

引用格式:谭勇. 基于云计算和物联网技术的控制系统探索[J]. 有色设备, 2024, 38(3): 95-100.

TAN Yong. Exploration of control system based on cloud computing and internet of things technologies[J]. Nonferrous Metallurgical Equipment, 2024, 38(3): 95-100.

基于云计算和物联网技术的控制系统探索

谭勇

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 为解决冶金行业废渣无害化处理项目中生产效率低、质量不稳定和能耗高等问题,本文提出了基于云计算和物联网的“云物冶控平台系统”。该系统融合了远程云计算中心和就地数据中心,通过物联网层实时采集设备运行数据,控制层执行优化决策和控制功能,用户端提供可视化监控和指令输入。系统设计遵循智能化、安全性、高效性和易用性的原则,包括工业物联网、云边协同控制、大数据分析和机器学习等关键技术。相比传统系统,该平台在数据处理、远程维护、成本效益等方面具有显著优势。结合案例分析,该系统在技术可行性、经济效益、环保贡献等方面表现出色,为冶金行业带来全新的智能管控模式,同时具备良好的扩展性和可持续性。

[关键词] 云计算; 物联网; 智能控制系统; 云边协同; 能源效率与环保

[中图分类号] TF273 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2024)03-0095-06

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2024.03.016

0 引言

近年来,随着5G无线移动通信技术的广泛应用,云计算和物联网技术在各个行业中得到了迅速发展,也使冶金行业的自动化控制系统的结构发生了较大的变化。通过将云计算和物联网技术融入到现有控制系统中,构建出一个更加智能、高效和灵活的控制及其管理系统^[1-3]。本文论述了基于云计算与物联网技术的控制及其管理系统架构和关键技术,同时对传统的控制系统与基于云计算与物联网技术的控制系统进行了比较。

1 云计算、物联网与控制系统简介

云计算是基于互联网技术的计算模式,突破了时间和空间的界限,是一个由许多计算资源组成的超大系统。云计算具有强大的计算能力、海量的存储空间和多样化的应用服务。通过网络服务器系统收集用户数据,并根据预设的数学计算模型进行计算分析,最后将结果返回用户^[4]。

[收稿日期] 2023-03-12

[第一作者] 谭勇(1976—),男,湖南涟源人,高级工程师,硕士,主要从事有色金属冶炼工程电气与控制系统的设计与研究工作。

物联网将所有可寻址的物理设备实现互联互通的网络,可以实时获取设备的运行状态等信息,从而使人们对设备具有了感知能力。

工业控制系统由不同类型的控制系统和相关仪器组成,包括用于检测、控制和完成工艺生产的设备、网络和控制件等。现代工业控制系统以微处理器为基础的计算机控制系统为主,旨在实现快速高效的^[5]任务处理。工业控制系统主要有两种类型:开环控制系统和闭环控制系统。开环控制系统是无反馈信息的控制方式,直接将操作指令输入向被控对象。闭环控制系统是作为被控输出以一定方式返回到控制输入端,形成反馈控制,通常采用PID控制方式。

2 案例背景

某冶炼企业的废渣无害化处理项目是火法冶炼工艺处理废渣的生产线,采用干燥-焙烧-分离工艺对废渣进行资源化、无害化处置并回收其中有价值的金属。一段时间以来,由于原有控制系统的智能化、数字化程度不高,一直存在生产效率低、质量控制不稳定以及能源消耗高等问题。

为了增强市场竞争力、满足环保要求,顺应行业发展趋势,需升级改造现有的控制系统、优化设备配置及提升管理水平。由于该项目已建成且投入运行

已有一段时间,采用传统有线通信方式的控制系统,需增设控制电缆,工程量较大且施工和调试周期较长。经技术经济分析认为,引入云计算和物联网技术较有优势,采用无线通信模式构建一个先进的自动化、数字化控制与管理平台系统,以下简称云物冶控平台系统。

3 云物冶控平台系统的架构

基于云计算与物联网技术的云物冶控平台系统是一种优化控制与管理平台系统,其利用云计算的强大计算能力和物联网的广泛连接性,将控制系统所涉及的设备有机结合起来,组成一个智能化、高效性、安全性和易用性并存的系统^[6-7]。在这个系统中,控制系统的核心功能和服务被部署在云端服务器上,通过物联网和智能调度系统进行数据交互和控制指令的传输。此外,云物冶控平台系统还具有良好灵活的可扩展性,能够根据实际需求自动调整计算和存储资源。

3.1 系统设计原则

1) 智能化原则:强调系统的智能决策和自我学习能力。应用人工智能技术,使得系统能够根据信息自动完成生产过程的优化。

2) 安全性原则:确保系统运行安全,防止数据泄露和非法入侵。需要加强对网络通信、设备接口、数据存储等环节的安全防护,这点非常重要。

3) 高效性原则:追求系统的高效运行,减少故障和停机时间。通过数据分析,不断优化改进生产过程,提升生产效率。

4) 易用性原则:提高系统的用户友好度,简化操作流程。设计直观的用户界面,提供便捷的操作方式。

3.2 云物冶控平台系统的具体架构展示

云物冶控平台系统的架构如图1所示,该系统融合了云计算与物联网技术,能实时快速监测并控制设备运行,能及时进行必要的维护管理规划。

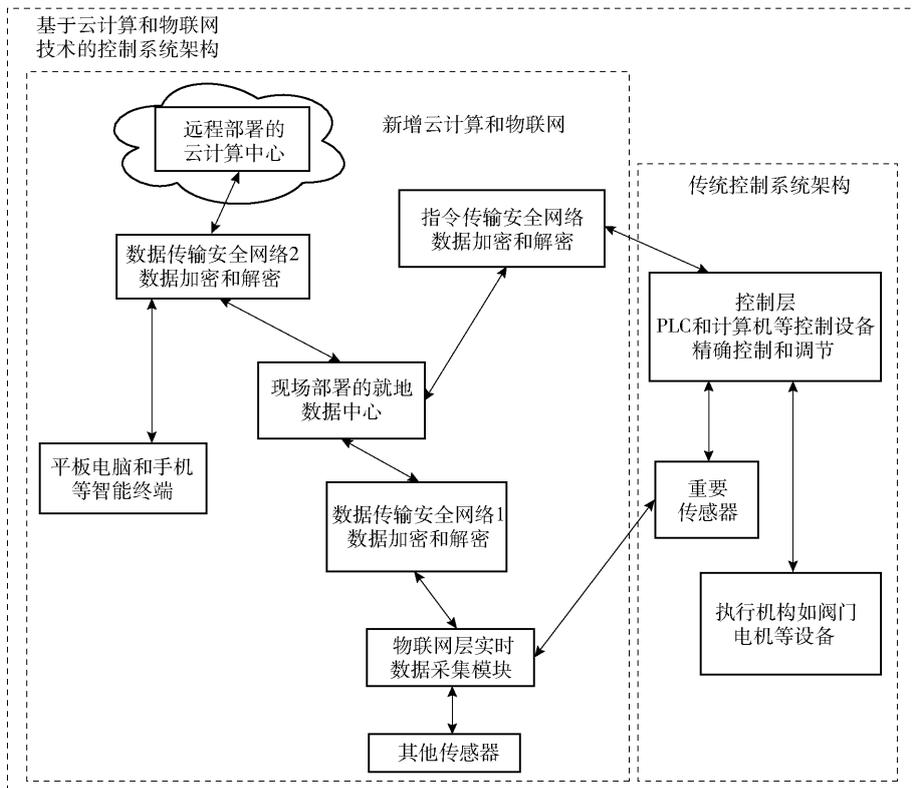


图1 云物冶控平台的系统架构简图

Fig. 1 Schematic diagram of the system architecture of the cloud-IoT metallurgical control platform

该系统驱动核心是位于远程的云计算中心和就地数据中心,是系统的大脑,为整个系统提供强大的

计算支持,具备大规模的数据存储和处理能力,并根据分析结果生成控制指令,其中云计算中心负责大规模的数据分析,为优化决策提供支持;就地数据中心实时处理任务,对紧急或敏感事件做出快速反应。同时,云计算中心还负责对来自智能终端的操作指令进行确认和处理等。

在此基础上,物联网层作为信息收集的前哨,通过各类检测元件和物联网设备实时采集设备的各种数据信息,并进行初步处理。物联网收集了整个生产过程中的关键参数,包括温度、压力、流量等。这些数据通过安全网络进行加密后,关键数据直接传输至控制层,非关键性数据则经过初步处理后发送至云端或就地数据中心实行进一步处理和分析。

控制层由 PLC 等计算机等控制设备组成,通过与物联网设备和云计算层的连接,实现优化决策和控制功能,将接收到的指令输出给执行机构(如阀门、电机等),通过实时监测和优化控制,达到提高稳定生产和提高生产效率的目的。

在用户端的智能终端设备(如平板电脑和手机等),提供图形化界面,充当着人机交互的桥梁。生产人员能够实时监视工艺生产的状况,并根据需要通过这些终端输入控制指令。输入的控制指令需经过本地用户的身份验证、操作输入和命令验证后,才可生成控制指令并被发送至云计算中心进行确认。云计算中心收到并确认控制指令后,将被记录下来,并通过专用的安全网络传输至现场的控制层。

云物冶控平台系统拥有强大的设备状态监测功能。通过与执行机构的反馈机制,可持续监测设备的运行状态,并与控制层进行实时交互。当设备状态出现异常时,将触发设备维护维修流程。所有的设备维护维修活动会被记录下来,包括自动恢复和手动修复,从而确保设备在出现问题后能够及时地恢复正常的工作状态^[8]。

在数据展示环节,用户可以在智能终端上查看来自云计算中心或现场数据中心的实时数据,以便了解和掌握设备的运行状况等信息。此外,系统还具有警报系统,当设备出现错误时,能立即启动,提醒用户进行相应的处理。

整个系统融合了各种技术和方法,实现了数据的高效采集、安全传输、精确处理和实时反馈,具有很高的稳定性和可靠性。

4 云物冶控平台系统的关键技术分析

4.1 工业物联网技术

工业物联网设备(如传感器和执行器等)需要具有高度的可靠性和耐用性,以便在恶劣环境下稳定工作。例如,在该冶炼厂中,电炉温度高达 1 600 ℃,这对物联网设备的耐热性提出了挑战,一些高温传感器(如热电偶或红外传感器)可以工作在这种高温环境下,但其寿命可能会因连续暴露在高温环境中而大幅缩短。针对这些物联网设备需要采用特殊工业级设计,例如使用具有耐高温、防尘、防水等性能的外壳以及增强型的电子元件,和特殊的散热设计或材料等^[9-10]。

对于物联网设备的通信部分,必须根据实际需要选用适合特定应用场景的无线协议,如 Zigbee、LoRa、RFID(射频识别)、NFC(近场通信)、Wi-Fi、Bluetooth、NB-IoT 或 5G 等,同时还要优化功耗管理以延长无线设备的使用寿命。

此外,为了实现设备之间的无缝连接,各类物联网设备需要支持通用的工业通信协议,如 Modbus、Profibus、OPC UA、MQTT 等。

4.2 云计算和边缘计算协同控制技术

云计算通过集中化的数据中心提供大量的存储和计算资源,可以处理和分析大量数据。然而在工艺生产中,对安全生产的实时性和一致性均有较高的要求,为了满足这些要求,需要优化网络设计并减少延迟,采用各种容错和故障恢复技术,提高系统的可靠性^[11]。

对于实时性要求高的任务,网络延迟可能成为一个问题。边缘计算是一种解决方案,将部分计算任务移动到离数据源更近的就地数据中心(即“边缘”),从而减少网络延迟。同时也带来了新的挑战,如:在云端和边缘之间如何进行任务调度和负载均衡、如何保证数据的一致性等。

需要设计一个智能的调度系统,可以基于任务特性(计算需求、实时性等)和系统状态(节点负载、网络状况等),将任务合理分配给云端或边缘节点。对于大量计算、非实时任务,优先考虑云端处理;而对于实时性要求高、延迟敏感的任务,由边缘节点执行。负载均衡则确保各节点充分利用,避免资源过载或空闲。

针对数据一致性要求,可以使用支持分布式环

境的一致性哈希协议等来保证云端和边缘节点间的数据一致性。同时,需要设计合理的数据模型和更新策略,降低数据不一致的可能性和影响。例如,避免并发更新同一份数据,或者在必要的情况下,采用冲突解决策略来处理数据一致性问题。

同时需要建立故障恢复机制,当云平台或就地数据中心出现故障时,系统需要能够自动切换到备份系统。例如,如果云平台暂时无法提供服务,就地数据中心应该能够接管部分任务,确保系统的连续运行。

最好在架构设计阶段就设定清晰的责任划分,明确远程云平台和就地数据中心各自的职责,以避免冲突和混乱。例如,复杂的数据分析和长期存储工作主要由云平台负责,而实时控制和边缘计算则主要由就地数据中心完成。

4.3 大数据处理和机器学习技术

随着物联网设备数量的激增,数据的生成、收集、储存和处理都构成了一项巨大的挑战。分布式文件系统如 Hadoop HDFS 能够有效处理 PB 级别的数据,通过将数据分块存储在众多服务器上,既提高了数据存储效率,又优化了读写性能。并行计算框架如 Apache Spark 则能迅速处理海量数据,利用分布式计算资源,达到了高效的数据处理和机器学习任务执行。在大数据处理工具中,可使用 NoSQL 数据库(例如 MongoDB、Cassandra 等)来存储非结构化数据,使用数据仓库(如 Redshift、BigQuery 等)进行长期数据存储和分析。

在机器学习中,可以使用深度学习框架(例如 TensorFlow、PyTorch 等)训练复杂的神经网络模型,自动机器学习工具(如 AutoML 框架-H₂O 等)自动优化模型参数。

以电炉运行过程为例,会产生大量的温度、压力、电流等数据。这些数据不仅用于实时监测设备状态,还可揭示生产过程中的模式和问题。借助云端存储的历史数据和实时数据分析,结合先进的分析方法和机器学习算法,确定特定冶炼过程的最佳控制参数和最优控制策略,从而显著提升整体生产效率。例如,当系统检测到电炉的温度异常升高时,可以自动调整进料的配比和速度,以确保生产稳定进行。

4.4 安全技术

在云计算与物联网的控制系统中,数据是最重

要的资产。在保护数据安全方面,需要从多个层次进行考虑。

首先,为确保数据在传输和存储过程中的安全,建议对数据的收集和指令的传输分别进行加密和解密,并采用不同的安全网络进行传输。除了使用 SSL/TLS 等协议进行加密传输外,还需要更多安全措施,如防火墙、入侵检测系统、入侵防御系统、安全信息和事件管理系统等。其次,在设备安全方面,需要对物联网设备进行硬件和软件的安全设计,例如使用安全芯片、安全操作系统、支持固件签名和验证等。

4.5 设备管理和维护技术

随着物联网设备数量的大幅增加,设备管理和维护变得越来越复杂,需要一个集中的设备管理平台来实时监控物联网设备的状态,并提供故障预警和远程维护功能。

对于设备管理和维护使用云计算平台提供的设备管理服务,如 AWS IoT Device Management、Azure IoT Hub 等,这些服务有设备注册、配置、监控和更新等功能,并支持大规模的物联网设备管理。

对于设备状态监测和故障预测,可以使用机器学习技术分析设备运行数据,发现潜在故障模式,提前预测设备故障的疲劳程度。例如,可以训练一个深度神经网络模型,输入设备的历史运行数据,输出设备的维护维修规划。

4.6 虚拟仿真技术

在云物冶控平台系统中,虚拟仿真技术起着核心作用,利用云计算平台的强大运算能力,可以构建出精确、逼真的设备运行模拟环境,覆盖各类设备并能反映出设备在各种工况下的具体表现。这种技术可以为设备运行提供实时、逼真的数字副本,支持无风险的策略测试和优化,预测并及时解决设备可能出现的问题,帮助优化新设备设计,并为操作人员培训提供安全有效的环境。

目前市场上有多种虚拟仿真技术可供在云端使用,比如:ANSYS Cloud 提供在云端进行复杂工程模拟,用户可以直接在云端运行大规模的仿真任务,无需本地高性能计算资源;MATLAB Online 让用户在云端进行各种数学建模和仿真任务;微软的 Azure Digital Twins 是一种基于物联网的虚拟仿真技术,可以在云端创建和模拟物理环境的数字镜像。

5 与传统控制系统的比较

云物冶控平台系统与传统控制系统相比,在数

据处理能力、远程维护和管理、成本和安全性、硬件设备的解耦等方面都展现出显著的优势。

5.1 数据处理能力比较

云物冶控平台系统：由于结合了云计算和物联网技术，该系统具有强大的大数据处理和分析能力。系统可以收集并处理来自众多物联网设备的海量数据，使得控制系统能够实时获得信息，并具有较高的自适应性，实时监控和精确预测的能力大幅增强，能及时发现生产过程中的异常情况，从而提升生产效率和质量。

传统控制系统：通常只能处理有限的的数据量，并且在数据处理和分析的速度及准确性上，相较于云物冶控平台系统存在一定的不足。

5.2 远程维护和管理比较

云物冶控平台系统：用户可以随时随地通过云平台监控生产过程，实时做出反应和调整。同时，所有的软件更新和升级都在云端完成，无需在本地设备上进行操作，极大地节省了人力和时间成本。

传统控制系统：需要人员亲临现场进行监控和调整，且每次软件更新或硬件升级都需要与中央控制紧密协调配合下方可进行，效率较低，无法及时应对生产过程中的突发情况。

5.3 成本和安全性比较

云物冶控平台系统：尽管初期投资可能较高，但考虑到长期运行中硬件、人力和时间的节省，总体成本可能会更低。同时，云物冶控平台系统需要投入更多的资源来加强设备安全、网络安全防护和数据保护。

传统控制系统：虽然初期投资较低，但在硬件更新、人力投入和时间成本等方面的长期花费可能导致总体成本更高。而且，传统控制系统主要依赖物理措施来保证系统的安全性，传统控制采用的是有线通信方式，需要敷设大量线缆，线路维护较难且出现问题时难于查找，特别是控制系统更新升级需增加线缆时特别麻烦。

5.4 硬件设备的解耦比较

云物冶控平台系统：具有更好的系统扩展性，更容易添加新设备或提供服务，可根据实际需求选择最合适的设备，避免了对特定供应商的依赖。同时，由于软件和硬件可以独立升级，系统的升级更加方便，能有效降低一次性更换系统带来的风险，提高了系统的灵活性和可持续性。

传统控制系统：需要预先规划好系统规模，后期

扩展较为困难，由于其对硬件和软件的依赖性，系统升级时常需要“拆换”整个系统，造成大量额外的成本，并可能因为系统更换期间的停产而带来经济损失。由于对特定供应商的依赖，系统在灵活性和可持续性上存在一定的局限。

6 云物冶控平台系统在废渣无害化处理项目上的可行性

6.1 技术可实施性

1) 物联网设备兼容与网络覆盖：现有物联网设备多支持标准通信协议，加之 5G 等无线技术的普及，为设备互联互通和数据快速实时传输提供了技术基础。

2) 云服务选择：多家云服务提供商（如 AWS、Azure、阿里云、腾讯云、华为云）可为云-物联网平台提供强大的云计算能力和物联网平台服务，能够满足大规模数据处理和存储需求。

6.2 成本效益

1) 成本节约：云物冶控平台系统将优化工艺生产和设备维护维修管理流程和减少设备故障停机的机率，降低运营成本。远程维护管理功能可以减少现场人员需求，进一步降低人力成本。

2) 投资回报：尽管初期投资（包括设备采购、系统开发和配置等）可能较高，但通过提高生产效率和降低运维成本，预计可在中长期内获得良好的投资回报。

6.3 环保贡献

1) 节能减排：云物冶控平台系统可以帮助企业优化能源利用，减少碳排放，促进企业可持续发展，系统可以根据生产的情况自动调整物料和能源的分配量，达到物料和能源消耗的最优配比。

2) 废渣处理效率：借助大数据分析，企业能够实时检测并应对生产线上的异常情况，及时采取措施，提高废渣处理效率，减轻环境污染。

6.4 安全与维护

1) 数据安全：选用安全性高的云平台，可保障数据传输和存储的安全。

2) 系统维护：云物冶控平台系统易于维护更新，可以适应技术演进和业务变革，不仅提升了维护响应速度，还会减少生产人员现场察看的工作量、降低危险环境人员的安全风险。

综上所述，云物冶控平台系统在废渣处理项目

中的引入是技术上可行、经济上合理、环保上有益、安全可控的,正确的规划和实施将为该项目带来较好的长期收益。

7 结论

尽管云物冶控平台应用的初始投资可能会高些,但根据其他已实施项目取得的经济效益成效,证明这些成本投入相对于实施后所获得的长期经济效益是可以接受的。与传统控制系统相比,云物冶控平台系统具有更强大的数据处理能力、实时监控和反应能力,提供了更高生产效率和质量控制水平。因此,云物冶控平台系统在工厂智能控制领域的应用前景广阔,值得企业的关注和应用。

[参考文献]

- [1] 罗军舟,金嘉晖,宋爱波,等. 云计算:体系架构与关键技术[J]. 通信学报,2011,32(7):3-21.
- [2] 林闯,苏文博,孟坤,等. 云计算安全:架构、机制与模型评价[J]. 计算机学报,2013,36(9):1765-1784.
- [3] 张佳乐,赵彦超,陈兵,等. 边缘计算数据安全与隐私保

护研究综述[J]. 通信学报,2018,39(3):1-21.

- [4] 王国法,杜毅博,任怀伟,等. 智能化煤矿顶层设计研究与实践[J]. 煤炭学报,2020,45(6):1909-1924.
- [5] 李勇龙,刘浩,汪洋. 氢冶金电气自动化技术的发展趋势研究[J]. 山西冶金,2023,46(11):90-92,117.
- [6] 王奕,黄港明,姜玉河. 基于工业互联网的钢铁企业智慧物流架构研究与实践[J]. 冶金自动化,2021,45(6):1-7,29.
- [7] 董培林,寇向宇,吴均文,等. 数字孪生技术在矿山物联网管控系统的应用[J]. 矿业研究与开发,2022,42(10):163-168.
- [8] 王荣钧,魏建雄. 露天煤矿网络发展与智慧矿山建设的关系[J]. 露天采矿技术,2022,37(3):78-81.
- [9] 王鹏. 冶金工业轧制自动化控制主要技术现状与发展方向[J]. 山西冶金,2023,46(5):110-112.
- [10] 魏庆健. 基于PTM的物联网云平台EMCP的应用[J]. 有色矿冶,2018,34(1):80-82.
- [11] 蓝升传,陶干强,房智恒,等. 基于LoRa和物联网技术的矿井环境监测系统设计[J]. 黄金科学技术,2023,31(1):144-152.

Exploration of control system based on cloud computing and internet of things technologies

TAN Yong

(China ENFI Engineering Co., Ltd., Beijing 100038, China)

Abstract: To solve the problems of low production efficiency, unstable quality, and high energy consumption in the metallurgical industry's waste slag harmless treatment projects, this paper proposes a "cloud-IoT metallurgical control platform system" based on cloud computing and the Internet of Things. This system integrates a remote cloud computing center and a local data center. It collects real-time device operation data through the IoT layer, executes optimized decision-making and control functions in the control layer, and provides visual monitoring and command input at the user end. The system design follows the principles of intelligence, security, efficiency, and usability, with key technologies including industrial IoT, cloud-edge collaborative control, big data analysis and machine learning. Compared to traditional systems, this platform has significant advantages in data processing, remote maintenance, and cost-effectiveness. Based on case analysis, the system performs excellently in terms of technical feasibility, economic benefits, and environmental contributions, bringing a new intelligent management and control model to the metallurgical industry. The system also has good scalability and sustainability.

Key words: cloud computing; Internet of Things; intelligent control system; cloud-edge collaboration; energy efficiency and environmental protection

