

“工业控制软件综合实验”课程规划建设研究

徐梦溪¹, 熊建桥², 杨庆¹

¹南京工程学院, 计算机工程学院, 江苏 南京

²南京工程学院, 机械工程学院, 江苏 南京

收稿日期: 2022年10月21日; 录用日期: 2022年12月14日; 发布日期: 2022年12月26日

摘要

“工业控制软件综合实验”属计算机类、机电控制类专业教学大纲中“工业控制软件”、“软件工程与计算”、“计算机控制系统”、“机电控制系统”、“智能电网信息技术”、“工业大数据技术”、“嵌入式系统及应用”等理论教学课程的实践教学课程。本文结合建设制造强国和网络强国战略, 以及信息化和工业化深度融合, 概要介绍工业软件和工业控制软件。以南京工程学院为例, 在对原有的“工业控制软件”实验课程和实验教学内容设置存在问题分析的基础上, 介绍和讨论分析“工业控制软件综合实验”新课程规划建设的实施路径。

关键词

实验课程建设, 工业控制软件, 成果导向教育, 项目化教学, 制造强国和网络强国

The Study of “Comprehensive Experiment of Industrial Control Software” Curriculum Planning and Construction

Mengxi Xu¹, Jianqiao Xiong², Qing Yang¹

¹School of Computer Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing Jiangsu

²School of Mechanical Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing Jiangsu

Received: Oct. 21st, 2022; accepted: Dec. 14th, 2022; published: Dec. 26th, 2022

Abstract

“Comprehensive experiment of industrial control software” belongs to the practical teaching curriculum of “industrial control software”, “software engineering and calculation”, “computer control system”, “mechanical and electrical control system”, “smart grid information technologies”, “in-

ustrial big data technologies”, “embedded system and its application” and other theoretical teaching curriculums in the syllabus of computer and information class, electromechanical control class majors. In combination with the strategy of building manufacturing power and network power, and the deep integration of informatization and industrialization, this paper gives a brief introduction to industrial software and industrial control software. Taking Nanjing Institute of Technology as an example, based on the analysis of existing problems in the original “industrial control software” experimental curriculum and experimental teaching content setting, the paper introduces and discusses the implementation path of the new curriculum planning and construction of “comprehensive experiment of industrial control software”.

Keywords

Experiment Curriculum Construction, Industrial Control Software, Outcome-Based Education, Project-Based Teaching, Manufacturing Power and Network Power

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2015年5月,国务院正式印发《中国制造2025》,部署全面推进实施制造强国战略[1]。2020年10月中国共产党十九届五中全会通过《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》,《建议》提出,坚持把发展经济着力点放在实体经济上,坚定不移建设制造强国、质量强国、网络强国、数字中国,推进产业基础高级化、产业链现代化,提高经济质量效益和核心竞争力[2]。2021年3月,我国正式公布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》[3]。2021年11月,工业和信息化部发布《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》,全面部署“十四五”时期两化深度融合发展工作重点,加速制造业数字化转型[4]。在此大背景下,课程规划建设作为高等院校教学建设的基础,必须紧扣制造强国和网络强国战略,把握教学改革创新取向和规划课程建设的实施路径。

工业软件作为工业技术软件化的产物,是指应用于工业、数字经济发展领域的系统、应用、中间件、编程语言与嵌入式等软件。在软件行业中,工业软件只占很小的比例,但工业软件是几乎所有工业制造、数字经济产业链中最顶端的一环,堪称“大脑和神经”。工业软件大致分为:1)工业辅助设计类软件(CAD、CAE、CAM、EDA等);2)生产控制类软件(PLC、DCS、SCADA、MES等);3)信息管理类软件(ERP、SCM、CRM、OA等);4)运维服务类软件(MRO、PHM、IETM等);5)嵌入式软件(EOS、EMDBS、工业先进控制器软件、飞行控制软件、弹载ATR系统、手机软件、MP3播放软件、电子地图软件等)。全球工业软件市场的70%份额都被欧美国家占据,亚太地区则被日韩企业掌控。国内工业软件市场被国外企业垄断,特别是国产工业辅助设计、工业操作系统、工业数据库、工业软件开发平台、工业软件编程语言等基础软件落后。

因此,做好工业软件和工业控制软件相关理论教学和实验课程的规划建设,培养学生有关智能制造、工业互联网、大数据、云计算等所需要的技能集十分必要。本文在简要介绍深入实施制造强国和网络强国战略情势、以及指出新时期经济社会大背景下工业软件相关课程规划建设的重要性和必要性基础上,后续的内容组织安排:1)以南京工程学院为例,分析原有工业控制软件类实验课程存在的问题;2)介绍“工业控制软件综合实验”新课程规划建设实施路径的设计与安排。

2. 原有实验课程和实验教学内容设置存在的问题

南京工程学院在计算机信息类、机电控制类专业及部分新工科专业(数据科学与大数据技术、智能制造工程、机器人工程、智能电网信息工程专业等)中,设置的涉及有关工业控制软件实验内容,分散在各个有关学院和分布在不同专业课程(工业控制软件、软件工程与计算、计算机控制系统、机电控制系统、智能电网信息技术、工业大数据技术、嵌入式系统及应用等课程)的实践教学环节中,经对原有“工业控制软件”实验课和实验内容在整个理论教学与实验教学体系中实施运行的反馈情况调研和分析,存在的问题主要有:

1) 分散(不同学院)分布(不同的专业教学课程)的实验教学内容和环节,实验内容较单一、陈旧,滞后于产业/行业技术的快速发展,与国家强国战略和新时期经济社会发展需求不匹配。

2) 基于单门课程进行的实验教学,其实验内容的设计安排,注重学科逻辑缺少工作逻辑,工业控制软件的关键知识点和新技能集的关联性不顺,实验内容的系统性、综合性不强;技术应用知识/技能训练呈碎片化问题突出。

3) 信息技术与实验教学的融合度不深,实验教学内容广度和深度有待拓展、实验教学时间和空间有待延伸。

4) 实验教学内容缺少工程案例/项目支撑,工业流程关键数据集/知识库缺乏,在实验教学过程中培养学生解决复杂工程问题和工程系统能力受限。

3. 规划建设新实验课程的总体思路

通过对原有实验课和实验教学内容设置存在问题的分析,在此基础上,基于已有的校企合作平台和专业跨界联动的实验教学管理机制,以 OBE (成果导向教育,也称能力导向教育)教育理念为指导,采用项目/案例化教学模式,规划建设“计算机、机电类专业及部分新工科”专业群共享的“工业控制软件综合实验”课程[5][6]。

在学校新一轮的理论课程体系、实践教学体系构建的统一部署下,规划“工业控制软件”课程建设和探索改革创新路径。通过更新和调整实验教学内容,及与校企合作支撑下的实践教学比例,构建校内虚拟仿真与半实物仿真结合的综合实验平台(“虚-实结合的综合实验平台”),支撑专业群(包括计算机、机电类专业及部分新工科专业)共享的项目/案例化实验教学。解决原有“工业控制软件实验”课程存在问题的方法和新实验课程规划建设的总体思路列于表 1。

Table 1. The methods to solve the existing problems in the original experimental course and the general idea of new curriculum planning and construction

表 1. 原有实验课程存在问题的解决方法和规划建设新课程的总体思路

原有课程和实验内容存在的问题	解决问题的方法和规划新实验课程的总体建设思路	课程规划建设任务目标
分散分布的实验教学,以及基于单门课程进行的实验教学问题	更新和调整实验教学内容,构建校内“大工程”虚拟仿真与半实物仿真结合的综合实验平台,支撑专业群实验教学	规划建设新的“工业控制软件综合实验”课程
实验内容广度和深度有待拓展、实验时间和空间有待延伸		
培养学生解决复杂工程问题和工程系统能力受限问题	缺少工程案例/项目支撑 工业流程关键数据集/知识库缺乏	落实教学改革研究项目建设内涵、产学研深度融合支撑和反哺案例/项目化实验教学 企业嵌入方式的工业建模及算法设计,构建工业流程数据库测试用例虚拟仿真系统
		按照“虚实结合、以虚补实”原则,构建虚拟仿真实验教学环境

整合学校计算机信息类、机电控制类专业及部分新工科专业涉及的原有工业控制软件的实验内容，重构原有实验课程，规划建设新的“工业控制软件综合实验”课程。按照“虚实结合、以虚补实”原则，开发构建由虚拟仿真实验云平台、实物/半实物仪器设备、虚拟仿真软件、南京工程学院教育部国家级工程实践教育中心共建单位的部分现场传感器/控制器虚拟网络环境、现场数据采集和边缘计算与边缘控制、流程工业数据模拟库等组成的虚拟仿真-半实物仿真结合的“工业控制软件综合实验”教学环境。

4. 构建“虚-实结合的综合实验平台”

虚拟仿真与半实物仿真结合的综合实验平台用以支撑“工业控制软件综合实验”新课程的实验教学。该综合实验平台的开发，采用了虚拟仿真和半实物仿真技术，包括虚拟现实技术、环境和场景建模技术、云渲染开发技术、数值模拟与仿真技术等。虚拟仿真与半实物仿真结合的综合实验平台架构如图1示意。

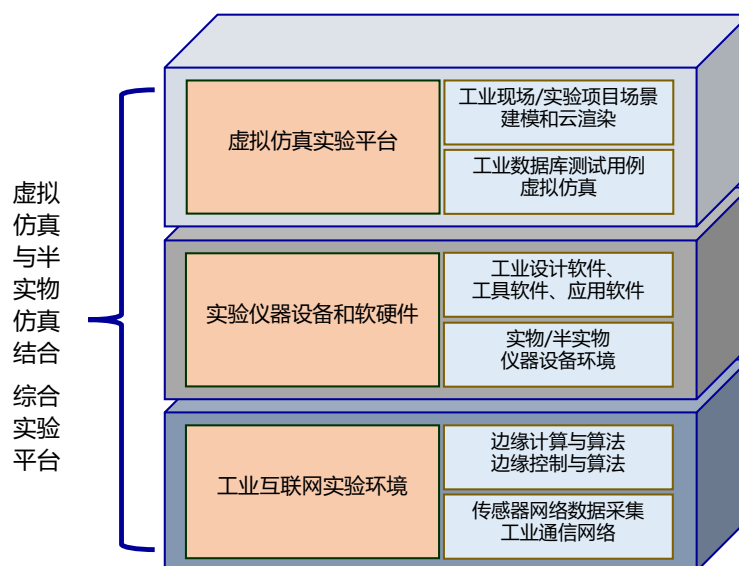


Figure 1. Architecture of virtual-real comprehensive experimental platform
图1. 虚-实结合的综合实验平台架构

虚拟仿真与半实物仿真结合的综合实验平台包括虚拟仿真实验平台、实验仪器设备及软硬件，以及工业互联网实验环境三大部分，分别由“工业现场/实验项目场景建模和云渲染”和“工业数据库测试用例虚拟仿真”、“工业设计、工具、应用软件”和“实物/半实物仪器设备环境”、“边缘计算、控制与算法”和“传感器网络数据采集工业通信网络”等子系统组成[5]。

5. 实验项目的分类安排、内容设置及学习和考核形式

基于项目化实验教学模式，专业群共享的“工业控制软件综合实验”课程强调实验项目(或案例)在整个实验教学中的地位，突出实验教学过程的监控和管理。实验课程由1个以上的单个相对独立的实验项目(或案例)组成，可根据各个专业教学大纲，以及验证型、设计型、创新型和综合型实验的不同要求，选择多个项目/案例完成实验课程的教学[5] [7] [8]。实验项目/案例的分类、实验教学与工程技能训练项目的设置，以及实验学习场所、学习形式和学习成果(学习的产出)评价和考核标准等内容列于表2。

1) 考虑到计算机信息类、机电控制类专业及新工科各专业的教学大纲对于“工业控制软件”、“软件工程与计算”、“计算机控制系统”等不同课程实践教学要求的不同，作为校内各个专业共享的“工业控制软件综合实验”课，基于项目化实验教学模式，设计安排分为四类项目/案例实验，以适应各个专

业实验课程的需要。各个专业可根据主修/选修/辅修的课程教学大纲要求,选择其中 1~2 类或者大部分类型项目/案例进行实验教学。

Table 2. The project classification, content setting, learning, evaluation and assessment form of industrial control software comprehensive experiment

表 2. 工业控制软件综合实验项目分类、内容设置及学习、评价和考核形式

实验项目/ 案例类别	实验教学与工程技能训练项目	实验学习场所、 形式	成果评价
生产控制类	工业控制组态软件及 PLC 应用	实验室实体环境 网络/数字环境	选择性提交: 实验报告、 实验程序演示 以小组为单元 评分: 5 分制
	机器人焊接工作站控制软件		
	车间执行层 MES 系统		
	工业数据库测试用例虚拟仿真系统		
嵌入式软件	基于光电编码器的步进电机精密测量	2人或3人结合组成 小组,形式: 学习-合作	选择性提交: 实验报告、模拟的软件 需求分析报告、模拟的 软件总体设计说明书、 模拟的工业控制软件 项目招标文件 以小组为单元 评分: 5 分制
	先进控制器算法		
	危险品在途运输安全监测与跟踪系统		
信息管理类	企业资源计划 ERP 系统		
	智能生产线集成管理		
“大工程” 实验项目类	工业网络攻击检测与防御测试		
	基于工业物联网虚拟仿真与半实物仿真系统		
	水泥生产线中窑磨系统全过程优化控制专家系统		
	基于智能制造集成开发项目的虚拟实验工场		

2) “大工程”实验项目类中“基于工业物联网虚拟仿真与半实物仿真系统”、“水泥生产线中窑磨系统全过程优化控制专家系统”、“基于智能制造集成开发项目的虚拟实验工场”实验项目/案例,结合较高级水平的虚拟仿真工业现场/生产现场场景,设置了有关新技术发展的知识点实验,其知识深度和学习阶段的安排已兼顾到各个专业对于培养智能制造、工业互联网、大数据、云计算等所需要的新技能集[9][10][11]。

3) 基于虚拟现实技术开发的虚拟仿真实验环境,为学生在校园环境下学习执行工业现场突发危险事故、或太复杂太昂贵的任务时,2人或3人结合组成学习小组形式,通过线上线下之间的协作,使得学生在研究不同的实验场景、过程的学习过程中,能够得到解决复杂问题的思维、更高层次的工程技能、及更熟练的人际交往技能训练。如“基于智能制造集成开发项目的虚拟实验工场”项目,可模拟执行重大生产事故或工业网络基础设施因不可抗力造成瘫痪下的应急响应和恢复任务等。

4) 通过2人或3人结合组成学习小组形式,线上线下之间的协作,取得的学习成绩和成果,除提交以往常规的实验软件或程序演示或实验报告外,增加了学习小组可选择性提交学习成果:a) 模拟的软件需求分析报告;b) 模拟的软件总体设计说明书;c) 模拟的工业控制软件项目招标文件;d) 注重对学生学习成绩和成果进行分析评价,以最终学习成果为起点,适时反向调整学生的相关评价标准[10][11]。

6. 结束语

本文简要介绍了深入实施制造强国和网络强国战略的情势。基于建设制造强国和网络强国的大背景,以及基于服务国家强国战略和适应新时期经济社会发展需求的视角,以南京工程学院为例,介绍和讨论

分析了“工业控制软件综合实验”课程规划建设的实施路径。具体介绍和分析的内容包括：1) 以南京工程学院“工业控制软件综合实验”新课程规划建设为例，分析原有实验课程和实验教学内容设置存在的问题，规划新课程建设的总体思路；2) 介绍了“虚拟仿真与半实物仿真结合的综合实验平台”的总体架构；3) 实验项目/案例的分类安排、内容设置及学习成绩和学习的产出考核形式等。

基金项目

本文得到江苏省自然科学基金(BK20221399)的资助。

参考文献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知(国发[2015] 28 号) [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm?ivk_sa=1024320u, 2015-05-19.
- [2] 中国共产党中央委员会. 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议(2020 年 10 月 29 日中国共产党第十九届中央委员会第五次全体会议通过) [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/2020-11/03/content_5556991.htm, 2020-11-03.
- [3] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm, 2021-03-13.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划的通知(工信部规[2021] 182 号) [EB/OL]. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2021/art_117ccbb3dd4f4a27b21d988fbaa8b625.html, 2021-11-17.
- [5] 黄陈蓉, 徐梦溪, 温秀兰, 蔡玮. 校企深度合作、专业跨界联动的虚拟仿真实验/实训系统构建研究[J]. 职业教育, 2022, 11(5): 473-480. <https://doi.org/10.12677/ve.2022.115074>
- [6] 何柏青, 梁玉英, 李晓芳, 赵慧, 胡荣群, 黄建军. 面向“卓越一线工程师”教育培养的专业课程建设与改革探索[J]. 创新教育研究, 2022, 10(4): 851-857. <https://doi.org/10.12677/ces.2022.104139>
- [7] 沈克永, 胡荣群, 邱震钰, 王葵, 吴玲红. 面向计算机信息类专业人才培养的实践教学改革创新实施路径设计[J]. 教育进展, 2022, 12(9): 3269-3274. <https://doi.org/10.12677/ae.2022.129501>
- [8] 沈克永, 邱震钰, 胡荣群, 彭雪梅, 吴玲红, 朱文龙. 创新产教融合模式、突出职业接口课程特色[J]. 职业教育, 2022, 11(3): 328-333. <https://doi.org/10.12677/ve.2022.113052>
- [9] Cheah, S.-M. and Leong, H. (2018) Relevance of CDIO to Industry 4.0-Proposal for 2 New Standards. 14th International CDIO Conference, Kanazawa Institute of Technology, Kanazawa, 28 June-2 July 2018, 17 p.
- [10] 徐梦溪, 卢阿丽, 庄严. CDIO 工程教育改革实践模式与“中国制造 2025”的关联性[J]. 教育进展, 2022, 12(5): 1741-1747. <https://doi.org/10.12677/ae.2022.125269>
- [11] 罗中华, 杨扬, 严林波, 阮英兰, 白书华. “传感器网络及应用”课程建设与教学模式改革的实施路径[J]. 教育进展, 2022, 12(4): 1235-1240. <https://doi.org/10.12677/ae.2022.124193>