

11-20-2019

Research and Simulation Verification of Integrated Access Technology for Electrical Equipment Based on Edge Computing

Zou Ping

2. *Beijing Aerospace Smart Manufacturing Technology Development Co., Ltd., Beijing 100039, China;;*

Ruijie Shi

1. *State Grid Electronic Commerce Co.,Ltd., Beijing 100053, China;;*

Xike Wu

3. *NARI Group Co., Ltd., Nanjing 211106, China;;*

Chuang Li

1. *State Grid Electronic Commerce Co.,Ltd., Beijing 100053, China;;*

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Research and Simulation Verification of Integrated Access Technology for Electrical Equipment Based on Edge Computing

Abstract

Abstract: In order to solve the problem of information islands existing in the production process of traditional electrical equipment, this paper proposes a technology for equipment integration into the industrial internet cloud platform. *Based on the edge computing and WebService technologies, two models of device integration direct access and indirect access were established.* The direct access model was verified by application simulation in a production workshop, which realized the high-speed and stable data transmission between the equipment and the industrial internet cloud platform. The results show that the technology is feasible and effective. The application of this device integration technology provides the basis for enterprises to establish digital and intelligent workshops.

Keywords

internet of things, smart manufacturing, edge computing, smart gateway

Authors

Zou Ping, Ruijie Shi, Xike Wu, Chuang Li, Yilin Zhang, Huang Jian, and Li Lin

Recommended Citation

Zou Ping, Shi Ruijie, Wu Xike, Li Chuang, Zhang Yilin, Huang Jian, Li Lin. Research and Simulation Verification of Integrated Access Technology for Electrical Equipment Based on Edge Computing[J]. Journal of System Simulation, 2019, 31(3): 592-600.

基于边缘计算的电工装备集成接入技术与仿真验证

邹萍², 石瑞杰¹, 吴夕科³, 李闯¹, 张译霖², 黄健², 李琳⁴

(1. 国网电子商务有限公司, 北京 100053; 2. 北京航天智造科技发展有限公司, 北京 100039;
3. 南瑞集团有限公司, 江苏 南京 211106; 4. 国网天津市电力公司电力科学研究院, 天津 300000)

摘要: 在电工装备上云过程中, 针对电工装备多样性和数据量大等特点, 以及在设备采集过程中多协议适配和实时数据可信传输问题, 提出了基于工业互联网平台的设备集成接入方案, 重点突破基于边缘计算的设备接入与集成技术, 建立了设备集成直接接入和间接接入2种模型, 将接入模型在某生产车间进行了应用仿真验证, 实现了设备和工业互联网云平台之间的数据高速稳定传输, 结果表明该技术可行有效。本设备集成技术的应用, 为企业建立数字化与智能化车间提供了基础。

关键词: 工业互联网; 智能制造; 边缘计算; 智能网关

中图分类号: TM743 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2019) 03-0592-09

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.18-0614

Research and Simulation Verification of Integrated Access Technology for Electrical Equipment Based on Edge Computing

Zou Ping², Shi Ruijie¹, Wu Xike³, Li Chuang², Zhang Yilin², Huang Jian², Li Lin⁴

(1. State Grid Electronic Commerce Co., Ltd., Beijing 100053, China; 2. Beijing Aerospace Smart Manufacturing Technology Development Co., Ltd., Beijing 100039, China; 3. NARI Group Co., Ltd., Nanjing 211106, China; 4. Electric Power Research Institute of State Grid Tianjin Electric Power Company, Tianjin 300000, China)

Abstract: In order to solve the problem of information islands existing in the production process of traditional electrical equipment, this paper proposes a technology for equipment integration into the industrial internet cloud platform. Based on the edge computing and WebService technologies, two models of device integration direct access and indirect access were established. The direct access model was verified by application simulation in a production workshop, which realized the high-speed and stable data transmission between the equipment and the industrial internet cloud platform. The results show that the technology is feasible and effective. The application of this device integration technology provides the basis for enterprises to establish digital and intelligent workshops.

Keywords: internet of things; smart manufacturing; edge computing; smart gateway

引言

随着新一代边缘计算、云计算、大数据、人工智能等技术发展, “云制造+边缘制造”正在成为

制造业转型升级新的手段和模式, 电工装备行业的互联网化进程暂处于起步阶段, 互联网尚未在这一行业产生颠覆性的变革, 但如国家电网等行业特大型企业已开始积极布局自身的互联网化进程, 推动整个行业的互联网化。随着电工装备行业互联网思维的普及、市场化程度的加深和技术的进步^[1-2], 未来, 这一进程将越来越快, 电工装备行业互联网化的发展空间亦将越来越大。



收稿日期: 2018-09-14 修回日期: 2019-01-18;
作者简介: 邹萍(1985-), 男, 北京, 博士, 高工, 研究方向为云平台、大数据、工业互联网等; 石瑞杰(1973-), 男, 河南宜阳, 硕士, 高工, 研究方向为智慧供应链与工业互联网; 吴夕科(1966-), 男, 武汉, 硕士, 高工, 研究方向为电网规划与电气设计。

<http://www.china-simulation.com>

电工装备行业的互联网化,向上需要满足各生产制造企业供需对接的需求,向下需要满足对各企业智造设备的接入、互联,从而实现向上、向下的全方位控制,既做到供需的无缝对接,又做到生产制造计划的智能可控。目前国网公司已经搭建了电工装备制造行业的电商交易平台,向上可满足电工装备制造行业云端供需对接的需求。但是,向下没有进行各生产制造企业电工智造装备的数据接入,无法进一步支撑电工装备行业各企业生产制造过程管理。因而,迫切需要搭建电工装备智造云平台进行各企业生产制造的过程管理。

目前阿里、腾讯、华为等互联网企业和 GE、西门子等航天科工、三一重工等制造型企业依托自身优势都建立了各自的云平台。各平台在设备接入的方式上相差不大,但发展的方向有所不同,如华为致力于开发新型物联网网关,阿里云则拥有兼容 95% 的通信协议的连接管理平台,可以实现不同厂商的设备轻松接入。航天科工集团在开发智能网关的同时面向制造型企业提供设备接入的服务。

1 设备集成接入问题描述与分析

电工装备制造云平台需要支撑自动化、高可靠性的装备制造,触及到装备生产和研究的各个环节并贯穿生产的全链条,需要进行各个层面的业务数据建模、数据治理、数据管理和数据传输,最终为全业务链条提供互联网的数据服务。要做到这些,需要对装备制造、生产以及平台支撑的相关接口协议和数据支撑进行设计和大数据层面的分析。

在实际的设备集成接入过程中,主要存在以下问题:

1) 设备的多样性

电工装备制造产品多样,包含各型变压器、铁塔、环网柜、智能电力监测产品等。因此存在接入设备的多样化,数据协议、格式及内容等各不相同,需要提供基于大量异构数据的数据处理和数据传输。

2) 数据量巨大

电工装备在生产制造和产品使用的过程中,会产生积累海量的工艺数据和运行数据。云平台及通信网络在接入制造资源实时产生的海量数据时面临网络带宽、数据存储等多项问题,且这些数据并非全部都具备应用价值,需要在进行采集点分析时严谨把控。

3) 转换要求

接入终端设备使用连接协议的不同,选择的接入类型也不相同。比如,可以使用标准的网络协议(HTTP、HTTPS、TCP/IP)、行业协议(Modbus、OPC-UA)、私有协议(设备开发者定制私有协议)。当设备接入平台系统时,如果使用不同的通信协议、数据格式或语言,无法对数据传输,必须通过网关进行协议转换。

制造资源在工业现场网络中实现点对点通信需要进行协议和语义的转换,需要研究这一转换过程中的实时性要求的技术细节。打通云上数据分析层与云下智能控制层的技术通道,才能实现线下生产设备数据至装备云平台的传输和转换,将线下的生产制造工序转换到线上云分析,以实现基于云平台的智能制造应用。

2 设备集成接入问题解决方案

基于国家电网电工装备制造云平台,通过对设备层、OT 层、IT 层和云平台层开展能力拓展,充分利用物联网、大数据、云计算、机器学习、人工智能、应用开发新技术,充分考虑行业特性与多种工业协议、网络协议、通讯协议的复杂条件,基于集成接入面临的问题,对电工装备数据与云平台如何进行集成进行了充分的研究。根据设备/设备组、工业系统接入云平台的程序不同,设备集成接入问题解决方案主要包括以下 2 种方式: 1) 直接接入方式; 2) 间接接入方式。

2.1 直接接入方式研究

将数据上传至云平台的前提是将设备运行数据转换成数字量或者模拟量,常规的电工装备可分

为 2 类：1) 数控电工装备/智能电工装备；2) 非数控电工装备。对于数控电工装备可通过工业物联网网关直接接入云制造平台，如图 1 所示。

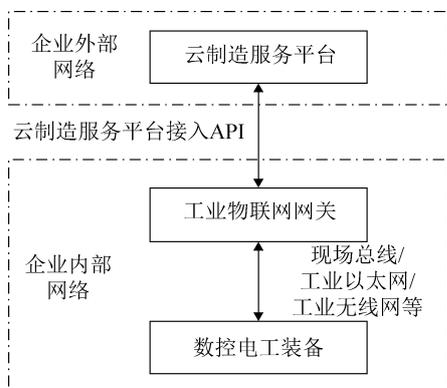


图 1 装备接入云平台流程图

Fig. 1 Flow chart of equipment access to the cloud platform

对于非数控电工装备，在设备中安装智能采集终端设备，并连接传感器或 I/O 开关量信号采集装置，再通过定制开发的网关(例如 Smart IoT)直接接入云制造平台，如图 2 所示。

直接接入方式需要工业物联网网关面向设备层，工业物联网网关需要开发配置云平台 API 接口，对于非数控电工装备数据接入来说，可以采用智能网关，通过网口将数据传至云平台。航天云网自主研发的 Smart IOT 是一款工业物联网网关，用

于打通设备端到云端的数据链路，通过 Smart IOT 可以便捷连接工业设备至云平台，提供工业数据采集及通信协议转换，实现智能工厂网络互联互通，帮助企业生产类、控制类、管理类数据入云。

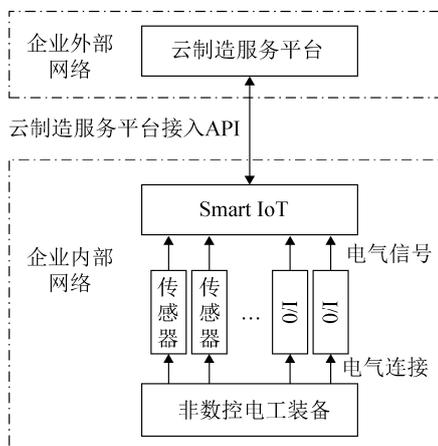


图 2 非数控电工装备接入云平台流程

Fig. 2 Non-CNC electrical equipment connected to the cloud platform process

2.2 间接接入方式研究

设备/设备组合在本地组成网络后，接入企业本地的 ERP、MES、MDC、DNC 等生产管理系统、设备状态监控系统^[3]。云制造服务平台通过 Web Service 方式与企业本地的信息系统集成，实现对设备/设备组合的间接接入，如图 3 所示。

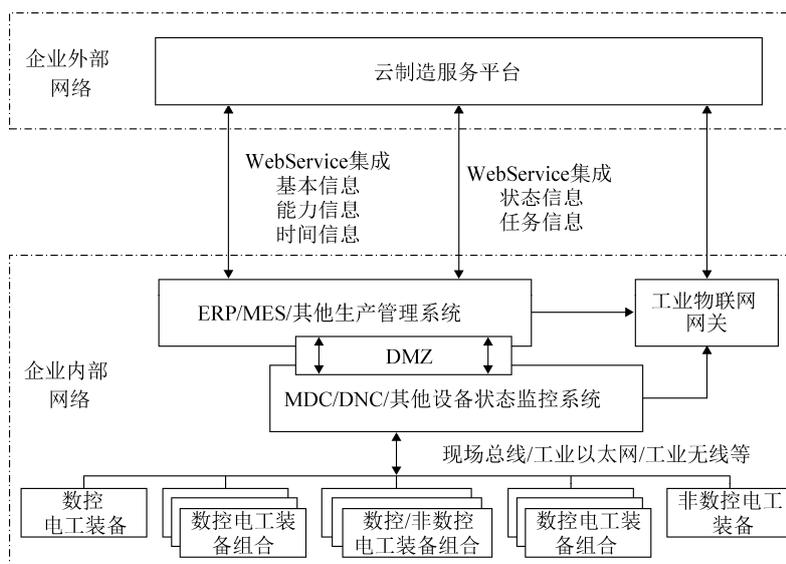


图 3 设备组合间接接入云平台流程

Fig. 3 Devices indirect connected to the cloud platform process

3 设备集成接入关键技术应用研究

设备集成接入, 直接接入方式和间接接入方式采用了不同的关键技术, 其中直接接入方式采用了边缘计算感知接入方法^[4-5], 间接接入方式采用 WebService 接口方式接入数据^[6]。

3.1 边缘计算

边缘计算能在靠近物或数据源头的网络边缘侧就近提供边缘智能服务, 满足行业数字化在敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。通过边缘计算的资源和能力, 可将虚拟空间和物理实体紧密融合在一起。换言之, 边缘计算接近于工业上分布式自律的概念, 在基于互联网的异构分布式计算环境下, 集中与分散相结合, 既有效利用互联网的资源, 又保证了用户系统的自律性和安全性。

在本文设备直接接入方式的解决方案中, 面对多样化的设备、海量数据对网络带宽、数据存储的严格要求、点对点通信需要进行协议和语义的实时转换的要求等, 传统的数据接入采集方式不能满足需求, 本文基于边缘计算技术开发了智能网关, 将边缘计算应用于数据格式及内容标准化、边缘数据存储过滤及压缩、设备指令转换与控制、计算模型运行等方面。

智能网关采用分层软件设计结构如图 4 所示。

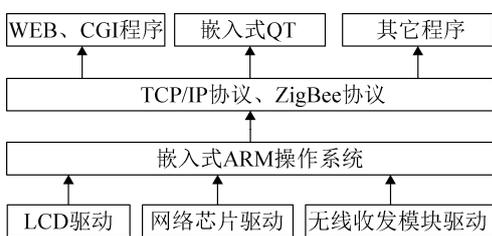


图 4 智能网关的分层结构

Fig. 4 Hierarchical structure of the intelligent gateway

在整个软件框架中, 位于底层的是各类硬件驱动程序, 通过嵌入式 Linux 操作系统实现底层硬件设备的驱动与管理。嵌入式 Linux 操作系统之上是

针对设计需要而移植的 TCP / IP 协议与 ZigBee 通信协议。协议层之上为应用程序层, 包括 Web、CGI 程序与嵌入式用户图形系统 QT 和一些其他的嵌入式应用程序。其中嵌入式 web 服务器用于网关的远程访问和管理, QT 是基于本地 LCD 的一个强大的图形界面系统, 实现在车间内部通过 ZigBee 对设备终端的访问和控制。

3.2 安全协同传输和控制技术

本文基于 MQTT 协议的设备接入和控制模型, 实现边云的设备传输和控制, 在边缘侧, 采用 MQTT 和 Web Service 技术, 将设备状态和实时数据传输至云平台, 在云端, 通过 MQTT 双向控制协议, 将控制指令下发, 实现云端设备管控和边缘智能分析。

在本文设备接入模型和接口中, 采用 MQTT 技术进行数据传输, 数据的传输通过调用过程和传输过程双认证和加密的方式以确保数据接入和传输的安全性。其中在接口调用过程中, 通过身份登陆验证的方式验证合法调用; 在传输过程中, 通过进行数据加密来保证传输的安全性。

4 仿真建模与验证

4.1 系统仿真建模

基于航天云网智能网关与 INDICS 工业互联网平台, 建立设备集成接入模型, 如图 6 所示, 在网关内部内置 INDICS 工业云平台的 API 程序, 因此通过连接即可实现与 INDICS 云平台的制造应用、工业大数据应用等无缝集成, 实现工业设备连接。系统软件功能架构图如图 5 所示。

系统数据传输流程如图 6 所示。

本系统建立了规范的仿真模型类型、相互关系和模型接口, 良好的模型体系对于实现模型重用、简化模型开发具有重要意义。数据模型流程与接口如图 7 所示。

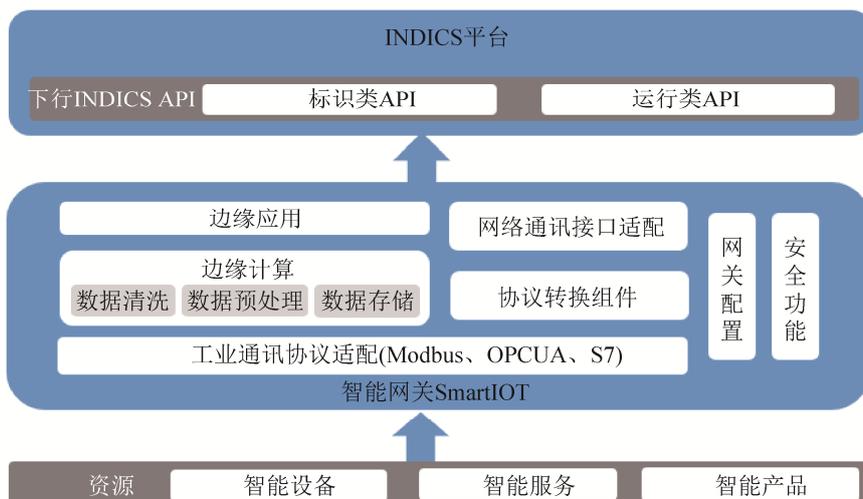


图 5 系统软件功能架构图
Fig. 5 System software functional architecture diagram

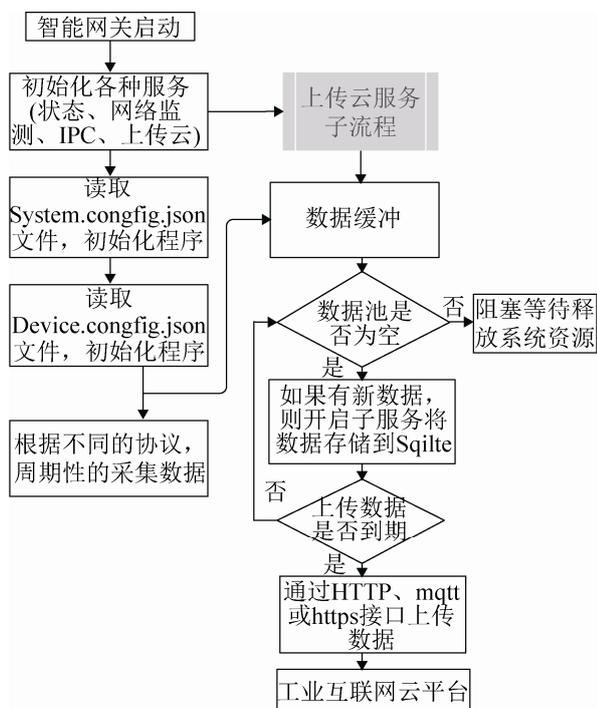


图 6 数据采集传输流程图
Fig. 6 Data acquisition and transmission flow chart

本系统建立了规范的仿真模型类型、相互关系和模型接口, 良好的模型体系对于实现模型重用、简化模型开发具有重要意义。数据模型流程与接口如图 7 所示。

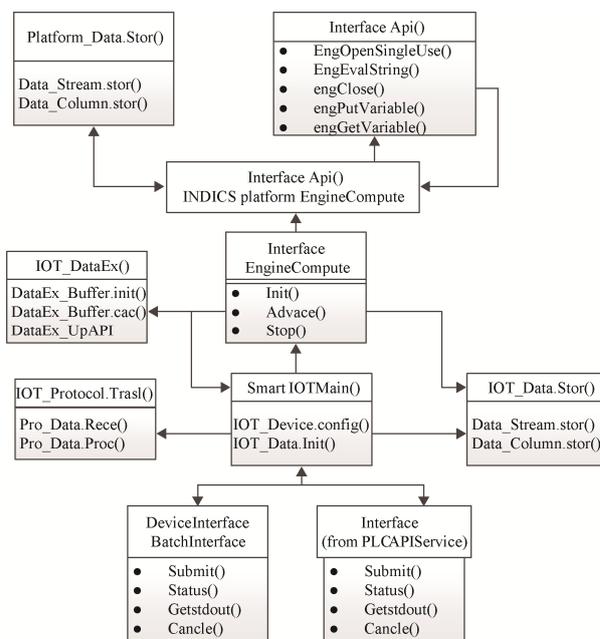


图 7 系统模型服务接口
Fig. 7 System model service interface

在系统服务接口中, Interface 类提供两类服务接口操作, Batch Interface 函数接口支持作业提交方式的访问, 接收设备集成的接入数据, 直接输出计算结果。Device Interface 接口支持设备主控程序接入, 可进行设备参数初始化、状态监控、运行数据分析等交互功能。

4.2 系统验证

为了验证设备接入模型的正确性与有效性,搭建一个全自动插拔力测试试验台,开展模拟仿真,如图 8 所示。开展测试数据采集、分析、预测、设备状态监控等功能的应用。

如图 9 所示,转台上一圈共 48 只插针,机械臂夹住插针,然后从孔盘中拔出,拔出力由 PLC 控制采集,然后传输到智能网关设备,最后发送到 INDICS 云平台,通过云平台相应的软件模块进行记录。每测试一只插孔零件,可以得到一个拔出力峰值 F_{max} ,全部测试完成后可采集得到 48 个拔出力峰值。

数据传输如图 10 所示,本试验台模拟仿真设备实际工作状态,数据传输自下而上分为 3 层,分别为设备层、云平台层和 Web 层。智能网关使用 MODBUSRTU 协议与 PLC 进行通信,将数据进行预处理,得到检测过程中的最大拔出力数值,并将该数值上传至云平台进行深度分析计算。云平台为每一台 SMARTIOT 分配唯一的接入地址和身份密钥,以保证安全性。通过云平台开展以下监测功能:

(1) 运行状态监测

应用中提供了对运行状态的监测,包括:运行、停止、复位、故障、离线。

(2) 预警判定及告警

基于最大拔出力值 F_{max} 和 Cpk(制程能力指

数)、Ca(集中趋势指数)、合格率 4 个数值,应用根据预制的规则进行等级判定,并产生预警信息。

(3) 数据监测与计算

用户将数据接入云平台后,可直接利用云平台提供的计算模型计算得到 3 个表征产线工序状况的指标数据: Cpk、Ca 和合格率,以评估当前的工艺过程是否优良。

如图 11 所示,最终从 Web 层客户端可以读出插拔力的曲线图,全程记录试验台的试验结果。



图 8 全自动插拔力测试实验台
Fig.8 Fully automatic insertion force test bench



图 9 机械臂拔出插针实验
Fig.9 Mechanical arm pull-out pin experiment

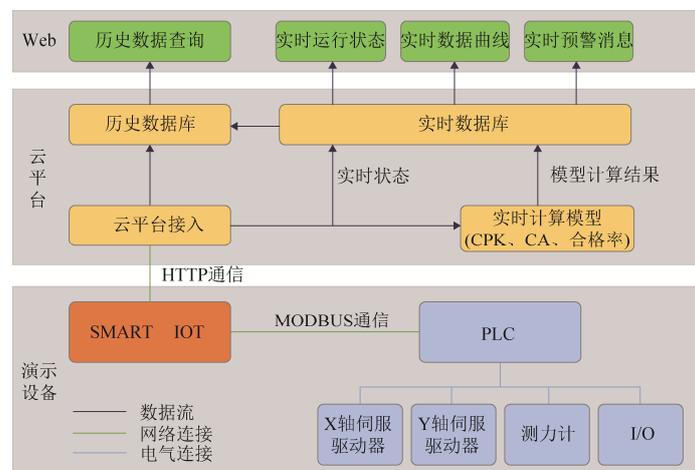


图 10 试验台数据传输流程图
Fig. 10 Data transmission flow chart of test bench

<http://www.china-simulation.com>



图 11 插拔力采集曲线

Fig. 11 Insertion force acquisition curve

5 仿真应用

为了验证模型的实际应用效果,以江苏某电气有限公司的第五车间为对象,进行了应用仿真实验。某电气有限公司是国网电力科学研究院的直属控股公司,其第五车间是智能制造装配车间,车间主要为环网柜生产自动化产线,各个工序按线体排布,由 AGV 小车负责在各个工序间进行产品周转。但是车间独立运行,其生产能力不能在云平台展现,因而急需进行车间设备的数据接入,以实现设备入云、生产智能控制。

由于五车间内的关键设备均支持以太网通讯协议,具有以太网通讯接口。因此,在仿真应用过程中,选择直接接入方式,设备连入 PLC 可编程控制器,然后再连入工业物联网网关,实现设备信息数据上传云平台。

设备集成接入工业互联网云平台时,需要进行设备接入管理、数据接入点配置、网关设置、设备挂载等几个步骤完成数据的接入。在工业云平台上,可实时查看掌握生产设备实时运行状态、设备故障率以及整体生产效率等信息。图 12 是对某机床设备的电机轴电流进行监控,若电流值超过设定的阈值或者与历史统计数据偏差较大时,系统发出故障预警,提醒设备磨损严重或者需要更换零部

件。图 13 是监测设备的实时温度,若设备温度较高,则表明负载较大或者出现故障。若设备温度超出设定的阈值,系统则会触发报警。

通过工业云平台的客户端,对车间接入的设备开展数据统计开机率、运行率、故障率、OEE 四个参数的统计,展示设备的运行信息。主要的应用页面包括概况、数据统计、OEE 分析以及故障报警。图 14 为车间的设备运行数据统计情况,管理人员可随时掌握设备利用情况。

通过对第五车间数控剪板机、数控冲床、数控折弯机等所有设备接入云平台,实现了数据的全贯通,从云台上实时监控设备生产状态。并基于采集生产工艺数据设备运行数据进行了分析应用,一方面建立了产品全生命周期管理体系,通过对产品生产制造、运输配送、生产投运的全面管控,实现产品全寿命周期管理,促进其改进工艺、提高质量,实现电工装备制造水平的整体提升。另一方面对设备实现远程监控,建立云端故障诊断系统,实现设备智能运维,有效降低了运维成本。目前此车间已在公司内形成示范效应,并逐步进行推广。为后续的基于电工装备制造云平台的智能生产、智能服务创新应用打下了坚实的基础。通过云平台打造行业生态,最终带动电工装备制造业全产业链协同发展。

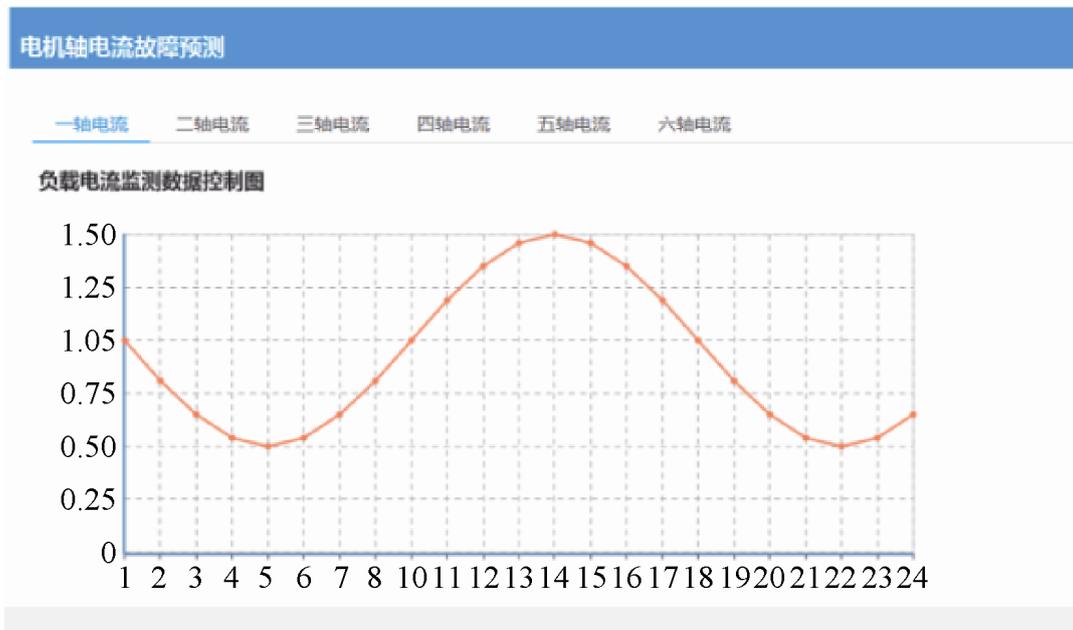


图 12 电机负载电流统计与故障预测
Fig. 12 Motor load current statistics and fault prediction

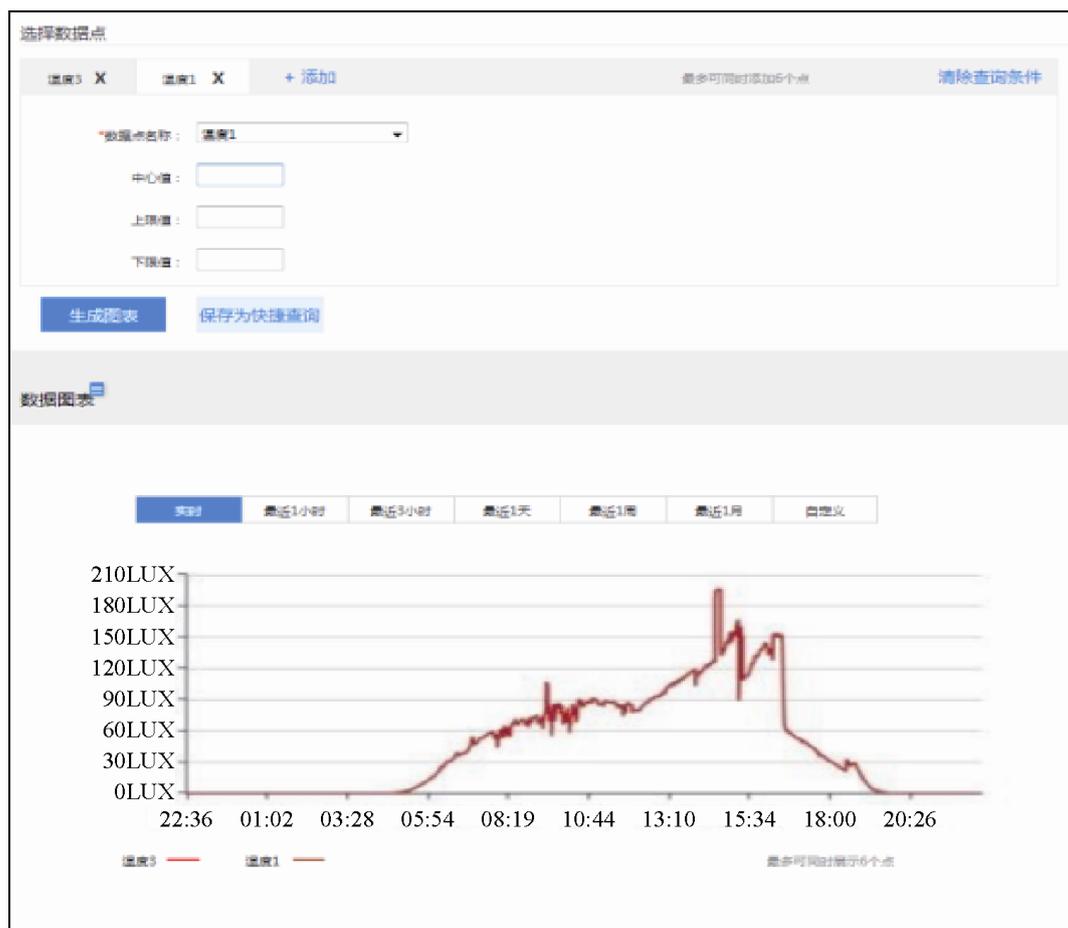


图 13 实时温度数据监控
Fig. 13 Real-time temperature data monitoring



图 14 车间设备运行数据统计

Fig. 14 Workshop equipment operation statistics

6 结论

针对电工装备行业设备接入面临的数据孤岛问题,本文提出的基于边缘计算的设备集成方法,模拟仿真试验与江苏某电气公司第五车间的应用验证结果表明,本接入模型是可行有效的。面向多种异构数据源,本系统将进一步拓展完善数据的集成接入与应用研究,提高智能制造管理和云化应用水平。

参考文献:

- [1] 周济. 智能制造——“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.
Zhou Ji. Intelligent Manufacturing: the Main Direction of Made in China 2025[J]. China Machinery Engineering, 2015, 26(17): 2273-2284.
- [2] 李伯虎, 张霖, 任磊, 等. 云制造典型特征、关键技术与应用[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(7): 1345-1356.
Li Bohu, Zhang Lin, Ren Lei, et al. Typical Characteristics, Key Technologies and Applications of Cloud Manufacturing[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2012, 18(7): 1345-1356.
- [3] 徐迭石, 刘胜辉, 马超, 等. 大数据环境 MES 作业计划与调度能力云服务化研究[J]. 计算机工程与科学, 2016, 38(4): 624-633.
Xu Dieshi, Liu Shenghui, Ma Chao, et al. Research on MES Job Scheduling and Scheduling Capability Cloud Service in Large Data Environment[J]. Computer Engineering and Science, 2016, 38(4): 624-633.
- [4] 宋华振. 边缘计算——走在智能智造的前沿(上)[J]. 自动化博览, 2017, 34(3): 62-64.
Song Huazhen. Edge Computing - Walking in the Frontier of Intelligent Intelligence (Part I) [J]. Automation Panorama, 2017, 34(3): 62-64.
- [5] 宋华振. 边缘计算——走在智能智造的前沿(下)[J]. 自动化博览, 2017, 34(4): 54-56.
Song Huazhen. Edge Computing - Walking in the Frontier of Intelligent Intelligence (Part II) [J]. Automation Panorama, 2017, 34(4): 54-56.
- [6] 于海龙, 邬伦, 林星, 等. 基于WebService的小流域地貌演化问题计算设计与实现[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2005, 41(6): 890-897.
Yu Hailong, Wu Lun, Lin Xing, et al. Design and Implementation of MCGE Issues Calculation Based on Webservice[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2005, 41(6): 890-897.