

学科交叉融合下给排水专业物理化学改革探索

贺馥, 李卓, 陈悦佳, 许铁夫, 秦可娜

黑龙江大学, 黑龙江 哈尔滨 150080

DOI: 10.61369/VDE.2026080029

摘 要 : 工程人才是推动工程科技发展的核心力量, 也是国家战略人才体系的重要支撑。《物理化学》作为给排水科学与工程专业的学科基础课, 在培养学生运用多学科知识解决复杂工程问题能力方面具有重要作用。针对课程教学中存在的学科逻辑割裂、实践环节薄弱、思政元素浅表、考评方式单一等教学痛点, 教学团队对课程体系进行重构, 推行“1+X”授课模式, 并在教学中加以实践。实践结果表明, 该模式夯实了学生的理论基础, 拓展了学生的创新思维, 提升了学生的实践能力, 实现了“知识-能力-素养”三位一体的育人目标, 为新时代卓越工程人才培养提供了可借鉴的思路与方案。

关 键 词 : 学科交叉融合; 给排水科学与工程; 物理化学; 教学创新; 课程思政

Exploration on Reformation of Physical Chemistry of Water Supply and Drainage Science and Engineering from the Interdisciplinary Integration

He Fu, Li Zhuo, Chen Yuejia, Xu Tiefu, Qin Kena

Heilongjiang University, Harbin, Heilongjiang 150080

Abstract : Engineering talent is the core driving force behind the advancement of engineering science and technology and essential pillar of the national strategic talent system. Physical Chemistry, as a fundamental course for the major of Water Supply and Drainage Science and Engineering, plays a crucial role in cultivating students' ability to apply multidisciplinary knowledge to solve complex engineering problems. The fragmented disciplinary logic, insufficient practical components, lack of ideological and political elements and single-dimensional assessment methods are the teaching challenges. The teaching team reconstructed the course system, introduced a "1+X" teaching model, and implemented it in teaching practice. Teaching practice has shown that this model strengthens students' theoretical foundations, broadens their innovative thinking, and enhances their practical abilities. It effectively achieves the integrated educational goal of "knowledge-ability-competence" and provides a valuable approach and reference for cultivating outstanding engineering talents in the new era.

Keywords : interdisciplinary integration; water supply and drainage science and engineering; physical chemistry; teaching innovation; ideological and political theories

引言

工程人才是推动工程科技造福人类、创造未来的重要力量, 是国家战略人才力量的重要组成部分^[1]。给排水科学与工程专业(给排水专业)作为生态文明建设的重要支撑学科, 始终聚焦国家水资源战略需求, 在水安全保障、水环境保护、水生态修复及水资源利用等领域发挥关键作用^[2]。具体而言, 给排水专业主要面向城市、乡镇和行业的给水与排水系统规划、设计、施工、运营以及管理等方向, 从水的社会循环角度观察和研究问题, 涉及多学科、多专业^[3]。《物理化学》是给排水专业的学科基础课之一, 从物理学科的基本规律出发, 搭建起化学学科的基本框架, 对学生在物理和化学的基础要求较高。教师在教学过程中充分利用学科交叉融合的“催化剂”^[4], 不仅能够推进课程的整体融合与创新, 还能够拓宽学生的知识视野, 培养其综合运用多学科知识解决实际问题的能力, 进一步推进高校给排水学科建设与发展, 为新时代培养出更多卓越的工程人才, 助力我国从工程教育大国走向工程教育强国^[5]。

一、现状学情与教学痛点分析

(一) 课堂内外学情分析

学科基础与认知水平: 物理化学开设学期为大学二年级秋季

学期, 学生对前导课程(如: 基础化学、高等数学、大学物理等)掌握程度参差不齐, 即使基础化学涉及相关概念, 但部分学生对热力学、动力学等抽象概念的理解存在困难。给排水专业学生更关注工程应用(如: 水处理技术), 但对物理化学在水处理

项目信息: 2024年度黑龙江大学高等教育教学改革研究项目“学科交叉融合视角下给排水专业物理化学课程改革探索”(2024B19)。

中的微观理论（如：胶体化学、表面化学）兴趣不足，易产生“学而无用”的认知偏差。教学方式与课堂互动：传统讲授法占主导，缺乏与给排水实际工程案例的结合。缺乏相关的实践课程，学生动手能力和创新思维培养受限。学习态度与考核方式：部分学生因课程理论性强、公式推导复杂而产生畏难情绪，课堂抬头率低、参与度低。目前。考核方式主要有课堂表现（10%）、随堂测试（20%）、课后作业（10%）等平时成绩和期末考试（闭卷考核，60%）两种形式，整体上偏重笔试，缺乏对实际工程问题解决能力的评估^[6]。

（二）社会需求调研分析

为深入探究新时代给排水专业卓越工程师的核心素质需求，教学团队通过问卷调查对7家行业领军企业的19位资深专家开展专题调研。经数据统计与文本分析发现，行业专家对人才能力的培养呈现出显著共识：首先，在学科交叉维度，13位受访专家强调构建跨学科知识融合体系的重要性，指出利用理论基础解决实际问题并结合现代科技已成为行业转型升级的关键；其次，在实践能力方面，79%的受访者将工程实践列为人才培养首要要素，建议通过校企协同的“双导师制”模式强化学生解决复杂工程问题的能力；值得注意的是，所有反馈均突出强调思政素养、团队协作与创新思维的三维耦合，认为这三大素质能有效提升学生在海绵城市、智慧水务、低碳水处理等新兴领域的职业适应力^[7]。

（三）亟须解决的痛点问题

综合分析，针对“物理化学”这门课程，教学团队总结出四大亟须解决的痛点问题：痛点一，课程架构滞后于行业发展，目前物理化学的课程架构偏向理科化，但行业发展已经呈现多元化趋势，“理科逻辑”导致培养目标和行业需求结合不紧；痛点二，课程内容交叉融合度不足，物理化学是以物理的原理为基础，研究化学体系的性质和行为，目前学生只是学习了物理和化学两门学科的知识而已，并未建立实质性的联系；痛点三，课程思政元素开发浅表化，尚未充分挖掘水处理技术发展史中的科学家精神、水环境治理中的生态文明思想以及水质安全背后的家国情怀；痛点四，考评体系存在“重理论轻应用”的单一化特征，主要表现为过度依赖闭卷笔试形式，侧重公式推导与计算题型的考核，忽视了对学生实践能力与创新思维的评估。

二、课堂创新理念与途径

（一）重构课程架构

针对课程架构滞后于行业发展，教学团队在课堂教学中坚持“基础理论夯实与行业前沿融入并重、知识传授与能力培养协同推进”的改革思路，探索形成以“基本理论-工程案例-能力训练”为主线的课堂创新途径。具体而言，在教学内容上，将课程重构为基本理论与案例分析两大模块，在系统讲授热力学、动力学、电化学、表面化学、胶体化学等基础理论的基础上，注重突出概念、原理及其工程适用条件，适当弱化繁琐公式推导过程，将教学重心转向公式和原理在给排水工程中的具体应用，使学生能够从更深层次理解水处理过程中的机理、速率、路径及控制因素。

在教学实施上，围绕给排水物化与生物处理新理论新方法、电解技术处理废水及资源能源回收等行业发展的典型案例开展教学，将抽象理论知识嵌入真实工程情境之中，通过问题导向、案例驱动和课堂讨论相结合的方式，引导学生运用物理化学原理分析复杂工程问题，设计解决思路，并对方案的可行性与局限性进行评价。在教学方法上，适当增加演示实验，使学生在“观察现象-理解机理-联系应用”的过程中加深对知识的理解与掌握。在这个过程中，学生更加直观地理解相关的理论知识，学生的创新思维 and 实践能力得到提高，更加适应行业发展的新需求^[8]。

（二）融合课程内容

针对课程内容交叉融合度不足，教学团队推行“1+X”授课模式，即1个项目案例+X个知识点。教学团队以电解法处理医疗废水并结合光催化技术处理温室气体将其转化为甲醇的案例，进行课程核心知识点的讲授，如：法拉第定律、溶液的电导、可逆电池、电解的析出顺序等。同时，电解处理废水过程中会产生CO₂、CH₄等温室气体，如果将其直接排放到大气中，会加剧全球气候变暖。常规的转化方法是甲烷直接在氧气下燃烧但易产生副产物HCHO、CO₂，改变转化条件则需要利用热力学定律中的吉布斯自由能知识点判断反应是否自发。此外，可利用光催化或电催化等结合纳米技术的方法，利用表界面氧化还原反应将CO₂、CH₄转化为烃类、醇类等高附加值产品。但甲烷的C-H键能较高（~435KJ/mol），引入光催化剂能够降低化学反应的活化能E_a，反应机理部分又涉及自由基链式反应和表面催化过程等反应动力学的知识。甲烷和氧气在催化剂表面的吸附-脱附平衡知识又与物理化学中的表面化学知识高度相关。因此，通过电解技术处理废水及附加值产品转化这一个案例，将物理化学中的热力学、动力学、电化学、表面化学几大核心知识点串联，实现了1+X的授课模式，这种授课模式将课程内容高度交叉融合，不仅激发学生的学习兴趣，也能够强化学生提取核心知识解决实际工程问题的能力^[9]。

（三）挖掘课程思政

针对课程思政元素开发浅表化，教学团队在一个案例+X个知识点的授课模式中，通过课程思政建设进一步帮助学生树立正确的世界观、人生观、价值观。例如：热力学定律指出自然界的一切物质都具有能量，能量有各种不同的形式，能够从一种形式转化成另一种形式，在转化过程中，能量的总量不变，在讲授这个知识点时，要教会学生世界上不存在不消耗任何能量，却可以源源不断的对外做功的机器，第一类永动机是不可能建成的，人类不可能不劳而获，树立正确的价值观。在上述废水处理中主要涉及的反应是高级氧化体系（电催化、光催化、臭氧法、芬顿法等），以中国自主研发的“臭氧高级氧化绿色消毒技术”及“臭氧高级氧化物物联网远程监控一体化装备”在冷链物流、医疗废水处理和空气消毒等的作用效果，剖析其热力学、动力学的优化路径，凸显自主创新优势，展现中国在水处理领域的技术突破与文化贡献，增强专业认同与民族自信。

（四）优化考评体系

针对考评体系重理论轻应用，教学团队将5~6名学生分为一

组,在主讲电解技术处理高浓度医疗废水及产物资源化利用等项目的核心知识时提出问题,学生通过理论学习,学习日志、研读文献、设计方案等尝试解决相关问题,将成果整合并以小组形式进行汇报,通过个人成绩、小组互评、教师点评等方式进行考评。同时,在核心知识上,如:热力学、动力学、电化学等,开展两次20分钟随堂测验,夯实学生的理论基础。两名主讲教师分别带领学生参与课题研究,让学生切实将理论知识应用到实际工程问题的解决,将方案形成报告并递交给行业专家,通过行业专家对解决方案的反馈评价学生对知识的掌握。每年的3月22日世界水日,组织学生进行校园科普活动,唤起公众的节水意识,加强水资源保护,通过价值引领培养职业使命感。该考评体系能够实现从“知识记忆”到“问题解决”、从“个体学习”到“协同创新”、从“课堂封闭”到“社会开放”的转变,构建覆盖“知识-能力-素养”全链条的立体化考核体系,打破传统单一考试模式,促进学生理论应用能力、工程实践能力、团队协作能力及社会责任意识的全面提升^[10]。

三、结论

在科技革命与产业变革深度融合的新时代背景下,面对传统

工程教育体系与产业前沿需求的结构性矛盾,培养具有突破性技术创新能力和复杂工程问题解决能力的高素质工程师队伍具有重要战略意义。本文以“物理化学”为例,根据学生特点和教学痛点,全面重构课程架构,将其解构为“基本理论+案例分析”,并创新性构建了“1+X”教学模式。该模式以1个典型案例为主线,串联课程核心知识点,不仅夯实了学生的理论基础,也有效提升了其分析和解决实际问题的能力。近两年,在师生共同努力下,在卓越工程师背景下利用学科交叉融合策略,围绕给排水专业“物理化学”这门课,学生学习能力和教师教学能力均得到了相应提升。通过教学模式的探索,学生的学习兴趣及参与度显著提升,师生之间的互动更为积极,评教结果显示学生对课程掌握情况满意度高。课程以项目驱动方式强化基本概念理解与解题方法训练,引导学生运用理论知识分析并解决实际工程问题,学生不仅对基础知识掌握更加扎实,也对工程实践形成了更加深入的认识,实践创新能力得到显著提升。今后,教学团队将以此次创新实践为契机,持续深化教育教学改革,进一步加强《物理化学》课程建设,促进学生全面发展,努力培养更多具有创新精神、实践能力和综合素养的卓越工程人才。

参考文献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央 国务院关于表彰国家卓越工程师和国家卓越工程师团队的决定 [EB/OL]. (2024-01-19)[2024-07-11]. https://www.gov.cn/zhengce/202401/content_6927128.htm.
- [2] 孟多, 王东旭, 赵丽红. 一流课程背景下“水质工程学Ⅱ”课程思政教学探索与建设 [J]. 黑龙江教育 (理论与实践), 2025, (03): 89-92.
- [3] 狄军贞, 安文博, 李喜林, 等. 新工科背景下给排水专业人才培养体系探索——以辽宁工程技术大学给排水科学与工程专业为例 [J]. 教育教学论坛, 2022, (32): 13-16.
- [4] 樊玉丹, 王胤, 吕恒, 等. 学科交叉融合需求下智能建造专业课程体系建设与实践 [J]. 大学教育, 2024, (11): 15-19+24.
- [5] 郭刚, 周爱姣, 苗蕾, 等. 新工科背景下教学创新设计与实践——以给排水科学与工程水质工程学(二)课程为例 [J]. 高教学刊, 2024, 10(05): 86-89.
- [6] 张荣, 潘育方, 罗三来, 等. 药学专业物理化学教学改革探索与实践 [J]. 大学化学, 2025, 40(4): 166-173.
- [7] 张海波, 刘海燕. 非化学专业物理化学课程教学改革探索 [J]. 广州化工, 2022, 50(1): 127-129.
- [8] 欧阳二明, 赵瑞, 陈战利, 等. 给排水专业课程建设与教学改革探索——以水质工程学课程为例 [J]. 高教学刊, 2025, 11(8): 154-157.
- [9] 曾庆玲, 沈春花, 马红芳, 等. 给排水专业环境监测与评价教学改革探讨 [J]. 大学教育, 2020, (3): 70-72.
- [10] 陆璐, 肖顺华, 武芳. 基于增值评价理念的高职医学专业生物化学课程教学改革探索与实践 [J]. 科学咨询, 2025, (23): 179-182.