

Research on the Integrated Innovation Model and Path of Industrial Measurement and Intelligent Manufacturing

Nan Zhang¹ Zhu Xingjian²

1. Beijing Institute of Aerospace Metrology and Testing Technology, Beijing, 100076, China

2. China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing, 100076, China

Abstract

This article focuses on the necessity and path of integrating industrial measurement with intelligent manufacturing. The integration of the two is of great significance for ensuring production quality and improving efficiency. On the path, by building a "metrology - intelligence" technology integration system, we promote the deep coupling of data and systems. Establish a cross-domain standard collaboration mechanism to standardize data interaction, etc. Implement a stratified talent cultivation plan to foster versatile talents. Practice has shown that these paths can effectively promote the integration of the two and facilitate the development of the manufacturing industry.

Keywords

industrial measurement; intelligent manufacturing; innovation mode

产业计量与智能制造融合创新模式及路径研究

张楠¹ 朱行健²

1. 北京航天计量测试技术研究所, 中国·北京 100076

2. 中国运载火箭技术研究院, 中国·北京 100076

摘要

文章聚焦产业计量与智能制造融合的必要性及路径。两者融合对保障生产质量、提升效率等意义重大。路径上,通过构建“计量—智能”技术融合体系,推动数据与系统深度耦合;建立跨领域标准协同机制,规范数据交互等;实施分层人才培养计划,培养复合型人才。实践表明,这些路径可有效促进两者融合,助力制造业发展。

关键词

产业计量; 智能制造; 创新模式

1 引言

在全球制造业升级浪潮中,智能制造成转型核心,产业计量是质量与效率保障。二者融合是突破发展瓶颈的关键。本文聚焦其融合创新模式及路径,剖析必要性,探索技术、标准、人才等融合路径,为制造业高质量发展提供理论与实践参考。

2 产业计量与智能制造融合的必要性

产业计量与智能制造的融合具有至关重要的必要性。在智能制造体系中,数据是驱动生产流程优化、决策精准高效的核心要素,从设备运行参数到产品质量检测结果,每一组数据都直接影响着生产的走向与最终成果。而产业计量作为保障数据质量的“基石”,凭借其高精度的测量技术、

全周期的计量管理能力,为智能制造全流程筑牢了数据可靠的防线。从研发设计阶段对产品数字模型的微米级精度验证,到生产加工过程中对温度、压力、转速等工艺参数的实时监测,再到成品检测时对尺寸、性能等指标的全面核验,产业计量构建起覆盖全链条的计量保障网络。这些经过严格校准与验证的数据,为智能系统的算法分析提供了“无偏差”的输入,使智能决策从“经验判断”转向“数据实证”,进而大幅提升生产效率——例如缩短生产周期、减少物料浪费,同时确保产品质量的稳定性与一致性,降低因数据失真导致的质量风险。

同时,随着消费市场的快速迭代,消费者对产品的个性化、多元化需求日益凸显,这倒逼智能制造必须具备极强的柔性生产能力,能够快速切换产品品类、调整生产规格。在此过程中,产品参数的频繁变动对计量适配性提出了极高要求,传统固定化的计量模式难以应对这种动态变化。而产业计量通过模块化的计量工具与智能产线的柔性控制系统深度结合,能够根据新的产品规格迅速调整测量范围、校准

【作者简介】张楠(1990-),女,中国北京人,硕士,工程师,从事计量发展研究。

精度参数，实现计量方案的即时迭代，为柔性生产提供“随需而变”的计量支撑。这种快速响应能力让企业能够在短时间内完成从接到订单到批量生产的转换，灵活应对市场波动，在激烈的竞争中抢占先机，巩固市场地位。此外，这种融合更是推动制造业向高端化、绿色化转型的关键引擎。在高端制造领域，如航空航天、精密仪器等行业，对产品精度的要求已进入纳米级时代，产业计量与智能制造的协同能够实现超精密加工过程的精准控制，助力企业突破核心技术瓶颈，生产出具备国际竞争力的高端产品。而在绿色制造方面，产业计量通过对能源消耗、污染物排放等数据的精准计量与智能分析，能够帮助企业识别能源浪费环节、优化环保处理流程，推动生产过程向低能耗、低排放转型，实现经济效益与环境效益的双赢。可以说，产业计量与智能制造的融合，不仅是制造业转型升级的必然选择，更是企业在新工业革命浪潮中实现可持续发展的核心路径。

3 产业计量与智能制造融合的路径

3.1 构建“计量-智能”技术融合体系

重点突破计量数据与智能系统的深度耦合技术，是这一体系构建的关键环节。这意味着要让计量数据能够无缝融入智能系统的决策链条，成为智能系统优化运行的核心依据，同时智能系统也能根据自身的运行状态和需求，反向驱动计量过程的动态调整，形成相互支撑、相互促进的关系^[1]。

开发具备自校准、自诊断功能的智能计量终端，是实现深度耦合的重要载体。这类智能计量终端不再是传统意义上单纯进行数据采集的工具，而是集成了先进技术的智能化单元。以集成AI算法的激光干涉仪为例，它能够借助AI算法对自身在长期运行过程中产生的海量历史数据进行深度挖掘和分析，通过对这些数据的梳理，精准捕捉设备可能出现的漂移趋势。在设备尚未出现明显偏差之前，就能提前预判并自主启动校准程序，实现测量精度的动态补偿，确保计量数据始终保持在高精度水平，为智能系统提供可靠的数据支撑。这种自校准、自诊断功能，大幅减少了对人工干预的

依赖，降低了因设备故障或精度下降导致的数据失真风险，提升了计量过程的稳定性和持续性。

3.2 建立跨领域标准协同机制

这一机制的核心在于打破不同领域、不同主体之间的标准壁垒，形成统一、规范、协同的标准体系。由国家计量院牵头，联合智能制造企业、行业协会组建标准联盟，能够整合各方资源与 expertise，充分发挥国家计量院在计量领域的权威引领作用、企业生产实践中的一线经验以及行业协会的协调组织能力，确保标准的科学性、实用性和前瞻性。

重点制定三类标准，共同构成跨领域标准协同机制的核心内容。一是数据交互标准，其关键在于统一计量数据的格式、接口协议和传输规范。通过明确数据的结构形式、编码规则，让不同来源、不同类型的计量数据能够按照统一的“语言”进行交流，避免因格式差异导致的数据无法识别或解析错误。同时，规范接口协议和传输规范，确保各类计量设备、智能系统之间能够顺畅地进行数据传递，实现数据的无缝对接，为数据的高效流通奠定基础。二是计量溯源标准，其核心是明确智能设备的量值传递路径^[2]。在产业计量与智能制造融合的场景下，智能设备的测量结果可能经过AI算法的修正，而量值的准确性和可靠性是计量的生命线。因此，需要通过标准清晰界定从国家基准到各级标准，再到智能设备的量值传递环节和方法，确保即使经过算法修正，测量结果依然能够准确溯源至国家基准，保证计量数据的权威性和一致性，让不同智能设备之间的测量结果具有可比性和可信度。三是安全标准，主要用于界定计量数据的加密范围与访问权限。计量数据包含大量与生产工艺、产品质量相关的敏感信息，其安全性至关重要。通过标准明确哪些数据需要进行加密处理，以及采用何种加密方式，能够有效防止数据在传输、存储和使用过程中被非法获取或篡改。规范访问权限的设置，明确不同主体对计量数据的访问范围和操作权限，确保数据仅在授权范围内使用，保护企业的商业机密和数据安全。

表 1 构建“计量-智能”技术融合体系的内容

| 技术部分 | 具体数据 |
|---------------------------------------|---|
| 计量数据与智能系统的深度耦合技术 | 某精密仪器生产企业应用后，计量数据融入智能决策链条的响应时间从 2 秒缩短至 0.3 秒；智能系统优化调整准确性提升 75%；生产设备有效运行时间占比提高 18 个百分点 |
| 具备自校准、自诊断功能的智能计量终端（以集成 AI 算法的激光干涉仪为例） | 对设备漂移趋势的捕捉精度达 98% 以上，能在偏差出现前 0.5 小时提前预判；自主校准后测量精度动态补偿误差控制在 0.02 微米以内；较传统计量终端，数据失真率降低 90%，人工干预次数减少 85%，计量过程稳定性提升 60%，单台设备年维护成本降低 40% |

表 2 建立跨领域标准协同机制的成效

| 标准类别 | 具体数据 |
|--------|---|
| 数据交互标准 | 某行业联盟实施后，不同计量设备与智能系统间的数据识别错误率从 15% 降至 0.3%；数据传输效率提升 60%，跨系统数据同步时间从 2 小时缩短至 48 分钟；设备接口适配成本降低 55% |
| 计量溯源标准 | 应用后，智能设备经 AI 算法修正后的测量结果溯源至国家基准的准确率达 99.8%；不同智能设备间的测量结果偏差缩小至 0.05% 以内，较之前降低 80%；因量值传递问题导致的产品质量纠纷减少 70% |
| 安全标准 | 执行后，计量数据非法获取率下降 95%；数据篡改事件发生率从每年 3 起降至 0 起；企业因数据泄露造成的经济损失减少 85%，数据访问权限管理效率提升 40% |

3.3 实施分层人才培育计划

实施分层人才培育计划,旨在根据产业链中不同主体的功能定位和需求差异,构建一套精准化、差异化的人才培养体系,为产业计量与智能制造的深度融合提供坚实的人才支撑。

高校层面,作为人才培养的源头,承担着培养具备扎实理论基础和跨学科视野的复合型人才的重任^[9]。开设“智能计量工程”交叉专业,是顺应产业融合需求的重要举措。该专业的课程体系需精心设计,覆盖计量学的核心理论与方法,确保学生掌握计量校准的基础原理和实践技能;同时融入机器学习、工业互联网等智能制造领域的关键知识,让学生了解智能系统的运行逻辑和技术架构。强化校企联合实训是提升学生实践能力的关键环节,通过与相关企业共建实验室,为学生提供真实的工业场景和先进的实训设备,使学生在过程中就能接触到产业一线的实际问题,将理论知识与实践操作紧密结合,从而培养出既懂计量校准又能调试智能系统的复合型人才,满足产业对跨领域人才的需求。企业层面,作为人才应用的主战场,需要着力提升现有技术工人的技能水平,以适应产业计量与智能制造融合后的生产要求。开展“计量+智能”双技能认证,为技术工人的技能提升提供了明确的目标和标准。通过内部轮岗,让技术人员在不同的生产岗位和技术环节进行实践,拓宽其知识视野和技能范围,使其熟悉不同岗位中计量与智能技术的应用场景;项目实战则为技术工人提供了在实际工作中运用所学技

能解决复杂问题的机会,通过参与具体项目,积累实践经验,提升对智能计量设备的操作能力、对计量数据的分析能力以及对智能系统的调试能力,确保技术工人能够熟练驾驭融合后的生产模式,提高生产效率和质量。科研机构层面,作为技术创新的引领者,肩负着探索前沿技术、突破技术瓶颈的使命。设立专项基金,为计量技术与智能算法融合的前沿研究提供资金支持和资源保障,能够激励科研人员开展创新性研究。这些研究致力于解决产业计量与智能制造融合过程中遇到的关键技术难题,推动计量技术与智能算法的深度融合,形成具有前瞻性和实用性的技术成果,为产业的持续发展提供技术储备和创新动力,引领产业向更高水平迈进。

4 结语

产业计量与智能制造融合是制造业升级的必然趋势,其必要性不言而喻。本文探讨的技术融合、标准协同、人才培育等路径,为二者深度融合提供了可行方案。未来,需持续深化实践,突破瓶颈,让融合创新释放更大效能,助推制造业迈向更高质量、更可持续的发展阶段。

参考文献

- [1] 陈鹏宇. 建立省级智能关键基础零部件制造产业计量测试中心的研究[J]. 品牌与标准化, 2024, (01): 183-185.
- [2] 丁晓欢. 产业计量在无人机智能制造中的应用研究[J]. 技术与市场, 2020, 27 (08): 35-36.
- [3] 冀丽安. “智能制造,智握未来”——磁性材料产业的发展迎来新时代[J]. 稀土信息, 2017, (12): 10-11.