

计算机网络技术在智能工厂自动化管控中的应用

孙志伟

上海宝信智矿信息科技有限公司，上海 201900

DOI: 10.61369/TACS.2025130001

摘 要： 在智能制造转型不断加速背景下，智能工厂自动化管控领域对于设备的互联、数据的协同以及精准管控需求已经日益迫切，但传统管控模式长期存在的信息孤岛、响应滞后等技术痛点严重制约着智能工厂智能化发展水平。故而，本文研究目的在于深度探索计算机网络技术在智能工厂自动化管控中的有效应用路径，秉持“技术原理→应用效果→案例验证”这一核心逻辑，在研究中整合了5G工业模组、工业以太网、边缘计算等关键技术的应用适配体系，可以为智能工厂提升协同效率、降低运营成本提供切实可复制的解决方案。

关 键 词： 智能工厂；自动化管控；计算机网络；质检自动化

Application of Computer Network Technology in Automated Management and Control of Intelligent Factories

Sun Zhiwei

Shanghai Baoxin Intelligent Mining Information Technology Co., Ltd., Shanghai 201900

Abstract： Against the backdrop of the accelerating transformation towards intelligent manufacturing, the demand for equipment interconnection, data collaboration, and precise management and control in the field of automated management and control of intelligent factories has become increasingly urgent. However, technical pain points such as information silos and delayed responses, which have long existed in traditional management and control models, severely constrain the level of intelligent development in intelligent factories. Therefore, the purpose of this study is to deeply explore effective application pathways for computer network technology in the automated management and control of intelligent factories. Adhering to the core logic of "technical principles → application effects → case verification," this research integrates the application adaptation systems of key technologies such as 5G industrial modules, industrial Ethernet, and edge computing, providing practical and replicable solutions to enhance collaborative efficiency and reduce operational costs for intelligent factories.

Keywords： intelligent factory; automated management and control; computer network; quality inspection automation

智能制造作为制造业高质量发展之核心方向，自动化管控技术是智能工厂生产运营的核心支撑。立足于智能工厂自动化管控领域，探讨计算机网络技术应用策略，深度分析技术应用原理、应用效果与典型案例，可以帮助智能工厂构建科学、适配的网络技术应用体系，助力智能工厂突破自动化管控的技术瓶颈实现多技术的高效协同，并自宏观助力制造业数字化转型“提质增效”^[1]。

一、智能工厂应用计算机网络技术的目标

（一）功能目标

智能工厂应用计算机网络技术的“功能目标”，主要聚焦于面向工厂自动化管控的支撑，旨在通过网络赋能落实多维度管控功能的落地，通常包含设备互联与数据采集目标、实时控制指令传输目标、跨环节协同管控目标^[2]。

其中，设备互联与数据采集目标，旨在依托工业以太网、物联网等网络技术，打破生产设备、传感器、终端系统之间的物理壁垒，实现不同生产要素的全连接，保证设备运行参数、生产过程数据实时采集与汇聚，为自动化管控提供精准且全面的数据支持。实时控制指令传输目标的核心是利用网络技术保证管控指令

及时送达与执行，从而实现对生产设备启停、工艺参数调控和生产流程切换操作等远程精准控制，满足柔性调度、连续生产管控要求。跨环节协同管控目标聚焦于打破生产、设计、质检、仓储、物流等生产环节的“信息孤岛”，借助网络技术打造跨部门、跨流程的协同信息通道，落实物料供应、生产计划、质量检测等信息的实时共享，推动各环节高效联动，支持企业的决策协同。

（二）性能目标

智能工厂应用计算机网络技术的“性能目标”，主要侧重于保障计算机网络技术的安全性、稳定性、适配性，从而为自动化管控功能高效稳定发挥提供保障。通常，对计算机网络技术的应用目标集中于低延迟传输、高可靠运行、高安全防护三大目标^[3]。

低延迟传输目标隶属核心性能目标，旨在让网络传输延迟控

制在毫秒级别,保证实时控制指令和关键生产数据及时传输,避免因数据传输延迟造成生产中中断问题、工艺偏差等问题,让生产过程高度适配高精度制造实时调度场景。高可靠运行目标,旨在利用网络系统的抗干扰能力、容错机制来抵御工业环境下的设备故障、电磁干扰风险,基于冗余设计与链路备份落实网络的无间断运行,保障智能工厂自动化管控流程的稳定性和连续性。高安全性防护目标聚焦于网络、数据安全,旨在利用入侵检测、防火墙、数据加密等技术打造“全方位+多层次”的安全防护体系,有效防范生产数据、设计数据泄露以及指令篡改、恶意攻击等网络风险,保障智能工厂生产数据和管控系统的高度安全、可控^[4]。

二、智能工厂自动化管控中计算机网络技术的应用研究

(一) 生产流程自动化管控

1. 技术应用原理

计算机网络技术在生产流程自动化管控中的应用原理,是以“网络互联+数据驱动”为核心逻辑,利用计算机网络技术打造智能工厂“全流程”的协同信息框架,这一过程下会依托“工业以太网+5G+工业互联网”联合构成高速传输通道,实现APS-生产计划系统、MES-制造执行系统、WMS-仓储管理系统的跨环节系统无缝对接,并基于IOT物联网终端进行物料流转、工序进度、设备负载等实时数据采集^[5]。随后,利用边缘计算节点过滤降噪并将数据快速传输至管控平台。平台接收数据后,基于预设算法生成调度指令,利用网络反向推送到执行单元,最终完成生产流程的自动化调整。与此同时,SDN-网络虚拟化技术也可以为关键工序分配专属的网络切片,确保数据传输的稳定性和优先级,最终打造“感知——传输——分析——控制”的闭环管控体系

2. 技术应用效果

在生产流程自动化管控领域,计算机网络技术的应用,可以帮助智能工厂彻底打破传统生产流程下信息孤岛的困境。第一,该技术的应用能提升协同效率,基于实时信息共享实现生产、设计、物流等环节的高效联动,全面缩短产品生产周期30%以上。第二,计算机网络技术可以强化柔性生产的能力,对订单变更和工艺调整需求快速适配,可应对多品种、小批量生产模式。第三,该技术的应用成功降低了智能工厂的运营成本,自动化调度减少了人工干预,数据驱动的资源优化模式能提升物料使用率和设备产能。第四,计算机网络技术可以保障生产流程的全面可追溯,依托网络日志以及区块链技术能够实现生产全流程信息的“留痕操作”,为质量追溯以及合规审计提供支撑^[6]。

3. 应用案例

以某大型选矿厂工业交换机网络互联系统为例。该选矿厂在主要车间广泛分布了破碎、磨选、浮选、精矿脱水等工艺设备,工艺流程衔接紧密,对于数据的实时性与控制可靠性有极高要求。传统独立总线网络模式容易造成各车间“信息孤岛”,全流程协同目标难以实现。对计算机网络技术应用期间,技术组基于工业以太网交换机构建了高速冗余环网。网络架构方面,在中央控制室部署“核心层”交换机,各个车间配置“分布层”交换

机,利用光纤组成千兆冗余网络,保证单点链路,故障期间的网络自愈时间低于20ms。“感知层面”方,技术部门在高压辊磨机、浓缩机、浮选柱等关键设备上集成智能I/O模块以及传感器,对设备的压力、流量、浓度等工艺参数进行实时采集。数据采集后快速传输至车间交换机,经过环网汇聚到中央管控平台。平台接收到生产数据后,依托SDN技术面向浮选药剂精准添加、磨矿粒度等关键控制指令分配高优先级网络切片,保证指令传输的低延时性、确定性。在此基础上,边缘计算节点部署在磨选车间内,专门对旋流器溢流粒度数据进行实时分析,一旦实现异常检测,立即利用网络触发磨机调给矿量调控,从而形成“感知→分析→控制”的闭环。最终,该选矿厂基于对计算机网络互联方案的实施,实现生产体系下全流程MSC运行数据无缝集成和交互,让APS-生产计划、MES-制造执行、DCS-过程控制系统实现三位一体深度协同,全面提升了整体流程效率和流程控制的稳定性^[7]。

(二) 生产设备自动化管控

1. 技术应用原理

计算机网络技术在生产设备自动化管控领域的应用原理,是围绕“感知+分析+控制+协同”闭环展开,其核心是利用计算机网络技术落实设备的智能化管理。其中,“感知层”主要依托物联网技术来部署温度、振动、电流等传感器设备,实时捕捉设备运行参数和故障前兆信息,同时使用“工业以太网+LORA无线通信”技术,将传感器感知数据安全传输至管控平台,对于关键指令则通过低延时专用通道传输。“分析层”借助云计算和机器学习算法,面向设备故障打造预测模型,以性能优化模型落实运行状态评估和故障预判。“控制层”基于分析结果生成对设备的控制指令,以网络远程的形式排查设备故障、调整设备参数,同时随时支持设备远程的固件升级,保障设备始终处于稳定、高效运行状态^[8]。

2. 技术应用效果

生产设备自动化管控期间,计算机网络技术的应用效果可以体现在通过深度赋能,推动设备管理从“被动检修”向“预测性维护”转型,提升设备的可靠性。其一,预测性维护,可以让故障发生概率降低50%以上,减少智能工厂设备停产停滞时间。其二,计算机网络技术可促进智能工厂降低设备运维成本,减少人工巡检投入,通过精准维护可以避免过度维修造成资源浪费,延长设备使用寿命20%左右^[9]。第三,基于网络实现多生产线、多设备同步运行,可以全面提升生产的整体效率。

3. 应用案例

以智能工厂MCC自动化管控体系为例。在智能工厂架构内,马达控制中心隶属驱动生产流程的核心枢纽,其运行状态对于生产体系整体运行有着直接影响。基于对计算机网络技术的应用,可以为MCC高效与可靠运行提供关键支撑。首先,具体对计算机网络技术的应用始于“全面感知”,技术部门在MCC关键回路和组件是哪个部署多类智能传感器,对电机运行电流、柜体内部、绕组温度数据以及断路器的状态进行实时采集,海量数据融合了低功耗广域网络、工业以太网的异构网络稳定传输至中央管控平台。针对非紧急状态的检测数据,以高带宽以太网开展周期性的采集、汇总,对于紧急状态数据如短路、过载瞬时故障数

据使用专业低延时通信通道进行毫秒级传输，从而确保数据的时效性。其次，对于数据的分析，只要使用部署在云端的智能算法对汇总的 MCC 运行数据开展深度分析，基于温升关系性能模型与电机负载特性模型，对各类故障前兆进行识别，如因轴承初期磨损导致的振动特征变化，亦或是因绝缘老化造成的电流谐波畸变等，实现面向潜在风险的预警。最后，数据分析结果将被转换为控制指令，如针对电机故障生成自动维护工单或是远程控制指令，在不对整体生产造成影响基础上快速隔离该电机工艺流程，同时提示维护团队尽快介入。此外，计算机网络可支持 MCC 体系保护继电器、电参量仪表的固件远程升级与参数设定，保证控制策略同最优运行状态始终高度匹配。表1为 MCC 管理中计算机网络技术的应用维度与控制模式：

表1 MCC 管理中计算机网络技术的应用维度与控制模式

管控维度	基于计算机网络技术的智能管控模式	传统管理模式	核心提升
维护策略	基于状态的预测性维护	定期检修或事后维修	“被动响应” 转为 “主动干预”
故障处理	故障前预警，计划性停机检修	故障发生后排查，停机时间长	减少非计划停机时间 50% 以上
运维成本	精准维护，减少人工投入，避免资源浪费	依赖人工巡检，易过度维修或维修不足	降低运维成本显著 延长设备寿命约 20%
系统协同	全厂 MCC 数据互联，实现负载均衡与能效优化	各 MCC 信息孤岛，独立运行	提升整体能效、生产流程协同性

（三）质检自动化管控

1. 技术应用原理

在智能工厂质检自动化管控中，计算机网络技术的应用原理是以“视觉感知 + 网络协同 + 智能决策”作为核心逻辑，利用计算机网络技术实现质检工作的全流程自动化、智能化。其中，“数据采集层”主要依托机器视觉系统 + 无损检测设备 + 激光传感器对产品的表面缺陷、尺寸、材质的性能指标开展全方位检测，物联网技术负责检测设备和网络的互联。“传输层”使用“工业以太网 + 5G”技术确保传感器数据、高清图像高速无延迟传输。“分析决策层”会基于计算机网络将数据向质检平台传输，集成图像识别、机器学习算法自动开展分析对比工作，判定产品的最终质量。“反馈控制层”会通过网络将判定结果向生产系统推送，触发生产系统的“不合格产品处置流程”，最终打造“检测——反馈——优化”的控制闭环^[10]。

2. 技术应用效果

计算机网络技术在质检自动化管控领域的应用，第一可提升检测效率。自动化检测可以实现产品的100%全检，检测速度对比人工模式可提升5~10倍，高度适配快速生产线的需求。第二，计算机网络技术可以保障检测精度，智能算法可有效替代人工判定，检测精度往往可以达到微米级，全面提升产品合格率。第三是实现质量溯源，检测数据和生产数据的关联存储，有助于企业管理者快速定位质量问题的根源。

3. 应用案例

以矿石破碎工艺流程下矿石物料块度视觉质检为例。在矿石破碎工艺流程中，物料的块度均匀性对于后续磨矿效率、能耗有直接影响，而传统人工筛选、取样、检测形式存在严重滞后性，无法满足连续生产的质量管控需求。基于计算机网络技术的视觉质检系统，能够构建高速闭环下的“成像→分析→调控”链路。首先，技术团队在破碎机皮带关键部位部署高分辨率工业相机，对跌落物料的动态图像进行实时采集，这些包含大量纹理、尺寸信息的高清图像数据会基于现场布置的5G CPE 或工业以太网交换机，基于厂区的确定性网络以低延的形式实时传输到边缘计算服务器。其次，边缘计算服务器内置机器视觉算法，负责对图像进行实时处理，在精确分割同时计算矿石物料的粒度分布。一旦检测到块度超标或细粉含量过高，分析结果和调控指令会立即反馈至中央控制系统。最后，系统通过相同网络通道，对破碎机排矿口、后续筛分机的运行参数进行实时调整，继而实现破碎质量在线实时校正。计算机网络的应用，不仅将质检周期从小时级缩短至秒级，同时基于网络的闭环控制，将质检工作从“事后判断”升级为嵌入至生产流程内部主动调节，全面提升整个选矿过程的经济性和稳定性。

三、结束语

综上所述，本次研究面向计算机网络技术在智能工厂自动化管控中的应用开展了系统化的探讨。在明确技术应用的功能、性能两大维度目标基础上，深入分析计算机网络技术在智能工厂生产流程、生产设备、质检三大场景下的技术应用原理、效果、实践案例，形成了以5G 工业模组 + 工业以太网 + 边缘计算等为核心的计算机网络技术应用体系。未来研究，学界与业界可进一步探索6G、人工智能以及网络技术如何在智能生产领域深度融合，从而进一步强化极端工业环境网络技术的稳定性、安全性，拓展计算机网络技术在全产业链协同管控中的应用场景、应用深度。

参考文献

[1] 母长春, 杨国峰. 我国智能化选煤厂技术发展展望 [J]. 选煤技术, 2024, 52(3): 1-8.

[2] 肖显生, 付亮亮. 5G 确定性网络在智慧工厂建设中的研究与探索 [J]. 江西通信科技, 2025, (04): 4-7+18.

[3] 王永. 工业4.0时代打造智慧工厂技术的应用与研究 [C]// 第三十八届中国（天津）2024' IT、网络、信息技术、电子、仪器仪表创新学术会议. 德中（天津）技术发展股份有限公司, 2024.

[4] 韩宗恒, 刘名果, 李坤, 等. 多尺度特征融合与新型判别器的无监督分割 [J]. 计算机工程与应用, 2023, 59(7): 11.

[5] 钟炜强. 工业产品表面质量检测智能算法研究与系统实现 [D]. 北京邮电大学, 2023.

[6] 何权恒. 计算机网络自动化技术在化工加工装备上的应用研究 [J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(03): 50-52.

[7] 张智. 计算机网络与通信技术在物联网中的应用 [J]. 中国宽带, 2023, 19(10): 103-105.

[8] 于广平. 复杂制造环境下的人机物协同控制与决策理论方法. 广东省, 广州工业智能研究院, 2023-10-08.

[9] Grant A. 神经网络用于智能工厂和机器人的机会与挑战 [J]. 电子产品世界, 2021, 28(09): 15-88.

[10] 翟玉霞. 关于电气工程及自动化控制系统的应用探讨 [J]. 中国设备工程, 2021, (13): 236-237.