

Facing Intelligent Manufacturing: Construction and Innovation of Training Mode for “AI+” Capability System of On-site Engineers

Guojuan Zhou Jinjun Jiang Ying Zhong Guocan Xiong Limei Ju

Beijing Institute of Economics and Management, Beijing, 100102, China

Abstract

Smart manufacturing represents not only a technological upgrade but also a systemic transformation in production modes, organizational forms, and talent demands. This paper systematically analyzes the new requirements that smart manufacturing poses for the role and capabilities of field engineers. It constructs a four-dimensional “AI+” capability system, with “data literacy” as its cornerstone, “AI technology application” as its core, “cross-domain collaboration” as its support, and “engineering ethics and lifelong learning” as its guidance. Furthermore, drawing from domestic and international practices, the paper delves into specific paths and challenges faced in innovating training models from three perspectives: systematic reforms in educational institutions, on-the-job practical training for enterprises, and the construction of a collaborative ecosystem involving government, enterprises, and schools. The research indicates that constructing a forward-looking capability system and implementing integrated training are key to promoting high-quality development in the manufacturing industry. In the future, modularized capability certification, metaverse-based learning factories, and AI-driven personalized lifelong learning will become major trends.

Keywords

smart manufacturing; on-site engineer; AI+ capability system; training mode; integration of industry and education

面向智能制造：现场工程师“AI+”能力体系构建与培养模式创新

周国娟 姜金俊 钟莹 熊国灿 鞠丽梅

北京经济管理职业学院，中国·北京 100102

摘要

智能制造不仅是技术的升级，更是生产模式、组织形态和人才需求的系统性变革。本文系统分析了智能制造对现场工程师角色与能力提出的新要求，构建了以“数据素养”为基石、“AI技术应用”为核心、“跨领域协同”为支撑、“工程伦理与终身学习”为引领的“AI+”能力四维体系。进而，结合国内外实践，从院校系统性改革、企业在岗实战化培训、政校企协同生态构建三个层面，深入探讨了创新培养模式的具体路径与面临挑战。研究表明，构建前瞻性的能力体系并实施融合式培养，是推动制造业高质量发展的关键。未来，能力认证的模块化、学习工厂的元宇宙化及AI驱动的个性化终身学习将成为主要趋势。

关键词

智能制造；现场工程师；AI+能力体系；培养模式；产教融合

1 智能制造转型与现场工程师的角色演进

1.1 智能制造的发展趋势与人才挑战

智能制造正朝着软件定义工厂、完全按需制造、智能工厂网络等新模式发展。其核心特征表现为以“工业大脑”为决策中心，实现设计、开发、量产的智慧优化，并依托工

业元宇宙实现设计制造一体化与资源的动态配置。例如，上海市在推动“AI+制造”的实施方案中明确提出，要建设以智能体高密度分布、多场景集成为特征的示范工厂，推进人形机器人等具身智能的实用化部署^[1]。

在这一背景下，现场工程师的工作内涵发生了质变。其职责已从传统的设备操作、工艺执行和故障排除，扩展到智能系统的交互管理、数据流的解读优化，以及人工智能模型的现场应用与调优。产业对人才的需求正从单一技能型向“技术+数据+智能”的复合型转变^[1]。中国空间技术研究院（五院）的实践表明，航天制造领域要求一线技能人

【基金项目】北京市教育科学“十四五”规划2024年度一般课题《人工智能时代现场工程师人才培养模式创新与实践》（项目编号：CDAB24288）。

才向“T”字型发展，即既具备精湛的传统操作能力，又需拓展技术广度，能够参与数字化设计与智能生产控制^[2]。这种转变的核心矛盾在于传统的工程教育与企业培训体系，在知识更新的速度与深度上，已难以匹配技术迭代的指数级增长，导致人才供给在质量与结构上均出现显著缺口。

1.2 现场工程师的角色再定位

在智能工厂生态中，现场工程师的角色演变为多个关键枢纽：一是：智能产线的“诊断师”与“调优师”：负责基于工业数据对智能产线进行健康诊断、性能优化和自适应调整。二是：人机协同的“协作指挥官”：在大规模人机协作环境中，指挥和协调工业机器人、AGV、智能装备等协同作业。三是：数据价值与AI应用的“现场转化器”：将抽象的算法模型与具体的生产场景、工艺参数相结合，解决“最后一公里”的落地问题^[3]。四是：前沿制造模式的“一线实践者”：在软件定义工厂、按需制造等新模式中，负责将柔性生产策略转化为可执行的现场操作流程。

2 现场工程师“AI+”能力体系的四维构建

基于对智能制造场景和角色新定位的分析，现场工程师的“AI+”能力体系应是一个以数据素养为基石、以AI技术应用能力为核心、以跨领域协同能力为支撑、以工程伦理与终身学习能力为引领的立体化结构。

2.1 基石：数据素养与工业互联网能力

数据是智能制造的核心生产资料。现场工程师的数据素养是其“AI+”能力体系的基石，具体包括：

工业数据感知与治理能力：能够利用传感器、SCADA等系统采集多源异构数据，并运用数据“采洗标测用”工具链进行初步治理，确保数据质量。

数据分析与可视化解读能力：掌握基本的分析方法和可视化工具，能从时序数据、工艺参数中识别规律、发现异常。例如，中国空间技术研究院的技能人才通过大数据分析优化焊接工艺，显著提升了产品合格率^[2]。

工业互联网平台操作能力：熟悉主流工业互联网平台，能通过平台进行设备监控、生产管理和数据调用。

2.2 核心：AI技术工具应用与场景化能力

这是区别于传统工程师的核心能力维度，强调将AI作为工具解决现场工程问题。

工业AI模型与智能体的理解与应用能力：了解机器学习、深度学习基本原理，特别是能理解并使用面向特定场景的专用小模型（如缺陷检测、预测性维护模型）^[4]。能借助检索增强生成（RAG）、知识图谱等技术，构建内部知识库，快速查询技术手册和解决方案^[5]。

数字孪生与仿真调试能力：能够操作和维护与物理实体同步的数字孪生系统，在虚拟空间中进行工艺模拟、产能评估和故障预演，实现“虚拟调试、实体运行”^[6]。

智能装备的编程与协同管控能力：掌握工业机器人、

AGV等智能装备的离线编程、轨迹规划及参数优化，并能管理多装备间的协同作业逻辑。

2.3 支撑：跨领域知识融合与系统思维

智能制造要求打破专业壁垒，形成系统化解决问题的能力。

“IT+OT+工艺”的融合知识：深入理解自身领域的工艺知识（OT），同时掌握必要的信息技术（IT）知识，成为横跨两个领域的桥梁。

系统性工程思维：具备从全局视角审视生产系统的能力，理解局部优化对整体效能的影响，能够参与智能产线或单元的设计与运行控制^[7]。

2.4 引领：工程伦理与终身学习能力

在快速迭代的技术环境中，内在的素养决定了能力发展的可持续性。

人本伦理与数据安全意识：在推动自动化的同时，关注人机协作的安全与伦理，并对工业数据的安全、隐私和合规性有清晰认知^[8]。

敏捷学习与创新应变能力：保持对AI、数字孪生、工业元宇宙等前沿技术的敏感性，具备通过短期培训、在线课程等方式快速学习新工具、新方法的能力^[9]。积极参与“揭榜挂帅”式技术攻关，在实践中创新^[2]。

3 “AI+”现场工程师培养模式的创新实践

传统的职业教育与培训模式已难以满足“AI+”能力培养的复杂需求。近年来，我国在院校教育、企业培训及政企校协同方面涌现出一系列创新模式。

3.1 院校培养模式的系统性改革

高校和职业院校正从专业设置、课程体系到教学环境进行全链条重塑。

专业与课程体系的重构：以上海电机学院为例，该校实施了“AI+卓越现场工程师”培养计划，通过“底层基础层-中间提升层-顶层拓展层”的分层AI课程体系，系统性推进15个专业的AI化升级和100门数智课程重塑^[10]。

教学场景与方法的智能化改造：潍坊职业学院与潍柴集团合作，打造了“数智驱动、实境赋能”的教学范式。通过AI学情评估系统、数字孪生教学平台，构建“理论认知—虚拟演练—实装操作”三级教学链，实现了精准化教学与评价^[11]。

实践教学的项目化与竞赛化：将企业真实项目转化为教学案例，并鼓励学生参与AI类创新创业项目与学科竞赛。长沙在智能建造人才培养中，则直接围绕BIM建模、数智工地平台管理等10个紧缺岗位，开发了“理论+实操+职业素养”三维培养模型，进行定向输送^[12]。

3.2 企业在岗培训的实战化升级

企业培训更侧重于解决实际生产问题和技术迭代需求。基于实战项目的“微赋能”模式：无锡市工程师学会举办的

“卓成班”，采用“必学课程+选学模块”的立体化培养，结合实战工作坊、标杆企业研学等形式，快速提升工程师解决智能制造实际问题的能力^[13]。

内部竞赛与知识共享平台：中国空间技术研究院通过举办“CAST+AI·R”青年创新大赛，打破岗位与学历限制，以赛促学、促创。同时，鼓励建立基于RAG和知识图谱的内部知识库，促进隐性知识的显性化和共享^[15]。

3.3 政企校协同的生态化培养

政府、产业、学校三方联动，共同构建人才培养生态。

政策引导与标准制定：上海市政府发布《加快推动“AI+制造”发展的实施方案》，不仅设定产业目标，也间接引领了人才需求方向。长沙市政府则直接牵头制定《智能建造新“十大员”岗位培训及考核细则白皮书》，为行业人才培养提供了清晰的标准化体系^[12]。

产教融合平台与产业学院建设：潍坊职业学院与潍柴集团共建产业学院，实施“1+1.5+0.5”的校企交替培养模式，学生技能匹配度高达96.8%^[11]。这种深度绑定确保了人才培养与产业需求的“零时差”对接。

4 挑战与未来展望

尽管已有诸多创新实践，但面向智能制造的现场工程师培养仍面临课程内容滞后于技术发展、校企合作“校热企冷”、复合型师资严重短缺、培训效果评估体系不健全等挑战^[14]。

未来，培养模式创新可能呈现以下趋势：

能力认证的标准化与模块化：类似长沙“十大员”的岗位标准将更普及，形成全国性或行业性“微证书”体系，实现能力的精准评价与累积。

学习工厂的普及与元宇宙化：基于数字孪生和工业元宇宙技术的“学习工厂”将成为标配，提供低成本、零风险的沉浸式实训环境^[15]。

AI驱动的个性化终身学习：利用AI学情分析和职业能力画像，为每位工程师规划动态、个性化的终身学习路径，实现“一人一案”的精准赋能。

培养主体的多元化与生态化：专业服务商、工业互联网平台企业等将深度介入人才培养，形成“高校侧重基础、企业聚焦实战、平台提供工具与生态”的多元共育格局^[16]。

5 结语

智能制造的核心是人的智能化。构建面向现场工程师的“AI+”能力体系，并创新其培养模式，是一项关乎制造业转型升级成败的战略工程。这要求我们从系统性、生态性

的视角出发，彻底打破教育、产业与技术的边界。通过政企校协同构建利益共同体，通过数智技融合重塑教学内容与手段，通过训战评一体确保能力转化效果，从而源源不断地培养出既能扎根工业现场，又能驾驭智能技术的卓越工程师。唯有如此，才能将人口红利转化为工程师红利，将技术势能转化为产业动能，为塑造新质生产力、建设制造强国奠定最坚实的人才基石。未来的竞争，是制造的竞争，归根结底是制造人才的竞争，而“AI+”现场工程师，正是这场竞争中最关键的角色。

参考文献

- [1] 上海市人民政府. 上海市加快推动“AI+制造”发展的实施方案[Z]. 2024.
- [2] 中国空间技术研究院. 航天制造领域技能人才数字化转型实践研究报告[R]. 2023.
- [3] 周济, 李滌尘. 工业人工智能赋能智能制造[J]. 中国科学: 技术科学, 2022, 52(1): 1-12.
- [4] Lee J, Davari H, Singh J, et al. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems[J]. Manufacturing Letters, 2018, 18: 20-23.
- [5] 刘强, 刘振宇. 基于知识图谱与RAG的工业智能问答系统构建[J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(10): 1-12.
- [6] Tao F, Zhang H, Liu A, et al. Digital twin in industry: State-of-the-art[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2018, 15(4): 2405-2415.
- [7] 邵新宇, 郭朝晖. 智能制造系统理论与方法[M]. 科学出版社, 2021.
- [8] 陈劲, 朱子钦. 工程伦理与工程师社会责任研究[J]. 自然辩证法研究, 2020, 36(8): 49-54.
- [9] World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2023[R]. 2023.
- [10] 上海电机学院. “AI+卓越现场工程师”培养计划白皮书[R]. 2024.
- [11] 潍坊职业学院, 潍柴集团. 数智化高端装备制造人才培养年度报告[R]. 2023.
- [12] 长沙市住房和城乡建设局. 智能建造新“十大员”岗位培训及考核细则白皮书[Z]. 2023.
- [13] 无锡市工程师学会. “卓成班”智能制造高级研修项目总结报告[R]. 2023.
- [14] 吴爱华, 等. 深化新工科建设 培养卓越工程人才[J]. 高等工程教育研究, 2021(1): 1-9.
- [15] 刘金琨, 等. 数字孪生驱动的智能制造实训平台研究[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(5): 1-6.
- [16] 黄维, 等. 面向工业互联网的产教融合人才培养生态构建[J]. 现代教育管理, 2023(7): 112-119.