、人工等方面的管控降低了单位玻纤成本，进而提升单位玻纤利润空间；在期间费用管控方面，绿色智能制造通过优化管理、提升生产效率、获得政府补助以及发行绿色票据等方式降低销售费用、管理费用和财务费用。

## 5.2 资产运用效率

通常绿色智能制造业企业可以实现精细化管理，有助于提升资产运用效率。总资产周转率指标可以综合评价企业全部资产经营质量和利用效率，存货周转率用来评价企业对存货的管理能力，应收账款周转率反应企业销售回款能力。选取中国巨石的总资产、存货以及应收账款周转率指标来分析资产运用效率，其指标数据如下表 5.3 所示：

表 5.3 2012-2020 年中国巨石资产运用效率指标

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
总资产的周转率	0.55	0.28	0.33	0.33	0.31	0.36	0.36	0.33	0.33	0.49
存货周转率	4	2.15	2.88	3.47	3.14	3.45	3.67	3.62	4.23	5.70
应收账款周转率（次）	4.88	2.34	2.28	2.3	2.33	2.59	2.92	4.44	9.38	13.69

数据来源：中国巨石 2012-2021 年报数据

纵向分析中国巨石总资产周转率稳中有进。实施绿色智能制造以后总资产周转率略有提升。与行业均值相比，如图 5.7，中国巨石总资产周转率低于行业均值，主要因为中国巨石总资产构成中非流动资产约占 66%、流动资产约占 34%，属于重资产企业，且下游市场范围广、变化快，低端产能过剩时有发生，存货和应收

账款管理有待提升。2012年中国巨石的生产线冷修，将固定资产转为在建工程项目，因此固定资产净值减少，当年总资产周转率较高。在绿色智能制造实施以来，公司总资产周转率逐步提升，与行业均值的差距再缩小，说明公司总资产运用效率提高。



图 5.7 2012-2021 年中国巨石总资产周转率分析

数据来源：新浪财经<sup>①</sup>

具体而言，中国巨石存货周转率提升明显。如图 5.8，实施绿色智能制造前后存货周转率提升明显，一方面，绿色智能制造阶段公司更加重视产品结构调整，高端产品比例提升，公司自主研发玻纤 E8、E9 配方更加符合绿色发展的要求，下游市场需求旺盛；另一方面，公司运用智能仓储，实现了产品的数字化管控，全生产流程管控，优化产销量。与行业均值相比，中国巨石存货周转率低于行业均值，自绿色智能制造实施以来，公司存货管理能力提升，与行业水平差距逐步缩小。

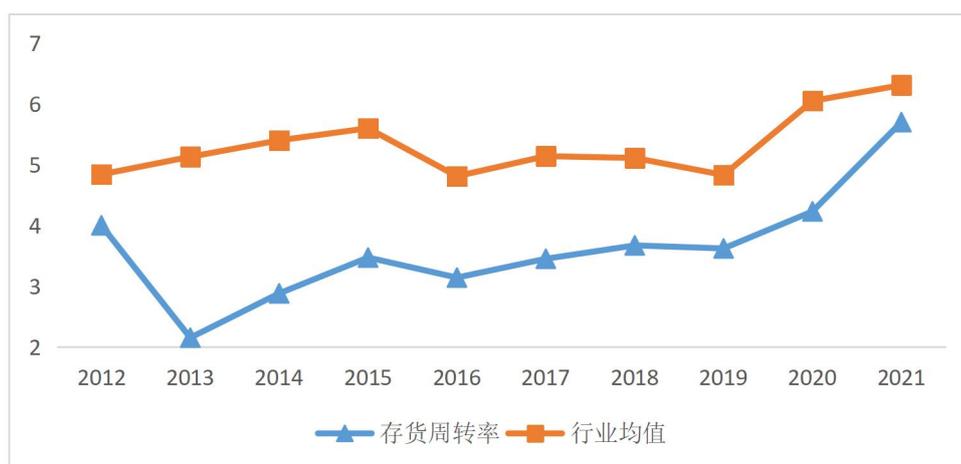


图 5.8 2012-2021 年中国巨石存货周转率分析

数据来源：新浪财经

<sup>①</sup> 2021 年行业均值指按申万三级行业分类已披露 2021 年年度财务报告的上市公司的均值

中国巨石自绿色智能制造实施以来，应收账款周转率呈上升趋势，尤其在绿色智能制造深入阶段提升较为明显。公司常采用现货后款的方式销售，其应收账款数额较大，如图 5.9，2018 年以前公司应收账款周转率低于行业均值。随着绿色智能制造不断深化，公司不断进行迭代产品顺应风电、新能源汽车等新兴市场的崛起，产品由供给过剩转为供不应求。公司以领先的技术、产品以及强大的规模优势，获得玻纤供应链的控制优势，销售回款能力显著提升。此外，公司为了应对流动性风险，积极进行应收账款融资管理，减少坏账比例，提升应收账款的管理水平。



图 5.9 2012-2021 年中国巨石应收账款周转率分析

数据来源：新浪财经

因此，自实施绿色智能制造以来，公司的综合资产管理质量和利用效率有所提升，其中对存货和应收账款的管理能力提升较为明显。随着玻纤制造进入门槛逐步升高，市场寡头格局更加明显，以中国巨石为中心的产业链信息互联惠及更广泛，公司在资产运用效率方面将表现更为突出的优势。

### 5.3 融资获取能力

融资约束在我国上市公司中较为普遍，绿色智能制造具有技术性强、投资规模大、风险高等特性，绿色智能制造企业需要更多的资金投入带动技术升级、产品创新，以提升企业的竞争优势。企业研发活动通常存在融资约束问题(薛龙等，2022)<sup>[92]</sup>，融资约束越强其融资成本越高，对人工智能企业的创新越是不利(董坤坤和王琦，2021)<sup>[93]</sup>。因此，绿色智能制造企业的融资获取能力对其发展至关重要，张树山等(2021)研究发现智能制造通过释放现金流来缓解融资约束，进而促进企业绩效的提升<sup>[81]</sup>。本小节主要来探讨绿色智能制造实施与企业融资获取能力的关系，指标选取时参考张树山等(2021)<sup>[81]</sup>的研究，用流动性来衡量绿色智能制造企业融资

获取能力，流动性越大其融资获取能力越强。

$$\text{流动性} = (\text{流动资产} - \text{流动负债}) / \text{资产总额}$$

如下图 5.10 所示，绿色智能制造实施以后其融资获利能力显著增强。玻纤制造属于重资产行业，整体来看短期债务压力较大。2015 年以前公司不断提升信息化制造水平，扩大生产规模，财务杠杆较高，具有一定的流动性风险。2015 年以来，公司流动性有所提升，逐步缩小于同行的差距，说明随着绿色智能制造的实施公司融资约束有所缓解。



图 5.10 2012-2021 年中国巨石融资获利能力分析

数据来源：新浪财经<sup>①</sup>

中国巨石绿色智能制造的实施促进公司利用上游企业资金、政府补贴、发行绿色票据等方式来缓解融资约束。下面将主要针对中国巨石政府补贴现金流量进行分析，以验证绿色智能制对企业融资约束的缓解作用。

如图 5.11，中国巨石的政府补贴现金流量整体高于行业均值。中国巨石始终坚持绿色发展，较早地发展信息化，2015 年以前公司便获得“两化”融合和环境友好型试点企业，更融合获得政府补贴以及税收优惠。2015 年至 2018 年智能制造刚刚起步，先进技术、生产线技改逐步推进，大规模的智能制造生产基地还未投产，在这一阶段政府补贴现金流量没有显著变化。2018 年以后，智能制造生产基地逐渐投产运营，其在节能降耗方面优势显著。公司于 2018 年获得中国工业大奖，该奖项涵盖了中国巨石主要贡献：一是实现规模集约生产而不是简单的扩大再生产；二是实现了绿色技术、智能技术等先进技术创新；三是产品迭代扩宽应用场景，助力新能源产业发展；四是公司自身的生产过程实现了节能减排降本。公司在绿色智能发展方面走在行业前列，2019 年至 2021 年期间在绿色智能领域先后获

<sup>①</sup> 行业均值由申万行业三级行业分类（2021 版本）玻纤行业上市公司已披露的财务报表数据计算所得。

得多项荣誉，成为行业的标杆企业。因此，依据信号传递效应，绿色智能制造实施有助于公司获得较多的政府补贴，进一步缓解了其融资约束。



图 5.11 2012-2021 年中国巨石政府补贴现金流量分析

数据来源：依据申万三级行业分类（2021 版）玻纤行业各公司年报数据计算所得

此外，根据中国巨石财务报表显示，在绿色智能制造实施期间，公司积极拓宽融资渠道，在 2018、2019、2021 年均发行绿色中期债券，累计募集资金达 12 亿元，该债券利率比同期债券利率较低，有助于企业减少债券融资成本。

因此，绿色智能制造有助于企业融资获取能力的提升。绿色智能制造实施一方面通过信号传递效应有助于企业获得政府补贴和外源融资，另一方面，绿色智能制造实施有助于企业扩宽融资渠道，如发行绿色债券等，有助于融资成本的节约。

## 5.4 财务绩效水平

### 5.4.1 营业收入分析

中国巨石主营业务收入整体呈现稳步上升趋势，市场表现良好。为了进一步分析公司主营业务收入情况，本文选取了中国玻璃纤维工业协会公布的行业数据进行对比。如图 5.12 所示，2012-2014 年玻纤材料市场进入发展期，公司主营业务收入稳步提升，国家大力支持新材料产业，市场需求旺盛，信息化水平逐步提高，企业对高端产品的研发投入成果初显，但其主营业务收入增速远不及行业增速。2015 年以后，智能化逐步渗入生产的各个方面，公司高度重视研发、注重产能优化、在产品性能和生产工艺方面始终保持在前列，公司主营业务收入增速不断向行业水平追赶，并实现了超越。在 2019 年玻纤工业企业整体出现负增长的背景下，公司仍保持了 4.35% 的正增长，2021 年公司主营业务收入同比增长 61.55%，可见公司绿色智能制造实施效果较为明显，主营业务收入具有较强的韧劲。

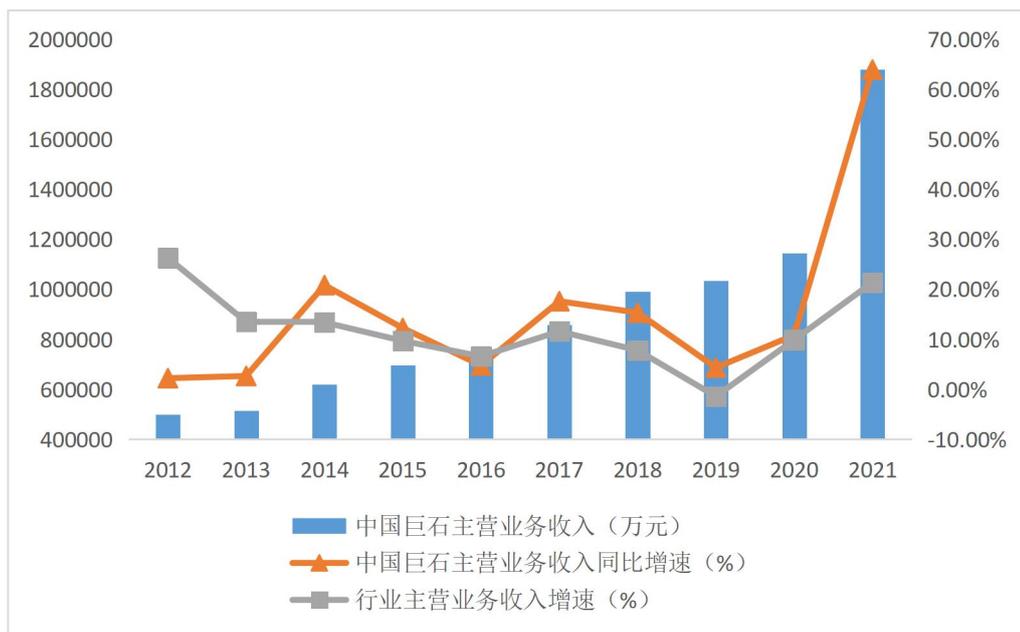


图 5.12 中国巨石主营业务收入分析

数据来源：2012-2021 年中国巨石年报、中国玻璃纤维工业协会

从收入构成来看，如下图 5.13 中国巨石 95%以上的营业收入来源于玻纤及其制品的销售，堪称业务聚焦的典范。在玻纤粗砂产品的研发和生产规模保持了行业领先水平，成为玻纤制造细分领域的龙头企业。2016 年 E8 新产品上市、2019 年 E9 新产品上市，新产品的性能不断提升，扩宽了下游在风电等新能源市场。受“双碳”发展战略影响，国内新能源汽车、建筑节能、电子电器及风电新能源等领域需求增长，同时海外市场受新冠疫情影响供需失衡严重，外贸出口重回上升通道，玻纤及其制品市场较好。

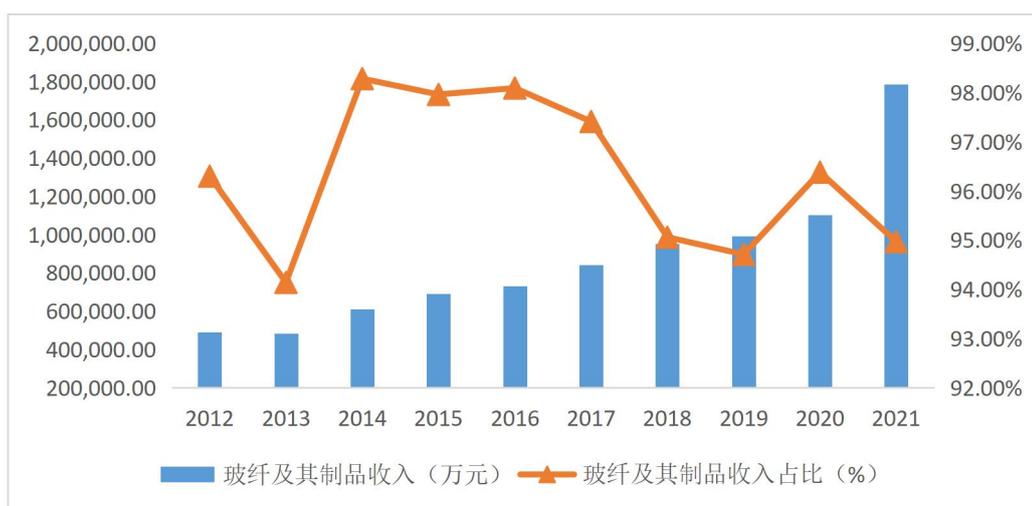


图 5.13 中国巨石主营业务收入构成分析

数据来源：2012-2021 年中国巨石年报数据

### 5.4.2 利润指标分析

中国巨石以玻纤生产为核心，其经营业务活动是公司利润的主要来源，另外考虑到中国资本市场的价值发现能力还有待提升，市场指标不能够准确的反应企业盈利能力，本文参照以往研究选取销售净利润率和净资产收益率两项财务指标来衡量企业绿色智能制造后的盈利情况。销售净利润率通常用来衡量销售收入带来的效益程度，净资产利润率也称股东权益报酬率，衡量企业自有资本的获利能力。

$$\text{销售净利润率} = \text{净利润} / \text{销售收入净额} \times 100\%$$

$$\text{净资产收益率} = \text{净利润} / \text{平均股东权益} \times 100\%$$

绿色智能制造实施以后公司销售净利润率明显提升。从下图 5.14 可以看出，2012-2014 年销售净利润率变化趋势平缓，略低于行业平均水平。在绿色智能制造起步阶段，2015-2018 年，销售净利润率呈现上升趋势，绿色智能制造降本增效的改善效果开始在利润中显现。一方面，绿色智能制造扩大了产能，规模效应凸显，进一步稳固原材料、燃气动力的采购优势，制造费用摊薄。另一方面，产品种类扩展，高端产品比例提升增加利润的稳定性。2019 年中国巨石利润指标有所下滑，受宏观环境影响因素较大，玻纤行业产能扩张凶猛，产品供需失衡，产品价格大幅下跌。2021 年随着多条智能制造生产线投产，公司中高端产品比例上升，产品结构逐步优化，新产品在市场上具有技术领先优势，产品议价能力增强，公司经营活动的创利能力进一步提升。

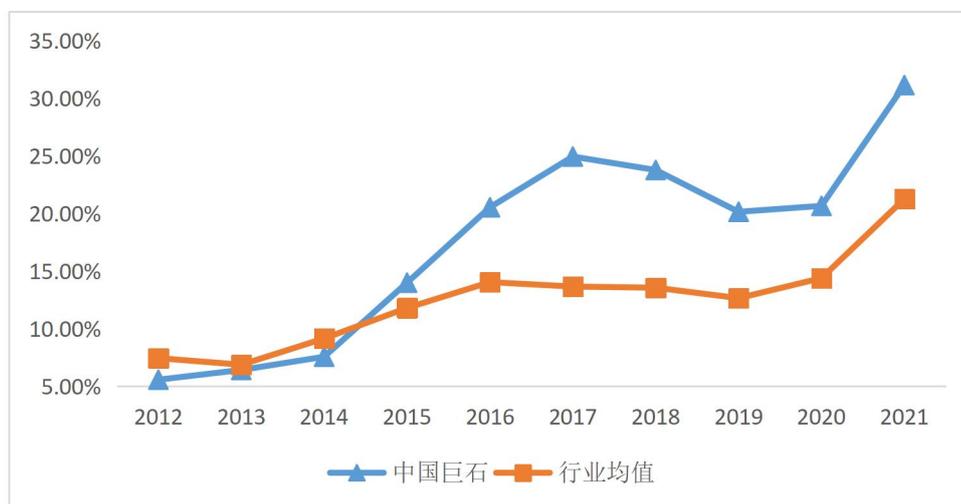


图 5.14 2012-2021 年中国巨石销售净利润率分析

数据来源：新浪财经

绿色智能制造实施以后公司净资产收益率提升较为明显。如图 5.15，2015 年以前，公司处于两化融合阶段，逐步提升自动化水平，生产成本和期间费用得到一定下降。公司净资产收益率略高于行业均值。2015 年以后公司开始布局绿色智

能制造，净资产收益率超越行业均值，且多年保持领先优势，反映了绿色智能制造实施对成本管控、资产管理有较好的效果，自有资产获利能力较强。



图 5.15 2012-2021 年中国巨石净资产收益率分析

数据来源：新浪财经

因此，绿色智能制造实施后，公司财务绩效有所提升。公司主要收入来源是玻纤产品的销售，收入可持续性强，绿色智能制造实施以来，主营业务收入和利润空间明显提升，并且在不利的宏观环境下表现出较强的韧劲。

综上，中国巨石绿色智能制造实施后，成本控制效果较好，通过提升原材料、燃料动力、人工等要素利用效率，降低生产成本，通过智能精细管控、供应链数字化管理、减少有息债务占比等方式降低管理费用、销售费用以及财务费用；绿色智能制造通过产品数字化全生命周期管控、产品结构优化使得存货和应收账款周转率明显提升，总资产运用效率稳中有进；绿色智能制造实施通过信号传递效应有助于公司获得政府补贴和外源融资，扩宽融资渠道，使其流动性增强，融资获取能力提升；最终，中国巨石绿色智能制造实践表现出良好的收入增长态势和稳步增长的利润空间。

## 6 绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理研究

绿色化、智能化浪潮方兴未艾，我国仍有大量的制造业企业正面临着“淘汰出局、渐进式改造、颠覆式升级、服务化转型”的方向抉择。绿色智能制造转型相关机理研究是诸多学者关心的领域，目前该领域的研究较多的集中在“技术”维度，缺乏在“技术—经济”维度对绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理探究。绿色智能制造能够在中国大地遍地开花，不仅需要政府引导，更需要市场的土壤，让绿色智能制造更加符合市场的运行机制，提高企业的内生动力。本章主要从“技术—经济”维度切入，基于中国巨石绿色智能制造赋能及财务效应的研究，对其内在机理进行探究。

### 6.1 绿色智能制造战略提升企业竞争优势

波特基于战略适应性角度提出，战略适应创造了企业竞争优势。战略适应性理论认为企业竞争优势来自于企业战略与企业内外部资源、机会的适应和匹配(王兰云和张金成，2003)<sup>[94]</sup>。中国巨石向绿色化、智能化转型实质是企业适应环境的战略变革，本文梳理了中国巨石在不同环境阶段的战略选择，如下表 6.1 所示，2015 年以前，环保政策不断向玻纤行业施压，中国巨石始终秉持着发展循环经济理念，通过技术创新节约资源降低能耗，成为第一批“资源节约型、环境友好型（试点）企业”。公司较早觉察到原材料、劳动力成本上涨的趋势，以国家重点发展新材料产业为契机，较早布局自动化、信息化，2015 年大批自主研发的“机器人”已经到位，跨出了打造智能工厂的第一步，成本控制能力进一步提升。2018 年公司积极应对环保监管，优化产能结构，提出新“四化”战略，以制造智能化和发展和谐化作为战略目标，标志着绿色智能制造发展不断深入，公司的成本控制优势凸显。在实现“双碳”目标下，2021 年公司提出“一核二链三高四化”战略，积极应对玻纤产品在新能源领域的机遇和挑战，以绿色智能制造进一步巩固公司的成本管控和规模效应，进而提升企业的竞争优势。

表 6.1 中国巨石战略适应性分析

年份	环境变化	中国巨石战略选择
2012	行业环保施压	秉承发展循环经济理念，布局自动化、信息化，依靠技术创新最大限度地减少资源消耗和废物排放。
2015	能源双控行动；绿色化、智能化转型政策指引	两化融合取得阶段性成果，开始迈向绿色智能化；高度重视研发创新、成本管控。

续表

年份	环境变化	中国巨石战略选择
2018	玻纤产能过剩；环保监管常态化，多数“散乱污”企业处于关、停、并、转状态	提出新“四化”战略：即制造智能化、产销全球化、管控精准化、发展和谐化，绿色智能制造发展逐步深入。
2021	“双碳”发展战略背景下，多数玻纤企业在能源供应、原料成本方面面临关停压力	“一核二链三高四化”战略，即坚持玻纤主业，巩固和发展供应链和产业链，打造玻纤产业生态圈。巩固制造数智化、发展和谐化战略，构建“资源高效、能源低碳、过程清洁、废物循环”玻纤绿色制造体系。

资料来源：中国巨石 2012-2021 年公司年报

本文认为中国巨石绿色智能制造是企业适应外部动态环境的战略匹配，该战略不仅是前瞻性的环保战略，更是企业实现柔性生产，提升市场适应性的发展战略。田虹和王宇菲(2020)将环境战略的分为反应型、防御型、适应型和前瞻型，反应性环境战略是对环保问题的被动应答，认为环境管理会消耗资源、增加成本，前瞻型环境战略体现了企业积极应对环保问题，提升自身绿色管理能力，并追求可持续的竞争优势，防御性和适应性属于两个中间过渡阶段。本文依据此环境战略分类标准，认为中国巨石实现了从适应性环境战略向前瞻性环境战略的转变，在绿色智能制造实施以前，公司秉承发展循环经济理念，重视环保问题，环境效益优势初显，但是此阶段其绿色治理还主要停留在提高燃料利用技术以及三废处理技术上，缺乏系统性管理。随着环保趋严、市场动荡性、不确定性增强，企业战略需应对“柔性”、“适应性”压力，中国巨石绿色智能制造战略是一种前瞻性环保战略，同时也是实现柔性生产，提升市场适应性的发展战略。公司自实施绿色智能制造战略以来，借助大数据、智能化技术为绿色管理、成本管控增添新动力。经过长期战略经营，公司在能源、原材料、人工、期间费用等方面不断巩固成本优势，在产品和工艺技术方面形成品牌优势和技术优势。

## 6.2 研发投入推进绿色智能制造战略实施

王琳等(2020)研究发现，制造业研发投入在企业中有明显的知识累计过程，使与研发相关的内部能力得到转化形成企业的核心价值<sup>[95]</sup>。研发投入有助于制造企业无形资产的形成，无形资产具有独特性、难以模仿性，是构成智能制造企业竞争优势的重要资源(李倩和潘玉香，2020)<sup>[64]</sup>。本小节主要从产品和技术创新、创新绩效、绿色效益三方面分析研发投入如何推进绿色智能制造战略的实施。

### 6.2.1 研发投入促进产品和技术创新

张毅和闫强(2022)以华为早期技术研发为例,探究后发企业技术创新及其演化的动力模型,提出技术创新推动产品研发,产品研发推动资本增长<sup>[96]</sup>。中国巨石在玻璃纤维行业从生产落后、产能低下、效率差的状态,逐步达到世界领先水平,再超过先进水平成为玻纤行业的领导者。中国巨石作为后发企业,能够不断研发出新技术、新产品是实现赶超先进水平,避免低端锁定的关键。根据中国巨石财报相关披露,其研发投入主要用于玻璃纤维技术及产品的研发。经过长期的研发投入,目前公司在玻璃配方、大型玻纤池窑、绿色制造三大技术领域位居世界一流水平。

具体来说,持续的研发投入使得公司生产要素向数字化设备、无形资产等高端要素转型,这些要素具有增速快、效率高的特性,推动企业绿色智能技术与制造业深度融合。绿色智能制造模式下,增加高端无形要素有利于企业在客户需求洞察、市场感知、需求创造等方面发力,促进产品创新。当下环境政策趋紧,传统的制造企业粗放发展面临经营困难,绿色理念不断深入,绿色智能制造通过数据共享,能够更快的感知市场变化,迎合绿色需求,研制绿色产品;技术创新推动玻纤行业产能升级,中国巨石打造了玻纤行业首家智能制造基地,用最终产品倒算的方法来确定窑炉设备选型、热工设计、车间布局、制造过程以及物流管理,从而实现节能降本提效的目标。智能制造基地投产使得公司年产能再创世界最高纪录,推动全球玻纤规模生产能力迈上新台阶;技术创新扩宽产品应用场景,在“双碳”目标战略背景下,玻纤在下游风电行业、新能源汽车领域应用场景广阔,公司不断优化玻璃配方,目前 E9 超高模量玻纤实现池窑化量产,进一步扩宽玻纤产品在新兴领域的应用,继续巩固和发展自身行业的领先优势。

### 6.2.2 研发投入提升创新绩效

衡量创新绩效的指标通常采用专利申请数量和专利授权数量,有学者认为专利申请时技术就已经在实践中得到应用,可以准确反映企业创新;另一部分学者认为,专利申请数量虽能体现企业创新意愿,但无法真正反映创新能力增长,更倾向采用专利授权数反映企业创新绩效。本文结合以上观点,选取了研发投入规模和专利授权数指标来分析研发投入与创新绩效的关系。

中国巨石研发规模与累计有效专利授权数变化趋势一致。如下图 6.1 所示,2012-2014 年,公司较早开始信息化、数字化的研发投入,自主研发出机械手臂、全自动化物流输送系统、并积极探索智能生产技术等先进技术,研发投入规模逐年上升,但始终低于行业平均水平。2015 年公司研发投入基本与行业平均水平相当,2016 年至今,公司始终保持的高速增长,研发投入规模远高于行业平均水平。从下图 6.2 中可以发现,中国巨石每年新增授权专利数近 80 项,累计有效专利授

权数呈现逐年攀升的趋势，累计有效专利数与研发投入规模变化基本一致。2013年以来公司每年保持较高的新增专利授权，这与公司绿色智能制造发展阶段基本吻合，专利授权数的高增长趋势比绿色智能生产线、智能制造基地的建设提前了2-3年的时间，可见公司在开工建设之前，已经在技术领域做足了准备。此外，中国巨石还建立了工业大数据，通过数据建模、数字化模拟、智能分析助力研发，减少研发过程中的人工成本和材料成本。截止到2021年底，公司累计有效授权专利804件，其中发明专利317件(包含涉外发明专利147件)，有效发明占比39.43%，比2020年提高3.28个百分点，其创新成果处于行业领先水平。

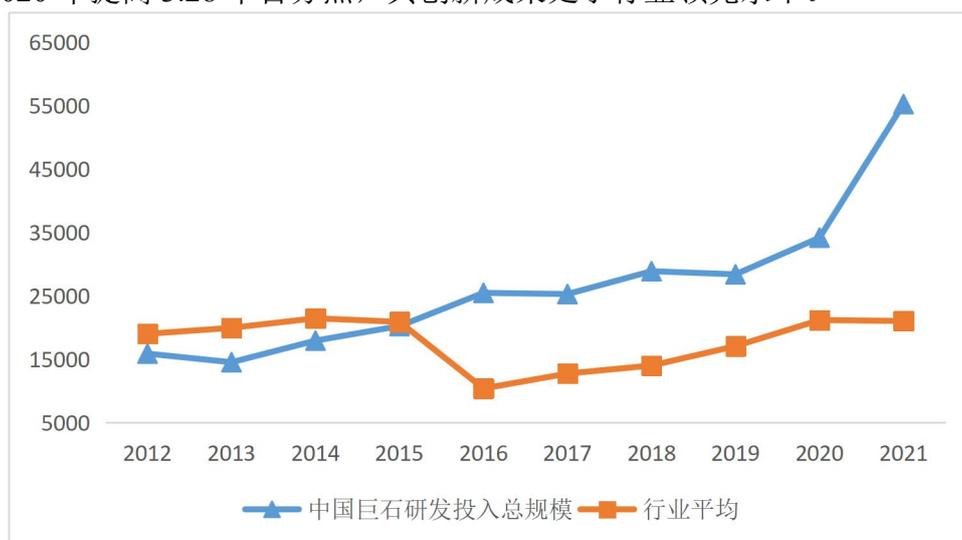


图 6.1 中国巨石研发投入规模分析（单位：万元）

数据来源：wind 数据库



图 6.2 2012-2021 年中国巨石专利授权情况分析（单位：项）

数据来源：中国巨石年报和社会责任报告

目前，制造业企业的研发投入广受资本市场的关注，玻纤材料工业长期以来低端产品同质化严重，要想在行业中脱颖而出，必须在技术上加大研发，提高产品的性能，构筑技术壁垒。因此，公司投入研发规模越大，越向市场传递增强信心的信号，有利于吸引风险投资、引进高端技术设备和人才，进而提升攻坚克难的成功概率。长期以来公司高研发投入形成累计效应，创新绩效显著提升，较强的创新能力将进一步推进绿色智能制造战略的实施。

### 6.2.3 绿色研发形成绿色效益

中国巨石保持着较高的绿色研发投入，节能减排成效明显。自 2016 年以来中国巨石开始披露社会责任报告，如表 6.2 所示，中国巨石绿色发展年均投入 1 亿元用于节能减排，主要有先进的节能技术和节能设备、污染物治理技术和设施。自绿色智能制造实施以来，绿色效益显著提升：“三废”的循环利用，实现减排降本双目标；炉窑的绿色智能化升级，提高了燃料利用率，减少了燃料动力成本及碳排放；绿色智能生产线使玻纤及其制品综合能耗同比下降，2021 年产值能耗同比下降 18%；单位产品碳排放量下降，2021 年每吨产品 CO<sub>2</sub> 排放量为 0.9 吨，比行业均值低 0.6 吨。

表 6.2 中国巨石绿色研发投入与效益分析

年份	绿色投入	绿色效益
2016	1 亿元	绿色发展经济效益 1.2 亿元；
2017	0.72 亿元	节能减排项目累计节省 7954.61 万元（其中废丝项目减排 6985.37 吨；固废项目减排 1162.45 吨；污水项目减排 7411 吨；氟化物减排 1.09 吨；COD 项目减排 35.64 吨）；
2018	1.86 亿元	节能减排项目累计节省 11031 万元（其中 COD 减排 215.7 吨；废气氮氧化物减排 225.41 吨；废气二氧化硫减排 34.13 吨；生活污水减排 2733.33 吨；节约天然气 704.43 万标准立方/年，约 1620.19 万元/年，折合年综合能耗消耗量下降 8553.89 吨标准煤，减少二氧化碳排放 15229.78 吨/年）；
2019	1.4 亿元	吨纱污水排放量、吨纱 COD 产生量分别同比下降 18%和 28%；国内粗纱单位产品综合能耗同比下降 6.99%；
2020	—	绿色创新项目 15 项，减少工业垃圾 1246 吨、玻纤废丝 5300 吨、各类危废 7.13 吨、工业污泥 955 吨、废化工桶 4500 只； 玻纤粗砂产品综合能耗同比下降 0.73%、玻纤细纱产品综合能耗同比下降 0.33%、玻纤制品单位产品综合能耗同比下降 6.52%、玻纤电子布产品综合能耗同比下降 2.79%；

续表

年份	绿色投入	绿色效益
2021	——	公司每吨产品 CO <sub>2</sub> 排放量约 0.9 吨，比行业均值低 0.6 吨；2021 年公司产值能耗同比下降 18%，所有生产线综合能耗均低于行业规范，其中粗纱低 22.5%，细纱低 20%；

资料来源：2016-2021 年中国巨石社会责任报告

公司绿色研发投入主要用于节能降耗项目，在环保领域不断创新，积极加快两化融合，提升绿色智能水平，构建“资源高效、能源低碳、过程清洁、废物循环”的玻纤绿色智能生产体系。绿色研发投入不仅为企业节约了环境治理成本，而且提升了资源的利用效率，节本降耗效果明显。

因此，本文认为中国巨石作为后发企业通过持续的研发投入促进企业技术创新和产品创新，新技术新产品形成了市场竞争优势，绿色智能相关的领先技术成果为企业带来了丰厚的创新绩效和绿色绩效。公司将通过“持续研发投入—驱动技术创新和产品创新—提升创新绩效和绿色绩效”的良性循环，继续做大做强做优绿色智能制造玻纤产业链。

### 6.3 “绿色-智能”协同实现企业成本优化

史丹和李鹏(2021)在分析工业对“双碳”目标的贡献及其实现路径的研究中提出，数字智能技术会促进碳减排，数字化、智能化管控为节能降耗，实现绿色生产提供新方式<sup>[97]</sup>。本小节基于已有文献的基础，结合中国巨石绿色智能制造实践，提出绿色智能技术协同作用，通过提升要素配置效率和绿色管理能力实现企业成本的优化。

#### 6.3.1 绿色智能制造提升要素配置效率

##### (1) 提升生产要素使用效率

智能化技术在提高材料、人工、机器设备的使用效率方面具有显著优势。在绿色智能制造过程中，生产系统可以最大化的管理资源消耗、优化资源配置，减少不必要的资源消耗。同时，生产流程智能化大大降低了对人工的依赖，人工可以从重复、工作环境差、繁重的体力劳动中解脱出来，通过数据操作台实时掌控更多的机器运行状况，提高人均产出。另一方面，通过新一代的信息网络将机器设备互联互通，基于大数据的采集与分析，统筹各生产设备工作量，实时调整优化生产布局，实现柔性制造，解决了传统制造中生产调配不及时、准确性低、设备闲置等问题，提高设备的使用效率。

##### (2) 提升要素运行效率

绿色智能制造打破固有生产要素间的限制，推动要素流动。在企业内部，利用数字孪生技术仿真模拟、数字化精细管控，规划不同环节间的要素投入，利用

智能化学习优化要素配置；在产业链内部，绿色智能制造模糊了生产边界，要素流动不仅局限在企业内部的资源优化，而是通过产业链数据及时共享、及时调整产能，从而实现供需动态平衡，产业链要素配置效率最大化；在产业与产业之间，绿色智能制造打破了传统的产业布局 and 空间布局，不同产业链、不同地区间要素流动成本降低，为企业要素配置提供更多的可能性，进而加速要素流动。

### （3）提升组织管理效率

智能化技术可以优化企业生产制造、产品溯源与供应链、成本控制等方面的管理效率。在生产制造环节，智能化管理通过对生产过程的设备管控、数据采集、过程监测、质量检测、生产调度等记录分析，逐步实现准确、及时的智能化生产管控；在产品溯源与供应链环节，产品在包装环节就拥有了专属的二维码，有助于企业进行分类储存以及客户进行产品溯源检查，以智能制造为代表的先进技术，有助于不同企业间信息互联、打破信息孤岛，保证数据准确、及时，通过控制库存出入平衡的方式，来实现采买、入库以及支出等自动化的流程，实现资金、数据以及物流的多方协调，降低企业的交易成本和运营成本。在成本控制方面，人工智能可以取代重复、繁琐、工作量大的基本核算业务，减少了人力需求，有助于人力成本管控。此外，在成本控制方面会涉及到大量制造费用、期间费用的分配，传统的管理会计因生产数据的搜集限制使得成本费用分配不精确，而绿色智能制造方便数据采集，成本费用分配更准确有利于不断优化成本，为企业创造更多利润。

## 6.3.2 绿色智能制造提升绿色治理能力

### （1）实现智能化管控

绿色智能制造提升了企业信息化、智能化程度，为企业实现智能化管控提供支持。智能化管控依托将碎片化信息进行整合、分析、共享的大数据平台，建立生产、能源管控、污染处理等环节的动态监管。一方面，智能化动态环境监测可以帮助企业进行污染排放管理，实现清洁生产的目标，减少环境处罚的风险。另一方面，智能化动态环境监测进一步完善可以推进企业 ESG 绩效评价发展，解决 ESG 数据收集管理、信息监测复核等难题，帮助监管部门识别披露的虚假排放数据“漂绿”行为，有利于节约监督成本、提升监督效果。

### （2）促进绿色技术创新

绿色智能制造能够实现信息共享，引导企业作出绿色转型的实际行为。生产过程中能源消耗不仅阻碍绿色发展，更会影响企业成本控制，企业会在提高能源利用率相关技术上下功夫。企业通过绿色技术创新提高能源利用效率。如利用智能监控系统实时监控能源的使用情况，利用大数据智能分析决策进行燃料的分散

投入，减少了不必要的能源投入，避免了人工由于个人经验判断差异造成的能源利用不充分。同时，绿色大数据中心会实时采集能源使用情况，形成数据库，通过对数据的自我学习与分析，规划能源投入量与投入时间的最优方案，不断优化提升能源使用效率。

### （3）增强企业内外部绿色协同治理

绿色智能制造实现产品全生命周期管理，增强企业内部绿色协同治理。智能技术推动实现产品绿色设计、绿色生产、绿色包装、绿色使用和绿色回收全生命周期的数字化管理。在绿色设计方面，数字化研发设计是产品的起点也是关键点，产品配方、工艺流程、包装、寿命、回收处理的绿色性是考虑的关键，然后利用数字化建模仿真技术，不断优化产品、工艺等方面的设计，最终实现包括设计流程在内的全生命周期绿色化管理。

绿色智能制造通过产业链信息互联，增强企业外部绿色协同治理。产业链环境信息互联，一方面可以让企业了解自身绿色生产状况，决策是都进行的绿色升级。另一方面，企业可以依据公开信息，选择绿色治理较好的供应商，从而减少碳排放量，降低绿色治理成本。环境信息互联平台可以加强企业间绿色信息交流，降低企业交易成本和绿色治理成本，实现清洁生产良性循环，进而实现产业链降本增效。

综上，本章在相关理论基础，结合中国巨石绿色智能制造实践和财务效应分析，归纳绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理如下图 6.3 所示：

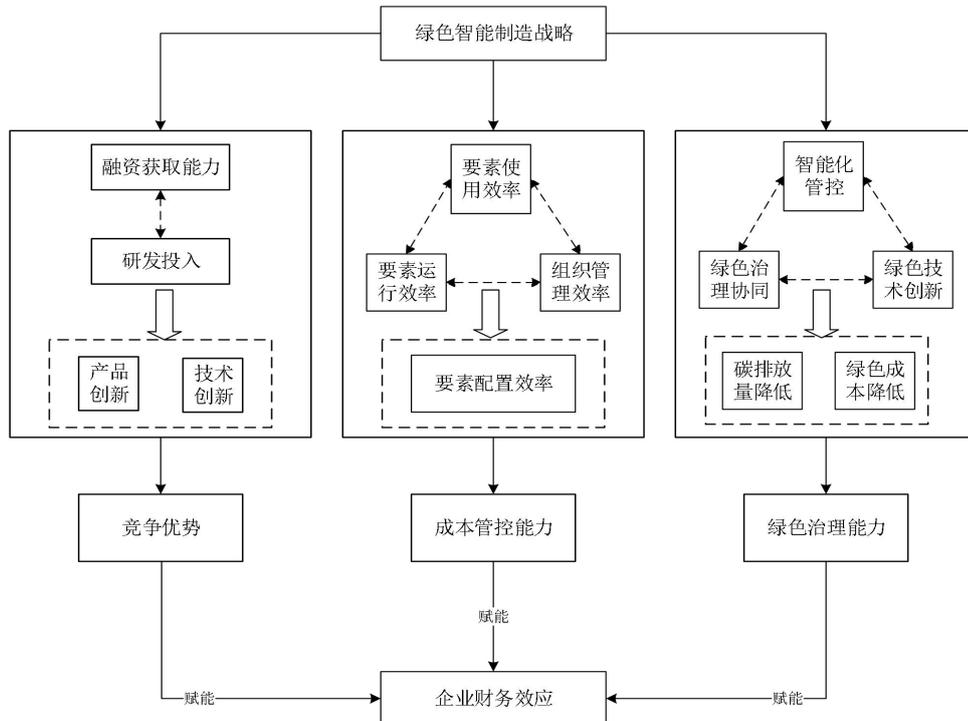


图 6.3 绿色智能制造赋能企业财务效应的机理模型（笔者绘制）

首先，本文认为绿色智能制造战略不仅是前瞻性的环保战略，更是企业实现柔性生产，提升市场适应性的发展战略。在绿色智能制造模式下，产品创新和技术创新是形成企业竞争优势的关键因素，绿色智能制造通过信号传递效应提升企业融资获取能力，促进企业进行持续的研发投入，巩固技术和产品领域的优势地位。而持续的研发投入会提升企业创新绩效和绿色绩效，推动绿色智能制造战略不断深化，不断提升企业竞争优势。其次，绿色智能制造通过提升要素的使用效率、要素运行效率、组织管理效率来提升企业全要素配置效率，进而提升成本管控能力。最后，绿色智能制造通过智能化管控、绿色技术创新、绿色治理协同三方面相互促进、相互影响，实现企业碳排放量降低、绿色成本降低，进而提升企业绿色管理能力。因此，本文认为绿色智能制造以“竞争优势、成本管控能力、绿色治理能力”为传导中介，正向促进绿色智能制造赋能企业形成良好的财务效应。

## 7 研究结论与启示

### 7.1 研究结论

我国制造业向绿色化、智能化发展是实现高质量发展的必由之路，许多制造业企业具有转型动机，但转型路径和转型效果又不太明晰，中国巨石绿色智能制造发展属于渐进式改造，是由点到线、由线到面的逐步深化过程，本文选取玻璃纤维制造领域的龙头企业中国巨石为研究对象，分析公司转型动因发现，绿色智能制造转型不仅是符合国家战略需要，更是企业谋求发展、稳固玻璃纤维制造这一细分领域领先地位的需要。分析公司绿色智能制造实践发现，绿色智能制造注重全过程绿色化，体现在数字化绿色产品研发、智能绿色生产线等各个环节之中，因此，中国巨石绿色智能制造是具有绿色性的智能制造。

本文通过 2012-2021 年中国巨石各项财务指标以及行业均值对比分析公司绿色智能制造不同发展阶的财务效应，并在此基础上对绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理进行探究，得出以下结论：

第一，绿色智能制造通过研发投入提升竞争优势，实现成本优化

中国巨石重视研发投入，提前布局专利研发，专利授权数的增长趋势比绿色智能生产线、智能制造基地的建设提前了 2-3 年的时间，每年研发投入金额约占销售收入的 3%，同时重视绿色研发投入，年均投入约 1 亿元左右用于节能减排项目，主要涉及先进的节能技术和节能设备、污染物治理等技术和设施。经过长期布局 and 经营，企业绿色智能制造规模优势凸显，研发投入形成的累计效应使得中国巨石产生了良好的成本控制效果，能源、材料成本得到进一步控制。具体而言，绿色智能制造不断优化工艺流程，节约了材料成本、人工成本，提高生产效率，从而获得较高的利润空间；绿色智能制造模式使企业管理更加精细化、智能化，管理费用、销售费用占营业收入比重逐渐下降；企业在“三废”的循环利用、炉窑的绿色智能化升级、绿色智能生产线落地等绿色效益方面效果显著提升，实现了减排降本双目标。

第二，绿色智能制造通过优化要素配置提升资产运用效率

绿色智能制造对外通过大数据中心及时获取供应商和客户的动态信息，对内实现生产精细化管理，根据市场导向及时调整产品结构，减少过剩产能。中国巨石总资产周转率稳中有进，与行业行距逐渐缩小。其中，绿色智能制造促进存货和应收账款的管理提升较为明显，一方面得益于绿色智能制造阶段公司对产品结构调整的重视，高端产品比例提升，公司自主研发玻纤 E8、E9 配方更加符合绿色发展的要求，下游市场需求旺盛；另一方面得益于公司运用智能仓储，实现了产品的数字化管控，全生产流程管控，优化产销量。

第三，“绿色-智能”协同发展提升企业融资能力与盈利水平

“绿色-智能”协同发展符合国家战略规划，更能满足企业适应市场、谋求高质量发展的需要。绿色智能制造通过提升绿色治理能力、优化成本管控，可以向政府以及市场投资者传递较好的信号，使企业更容易获得政府在绿色发展和智能化发展项目上的补贴，更有助于企业拓宽融资渠道，如发行绿色债券在融资速度、融资规模以及利率方面具有显著的优势，降低融资成本，进而缓解公司融资约束。

“绿色-智能”协同发展推动成本管控、资产运用效率与融资获取能力提升，来自多方面财务效应的优化最终均表现为企业盈利水平的提升。中国巨石在绿色智能制造实施以来，主营业务收入增速赶超行业整体水平，且公司主营业务收入主要来自玻纤销售，收入具有可持续性。在2019年玻纤工业企业整体出现负增长的背景下，公司仍保持了4.35%的正增长，可见公司绿色智能制造实施效果较为明显，主营业务收入表现出较强的韧劲。绿色智能制造实施以来，公司利润空间逐步增大，一方面是公司通过绿色智能制造优化成本管控的结果，另一方面公司领先的技术优势、产品优势迎合了市场需求，为公司创造了更大的议价能力，进一步扩大了利润空间。

## 7.2 经验启示

本文结合中国巨石绿色智能制造转型的动因、财务效应、内在机理的分析研究，提出一些具有普适性的启示，希望对玻纤企业以及类似的制造业绿色智能制造发展提供参考。

第一，增加绿色技术、智能化技术研发投入

技术创新有助于企业形成竞争优势，绿色技术和智能技术创新是绿色智能制造发挥优势的关键。绿色智能制造企业应加大绿色技术攻关，主动承担环保责任，更多关注企业制造过程绿色化，提升源头治理绿色技术，实现低能耗、低成本、零排放的绿色制造；应增强智能化研发投入，实现新一代信息技术、网络技术与制造业深度融合，为节能降耗、绿色发展提供了新的解决方案。智能化技术具有高速处理数据的能力，为企业构建高度灵活的个性化、数字化生产模式和服务模式，实现传统能源向新能源转变、人工向人工智能转变、高污染高能耗生产向绿色生产转变。

第二，因企制宜发展绿色智能制造

企业应选择与自身能力和行业竞争优势相匹配的转型路径。洪勇和苏敬勤(2007)提出“产业拉动技术和技术推动产业”的两种技术与产业协同的起步方式<sup>[98]</sup>，我国制造业除了少数实力较为雄厚可以采用技术进步推动产业发展，更多的企业属于中小型制造业，采用产业拉动技术的协同方式更为合适。早在十二五期间，

国民经济转型调整、应用市场需求升级，中国巨石抓住产业变革，开始加大研发投入，取得了技术创新和产品创新成果，推进两化融合，为绿色智能制造打下坚实基础。对于各项能力都不突出的制造业企业来说，转型初期应该顺应产业发展趋势，寻求自身定位，专注自己细分领域，积极融入产业链。随着自身实力逐步雄厚，争取在细分领域尽善尽美，提升对产业链的把控能力。

### 第三，绿色智能技术应与绿色智能管理相匹配

绿色智能制造具有跨学科、跨领域等属性，与传统的企业管理模式不相适应。在研发设计管理方面，企业应重视绿色产品研发，充分利用数字孪生技术、构建研发数据库，进行研发仿真模拟，缩短研发时间，节约研发成本；在生产制造管理方面，企业应加强材料、人工、能源及动力的节约管理，不断优化生产工艺流程，完善生产成本管控；在企业运营管理方面，优化人力资源管理，加强员工技能培训，重视技术人员队伍建设，适当调整各部门的人员分配。通过智能技术信息共享，加强部门间、企业间的沟通，提高工作效率，从而实现营运成本降低。绿色智能技术与绿色智能管理协同共进，才能更好的发挥绿色智能制造对企业成本管控优势，从而更好的实现制造业降本提质增效。

### 第四，智能互联覆盖范围应更加广泛

目前绿色智能制造更多的集中在企业内部，在产业链上的信息互联渗透还有不足。玻纤产业链上游制造需连续化生产，一旦点火不得停产，且品类繁多，下游需应用广泛、需求变化快，有许多制造行业具有类似的特点，因此做到上下游企业的信息共享对保证供需平衡，促进产业升级十分重要。加强上下游企业间的工业大数据网络建设，让产业链企业，按需设计、协同设计、以销定产、精细化管理，进一步实现整个产业链绿色化、智能化的融合发展。

## 7.3 不足与展望

本文采用的数据主要来自上市公司公开数据，未能够获得中国巨石的现场调查或者对管理者的深入访谈的一手资料，在对绿色智能制造成本效应分析时，未能对成本费用具体变化量进行精算分析。此外，中国巨石绿色智能制造进程在不断地推进，相关结论仍需要时间的检验，今后会持续关注该领域的研究，不断完善现有的研究成果。

本文采用单案例进行研究，在绿色智能制造赋能企业财务效应的内在机理研究部分，缺乏大样本实证验证，希望在以后的研究中对更多绿色智能制造转型的案例进行研究，不断完善制造业实施绿色智能制造与财务效应之间的内在传导机理，以体现内在机理研究的普适性。

## 参考文献

- [1] 王婷, 廖斌, 杨承诚. 大数据驱动的绿色智能制造模式及实现技术[J]. 重庆大学学报, 2020, 43(01): 64-73.
- [2] 姚树俊, 荆玉蕾, 丁冠翔. 智能信息互联、绿色治理能力与制造业环境绩效[J]. 西安财经大学学报, 2022, 35(01): 53-65.
- [3] 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.
- [4] 张武杰. 机电产品智能制造的绿色性评估方法及应用研究[D]. 浙江大学, 2019.
- [5] 李伯虎, 柴旭东, 刘阳等. 工业环境下信息通信类技术赋能智能制造研究[J/OL]. 中国工程科学: 1-11[2022-04-07]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4421.G3.20220325.1006.002.html>
- [6] 路甬祥. 走向绿色和智能制造——中国制造发展之路[J]. 中国机程, 2010, 21(04): 379-386.
- [7] 傅志寰, 宋忠奎, 陈小寰等. 我国工业绿色发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2015, 17(08): 16-22.
- [8] 翁士增. 构建绿色智能制造新模式[J]. 浙江经济, 2019(02): 56-57.
- [9] 刘飞, 曹华军, 何乃军. 绿色制造的研究现状与发展趋势[J]. 中国机械工程, 2000(Z1): 114-119.
- [10] 孙柏林. 未来智能装备制造业发展趋势述评[J]. 自动化仪表, 2013, 34(01): 1-5.
- [11] 余东华, 胡亚男, 吕逸楠. 新工业革命背景下“中国制造2025”的技术创新路径和产业选择研究[J]. 天津社会科学, 2015(04): 98-107.
- [12] 庄存波, 刘检华, 张雷. 工业 5.0 的内涵、体系架构和使能技术[J]. 机械工程学报: 1-13.
- [13] 李婉红, 李娜. 绿色智能制造生态系统多主体协同创新的随机演化博弈[J/OL]. 运筹与管理: 1-10[2022-04-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1133.G3.20220314.1808.004.html>
- [14] Giret, A., Trentesaux, D. & M. Salido, et al. A holonic multi-agent methodology to design sustainable intelligent manufacturing control systems[J]. *Journal of cleaner production*, 2017, 167: 1370-1386.
- [15] Zhang, X., Ming, X. & Z. Liu, et al. General reference model and overall

frameworks for green manufacturing[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 237(C): 117757-117757.

[16] Taisch, M., Cassina, J. & B. Cammarino, et al. Action roadmap on key areas 1, 2 and 3 [R]. Milano: POLIMI, 2010.

[17] Lasi, H., Fettke, P. & H.G. Kemper, et al. Industry 4.0[J]. *Business & Information Systems Engineering*, 2014,6(4): 239-242.

[18] 刘慧岭, 凌丹. 全球价值链重构与中国制造业转型升级——基于价值链分布的视角[J]. 中国科技论坛, 2019(07): 84-95.

[19] 韩立达, 史敦友, 张卫. 技术创新与工业绿色化:作用机理和实证检验[J]. 经济问题探索, 2020(05): 176-190.

[20] Stock, T. & G. Seliger. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0[J]. *Procedia Cirp*, 2016, 40: 536-541.

[21] Waibel, M.W., Steenkamp, L.P. & N. Moloko, et al. Investigating the effects of smart production systems on sustainability elements[J]. *Procedia Manufacturing*, 2017, 8:731-737.

[22] Acemoglu, D. & P. Restrepo. Artificial intelligence, automation and work[R]. Philadelphia: National Bureau of Economic Research, 2018.

[23] 杨兴锐. 智能制造背景下制造业的商业模式创新——以沈阳机床为例[J]. 技术经济与管理研究, 2018(02): 109-112.

[24] 李文瑞, 刘奕, 沈聪燕. 改革开放以来我国纺织企业由传统制造向智能制造的嬗变——以 LS 纺织企业智能制造项目建设为例[J]. 企业经济, 2018, 37(10): 61-69.

[25] 肖静华, 吴小龙, 谢康等. 信息技术驱动中国制造转型升级——美的智能制造跨越式战略变革纵向案例研究[J]. 管理世界, 2021, 37(03): 161-179.

[26] 邵婧婷. 数字化、智能化技术对企业价值链的重塑研究[J]. 经济纵横, 2019(09): 95-102.

[27] 荆林波, 袁平红. 全球价值链变化新趋势及中国对策[J]. 管理世界, 2019, 35(11): 72-79.

[28] 钟志华, 臧冀原, 延建林等. 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.

[29] 吕越, 谷玮, 包群. 人工智能与中国企业参与全球价值链分工[J]. 中国工业经济, 2020(05): 80-98.

[30] Teece, D., Pisano, G. & A. Shuen. Dynamic capabilities and strategy management[J]. *Strategy Management Journal*, 1997, 18(7): 509-533.

- [31] Barney, J. Firm resources and sustained competitive advantage[J]. *Journal of Management*, 1991, 17(1): 99-120.
- [32] Bharadwa, A.S. A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical Investigation[J]. *MIS Quarterly*, 2000, 24(1): 169-196.
- [33] 董保宝, 葛宝山, 王侃. 资源整合过程、动态能力与竞争优势: 机理与路径[J]. *管理世界*, 2011(03): 92-101.
- [34] Marques, P., Francisco, U. P. & S. F. Paulo. Are Competencies and Corporate Strategy Aligned? An Exploratory Study in Brazilian Steel Mills[J]. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, 2017, 16(4) : 117-132.
- [35] Schoemaker, P., Heaton, S. & D. Teece. Innovation, Dynamic Capabilities, and Leadership[J]. *California Management Review*, 2018, 61(1): 15-42.
- [36] Mikalef, P., Krogstie, J. & I. Pappas, et al. Exploring the relationship between big data analytics capability and competitive performance: The mediating roles of dynamic and operational capabilities[J]. *Information & Management*, 2020, 57(2): 103169.
- [37] 李婉红, 毕克新, 曹霞. 环境规制工具对制造企业绿色技术创新的影响——以造纸及纸制品企业为例[J]. *系统工程*, 2013, 31(10): 112-122.
- [38] 杜宝瑞, 王勃, 赵璐等. 智能制造系统及其层级模型[J]. *航空制造技术*, 2015(13): 46-50.
- [39] 陶永, 闫学东, 王田苗等.面向未来智能社会的智能交通系统发展策略[J]. *科技导报*, 2016, 34(07): 48-53.
- [40] 刘培基, 刘飞, 王旭等.绿色制造的理论与技术体系及其新框架[J]. *机械工程学报*, 2021, 57(19): 165-179.
- [41] Gierej, S. The framework of business model in the context of industrial internet of things[J]. *Procedia Engineering*, 2017 (182): 206-212.
- [42] Oliveira, D.T.D. & M.N. Cortimiglia. Value co-creation in web-based multi-sided platforms: A conceptual framework and implications for business model design [J]. *Business Horizons*, 2017, 60(5): 747-758.
- [43] 苏贝. 制造业智能化转型升级影响因素及其实证研究[D]. 西安理工大学, 2018.
- [44] 钱雨, 张大鹏, 孙新波等.基于价值共创理论的智能制造型企业商业模式演化机制案例研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2018, 39(12): 123-141.
- [45] 长青, 郭松明, 马萍等. 主导逻辑对商业模式创新的作用机理: 基于动态

资源管理视角[J]. 科研管理, 2021, 42(12): 45-55.

[46] “新一代人工智能引领下的智能制造研究”课题组. 中国智能制造发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2018, 20(04): 1-8.

[47] 周源, 臧冀原, 苗仲桢等. 推进智能制造的技术升级路线——并行推进、融合发展[J]. *Engineering*, 2019, 5(04): 211-234.

[48] 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.

[49] 周勇, 赵聃, 刘志迎. 我国智能制造发展实践及突破路径研究[J/OL]. 中国工程科学:1-8[2022-03-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4421.g3.20211103.1516.006.html>

[50] 刘飞. 数字化转型如何提升制造业生产率——基于数字化转型的三重影响机制[J]. 财经科学, 2020(10): 93-107.

[51] 赵剑波. 企业数字化转型的技术范式与关键举措[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2022, 22(01): 94-105.

[52] 陈旭升, 梁颖. 双元驱动下智能制造发展路径——基于本土制造企业的多案例研究[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(10): 71-80.

[53] 孟韬, 赵非非, 关钰桥等.“智能+”时代智能制造后发企业从追赶到超越的演化与机理研究——以新松机器人公司为例[J]. 管理学报, 2021, 34(01): 111-125.

[54] 尹华, 余昊, 谢庆. 基于价值链优化的制造企业智能化转型升级研究[J]. 中国科技论坛, 2021(03): 113-122.

[55] 孔令英, 王晓菲. 企业绿色绩效研究回顾及展望[J/OL]. 财会月刊: 1-10 [2022-03-13]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1290.F.20220302.0903.020.html>

[56] 饶敏. 经济转型过程中的战略适应理论的证实性研究[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2008(03): 139-141.

[57] Kashmanian, R., Wells, R.& C. Keenan. Corporate Environmental Sustainability Strategy: Key Elements[J]. *Journal of Corporate Citizenship*, 2011, 44: 107-130.

[58] Huang,W.J. & Y. H. Li. Green Innovation and Performance: The View of Organizational Capability and Social Reciprocity[J]. *Journal of Business Ethics*, 2017, 145(2): 309-324.

[59] 孙新波, 苏钟海. 数据赋能驱动制造业企业实现敏捷制造案例研究[J]. 管理科学, 2018, 31(05): 117-130.

[60] 张光宇, 欧春尧, 刘贻新等. 人工智能企业何以实现颠覆性创新?——基于扎根理论的探索[J]. 科学学研究, 2021, 39(04): 738-748.

[61] 郑勇华, 孙延明, 尹剑峰. 智能化转型、智能化能力与制造企业转型绩效

——战略匹配的调节作用[J/OL]. 科技进步与对策: 1-10[2022-03-28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1224.G3.20211102.1319.009.html>

[62] 陈静怡, 张保留, 罗宏等. 研发投入对我国上市环保企业绩效的影响分析[J]. 环境工程技术学报, 2021, 11(02): 393-400.

[63] 应里孟, 阳杰, 高曼如. 智能制造与企业绩效——基于 PSM-DID 方法的实证检验[J]. 财会月刊, 2020(12): 11-17.

[64] 李倩, 潘玉香. 智能制造企业无形资产结构与经营绩效相关性研究[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2020, 22(S1): 19-26.

[65] 陈金亮, 赵雅欣, 林嵩. 智能制造能促进企业创新绩效吗? [J]. 外国经济与管理, 2021, 43(09): 83-101.

[66] 冯巧根. 基于智能制造的管理会计创新[J]. 会计之友, 2016(11): 126-132.

[67] 吕文晶, 陈劲, 刘进. 智能制造与全球价值链升级——海尔 COSMOplat 案例研究[J]. 科研管理, 2019, 40(04): 145-156.

[68] 李婉红, 王帆. 智能化转型、成本粘性与企业绩效——基于传统制造企业的实证检验[J]. 科学学研究, 2022, 40(01): 91-102.

[69] 潘玉香, 李倩. 智能制造企业信息技术投入对企业绩效的影响研究[J]. 会计之友, 2021(18): 9-16.

[70] Xie, X., Huo, J. & G. Qi, et al. Green Process Innovation and Financial Performance in Emerging Economies: Moderating Effects of Absorptive Capacity and Green Subsidies[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2016, 63(1): 101-112

[71] 何小钢, 梁权熙, 王善骝. 信息技术、劳动力结构与企业生产率——破解“信息技术生产率悖论”之谜[J]. 管理世界, 2019, 35(09): 65-80.

[72] 唐贵瑶, 陈琳, 陈扬等. 高管人力资源管理承诺、绿色人力资源管理与企业绩效: 企业规模的调节作用[J]. 南开管理评论, 2019, 22(04): 212-224.

[73] 夏同水, 王媛, 邢超. 绿色管理对企业创新绩效的影响研究[J]. 中国科技论坛, 2020(03): 64-73.

[74] 黄阳华. 德国“工业 4.0”计划及其对我国产业创新的启示[J]. 经济社会体制比较, 2015(02): 1-10.

[75] 刘军, 常慧红, 张三峰. 智能化对中国制造业结构优化的影响[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2019, 21(04): 35-41.

[76] 高煜. 我国经济高质量发展中人工智能与制造业深度融合的智能化模式选择[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版), 2019, 49(05): 28-35.

[77] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 2021, 42(07): 114-129.

- [78] 孟凡生, 徐野, 赵刚. “智能+”对制造企业创新绩效的影响机制研究[J/OL]. 科研管理: 1-14[2022-03-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1567.g3.20211012.1638.009.html>
- [79] 楼永, 王偲琪, 郝凤霞. 工业智能化对企业绩效的影响——基于薪酬视角的中介效应研究[J]. 工业技术经济, 2021, 40(03): 3-12.
- [80] 蔡呈伟, 戚聿东. 工业互联网对中国制造业的赋能路径研究[J]. 当代经济管理, 2021, 43(12): 40-48.
- [81] 张树山, 胡化广, 孙磊. 智能制造有利于增加企业技术创新投入吗——基于智能制造试点的准自然实验[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(23): 76-85.
- [82] 葛陈鹏, 季承, 糜娜等. 基于制造执行系统的纺纱企业智能化转型探讨[J]. 棉纺织技术, 2021, 49(10): 42-46.
- [83] 时运来, 付少蕾, 春辉等. 面向智能制造的柴油机数字化车间构建与实施[J]. 机械设计与制造, 2021(09): 120-124.
- [84] Winter, S. G. Understanding Dynamic Capabilities[J]. *Strategic Management Journal*, 2003, 24(10): 991-995.
- [85] Helfat, C.E. & M.A. Peteraf. The Dynamic Resource-Based View: Capability Lifecycles[J]. *Strategic Management Journal*, 2003, 24(10): 997-1010.
- [86] 苏敬勤, 林菁菁, 张雁鸣. 创业企业资源行动演化路径及机理——从拼凑到协奏[J]. 科学学研究, 2017, 35(11): 1659-1672.
- [87] 王娟茹, 李苹. 外部知识搜索对制造企业技术创新的影响——知识协奏能力的中介作用与创新意愿的调节作用[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(03): 81-87.
- [88] 林菁菁, 张雁鸣, 苏敬勤. 从资源拼凑到资源协奏——一个制度情境视角的解释[J]. 管理评论, 2021, 33(10): 249-262.
- [89] 张璐, 王岩, 苏敬勤等. 资源基础理论: 发展脉络、知识框架与展望[J/OL]. 南开管理评论: 1-22[2022-03-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.f.20210928.0209.002.html>
- [90] Miller, H.& P. Mork. From Data to Decisions: A Value Chain for Big Data[J]. *IT Professional*, 2013, 15(1): 57-59.
- [91] 李晓华, 王怡帆. 数据价值链与价值创造机制研究[J]. 经济纵横, 2020(11): 54-62.
- [92] 薛龙, 张雪麟, 郭歌. 全球经济政策不确定性对我国企业创新的影响研究——基于融资约束的视角[J]. 金融理论与实践, 2022(03): 40-47.
- [93] 董坤坤, 王琦. 社会资本、融资约束与人工智能企业创新绩效[J]. 调研世界, 2021(12): 43-50

- [94] 王兰云, 张金成. 论企业竞争优势的来源[J]. 当代财经, 2003(04): 91-94.
- [95] 王琳, 刘沛鑫, 沈沛龙. 研发投入累积效应、超常收益与企业价值研究[J]. 工业技术经济, 2020, 39(07): 48-55.
- [96] 张毅, 闫强. 后发企业技术创新的演化动力机制研究——以华为早期(1988-1995)研发为例[J]. 技术经济, 2022, 41(02): 38-49.
- [97] 史丹, 李鹏. “双碳”目标下工业碳排放结构模拟与政策冲击[J]. 改革, 2021(12): 30-44.
- [98] 洪勇, 苏敬勤. 发展中国家核心产业链与核心技术链的协同发展研究[J]. 中国工业经济, 2007(06): 38-45.

## 作者简介

李晗，女，1997年10月26日生于河南省新乡市。本科就读于安阳师范学院，于2020年6月获得管理学学士学位。硕士研究生于2020年9月就读于郑州航空工业管理学院，攻读会计专业硕士研究生。