

数字化背景下汽车企业智能化转型策略研究

——以比亚迪企业为例

黄颖秀

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年12月2日; 录用日期: 2024年12月13日; 发布日期: 2025年1月21日

摘要

在数字化浪潮的推动下, 汽车行业迎来巨大的变革与发展契机, 同时也面临着诸多挑战。本文以比亚迪企业为研究对象, 系统探讨了汽车企业在智能化转型中的策略路径, 重点分析了智能制造生态链建设、数据治理与安全、供应链协同优化以及可持续发展与绿色制造等关键领域。结合比亚迪智能化转型的实际经验, 提出了包括完善数据管理、推进绿色制造、加强技术创新以及构建绿色供应链管理体系在内的具体实施措施, 旨在为汽车企业的智能化转型提供实践参考和可行的解决方案。最后总结出智能化转型不仅显著提升了企业的运营效率和市场竞争力, 还为实现环境保护和可持续发展目标提供了有力支持。

关键词

数字化背景, 智能化转型, 汽车企业

Research on Intelligent Transformation Strategies for Automotive Enterprises in the Digitalization Context

—A Case Study of BYD

Yingxiu Huang

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Dec. 2nd, 2024; accepted: Dec. 13th, 2024; published: Jan. 21st, 2025

Abstract

Driven by the wave of digitalization, the automotive industry is experiencing significant transformation

文章引用: 黄颖秀. 数字化背景下汽车企业智能化转型策略研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(1): 2613-2621.

DOI: 10.12677/ecl.2025.141327

and development opportunities while also facing numerous challenges. This paper takes BYD as a case study to systematically explore strategic pathways for intelligent transformation in the automotive sector, with a focus on key areas such as building smart manufacturing ecosystems, data governance and security, supply chain collaboration and optimization, and sustainable development through green manufacturing. Drawing on BYD's practical experience in intelligent transformation, the study proposes specific measures, including enhancing data management, advancing green manufacturing, strengthening technological innovation, and establishing green supply chain management systems, to provide practical references and feasible solutions for the intelligent transformation of automotive enterprises. The findings conclude that intelligent transformation not only significantly enhances operational efficiency and market competitiveness but also provides strong support for achieving environmental protection and sustainable development goals.

Keywords

Digital Background, Intelligent Transformation, Automotive Companies

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着现今的信息技术的迅速发展，数字化与智能化逐渐成为各行各业的发展趋势。其中人工智能、大数据、物联网等先进技术的广泛应用，不仅对传统产业的生产方式方法与运营方式产生一定的影响，还催生了许多新型的商业模式和服务形态。作为传统制造行业重要组成部分的汽车行业，面临着较大的转型压力与机遇。随着全球环保意识与各种政策的推动，新能源汽车市场实现快速增长，市场对智能驾驶、车联网等智能数字化功能的需求逐渐增加。为了满足这些需求，汽车企业需要在汽车的研发、生产、销售与售后服务等环节中加入数字化与智能化技术，实现全方位的转型与升级。这种转型与升级不仅是提高企业竞争力的关键，还是满足日渐增长的市场需求的必然选择。

本篇文章选取的研究对象为比亚迪企业，比亚迪作为中国本土领先的汽车制造企业，其在智能化转型方面的发展策略具有重要的研究价值。比亚迪公司自成立以来一直秉持着技术创新的理念，积极投入电动汽车及相关的智能化产品的研发。其中智能化转型不仅包括了生产制造环节的数字化升级，还涵盖了产品智能化、管理智能化与服务智能化等方面。本文将会通过对比亚迪智能化转型策略的研究，深入了解汽车企业在数字化背景下的转型路径与经验，由此借鉴其成功的方法与策略，为其他汽车企业提供相应的参考与指导。

2. 数字化转型的背景与趋势

2.1. 数字化转型的背景

2.1.1. 信息技术快速发展

数字化转型最主要的一个背景是信息技术的迅猛发展。随着互联网、大数据、云计算、人工智能等技术的不断成熟，企业开始意识到这些技术能够显著提升其业务运作效率 and 创新能力。特别是大数据和云计算技术的结合，使得数据的存储、分析、处理变得更为便捷和高效，推动了企业在数字化道路上加速前行。大数据以其海量、高速、多样等特性，为企业提供信息库；而云计算则以其灵活、可扩展、按需

服务等优势，为大数据的存储、分析、处理搭建了高效、便捷的平台。两者的结合不仅极大地降低了企业处理复杂数据的门槛与成本，还促使数据转化为洞察力的速度加快，为企业的决策制定、产品开发、市场营销等多个环节带来了革命性的改变。在这样的技术背景下，越来越多的企业开始积极进行数字化转型，力求在激烈的市场竞争中抢占先机。

2.1.2. 市场需求的多样化

市场环境的多样变化也是推动企业数字化转型的一重要因素，在当下的消费市场中，消费者的需求日益呈现出个性化和多样化的鲜明特征。不仅对产品本身的质量有着极高的要求，还要求在消费过程中享受到更加快速、精准且富有个性化的服务体验。这种需求层次的提升，对传统企业的业务模式和服务方式提出了严峻的挑战。因此，面对消费者不断变化的需求，传统的“一刀切”式服务和业务模式已难以获得市场的青睐。企业不得不选择数字化转型，通过数字化手段，企业能够更深入地洞察消费者需求，实现服务的定制化与精准化，同时提升市场响应速度，确保在第一时间满足消费者的个性化需求。

2.1.3. 数字化助力企业国际化

随着全球化进程的日益加快，企业在国内外市场上面临的竞争愈发激烈。这一趋势不仅要求企业具备强大的实力和丰富的资源，更对其运营方式、管理策略以及市场洞察力提出了前所未有的挑战。在这种背景下，数字化转型成为了企业应对竞争、实现突破的重要途径。无论是跨国公司还是中小型企业，数字化转型都为它们打开了更加广阔的发展空间。对于跨国公司而言，数字化转型能够助力其实现全球业务的无缝对接和高效协同；而对于中小型企业来说，数字化转型则是其突破地域限制、拓展国际市场的重要手段。

2.2. 数字化转型趋势

2.2.1. 人工智能与自动化应用的普及

现今越来越多的企业开始积极引入 AI 技术，以期通过智能化手段来全面优化其产品与服务。从智能客服的广泛应用，到自动化生产线的普及，再到数据分析技术的深度挖掘，AI 技术已经广泛渗透到各行各业，成为推动企业创新发展的重要驱动力。随着人工智能技术的持续进步和不断完善，AI 的应用领域将会更加广泛。无论是智能制造、智慧城市，还是医疗健康、金融服务等领域，AI 都将推动各行业向智能化、自动化方向不断迈进[1]。企业也将迎来更加广阔的发展空间以及更多的发展机遇，而数字化转型也将成为企业实现转型升级和持续发展的必由之路。

2.2.2. 云计算与大数据的深度融合

云计算与大数据技术的结合，使得企业能够低成本、高效地存储和分析海量数据。云计算平台不仅提供强大的计算和存储能力，也为企业提供了灵活的服务方式，企业可以根据需求动态调整资源。而大数据技术则能够帮助企业更好地理解消费者需求、优化产品设计、预测市场趋势等。云计算和大数据的深度融合，已经成为企业数字化转型的重要趋势。不仅能够推动企业业务流程的优化和创新，还为企业提供了更加智能化、自动化的运营方式，助力企业在激烈的市场竞争中脱颖而出，实现可持续发展。

2.2.3. 跨界融合与产业链重塑

数字化转型不仅改变企业的单一运作模式，还推动了产业链的重构和行业之间的融合。不同产业之间的界限变得越来越模糊，跨界融合成为重要趋势。例如，汽车行业与互联网行业的结合，催生了智能汽车和共享出行平台[2]；医疗行业与人工智能、大数据的结合，推动了智能诊疗和精准医疗的实现。跨界融合使得企业能够在不同领域间互通有无，资源共享，创新商业模式，创造新的增长点。比如，传统的汽车公司通过与技术公司合作，开发智能汽车，打破汽车制造和互联网科技之间的壁垒，为消费者提

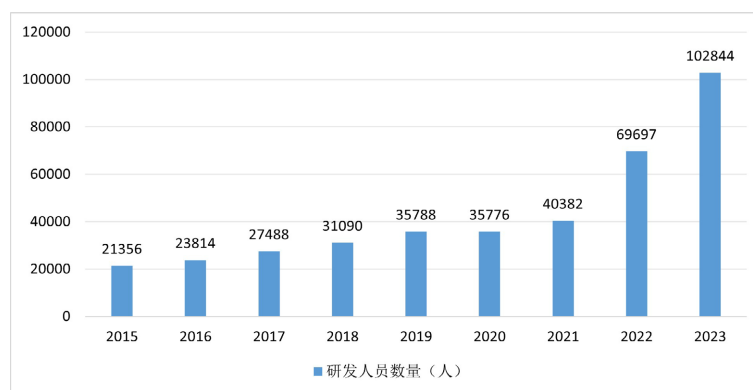
供了更加智能化的出行体验。

3. 比亚迪企业智能化转型策略分析

比亚迪作为全球领先的新能源企业，近年来在智能化转型等方面取得了显著成效。本文将从技术创新、智能化生产线、人才引进培养与智能制造等方面对比亚迪的智能化转型策略进行全面的分析。

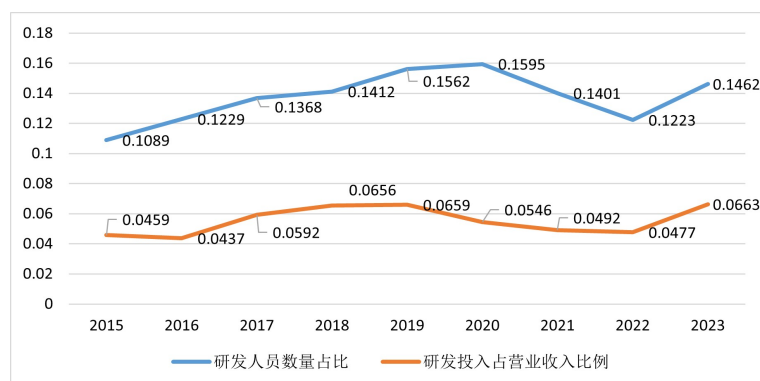
3.1. 技术创新与投入

比亚迪在技术创新方面一直走在行业前列，一直致力于通过自主研发和技术引进来提升产品和服务的竞争力。公司每年都会投入大量的资金用于研发，推动核心技术的突破。见图 1 与图 2 是 2015 年至 2023 年比亚迪企业的研发投入相关情况，包括研发人员在总人数的占比变化与研发投入金额占营业收入的比例变化。从图中可以看出，比亚迪企业的研发投入人数占比在 2021 年之前是呈不断上升的趋势的，后期由于受到疫情的影响，研发投入比例有所下降，但投入的金额与人数是不断增长的，到 2023 年还是不断上升的增长趋势。在技术专利方面，见图 3，截至 2023 年，比亚迪拥有超过 20,000 项专利，其中智能制造方面的相关专利占比超过 30%。此外比亚迪还与多家国内外知名企业和高校展开合作，通过协同创新加速技术发展。例如，与华为合作开发智能汽车解决方案，与清华大学成立联合研究中心等。



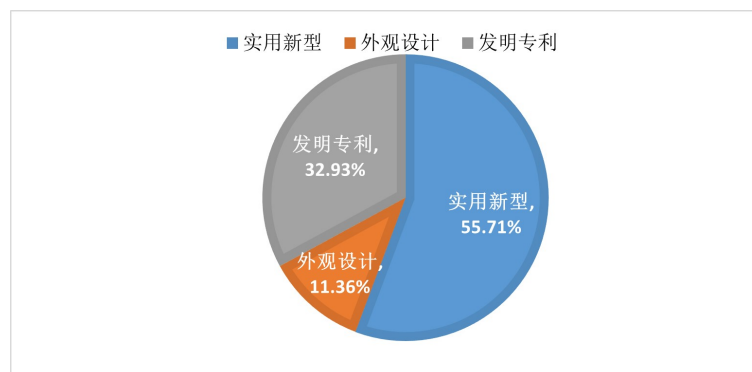
数据来源：根据比亚迪公司年报整理。

Figure 1. Changes in the number of R&D personnel at BYD from 2015 to 2023
图 1. 比亚迪 2015~2023 年研发人员数量变化图



数据来源：根据比亚迪公司年报整理。

Figure 2. The proportion of R&D personnel and the proportion of R&D investment in operating income
图 2. 研发人员数量占比与研发投入占营业收入比例图



数据来源：根据比亚迪公司年报整理。

Figure 3. Proportion of BYD's patents

图 3. 比亚迪专利占比情况图

3.2. 智能化生产线

比亚迪在智能化生产线方面的投入和建设，是其智能化转型战略的核心。通过引入工业 4.0 技术、自动化设备和智能管理系统，比亚迪实现了生产线的全面升级，提高了生产效率和产品质量[3]。

首先，比亚迪在其电池生产车间和汽车组装车间大规模引入自动化设备，实现了生产过程的高度自动化。比如，在电池生产车间，比亚迪部署了超过 500 台工业机器人，负责电池的组装、检测和包装。这些机器人通过高速精密的操作，保证了每个电池的一致性和高质量。通过自动化生产线的建设，比亚迪的生产效率提升了 30%，生产成本降低了 20%。此外自动化设备在生产过程中能够实时监控和反馈，确保每个生产环节的质量达标。通过自动化检测设备的使用，次品率降低了 15%。

此外比亚迪通过引入 MES (制造执行系统)和 ERP (企业资源计划)系统，实现了生产管理的数字化。如图 4 所示，MES 系统能够实时监控生产线的运行状态，收集和分析生产数据，为管理决策提供支持。ERP 系统则整合了供应链、生产、财务等各个环节，实现了企业资源的高效配置和管理。通过 MES 系统，比亚迪能够实时获取生产线上的数据，包括生产进度、设备状态、产品质量等信息。这些数据被传输到中央控制系统，进行实时分析和处理。ERP 系统将企业的各个环节有机结合在一起，实现了资源的优化配置。如下图所示，通过对库存数据的实时监控和分析，ERP 系统能够及时调整采购计划，减少库存积压，提高资金周转率。

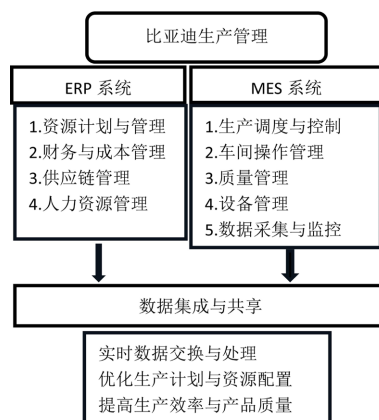


Figure 4. BYD production management

图 4. 比亚迪生产管理

比亚迪在生产线上还引入了物联网技术，实现了设备和生产环节的互联互通。通过在关键设备上安装传感器，比亚迪能够实时监控设备的运行状态，及时发现并处理设备故障，减少生产停机时间。物联网技术使得比亚迪能够对设备进行预防性维护，提前发现潜在故障，减少意外停机带来的生产损失。统计数据显示，采用物联网技术后，比亚迪的设备故障率降低了 25%。通过对生产数据的实时采集和分析，比亚迪能够优化生产流程，提高生产效率。例如，通过对设备运行数据的分析，可以发现生产瓶颈，进行工艺调整，提高产能。

在智能化生产线方面比亚迪还引入了智能物流和仓储系统。如图 5 所示，自动化导引车(AGV)和智能仓储系统的应用，提高了物料的运输和存储效率，减少了人工操作的误差和劳动强度。自动化导引车在生产车间内自动运输物料，根据生产计划 and 需求，精准将物料配送到生产线。AGV 系统的应用使得物料配送效率提高了 40%。智能仓储系统通过自动化设备进行物料的存储和取货，实现了仓储管理的高效和精准。智能仓储系统能够根据生产需求自动调整库存，提高了仓库空间的利用率，减少了库存成本。

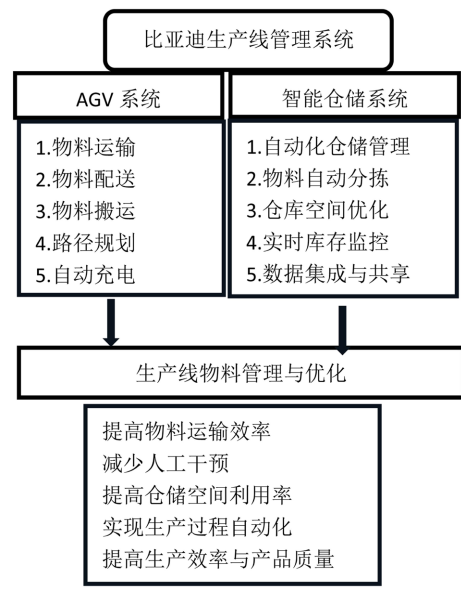


Figure 5. BYD's production line management system
图 5. 比亚迪生产线管理系统

3.3. 人才引进与培养

比亚迪深知人才是企业发展的关键驱动力，因此公司在人才培养与引进方面采取了一系列措施，致力于打造一支高素质、创新能力强的团队，以支撑企业的持续增长和创新。比亚迪重视内部人才的培养，通过多层次、多方位的培训体系，提升员工的专业技能和管理能力。公司建立了完善的培训体系，包括入职培训、在职培训、领导力培训、技能培训等，确保员工在不同的职业阶段都能获得相应的知识和技能提升。

为了吸引优秀的人才，比亚迪在人才引进方面采取了多种策略。公司与多所知名高校建立了长期的合作关系，通过校园招聘、实习项目、科研合作等方式，引进优秀的毕业生。此外公司积极参与海外招聘会，吸引国际优秀人才，为企业注入多元化的创新力量的同时，企业还会通过专业猎头公司引进高端技术和管理人才，满足企业高速发展对高端人才的需求。通过系统的培训，员工的专业技能和综合素质得到显著提升，员工满意度和忠诚度也随之提高。企业中高层管理人员的领导力和管理能力显著增强，

企业的管理效率和执行力得到提升，同时通过引进高端技术人才和国际优秀人才，公司在技术创新和产品研发方面取得了突破性进展。通过这些努力，比亚迪不仅建立了一支高效、创新的团队，还为企业的可持续发展奠定了坚实的基础。

在企业的入职培训中，企业将会对新员工进行企业文化、工作流程和岗位技能的全面培训，帮助其快速融入公司。通过定期的专业课程和技能提升培训，帮助员工不断更新知识，提升专业水平，同时也为中高层管理人员提供领导力和管理能力的培训，培养其战略思维和领导才能。在技能培训方面，企业将会提供技术工人和专业技术人员的专项技能培训，提升其实际操作能力与创新能力。

3.4. 智能制造与生态链建设

比亚迪在全球新能源汽车和电子产业中占据领先地位，其成功的背后离不开对智能制造生态链的精心布局和建设。公司通过引入先进技术、优化供应链管理、提升生产效率以及构建可持续发展体系，打造了一个高效、灵活、绿色的智能制造生态链。首先比亚迪在智能制造生态链建设中，积极引入和应用先进技术，包括物联网(IoT)、大数据、人工智能(AI)和云计算等。通过物联网技术，企业可以通过在生产设备和流程中嵌入传感器和智能控制系统，实现设备与设备、设备与人之间的互联互通，实时监控和优化生产过程[4]。其次企业利用大数据技术对生产过程中产生的数据进行采集、存储、分析，帮助企业做出更加精准的决策，提高生产效率和产品质量。在生产环节中引入 AI 技术，通过机器学习和智能算法，实现自动化检测、质量控制和生产预测。最后构建云平台，实现数据的集中管理和分析，提供强大的计算能力和存储资源，支持企业的数字化转型。

在供应链优化方面，比亚迪通过优化供应链管理，提升供应链的协同效率和响应速度，确保生产所需的原材料和零部件能够及时、准确地供应到位。公司在供应链管理中采用了供应链整合的策略，即整合上下游供应商资源，建立稳定、可靠的供应链体系，确保原材料和零部件的供应安全[5]。同时实现了供应链的数字化，通过供应链管理系统(SCM)实现供应链各环节的信息共享和协同，提高供应链的透明度和可控性。在风险管理方面，制定供应链风险管理策略，建立应急预案，降低供应链中断的风险，确保生产的连续性。

在生态链建设方面，比亚迪高度重视可持续发展，致力于在生产过程中减少资源消耗和环境影响，推动绿色制造。通过引入先进的能源管理系统，优化能源使用，提高能源利用效率，降低生产过程中的能源消耗[6]。推广绿色制造技术，减少生产过程中的废气、废水和废渣排放，推动循环经济和资源再利用。同时积极履行环境责任，采用环保材料和工艺，减少对环境的污染，构建绿色供应链。

4. 汽车企业智能化转型中存在的问题

通过对比亚迪企业的智能化转型策略分析可以看出在汽车企业迈向智能化的过程中，虽然采取了一系列的措施，比如引入先进技术、优化供应链与提升生产效率等措施，但其中仍会存在着挑战与问题，智能化转型过程还需要进一步的完善。

4.1. 技术创新与研发投入方面

在企业的智能化转型过程中，技术的创新与应用是首要问题。汽车企业需要在物联网、大数据、人工智能和云计算等众多技术中进行选择，找到最适合自身业务需求的技术组合，可采取人机协作的生产方式以提高生产效率与灵活性[7]。同时，技术的应用需要系统集成和跨部门协作，才能充分发挥其效益。因此企业应首先明确自身在生产、管理、供应链等方面的具体需求，然后选择相应的技术解决方案。智能化转型的过程中应采取逐步实施的策略，从试点项目开始，逐步推广至整个企业，避免大规模的实行带来风险。在技术应用方面，要考虑不同技术间的兼容性与整合性，以确保系统的整体性与稳定性。

4.2. 数据管理与安全方面

在汽车企业智能化转型过程中,数据管理与安全是至关重要的环节。随着物联网、大数据、人工智能和云计算等技术的广泛应用,数据已成为企业最重要的资产之一。然而,如何有效地管理和保护这些数据,确保数据的准确性、完整性和安全性,是智能化转型中必须解决的重要问题。首先数据治理是对企业数据资产进行管理和控制的重要过程,旨在确保数据的高质量 and 一致性。其次企业需要制定统一的数据标准和规范,确保数据在采集、存储、处理和使用过程中的一致性。标准化的数据能够提高数据的可用性和共享性,减少数据孤岛现象。同时建立数据质量管理机制,包括数据的准确性、完整性、时效性和一致性等方面的管理,通过数据清洗、数据校验和数据监控等手段,确保数据的高质量。最后需要制定和实施全面的数据安全策略,包括数据访问控制、数据加密、数据备份和恢复等措施,确保数据的机密性、完整性和可用性。

在智能化制造环境中,数据安全面临的威胁和挑战越来越复杂,企业必须采取多层次的数据安全防护措施,保护数据免受外部攻击和内部泄露[8]。企业需要采用先进的加密技术对敏感数据进行加密处理,确保数据在传输和存储过程中的机密性。实施严格的访问控制策略,确保只有经过授权的人员才能访问和操作数据。此外还需要建立完善的数据备份和恢复机制,定期对关键数据进行备份,确保在数据丢失或损坏时能够快速恢复。最后还需要对员工进行定期的数据安全培训,提高员工的安全意识和技能,防止因人为疏忽导致的数据泄露和安全事件。构建统一的数据管理平台是实现高效数据管理与安全的重要手段。数据管理平台能够集中管理企业的数据资产,实现数据的统一存储、处理和分析。

4.3. 供应链的协同与优化

在汽车行业的智能化转型中,供应链协同与优化是实现高效生产和市场响应的关键环节。比亚迪等领先企业通过信息化手段,整合供应链资源,提升供应链各环节的协同效率和响应速度,从而实现生产成本的降低和客户满意度的提升。首先供应链协同指的是供应链各环节之间的紧密合作与高效沟通,包括供应商、制造商、分销商和零售商等环节。但是在推进供应链协同过程中,企业面临着系列的挑战,包括技术、管理和文化等多个方面。首先是技术难题,供应链各环节的信息系统往往存在兼容性问题,导致数据共享和协同困难,信息化水平参差不齐,供应链中部分伙伴可能缺乏必要的技术支持[9]。同时在数据共享过程中,如何保护敏感信息和商业机密,防止数据泄露和不当使用,是供应链协同面临的重要挑战。为了解决这些问题,企业可以采取信息化平台建设的措施,建设集成的供应链管理系统,实现供应链各环节的信息共享和协同管理,提高供应链的透明度和可控性。采取物联网技术,实现对供应链各环节的实时监控和数据采集,提高供应链的可视化水平。最后利用大数据分析技术,对供应链数据进行深度分析,发现潜在问题和优化机会,提升供应链的决策支持能力。

4.4. 可持续发展与绿色制造

通过上述研究可发现比亚迪等领先企业通过采用先进的绿色制造技术和管理方法,减少资源消耗和环境污染,推动企业的可持续发展。但是在智能化转型过程中,汽车企业仍旧面临着巨大的环境压力和资源约束,因此实现可持续发展与绿色制造成为企业发展的必然选择。首先为实现可持续发展,企业需要树立环境保护意识,减少生产过程中的污染排放,保护自然生态环境。在资源有限与不可再生的条件下,企业需要在生产过程中尽量减少资源的浪费和消耗,提高资源利用效率,延长资源的使用寿命。此外绿色制造和可持续发展有助于提升企业的社会形象和市场竞争力,赢得消费者和社会的认可和支 持。但在推进绿色制造的过程中,企业仍面临着系列的挑战。首先是技术方面,绿色制造技术的研发和应用需要大量的投入和技术支持,部分企业可能缺乏相应的技术能力和资源。并且绿色制造往往需要高投

入,尤其是在设备改造和工艺优化方面,初期成本较高,还涉及生产、供应链、物流等多个环节的协同管理,企业可能面临较大的经济压力。为此企业在产品设计阶段,就需要采用生命周期设计理念,考虑产品从原材料获取、生产、使用到废弃处理的全生命周期环境影响,优化设计方案,采用模块化设计,提高产品的可拆卸性和可回收性,便于产品的维修、升级和回收利用,减少资源消耗和环境污染。

5. 总结

在数字化背景下,汽车企业的智能化转型已成为必然趋势。比亚迪作为行业领先者,通过构建智能制造生态链、加强数据管理与安全、优化供应链协同,以及推行可持续发展与绿色制造,取得了显著成效。本文总结了比亚迪在智能化转型过程中的成功经验和具体措施,强调了数据治理、信息化平台建设、清洁生产和绿色供应链管理的重要性。在智能制造生态链建设方面,比亚迪通过整合智能设备、信息系统和管理平台,实现了生产效率和质量的提升。在数据管理与安全方面,构建了完善的数据治理体系,确保了数据的高质量和安全性。供应链协同与优化则通过信息化手段和协同机制,提高了供应链的透明度和响应速度。绿色制造方面,比亚迪通过绿色设计、清洁生产和绿色供应链管理,实现了资源节约和环境保护。因此智能化转型不仅是提升汽车企业竞争力的有效途径,也是实现可持续发展的必由之路。未来,汽车企业应继续探索和实践智能化转型的创新方法,推动数字化技术与绿色制造的深度融合,促进经济效益与环境效益的双赢发展。

参考文献

- [1] 张礼立. 智能制造创新与转型之路[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017: 21-32.
- [2] 杨国涛, 程明光. 智能协同-互联网时代的汽车制造供应链管理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018: 35-38.
- [3] 张枢盛, 陈劲. 数字智能化背景下电动汽车混合颠覆性创新模式研究——比亚迪与特斯拉案例[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(24): 51-60.
- [4] Goryachev, A., Kozhevnikov, S., Kolbova, E., Kuznetsov, O., Simonova, E., Skobelev, P., *et al.* (2012) "Smart Factory": Intelligent System for Workshop Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling in Real Time. *Advanced Materials Research*, **630**, 508-513. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.630.508>
- [5] Leng, J., Ye, S., Zhou, M., Zhao, J.L., Liu, Q., Guo, W., *et al.* (2021) Blockchain-Secured Smart Manufacturing in Industry 4.0: A Survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, **51**, 237-252. <https://doi.org/10.1109/tsmc.2020.3040789>
- [6] 艾凤杰. 比亚迪新能源汽车技术创新探索[J]. 智能网联汽车, 2023(3): 30-33.
- [7] Wang, X.V., Kemény, Z., Váncza, J. and Wang, L. (2017) Human-Robot Collaborative Assembly in Cyber-Physical Production: Classification Framework and Implementation. *CIRP Annals*, **66**, 5-8. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.101>
- [8] Chen, T. and Tsai, H. (2017) Ubiquitous Manufacturing: Current Practices, Challenges, and Opportunities. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **45**, 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2016.01.001>
- [9] 李海胜. 探究智能制造技术的发展现状及趋势[J]. 科技风, 2019(9): 10-11.