

# 理实融合下大学实验课程教学改革

## ——以“仪表与过程控制系统实验”课程为例

刘建国, 李腾\*, 万丽莉, 牟恽

武汉轻工大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年2月4日; 录用日期: 2026年3月2日; 发布日期: 2026年3月10日

### 摘要

在工程教育专业认证与智能制造行业技术革命的交汇点上, 深化实验教学改革成为培养满足前沿需求的创新型工程人才的关键。本文以自动化专业必修课程“仪表与过程控制系统实验”为例, 系统深入研究“理论教学-实验实践深度融合”(理实融合)背景下的教学改革路径。本文首先剖析了专业认证标准对实验课程的明确要求, 即必须有力支撑毕业要求指标点的达成; 其次, 基于课程大纲与实验指导书, 从课程目标体系构建、教学内容分层递进、考核评价闭环、及持续性教学优化四大维度, 构建一个完整的理实融合实验教学模型。论文通过课程目标达成度的量化分析, 验证了该模式对学生“工程思维能力”“系统分析能力”及“系统设计能力”提升的有效性。研究表明, 以产教深度对接为核心、以学生能力培养为导向的理实融合实验改革, 是实现工程教育认证要求、对接工业4.0前沿需求的必然路径, 为同类工程实验课程提供了可操作的改革范式。

### 关键词

工程教育专业认证, 仪表与过程控制系统, 实验教学改革, 理实融合

# Teaching Reform of University Laboratory Courses under Theory-Practice Integration

## —A Case Study of the “Instruments and Process Control System Laboratory” Course

Jianguo Liu, Teng Li\*, Lili Wan, Yi Mou

School of Electrical and Electronic Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan Hubei

Received: February 4, 2026; accepted: March 2, 2026; published: March 10, 2026

\*通讯作者。

## Abstract

At the intersection of engineering education professional accreditation and the technological revolution in intelligent manufacturing, deepening experimental teaching reform has become pivotal in cultivating innovative engineering talents that meet cutting-edge demands. This paper takes the mandatory course “Instruments and Process Control System Laboratory” in automation as a case study, systematically exploring the reform path of teaching under the background of the deep integration of “theory teaching, experimental practice” (theory-practice integration). The paper first analyzes the explicit requirements of professional accreditation standards for experimental courses, which must effectively support the achievement of graduation requirement indicators. Subsequently, based on the course syllabus and experimental guidelines, it constructs a comprehensive theory-practice integration experimental teaching model from four dimensions: the construction of the course objective system, the hierarchical progression of teaching content, the closed-loop of assessment and evaluation, and the continuous optimization of teaching. Through quantitative analysis of course objective attainment, the paper validates the effectiveness of this model in enhancing students’ “engineering thinking ability”, “system analysis ability”, and “system design ability”. The research demonstrates that the theory-practice integration experimental reform, with its core in deep industry-education alignment and its orientation in student ability cultivation, is an inevitable path to meet the requirements of engineering education accreditation and align with the demands of Industry 4.0, providing an operable reform paradigm for similar engineering laboratory courses.

## Keywords

Professional Certification in Engineering Education, Instruments and Process Control System, Experimental Teaching Reform, Theory-Practice Integration

Copyright © 2026 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

国际工科教育已进入以“学生中心、产出导向、持续改进”为核心标准的专业认证时代。这一认证体系不仅促使高校的工程人才培养模式从“教了什么”向“学生学会了什么”深刻转变，更要求各课程的教学目标和成果能与专业的整体毕业要求形成严格对应、可测量、可评价的逻辑闭环[1]。在这一宏大背景下，实验课程因其在连接理论知识与工程实践、培养解决复杂工程问题能力方面不可替代的核心作用，其教学改革尤为迫切与重要[2]。

“仪表及过程控制系统”是自动化专业核心课程，其配套实验课程旨在通过实践操作，将经典控制理论、过程仪表知识转化为系统分析、设计与调试的实际能力。当前，部分传统实验教学仍存在内容离散化、验证性为主、与前沿技术脱节的倾向，导致理论与实践出现“两张皮”的现象，难以满足智能制造对“懂系统、会设计、能优化”的高层次自动化人才培养需求[3][4]。因此，如何在工程教育专业认证框架下，深化理论教学与实验实践的“理实融合”，构建一个既能满足认证标准、又能对接行业前沿的实验教学新体系，成为一项亟待研究的课题[5][6]。

本文基于“仪表及过程控制系统实验”课程教学大纲，结合工程教育专业认证的具体要求和工业 4.0 技术前沿，系统探讨“理实融合”模式下实验教学改革系统性构建。研究聚焦课程目标体系对毕业要

求支撑的精准度、教学内容与前沿技术的结合度、考核评价机制的闭环性，以及教师反思与教学环境优化的持续性，旨在形成一个可复制、可推广的改革模型。

## 2. 工程教育专业认证对实验教学的核心要求

工程教育专业认证的核心理念为实验教学改革提供了明确的方向与评价标尺，主要有以下三点[7]-[9]：

1) 产出导向。要求课程的一切教学活动设计都必须指向明确的学习成果。对于实验教学，这意味着不能仅停留在“会操作设备”的层面，而应升维至“会分析问题、会设计方案、会评价结果”的综合能力培养。大纲中的课程目标须清晰地映射到专业毕业要求指标点，每一项实验的实施都应服务于这些目标的达成。

2) 学生中心。强调教学活动应以激发学生主动性、促进学生深度学习为核心。这意味着实验教学设计应减少机械性的照单操作，增加设计性、探索性与协作性环节，例如让学生自主选择控制策略、设计实验方案并进行组间比较，以培养自主设计、批判性思维和团队协作能力。

3) 持续改进。要求建立基于证据的教学质量监控与优化机制。这体现在大纲中必须包含课程目标达成度的计算方法，通过收集和分析学生考勤、操作及报告数据，定期评估教学成效，并以此为依据进行教学反思与策略调整，形成教学质量的持续提升闭环。

上述认证标准对实验教学的具体要求，直接指导了本课程大纲的结构和内容设计。

## 3. 实验教学改革的系统性设计：基于大纲的理实融合模型建构

本研究基于对“仪表及过程控制系统实验”教学大纲的深入解读，构建了一个包含“目标 - 内容 - 评价 - 环境”四维度的系统性改革模型。

### 3.1. 多维目标体系的精确定位与毕业要求的精准衔接

课程大纲系统构建了三级目标体系，确保了理实融合的最终落脚点。

一级目标：课程总体能力培养。核心是提升实验操作能力、综合分析问题和解决问题的能力、自主设计实验的基本能力，并养成严谨的科学态度与工作作风。

二级目标：三大课程目标导向，这些是连接毕业要求的桥梁：

课程目标 1：工程思维能力。关注对基本原理、系统配置和数学模型的分析能力。例如，在单容水箱特性测试实验中，学生应能通过阶跃响应曲线，建立并推演水箱液位的数学模型。

课程目标 2：系统分析能力。聚焦于比较、评价与决策能力。例如，在串级控制实验中，要求学生能够比较单回路与串级控制系统的性能，并评价其适用场景。

课程目标 3：系统设计、开发等解决方案能力。强调设计与实施解决方案的实践能力。要求学生能够根据目标(如设计一个串级控制实验平台)独立完成设计、搭建与调试。

三级目标：思政素养培养。大纲中的课程思政元素能有机融入各实验环节，通过具体的工程案例，引导学生领悟爱国、敬业、创新等核心价值观，实现“专业成才”与“精神成人”的统一。

### 3.2. 教学内容的前沿化、模块化与渐进式设计

为提高理实融合的深度和广度，课程内容设计注重与实践前沿的对接，并实施了分层递进，设计了三个递进的实验项目，难度和复杂性逐级提升：

1) 单容水箱对象特性测试实验(2 学时)。侧重于理解过程控制对象本身(单容水箱)的动态特性。内容是学生建立“被控对象”概念的基础，为后续控制策略设计提供依据。

2) 单容水箱液位定值控制实验(2 学时)。聚焦于简单的单回路控制闭环的设计与参数整定。掌握 PID

参数调节的基本方法与智能仪表使用,是培养工程师常规调试能力的重要环节。

3) 闭环双水箱液位串级控制实验(4学时)。为进阶到更复杂的控制策略,要求学生掌握串级系统的构建、投运与整定方法,并分析扰动对系统性能的影响。这是培养系统分析与优化能力的综合性环节。

关于前沿知识拓展,课程网站开放资源(如爱课程平台)和应用软件指导书(如力控科技的组态软件)为学生接触现代工业软件、总线技术提供了窗口,有助于将传统经典实验与当前智能制造系统集成技术进行知识链接,实现内容前沿化。

### 3.3. 考核评价机制的综合化与达成度计算

本课程的考核设计体现了实践能力培养的多维度评价导向。

1) 全程多元考核。考勤(占比 30%),强调纪律与态度;实验操作(占比 20%),重点评价操作的规范性、安全性及数据采集的准确性;实验报告(占比 50%),综合评估数据处理、分析、方案设计与反思总结能力。

2) 以成果为导向的达成度计算机制。本课程大纲构建了一套系统化且可量化的课程目标达成度评估机制,将毕业要求的宏观指标转化为可测量、可跟踪的教学成果。根据表 1(课程目标的评价标准)与表 2(考核内容及要求),该机制通过表 3(课程目标达成度计算方法)实现了对教学效果的精确量化。具体而言,它将三个核心课程目标分别与三大考核环节关联。如课程目标 3(工程思维能力)对应考勤(代号 A)、实验操作(代号 B)及实验报告(代号 C),通过权重(如考勤 0.2、操作 0.2、报告 0.6)与学生在这些环节的实际平均得分(A3、B3、C3),运用权值计算公式,计算出每个目标的达成度值。若课程目标 3 的达成度低于预期,教师可基于这一数据反馈,有针对性地增加对实验方案设计和前沿案例分析的教学比重,实现基于证据的教学反思与持续改进,从而形成教学质量的闭环管理。

Table 1. Evaluation criteria for course objectives

表 1. 课程目标的评价标准

课程目标	具体内容	考核形式	评分标准			
			高于预期		达到预期	低于预期
			优	良	合格	不合格
1	能够分析仪表及控制系统的总体配置;能分析仪表的性能测试、使用和调试方法;能分析水箱液位系统的阶跃响应数学模型。	考勤,实验操作,实验报告。	熟练掌握基础知识,相关知识描述准确,规范完成实验,能熟练分析水箱液位系统的阶跃响应数学模型。	基础知识掌握程度较好,讨论相关知识基本清晰,能完成实验,能独立分析水箱液位系统的阶跃响应模型。	对相关基础知识部分了解,可在指导下完成实验,能分析水箱液位系统的阶跃响应模型。	对基础知识不熟悉,无法独立完成实验,无法准确分析水箱液位系统的阶跃响应模型。
2	能够总结单回路控制系统的组成原理,单回路控制系统调节器参数的整定方法;能够完成对单回路控制系统的比较和评价。	考勤,实验操作,实验报告。	熟练掌握基础知识,相关知识描述准确,规范完成实验,能够准确完成针对单回路控制系统的评价。	基础知识掌握程度较好,相关知识基本描述准确,能完成实验,能够独立完成对单回路控制系统的评价。	对相关基础知识部分了解,能在指导下完成实验、评价典型单回路过程控制系统方案优缺点。	对基础知识不熟悉,无法独立完成实验,无法评价单回路过程控制系统优缺点。
3	能设计并搭建串级控制实验平台;设计并搭建基本单回路控制系统控制实验平台。	考勤,实验操作,实验报告。	熟练掌握并准确描述基础知识,能规范准确完成实验,能独立准确设计并搭建基本单回路及串级控制实验平台。	基础知识掌握程度较好,讨论相关知识基本清晰,能完成实验,能独立设计并搭建单回路及串级控制实验平台。	对相关基础知识部分了解,能在指导下完成实验,在指导下能设计并搭建单回路及串级控制实验平台。	对基础知识不熟悉,无法规范完成实验,无法设计并搭建单回路或串级控制实验平台。

**Table 2.** Assessment content and requirements**表 2.** 考核内容及要求

考核环节	课程目标	考核要求	课程目标相关性说明
1 考勤 (实验 1)~ (实验 3)	课程目标 1 工程思维能力	考勤记录、实 验操作规范性	课程目标 1 能分析仪表及控制系统的总体配置；能分析仪表的性能测试、使用和调试方法；能分析水箱液位的阶跃响应曲线数学模型。 课程目标 2 能够总结串级控制系统的组成原理、串级控制系统调节器参数的整定方法；能够完成对单回路与串级控制系统的比较和评价。 课程目标 3 能设计并搭建单回路控制实验平台；设计并搭建串级控制系统实验平台。
2 实验操作 (实验 1)~ (实验 3)	课程目标 2 系统分析能力	实验操作规范 性、安全性、 准确性	
3 实验报告 (实验 1)~ (实验 3)	课程目标 3 系统设计、开 发等解决方 案能力	实验操作规范 性、实验报告 完成质量	

**Table 3.** Calculation method for course objective achievement**表 3.** 课程目标达成度计算方法

课程目标	考核环节	应得分	权值	平均实得分	各课程目标达成度计算方法
1	考勤 1	20	0.2	A1	$\frac{0.2A1+0.2B1+0.6C1}{17}$ (目标分值加权值)
	实验操作 1	20	0.2	B1	
	实验报告 1	15	0.6	C1	
2	考勤 2	30	0.2	A2	$\frac{0.2A2+0.2B2+0.6C2}{27}$ (目标分值加权值)
	实验操作 2	30	0.2	B2	
	实验报告 2	25	0.6	C2	
3	考勤 3	50	0.2	A3	$\frac{0.2A3+0.2B3+0.6C3}{56}$ (目标分值加权值)
	实验操作 3	50	0.2	B3	
	实验报告 3	60	0.6	C3	

### 3.4. 教师反思与教学环境持续改进

大纲的“授课对象分析”和“教师反思”部分，体现了基于认证理念的动态闭环优化过程。

1) 针对性学情分析。明确指出学生在学完理论课后直接进入实验，存在知识内化不足、理论与实践结合困难的问题。并提出针对性策略。

2) 动态反思与调整。要求教师根据达成度分析结果进行反思，对未达预期的知识点增加训练，如增加课前复习提问；不断更新教学内容，引入最新案例与成果。

3) 环境优化建议。提出需完善实验室设施以确保良好的实践环境，并建议建立校企合作实践基地，为学生提供更多实践机会，推动理论教学与工程实践的深度融合与可持续发展。

### 3.5. 课程思政元素的融入

在本课程的学习过程中，加强思政教育，在正确理解爱国主义内涵的基础上，继承发扬中华民族爱国主义的优良传统，坚持爱国主义和社会主义的统一，弘扬以改革创新为核心的时代精神，努力落实“大国工匠”精神，践行工业兴国，把爱国之情、报国之心转化为效国之行动。

如在单容水箱对象特性测试实验中，融入“自衡单容对象对扰动响应需满足快速性和稳定性要求，就好比人生面对挑战的态度。快速响应，象征敏锐的洞察力和果断的执行力；平稳过渡，指面对变化时

能够保持平稳的心态，有序地调整自己的状态，以适应新的环境。”等内容。

### 3.6. 通过工程案例深化职业规范、安全与环保意识

工程伦理教育的核心在于将职业规范、安全意识与环保理念内化于工程实践。在本课程中，可通过具体的工程案例引导学生树立严谨的职业操守。例如，在串级控制系统实验中，强调控制参数的精细整定需严格遵守操作流程与安全规程，任何疏忽都可能导致系统不稳定甚至事故，从而深刻理解“安全第一”的责任意识。同时，以“节能优化控制”为典型案例，引导学生分析如何通过先进控制策略(如预测控制)降低过程能耗，将环保意识转化为具体的优化解决方案，理解“绿色工程”的社会价值。这不仅培养了学生解决复杂工程问题的技术能力，更在其心中筑牢了作为未来工程师所必需的社会责任与伦理基石，真正实现了工程伦理教育从知识传授到行为养成的本质升华。

## 4. 前沿需求驱动的系统性改革路径

### 1) 数字化与虚拟仿真平台建设

为应对内容复杂度和实验设备限制，可引入基于 MATLAB/Simulink 的系统仿真与建模实训平台。例如，在进行实际水箱液位控制前，先在仿真平台上完成控制策略设计、参数预整定及扰动分析，实现“虚-实结合”的理实融合。这不仅能降低对实体设备的依赖，还能激发学生在真实实验前的大胆创新尝试。当前大纲已在高阶目标(如目标 3 的系统设计、开发)中隐含了对控制方案仿真阶段的重视。

### 2) 基于项目驱动的理想一体化设计

在三大实验模块的基础上，可进一步增设一个综合性、开放式项目作为课程最终考核。例如：“设计一个基于工业互联网的过程控制系统方案”，要求结合 EtherCAT 总线等前沿技术，完成从仪表选型、网络规划到控制策略设计的全流程文件编制，并基于现有实验设备进行部分验证。这一项目将直接支撑课程目标 3 的全面达成，并有效对接工业 4.0 对系统集成能力的前沿需求。

### 3) 课程思政的内生性融合

将思政教育从“结合”提升为“内生”，例如：在讲解串级控制系统时，可结合我国航天、高铁等领域的自主创新案例，强调核心技术和高端装备的自主可控，激发学生“科技报国”精神与民族自豪感。

### 4) 持续改进机制强化

应建立定期(每学期)的课程目标达成度分析报告制度，并以此为依据组织专题教学研讨会，系统分析学生学习的薄弱环节，形成改进措施的实施计划与时间表，持续优化教学资源配置。

## 5. 结论

在工程教育专业认证引领下，实现理论与实践的深度融合是高等工程教育改革的必然方向。本文以“仪表及过程控制系统实验”课程为具体案例，系统性地构建了一个涵盖精准目标、前沿内容、闭环评价及动态优化四个维度的“理实融合”实验教学改革模型。该模型不仅精确对接了专业认证标准，更通过数字化扩展与项目驱动等路径，有效回应了智能制造时代对自动化人才的系统性思维和前沿技术应用能力的需求。通过对课程大纲的深入解读和理论建构，可以得出，一个系统化、可量化、可持续的实验教学改革方案，是深化工程教育改革、实现人才培养质量持续提升的有效路径。这一模型不仅是“仪表及过程控制系统实验”课程改革的科学指南，也为其他工程专业实验课程在工程教育认证背景下的教学改革提供了重要的理论借鉴和操作框架。

## 基金项目

武汉轻工大学 2025 年度校级青年教学研究项目(XQ2025009)；武汉轻工大学科研项目资助

(2025RZ036)。

### 参考文献

- [1] 周宣征, 张公永. “工业过程控制与自动化仪表”课程教学改革探讨[J]. 工业控制计算机, 2022, 35(2): 157-158.
- [2] 黄泽霞, 邵春莉, 李梅, 等. 理实融合下“仪表与过程控制”课程的实验教学改革[J]. 课程教改, 2023(13): 110-112.
- [3] 张家良. 工程教育专业认证背景下课程目标达成情况评价——以“自动化仪表与过程控制系统”课程为例[J]. 西部素质教育, 2022, 8(16): 138-141.
- [4] 谢宇, 孙强, 王仁宝, 等. 课程思政视域下应用型课程建设探索——以“过程控制与仪表”为例[J]. 哈尔滨学院学报, 2022, 43(10): 130-132.
- [5] 沈一蕊, 沈梁钧, 尤玉静, 等. 应用型本科高校在提高自动化仪表与过程控制教学实践性的研究[J]. 广州化工, 2023, 51(3): 245-248.
- [6] 张春森. 化工电气自动化仪表设备安装调试方法分析[J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(5): 73-75.
- [7] 王茜, 李烁. “过程控制仪表及装置”课程综合仿真实验设计与教学[J]. 教育教学论坛, 2021(29): 129-132.
- [8] 张为, 李晶, 刘利强. 信息技术在 University 教学中的适切应用——以“过程检测技术及仪表”课程为例[J]. 长春理工大学学报(社会科学版), 2018, 31(4): 154-157.
- [9] 吴立宝, 曹雅楠, 曹一鸣. 人工智能赋能课堂教学评价改革与技术实现的框架构建[J]. 中国电化教育, 2021(5): 94-101.