

“一人一题，过程引导”的化工设备机械基础课程设计教学改革与实践

王爽 赵永华* 王欢

辽宁工业大学 化学与环境工程学院, 中国·辽宁 锦州 121001

摘要: 随着现代化工行业的快速发展与技术迭代, 对工程技术人才的实践能力与创新素养提出了更高要求。《化工设备机械基础》课程设计作为衔接理论教学与工程实践的关键环节, 其教学质量的提升直接关系到学生的综合职业能力培养。本文针对传统课程设计中存在的理论脱离实践、设计任务单一、过程管理粗放及考核方式片面等问题, 系统性地提出并实践了一套以“学生为中心、能力为导向、工程为背景”的教学改革方案。通过重构教学目标、实施“一人一题”的个性化任务驱动、强化阶段性过程引导、深度融合计算机辅助设计与工程规范教育, 并构建多元动态考核评价体系, 有效激发了学生的学习自主性, 显著提升了其在复杂工程问题分析、规范应用、技术工具使用及团队协作方面的综合能力。改革实践表明, 该模式不仅强化了学生的工程设计实战技能, 更培养了其严谨务实的工程思维与安全责任意识, 为培养适应行业发展的卓越工程人才提供了可借鉴的路径。

关键词: 化工设备; 机械基础; 课程设计; 能力建构; 工程实践

Teaching Reform and Practice of "One Person One Problem, Process Guidance" in the Chemical Equipment Mechanical Foundation Course Design

Wang Shuang, Zhao Yonghua*, Wang Huan

School of Chemical & Environmental Engineering, Liaoning University of Technology, China Liaoning Jinzhou 121001

Abstract: With the rapid development and technological iteration of the modern chemical industry, higher demands have been placed on the practical ability and innovative quality of engineering and technical talents. As a crucial link connecting theoretical teaching and engineering practice, the quality of the "Fundamentals of Chemical Equipment Machinery" course design directly affects the cultivation of students' comprehensive vocational abilities. This paper addresses the problems existing in traditional course designs, such as the disconnection between theory and practice, the singularity of design tasks, the loose process management, and the one-sided assessment methods. It systematically proposes and implements a teaching reform plan centered on students, oriented towards abilities, and based on engineering. By reconstructing teaching objectives, implementing personalized task-driven learning with "one student, one topic", strengthening phased process guidance, deeply integrating computer-aided design and engineering standard education, and establishing a multi-dimensional dynamic assessment and evaluation system, it effectively stimulates students' learning autonomy and significantly enhances their comprehensive abilities in complex engineering problem analysis, standard application, technical tool usage, and teamwork. The reform practice shows that this model not only strengthens students' practical engineering design skills but also cultivates their rigorous and pragmatic engineering thinking and safety responsibility awareness, providing a reference path for cultivating outstanding engineering talents that adapt to industry development.

Keywords: Chemical equipment; Mechanical foundation; Course design; Capacity building; Engineering practice

0 引言

《化工设备机械基础》是化工、过程装备与控制工程等专业的核心课程, 其课程设计环节作为衔接理论教学与工程实践的关键桥梁, 承担着培养学生综合工程能力的重任。它旨在使学生首次系统性地整合力学、材料学、工艺原理及标准规范等多学科知识, 完成对特定化工单元设备

(如塔器、换热器)的机械设计训练, 不仅巩固了理论知识, 更是初步塑造学生工程设计能力、规范意识与工程表达能力的关键步骤。在工程教育专业认证的框架下, 该环节是支撑“解决复杂工程问题能力”这一毕业要求达成的重要实践载体。

然而, 审视传统的课程设计教学模式, 其与上述目标

之间仍存在显著差距,面临多重现实挑战。其一,设计题目往往固定统一,缺乏变化与针对性,容易导致学生陷入对既有范本的机械模仿甚至抄袭,难以激发创新思维与独立解决问题的能力。其二,教学组织过程较为粗放,教师指导重心常偏向最终成果的验收,而对设计过程中的思维演进、方案迭代及难点突破缺乏精细化引导与及时反馈。其三,学生对国家设计标准与行业规范的理解大多停留在“查表套公式”的层面,对其背后的工程原理、安全理念与经济性考量缺乏深刻认知,规范意识未能真正内化。其四,考核评价方式单一,过于侧重设计说明书和图纸等静态成果,难以全面、动态地反映学生在整个设计周期中所展现出的学习投入、思维品质与工程素养成长。这些问题的长期存在,削弱了课程设计的教学效能,使其难以充分回应现代化工行业对工程技术人才实践能力与创新素养日益增长的迫切需求。

因此,深入开展《化工设备机械基础》课程设计的教学改革研究,探索一条能有效培养学生工程实践能力、创新精神与职业素养的教学路径,具有鲜明的现实意义与时代紧迫性。本文基于近年来的教学实践,针对上述痛点,系统性地构建并实践了一套以“学生为中心、能力为导向、工程为背景”的教学改革方案。本方案核心在于:重构教学目标以聚焦综合能力与素养产出;通过实施“一人一题”的个性化任务驱动,确保设计任务的真实性与挑战性;强化全过程的阶段化引导与精细化管理;深度融合现代计算机辅助设计工具与工程规范教育;并构建多元动态的考核评价体系。实践表明,该改革有效激发了学生的学习自主性与工程兴趣,显著提升了他们在复杂工程问题分析、规范灵活应用、现代工具使用及团队协作等方面的综合能力。本文旨在从改革理念、教学内容与模式、考核体系及实施保障等方面进行系统阐述与总结,以期同类课程的实践教学改革提供可资借鉴的路径与范例。

1 教学改革的理念与目标

《化工设备机械基础》课程设计的教学改革,旨在从根本上扭转传统教学中理论与实践脱节、学生创新与实践能力培养不足的困境。为此,我们确立了三大核心理念作为改革的行动指南。首先,是实现从“知识传授到能力建构”的深刻转变。教学的重心不再局限于教会学生具体的计算公式,而是引导他们掌握如何完成一个完整的工程设计项目。我们强调让学生在模拟真实工程任务的过程中,主动整合与运用所学,自主构建起从条件分析、方案决策到细节实施的知识体系,从而锤炼出扎实的工程思维和解

决复杂问题的能力。其次,是推动从“统一教学到个性化学习”的模式革新。通过严格执行一人一题的任务分配机制,确保每位学生获得独特的设计参数和初始条件。这种方式充分尊重了学生的个体差异,有效激发了其学习的主体意识,迫使每个人都必须独立面对专属的工程问题,进行深入的思考、判断与决策,从根本上杜绝了模仿与抄袭,培养了真正的设计能力。最后,是践行从结果评价到过程与成果并重的考核导向。我们高度重视学生在为期数周的设计全过程中所展现出的思考逻辑、方案迭代、协作交流以及对工程规范的探索与应用。通过将过程性表现纳入核心考核范畴,我们引导学生关注做中学与学中思的价值,而不仅仅是追求一份最终的报告和图纸。

基于上述理念,本次改革的目标清晰而具体,聚焦于学生综合能力的全面提升。在能力目标上,我们致力于使学生能够独立驾驭中等复杂程度化工设备(以典型的塔设备为核心)的机械设计全流程。这涵盖了从工艺条件解读与确定、设计方案论证、各类载荷的精确计算与组合、强度与稳定性校核,到施工图绘制和设计说明书撰写的完整环节,从而系统性地锻造其解决复杂工程问题的综合实战能力。在素养目标上,着重培养学生严谨、规范、安全的工程职业意识。通过将国家标准与行业规范深度融入每一个设计步骤,并阐释其背后的工程安全逻辑,通过强化学生对规范的敬畏之心与深刻理解,帮助他们初步树立起质量、安全、经济性相协调的现代工程设计观。在发展目标上,改革着眼于学生的长远成长,着力增强其自主学习、熟练运用现代工具(如CAD、数值计算软件)、清晰沟通表达以及团队协作的能力。这些关键能力的培养,不仅是为了高质量完成本次课程设计,更是为他们后续胜任毕业设计、参与科研创新以及未来的职业生涯,奠定坚实而广阔的基础。

2 教学内容与教学模式的改革

在教学内容上,本次改革致力于打破以往按固定章节知识罗列的传统指导书模式,将课程设计内容彻底重构为一个完整且富有真实感的“工程项目”。我们以“精馏塔机械设计”作为贯穿始终的核心项目。它实际上是一个涵盖从源头到终端全链条的设计训练系统:学生首先需要深入解读具体的工艺条件,例如处理甲醇、甲醛、氯乙烯或各类烃类等不同介质,理解其腐蚀性、毒性、易燃易爆等特性对设计的根本性影响;进而,需要基于具体的操作参数(如不同的直径 DN 、高度 H 、设计压力 P 的组合)进行材料科学与工程的选择,在耐蚀性、力学性能、经济成本

之间做出权衡决策。随后,项目引导学生系统完成压力载荷、设备质量载荷、风载荷、地震载荷及可能的偏心载荷的计算与科学组合,并在此基础上对塔体和裙座进行多种工况下的强度与稳定性校核。项目还延伸至裙座、基础环、地脚螺栓、开孔补强等关键局部结构的设计,并最终规范化的工程装配图作为设计思想的表达终点。通过为每位学生分配独特的设计参数组合(如DN从1400 mm到2400 mm, H从20 m到40m, P从0.25 MPa到2.4 MPa的差异配比),每个学生面对的都是一个独有的设计情境,这使得所有理论公式和计算方法不再是抽象的练习,而是紧密附着于一个具体、真实的工程对象之上,极大地增强了学习的代入感和目标的明确性。

为实现上述项目内容的有效教学,我们采用了“集中-分散-集中”的螺旋式教学模式,并进行了精细的阶段划分与互动管理。整个设计周期始于密集的项目启动与方案论证阶段,教师集中讲解工程设计的基本通则、核心规范体系、完整设计流程,并详细解读“一人一题”的个性化任务书,引导学生通过查阅手册和资料,独立确定自己项目的初始条件与初步方案,并组织开题讨论以梳理思路。随后进入工作量最大的核心计算与校核阶段,此阶段以学生自主分散学习为主,但教师并非放任不管,而是根据载荷计算、强度校核等关键节点,组织周期性的集中答疑与难点解析研讨会,并随机抽查学生的计算草稿,确保其设计思路的正确性与计算方法的规范性,防止方向性错误。在详细设计与制图阶段,学生将计算成果转化为施工图,教师的指导方式转为更个性化的单独辅导,重点审查图纸的规范性(如视图、标注、公差)与结构设计的合理性,同时积极鼓励并指导学生运用AutoCAD等软件进行高效、精确的绘图。最后,在总结答辩与成果固化阶段,学生需要系统撰写设计说明书,并准备最终答辩。我们组织一对一或小组答辩,答辩的重点不在于重复计算过程,而在于深入考察学生的设计逻辑、在不同方案间的决策依据,以及面对假设性问题时所展现的解决思路,从而将分散的知识与技能固化为系统的工程能力。

在整个教学实施过程中,我们特别注重推动现代工程工具与行业标准规范的深度融合。在工具赋能方面,我们鼓励并系统指导学生合理使用Excel、MathCAD等软件进行复杂的迭代计算和大量数据处理,以提高计算效率和准确性;在工程制图方面,要求熟练掌握AutoCAD作为基本技能;同时,还会引入ANSYS等CAE软件的基本概念和演示,让学生了解如何利用先进的仿真工具对理论计算

结果进行辅助验证与直观的应力云图展示,但我们始终强调,软件是强大的辅助手段,对力学原理、设计方法和规范本质的理解才是工程设计的根本。在规范贯标方面,改革坚决摒弃了对国家标准(如GB/T 150《压力容器》、NB/T 47041《塔式容器》)的机械式套用。我们将核心规范条款的解读深度融入到每一个具体的设计步骤中,不仅讲授如何查表获取数据,更着重阐释标准条款为何如此规定背后的工程安全理念、失效预防原理和经济性考量。通过组织规范专题研讨,引导学生思考规范与设计自由度的关系,旨在将外在的条文规定内化为学生自觉的工程思维习惯和严谨的安全责任意识,从而真正实现设计即符合规范,规范指导设计的育人目标。

3 考核评价体系的优化

为彻底改变传统课程设计考核中一纸报告、一张图纸定成绩的单一结果评价模式,我们构建并实施了一套以能力与素养发展为根本导向的多元化、过程性考核评价体系。该体系将总成绩科学地分解为过程性评价(占40%)与终结性评价(占60%)两大部分,全方位、多角度地牵引和评价学生的学习投入与成长。过程性评价重点关注学生在设计周期内的持续表现与思维发展,具体包含:阶段成果与进度(占20%),通过定期检查计算草稿、方案草图与图纸进度,有效督促项目稳步推进;学习态度与互动(占10%),依据其在课堂讨论中的参与度、提问质量及与教师的互动深度进行评价,鼓励主动思考;设计迭代与问题解决记录(占10%),要求学生记录校核失败时的分析过程与调整策略,重点考核其反思、优化与解决真实工程问题的能力。终结性评价则是对最终设计成果的综合检验,包括:设计说明书(占25%),评价其内容完整性、计算准确性、论述逻辑性与格式规范性,核心在于考察是否基于个人题目独立完成;装配图纸(占20%),评价其设计是否正确反映个人计算参数、制图是否符合国家规范以及视图表达是否完整;最终答辩(占15%),通过个人陈述与深度问答,综合评价学生对设计全局的把握、对技术细节的理解以及语言表达与临场应变能力。这套体系不仅改变了过往的考核旧况,更通过权重设计与评价维度的细化,将教学关注点从静态成果延伸至动态过程,从而全面引导学生及教学重心向知识应用、能力建构与工程素养培育的方向深度聚焦。

4 改革实施的保障条件与预期成效分析

为确保前述教学改革理念与措施能够有效落地并持续运行,必须构建系统化的支撑保障条件。首要的保障是师

资力量,需要组建一支不仅理论扎实,更具备丰富工程实践背景、深刻理解设计规范并积极投身教学改革的课程教学团队,通过定期开展教学法研讨和工程经验交流,保持教学内容的先进性与实践性。其次是资源保障,应着力建设或完善一个功能集成的设计专用教学空间,配备齐全的设计手册、现行国家标准、专业图册、典型设备模型以及必要的 CAD/CAE 软件,为学生营造一个贴近工程实际的设计环境。制度保障同样关键,教学管理部门应在课时安排、教学工作量科学认定、教改项目支持等方面提供明确的政策倾斜,从机制上激励教师投入大量时间与精力进行细致的过程指导与互动。最后,开发和持续维护一个参数丰富、工艺背景多样、具有一定难度梯度的课程设计题目库(例如包含多种介质、不同直径、高度及压力组合的塔设备系列题目),这是实现“一人一题”个性化教学、保证考核公平性与任务可持续性的根本基础。

基于上述保障,本教学改革的预期成效可从多维度进行分析。在学生层面,预期将显著激发学生的学习主动性与内生动力,使其在设计过程中获得更强的成就感与工程自信。通过完整项目训练,学生的工程设计综合能力(包括分析、计算、校核、决策)、对国家标准规范的深入理解与应用能力,以及运用现代计算机工具(如 CAD、数值计算软件)解决实际问题的能力将得到实质性提升,设计成果的原创性与整体质量亦将明显改善。在教学层面,改革实践将固化形成一套包含创新理念、系统模式、丰富资源及科学评价方法在内的课程设计教学新体系,该体系具备可复制性与可推广性,能有效提升课程的高阶性、挑战度与整体教学质量。从更高的培养目标达成度来看,本改革通过强化工程设计全流程训练、强调现代工具与工程规范的使用、融入安全与责任意识教育,能够更为扎实和显性地支撑工程教育专业认证中所要求的“设计/开发解决方案、使用现代工具、工程与社会”等关键毕业要求指标点的达成,从而全面提升专业人才的培养质量与社会适应性。

5 结语

综上所述,本研究针对《化工设备机械基础》课程设计现存问题,提出的以个性化项目驱动、阶段化过程管理、工具与规范深度融合及多元化考核为核心的教学改革方案,在实践中取得了积极成效。它有效促进了理论与实践的结合,激发了学生的创新潜能,强化了其工程素养与职业责任感。课程设计的教学改革仍需在以下方面持续深化:第一,进一步拓展设计对象的多样性,在塔设备基础上,引

入反应器、换热器、储罐等其他典型化工设备的设计题目。第二,深化产教融合,邀请企业工程师参与题目设计、专题讲座或答辩,引入更贴近工程前沿的实际案例。第三,探索虚拟仿真与数字化设计,结合数字孪生技术,创建虚拟设计环境,让学生在更逼真的场景中进行设计、装配与性能模拟。第四,加强跨学科协作,可与工艺课程、安全工程课程联合设立综合性设计项目,培养学生系统化工程思维能力。总之,面向新时代工程教育的需求,《化工设备机械基础》课程设计的教学改革是一个需要持续迭代、不断创新的系统工程。通过持之以恒的努力,必将能够更好地培养出理论基础扎实、实践能力突出、具备创新精神和国际视野的优秀化工工程技术人才,为行业发展与国家建设贡献力量。

参考文献:

- [1] 石腊梅,李立威,张伟军.化工设备机械基础[M].北京:化学工业出版社,2024.
- [2] 侯国安.化工设备机械基础课程线上线下混合式教学改革与实践[J].上海化工,2024,49(1):47-50.
- [3] 王蕾,范凤兰,陈震等.转型视角下“化工设备机械基础”教学模式的研究[J].安徽化工,2022,48(04):123-126.
- [4] 周娟,董丽华,次立杰.新工科视域下《化工设备机械基础》在线实验教学优化研究[J].模具制造,2025,25(4):119-121,124.
- [5] 喻健良,王立业.化工设备机械基础课程设计教学改革的探讨[J].化工高等教育,2018,35(04):62-65.
- [6] 徐坤山,王文华,赵旗等.基于化工爆炸事故案例的化工设备机械基础课程教学改革[J].化工高等教育,2020,37(5):68-70.
- [7] 李伟,张早校.基于工程教育认证的化工机械课程设计改革与实践[J].化工高等教育,2020,37(03):88-91.
- [8] 李帆帆,李延勋,万亚萌等.新工科背景下化工专业化工设备机械基础课程建设探索[J].河南化工,2023,40(06):63-65.
- [9] 宋贤民.化工设备机械基础教学探讨[J].广东化工,2020,47(01):176+185.
- [10] 谷德银,刘作华.化工设备机械基础课程教学改革与探索[J].广东化工,2020,47(02):171.
- [11] 焦连升.OBE理念下的应用型本科高校中化工原理课程教学改革与实施[J].高教学刊,2021(7):7-12.
- [12] 张萍花,刘文雪,张春雨等.新工科背景下地方

院校化工设备机械基础教学改革探索[J].绵阳师范学院学报, 2019,38(5):63-68.

基金项目: 2022年辽宁工业大学新工科背景下化工专业人才培养模式的构建与探索(xjg2022021)。

作者简介: 王爽(1995-), 女, 内蒙古通辽人, 工学博士, 辽宁工业大学化学与环境工程学院, 讲师, 硕

士生导师, 研究方向: 主要从事新型二维材料(MOFs、LDH)电催化析氢研究。

通讯作者: 赵永华(1978-), 男, 辽宁朝阳人, 工学博士, 辽宁工业大学化学与环境工程学院院长, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 主要从事有机化合物重整制氢研究。