

基于国家级一流专业的本科实验教学改革与实践探究

王娟, 徐庆, 宋继田, 王瑞芳

天津科技大学机械工程学院, 天津

收稿日期: 2025年1月2日; 录用日期: 2025年2月7日; 发布日期: 2025年2月14日

摘要

实验教学是高校一流专业建设中创新性人才培养极为重要的一个组成部分, 一流专业的建设对实验教学改革提出了更高的要求。本文以国家级一流专业为建设背景, 对天津科技大学过程装备与控制工程专业的本科实验教学改革现状进行了梳理, 总结了目前实验教学改革实践成效, 分析了实验教学中仍存在的主要问题, 以学生为中心, 从实验教学体系、实验教学内容和方式、实验考核体系等方面提出具体改革措施, 力争打造符合“双一流”建设内涵式发展要求的实验教学。

关键词

一流专业, 实验教学, 改革与实践, 过程装备与控制工程

Exploration of Undergraduate Experimental Teaching Reform and Practice Based on National First Class Majors

Juan Wang, Qing Xu, Jitian Song, Ruifang Wang

College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin

Received: Jan. 2nd, 2025; accepted: Feb. 7th, 2025; published: Feb. 14th, 2025

Abstract

Experimental teaching is an extremely important component of cultivating innovative talents in the construction of first-class majors in universities, and the construction of first-class majors has put forward higher requirements for the reform of experimental teaching. This article takes the construction of national first-class majors as the background, sorts out the current situation of under-

graduate experimental teaching reform in the Process Equipment and Control Engineering major at Tianjin University of Science and Technology, summarizes the effectiveness of current experimental teaching reform practices, analyzes the main problems still existing in experimental teaching, puts students at the center, and proposes specific reform measures from the aspects of experimental teaching system, experimental teaching content and methods, experimental assessment system, etc., striving to create experimental teaching that meets the connotation development requirements of the “Double First Class” construction.

Keywords

First-Class Majors, Experimental Teaching, Reform and Practice, Process Equipment and Control Engineering

Copyright © 2025 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

自中央全面深化改革领导小组第 15 次会议审议通过《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》以来，“双一流”建设正式拉开序幕，全国各高校都积极响应，围绕“双一流”开展申报工作[1]。

“双一流”建设强调了学科特色和专业建设的重要性，其核心目的是培养创新型人才、全面提升人才培养质量和水平。实验教学作为高校人才培养的重要组成部分，是学生创新思维和实践能力得以提升的有效手段，在创新型、应用型和复合型人才培养方面发挥着重要作用[2]，是一流专业建设中非常重要的一个部分。

天津科技大学过程装备与控制工程专业(简称“过控”专业)是以过程装备设计基础为主体、过程原理与装备控制技术应用为两翼的紧缺型、交叉型工科专业，已形成流体流动与非均相分离技术、干燥与粉体加工技术及机械、冷热过程节能与测控、高效传热传质技术与装备、能源环境综合技术与装备等研究方向，在食品机械、环保装置、热泵装置、装置的数字化设计及控制工程领域的不确定性分析等方面特色鲜明。实践教学是该专业开展教育教学活动中非常重要的环节。我校“过控”专业于 2021 年获批国家级一流本科专业建设点。为满足国家一流专业发展需求，在学校的大力支持下，近年来该专业从专业定位、人才培养、师资队伍、教学体系及教学资源等方面都进行了深化改革。实验教学改革需要坚持以学生为中心，结合“过控”专业自身专业背景和学科特色，紧密贴合区域经济发展和国家及环渤海地区产业需求，不断优化和完善实验教学体系，持续提升人才培养的针对性和有效性，逐步达到“双一流”建设内涵式发展要求[3]。

2. 目前专业实验教学改革实践成效

2.1. 实验室布局整体优化，硬件条件得到提升

抓住国家政策支持及学校“一地一院”办学布局调整的契机，突出专业建设方向和专业特色，对标国家级一流实验室建设标准，在原有资源设施科学整合的基础上，对实验教学用地和设备方面做了大量的投入，形成了具有专业特色的本科实验室 9 间，占地总面积约 1000 平米。近 5 年来，新购本学教学设备 55 台套，搭建综合实验平台 3 个，实验教学场地和实验教学硬件条件得到显著提升。设备台套数的增加、综合性实验平台的搭建，使得学生有更多的动手实践的机会，同时，由于新设备的引进，实验项目

和实验内容也得到了充实和更新。

2.2. 师资队伍建设更加完善

高校实验教学队伍的综合能力和素质，直接影响着教学水平和教学效果，制约着高校一流专业建设的最终目标[4]。“过控”专业现有专业教师 15 人，其中教授 7 人，副教授 6 人，讲师 2 人，专职实验员 1 人，其中具有博士学位教师 14 人，具有企业工程实践经验的教师 10 人。与 2017 年相比，具有博士学位教师比例由 73% 提升到 93%，具有企业工程实践经验教师比例由 50% 提升到 67%。逐步形成了一支知识面覆盖全面，专业技能较强，年龄和职称结构都比较合理的教师队伍，为专业实验教学的开展奠定了结实的师资基础。专业内 80% 的教师承担专业核心课程实验的讲授，为提高实验课程教学质量，实验学会由专业的科研教师进行指导，工程实验教师参与实验方案的制订和实验课教学讲解，用专业知识和工程实践技能为实验教学服务[5]。

2.3. 实验教学体系系统性、完整性得到提升

从培养方案入手，优化专业课程设置体系，将通识教育课程、学科基础课程、专业教育课程、实践教学环节开课内容按照专业定位及发展需求进行优化，使实验教学体系布局调整更加合理。明确各类课程之间知识层面的依赖与层次关系，以充分实现学科基础课与专业教育课课程知识体系的衔接。专业实验模块围绕“过控”专业主干专业课程开展，构建了专业基础课、专业核心课、专业选修课课程内容完善的课程体系，实验项目内容也由基础向综合和创新逐步递进，确保学生在开展相应类型专业实验时，所需的基础课程知识均已掌握，使学生能够成为实验的主体，主动探索、积极创新[6]。在实践教学环节完善了专业实践课程设置，开设了专门的产教融合和科教融合课程，如：过程装备与控制工程产业模式与创业(产教融合)、过程装备与控制工程科教融合与学科竞赛(科教融合)，学生可以利用课程时间进入合作企业进行专业实践训练或参与科研项目实验、参加学科竞赛进行创新实践。

3. 现阶段实验教学中仍存在的主要问题

3.1. 重理论轻实践的现象仍然存在

实验教学与理论教学在教学环节中应处于同等重要的地位，两者之间既相互区别又密切联系，不应存在主辅之分[7]，而现在普遍的观念仍然认为实验课程依附于专业理论课程存在，实验内容安排、实验课时均服从于理论教学的需要，课程安排随意性、伸缩性较大，导致实验部分的连贯性、系统性较差。在实验课程设置上，不同课程的实验内容相对独立和分散，知识体系联系不够紧密，部分专业课程实验项目存在重复现象，实验教学的整体性和系统性还需提升。在实验教材方面，没有编制成套的完整专业实验教材，大部分实验项目的指导书即实验设备的使用说明书或者是任课教师根据课程需求临时编制的实验说明书，每个实验项目都是独立的存在，没有形成系统性的指导材料。学生对于实验课程的重视程度也不够高，部分同学只是“走马观花”的来实验室看一下，并没有主动的、系统的参与实验的整个过程，导致实验教学的作用无法充分发挥。

3.2. 综合性、创新型实验所占比重较小

专业实验课程目前开设课内实验项目共 39 项，其中基础类实验 29 项，综合性实验 9 项，探索创新性实验 1 项，综合性和创新性实验项目占比不到 26%。基础类实验主要开展演示性和验证性实验项目，这类实验大多延用传统的实验教学方法，即教师按照实验指导书内容讲解实验内容并按照实验操作步骤演示实验操作过程，学生按照教师讲解过程自行进行实验操作、记录实验数据，在实验教学过程中学生

处于被动接收的状态，参与的主动性、积极性不高，导致实践能力及创新能力的培养得不到提升。

3.3. 缺乏科学、规范的实验考核体系

目前对于实验课程成绩考核方式还比较传统和单一，主要以实验报告为主，间或考核穿插在理论考试中的部分实验理论知识，由于目前演示性、验证性实验还处于主导地位，实验报告内容可能长期都不发生太大变化，学生实验报告内容重复性较高，由于没法对每位同学的实验操作的规范性、合理性进行监督，一般会单纯地以出勤情况、实验报告和理论考试来评定和考核学生的实验成绩，缺乏对学生在整个实验过程中的实验设计能力、动手实践能力和解决问题的能力进行有效考核，导致考核结果不够全面、合理和科学。

4. 以学生为中心的实验教学改革举措

实验教学改革秉持“厚基础、强实践、重能力”的实验教学理念[8]，以学生为中心，在强化课堂基础教学的同时，注重工程实践与产学研融合，从实验教学体系、实验教学内容和方式、实验考核体系等方面对专业实验教学进行优化改革。

4.1. 重构实验教学体系

4.1.1. 建立多层次实验教学体系

传统的实验课程都是固定好的题目，并且多人分组进行实验，实验完成即为合格，忽略了实验过程中学生的个体差异及个人需求，导致一组中可能只有1~2位同学在真正进行实验操作和数据处理，其他同学参与感较低，致使很多学生丧失了学习的积极主动性和良好的实践动手能力，更无法锻炼学生的独立思考能力和创新能力。建立多层次的实验教学体系，针对不同课程，教师可以设置难易程度不同的多个实验题目，构建从基础-综合-创新探索的实验教学体系，即学生可以结合自身的专业知识、思维创新能力、工程实践能力和时间自由分组分工合作认领不同层级的实验任务，这样可以兼顾不同学生的兴趣爱好和能力水平，充分发挥实验课程基础知识巩固、实践能力提升和创新意识培养三个层次的作用。

4.1.2. 合理规划实验课程安排

在课程安排方面，系统规划每学期的实验安排，制定专业实验课程课表，合理安排实验教学的时间和进度。目前的实验教学大多都安排在理论教学结束后集中完成，此时学生对课程起始阶段所学的内容可能已经淡忘了，致使无法将理论知识与实验操作充分结合。建议在相应理论内容刚结束后即开展相应内容的实验教学，趁热打铁，强化理论知识与实验实践的融会贯通。

4.1.3. 完善实验教材建设

在教材建设方面，应组织相关学科专业教师进行集中研讨，参照教学大纲编写专业实验的实验教材，形成涵盖专业全部实验项目的综合性实验指导书，通过实验教材建设与凝练，提高创新人才培养的质量。

4.2. 探索实践能力与创新能力培养的实验教学方式

4.2.1. 改变传统实验教学方式

改变演示性、验证性实验项目的教学方式，将开放式、设计性实验的教学方式引入演示性、验证性实验[9]。摆脱传统的按照教师提供的实验说明书按部就班的进行实验操作的实验流程，给学生更多的自主设计与创新的机会。强化学生的课前预习环节，在对实验内容充分理解和掌握后，自主设计实验过程进行实验操作并完成实验报告，在整个实验过程中，学生应占据着主导地位，教师只是在出现问题或有困难的时候进行适当的引导。由传统的“教师讲解+学生操作+数据分析”的实验教学方式转变为以

学生为中心分组协作的“课前预习 + 方案设计 + 实验搭建 + 演示验证”的实验方式，这样更有利于激发学生自主实践的积极性，促进团队协作，培养学生解决实际工程问题的能力。

4.2.2. 创新实验教学方法

丰富实验教学方法，根据不同实验项目内容，可以将案例教学、问题驱动、实验创新设计、翻转课堂、小组研讨等教学方式引入实验教学进行混合式教学。丰富的实验教学模式，更有利于加深学生对实验知识的理解和掌握。如在《过程设备设计》实验中引入虚拟仿真技术，即延展了学生实训的时间和空间，可以随时随地沉浸式地体验学习，同时也使实验设备更加具象化，解决了实验设备和实验场地不足的难题；结合实验项目内容，适当引入小组研讨的教学模式，分组进行实验方案的答辩讨论，不仅可以培养学生团队协作和实验创新能力，还可以加深学生对实验内容的理解，发现不足、拓宽思维，创新实验设计；积极探索实验案例教学，丰富实验教学案例库，不仅可以让学生了解实验知识的工程应用场景和实际应用价值，更有利于理论知识与工程实践的有机结合。由此借助多样化的实验教学方式，创新实验教学培养模式。

4.3. 丰富综合性、创新性实验项目内容

4.3.1. 关注现实工程问题，建立多知识融合项目

将现有的实验资源进行整合，将相近或相似的实验项目进行合并，综合开发一些结合工程实际问题的、多知识融合的综合性实验项目。如在化工传热综合实验中，在原测定套管换热器、列管换热器传热系数的基础上，灵活增加不同类型换热器拆卸和安装及结构改变过程，这样既增加了学生动手实践拆装设备的过程，也丰富了实验测试内容，有助于学生充分理解流体管路设计方法；将阀门流量特性试验、离心泵性能测定实验、单回路压力/流量测定实验等多实验项目融合在一起，形成一个更贴近实际工程设备的综合性实验项目。这样即节省了实验设备和实验学时，也使实验内容更加贴近实际工程，考核知识更加全面。

4.3.2. 强化项目式和产学研融合式教学模式

设置“项目式”课程，丰富本科实验教学内容。可以将与课程具有相关性的科研教师主持的纵向或横向科研项目的实验内容和技术有机地融入本科实验教学，使得学生能够在实验中同步参与科研项目活动，深化对理论知识的理解和应用[10]；深化落实本科生导师制，鼓励本科生加入科研教师的研究团队，作为科研助理参与导师纵向或横向科研项目的研究，了解科研前沿资讯，激发科研兴趣，提升科研创新意识；充分利用与企业及科研机构共建的实习实训基地，通过共同设计实施实验项目，了解企业实际生产技术和工艺流程，夯实基础理论知识，提升动手实践能力，助力创新创业人才的培养。

4.3.3. 依托学科竞赛和创新基金项目，丰富第二课堂实践训练

一方面，采用“创新实验室”培养方式，鼓励学生参加实验室创新基金、大学生创新创业训练项目及专业相关科技竞赛，如“互联网+”、“挑战杯”、中国大学生机械工程创新创意大赛等，在参加比赛和完成项目的过程中接触更多的实验项目，加深对课堂所学知识的理解和掌握，培养学生实践创新能力 and 团队合作精神。对于参加竞赛和项目的学生，在奖学金评选及评奖评优中给予一定的分值奖励，激发学生参与的积极性和主动性。另一方面，实验室内部也可组织开展相应的科研实训项目或建立专项的实验室创新基金，制定一定的奖励政策，引导学生开展第二课堂学习锻炼，培养学生科研实践能力。

4.4. 建立科学、合理的实验考核体系

作为评价实验教学效果的重要手段，科学、合理的实验考核体系不仅有利于教师教学方法的改进，

还可以激发学生实践创新的积极性，促进学生实验综合创新能力的培养。首先，应提高实验课成绩在总成绩中的比重。目前，实验考核成绩一般占课程总成绩的 10%，由于成绩所占比重较小，致使学生对实验课的重视程度不高。其次，注重过程化考核。实验课程成绩考核应该是对整个实验过程的综合评价，教师应从课前预习、考勤、实验理论、实践操作、创新能力、团队协作、实验报告情况、分组讨论以及思考感悟等方面对学生的进行综合评价。针对基础类、综合类、创新探索类实验，应根据不同实验类型，合理分配上述权重，以保证考核结果更加全面合理，促进学生综合素质的提升，实现全面发展。

5. 结束语

实验教学作为高校创新型人才培养和学科建设的重要一环，在“双一流”建设中起着重要的作用。我校过程装备与控制工程在专业实验教学改革方面已经取得了一定的成效，我们将从实验教学体系、实验教学内容和方式、实验考核体系等方面入手，持续推进实验教学的多方位深层次改革，不断探索适合培养创新性人才和促进专业发展的实验教学改革路径，加快“双一流”建设步伐。

参考文献

- [1] 徐茵, 赵姣, 雷翠玉, 等. “双一流”建设背景下地方高校实验教学改革的必要性及对策探讨[J]. 高教学刊, 2019(18): 138-140.
- [2] 朱琳. “双一流”建设背景下高校实验教学模式探究[J]. 实验室科学, 2022, 25(5): 140-143.
- [3] 赵汉卿, 黄志求, 杨慧, 等. “双一流”建设背景下金属材料工程专业实验教学改革探索[J]. 模具制造技术, 2024, 24(3): 57-59.
- [4] 李峥, 林智荣, 叶佩, 等. “双一流”背景下高校实验教学队伍建设与发展[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(4): 255-258.
- [5] 陆紫生. 综合实验教学改革 提升学生创新能力[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(12): 174-178.
- [6] 唐宇, 王宏祥, 李金华, 等. 基于 OBE 模式的过程装备与控制工程专业实验教学的改革与实践[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版), 2023, 25(3): 112-115.
- [7] 杨雯雯, 张小岗. 高校实验教学改革的问题及对策[C]//北京高教学会实验室工作研究会 2007 年学术研讨会论文集. 2007: 327-330.
- [8] 孙丹, 王苗, 王薇, 等. 多样化生源和一流专业建设背景下基础化学实验教学改革与实践[J]. 化工高等教育, 2024, 41(4): 150-156.
- [9] 方心葵, 葛海燕, 陈鲁勇. 验证性实验教学改革的实践与探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(3): 212-216.
- [10] 贾士明, 杨勇明, 汪中厚, 等. “双一流”背景下科研项目融入本科实验[J]. 实验室科学, 2024, 27(3): 226-229.