

基于数字背景下的工业现场总线综合实验设计开发

李福云 张庆思 李 琦 张耀宗
辽宁科技大学电信学院 辽宁 鞍山 114051

摘要: 数字时代的到来,为知识与文化的传播开辟了前所未有的新阶段,也为高等教育教学带来了机遇与挑战。特别是数字化智能教学资源在教学中的应用,为各学科的教育教学提供了极大的便利与支持,引发了教与学的革命性变革,同时也带来了新的挑战。本项目基于当前数字化教学背景,对冶金工业自动控制过程进行开发与探索,解决了冶金工业数字化智能生产和控制的问题。案例中完成了工业控制网络平台的组态、通信、本地控制、连锁控制、远程控制、HMI控制等数字化智能控制过程,涉及电气控制技术、电机拖动、变频器技术、运动控制等理论基础知识。案例中需要完成变频器、PLC、触摸屏和控制站之间的智能工业控制网组态及各参数配置,实现电机调速的各种电气控制模式操作和调速过程。在近几十年的现代工业发展中,工业自动化控制已成为企业主要的运维模式。工业现场总线控制模式使工业自动化成为可能,推动了复杂生产向数字化、智能化控制的转变。

关键词: 现场总线;组态;智慧教学;PLC

1 引言

辽宁科技大学自动化专业作为国家级一流本科专业建设点,始终致力于培养适应新时代工业自动化需求的高素质应用型人才。随着数字化技术的飞速发展,工业现场总线技术在现代工业自动化中扮演着越来越重要的角色。它不仅实现了工业设备之间的高效通信和数据共享,还推动了工业生产的智能化和自动化进程。然而,目前辽宁科技大学自动化专业的工业现场总线综合实验教学仍面临诸多挑战,亟待进一步优化和改进,以更好地满足学生的学习需求和专业发展要求^[1]。

2 综合实验现状

近年来,辽宁科技大学自动化专业在工业现场总线综合实验教学方面取得了一定的进展,但仍存在一些问题,具体如下:

实验内容较为单一:目前的实验项目多集中于基础理论验证,缺乏综合性和创新性实验。学生在实验过程中只能被动地完成既定任务,难以深入理解现场总线技术在复杂工业环境中的实际应用,无法充分激发学生的主动性和创造性^[2-3]。

实验设备不足:工业现场总线技术涉及多种设备和通信协议,如PLC、变频器、触摸屏等。然而,实验室的设备数量有限,无法满足学生同时进行多种设备组态和通信实验的需求。这导致学生在实验过程中需要排队等待设备,影响了实验效率和学习积极性^[4]。

实验与实际应用脱节:现有的实验教学与实际工业生产场景结合不够紧密,学生难以将所学知识直接应用于解决实际问题。现有的实验案例多为理想化的教学模

型,缺乏真实工业场景下的复杂工况和故障处理,使得学生在毕业后进入实际工作岗位时,需要花费较长时间适应和学习。

缺乏实践平台:学生在完成实验后,缺乏一个综合性的实践平台来进一步巩固和拓展所学知识。没有机会参与实际的工业现场总线项目开发和调试,限制了学生实践能力和工程素养的提升^[5]。

3 改进措施

针对上述问题,辽宁科技大学自动化专业可以采取以下改进措施:

优化实验内容:结合专业课程体系和培养目标,重新设计工业现场总线实验内容。增加综合性和创新性实验项目,如基于PROFIBUS-DP和Modbus协议的工业控制网络搭建与调试、智能工厂中的现场总线应用等。通过这些实验项目,让学生在掌握基础理论的同时,能够深入了解现场总线技术在复杂工业环境中的实际应用,培养学生的综合分析和解决问题的能力。

更新实验设备:积极争取学校和企业的支持,加大对实验室设备的投入。引进先进的工业现场总线设备,如不同型号的PLC、变频器、触摸屏、工业交换机等,构建一个完整的工业现场总线实验平台。同时,合理规划实验室设备的使用和管理,提高设备的利用率,确保学生能够充分进行实验操作,满足多样化的实验需求^[6-7]。

加强校企合作:利用学校与企业良好的合作关系,邀请企业工程师参与实验教学,将实际工业生产中的案例和经验引入课堂。通过开展校企联合实验项目,让学生参与到真实的工业现场总线项目开发和调试过程中,

了解企业的实际需求和 workflows。此外，还可以组织学生到企业进行实地参观和实习，增强学生的实践能力和就业竞争力^[8]。

搭建实践平台：建立一个开放式的工业现场总线实践平台，为学生提供课后自主学习和实践的机会。平台可以配备多种实验设备和开发工具，学生可以在课余时间自由进行实验操作、项目开发和创新创业实践。同时，鼓励学生参加各类学科竞赛和创新创业项目，将所学知识应用于实际项目中，培养学生的创新精神和团队协作能力^[9-10]。

4 实验设计

4.1 设计目标

通过对本实验项目的开发与探索，使学生借助此实验控制项目，真实地模拟出一个冶金行业工厂电气传动自动控制环境和操作过程，从而更加深入地理解和掌握工业现场总线控制模式下电气传动控制的原理与方法。学生在创新教学平台上熟悉并验证实验结果后，再开展实物平台操作，这种学习方式不仅可以增强学生的学习兴趣 and 积极性，还能提高学习效率，减少因教学条件限制而导致的学习障碍。丰富课程的教学内容，创新理论知识的教学方式方法，充分调动学生的积极性和参与度，打破理论教学过程中课堂沉默状态，焕发教学生机活力，对学生学习能力以及解决问题意识的培养具有重要意义。

4.2 设计内容

本案例涵盖工业现场总线设计、硬件组态、软件设计、工业现场案例仿真以及实操演练等过程。案例中选用三相交流异步电动机多台、变频器G120和V20各一台，伺服电机一台，PLC一台、触摸屏1个、内存至少16G的电脑一台，教师控制机一台、交换机一台。分别完成操作站、控制站，PLC，变频器G120，伺服电机与HMI之间的工、完成PLC与变频器V20直接的MODBUS通讯连接。Modbus通讯的主要以太网链接特点包括标准性、开放性、多种电气接口支持、主从架构以及简单的帧格式。标准性、开放性：Modbus协议是标准且开放的，用户可以免费使用而无需支付许可证费用，也不会侵犯知识产权。多种电气接口支持：Modbus协议可以支持多种电气接口，如RS-232、RS-485等串行接口，以及以太网接口（如Modbus TCP/IP）进行通信。此外，它还可以在各种介质上传输，如双绞线、光纤、无线等。主从架构：Modbus通讯采用主从架构，其中一台设备作为主站（Master），负责发起所有通信请求，其余设备作为从站（Slave），响应主站的命令。简单的帧格式：

Modbus通信数据包的帧格式简单、紧凑且通俗易懂，这使得用户使用容易，厂商开发也相对简单。此外，Modbus通讯还具有可靠性高、成本效益好、应用广泛等特点。同时，它使用CRC（循环冗余校验）或LRC（纵向冗余校验）来检测传输错误，确保通信的可靠性。以及不同PLC直接的PROFIBUS_DP总线连接，PROFIBUS-DP总线是一种高速、低成本的计算机通信协议，主要用于设备级控制系统与分散式I/O的通信。PROFIBUS-DP的DP即Decentralized Periphery（分散式外设），它与PROFIBUS-PA（过程自动化）、PROFIBUS-FMS（现场总线信息规范）共同组成了PROFIBUS标准。PROFIBUS-DP专为自动控制系统和设备级分散I/O之间的通讯设计，可取代价格昂贵的24V或0—20MA并行信号线，用于分布式控制系统的高速数据传输。在PROFIBUS-DP系统中，主站周期地读取从站的输入信息并周期地向从站发送输出信息。总线循环时间必须要比主站（如PLC）程序循环时间短。除周期性用户数据传输外，PROFIBUS-DP还提供智能化设备所需的非周期性通信以进行组态、诊断和报警处理。PROFIBUS-DP的传输技术包括RS-485双绞线、双线电缆或光缆，波特率从9.6K bit/s到12M bit/s。其总线存取方式为主站间令牌传递，主站与从站间为主-从传送，支持单主或多主系统。总线上最多可挂接127个站点。总的来说，PROFIBUS-DP总线以其高速、低成本和灵活性，在工厂自动化、过程控制等领域得到了广泛应用。这几种工业网络真实地反映了生产现场的设备网、控制网、管理网现场数字化智能控制关系，案例中搭建的平台也几乎涵盖了当今电气传动智能数字控制模式、工业现场总线控制过程和方式，如图1工业现场总线控制结构原理图。

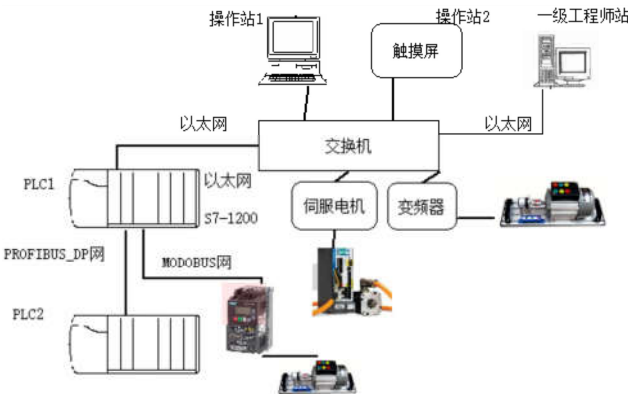


图1 工业现场总线控制结构原理图

4.3 方法和可行性分析

本数字化创新教学案例是一个较为完整的冶金工业实践工程，需要经历学习研究、方案论证、系统设计、

实现调试、测试标定、设计总结等过程。在创新教学中借助现有实验室进行数字化智能化教学背景下的项目开发与探索。首先进行各级网络组态,完成工业控制设备层、控制层、管理层现场数字化智能控制关系,完成智能化电气传动网络平台组件,建立各层网络之间的通信连接,制定通信协议,设置控制报文、控制字和状态字等。其次,在组态好的控制平台进行继电线路设计,在控制柜中根据设计方案,选择合适的断路器、熔断器、接触器、中间继电器、热继电器开关电器等低压电气若干、电源线和信号线若干完成电气原理图设计,完成硬件平台设计。然后进行具体功能实现,开始变频器参数的设定过程,然后根据控制需求,完成各类电机的自动控制过程,完成变频器其他功能参数设定;根据本案例所用电机基本型号,做如下参数配置:用BOP-2完成变频器初始功能实现:PLC控制变频调速过程组态、链接、通信、程序编程等过程,然后完成交流调速自动运行;多段调速和模拟量变频调速控制过程。同时要求,整个控制过程,要有过载保护功能,短路保护功能和欠压、失压保护功能。远程控制:利用人机交互界面,完成各个电机变速过程,控制过程,通过不同工业控制网进行连锁调控,实现远程控制、集散控制、分布控制的功能。在人机交互界面上,能够完成电机的各类控制过程,包括速度设定,速度监视,设定速度最大值与最小值,远程启停和调速监视等基本功能。

4.4 实验效果

本实验设计在辽宁科技大学自动化专业背景下,通过构建一个完整的冶金工业生产中数字化、网络化控制平台,为学生提供了一个真实的数字化综合性和创新性教学与科研设计平台,取得了显著的实验效果,具体如下:

4.4.1 学生能力提升

综合能力培养:通过本实验,学生能够系统地掌握工业现场总线控制方式,建立电气传动控制系统的基本概念。实验内容涵盖了从控制需求分析、控制方案设计、电气元件选择到系统构建、调试和运行的全过程,使学生具备了完整的工程实践能力。

问题解决能力:实验过程中,学生需要自己设计方案、组装链接,并在实际操作中发现、分析问题、解决问题。这种实践方式极大地锻炼了学生的问题解决能力,为他们未来从事相关工作打下了坚实基础。

创新思维激发:实验设计中的创新性项目,如基于PROFIBUS-DP和Modbus协议的工业控制网络搭建与调试,激发了学生的创新思维。学生在完成基础任务后,能够主动探索新的功能和应用场景,培养了他们的创新

精神。

4.4.2 教学内容优化

理论与实践结合:实验内容紧密围绕专业核心课程,如《自动控制原理》《PLC原理及应用》《电机及拖动基础》等,实现了理论与实践的紧密结合。学生在实验中能够将课堂上学到的理论知识应用到实际操作中,加深了对知识的理解。

前沿技术引入:实验设计中引入了最新的工业现场总线技术和数字化控制技术,如AI智能问答功能、虚拟仿真与实际操作相结合等,使教学内容紧跟科技时代步伐,进一步丰富了专业教学内容。

4.4.3 实践平台搭建

真实场景模拟:通过构建真实的工业现场总线控制环境,学生能够提前了解冶金行业工厂中真实的生产状况。这种真实场景的模拟不仅提高了学生的学习兴趣 and 积极性,还增强了他们的职业适应能力。

开放性实践平台:实验平台的开放性设计,为学生提供了课后自主学习和实践的机会。学生可以在课余时间自由进行实验操作、项目开发和创新实践,进一步巩固和拓展所学知识。

4.4.4 校企合作成效

企业资源引入:主持教师深入一线企业,结合校企合作项目,录制了大量生产线控制实际场景供学生课前预习。企业工程师参与实验教学,将实际工业生产中的案例和经验引入课堂,使学生能够接触到最新的行业动态和技术应用。

实习与就业衔接:通过校企合作,学生有机会参与实际的工业现场总线项目开发和调试,了解企业的实际需求和 workflows。这不仅增强了学生的实践能力,还为他们的就业提供了有力支持,实现了从学校到企业的无缝衔接。

5 结束语

在当今科技飞速发展的时代,冶金行业的先进制造技术不断涌现并逐渐成熟,这不仅推动了行业的进步,也对冶金院校的人才培养模式提出了更高的要求。本案例通过深入开发与探索冶金行业工业自动化控制系统中的工业现场总线控制过程,成功构建了一套完整的工业现场总线控制模式,实现了智能化电气自动化控制,高度还原了大型企业复杂电气传动生产的真实操作流程。

本案例的实施,不仅丰富了课程教学内容,创新了理论知识的教学方式,还充分调动了学生的积极性与参与度,打破了传统理论教学中课堂沉默的局面,为教学注入了新的活力。更为重要的是,它对学生学习能力以

及解决问题意识的培养具有深远的意义,为他们未来的职业发展奠定了坚实的基础。

参考文献

[1]史亚平.Modbus: TCP/IP协议的客户端与服务器实现[J].工业控制计算机,2023,36(2):54-56.

[2]陈熙,何璇.基于Modbus/TCP协议的远程控制系统的设计与实现[J].创新引用,2022,39(7):84-86.

[3]郭夕琴,武建卫,张海红等.基于PLC、变频器的恒液位控制系统设计与实现[J].江苏科技信息,2018,35(9):60-62.

[4]孙世忠,付宁宁主编.触摸屏技术及其应用[M].北京师范大学出版社,ISBN 978-7-303-14034-.

[5]赵雄主编.PLC与变频器应用技术[M].北京出版

社,ISBN 978-7-200-11390-7.

[6]曹胜敏,马壮.“电气控制与PLC原理”课程综合性实验教学探索与实践[J].唐山学院学报,2020,33(6):101-103.

[7]徐永海,李晨懿,汪坤,等.低压变频器对电网电压暂降耐受特性及兼容性研究[J].电工技术学报,2019,34(10):2216-2229.

[8]俞庆涛,向兵.采用西门子PLC及变频器控制的污水站自动排水控制电路[J].电世界,2021,62(1):40-43.

[9]利用FPGA设计IPv4/IPv6协议转换网关的研究.刘外喜;胡晓;唐冬;罗媛媛.微电子学与计算机,2009(04),56-66.

[10]骨干网IPv4/IPv6协议转换网关设计.张鹏,杨国渝.电子科技大学学报,2005(05),34-35.