基于国产化新型数智基础设施体系的先进制造 技术应用研究

梁杰¹, 马科², 陆诗清^{1*}

1. 中国航天系统科学与工程研究院, 北京 100037

2. 北京华为数字技术有限公司, 北京 100085

DOI: 10.61369/TACS.2025010017

摘要 : 本文探讨了国产化新型数智基础设施体系中先进制造技术的应用, 重点分析了数字化制造、高性能材料、智能传感与物联网技术、柔性制造以及智能化维护技术等领域。先进制造技术不仅提升了基础设施的质量、可靠性和适应性, 还在促进经济发展、优化资源配置、推动产业升级和保障国家安全等方面发挥着积极作用。通过深入研究这些技术的实际应用, 本文为进一步推动国产化数智基础设施的建设提供了重要参考。

关键词 : 先进制造技术; 数智基础设施; 数字化制造

Research on the Application of Advanced Manufacturing Technology Based on Domestic New Digital Intelligence Infrastructure System

Liang Jie¹, Ma Ke², Lu Shiqing^{1*}

1. China Academy of Aerospace Systems Science and Engineering, Beijing 100037

2. Beijing Huawei Digital Technology Co., Ltd., Beijing 100085

Abstract : This article explores the application of advanced manufacturing technology in the domestic new digital intelligence infrastructure system, with a focus on digital manufacturing, high-performance materials, intelligent sensing and IoT technology, flexible manufacturing, and intelligent maintenance technology. Advanced manufacturing technology not only improves the quality, reliability, and adaptability of infrastructure, but also plays a positive role in promoting economic development, optimizing resource allocation, advancing industrial upgrading, and safeguarding national security. Through in-depth research on the practical applications of these technologies, this article provides important references for further promoting the construction of domestic digital intelligence infrastructure.

Keywords : advanced manufacturing technology; Digital infrastructure; Digital Manufacturing

引言

随着全球经济和技术的迅猛发展, 基础设施的建设模式逐渐向数字化、智能化转型。在这一背景下, 先进制造技术作为支撑新型数智基础设施建设的重要动力, 正在得到越来越广泛的应用。这些技术不仅能够提升生产效率、降低成本, 还能促进产业升级和技术创新。在我国的基础设施建设中, 国产化的先进制造技术在保障质量的同时, 也为自主可控、可持续发展的目标提供了有力支撑。^[1] 本文将深入探讨数智基础设施建设中先进制造技术的多方面应用, 分析其对经济社会发展的深远影响。

一、先进制造技术的概念

先进制造技术是指在现代制造业中应用的高新技术, 以提高生产效率、优化产品质量、降低生产成本, 并增强企业竞争力。融合了信息技术、自动化技术、新材料技术和智能化技术, 推动制造业向智能化、柔性化和绿色化方向发展。先进制造技术涵盖

多个领域, 包括计算机集成制造系统 (CIMS)、精密与超精密加工技术、柔性制造系统 (FMS)、人工智能与大数据分析、增材制造 (3D 打印) 等。^[2] 这些技术的应用不仅提升了产品的精度和可靠性, 还缩短了产品开发周期, 促进了产业升级和可持续发展。先进制造技术广泛应用于航空航天、汽车制造、电子信息、生物医疗等行业, 助力高端制造业的发展。

二、国产化新型数智基础设施体系的先进制造技术重要性

（一）促进经济发展与社会进步

国产化新型数智基础设施体系的先进制造技术在推动经济发展和社会进步方面发挥着关键作用。先进制造技术通过智能化、自动化和信息化手段，提高了制造业的生产效率，降低了生产成本，增强了企业的市场竞争力，从而带动整体经济增长。先进制造技术的应用促进了高附加值产业的发展，如智能制造、精密制造和生物医药等新兴领域，这些行业的发展不仅创造了大量高质量就业岗位，也带动了相关配套产业链的协同升级。^[3]先进制造技术能够缩短产品研发周期，加快科技成果的产业化进程，提高我国在全球市场中的核心竞争力。

（二）促进国家安全与防御能力的提升

国产化新型数智基础设施体系的先进制造技术对国家安全与防御能力的提升具有战略意义。在国防工业领域，先进制造技术能够提高武器装备的研发和生产效率，如高精度数控机床、增材制造（3D 打印）以及智能机器人等技术的应用，使我国军工产业具备更强的自主创新能力和生产能力，减少对国外技术和设备的依赖，确保国防现代化建设的自主可控。先进制造技术支持国防装备的智能化升级，例如人工智能、物联网和大数据分析的深度融合，使现代武器系统具备更高的感知、决策和作战能力，提高战场信息化水平。^[4]在国家基础设施安全方面，先进制造技术在智能电网、轨道交通、航空航天等关键领域的应用，有助于提高基础设施的可靠性和抗风险能力，保障国家关键产业的稳定运行。

（三）推动技术创新与产业升级

先进制造技术促进了智能制造、自动化生产和精密加工等高端制造领域的发展，加速了传统制造业的数字化转型。通过人工智能、大数据和云计算技术的深度融合，制造企业可以实现智能生产调度、设备预测性维护和全流程质量控制，从而提高生产效率和产品质量。先进制造技术推动了新兴产业的发展，如生物医药、航空航天、新能源汽车等领域，在国家政策和市场需求的驱动下，形成了新的经济增长点。^[5]国产化的先进制造技术有助于减少对国外关键技术和设备的依赖，提升自主创新能力，增强产业链的稳定性和安全性。

（四）优化资源配置与减少重复投入

先进制造技术能够提高资源利用率，例如智能生产管理系统可以通过实时数据分析优化生产流程，减少原材料浪费和能源消耗，提高整体生产效率。精密制造和增材制造（3D 打印）技术的应用，使产品生产更加精确，有助于降低材料浪费和制造成本，提升制造业的可持续性。国产化的先进制造技术可以减少对国外设备和技术的依赖，降低长期采购和维护成本，同时避免因外部技术封锁或供应链断裂带来的风险，提高我国制造业的自主可控能力。在产业协同方面，先进制造技术促进了产业链上下游的深度融合，例如通过工业互联网平台实现生产数据共享，减少信息孤岛，提高企业间协作效率，从而避免重复建设和资源浪费^[6]。

三、国产化新型数智基础设施体系的先进制造技术应用

（一）数字化制造技术的应用

数据采集与分析是数字化制造的核心环节。通过传感器和物联网设备，在生产过程中可以实时采集大量数据，如温度、压力、湿度、设备状态等信息。这些数据通过集成系统进行汇总和分析，能够对生产过程进行精准监控，确保每一环节的精度和稳定性。在基础设施生产过程中，通过数据采集系统对设备的工作状态进行实时监测，任何异常都可以立即反馈到生产管理系统，及时进行调整，从而避免质量问题的发生。^[7]3D 打印技术的应用是数字化制造的重要创新。与传统制造方式相比，3D 打印可以根据数字化设计直接生产复杂形状的零部件，这对于基础设施建设中的复杂部件尤其重要。通过3D 打印技术，生产周期得以缩短，材料浪费减少，生产效率得到大幅提升。特别是在基础设施的设计与建设过程中，3D 打印技术可以直接按照 BIM（建筑信息模型）设计图纸制作精确的部件，减少了人工干预的误差。

（二）高性能材料的应用

复合材料的应用大大提升了基础设施的耐久性和适应性。复合材料是由两种或多种不同材料按一定比例复合而成，具有比单一材料更优异的性能。以碳纤维复合材料为例，它具有极高的强度和良好的抗腐蚀性能，在桥梁、建筑物等基础设施的结构部分得到了广泛应用。复合材料的轻质特性使得基础设施更加节能，同时提高了施工效率和安全性。复合材料在耐高温、抗震性等方面也表现出色，特别适合在极端环境下使用，确保基础设施的长期稳定运行。自修复材料的研发和应用正在成为基础设施建设领域的一个突破。^[8]自修复材料能够在受到损伤后，通过自身的化学反应或物理变化自动修复，恢复材料的原有性能。这种材料对于基础设施的长期使用至关重要，尤其是在桥梁和隧道等承受较大压力和应力的建筑中。如果发生微裂纹或损伤，自修复材料能够自动修复，从而避免了大规模的修复和更换工作，减少了维护成本，提高了使用寿命。环保材料的应用在当前的基础设施建设中得到了广泛关注。随着全球对环境保护的重视，绿色建筑材料逐渐成为行业发展的趋势。低碳水泥、可回收材料、无毒无害的环保涂料等材料逐步替代传统的高污染建筑材料^[9]。

（三）智能传感技术与物联网技术的应用

传感器网络的部署在数智基础设施建设中扮演着至关重要的角色。传感器能够实时采集关于基础设施运行状态的数据，如温度、湿度、压力、振动等。通过布设传感器网络，能够对基础设施进行全面监测，获取有关设备、环境以及人流、车流等重要数据。这些数据被收集后，可以通过云平台或边缘计算设备进行分析，帮助运营管理者做出精准的决策。在桥梁或隧道的建设中，传感器能够监测结构的变化和应力情况，确保及时发现潜在的安全隐患。物联网技术的应用使得数智基础设施能够实现远程监控和智能管理。^[10]通过物联网技术，将传感器与控制系统连接起来，构建起基础设施的智能监控平台。该平台不仅能够实时传输基础设施的运行数据，还能通过人工智能算法分析数据，生成预测和

预警。对于电力、交通、水利等领域的基础设施，通过物联网平台实现了全面的远程管理，能够实时了解设施的使用状况，并及时进行调整和优化，避免系统性故障和突发事件的发生。^{[11][12]}智能诊断与预警系统的建立进一步提升了基础设施的安全性和运营效率。通过物联网技术与人工智能结合，建立智能诊断系统，可以对设备进行远程监控与故障诊断。当系统检测到设备异常或性能衰退时，能够发出预警，并自动生成维修建议或方案^[13]。

（四）柔性制造与定制化生产的应用

灵活生产线的设计是柔性制造的核心。传统的生产线通常是固定的，生产内容和流程相对单一，难以应对多样化的生产需求。而柔性生产线则具有高度的可调节性，能够根据不同需求快速更改生产方式。在数智基础设施项目中，柔性生产线能够根据不同的设计要求、材料选择和生产批次，调整生产过程，以适应快速变化的市场需求。在建设大型智能建筑时，柔性生产线能够根据设计要求快速调整，生产符合不同规格和性能要求的部件。定制化组件的制造是柔性制造技术的一个重要应用方向。^[14]对于一些特殊的基础设施项目，如个性化的桥梁、道路、智能建筑等，传统的批量生产方式无法满足高定制化需求。通过柔性制造技术，可以根据客户或项目的具体需求，定制生产所需的每一个零部件。这不仅提升了基础设施的设计美观性和功能性，还能确保各个部件的精度与质量，提升整个基础设施项目的建设水平。快速响应与柔性调度使得生产过程更加高效。在生产过程中，通过灵活的生产调度，能够快速响应市场变化和生需求。面对突发的项目调整或紧急订单，柔性制造能够快速调整资源配置，确保项目能够按时交付。

（五）智能化维护与自主服务技术的应用

智能巡检机器人作为智能化维护技术的重要组成部分，能够

定期对基础设施进行检查。这些机器人通过集成的传感器和摄像头，能够自动化地检测设施的各个方面，如结构的完整性、设备的运转状态等。智能巡检机器人可以穿越复杂环境，如高空、地下管道等人类难以到达的地方，进行精确检查。机器人还能够实时传回数据，并生成详细的检查报告，从而减少人工巡检的工作量，提高巡检效率和准确性。无人机技术在基础设施维护中的应用也逐渐成熟。无人机通过搭载高清摄像头和传感器，能够对桥梁、电力线、风力发电机等设施进行空中巡检。无人机能够拍摄高分辨率的图像和视频，对基础设施的状况进行全面评估。尤其在高空或偏远地区的基础设施检查中，无人机提供了极大的便利，减少了人工登高作业的危险，确保了检查结果的高效与准确。智能化预测与大数据分析的结合，使得基础设施的维护工作更加智能化。通过对设备使用数据的收集与分析，能够预测设备的故障周期和维修需求。通过分析传感器采集的数据，系统可以预测某些设备可能出现的故障，并提前发出预警信号^[15]。

四、结束语

先进制造技术在国产化新型数智基础设施体系中的应用展现了巨大的潜力。从数字化制造技术到高性能材料的广泛应用，再到智能传感与物联网技术、柔性制造和智能化维护技术的结合，这些先进制造技术不仅有效提升了基础设施的建设质量，还增强了其长久使用的可持续性。随着技术的不断进步和创新，这些技术将在未来的基础设施建设中扮演更为重要的角色，推动我国经济高质量发展、优化资源配置、提高产业竞争力，并为国家安全提供有力保障。

参考文献

- [1] 王爱丽, 陈桢, 孙喜利, 等. 铁路数字孪生生态共享服务平台架构及功能研究 [J]. 中国铁路, 2023, (1).
- [2] 数智技术引爆基础设施行业革命 [J]. 国际工程与劳务, 2024, (10): 54-56.
- [3] 向书坚, 姚敏, 徐应超. 数智化基础设施发展的服务业结构升级效应——基于“宽带中国”战略的准自然实验分析 [J]. 调研世界, 2024, (08): 3-16.
- [4] 绿色引领数智驱动金融赋能合作共赢——第14届国际基础设施投资与建设高峰论坛概览 [J]. 国际工程与劳务, 2023, (12): 52-54.
- [5] 姜桂平. 先进制造技术及其发展趋势 [J]. 天津职业院校联合学报, 2006, 8(2): 43-46.
- [6] 杨叔子, 李斌, 吴波. 先进制造技术发展展望 [J]. 机械制造与自动化, 2004(01): 1-6. DOI: 10.3969/j.issn.1671-5276.2004.01.002.
- [7] 杨叔子, 李斌, 吴波. 先进制造技术发展展望 [J]. 机械制造与自动化, 2004, 033(001): 1-6.
- [8] 张菁. “数智化”提高城市基础设施运行效率研究——以宜宾市智慧停车平台为例 [J]. 江南论坛, 2024(2): 71-75.
- [9] 欧阳日辉. 数据基础设施保障数据安全及高效流通 [J]. 人民论坛, 2024, (7): 70-75.
- [10] 数智引领, 创新应用着力推进新型城市基础设施建设 [J]. 中国建设信息化, 2021, (21): 22-23.
- [11] 王文京. 用工业互联网夯实数智化基建 [J]. 经理人, 2021(10).
- [12] 弓少敏. 浅谈数字化制造技术 [J]. 引文版: 工程技术, 2016, 000(001): P.290-290.
- [13] 牧涛. 数字化制造设备引导数据传输准确性矫正仿真 [J]. 计算机仿真, 2020, 37(4): 4. DOI: CNKI: SUN: JSJZ. 0. 2020-04-041.
- [14] 孙贵杰. 先进制造技术与机械制造工艺分析 [J]. 化工管理, 2018(11): 1. DOI: CNKI: SUN: FGGL. 0. 2018-11-068.
- [15] 谢超明. 先进制造技术中钳工工艺的应用研究 [J]. 中国新技术新产品, 2018(10): 2. DOI: CNKI: SUN: XPJX. 0. 2018-10-043.