

•教育专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201803061

www.dxhx.pku.edu.cn

编者按: 化学实验教学在传授化学实验基础知识和基本原理, 训练基本技能的同时, 还可以培养学生分析和解决问题的思路和方法, 养成规范严谨的实验习惯、实事求是的科学态度, 还有助于培养学生分工协作的团队精神、坚韧不拔的意志品质、勇于探索的创新精神, 在本科化学类专业人才培养中发挥着基础性、关键性作用。

与化学理论课教学相比, 化学实验教学体系建设还不够完善, 实验内容更新还不够及时, 实验教学理念和方法还不够先进, 实验教学考核还不够全面有效, 实验教学目标的达成还不够理想。因此, 有必要进一步加大化学实验教学改革和建设的力度。

为了指导今后一段时期我国化学实验教学改革与教学建设, 2013–2017 年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会(以下简称教指委), 依据《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》制订并发布了《化学类专业化学实验教学建议内容》(以下简称《建议内容》, 发表于大学化学, 2017, 32 (8), 1–3), 详细列出了实验教学的知识点。如何将这些知识点融入具体实验进行高效呈现, 如何将具体实验组合成实验课程, 如何将实验课程按照学生实验知识学习、能力形成和素质养成的逻辑顺序编排成一体化的实验教学体系, 并使之与大学生科技创新、实习和社会实践、毕业论文等更好地衔接, 是今后一段时间我国化学类专业实验教学改革的首要任务。为了推动此项工作的全面落实, 教指委与《大学化学》编辑部合作, 利用专栏和特刊相结合的方式, 开展相关思路 and 经验的交流, 以进一步推进实验教学理念的改革、内容的更新和体系的重构。

各高等学校和广大实验教师认真思考、积极谋划、认真落实, 取得了一系列研究成果及实践经验, 并借助《大学化学》“教育专题”栏目与同行分享、交流。目前该专栏已发表相关论文 4 篇(田福平, 张艳娟, 贺民, 贾翠英, 陈静, 孟长功. 加强实验教学过程管理 促进实验教学目标达成. 大学化学, 2018, 33 (2), 29–35; 闫生忠, 张尊听, 白云山, 赵华荣, 周青. 多学科综合实验教学中心管理运行模式的研究与实践. 大学化学, 2018, 33 (2), 65–69, 欧阳小清. 美国约翰霍普金斯大学化学系教学实验室访学见闻. 大学化学, 2018, 33 (2), 75–81; 陈明星, 谢景林, 周江. 高校公共仪器平台信息化综合管理系统的开发与实现. 大学化学, 2018, 33 (4), 46–50.), 本期将发表实验教学体系改革论文 9 篇。这些论文将集结于“大学化学实验课程体系改革”网络特刊中(客座编辑: 张树永教授)。也欢迎各位老师继续就本专题进行探讨交流, 踊跃投稿。

本科化学类专业化学实验教学体系改革的思路与实施建议

张树永^{1*}, 朱亚先², 张剑荣³

¹ 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

² 厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

³ 南京大学化学化工学院, 南京 210023

摘要: 对2013–2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会制订的《化学类专业本科教学质量国家标准》等标准和建议, 及其对化学类专业化学实验教学内容 and 体系的要求进行了解读。根据本科化学类专业人才培养目标, 对化学实验教学体系、教学内容和教学层次进行了对应性分析, 明确了未来实验教学改革的重点, 提出了相关意见和建议。对推进化学类专业实验教学改革具有一定的参考价值。

关键词: 化学类专业; 实验教学; 课程体系; 教学目标; 教学效果

中图分类号: G64; O6-3

收稿: 2018-03-30; 录用: 2018-04-09; 网络发表: 2018-04-23

*通讯作者, Email: syzhang@sdu.edu.cn

Overall Design and Implementation Suggestions for Laboratory Teaching Reform of Chemistry Majors

ZHANG Shuyong^{1,*}, ZHU Yaxian², ZHANG Jianrong³

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

² School of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China.

³ School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, P. R. China.

Abstract: An interpretation on the “National Teaching Standard for Higher Chemistry Education for Chemistry Majors” and other suggestions and regulations proposed by 2013–2017 Instructional Committee of Higher Chemistry Education of Ministry of Education was made with emphasis on chemistry laboratory teaching. According to objectives of four kinds of personnel cultivation, the overall design and some implementation suggestions for the laboratory teaching system, teaching contents and teaching levels are suggested. It is of reference value for the future reform of chemistry laboratory teaching for chemistry majors.

Key Words: Chemistry major; Laboratory teaching; Teaching system; Teaching objective; Teaching effectiveness

化学是一门理论与实验并重的学科。但相较于理论教学,我国高校对化学实验教学的重视程度还有待进一步加强,实验教学理念、教学方法和教学效果还有待进一步提高^[1-4]。为了规范化学类专业的实验教学,在保障基本教学内容和教学要求的基础上引导各高校推进实验教学改革,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)先后制订发布了《高等学校化学类专业指导性专业规范》(以下简称《专业规范》)^[5]、《化学类专业本科教学质量国家标准》(以下简称《专业国标》)^[6]。作为入门标准、建设指导和评估参考的《专业国标》,由于受到格式和篇幅的限制,仅给出了化学实验教学的基本要求和指导性原则,对具体的实验教学内容和改革趋势论述不够充分。为弥补这一缺憾,化学教指委又专门制订发布了《化学类专业化学实验教学建议内容》(以下简称《实验建议内容》)^[7],丰富和发展了对实验教学内容的要求和建议,但未对实验教学体系建设和教学目标落实做出明确规定。由此可见,这3个文件各有侧重、相互补益,共同构成了指导今后我国高校化学类专业实验教学的指导体系。

本文首先对这3个文件进行了解读,之后根据当前实验教学中存在的问题对未来实验教学体系建设的重点进行了分析和讨论,目的是对今后的实验教学体系改革与建设提出一些可资借鉴的意见和建议。

1 教指委相关标准解读

1.1 实验教学目标的转变

《专业国标》明确了化学类专业的人才培养目标是“培养具有高度的社会责任感,良好的科学文化素养,较好地掌握化学基础知识、基本理论和基本技能,具有创新意识和实践能力,能够在化学及相关学科领域从事科学研究、技术开发、教育教学等工作的人才。”为了支撑该人才培养目标,《专业国标》将实验教学目标调整为:通过实验教学,使学生掌握化学实验的基础知识、基本理论和基本技能,并在此基础上培养学生具有动手能力、科学素养、综合解决复杂问题的能力和创新能力^[6]。

与以往的实验教学只注重“三基”和动手能力不同,《专业国标》明确了实验教学在科学素养、应用能力(特别是解决复杂问题的能力)和创新能力培养中的重要作用。这标志着实验教学要求已经从“知识导向型”和“技能导向型”向“能力导向型”和“素质导向型”转变。而要实现“能力和

素质导向型教学”，必然要求我们使化学实验教学从以往以原理验证、操作学习、技能训练等单元操作为主的实验教学内容和“照方抓药”式的实验教学模式，向综合性、设计性和创新性实验转变；从关注规范、注重结果，向注重系统设计、分析综合、判断创新转变。以期提高实验教学层次^[8]，使学生能够通过实验，“掌握化学实验基础知识、基本理论和基本技能；初步掌握化学研究或化学品设计、开发、检验、生产等的基本方法和手段；具备发现、提出、分析和解决化学及相关学科问题的初步能力；具有安全意识、环保意识和可持续发展理念；掌握必要的计算机与信息技术，能够获取、处理和运用化学及相关学科信息；具有较强的学习、表达、交流和协调能力及团队合作能力；具有创新意识和实践能力；初步具备自主学习、自我发展的能力^[6]”。

由此可见，《专业国标》对培养目标的调整，要求我们对以往的实验教学体系、教学内容、教学模式进行重新的思考和设计，实现根本性的变革。

1.2 实验教学要求的提升

《专业规范》和《专业国标》，特别是《实验建议内容》对化学实验教学的基本内容做出了明确的规定，而在《实验建议内容》中教指委根据实验教学发展的趋势对实验教学内容进行了丰富和发展，其内容更加全面和贴近实际、贴近科研。故表 1 以《实验建议内容》为依据，对实验教学内容及对应的教学目标进行了分析。

由表 1 可见，《实验建议内容》给出的内容只涉及(1)–(3)条，即只是给出了化学类专业化学实验教学所需包含的基本知识、基本原理和基本操作，并没有对形成何种和如何形成高阶能力进行规定，而这些内容在《专业国标》中有清晰的表述。显然，要进一步培养学生分析、综合、判断和创新的能力，必须将实验教学推进到(4)–(6)条的三个层次。这也就是为什么我国从 1997 年开始提出，并通过 2003 年启动“国家级化学实验教学示范中心”建设，大力推进建设“由基础实验–综合实验–研究性实验构成的多层次实验教学体系”的原因。

表 1 化学类专业化学实验教学基本内容分析^[6]

实验教学内容	对应《建议内容》	实验教学目标
(1) 实验安全与环保教育	I 实验室安全与防护	学生能够按照安全、环保和可持续发展的要求进行实验
(2) 实验基本操作	II 操作与技术；III 基本物理量、物理化学参数与性质的测量；V 仪器设备与软件	学生能够科学、规范地完成实验操作、观察现象、记录和分析实验结果
(3) 小型综合实验	IV 物质的合成与制备 + I–III + V	学生能够依照给定的实验原理和步骤完成系统的实验操作
(4) 综合实验	合成制备–分离提纯–分析表征–性质研究–应用拓展(生命、环境、材料、能源等)	学生能够依照给定的实验原理和仪器设备，完成具有一定复杂性和挑战性的实验
(5) 设计实验	方案设计–合成制备–分离提纯–表征分析–性质研究–应用探索	学生能够根据给定目标，完成实验设计、方案评价、实验操作、数据分析、实验报告或者论文的撰写
(6) 创新实验	问题提出–方案的创新设计–合成制备–分离提纯–表征分析–性质研究–应用探索	学生能够提出创新性问题，独立完成方案设计和评价，按照科学研究的方式完成实验

2 实验教学改革的思路与途径

2.1 实验教学目标的多样化

实验教学内容、教学层次与人才培养目标紧密相关。由于各高校人才培养目标各不相同，这必然要求各高校在实验教学内容和教学层次安排上要体现出差异性和特色性。对于未来从事具体技术工作的技能型人才(如化验员、实验员等)而言，重点掌握表 1 的前 4 个层次是合适的，即前 4 个层次可以作为化学化工类职业学院人才培养的内容要求。但对于致力于培养基础研究拔尖人才、创新

应用型人才、交叉复合型人才和应用服务型人才的“双一流”建设高校、省属重点院校和普通本科院校而言，其实验教学层次则必须提升到表 1 的(4)–(6)三个层次，仅仅在程度、内容、特色等方面体现出差异性^[9]。其中，培养基础研究拔尖人才的实验教学目标强调与前沿对接，要求学生具有利用新原理和新方法从事实验创新设计，对结果进行综合分析和判断的能力；培养创新应用型人才则应注重目标导向性的实验设计，实验内容应与材料、能源、环境等学科特色领域相衔接，开展拓展性的实验设计；培养交叉复合型人才的教学，其内容则应强调跨学科综合和应用特色；而培养应用服务型人才的专业，其实验教学内容则应强调与学生未来就业与发展的需要相适应，突出地域、行业和学科特色^[10]。具体分析和对应关系见表 2。需要说明的是，高校具体培养哪一类人才和如何培养是高校的办学自主权，需要由各高校根据自己的办学基础和社会需求分析进行确定，但应注重培养目标的适应度和条件的保障度。

表 2 本科高校化学类专业人才类型和对应的实验教学特点分析

人才类型	培养目标和特色优势	实验教学要求
基础研究拔尖人才	学科领军人才、一流科学家。参与国际合作与竞争，打造创新原动力	系统的实验思维和良好的科研训练
创新应用型人才	在掌握化学高阶素质和能力的基础上，将化学的创新活力及时向下游学科和领域拓展和转化	分析、综合基础上的创新应用能力
交叉复合型人才	利用化学的思维和方法解决其他学科的问题，促进相关学科取得原理性突破	解决跨学科问题的综合能力
应用服务型人才	面向行业和产业的专业需求，主要从事相对具体的技术工作	在掌握扎实技能的基础上进行分析和综合

2.2 实验教学体系设计

当前我国高校采用的化学实验教学体系主要有四大化学体系、延伸设计体系和一体化体系 3 种^[4]，其中“四大化学体系”是目前最广泛采用的体系，但与表 1 所示的实验教学思路不匹配；“延伸设计体系”脱胎于“四大化学体系”，但进行了一些适应性调整，能够部分满足表 1 的教学设计需要，目前采用较多；“一体化体系”则是参考表 1 思路设计的，由于采用该体系需要对实验教学体系进行大力度改革，迄今为止该体系只在少数高校实施，且实施效果参差不齐。

总体而言，经过近 20 年的改革和建设，我国高校现行化学实验教学体系与“由基础实验–综合实验–研究性实验构成的多层次实验教学体系”之间还是存在或多或少的差距。即使在改革力度比较大的高校，也存在“形似”多于“神似”的问题。这也就是为什么化学教指委在《专业国标》中进一步强调构建“基础实验–综合实验–研究性实验多层次实验教学体系，其中综合性和研究性实验学时不少于总实验学时的 20%”的原因。

此外，有必要对当前广泛存在的对综合性、设计性和创新性实验的模糊认识进行辨析。即表 1 中(3)和(4)条的“综合”，以及(5)和(6)条的“设计”存在本质差异。

首先，我们应该明确综合实验的教学目标是提高学生综合运用各种实验原理和方法完成指定实验的能力^[6,15–17]，即此“综合”是指能力的综合而非知识的综合。遗憾的是，目前很多高校都将综合实验理解为将多个基本原理和基本操作堆砌在一起的知识层面的“综合”实验。前一个“综合”是基于学生和能力的，而后一个“综合”是基于教师和知识的。显然，后一种“综合”无法支撑“综合实验”的教学目标。

其次，设计实验和创新实验也有本质的不同^[18]。教师指定反应物、产物和主要仪器设备，但不

规定具体实验步骤的实验,本质上都属于设计实验即表1中的第(5)层次,无论教师指定的物质多么贴近科技前沿和生产实际,它都不能称作创新性实验;只有学生自己提出创新性的实验目标,自己按照科研的方式完成的实验,才是真正意义上的创新实验,才能达到表1中的第(6)层次。

对“综合”“设计”和“创新”属性的模糊认识已经干扰了我们的实验教学改革,这也是为什么《专业国标》要对综合实验和研究型实验的概念进行辨析的原因^[6]。因为如果不能按照正确的理解建设综合实验、设计实验和创新实验,必然导致“基础实验—综合实验—研究性实验构成的多层次实验教学体系”建设出现形式多于实效的问题。

2.3 实验教学内容改革

当前,我国高校的实验教学内容和教学方式依然存在较大问题,直接导致实验教学效果不够理想。主要问题表现在以下三个方面。

第一,实验安全与环保教育亟待加强。目前,实验室安全与环保教学体系不健全、实验安全环境和条件建设不到位,学生自我防护意识和环境保护意识养成不足等问题还比较普遍^[1,4,11]。借鉴国外高校开设相关安全课程并制订相关规章制度的做法是十分必要的^[13]。目前,国内一些高校如北京大学、南京大学、中山大学等都开始独立设置实验室安全教育课程,厦门大学、大连理工大学等通过推进实验室安全环境和规章制度建设,培养学生规范、严谨、整洁的实验习惯和科学素养也取得了良好的效果^[11-14]。

第二,深入改革实验基本操作和合成方法教学。当前,表1(2)、(3)条所对应的两部分内容的教学问题依然比较突出,主要表现在学生自主学习不足和操作过于程式化,直接导致“手把手”和“照方抓药”式的实验教学模式,无法达成实验教学的预期效果。要改变这一现况,应以表2中的(4)和(5)条作为统领,对(2)和(3)的内容按照综合化的思路进行整合。在实验教学过程中,将(2)和(3)条所涉及的绝大多数相对简单且无危险的操作,包括小型仪器设备的使用等纳入自主学习内容,采用教师指导下的学生自主学习模式开展教学,即由学生通过“看视频、听解说、读手册”等线上线下相结合的方式在课外完成教学,将有限的课内实验教学学时用于综合性、设计性实验。如此则可以较好地培养学生的自主学习能力和独立思考习惯,培养学生的自信心和适应力,保障实验教学高阶目标的达成。要实现这一目标,需要减少实验个数、压缩课内实验教学学时,把部分实验教学学时交给学生用于自主学习。在课内实验教学过程中提高实验的综合性 and 设计性,实现参数的探究性,实验结果的不确定性,实验设计和实验过程的灵活性,使学生真正受到良好的训练。北京大学正在开展的实验教学改革符合这一趋势。

第三,在实验内容的设计上要体现新颖性。要将一些化学实验的新方法、新原理、新物质、新功能引入到实验教学中来,使实验教学内容更多地贴近实际、贴近前沿,使实验内容与教师的科研、高校的地方和行业特色对接,与学生未来就业与发展需要对接,提高实验的新颖性、实用性和趣味性,这对提高实验教学效果是大有裨益的。

3 结语

相较于理论教学改革,实验教学改革具有更大的难度和更高的复杂性。但为了适应新时代培养各类拔尖化学类人才的需要,更好地支撑我国化学学科的高水平发展,支撑创新型国家和世界化学科技中心、人才中心和教育中心建设,化学实验教学必须打破以往的惯性思维,按照目标导向的方式对实验教学体系、教学内容和教学方法进行根本性改革,以适应多样化人才培养的需要,建立多样化的实验教学模式,大幅度提升实验教学效果。

参 考 文 献

[1] 赵斌,章文伟,张剑荣.大学化学,2016,31(11),111.

-
- [2] 张树永, 侯文华, 刁国旺. 大学化学, **2017**, 32 (9), 1.
- [3] 张树永, 张剑荣, 陈六平. 大学化学, **2009**, 44 (4), 24.
- [4] 张树永, 张剑荣, 陈六平. 大学化学, **2016**, 31 (9), 1.
- [5] 2006–2010 年教育部高等学校化学化工学科教学指导委员会化学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, 2010.
- [6] 2013–2017 年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 化学类专业本科教学质量国家标准. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [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, **2017**, 32 (8), 1.
- [8] Anderson, L. W. 布鲁姆教育目标分类学(修订版)——分类学视野下的学与教及其测评. 蒋小平, 张琴美, 罗晶晶, 译. 北京: 外语教学与研究出版社, 2009.
- [9] 张树永, 朱亚先. 中国大学教学, **2018**, No. 5, 26.
- [10] 张树永. 中国大学教学, **2014**, No. 4, 48.
- [11] 杨玲, 吕明泉, 杨德胜. 大学化学, **2010**, 25 (6), 23.
- [12] 朱莉娜, 邵松雪, 弓保津, 沈海云, 商闯. 大学化学, **2018**, 33 (6), 21.
- [13] 黎莹, 胡谷平, 蔡涛, 薛玮, 陈六平. 大学化学, **2015**, 30 (2), 15.
- [14] 朱平平, 冯红艳, 金谷, 查正根, 郑媛, 兰泉, 高明丽, 盛翔. 大学化学, **2017**, 32 (12), 48.
- [15] 周祖新, 王爱民, 黄莎华, 程利平, 肖秀珍. 大学化学, **2016**, 31 (9), 33.
- [16] 肖小华, 邹小勇, 张杰鹏, 闫素君, 邵光, 林志强, 陈六平. 大学化学, **2013**, 28 (4), 36.
- [17] 牛国兴, 高翔, 徐华龙. 大学化学, **2012**, 27 (4), 27.
- [18] 陈水生, 乔瑞, 张淑萍, 时兆菊, 盛良全. 大学化学, **2014**, 29 (6), 51.