

中德合作自动化技术 1 课程建设与教学实践

胡鹏 左东升 王永存

上海电机学院

摘 要: 随着全球化进程的不断推进,教育国际化已经成为教育发展的重要方向之一。本文针对中德合作《自动化技术 1》课程,从课程目标、教学内容安排、课内实验计划、教学配套实验装置开发环节出发,结合德方对标课程的合作授课内容,基于线上线下混合式教学、项目式辅助教学、产教融合课程、过程化考核等教学方法与手段,开展该课程建设与实践探索,不断总结经验与教训,持续改进适合该课程的教学方法,以培养高水平高素质的国际化创新型人才。

关键词: 中德合作; 自动化技术; 实验装置开发; 持续改进; 过程化考核

针对本校培养应用型本科人才的目标,根据企业中广泛使用的生产线自动化控制系统的应用需求,结合就业市场需求而开设本课程^[1,2]。课程面向上海电机学院凯撒斯劳滕智能制造学院(中德合作)电气工程及其自动化专业和机械电子工程专业三年级本科生开设,每年授课人数稳定在 120 人左右,属于专业必修课程,课程名称《自动化技术 1》对标德国凯撒斯劳滕应用技术大学的《Automatisierungstechnik 1》,是一门涵盖自动控制系统、传感器与执行器、数字控制算法及可编程逻辑控制器等内容的课程,旨在培养学生掌握自动化技术的基本理论及构建自动化控制系统的基础实践技能^[3,4](另:《自动化技术 2》课程则主要围绕工业通信技术开展)

一、课程目标简介

课程通过课堂讲授和实验教学,使学生能够在实际操作中掌握自动化技术的基本原理与应用,主要涉及二进制调节器(机电、气动)、二进制传感器、控制技术的基本概念、基本控制算法、基于 PC 的控制和可编程逻辑控制器、S7-1200/1500PLC 硬件、TIA PORTAL 软件编程等内容,目标培养学生能够根据生产工艺要求完成电气自动化设备的软硬件选型与组态,并利用 TIA PORTAL 软件平台编写符合 IEC 61131-3 标准的程序并调试运行,初步具备自动化控制系统设计、技术开发与工程应用的基本能力,详细目标列出如下。

(一)了解自动化技术的基本知识,掌握基本的数字控制器设计与应用方法,理解过程通道设计、数据处理与数字滤波的基本方法;

(二)熟悉常用低压电器的基本结构和工作原理,掌握传统的继电器控制系统基本知识,熟悉二进制调

节器(机电、气动)、二进制传感器、控制技术的基本概念、基本闭环控制算法;

(三)熟悉可编程控制器的基本结构、工作原理、系统配置、指令系统,对照继电器接触器电气控制系统,能够编写 PLC 自动化控制系统 LAD 梯形图、STL 语句表程序;

(四)能够根据生产工艺要求完成电气设备的软硬件选型与组态,并利用 TIA PORTAL 软件平台编写符合 IEC 61131-3 标准的控制程序并调试运行。

二、课程教学内容安排

课程通过 48 学时课堂讲授和 16 学时实验教学,采用中德合作授课模式,使学生能够在理论学习与实际操作中掌握自动化技术的基本原理与应用。针对国际化合作办学特点,聘请德国凯斯劳滕应用技术大学电气工程专业《Automatisierungstechnik 1》课程负责人 Opperskalski 教授及其课程团队作为本校海外名师,担任《自动化技术 1》课程授课教师和兼职顾问,每年来华赴本校完成共计 32 学时的课程讲授与实践指导工作,期间德方教师使用德文或英文主讲,中方教师同步辅导答疑模式,同时引进德国应用型本科自动化技术教学中的工程案例和教学方法,切实提高团队教学水平。

期间,德方的教学方法更多强调以工作过程为导向,教师会根据自动化技术相关工作岗位的实际工作流程设计教学内容。例如,对于自动化控制系统的安装与调试课程,教师会按照从项目需求分析、系统设计、设备选型、安装施工到最后的调试运行这一完整的工作流程来组织教学。学生就像在企业中承担实际项目一样,逐步掌握每个环节的技能和知识,提高解决实际问题的能力^[5,6],具体课堂授课计划和课内实验安排

课题项目: 2023 年上海电机学院校级重点课程建设项目(A1-0224-24-002-02-031)。

作者简介: 胡鹏(1982—)男,工学博士,讲师,研究方向为新能源发电系统的建模与控制。

分别如表 1 和表 2 所示。分结合 S7-1200/1500 实验装置，将理论学习与实践有
课堂授课围绕自动化技术基础理论讲解，实验部 机结合，以利于学生对理论知识的理解与掌握。

表 1 自动化技术 1 课堂讲授计划

自动化技术 1 讲授计划 Unterrichtsplan f ü r die Vorlesung Automation	授课方式及学时
1、自动化系统，工业 4.0 工业革命，数字化，网络化，信息物理系统，控制技术的基本概念 Einf ü hrung Industrie 4.0 (Intelligente Produktion) Erklärung der Begriffe: 1. - 4. Industrielle Revolution, Digitalisierung, Vernetzung, technische Assistenzsysteme, cyberphysikalische System (CPS).	课堂讲授 中方 2 学时 + 德方 2 学时
2、传感器、执行器、低压电器 二进制传感器：位置开关、接近开关、电感式、电容式、磁性、光学、超声波传感器，二进制调节器（机电、气动），变频电动机、伺服电动机、步进电动机，继电器控制系统 Sensoren und Aktoren Erklärung „binär “ und „analog “, Arten und physikalische Funktion von Sensoren und Aktoren, Identifikationssysteme (Barcode, RFID).	课堂讲授 中方 2 学时 + 德方 6 学时
3、数字化技术 采样保持、A/D 转换、D/A 转换、数据处理与数字滤波、过程通道抗干扰措施 Digitalisierung Sensorsysteme: Physikalischer Sensor, Anpassung, Filterung (Antialiasing-Effekt), Sample & Hold, A/D-Wandler, A/D-Wandler-Verfahren.	课堂讲授 中方 2 学时 + 德方 4 学时
4、数字控制器设计与应用 差分方程、Z 变换、离散系统的稳定性分析与过度响应分析，开环控制、闭环控制，数字 PID 控制器设计与参数整定	课堂讲授 6 学时
5、可编程逻辑控制器 PLC 的硬件组成及工作原理，S7-1200/1500 的数据类型、存储器与寄存器分类及功能 SPS-Komponenten (PLC) Aufbau einer SPS, grundlegende Arbeitsweise, IO-Welt, Komponenten	课堂讲授 中方 2 学时 + 德方 4 学时
6、基本编程 S7-1200/1500 的指令类型及指令结构（逻辑指令、定时器与计数器指令、数据处理与算术运算指令、程序执行控制指令及指令系统综合应用、模拟量缩放指令） Schrittketten Arbeitsweise einer Schrittkette, Design einer Schrittkette am Beispiel einer Mischanlage, Übungen	课堂讲授 中方 4 学时 + 德方 8 学时
7、自动化系统综合设计 根据控制对象的控制要求采用结构化程序设计方法进行控制系统硬件配置及软件程序设计、顺序功能图，使用 Set/Reset 指令或起停的顺序控制 LAD 设计方法 Übungsstunde Vorbereitung des Tests mit weiteren Übungen, Besuch des PLC-Labors und Erklärung an realen SPS-Systemen.	课堂讲授 中方 2 学时 + 德方 4 学时

表 2 自动化技术 1 课内实验安排

实践教学环节	授课方式及学时
1、基本指令编程实验 TIA PORTAL 编程软件的使用方法，硬件组态和参数设置、符号表和逻辑块的生成、STEP7 与 PLC 的在线连接和在线操作，起一保一停编程	线下实验 2 学时
2、定时器实验 5 种 SIMATIC 定时器及 4 种 IEC 定时器的编程方法，闪烁程序编程	线下实验 2 学时
3、计数器实验 3 种 SIMATIC 计数器和 IEC 计数器的编程方法，计数器与定时器联用	线下实验 2 学时
4、数据处理和数字运算操作实验 装入指令与传送指令、比较指令、数据转换指令、部分数学运算指令和移位与循环移位指令使用方法	线下实验 2 学时
5、模拟量闭环控制系统实验 模拟量数据采集、输出，标准化与缩放方法，PID_Compact 指令的算法、参数整定与在线调试方法	线下实验 2 学时
6、程序结构化编程实验 结构化编程方法，组织块 OB、函数 FC、函数块 FB 综合应用，FB 多重背景技术	线下实验 2 学时
7、顺序控制实验 根据自动化工艺控制要求，绘制顺序功能图，编写程序并调试 Arbeitsweise einer Schrittkette, Design einer Schrittkette am Beispiel einer Mischanlage, Übungen.	线下实验 德方 2 学时
8、自动化系统综合实验 根据实验控制工艺要求，列出合理的 I/O 分配表，设计完成流程图，运用 PLC 的指令系统，编制符合 IEC61131-3 标准的 LAD 程序，模拟调试运行，撰写完整规范的设计图纸与报告 Durchführung des Test	线下实验 德方 2 学时

三、教学配套实验装置开发

成功的实验教学能缩短理论与实践的距离，激发学生的学习兴趣，进而掌握自动化控制系统的基本设计与编程方法^[7-9]。本课程团队根据课程重新设计开发了实验装置，建设完成了“自动化技术智能化与网络化实验室”，作为本课程重要的实验保障环节，结合最新的自动化技术软硬件开发环境下开展实验教学环节。实验装置淘汰了传统挂箱式实验台（图 1 左侧），

参考实际工业自动化电气控制柜，拓展了二进制传感器、步进电动机、变频电动机及速度传感器等检测执行机构，（如图 1 右侧），系统主要由 S7-1512C CPU 模块、S7-1214C CPU 模块、远程 IO 模块、网络交换机、HMI 面板、G120 变频器、异步电动机、转速编码器、步进电动机丝杆平台、数字量 IO 模块、模拟量 IO 模块、电源等硬件设备组成，并编写开发了对应实验例程，以辅助自动化技术课程教学目标点达成。



图 1 传统实验装置（左）及自研自动化技术实验台（右）

四、教学方法与手段持续改进

教学团队对已有指导丛书进行比较分析,结合德国凯撒斯劳滕应用技术大学对标课程授课内容,参考西门子培训中心的内部资料(本团队骨干成员也多次赴西门子上海培训中心接受围绕S7-1500 PLC的培训,培训内容覆盖了博途基础与提高、WinCC SCADA、Profinet、分布式安全系统、运动控制调试等课程),依托企业自动化控制相关工程项目基础,并对扩充资料进行收集和整理,进行仔细学习和研究,构建了《自动化技术1》课程的基本教学方法和教学手段。

(一) 线上线下混合式教学

在课程教学中,全面实践中德教材、资料、实验设备和授课方法等,建设了在线课程网站,网上内容的选取、视频的制作、课程资料等能激发学生的学习兴趣,测试题及作业、拓展知识的选取则能体现学生对知识点的理解程度。在本课程网站资源的建设中,不仅按章节录制了中文教学视频,而且德方教授也录制了德语教学视频,并且课内实验也采用详细的操作步骤视频,可供学生反复学习和实践。课程教学分为课前准备、课程实施与课后评价三个阶段,网络教学平台始终贯穿于教学过程的这三个阶段,围绕这三个阶段,学生都可以采用线上结合线下的方式进行学习辅助,如图2所示。

《自动化技术1》课程 线上线下混合教学——基于超星学习通平台		
课前线上学习	课上线下学习	课后评价
教师端:上传PLC单元课程资料、线上导学、答疑交流 学生端:线上自学、视频学习、答疑互动	教师端:教师讲授、课堂释疑 学生端:携疑听课、小组讨论、深度理解	教师端:在线交流、收集课后学习数据、调整教学 学生端:课后巩固、交流互动

图2 《自动化技术1》课程线上线下混合教学

(二) 项目式辅助教学

针对《自动化技术1》这类理论实践并重课程,项目式教学法的引入遵循着“实践—理论—实践”这一认知规律,学生作为学习的主体,教师则作为教学的引导

者或顾问,教师鼓励学生在项目实践的道路上进行思考与探索,并在学生遇到疑难问题时给予适当指引或帮助。以本课程为例,其软件系统具有大量待学习指令,按传统教学方法讲解时学生觉得枯燥无味,而将它们融合到项目里,鼓励同学们设计实施方案,督促学生限时完成硬件组态、输入输出端口分配、软件编程、程序调试、故障排除等环节,在实验项目中去领会、掌握指令的应用,学生从最初的一知半解,到项目执行过程的困惑,到坚持完成项目后的快乐,进而培养分析和解决问题的能力,图3为本课程项目教学主要流程图。

(三) 课程产教融合与双证融合

课程通过聘请企业在职高级工程师及以上职称专家进入课堂进行教学,围绕自动化技术的工程应用项目案例,特别是专家实际负责或参与的工程项目进行概括介绍,从工程应用开发第一线视角进行讲授,开拓了学生的视野,同时围绕课程和同学们进行沟通交流,针对学生的职业发展进行针对性解答问题,给课堂教学注入更多新的元素,丰富了课堂教学内容。

依托《自动化技术1》课程授课内容,通过与西门子公司培训部门洽谈合作,面向学生开展西门子工业技术教学合作项目—SIMATIC S7-1200 认证合作课程项目,并签署相关免费培训协议。学校利用现有教学资源,进行在校学生的培养。学生在学习完成该技术课程后,如能通过西门子的认证考试,将得到西门子颁发的认证证书,学生及用人单位可以随时登陆并查询认证信息,增加了应用型本科学生的就业筹码。

(四) 过程化考核

通过多样化考核手段,以学生的综合评价为准,注重对平时学习表现的考核。将学生出勤、平时作业、随堂测验、课堂提问与讨论、实验表现及实验报告质量、大作业和期末考试、线上线下混合教学随堂测试、课堂讨论、项目式实践表现等部分融入过程化考核方法中,而将期末卷面理论考试成绩占总成绩的比例降为40%。过程化考核将学习任务分解到了整个学习过程,通过多种考核方式,督促学生好地掌握本课程的知识点。

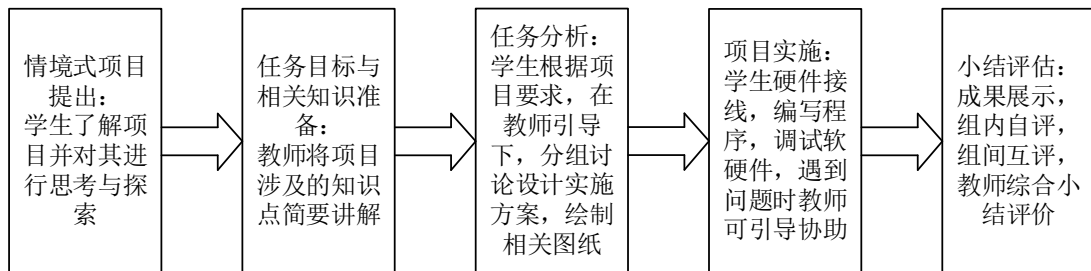


图3 本课程项目教学主要流程

五、结语

经过近两期的探索实施后,课程的教学质量有了大幅的提高。在中德双方教师的共同努力下,以源于生产实践的实验教学,配合项目式教学方法,从实践到理论,在从理论回到实践的这一过程,学生对教学内容更感兴趣,同时自动化技术的应用能力也得到了进一步加强。总之,在我国制造业向智能制造方向转型发展的历史条件下,作为工业应用基础的自动化技术会发挥越来越重要的作用,这也要求我们教师从生产实际出发,不断拓展课程教学内容,改善实验教学环境,培养学生熟练掌握自动化控制系统设计的专业综合能力,切实提高学生应用能力和创新能力,进而为学生毕业后更好地适应社会需求打下坚实的专业基础。

参考文献:

- [1] 沈跃,张亚飞,刘慧,等.农业装备自动控制技术研究综述[J].农业机械学报,2023,54(8):1-18.
- [2] 郑怀礼,李俊,孙强,等.城镇污水处理自动控制策略研究进展[J].土木与环境工程学报,2020,42(1):126-134.
- [3] 刘俊,葛欣雨,徐旭,等.基于工作过程导向的课程改革与实践——以中德合作“输送和仓储技术”为例[J].教育教学论坛,2025,(4):82-85.
- [4] 张冰洁.德国卡尔斯鲁厄应用科技大学课程体系研究——以电气工程与自动化技术专业为例[D].河北师范大学,2016.
- [5] 赵洋江.中德电气工程专业课程体系对比分析——以德累斯顿工业大学和东莞理工学院为例[J].中国电力教育,2019(11):87-88.
- [6] 曾勇.中德电气工程及其自动化专业教学改革比较与研究[J].现代职业教育,2017(27):179.
- [7] 梁西昌,辛倩倩.基于PLC的自动化技术实验教学模式研究与探索[J].中国现代教育装备,2022(9):6-8.
- [8] 刘玉柱.自动化技术在电气工程中的融合应用[J].集成电路应用,2024,41(8):144-145.
- [9] 方可,霍炬,杨明,等.自动控制专业课的穿梭实验设计[J].工业和信息化教育,2024(6):53-58.