

智能制造背景下电气自动化技术应用研究

张士鹏

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 054001

[摘要]智能制造是新一轮科技革命中的最重要力量,正在改变世界制造业竞争格局;电气自动化技术是智能制造的重要技术支持,它的发展水平直接影响着整个智能制造系统工作性能的好坏,在智能制造时代,电气自动化技术的发展趋势也由单一机器控制向着网络化、智能化、一体化方向发展,在智能制造中,要求自动化系统具有以数据为基础、智能判断、联合操纵等特性,目前,如可编程控制器、工业机器人、数据收集及监视控制系统等电气自动化技术已经在智能化生产过程中得到了广泛的运用,极大地提高了生产效率以及产品品质。但是,在系统集成复杂性高、行业间没有统一的技术标准以及缺乏综合型人才等弊端阻碍了电气自动化技术的应用发展。为此,在完善系统集成方案、保障数据信息安全、加大技术人才培养等方面的建议对今后在智能制造时代下电气自动化技术的发展进行参考。

[关键词]智能制造;电气自动化;工业机器人

DOI: 10.33142/ect.v4i5.19769

中图分类号: TP271

文献标识码: A

Research on the Application of Electrical Automation Technology in the Context of Intelligent Manufacturing

ZHANG Shipeng

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054001, China

Abstract: Intelligent manufacturing is the most important force in the new round of technological revolution, which is changing the competitive landscape of the world manufacturing industry; Electrical automation technology is an important technical support for intelligent manufacturing, and its development level directly affects the performance of the entire intelligent manufacturing system. In the era of intelligent manufacturing, the development trend of electrical automation technology is also moving from single machine control to networked, intelligent, and integrated direction. In intelligent manufacturing, automation systems are required to have characteristics such as data-driven, intelligent judgment, and joint operation. Currently, electrical automation technologies such as programmable controllers, industrial robots, data collection and monitoring control systems have been widely used in intelligent production processes, greatly improving production efficiency and product quality. However, the high complexity of system integration, lack of unified technical standards across industries, and a shortage of comprehensive talents have hindered the application and development of electrical automation technology. Therefore, suggestions on improving system integration solutions, ensuring data information security, and increasing the training of technical talents are provided as references for the future development of electrical automation technology in the era of intelligent manufacturing.

Keywords: intelligent manufacturing; electrical automation; industrial robot

引言

世界制造业处于由自动化、信息化发展到智能化的转型期。智能制造是以新一代信息技术为基础,涵盖整个产品生命周期的设计、生产制造、经营管理和服务等环节的新型生产方式,具备自感知、自我分析判断、自我行为控制以及自调整的能力。它既是智能制造的技术基础,也是智能制造的重要组成部分,智能制造技术的发展程度决定

了整个智能制造体系能否顺利运行。智能化是当前制造业发展的趋势,但现有的电气自动化技术却无法满智能制造对于设备连接、数据指导、自动决策等方面的要求,这就造成了两者之间的冲突,成为阻碍制造业向智能化方向转变的一大障碍。怎样将电气自动化技术和智能装备融合起来,使自动化设备更智能化,成为学界、业界都十分重视的话题。基于此,本文从技术运用的角度对电气自动化

技术应用于智能制造中起着重要作用的应用点,存在的主要矛盾以及提高措施等进行详细的解析,希望可以给相关企业智能化升级有参考价值 and 实操性建议。

1 智能制造与电气自动化技术概述

智能制造是新一轮产业变革的重要引擎,以新一代电子信息为基础,渗透着制造过程中的整个设计、生产、管理和服务等活动,具备自感知、自决策、自执行、自适应的特点。电气自动化是智能制造的技术基础之一,在设备操控、信息收集、系统整合等方面发挥着重要作用,电气自动化能力以及实际应用情况直接影响智能制造的发展速度。智能制造和电气自动化有着密切的结合,电气自动化的运行相当于智能制造的“操作层面”,在接收到高层发出的信号之后进行设备操作、动作实现、信息获取等工作。而智能制造就是“指挥大脑”,利用数据分析、智能算法对生产和运营进行合理的安排以及有效的管控。二者互相联系、互相依靠。电气自动化智能化程度直接影响着智能制造系统的反应能力和准确程度。从发展历程来看,传统的电气自动化系统是以可编程逻辑控制器为主导,并采取集中管理模式,设备整体较为封闭,灵活性较低;而智能制造需要电气自动化具有开放性、互联互通及智能化功能。因此,在智能制造推动下,电气自动化技术正在经历由分散式控制到系统集成、由预定指令变成智能选择、由孤立到互相联结的过程,由独立自主变成云连接的过程。促进电气自动化技术和智能制造的高度集成,对提高我国制造业的整体实力有着十分重要的实际价值。

2 电气自动化技术在智能制造中的核心应用

2.1 可编程逻辑控制器(PLC)与智能生产控制

可编程序控制器作为电气自动化的控制系统中心控制器,在智能工厂里负责进行逻辑推理判断、顺序控制、时间延时计数及数据分析等工作。与传统的 PLC 相比,针对智能制造的 PLC 有三大方面的改进。在网络通讯能力上,最新一代的 PLC 一般都带有以太网接口,具有 OPCUA、Profinet、EtherCAT 等一系列工业以太网标准,可以方便地连接到 MES 以及 DCS 等生产管理系统。而 PLC 又是制造环节中最直接获取工艺状态信息的数据源之一,几乎所有的制造机械装置都会挂接一个或多个 PLC 或者工业 PC 机,所以用 PLC 来搜集制造相关的数据是最合适的选择。对于数据处理而言,新型 PLC 有更好的数据储存及边缘运算能力,在本地就可对数据进行简单处理及分析,筛选出重要数据再传送到上级系统,减少网络传输的压力以及服务器的计算量;从编程环境来看,遵循了

IEC61131-3 标准的各种语言逐渐流行起来,可以编写梯形图、语句表、功能图等,使得编程更加方便,便于维护与重用;当应用于智能化生产车间时,PLC 会根据由 MES 下发的加工指令来自主设置工艺变量、监控机器运行状况以及开展加工作业等。在生产过程中遇到问题时,PLC 可以依据编程好的程序自行改变控制方式,也可以向控制系统发出警报信号,使整个生产线可以自动化地进行闭环反馈控制。

2.2 工业机器人与自动化执行系统

工业机器人的发展是为了满足智能制造中对于自动化的具体执行要求而产生的装备产品,在最初的应用仅局限于对重物进行移动或是焊接及喷漆等简单的作业,随着技术的进步逐渐延伸到装配、检验、包装、协同等各种复杂的环境之中。借助于电力电气自动化的支持,工业机器人将向着更加快速灵活以及协作的方向进化,所谓智能主要依靠对环境感知以及决策的能力上得到增强,在现阶段工业机器人已经配备包括可见光相机、力感受器、激光雷达在内的多种检测装置,可以及时采集工装件的位置、外观特性、接触强度等参数,并据此改变行动路线和控制系统设置。智能制造场景中,协作机器人、双足人形机器人、多足机器人通过统一分配任务的方式共同参与到对物料的抓取、视觉检测、搬运、精密组装等一系列完整的过程中。柔性化的本质就是能够快速编程以及自我适应学习的能力,传统的工业机器人对于固定的工位、工件都是采取示教编程的方式,在换产的时候还需要重新去编写调试程序,耗时比较长。新式的机器人系统使用了离线编程、视觉寻迹、拖拽示教等方式大大减少换产所需的时间,而在标准互联的产线上,设备可以做到自动下载程序、多种类型的产品可以自动切换并且能够混线生产,设备的整体效率可以提升 10%以上。而协作式的本质就是机器人与人之间要实现安全以及配合的作业方式。协作机器人借助力控制、速度监测、保护区设计等手段,在无须设置防护隔离装置的前提下能够与人类在同一工作区域内开展合作,完成细致入微的产品组装、螺钉紧固、测量检验等工作任务,“机器为主、人力协助”,或者“人机合一”,实现人机共舞的目标。

2.3 数据采集与监视控制系统(SCADA)

SCADA 系统是实现智能制造下的生产可视化以及统一管控的基础平台。其通过对于生产线上的各种生产设备进行数据读取、监测状态、远程操控及历史记录来为制造过程中的生产管理给予第一手的信息支持;在智能制造的

表1 SCADA 系统核心功能与典型应用场景

功能模块	核心能力	典型应用场景
数据采集	多协议兼容、秒级采集、数据清洗	设备运行参数实时采集、工艺过程数据记录
远程监控	图形化界面、设备状态可视化、报警提示	生产线集中监控、设备运行状态看板
远程控制	设备启停、参数调节、紧急停机	产线启停控制、工艺参数远程调整
数据分析	历史数据查询、趋势分析、报表生成	OEE 统计分析、设备故障率分析
告警管理	实时告警推送、故障定位、处理跟踪	设备异常告警、质量超标预警

应用过程中 SCADA 系统也在不断地丰富和发展自身,从最初的“数据采集+界面展示”,发展到后来的“数据集成+智能调节+数字双胞胎”。当今 SCADA 系统可支持 OPCUA、Modbus、S7、EtherCAT 等 40 多种工业通讯协议,可以快速对 PLC、智能装置、仪表、检测装置等进行通讯协议解析与联接,消除通信盲区,达到产线设备 100%上线的目的。多协议兼容能力让 SCADA 系统能接入不同厂家、不同年代的产品,完美解决异构系统集成问题。

从数据获取角度来说 SCADA 系统每秒钟乃至毫秒等级地实时采集生产设备的各种状态信息,有转速、流量、压力、温度、扭矩、产量、质量等各种数据几十乃至上百个,全面反映生产状况。基于实时采集的数据,SCADA 系统可以根据预先设定好的调节策略对生产线的速度进行自动调节,在某个检验环节出现问题的时候 SCADA 系统能够使前道设备停止加料、后一道设备转到储藏模式,从而防止发生大批量次品。在数据分析层面,SCADA 系统可以同 MES/MRP/WMS/QMS 等业务系统紧密融合在一起。采集的所有生产过程中的数据都被反馈给管理层用作决策支持,如生产安排策划、产品质量追踪、设备检修管理等等。此外 SCADA 系统还提供 2D 平面看板以及 3D 数字孪生两种可视化方式,以图表的形式展示产线设备状况及生产任务完成情况,并对出现故障的设备进行高亮提示和弹窗报警提醒,提高处理突发事件的速度。

3 电气自动化技术应用面临的关键问题

3.1 系统集成难度与技术标准不统一

电气自动化的集成是发展智能工厂的前提,在具体使用上存在很大的困难。主要是因为设备之间的通信接口标准不一样,通信协议多种多样,信息编码格式不一。不同的厂家生产的 PLC、机器人、传感器、仪表都有自己的通讯协议,所以在进行系统集成过程中要编写大量的转换程序接口,延长了系统集成时间、加大了集成技术难度^[1]。机电一体化生产线在进行集成的时候,由于设备之间的接口标准不一样导致兼容性不好,核心元件国产化比率低加大了匹配的可能性,机械、电气、控制系统之间的相互协

调控制的能力较差。这个问题在转型升级场景下最明显——企业在采购新的机器设备的同时必须花费更多的时间、精力来处理新老系统之间相互融合的问题。

3.2 高层次复合型技术人才不足

电气自动化技术和智能制造的深度集成,给技术人才提出了更高的要求。智能制造环境中的电气自动化工程师不仅要掌握传统的 PLC 编程、电气设计、设备调试等技能,还应熟悉工业互联网通讯,数据采集解析以及 AI 算法等相关的新技术。“机械+电气+编程+数据分析”的复合型高级人才严重不足,企业技术人员的专业技能较单一,造成生产线停机时间过长,产能扩展速度较慢^[2]。在培养人才的过程中出现了滞后的情况——高校的教学内容很难及时适应行业发展所需的技术变革,而企业管理者的培训机制不够健全,所以人才供给与需求之间出现了较大的结构性差异。

3.3 企业智能化改造成本较高

电气自动化系统的智慧化改造需要巨额的投资,在设备层面上要购买新型 PLC、智能传感器、工业机器人、服务器等,而在软件方面要采购 SCADA 系统、MES 系统、数据分析平台等软件并支付授权及运维费用,另外在服务层面还要雇佣系统集成商来进行方案设计与工程部署^[3]。设备升级改造的技术难度大,改造费用高等缺点,必须研究出统一化的设备改造技术单元,应用准确的成本计算模型。而对中小型制企来说,高昂的设备改造费用给其带来了沉重的经济负担。而且智慧化改造所带来的效益具有一定滞后性,在短时间内得不到回报,降低了企业的智慧化改造动力。

4 电气自动化技术应用优化策略与发展路径

4.1 完善自动化系统集成与技术标准体系

针对系统集成难的问题,必须要双管齐下,做好技术管理和管理工作。技术管理上,尽量选用支持 OPCUA、MQTT 等标准协议的产品和服务以减少协议转换的过程,简化集成过程;对原有非标准设备可以通过开发通用协议转换装置来实现标准化接入;对行业标准混乱、系统分散等问题,建立统一开放合作、可复制的标准已成为必然选

择,在统一的标准和质量体系基础上加快技术创新步伐;企业管理层在制定产线方案时要将系统集成工作提前到项目初期的设计中去,综合考虑设备的选择、通讯协议、数据格式等方面的问题,防止出现“边施工边拼装”的额外费用。

4.2 强化数据安全防护与网络风险管理

伴随着电气自动化系统的由封闭到开放,网络安全暴露面增大,信息安全风险随之增加。OT 和 IT 基础设施互连,使得制造业受到新的威胁,如恶意软件感染、物理信息系统破坏以及供应链入侵等,加强保护需要形成多级防护策略。在网络层面部署工业防火墙,把生产和管理工作网切分开来,分开管理和控制;在设备层面做好 PLCs、工业机器人的防护工作,关掉多余的接口和服务器,定时更新固件和补丁包;在管理层面制定工业企业安全管理体系,对安全状况进行定期的检查与评估并制定相应的应急预案等。基于 ISA/IEC62443 等一系列工业网络安全标准要求,构建面向风险的管理机制,为制造业场景下做好信息安全防护提供了可行的方法。

4.3 加强复合型技术人才培养机制建设

人才培养乃解决智能制造人才缺口的有效途径。“建线必配才”是一项必须执行的规定,在政策引导以及企业学校合作下,打造好制造业数智化转型的人才基础。具体有以下几个方面:产线项目的申报时必须将人才培养计划作为必备条件,规定清楚人才配套的要求及考核标准,设立专项补贴政策,可以将人才培养方面的开销算进项目开支;加强校企合作,鼓励合作办学,共同培养企业亟需的人才,合作建设实践基地。企业需完善自身培养体系,对

现有技术人员进行有关工业互联网、大数据分析、智能控制等相关新技术的专门技术培训,加快技能升级速度。

5 结语

在智能制造环境中,电气自动化技术正在发生由传统的控制到智能化集约式的蜕变过程。PLC 技术从简单的逻辑控制发展到数据融合和边缘计算,工业机器人从固定的程序变成具有感知能力、能够做出决策以及能够相互协作。SCADA 系统从单一的数据监测变为智能化管理及数字化的双胞胎。这些技术的发展给制造业企业在提高生产效率、增加产品质量、减少运营成本上提供了极大的帮助,但是系统集成的复杂性大、技术标准混乱不清、复合型技术人才缺乏、设备更新费用昂贵等现象仍然是阻碍电气自动化技术发展的主要因素。展望未来,在不断有 5G、边缘计算以及 AI 等新兴科技被应用的过程中,电气自动化系统会越来越开放、越来越智能化、越来越安全,从而给制造业的高质量发展带来持久的生命力。

[参考文献]

- [1]李黎黎.智能制造背景下电气自动化系统的集成优化策略研究[J].中国机械,2025(23):104-107.
- [2]盛叶弘,韦一力,谈佳栋.电气自动化系统的信息化集成与智能控制技术研究[J].中国设备工程,2026(8):26-28.
- [3]刘艳.探究当前智能化技术在电气工程自动化控制中的运用[J].家电维修,2023(11):32-35.

作者简介:张士鹏(1995—),男,汉族,河北邢台人,燕山大学自动化专业本科毕业,现就职于邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司,现主要从事非标电池辊压机自动化设备的电气系统设计与应用。