

高校化学实验类课程质量提升路径探索与实践

刘 崇, 李纪宾, 李明皓, 崔 翼, 高雪洋, 姚文志, 王海荣, 杨光瑞, 张 鹏

华北水利水电大学环境与市政工程学院, 河南 郑州

收稿日期: 2024年4月22日; 录用日期: 2024年5月21日; 发布日期: 2024年5月28日

摘 要

化学实验类课程涉及理论知识、操作技能、实验安全、科学素养等多方面内容, 课程质量提升难度相对较大。本文结合无机、分析化学实验等课程教学实践, 着重从学术内涵和思想内涵两方面探讨高校化学实验类课程质量提升路径。通过多门课程合作共建, 统筹开展多层次的交叉融合, 充分发挥科研、竞赛与教学的相互促进作用, 更有利于科学高效地重塑课程内容。同时, 加强实验安全文化建设和落实课程思政建设是提升课程思想内涵的重要路径: 当前化学安全教育需要特别重视安全教育方式和数字化安全资源; 化学实验类课程具备独特而丰富的思政元素和融入途径, 例如将劳动教育融入课程等。

关键词

化学实验类课程, 多层次交叉融合, 安全文化, 安全资源, 课程思政, 劳动教育

Exploration and Practice of Quality Improvement Path of Chemistry Laboratory Courses in Universities

Chong Liu, Jibin Li, Minghao Li, Yi Cui, Xueyang Gao, Wenzhi Yao, Hairong Wang, Guangrui Yang, Peng Zhang

School of Environmental and Municipal Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou Henan

Received: Apr. 22nd, 2024; accepted: May 21st, 2024; published: May 28th, 2024

Abstract

Chemistry laboratory courses involve theoretical knowledge, operational skills, safety, scientific literacy and other aspects, and it is relatively difficult to improve the quality of the courses. This

文章引用: 刘崇, 李纪宾, 李明皓, 崔翼, 高雪洋, 姚文志, 王海荣, 杨光瑞, 张鹏. 高校化学实验类课程质量提升路径探索与实践[J]. 教育进展, 2024, 14(5): 900-911. DOI: 10.12677/ae.2024.145782

paper combines the teaching practice of inorganic and analytical chemistry experiments to explore the path of improving the quality of chemistry laboratory courses in colleges and universities from the aspects of academic connotation and ideological connotation. Through the cooperation and joint construction of multiple courses, coordinating and carrying out multi-level cross and integration, and giving full play to the mutual promotion of scientific research, competition and teaching, it is more conducive to the scientific and efficient reshaping of course content. At the same time, strengthening the construction of safety culture and implementing ideological and political construction in chemistry laboratory courses is an important path to enhance the ideological connotation of the course: the current chemical safety education needs to pay special attention to the safety education process and digital safety resources; the experimental chemistry courses have unique and rich ideological elements and ways of integration, such as the integration of labor education into chemistry laboratory courses and so on.

Keywords

Chemistry Laboratory Courses, Multi-Level Cross and Integration, Safety Culture, Safety Resource, Course Ideology and Politics, Labor Education

Copyright © 2024 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

化学是一门以实验为基础的自然科学，高校化学实验类课程作为重要的教学载体，是相关学科教学质量提升的关键。高校化学实验类课程不仅可以帮助学生加深对化学理论知识的理解，还能培养学生的实验操作能力、观察分析能力和解决问题的能力。这些都是在未来从事科学研究或工程技术领域所必须具备的技能。此外，通过化学实验，学生也能够学习如何进行安全实验操作，并且培养团队合作精神。这些技能和素质对于高校学生成长和未来的职业发展都非常重要。

自“十二五”以来，国家精品在线开放课程、一流本科课程、课程思政等多项课程类建设项目的实施，以及教育信息化的不断发展，都对高校化学实验类课程质量提升产生了积极的影响。但总体而言，相对与大部分理论课程，化学实验类课程质量的提升难度较大，进度较缓。以我校应用化学专业为例：化学实验类课程学时占有所有专业课(含专业基础和核心课程)总学时的40%，17门专业课程中有7项校级，5项省级，和2项国家级一流课程，而化学实验类课程仅有1项。究其原因是多方面的，从实验教师队伍水平，到实验教学环境，从教学内容到运行模式等多方面都与理论课程面对的情况存在明显差异。目前已经较多研究者以自上而下的视角[1][2]，从管理、组织者的角度对其中一些问题进行了阐述和研究，例如韩杰，从教学团队建设、实验条件建设、改革考核制度等方面总结了南开大学化学学院基础实验类课程建设中的存在问题及实践经验。本文则侧重以直接参与课程“教”与“学”的师生视角，结合我校应用化学专业实验类课程改革的探索与实践，主要从重塑课程内容和提升课程思想内涵两方面探讨高校化学实验类课程质量提升路径。

2. 重塑课程内容

基于“淡化专业，强化基础”的指导思想，我校应用化学专业从2018年开始，陆续增加了所有化学实验类课程的学时(见表1)。以分析化学实验为例，从20学时调整为32学时，并由课后实验调整为一门

独立的课程,但是和兰州大学[3]、吉林大学[4]、华中科技大学[5]等高校的应化专业相比(见表 2),学时数依然明显偏少。化学实验类课程的学时数,受实验场地、设备、经费等外在条件的影响较大,而这些条件在短时间内往往都较难有很大提升。

另一方面随着科技的发展,大量新的知识、理论和技术不断迭代更新,例如移液枪的普及使得移液管的使用率大幅下降;原子发射光谱、离子色谱技术已经取代了部分传统的阴、阳离子鉴定方法。这些日新月异的变化,要求化学实验的“三基”(基本知识、基本理论、基本技能)内涵也应与时俱进,化学实验课程中关于“三基”的内涵自然也需要进行科学合理的调整。

基于上述“学时调整空间有限”的现状和“三基”内涵与时俱进的要求,如何更科学合理地重塑课程内容,确保课程质量有效提升,是非常重要的。

Table 1. Adjustment of the number of class hours and experimental items of chemistry laboratory courses for applied chemistry major in our university

表 1. 我校应用化学专业化学实验类课程学时及实验项目数调整

课程名称	开课学期	课程阶段	实验学时	
			调整前	调整后
无机化学实验	2		16	32
有机化学实验 I、II	2、3	前期	32	64
分析化学实验	3		20	32
物理化学实验 I、II	4、5		32	64
化工原理实验 I、II	4、5	中期	8	64
仪器分析实验	5		20	32
精细化学品合成实验	6	后期	0	16
应用化学综合实验 I、II	6、7		32	96

Table 2. Comparison of class hours in the course of analytical chemistry experiment

表 2. 分析化学实验课程学时对比

学校名称	兰州大学 (2019 年)	吉林大学	华中科技大学	华北水利水电大学 (2018 年以后)	华北水利水电大学 (2018 年以前)
学时	126	96	48	32	20

注:兰州大学化学化工学院在 2019 年将无机化学实验与分析化学实验合并成无机化学及分析化学实验 I 和 II,共 256 学时。为方便对比,表中 126 个学时是取其总学时的 1/2,作为粗略估计。

2.1. 合作共建, 加强多层次的交叉融合

基于新工科的内涵及特征[6],以及目前课程细分化的现状,交叉融合已经开始成为越来越多新工科专业课程改革的必经之路。但同时也需要特别注意,交叉融合是多层次的,并不是每门课程都面面俱到就会促成整个课程模块的最优化,因为这往往会造成交叉重复和资源浪费。因此在重塑课程内容时,必须需要明确课程之间的关系和各门课程的定位,不同定位的课程可以有所侧重地开展不同层次的交叉融合。以我院化学实验室和应化教研室合作共建的“化学实验类课程模块”为例,该课程模块共包含表 1 中 8 门实验课程,合计 400 学时,根据开课学期的先后,大致分为前期、中期、和后期三阶段课程。

前期阶段课程包括无机化学实验、有机化学实验和分析化学实验,主要面对大一、大二学生,对应我校该专业学生的毕业要求指标点是“能够掌握化学与化学工程的基本实验技能”,更侧重于化学实验

的“三基”训练, 和良好实验习惯的培养等。因此前期阶段课程的实验项目以验证性和演示性为主, 设计性和综合性为辅。课程的交叉融合主要以“本课程实验项目之间”以及“相关课程之间”的关联贯通为主, 让学生通过多个实验项目的桥梁搭建作用, 将所学知识融会贯通, 加深认识。例如通过课程内容重塑, 我校无机化学实验课程中的《铁氧体法处理含铬废水》与 5 个实验项目相关联(如图 1 所示), 涉及分析化学实验、仪器分析实验和水质工程学实验等多门课程的关联。该实验的原料含铬废液和还原剂, 分别采用分析化学实验“氯离子测定”产生的六价铬废液和无机化学实验“制备硫酸亚铁铵”的产物。其中废液中的六价铬含量, 和硫酸亚铁铵的纯度, 分别通过仪器分析实验中“分光光度法测定六价铬”和“邻二氮菲显色法测定铁含量”进行测定, 从而确定原料的用量。另外, 由于采用硫酸亚铁铵为还原剂处理的含铬废水中氨氮含量较高, 该实验产生的废液又可作为水质工程学实验“MAP 法去除水中高浓度氨氮”实验的原水。

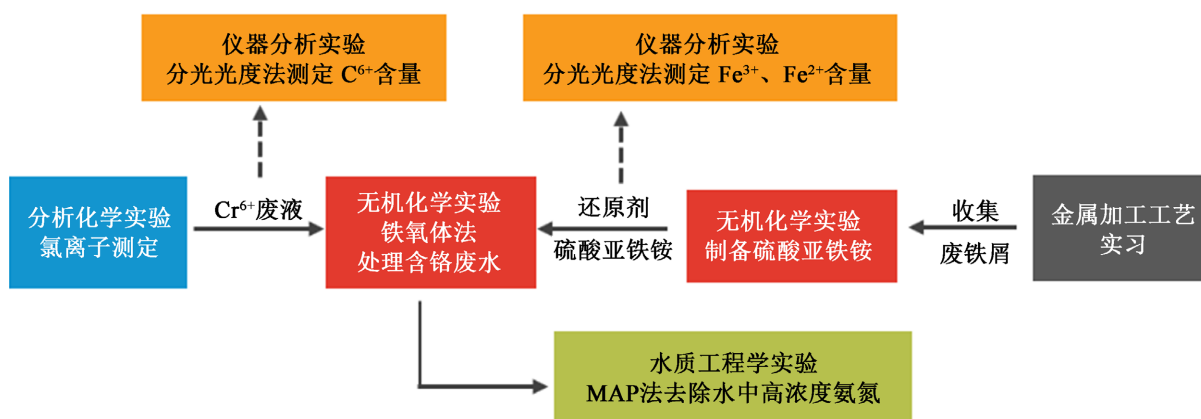


Figure 1. Cross and integration examples of “inter-item” and “inter-course” in the course of inorganic chemistry experiment
图 1. 无机化学实验“课程实验项目之间”和“课程之间”的交叉融合实例

中期阶段实验类课程包含物理化学实验、化工原理实验和仪器分析实验, 主要面对大二、大三学生, 在前期课程的基础上, 综合性实验和设计性实验占比会明显有所提高; 而后期阶段的课程包括精细化学品合成实验和应用化学综合实验主要面对大三、大四的学生, 对应的毕业要求指标点是“能够结合化学与化学工程专业知识, 针对复杂化学与化学工程问题, 根据研究对象的特征, 设计、优化实验方案”, 所以对课程的高阶性要求更强, 实验项目以综合性、设计性为主, 同时, 创新性、研究性实验也占有一定比例。课程内容的重塑需要更广领域的交叉融合才能更好的实现。与前期课程明显不同, 后期课程对师资的要求更高一些, 往往需要多名教师共同参与课程实验项目的开发及授课; 内容的交叉融合主要以“课程之间”和“学科之间”为主, 使学生具备更开阔的视野, 同时通过理论知识和实践的深度融合, 帮助学生提升解决复杂化学和化学工程问题的综合应用能力。以我校应用化学综合实验一门课程为例, 共有 7 位具备不同专业背景的教师合作共建, 在 2018~2022 年期间, 本课程先后新开发了多项综合设计型和 innovation 研究型实验, 见表 3。

2.2. 教学、科研、竞赛三位一体

“科研反哺教学”和“以赛促教, 以赛促学”等提倡已被广泛认同和不断实践。将科研、竞赛与教学有机的结合在一起, 可以有效地提升化学实验类课程的高阶性、创新性和挑战性。

传统的化学实验课程, 实验项目大都是经典的、比较固定的实验。有些实验课程的实验内容可能近十年都无变动, 选题老旧, 学生学习的兴趣往往不浓, 同时教师长期按部就班的教同样的一些实验项目,

Table 3. Cross and integration examples of “inter-course” and “inter-professional” in the course of comprehensive experiment in applied chemistry**表 3.** 应用化学综合实验“课程之间”和“专业之间”的交叉融合部分实例

序号	实验项目名称	学时数	实验类型	交叉专业或课程
1	纳米材料机构及光催化性能评价	6	创新性	材料化学、分析化学
2	离子液体：1-丁基-3-甲基咪唑溴盐的制备及表征	10	研究性	有机化学、仪器分析
3	聚丙烯酸的合成及表征	10	综合性	高分子化学、物理化学
4	溶胶-凝胶法制备纳米二氧化钛粉体和多孔薄膜	6	创新性	材料化学、膜技术
5	聚砜/聚醚砜超滤膜的制备及分离性能测试	10	创新性	膜技术、仪器分析
6	校园龙湾湖水体水质综合分析	10	综合性	环境微生物、分析化学、仪器分析

也比较容易产生思维僵化。如果教师能将自己的科研成果或课题中的某些部分结合课程目标，转化为课程的实验教学内容，既能激发学生对课程的兴趣，又能引导学有余力的学生到自己感兴趣的课题组，积极参与科学研究，将学习从课内延伸到课外，进行专业性更强的训练。同时也有利于教师教学能力和科研能力的协同发展。表 3 中列举的大部分实验项目都是我校教师根据自己的科研课题，结合应用化学综合实验课程目标，开发的综合设计性或创新研究性实验。目前，也有很多高校积极开展产学研融合，充分利用企业与学校的优势互补，深度合作，开展一些与实际生产关系紧密的校企合作项目，并将这些科研资源转化为教学资源，例如九江学院化学化工学院将校企研发资源融入《材料化学实验》教材[7]。

教师竞赛对于教师教学水平的促进和提高是不言而喻的，同时学生竞赛对课程质量的提升也不容忽视。表 4 中列举了部分与化学相关专业师生相关度较高的全国性竞赛，其中学生参与的竞赛当中除了全国大学生化学邀请赛，其他均包含在中国高等教育学会公布的最新《全国普通高校大学生竞赛分析报告》中[8]。

化学类学生竞赛不仅给大学生建立了一个应用、创新能力的展示与交流的平台，加强大学生综合素质与能力提升，同时对高校化学实验类教学改革也有重要的借鉴意义，一方面竞赛的内容本身可以作为教学资源的一部分，对学有余力的同学可以激发他们进一步探索，以提升课程的高阶性和挑战度；另一方面，关注每年相关的学生竞赛，可以帮助教师更好的反思教学过程中的薄弱环节，更持续地开展化学实验教学模式、教学内容、教学方法的改革。例如：近几届全国大学生化学邀请赛的实验命题中出现的问题背景、化学反应甚至实验操作等，不少都是学生比较陌生的。以第 10 届邀请赛有机化学实验试题“4,4',5-三甲氧基-[1,1'-联苯]-2-甲醛的制备”为例[9]，该实验考查的是一个 Suzuki-Miyaura 偶联反应。目前大多数高校的本科课程中对于这种反应介绍的很少或者几乎没有。所涉及的加压快速柱层析分离等基本操作也是在科研实验常用的，本科生实验较少接触。但竞赛题目给学生提供了实验原理、操作说明和注意事项等自学资料，以考查学生克服畏难情绪，快速自主学习，结合原有的知识体系，灵活运用，解决复杂问题的能力和素养。这也反映了化学实验类课程改革的发展趋势——在夯实“三基”的基础上，还应重视“自主学习和应用能力”的培养。

如上所述竞赛促进教学，反之亦然。教学不仅为参赛学生提供知识、理论、方法和技能方面的基础保障，而且有时也可以为他们提供丰富的参赛素材。学生竞赛的参赛作品一部分来自于他们参与的科研课题，同时化学实验类课程的教学、教研过程也是引导学生参与竞赛的一个重要路径。例如全国大学生化学实验创新设计大赛的竞赛内容包括创新实验、改进实验和科普实验三类，其中：“创新实验”是把反映新知识、新理论、新技能、新方法的科研成果设计为适合本科生实验需要的基础型实验或者综合创

新性实验。表 3 中大部分实验项目都适合该竞赛内容，也就是说，教师在进行课程实验项目开发的教学准备过程，可以让学生也参与进来，最终的成果还可以作为学生参加全国大学生化学实验创新设计大赛的内容。另外“改进实验”是针对现有国内外教材或者期刊的教学实验，对教学内容、教学方法及教学手段进行创新设计，或对教学实验仪器进行创制或改进。这些都需要学生在课程教学活动中去发现问题、分析问题、和解决问题。

Table 4. Selected national competitions of high relevance to students and faculty of chemistry-related majors
表 4. 与化学相关专业师生相关度较高的部分全国性竞赛

序号	竞赛名称	参赛对象
1	全国大学生化学实验创新设计大赛	
2	全国大学生化工设计竞赛	
3	全国大学生化工实验大赛	
4	全国大学生化学邀请赛	在校大学生
5	“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛	
6	全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛	
7	中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛	
8	全国高校教师教学创新大赛	
9	全国青年教师教学竞赛	
10	全国高校多媒体课件大赛	高校教师
11	全国高校微课教学比赛	
12	全国高等学校自制实验教学仪器设备评选活动	
13	全国高校混合式教学设计创新大赛	

教学科研竞赛三位一体，可以使得三者之间形成持续的良性循环。将科研、竞赛，以及实际生产有机地融入化学实验类课程的教学、教研工作中，无论对教师、学生、还是课程都是一个很好的提升路径。

3. 提升课程思想内涵

课程内涵包括学术内涵和思想性内涵，前面介绍的重塑课程内容主要归属于学术内涵建设的范畴[10]。课程内容固然重要，但同样的课程内容产生的教学效果和体现的教学质量是千差万别的。除了受教学模式、教学方法、教学工具以及教学评价等影响之外，课程质量主要取决于内容和思想内涵。笼统地说，课程的思想内涵即通过某门课程想要传递给学生的理念和价值观。基于高校化学实验类课程的特点及现状，加强实验安全文化建设和落实课程思政建设是提升课程思想内涵的重要路径。

3.1. 强化安全文化建设

3.1.1. 高校实验安全文化建设存在的问题

实验室安全文化建设仅仅靠安装(监控、洗眼器喷淋器等)安全硬件设施，制定管理制度、定期安全检查等这些平台、制度建设是远不能达到良好预期的。实验室安全文化不仅是管理者的责任，更是教育者的责任，尤其是化学实验类课程必须承担的责任。

其实实验室安全一直都是高校化学实验类课程中必须包含的重要内容。但相关的安全教育普遍主要

存在两类问题：一是实验安全与课程主体相割裂。部分课程会在开课初以演示性的安全讲座形式对学生进行简短的或者是 1 至 2 个学时左右的安全教育，有的还会加入少量演习训练，但是后面的课程中则很少再涉及；二是大部分安全教育倾向于授之以鱼而非授之以渔。学生普遍把实验室安全等同于背诵实验行为规范及规章制度，并认为在短时间内记住讲座中老师介绍的安全常识、规范等具体知识点，通关实验室安全测试，能顺利进入化学实验就可以了。国内外高校都存在着类似的安全教育现状，美国化学学会在 2012 年发布的《创建高校安全文化》报告中提到：“呼吁改变高校安全教育方式和加强高校安全文化的呼声，在学术界内外日益高涨[11]。”

3.1.2. 持续学习与 RAMP 范式

良好的安全教育应该是从本科阶段，到研究生学习阶段，持续不断地进行的，除了院校组织的演习、培训等活动外，所有化学实验类课程应该将安全文化贯穿始终。因为化学相关的工作者在他们的职业生涯中需要丰富的实验安全知识和技能，坚定稳固正确的安全态度和安全意识。另外化学领域和教育领域的发展日新月异，涉及的安全知识和技能，以及教育方式方法都是在不断更新的，这就要求承担课程的教师应该对实验室安全保持全面、最新的了解。同时化学实验安全教育涉及较多实践性、经验性的内容，简单的记忆和积累不能起到很好的效果，需要学生在多门化学实验课程中，反复学习、实践、积累。

RAMP 范式是近些年逐渐流行起来的一种化学实验室安全学习框架[12]。RAMP 是危害识别(Recognize hazard)、风险评估(Assess risk)、降低风险(Minimize risk)和紧急预案(Prepare for emergencies)的英文首写字母缩写。2010 年首次出现在美国高校教材《化学专业学生实验室安全》(Laboratory Safety for Chemistry Student)中，被称为是一种“简单、结构化、灵活、可扩展”的化学实验室安全学习工具[13]。借助 RAMP，可以将安全教育融入化学专业不同阶段涉及的所有课程中。学生可以在开展每一个实验项目学习时，都按照 RAMP 范式，依次对实验的所涉及的化学品、仪器、实验操作等方面进行危害识别，风险评估，进而利用新学习的操作规范、实验室安全准确确保实验风险最小化，最后，在进入实验后，通过观察和操作实践不断熟悉周边环境，明确出口位置、火警报警按钮、洗眼器、安全喷淋器、消防毯、急救箱和灭火器等应急装置的位置和寻找路线，以及不同类型实验风险的应急处理方法和技能。RAMP 范式帮助学生搭建了一个化学实验安全学习的框架，支持学生通过多个实验课程逐步学习消化和积累那些琐碎、繁多的各项安全常识、规范、技能等，在实践和讨论中逐渐强化固定安全意识和态度。我校无机、分析化学实验等课程基于 RAMP 范式，改进了传统的实验报告，增加了化学试剂安全信息的内容。学生需要在预习阶段查阅实验所涉及的主要试剂的化学安全技术说明书(MSDS)，即有助于学生逐渐积累化学药品危险性分类、GHS 标识、防护措施和泄露应急处理等大量安全知识，也有利于培养学生良好的实验习惯和安全意识。

3.1.3. 安全文化建设贯穿课程教学的全过程

安全教育不仅应融入化学专业不同阶段涉及的所有课程中，还应该贯穿于每一门课程的教学全过程。首先在化学实验课程的教学设计环节，教师按照 RAMP 流程对课程的实验项目进行评估、调整，尽可能从源头减少危险化学品的种类和用量。以图 1 所示的几个实验为例，我校化学实验室以本科教学实验“铁氧体法处理含铬废水”为切入点，充分利用不同实验之间的反应原理、物料关联和需求差异，将无机化学实验、仪器分析实验、水质工程学实验等多门课程中的部分实验构建成一个跨课程、跨学科、协同组合的有机单元，可高效持续地实现该教学实验单元内的废液零排放、提升资源利用效率和减少浪费等多重目的，充分践行了绿色化学理念，也是安全文化建设的一部分。其次在教学准备阶段，教师应对可能在实验过程中产生的意外事故进行合理的教学准备。例如无机化学实验中的《反应热测定》，学生实验过程中可能会出现水银温度计的破碎，所以课前教师应按照紧急预案的处理方法，提前检查通风装置，

并将硫粉和锌片等所需物品提前准备好，而不是事故发生时再去试剂库房找。接着，在授课环节，要对实验过程中学生的操作和实验行为及时反馈，好的提出表扬，对不好的地方及时纠正，讨论。树立榜样和讨论纠错都是营造安全文化氛围的有效方法。

3.1.4. 注重化学安全资源建设

化学安全是一门横跨多门学科的学科，涉及的知识面很广，涵盖的内容也是海量的。同时随着信息化和数字化的发展，化学安全的学习方式和资源也越来越多样化，这也使得学生在学习化学安全时，不必将重点陷入记忆大量具体的规范、准则、和抽象信息上，而是借助这些资源，在课程学习中开展应用、分析、评价、创造等这些更高层次的认知活动，随着不断地学习实践和积累，原有的知识结构自然而然的得以完善和强化。目前互联网提供了大量关于化学安全的资源，但这些内容信息良莠不齐，有些网站是完全不可靠的，提供的信息和观点可能是缺乏科学依据的，所以在学生建立起丰富牢固的知识基础和可靠的甄别能力之前，化学实验类课程应该为他们提供丰富多样化，科学可靠的化学安全资源[14]。这些资源可以是课程原创开发的，也可以是对现有资源进行收集、筛选、评估和推荐。

Table 5. Selected chemical safety resources for students in the course of inorganic chemistry experiment

表 5. 我校无机化学实验课程为学生提供的部分化学安全资源

序号	资源名称及介绍	网址链接
1	一些较权威的专业试剂服务的企业官网，可以查询到大多数化学品的 MSDS 相关信息	https://www.sigmaaldrich.cn/CN/zh https://www.jkchemical.com/
2	国家危险化学品安全公共服务互联网平台	http://hxp.nrcc.com.cn/index.html
3	美国化学学会化学健康与安全部(CHAS)网站提供了有关化学和实验室安全各个方面的最新信息	https://www.dchas.org/
4	全球化学品统一分类和标签制度(GHS)指南，是对 GHS 的精简版说明。	https://www.osha.gov/dsg/hazcom/ghsguideoct05.pdf
5	美国海洋和大气管理局的一个化学品数据库提供了“混合”化学品功能，可以预测化学品的相容性及反应性。该软件可以下载或在线使用。	https://www.cameochemicals.noaa.gov/
6	法国巴黎-萨克雷大学参与创建的 CHIMACTIV 网站，提供复杂介质(如食品、药品、生物介质)化学分析领域的互动数字学习资源，其中也包含丰富的化学实验安全互动数字化学习资源	https://www.cameochemicals.noaa.gov/

表 5 列举了我校无机化学实验课程为学生提供的部分化学安全资源：其中，通过前两项的资源链接，可以轻松的获取绝大多数化学品的安全信息说明书(MSDS)；通过第 5 项互动数字资源链接，可快速预测多种混合化学品的相容性及反应性[15]；另外，还有一些互动数字资源可以作为学生预习和自测的工具，如表 5 第 6 项 CHIMACTIV 网站包含决策树、危废分类等类型丰富的互动数字资源[16]，可以帮助学生在不断地互动尝试与反思中，牢固掌握危险化学品辨别与分类等化学实验安全知识。

3.2. 落实课程思政建设

课程内涵包括学术内涵和思想性内涵，前面介绍的重塑课程内容主要归属于学术内涵建设的范畴[17]。课程内容固然重要，但同样的课程内容产生的教学效果和体现的教学质量是千差万别的。除了受教学模式、教学方法、教学工具以及教学评价等影响之外，课程质量主要取决于内容和思想内涵。笼统地说，课程的思想内涵即通过某门课程想要传递给学生的理念和价值观。基于高校化学实验类课程的特点及现状，加强实验安全文化建设和落实课程思政建设是提升课程思想内涵的重要路径。

3.2.1. 融入劳动教育

《中共中央国务院关于全面加强新时代大中小学劳动教育的意见》明确指出劳动教育的重要性。将劳动教育融入课程思政,对学生的劳动精神面貌、价值取向、技能水平可以产生直接影响[18]。打通劳动教育与化学实验类课程思政建设的联系,是落实劳动教育的一条具体路径。

清洗实验玻璃仪器、清点试剂及仪器、整理实验台面和打扫卫生等劳动都是每次实验结束后学生应该完成的工作,但相当一部分学生并不重视,只是当作一项不得不做的任务敷衍了事。事实上,这些看似繁琐无趣的劳动,其实是一种宝贵的课程资源,在培养学生建立良好实验习惯、磨砺心性、锤炼品质,增强责任心等方面具有重要深远的教育意义。我校无机化学实验和分析化学实验课程作为应用化学专业的入门课程,以此为切入点在最近两轮的课程教学中,组织开展了“实验室劳动成果展”的主题活动:在课程开始之初,教师通过学习讨论区发布相关的主题活动,在整个课程进行过程中,学生会陆续将自己认为最满意的劳动前后对比图(见图2)发布到讨论区,同时也可以对其他同学的成果展示进行评论和点赞。通过同伴间行为的相互带动,良好氛围的相互感召,以及体验自己劳动变化带来的喜悦,学生对实验室劳动的敷衍态度有了明显改观,对建立良好实验习惯,磨砺心性、和增强责任心等方面也起到了潜移默化的作用。



Figure 2. Comparison of experimental glass apparatus and waste liquid barrel before and after cleaning
图2. 学生清洗前后的实验玻璃仪器及废液桶对比

3.2.2. 言传与身教相结合

教书主要用言传,育人则更需身教,因为真正的德行不是被说教出来的,而是在实际的社会生活中熏陶内化而来的[19]。在大学里的学习生活与实践也属于社会生活的一部分,教师在其中的示范和榜样作用是润物无声、意义深远的。

化学实验类课程中要传递给学生的很多行为规范、价值理念、科学素养和精神,通过言传能达到的效果是非常有限的,更需要教师身体力行的示范作用。例如,对待实验数据和结果要遵守严谨诚信的学术道德准则,这不仅需要教师在实验训练中对学生严格要求,积极引导,还需要教师本人在自己的学术研究中做到坚持遵守;再比如前面提到的,实验室劳动教育,想要达到养成学生良好实验习惯,锤炼品质,增强责任心目的,那么作为教师首先应该以身作则。如果作为教师,自己的讲台堆满杂物,蒙满灰尘,课前给学生准备的试剂仪器摆放杂乱、试剂瓶上标签残缺,所用废液随意处置等,那么如何要求学生保持良好实验习惯、遵守安全规范呢?想要通过课程传递给学生的价值观念和育人目标也难以真正落实。我校化学实验类课程教师在课程思政建设中不断践行“言传与身教相结合”,在近两年的在教学过程中,从课前准备、讲台卫生(见图3)、试剂仪器、安全着装等方面严格要求自己的言行举止。另外,还在每次实验前,通过线上学习平台发送当次实验的试剂仪器检查清单并配以图示(见图4),一方面帮助

学生在预习时对所用实验试剂仪器的在实验摆放分布做到心中有数，另一方面起到了很好的示范作用，且借助清单和图示帮助学生在实验后更快更好的完成物品清点归位和整理实验台面的工作。



Figure 3. Comparison of podiums before and after cleanup by teacher
图3. 教师整理前后的讲台对比

试剂仪器检查清单

序号	位置	试剂和仪器	数量	备注
1	各组实验台	KMnO_4 标液 (待标定)	1 瓶/两组	由各组负责清洗、归位
2		$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 标液浓度 (0.009464mol/L)	1 瓶/两组	由各组负责归位;
3		(1+3) H_2SO_4	1 瓶/两组	值日生负责清点归位
4		锥形瓶	4 个/组	由各组负责清洗、归位
5		洗瓶	1 个/组	由各组负责清洗、归位
6		洗耳球	1 个/组	由各组负责清洗、归位
7		酸式滴定管	1 个/组	由各组负责清洗、旋塞打开，倒置
8		电炉	1 台/两组	由各组负责
9	称量台	玻璃珠	1 包/班	值日生负责整理归位
10		滤纸条	/	值日生负责整理归位
11	讲台附近	酒精温度计	1 直/两组	由各组负责清洗、归位
12		10mL/100mL 移液管	1 套/组	由各组负责清洗、归位
13		5mL 一次性滴管	1 套/组	由各组负责清洗、归位
14	靠窗公共实验台	150mL 烧杯	1 只/组	由各组负责清洗、归位
15		棉线手套	1 双/组	由各组负责清洗、归位
16		纯水	一桶/班	值日生负责及时补充
17	水槽附近	水浴锅	一台/两组	由各组负责及时关闭、断电
18		乳胶手套	一双/组	由各组负责清洗、归位
19		清洗刷	一个/组	由各组负责清洗、归位
20		抹布	一个/组	各组负责清洗、归位

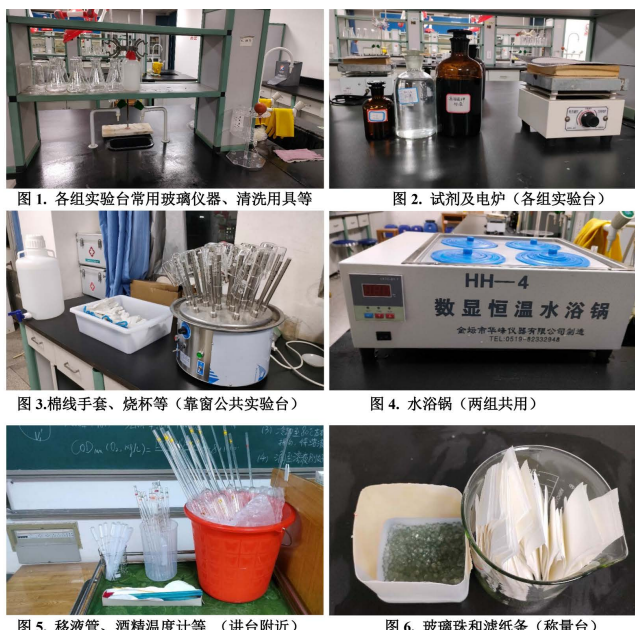


Figure 4. Reagent instrument checklist and diagrams of permanganate index measurement in the course of analytical chemistry experiment

图4. 分化化学实验“高锰酸盐指数测定”试剂仪器检查清单及图示

3.2.3. 课内与课外相结合

虽然课程中的思政元素是在课程内挖掘的，但是其融入课程的时间和空间不一定局限于课内，也可以延伸至课外。以我校无机化学实验开展的《滴定分析基本操作》教学为例，该教学过程将美育提升科学素养的课程思政教育融入贯穿于课内外。首先通过在课堂引入时播放一段美丽化学制作的视觉冲击感很强的短视频，展示各种花朵在不同 pH 条件下的变色，在美育中激发学生对指示剂变色和化学实验的兴趣。其次，在使用实验室滴定装置演示和讨论完滴定操作要点后，又向学生演示如何利用身边日常的生活用品，开展滴定基本操作练习，既强化了酸碱滴定操作要点，同时也激发了学生勇于尝试和探究的热情。最后，课后通过超星平台华水学堂发放了主题活动——“找找你身边的酸碱指示剂，并在讨论区

向大家展示你的尝试过程及成果。”学生们经过课下自主探索，在主题讨论区展示自己作品、观看他人作品，互评交流等。很好地激发了学生的探索驱动力，让他们自主地开展探索尝试，认真观察，在身边找到更多的天然指示剂(枸杞、洋葱、玫瑰花等)，并在失败的尝试中开展探究与反思。更重要的是，这些育人作用是具有延伸性的而非暂时性的。在后面分析化学实验课程中开展的“化学实验美与趣作品展”主题活动中(见图5)，发现学生在同期及后续开展的其他实验课程学习中依然保持着对科学实验的浓厚兴趣、强烈的参与感、敏锐的观察力和良好的审美情趣。



Figure 5. Some works submitted by students in the theme activity “Exhibition of works on the beauty and interest of chemistry experiments”

图5. “化学实验美与趣作品展”主题活动中学生提交的部分作品

4. 结语

随着时代的发展、科技的进步以及教育需求的不断提升，课程质量建设也应与时俱进，课程改进永无止境。高校化学实验课程需结合学科发展和各学校自身的办学条件，以学生为中心，科学合理地重塑课程内容。同时应着重从安全文化建设和课程思政建设两方面，不断提升高校化学实验课程的思想内涵。通过上述提升路径，目前我校应用化学专业实验类课程在课程内容和思想内涵建设方面都初见成效。学生对实验课程的兴趣和动手操作能力明显提升；在实验中的安全意识、观察分析和解决问题等综合能力也有了较大改善。

其实，除了上述讨论的课程内容和思想内涵，课程建设“动力”也是提升课程质量的关键。在有限时间和精力的前提下，作为课程教学主导和主体的师生双方，其“教”与“学”的能力，都需要不断地从原有手段、工具、方法和思想的束缚中被解放，从而才能释放活力与创新力。如何高效科学可持续地解放“教”“学”力，使课程建设保持源源不断的动力，还需从数字化建设、教学工具、手段、模式、理念等多方面进行不断探究与实践。

基金项目

华北水利水电大学 2021 年度课程思政示范课程项目(2021-199-19)；华北水利水电大学 2021 年校级教育教学研究与改革项目(2021-8-89)；华北水利水电大学 2023 年校级一流课程(分析化学实验)；华北水利水电大学 2024 年校级教育教学研究与改革项目(2024XJGXM077)；华北水利水电大学 2024 年研究性教育示范课程(无机化学)；国家级一流课程(线上线下混合式 2023-1101, 物理化学)；华北水利水电大学 2021 年课程思政教学团队项目(基础化学类课程思政团队, 2021-8)；国家级一流课程(线上线下混合式 2020-541, 有机化学 1)；河南省 2022 年本科高校课程思政样板课程(2022-48, 有机化学 1)。

参考文献

- [1] 马兆龙. 兰州大学国家级化学实验教学示范中心的建设与管理[J]. 高等理科教育, 2010(1): 77-81.
- [2] 韩杰, 李一峻, 邱晓航. 一流课程建设——基础化学实验[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(18): 79-84.
- [3] 王薇, 董立军, 吕东煜. 以创新人才培养为导向的无机及分析化学实验课程体系建设与实践[J]. 大学化学, 2023, 38(2): 90-97.
- [4] 范勇, 童程霞, 宋志光. 在传承与发展中加强化学基础实验课程体系建设[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(14): 94-99.
- [5] 陈芳, 王宏, 刘敏. 基于一流课程建设的分析化学实验教学改革与实践[J]. 大学化学, 2023, 38(5): 26-30.
- [6] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(2): 26-35.
- [7] 曹小华, 胡华南, 占昌朝, 等. 化学化工类专业应用型人才“产联研训赛”协同育人模式探索[J]. 化学教育(中英文), 2024, 45(4): 124-129.
- [8] 2023 全国普通高校大学生竞赛分析报告竞赛目录[EB/OL]. <https://www.cahe.edu.cn/site/content/16011.html>, 2024-03-02.
- [9] 赵斌, 章文伟, 张剑荣. 第 10 届全国大学生化学实验邀请赛情况分析思考[J]. 大学化学, 2016, 31(11): 111-117.
- [10] 张红伟, 蒋明霞, 兰利琼. 一流课程建设的要义: 思想性与学术性[J]. 中国大学教学, 2020(12): 36-41.
- [11] Goode, S.R., Wissinger, J.E. and Wood-Black, F. (2021) Introducing the Journal of Chemical Education's Special Issue on Chemical Safety Education: Methods, Culture, and Green Chemistry. *Journal of Chemical Education*, **98**, 19-24. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01459>
- [12] 罗铭, 陈新丽, 许嘉铭. 基于 RAMP 范式的化学实验风险认知与决策能力教学模式设计[J]. 化学教育(中英文), 2023, 44(11): 98-103.
- [13] Finster, D.C. (2021) RAMP: A Safety Tool for Chemists and Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, **98**, 19-24. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00142>
- [14] Finster, D.C. (2017) Safety in Academic Chemistry Laboratories. 8th Edition, ACS, DW, 70-71.
- [15] Hunter, K.P., Hill Jr., R.H. and Gmurczyk, M. (2021) ACS Safety Resources: How a Community of ACS Volunteers Shapes Safety. *Journal of Chemical Education*, **98**, 25-33. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00173>
- [16] Camel, V., Maillard, M.-N. and Descharles, N. (2021) Open Digital Educational Resources for Self-Training Chemistry Lab Safety Rules. *Journal of Chemical Education*, **98**, 208-217. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00094>
- [17] 邱水平. 对新时代中国高等教育内涵式发展的几点思考[J]. 中国高等教育, 2020(19): 12-16.
- [18] 刘洋, 钟飞燕. 劳动教育融入课程思政的审思[J]. 课程教学, 2022(8): 68-70.
- [19] 徐超富. 大学教师: 言传身教的学者[J]. 大学教育科学, 2010(2): 60-64.