

智能制造的工业工程与精益管理

Yongliang Liu, Botao Liu*, Dong Lai, Yang Hu

The Innovation Center of Sichuan Industrial Cloud Manufacturing Co., Ltd, China.

【摘要】工业 4.0 时代正缓缓向我们走来，智能制造模式已是大势所趋。工业工程诞生至今已有百余年历史，在这百年发展历程中，工业工程经历了数次转型升级。智能制造的创新发展离不开工业工程的发展和精益管理的完善。工业工程是智能制造时代的物质基础，其目标是改进和优化由人、物流和信息要素组成的集成系统。智能制造时代的发展必须依托高度集成的物流信息系统，工业工程的发展为智能制造时代的到来奠定了基础。精益管理是智能制造的保障。精益管理，又称优良管理，旨在减少耗材，不断提高生产效率，提升产品质量。在智能制造时代，尽管自动化程度很高，但如果员工不进行精益管理，智能制造的发展进程也将缓慢。由此可见，工业 4.0 时代的发展需要以智能工业工程和精益管理为基础。目前，国内企业在智能制造转型和精益管理方面仍存在诸多问题，相关领域的研究人员正致力于解决这些问题。本文在研究发达国家发展路线的基础上，明确转型发展过程中存在的问题，探索转型升级的管理技术与模式。

【关键词】智能制造；制造技术与系统；发展现状；应用研究

【收稿日期】2025 年 8 月 14 日 **【出刊日期】**2025 年 9 月 15 日 **【DOI】**10.12208/j.imi.20250005

Industrial engineering and lean management for intelligent manufacturing

Yongliang Liu, Botao Liu*, Dong Lai, Yang Hu

The Innovation Center of Sichuan Industrial Cloud Manufacturing Co., Ltd, China.

【Abstract】 Since the reform and opening up, the rapid development and widespread use of information technology have propelled our country's manufacturing industry from the traditional physical realm to the digital realm. This transformation has been facilitated by advanced technologies such as wireless communication, the Internet of Things, artificial intelligence, and virtual reality. These technologies have provided robust support for the intelligent transformation of our manufacturing industry. At present, intelligent manufacturing technology and system technology are being widely applied in the research and development, design, manufacturing, management, operations, and maintenance services of both domestic and foreign manufacturing industries. This application is promoting the transformation of the manufacturing industry from being process-driven to being data-driven. Additionally, the integration of these technologies is evolving from single applications to comprehensive integration and collaborative innovation. As a result, the development of intelligent manufacturing, characterized by software definition, data-driven processes, platform support, value-added services, and smart leadership, is being accelerated. Improving the ability of design, manufacturing, management, and service has become a popular topic of active discussion and research in manufacturing enterprises. The revised text clarifies the ideas and improves the flow of the sentence. It also enhances the vocabulary and technical accuracy. The technology and system of intelligent manufacturing are important driving forces that promote the digitalization and intelligentization of the manufacturing industry in our country. This paper discusses the development and research of intelligent manufacturing technology and systems. It examines the development trends of international advanced manufacturing technology and systems, and explores the current application status of intelligent manufacturing technology and systems in the manufacturing industry. Furthermore, it

*通讯作者：Botao Liu

注：本文于 2022 年发表在 Engineering Advances 期刊 2 卷 2 期，为其授权翻译版本。

proposes relevant application value and measures, aiming to provide scholars with valuable references, assistance, and suggestions.

【 Keywords 】 Intelligent manufacturing; Manufacturing technology and system; Development status; Application research

1 引言

面对百年未有之大变局,智能制造的工业 4.0 时代正在向我们招手。在我国,智能制造已被视为实体经济未来发展的主流方向。在国家政策的引导下,国内不少企业纷纷运用数字化技术进行企业转型尝试,但实际效果并未达到预期目标。虽然精益管理的理念出现在很多企业的管理工作中,但管理人员对精益管理的内涵并不了解,导致管理质量不高^[1]。

工业工程强大的资源利用和整合能力,让智能制造不再是梦想。智能化浪潮滚滚而来,工业工程对于智能制造的发展意义重大。从制造业的长远发展来看,工业工程和精益管理是制造业转型升级的关键。

2 发达国家的发展道路

以第一次工业革命的发源地英国为例,蒸汽机彻底改变了人们的生产生活方式,为制造业的发展提供了技术支持。随后,西方国家以英国为中心开启了工业革命,改变了制造业的生产方式,确立了欧洲在制造业的主导地位。

美国作为一个移民大国,充分继承了各种先进技术,并通过质量、成本和技术提升,实现了制造业的快速发展,一举超越了欧洲的地位。以汽车生产为例,虽然诞生于德国,但作坊式的生产模式使得生产效率低下,发展受到严重制约。美国通过资源整合,实现了汽车的流水线生产,大大提高了汽车的生产效率,使汽车制造业能够承受激烈的市场竞争^[2]。

日本制造业振兴主要通过“技术创新+管理创新”的模式实现。二战期间,作为战败国的日本制造业发展遭受了严重打击。战败后,日本更加清楚地认识到制造业发展对其军事安全至关重要。因此,战后日本分析了制造业发展受限的原因,并通过研发技术和创新管理模式,使制造业发展步入正轨。

3 中国企业智能制造转型与精益管理的难点

3.1 高层意识不强

近年来,互联网占据了市场的主导地位,许多

小型制造业迫于市场竞争的压力而倒闭。许多制造业高管看不到实体经济的未来,对产业转型没有太多思考。企业高层的决策直接影响着企业的发展方向,因此国内大多数企业的智能化转型之路都存在诸多问题。此外,企业高层缺乏对管理的反思,导致技术创新无法达到企业发展的预期目标。企业的发展进步离不开精益管理,精益管理能够深度激发企业活力,使企业在同行中拥有更强的竞争力^[3]。

3.2 企业信息系统不完善

企业的智能制造转型需要依托完善的信息系统。智能制造需要将工作中涉及的所有信息系统整合成一个整体,加快生产效率,减少生产耗材。然而,目前许多企业虽然应用了多个系统来提高工作效率,但不同系统之间缺乏联系,如同孤岛。此外,企业无法保证基础信息数据的准确性,智能制造的推进面临诸多困难。

3.3 重自动化,轻智能

随着机械设备的不断更新,制造业逐渐向自动化方向发展。企业管理者为了提高营业利润和生产效率,选择大量引进自动化设备。目前国内制造业自动化已经普及,但智能化生产尚未落地。企业智能化转型需要投入一定的资金,同时又没有完整的经验可供借鉴,因此国内大多数企业选择“重自动化,轻智能化”的发展方向,注重解放劳动力^[4]。

3.4 数字化转型成效不彰

由于数字化转型技术不够完善,一些企业投入数字化转型后收效不显著,导致企业智能化推进受阻。数字化转型受限于资金、设备、技术等因素,很多企业不具备数字化转型的基本要求,企业的智能化转型无从谈起。此外,数字化转型存在很大的不确定性,企业不会在没有充分准备的情况下贸然进行数字化转型。

3.5 钱不够

制造业各个细分行业差异性较大,不同产业链上的企业个性化程度较强,智能化突破口也各有不同,企业之间无法相互借鉴。由于制造业的营业利润不高,很多企业在智能化转型过程中会面临资金

不足的问题。高层领导不会冒险强行推进智能化转型。

3.6 只讲理论，不讲管理

发达国家产业转型升级的阶段性成果给国内企业的发展带来诸多启示。为了提高市场竞争力，国内企业纷纷引入精益生产管理理论，希望通过改变企业现有的内部管理模式来实现产业转型。然而，该理论的引入并未给企业带来显著的变化，转型后期动力严重不足。精益管理模式的引入之所以没有推动产业转型，是因为企业没有落实管理模式的相关规定，而只是将理论引入企业内部^[5]。

3.7 基础管理缺失

基础管理是精益管理的前提，目前国内一些制造业企业内部管理比较混乱，不具备精益管理的基础条件，无法导入精益管理模式。基础管理的缺失主要体现在管理制度不完善、管理执行水平低。

3.8 员工素质不匹配

虽然国内大部分制造业已基本实现自动化，车间员工数量大幅减少，但员工仍然是企业运营的关键。车间自动化程度较高，企业对员工个人素养要求不高，导致部分人员个人素养与企业发展愿景存在冲突，员工归属感不强。精益管理在这种背景下难以奏效。

3.9 没有规范的管理制度

标准化管理是企业转型的制度基础，管理体系的标准化程度体现了一个企业的规范化程度。目前，国内很多企业缺乏标准化的运营条件，一些拥有标准化管理体系的企业，并没有严格按照管理体系执行，导致国内企业难以实现快速转型。

4 中国企业转型升级的智能制造管理关键技术

4.1 精益现场管理和流程优化

智能制造是在建立标准化、精益化的管理体系的基础上，通过优化生产流程实现企业生产效率的显著提升，促进企业转型升级。精益现场管理和流程优化可以基于数字化，运用新技术、新系统，有效促进企业转型发展。

4.2 多品种小批量生产模式下的精益物流管理

随着新信息技术的发展，物流与供应链行业也在悄然发生着变化。在信息高度集中的条件下，整个产业链可以互联互通，生产制造可以感知、可视、可控。智能物流是精益管理的外化，它帮助企业全方位采购物料，提高生产效率，完善产业链。多品

种、小批量生产模式下的精益物流管理将是未来发展的主要趋势之一。

4.3 精益智能制造生产组织、计划、调度管理与流程创新

在智能制造的背景下，面对客户的个性化需求，企业需要创新生产流程、更新排程管理、根据自身情况调整生产计划。随着大数据、人工智能与制造业生产的结合，智能制造将不再遥远。为了准确预测客户需求，制造业需要利用信息技术了解客户偏好，抓住客户的心。

4.4 面向智能制造的人机协作与人因工程

人机协同是提升生产效率的重要举措之一，人因工程是企业高质量发展的唯一支撑技术。人因工程是信息化与工业化的深度融合，也是一种重要的设计方法论。智能制造装备的运行需要员工与机械之间的人机协同。发展人机协同与人因工程，对于提升国内制造企业的核心竞争力至关重要。

4.5 工业工程在制造服务领域的创新技术、方法及应用

海量数据和泛在网络为管理模式创新提供了物质基础。该领域是国内企业最需要提升的关键环节之一。企业间的供应链竞争将转化为生态竞争。在制造服务领域，工业工程形成基于产品全生命周期，依托互联网、大数据、物联网和人工智能的知识驱动模式。

5 “车马模式”引发的 IE/LM 管理模式

5.1 马车模型

马车模型中的两个轮子分别代表技术创新和管理创新。技术创新跟不上管理创新，会导致企业生产动力严重不足；管理创新跟不上技术创新，会导致技术资源的浪费。技术和管理都是企业转型升级过程中的重要环节。

5.2 IE/LM 的基本特征

技术创新和管理模式都是创新的。虽然提倡技术开放来推动发展，但不同企业之间仍然存在技术壁垒。由于企业之间在文化、员工素质等方面差异很大，管理模式不具备可复制性。每个企业必须根据自身需求，探索适合自身发展的管理模式。

技术创新和管理模式都具有累积性。技术创新并非一朝一夕就能实现，需要长期的积累才能有质的飞跃。管理模式的更新也需要企业在不断发展的过程中不断调整。由此可见，企业转型所需的技术

和管理都需要长期的积累。

5.3 IE/LM 率先构建智能制造基础

智能制造是面向产品全生命周期的制造模式，需要建立在高效的生产方式基础上。IE/LM 是构建数字化、标准化管理模式的基础，通过 IE/LM 构建的生产模式为智能制造提供了物质基础。

5.4 IE/LM 伴随支撑智能制造实施

技术与管理相结合的模式，可以使企业的生产工作在一个标准化的体系中开展，智能制造实施的压力将大大降低，先进的管理模式避免了制造过程中的诸多问题，促进了智能制造的标准化。

5.5 IE/LM 集成赋能智能制造转型

技术是推动转型的关键驱动力，管理是辅助技术实现产业转型不可或缺的关键。技术与管理的融合，既解决了企业转型中遇到的技术难题，也弥补了企业管理体系的漏洞，从而赋能智能制造转型升级。

6 总结

工业工程和精益管理对智能制造的要求更加严格，企业在转型前需要根据标准衡量自身是否具备转型的必要条件。随着技术和管理模式的不断创新，国内越来越多的企业正在积极推进转型工作。智能制造是时代发展的必然趋势，企业的积极转型是推动智能制造时代到来的重要力量。

参考文献

[1] PANG Xiaobing, WANG Yaquan, ZHANG Yuwen.

Experience and Lessons from the "Production Hell" of Tesla Model 3 [J]. Equipment Management and Maintenance. 2021(22).

- [2] Cong Dong, Zhong Mingli et al. Research on China's Industrial Engineering Innovation in the New Development Stage [J]. Mechanical and Electrical Engineering Technology. 2021(03).
- [3] Huo Yanfang, Wang Han, Qi Ershi. Building Smart Logistics and Supply Chain, Helping Smart Manufacturing -- Introduction to Smart Logistics and Smart Supply Chain [J]. China Mechanical Engineering. 2020(23).
- [4] Qi Ershi, Lin Yu, Li Jianguo, et al. Analysis on Lean Management Strategy of Chinese Manufacturing Industry and Thinking on Construction of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area [J]. Mechanical and Electrical Engineering Technology. 2020(02).
- [5] Ouyang Sheng, Kong Deyang. New Outlet of Chinese Manufacturing Industry in the Era of Industry 4.0 -- Lean Intelligent Manufacturing Recommended Reading [J]. China Mechanical Engineering. 2018(16).

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS