

编者按: 化学是理论与实践并重的中心学科。化学实验教学在化学人才培养中发挥着至关重要的作用。进入新时代,我国的人才培养定位发生了重大转变,对实验教学提出了更新更高的要求。传统的以技能和方法为目标的教学已无法满足新时代培养创新型、复合型、应用型人才的需要。为进一步推进化学实验教学改革与建设,强化实验教学的标准化和规范化建设,教育部化学实验教学改革研究虚拟教研室建立了学科实验教研部和实验操作规范教研组,主要开展了三方面工作:(1) 加强实验教学内容 and 教学要求研究,推进实验教学标准的持续提升和完善,引导化学实验教学实现高质量发展;(2) 推动教学内容持续更新,强化实验教学与科技前沿、生产实际的对接,强化学以致用,培养学生的科研兴趣、家国情怀和社会责任;(3) 推进实验操作规范建设,使实验基本操作更加科学、严谨、简洁、美观,引导学生形成严谨扎实的实验习惯,养成良好的科学素养,培养科学精神。

为了展示、宣传和推广虚拟教研成果,同时吸引更多老师关注并参加教学内容、教学要求和实验操作规范的讨论、研制和推广实施,更好地推进化学实验教学改革与建设,经与《大学化学》编辑部协商,决定编辑出版“化学实验标准与规范建设”专题,集中发表24篇优秀论文,涵盖了无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、应用化学等学科的实验教学内容和要求及实验操作规范建议,希望能够为化学实验教学的标准化规范化建设提供依据和借鉴。

高等学校应用化学专业理论与实验教学内容建议

张树永^{1,*}, 魏忠², 倪刚³, 孙春艳⁴, 李建平⁵, 徐华龙⁶, 韩喜江⁷, 曹秋娥⁸, 王彦广⁹, 杨屹¹⁰, 丁玉强¹¹, 张文清¹²

¹ 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

² 石河子大学化学化工学院, 新疆 石河子 832000

³ 宁夏大学化学化工学院, 银川 750021

⁴ 青海大学化工学院, 西宁 810016

⁵ 桂林理工大学化学与生物工程学院, 广西 桂林 541004

⁶ 复旦大学能源材料化学协同创新中心, 上海 200433

⁷ 哈尔滨工业大学应用化学系, 哈尔滨 150001

⁸ 云南大学化学科学与工程学院, 昆明 650500

⁹ 浙江大学化学系, 杭州 310058

¹⁰ 北京化工大学化学学院, 北京 100029

¹¹ 江南大学化学与材料工程学院, 江苏 无锡 214122

¹² 华东理工大学化学与分子工程学院, 上海 200237

摘要: 针对当前应用化学专业理论和实验教学内容与化学专业趋同, 不适应应用型人才培养需要的问题, 通过分析普通高等学校化学类专业教学质量国家标准、专业认证标准和专业特色发展的需要, 提出了应用化学专业应该强化的理论和实验教学内容, 并对应用化学专业的课程体系和实践教学提出了建议。对应用化学专业更好地培养应用型和应用研究型人才具有一定的参考意义。

收稿: 2024-04-02; 录用: 2024-04-10; 网络发表: 2024-05-29

*通讯作者, Email: syzhang@sdu.edu.cn

基金资助: 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会应用化学协作组项目; 山东省本科高校教学改革研究重点项目“应用化学专业教学内容和教学要求建议的研制”(Z2022311); 山东省本科高校教学改革研究重点项目“山东化学类专业虚拟教研室建设研究”(Z2021192)

关键词: 应用化学专业; 理论教学内容; 实验教学内容; 特色建设; 课程体系建议

中图分类号: G64; O6-1; O69

Suggestions on Theoretical and Experimental Teaching Contents of Applied Chemistry Majors in Universities

Shuyong Zhang^{1,*}, Zhong Wei², Gang Ni³, Chunyan Sun⁴, Jianping Li⁵, Hualong Xu⁶; Xijiang Han⁷; Qiue Cao⁸, Yanguang Wang⁹, Yi Yang¹⁰, Yuqiang Ding¹¹, Wenqing Zhang¹²

¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China.

² School of Chemistry and Chemical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832000, the Xinjiang Uygur Autonomous Region, China.

³ School of Chemistry and Chemical Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China.

⁴ School of Chemical Engineering, Qinghai University, Xining 810016, China.

⁵ College of Chemistry and Bioengineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China.

⁶ Collaborative Innovation Center of Chemistry for Energy Materials, Fudan University, Shanghai 200433, China.

⁷ Department of Applied Chemistry, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China.

⁸ School of Chemical Science and Engineering, Yunnan University, Kunming 650500, China.

⁹ Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China.

¹⁰ College of Chemistry, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China.

¹¹ School of Chemical and Material Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu Province, China.

¹² School of Chemistry and Molecular Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China.

Abstract: That the current theoretical and experimental teaching contents of applied chemistry major is similar to that of chemistry major does not meet the needs of the training of applied talents. In this paper, the historical development of the suggestions on the teaching contents of applied chemistry major was summarized. On analyzing the needs of professional certification standards and the development of professional characteristics, the suggestions on the theoretical and experimental teaching contents of applied chemistry major are put forward. Some suggestions on the curriculum system and practical teaching of applied chemistry are also presented. It is of reference significance for the applied chemistry majors to better cultivate the applied and applied research talents.

Key Words: Applied chemistry major; Theoretical teaching content; Experimental teaching content; Characteristics construction; Curriculum system

1 引言

应用化学专业(070302)属于化学类(0703)基础型专业,其支撑学科为化学^[1]。应用化学是目前布点数最多的化学类专业,包括授予理学学位和工学学位两类,分别称为应用化学(理科)和应用化学(工科)^[2]。为了促进应用化学专业实现优势特色发展,更好地满足学科和社会发展对多样化、特色化人才培养的需要,《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》(以下简称《国标》)^[2]对应用化学(理科)和应用化学(工科)提出了特色教学要求,包括强调应用化学(理科)专业学生在较系统地掌握化学基础知识、基本理论和基本技能的基础上,进一步强化化学工程基础等知识,培养学生的研发能力和工程实践能力;强调应用化学(工科)专业的学生应比较系统地掌握化学工程、化工实践等方面的知识,形成较强的工程实践、研发和设计能力,能够在化学化工及相关领域从事研究、开发和生产指导等工作。

2022年,2018–2022年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会(以下简称化学教指委)以承担教育部第二批新工科项目“培养应用型人才的化学类专业新工科改造战略和路径研究”为契机,对应用化学专业的教学和人才培养情况进行了调研,结果发现,当前应用化学专业在培养目标、培养

模式、课程体系、教学内容、实验实践以及教学理念、教学方法、师资队伍建设方面与化学专业存在明显的趋同现象，存在人才培养定位不准确不清晰、教学内容体现应用性不足、实践和创新教育欠缺等问题^[3]。这与应用化学专业相关指导性文件与化学类专业的区分度不足、指导不到位不无关系。有鉴于此，化学教指委决定由应用化学协作组牵头起草应用化学专业理论和实验教学建议，以强化对应用化学专业特色优势发展的引导。

2 研制应用化学教学内容需要考虑的几个方面

2.1 应用化学专业教学内容建设进展

为了规范应用化学专业定位和教学要求，教育部理科化学教学指导委员会于1999年先后发布“理科化学专业和应用化学专业化学教学基本内容”^[4]和“应用化学专业化学教学基本内容”^[5]。这一时期，教育部理科化学教学指导委员会还对应用化学的培养模式、实验教学、素质教育等进行了比较系统的研究，构建了应用化学专业课程体系和教学内容的基本框架。2011年，教育部高等学校化学类专业教学指导分委员会编制发布了《高等学校化学类专业指导性专业规范》(以下简称《专业规范》)^[6]，整合了化学和应用化学专业教学基本内容。2018年《国标》^[2]发布后，化学教指委又先后编制发布“化学类专业化学理论教学建议内容”(以下简称“理论建议”)^[7]和“化学类专业化学实验教学建议内容”(以下简称“实验建议”)^[8]，按照整合化学和应用化学的思路，对应用化学专业的教学内容进行了规范。其中，《国标》给出的“人才培养多样化建议”并未在这些文件中得到细化和落实^[2]。

2.2 应用化学专业教学内容的特殊性

之前发布的教学内容建议绝大多数都是按照化学类专业统筹考虑化学和应用化学的教学内容和教学要求，过于强调统一性而忽视了应用化学的特殊性。虽然《国标》给出了特色化育人要求，但并没有给出细化的落实指导^[2]。只有1999年发布的“应用化学专业化学教学基本内容”明确要求应用化学专业应在化学专业的基础上强化应用有机化学、化工制图、化工基础实验等内容^[5]。2021年，国家开始试点将应用化学(工科)专业纳入化学工程与制药类工程教育专业认证，希望推动工程教育专业认证标准在应用化学(工科)专业中的落实。截止2023年1月，已有辽宁石油化工大学、东北电力大学、西南石油大学、成都理工大学和石河子大学5所高校的应用化学专业通过试点认证，且均为有条件通过^[9]。工程教育专业认证的理念和标准与现代教学质量文化建设的理念是一致的，对应用化学(理科)专业同样适用^[10,11]。结合工程教育专业认证标准^[12]，应用化学专业涉及的知识领域可以概括为表1。

表1 应用化学专业教育涉及的主要知识领域

知识类型	主要知识内容
通识类知识	政治、道德、法律、社会科学、人文与艺术(美育)、信息技术(计算思维、文献检索、计算机语言与程序设计、人工智能)、身心健康(体育、心理健康)、国家安全(军事理论、军训)、劳动知识(劳育)、语言和文字(学术论文写作)、外语和跨文化交流、团队合作与人际交往*、工程管理与经济决策(技术经济与企业管理)、创新创业(创业基础、企业创新创业管理、产业模式与创业、产品设计与产业化)、就业指导和职业规划
学科基础知识	数学(高等数学、线性代数、概率与统计、工程数学)、物理学(大学物理及实验)、化学、工程基础(工程力学、工程制图、电工电子技术、工程训练、电工电子实训)、工程工具知识、信息化工具知识
专业知识	应用化学知识(应用化学导论/概论、绿色化学等)、化学工程与工艺知识(化工原理、化工工艺、化工装备与控制、化工过程分析与合成、化工单元操作、工程设计/化工设计、化工仪表及其自动化)、化学化工法律法规(健康安全环境EHS、企业EHS风险管理)、化学化工安全(化学安全与防护、化工过程安全、化工安全与环保)、化工环保(化工环境工程)、应用化学前沿研究与开发、应用化学研究和设计方法(科学研究方法)及相关课程设计
特色选修知识	见表2

*加黑部分为与化学专业相比应用化学专业应加强的内容

表1显示,应用化学专业的教学内容首先应符合党的教育方针,促进学生德智体美劳全面发展;其次,应使学生学会运用数学(含高等数学、线性代数、数理统计、工程数学等)、自然科学(含物理学、化学等)、工程科学(含材料、化工、信息、机械、控制)的基础知识、基本原理和基本技能,能够发现、提出、分析和解决应用化学及相关领域的工程研发设计或化学品开发中的复杂问题;第三,应使学生能够理解并分析方案设计中涉及的EHS(即环境Environmental、健康Health、安全Safety)管理的潜在风险和相关法律法规,明确个人的责任和义务,践行现代企业的EHS管理理念。

2.3 应用化学专业的特色方向建设

与化学专业主要培养化学基础科学研究和教学人才(化学师范类专业)不同,应用化学专业主要以培养应用型和应用研究型人才为目标,致力于培养将化学的最新研究成果转化为实用技术的研发型人才或者采用研究理念解决实际工程中所涉及的化学问题的应用型人才,实现科学向应用、理科向工程的拓展,应特别注重引导学生利用化学的观点和方法分析和解决化工、生命、环境、材料、能源、资源、医学、药学、农林和地质等领域的基础科学问题,推进相关学科和行业、产业的科学研究和技术进步。因此,与化学专业注重在化学二级学科上向深度拓展不同,应用化学专业更注重在跨一级学科的广度上拓展^[1],这使得应用化学专业培养的学生带有非常明显的新工科、新农科、新医科和新文科(“四新”)的特征,在新技术、新业态、新产业、新模式的构建和发展中发挥着基础性、关键性和引领性作用^[1,11]。

调研表明^[3],应用化学专业跨学科开展特色培养的主要方向包括精细化学品、分析检测、材料科学(含高分子材料)、能源科学和环境科学等11个方面(见表2),其中设置前6个“新工科”方向的最为普遍,还有极个别专业开设了化妆品^[12,13]、制笔^[14]、电子化学品^[15]、干燥花^[16]等新医科、新农科等特色专业方向,但由于这些专业特色方向不具有普遍性,读者可以参考相关文献,本文不再列出。表2还对与这些特色方向相关的知识和能力拓展要求进行了分析。

表2 应用化学专业应用拓展的主要方向和特色知识要求^[1]

特色方向	能力拓展要求 ^[17]	主要拓展课程建议
化学工程	解决与基础化学品生产相关的化工过程及装置的开发、设计、操作及优化的原理和方法	化学工程基础、(有机)化工工艺学、化学反应工程、化工设计、化工制图与CAD、化工过程安全、高分子化工、高分子合成工艺、工业催化、分离技术、石油化工概论前沿、化工技术经济等
精细化工	能够进行精细化学品的开发、设计和生产,满足不同的生产和管理需要	精细化学品化学、精细化工概论、精细有机合成、功能分子材料;表面活性剂化学、应用表面活性剂、化妆品化学;精细有机化学、天然产物化学等
分析检测	能够针对不同领域的特殊要求,合理设计和实施分析方案,实现质量控制	分离与检测技术、现代仪器分析与测试、实用波谱学、表面分析测试技术、材料分析与表征、分析测试质量控制、化学计量学、化学信息学;化学生物传感器;商品理化检验、工业分析、环境分析与检测、食品分析、药物分析、生化分析等
生命科学	能够针对生命物质的种类、结构和功能,生命的起源和发育,生物之间和生物与环境之间的关系等开展研究和研发、生产	生物化学、化学生物学、分子生物学、细胞生物学、基因工程;生物无机化学、生物有机化学、生物化学分析;生化工程基础、细胞工程、合成生物学等
材料科学	能够针对功能材料的设计、制备、组成、结构、性质与表征、加工、应用以及材料的防护等开展研究和研发、生产	材料化学、合成材料化学;功能材料、复合材料;高分子化学、高分子物理;(医用)高分子材料、高分子材料加工技术、有机硅化学;纳米材料化学、光电材料、催化材料;环境功能材料、生物材料、涂料与胶黏剂;增材制造等

(待续)

(续表2)

特色方向	能力拓展要求	主要拓展课程建议
能源科学	针对能源转化的本质和规律开展研究, 为提高能源利用效率提供新思路新方法, 为新能源和节能新技术的开发和利用提供低成本、高效率材料	新能源技术与应用、能源化学(工程)、含能材料化学; 应用电化学、电化学能源与技术、化学电源; 能源化学工程、新能源材料; 油田(应用)化学、天然气化工、煤化工工艺、近代炼油技术等
环境科学	研究环境问题的发生与发展、污染的机制与调控, 以及污染预防的规律与措施, 研发相关技术并实施	环境科学概论、环境化学; 化工环境工程、环境工程基础; 环境监测、污染物控制化学、水污染控制、生态环境材料等
信息科学	信息材料及材料加工化学品的制备、小型化技术与手段的研发	电子化学品; 印刷电路板加工、集成电路加工、集成电路封装; 信息存储材料、信息显示材料等
医药卫生	开展相关医学检测, 研究和开发安全有效的药物和医用材料, 保障人类的生存和健康, 改善生命质量	卫生检疫与生化检验、药物化学、天然药物化学、分子探针与传感器、海洋制药等
农林植保	研究和开发土壤改良、化肥农药合成与施用、植保和农副产品保鲜和深加工技术, 开展农林资源的开发利用, 助力农业安全和发展	毒理学、农药学概论; 农药合成化学、农药制剂学; 土壤化学、土壤改良; 生物质化学等
地质矿产	研究地质组成和演变, 资源探测、分析、开发和利用, 资源开发和高效利用的新技术新领域	地球科学概论; 地质学、地质分析; 岩石矿物学、矿产资源综合利用; 油田应用化学、油层物理、采油化学、钻井液工艺原理; 煤化学等

需要说明的是, 第一, 表2所列的特色方向和相关课程, 是通过调研相关高校的培养方案概括出来的^[18], 目的是给读者提供一些借鉴, 各专业并不需要根据此表设置课程; 第二, 参考课程中有偏理科的(如精细化学品化学、精细化工概论、表面活性剂化学等), 有偏工科的(如精细有机合成、应用表面活性剂)的, 可供应用化学(理科)和应用化学(工科)专业分别参考, 从而突出各自的特色; 第三, 应用化学专业最大的特点是理工融合, 强调强化学生的化学学科素养、科研能力和研发能力, 目的是增强学生将化学学科的创新成果及时转化为新技术、新业态、新产业的能力, 或者利用化学科研能力突破已有工程知识和原理的框架和限制, 更好地解决复杂工程问题。因此, 特色方向的设置绝非单纯的学科或者课程的拼盘, 也不是缺乏系统性的1+1小于2的专业过渡, 而是通过拓展应用与强化科研, 使应用化学(理科)的学生强化工程意识, 使应用化学(工科)的学生强化科研能力, 实现课程体系和课程内容的理工深度融合, 从而强化“四新”理念和能力, 实现1+1大于2的效果。

3 应用化学专业理论和实验教学特色内容建议

根据第2部分的讨论, 应用化学专业的理论和实验教学内容与化学专业的存在诸多不同, 需要在化学的基础上进行应用拓展。又由于各高校的特色方向设置和学科优势各不相同, 因此很难对表2所列的拓展选修内容进行规范。本部分只针对表1列出的对所有应用化学专业都适用的内容给出建议。同时, 由于应用化学专业的化学教学基本内容在《国标》^[2]、《专业规范》^[6]、“理论建议”^[7]和“实验建议”^[8]中已有明确规定, 此处不再重复, 而只是给出应用化学专业应该强化的内容, 具体见表3。

需要说明的是, 表3仍主要列出知识点, 对于知识点教学所应达到的能力与素质要求, 可以参照相关学科教学内容和教学要求建议^[19-21]。

4 应用化学课程体系设计建议

应用化学专业的人才培养具有明显的学科交叉特征, 对学生的综合素养和综合能力提出了更高要求。因此, 从人才培养理念和培养目标而言, 应用化学专业的培养方案和课程体系必然与化学专业存在明显区别, 要求在学科基础部分引入工程科学基本原理, 专业课部分在化学课程的基础上增加工程教育、法律法规、安全环保、经济管理等内容(参见表1); 在优势特色拓展方面, 应采用跨一

表3 应用化学专业在化学基础上需要强化的内容建议

知识模块	知识领域	需要强化的内容
I	1. 气体	真实气体：真实气体方程、对比状态、压缩因子、气体液化
	2. 热力学基础	能源、新能源、储能介质、能量转化与能量转化效率
	3. 化学热力学	热化学、热值、稀溶液的依数性、水、碳和二氧化碳的相图、互溶和不互溶二元体系相图、合金相图、盐水体系相图
	4. 化学动力学基础	速率方程、Arrhenius公式、三常数公式、复杂反应近似处理、热爆炸、支链爆炸、爆炸限、安全操作限
	5. 电化学	电化学容量、电流效率、Tafel公式、析出电势和析出顺序、电解(电化学冶金、电解精炼)、电镀、腐蚀与防护、化学电源、电化学加工
	6. 表界面化学	粒度、视密度、吸附剂制备、特色吸附等温式、孔径和孔体积测量、表面滴定、表面表征
	7. 胶体化学	胶体制备、胶体纯化、相转移、应用表面活性剂、乳化、乳状液、微乳液、海水淡化、反渗透、超过滤、纳滤
	8. 光化学	光致发光、电致发光、化学发光材料，水的光解、太阳能利用、人工光合作用
	9. 催化化学	重要酶催化反应、重要催化剂的制备和表征、催化剂的中毒和再生、光催化、光氧化
II	1. 量子化学基础	
	2. 原子结构	原子发射和原子吸收光谱及其应用
	3. 分子结构	重要分子的价键和分子轨道、前线轨道理论、分子荧光材料
	4. 分子光谱	紫外可见光谱和红外光谱的应用
	5. 弱相互作用及分子组装	相似相溶、相似相吸、自组装
	6. 分子对称性	旋光度测量及应用、分子的对映异构、立体催化、对映体效率
	7. 晶体结构基础	晶体材料、晶体缺陷、非晶材料、XRD分析、单晶XRD
	8. 计算化学初步	
III	1. 误差与质量保证	数据可靠性检验
	2. 样品采集与制备	各类样品的采样和预处理
	3. 化学分析	定性与定量分析
	4. 原子光谱分析	原子光谱的应用、定性和定量分析
	5. 分子光谱分析	分子光谱的应用、定性和定量分析
	6. 核磁共振谱分析	核磁共振谱的解析
	7. 质谱分析	质谱的解析
	8. 电化学分析	电化学分析的应用、定性和定量分析
	9. 色谱分析	色谱分析的应用、定性和定量分析
	10. 其他分析方法	其他各类分析方法的应用
	11. 化学信息的获取、处理和表达	相关工具和软件的应用
IV	1. 有机化合物命名、结构和物理性质	构造异构、顺反异构、对映异构、非对映异构、构效关系
	2. 基本有机化合物	重要有机化合物的性质与应用
	3. 元素与金属有机化合物	重要元素与金属有机化合物的性质与应用
	4. 有机化学基本理论	重要活性中间体及其产生
	5. 有机反应及其机理	重要有机反应及其机理
	6. 有机合成	重要有机合成方法、合成过程设计
	7. 有机立体化学	不对称合成， <i>ee</i> 值
	8. 生物有机化合物	重要生物有机化合物的性质和应用

(待续)

(续表3)

知识模块	知识领域	需要强化的内容
V	1. 酸与碱	重要酸碱的制备、性质及其应用
	2. 配位化学	重要配合物的合成、性质及其应用
	3. 元素化学	周期性、次周期性、特殊变化规律；常见单质与无机化合物的存在、分离、制备；重要单质和无机化合物的结构、性质及应用
	4. 无机合成化学	无机合成的主要方法、重要无机材料及其合成
VI	1. 传递过程基本原理	流体力学、传质与传热、热量衡算、物料衡算、化工热力学
	2. 化工单元操作和设备	流体输送与设备、过滤及其设备(超过滤)、传热与换热器、(吸收、精馏、萃取)填料塔与板式塔、干燥与干燥器、膜分离、吸附与离子交换、超临界流体萃取、电渗析与反渗透、微反应器等相关设备、操作规程与应用
	3. 化学反应工程基本原理	固定床反应器、流化床反应器、反应器操作热稳定性
	4. 化工制图	典型工艺流程绘制、计算机辅助设计基础
VII	1. EHS管理体系	EHS管理体系、EHS法律法规体系、风险管理、工艺安全管理、产品安全监管、职业健康、危险与可操作性分析
	2. 化工安全	化学实验安全(技术)、化学化工安全法规、安全标准、化工安全工程
	3. 化工环保	安全和环境保护知识与技术、安全生产规律、事故的预测、预防和紧急处理、三废处理、化工园区管理、原子经济、资源循环利用
	4. 智慧化工	大数据与分析方法、智能控制基础、物联网技术、机器学习、模拟方法与计算技术；运筹学与优化；分子管理工程、分子反应网络构建、智慧化工工程 ^[22,23]
VIII	1. 安全与防护	工程实践安全与防护
	2. 操作与技术	化工单元设备(反应釜、压力反应釜、换热器、蒸馏塔、分离塔、固定床反应器、流动床反应器、过滤、输送、除尘)的操作
	3. 基本物理量、物理化学参数与性质的测量	导热系数与总传热系数、传质系数与塔板数、分配系数、过滤参数
	4. 物质的合成与制备	重要无机化工、重要有机化工、特种精细化学品合成、重要功能材料合成
	5. 仪器设备与软件	化工过程虚拟仿真、化工在线分析、化工设备自动化、化工过程信息化
	6. 工程实训	工程训练、电工电子实训
	7. 实习	认识实习、生产实习、创新创业实践

级学科的广度拓展方式(参见表2)^[1]。由于受到毕业学分和学时的限制,应用化学专业在安排教学内容和教学学时不可能只做加法而不做减法,大幅压缩化学教学学时是必然的。将化学基础教学学分从50–60学分压缩至30–40学分,留出20–30学分开设工程科学和交叉学科内容是必要的^[1]。如何在压缩化学基础教学学时的同时,保证学生具有深厚扎实的化学基础并能够深刻领悟化学的世界观和方法论,发展学科素养和研究能力,提升教学的创新性、高阶性和挑战度,是一个极具挑战性的问题,需要应用化学专业教师认真思考并加以解决。此外,在毕业综合训练环节,要求毕业设计和毕业论文选题要紧密结合本专业的工程实际,体现综合性、创新性,并全面体现学生的社会责任、遵纪守法、工程意识、团结协作、可持续发展意识,体现学生综合应用所学知识解决复杂问题的能力。通常要求应用化学(工科)专业的毕业设计占比应不低于50%,应鼓励各专业吸引优秀的行业和企业专家参加毕业设计(论文)的指导和考核工作。第三,应进一步强化应用化学专业的课程和教材建设,落实应用拓展和强化科研的要求,编写具有应用化学特色,体现学科交叉融合、相互促进特征的课程和教材;同时强化课程的信息化建设以及与企业、研究院等共建课程,强化实习实践环节和毕业设

计要求, 提高各类课程和教学环节的“两性一度”, 满足高素质应用型人才培养的需要。

5 结语

在分析应用化学专业理论和实验教学内容的历史发展的基础上, 综合考虑新时代对应用化学人才培养的多样化和特色化要求, 结合应用型化学人才培养的知识、素质和能力标准, 对应用化学专业的学科基础课程、专业课程和方向选修课程所涉及的知识领域进行了讨论, 提出了应用化学专业理论和实验教学内容建设的建议, 对落实本科教学质量国家标准中的特色培养要求具有一定的指导意义。

致谢: 本建议制订参考了大连理工大学、华东理工大学、华南理工大学、东北大学、中国石油大学(北京)、北京化工大学、暨南大学、华侨大学、中南民族大学、石河子大学、广西大学、南昌大学等高校的应用化学专业培养方案。建议还征求了教指委应用化学协作组、教育部民族高校应用化学专业建设虚拟教研室、山东省化学类专业和大学化学教学指导委员会的意见, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 张树永, 朱亚先. 中国大学教学, 2022, No. 8, 21.
- [2] 教育部. 普通高等学校专业类教学质量国家标准. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [3] 周立亚, 张树永, 杨屹, 王尧宇, 刘春明, 王玉枝, 万坚, 惠新平, 韩喜江, 何熙璞, 等. 大学化学, 2023, 38 (3), 9.
- [4] 教育部理科化学教学指导委员会. 大学化学, 1999, 14 (2), 9.
- [5] 教育部理科化学教学指导委员会. 大学化学, 1999, 14 (3), 13.
- [6] 教育部高等学校化学类专业教学指导分委员会. 高等学校化学类专业指导性专业规范. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [7] 2013–2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, 2016, 31 (11), 11.
- [8] 2013–2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, 2017, 32 (8), 1.
- [9] 通过认证的应用化学专业. [2024-03-12].
<https://www.cceaa.org.cn/cportal/ui?pageId=599937¤tPage=1&moduleId=a717dbc640fa482785680bdd1d55b18b>
- [10] 张树永, 王玉枝, 朱亚先. 中国大学教学, 2017, No. 4, 51.
- [11] 孙悦竹, 张树永. 理科高等教育, 2023, No. 3, 99.
- [12] 何秋星, 桑延霞, 裴永艳, 曹华. 大学化学, 2023, 38 (3), 184.
- [13] 董玉明, 丁玉强, 东为富, 杨成, 刘雪峰, 樊晔, 王靖, 潘庆伟. 大学化学, 2020, 35 (10), 71.
- [14] 王兆伦, 王舜, 陈锡安, 周敬业, 杨植, 金辉乐, 毕佳捷. 大学化学, 2023, 38 (3), 22.
- [15] 罗继业, 郝志峰, 钟远红, 吴颖, 何军, 郑育英, 余林. 大学化学, 2023, 38 (3), 27.
- [16] 李向红, 雷然, 邓书端. 大学化学, 2023, 38 (3), 170.
- [17] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证标准. T/CEEAA 001–2022.
- [18] 张树永, 朱亚先, 郑兰荪, 霍冀川, 宋丽娟, 徐华龙. 高等工程教育研究, 2021, No. 3, 21.
- [19] 张树永, 李金林, 范楼珍, 侯文华, 刁国旺, 郭玉鹏. 大学化学, 2021, 36 (1), 2009052.
- [20] 张树永, 范楼珍, 淳远, 刘永梅, 田福平, 白云山, 宋淑娥. 大学化学, 2022, 37 (6), 2108061.
- [21] 王玉枝, 杨屹, 魏琴, 李攻科, 张文清, 曹秋娥, 郑成斌, 薛冰纯, 羊小海, 吴朝阳, 等. 大学化学, 2023, 38 (1), 8.
- [22] 宋丽娟, 张树永, 王吉林, 郑兰荪, 朱亚先. 大学化学, 2020, 35 (10), 17.
- [23] 钱建华, 宋丽娟, 王吉林. 大学化学, 2020, 35 (10), 77.