

化学实验室绿色化建设研究^{*}

李红霞^{1,2}, 王坤杰^{1,2}, 宋玉民²

(1. 塔里木大学生命科学学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 西北师范大学 化学化工学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:在绿色化学思想的指导下,用预防化学污染的新思想、新方法和新技术,对常规实验进行改革,从而极大地减少或消除实验室“三废”,降低污染的程度和不必要的浪费,构建“绿色化学实验室”。立足塔里木大学生命科学学院化学实验教学实际,通过更新化学实验内容、发展微型实验、选用环境友好的化学试剂和反应、引进无溶剂反应和微波辐射等新技术手段,降低实验成本、提高安全性,力求从源头上阻止污染,实现化学实验室的零污染或最低污染,逐步实现化学实验绿色化,创建绿色化学实验室,并联合计算机辅助多媒体仿真教学,在实验教学中向学生灌输“绿色化学”观念,培养学生环境保护和可持续发展意识,促进环境和化学的协调发展。

关键词:绿色化学;化学实验室;污染

中图分类号:G642.423

目前,环境污染是世界瞩目的共同问题,也是各界人士共同担心的问题。随着环境污染的日益严重和公众对环境问题的日益关心,人们开始对化学提出质疑,认为环境变坏,化学是元凶,化学工作者应负全责。化学这门最具创造性的“中心科学”在人们眼中的声誉开始下降。1991年,化学工业最发达的美国最早提出了“绿色化学”的口号^[1]。所谓的绿色化学就是指用化学技术和方法从源头上减少或消除对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、催化剂、试剂、溶剂及产物和副产物等的使用和再生,开发原子经济性反应,采用无毒无害的原料或可再生资源,在无毒无害的条件下,生产出环境友好的化学品。“绿色化学”是为适应人类可持续发展的要求而提出的全新观念。

除了工业生产引起的环境污染以外,当前各类学校化学实验室的排污量也相当高,所引起的环境污染不容忽视。但化学实验室由于教学和科研实验内容多,覆盖面广,因而产生的污染物的特点是品种多,范围广,数量少,不确定度高,不便于集中处理。从当前实验室现状来看,高校化学实验室每天都有大批学生在做实验,日积月累,其污染是不可忽视的。因此,教学实验三废的综合治理,势在必行。但这种教学实验三废的综合治理需要有一定的人员和资金、场所,而这种“末端治理技术”大幅度地增加了社会经济成本,不仅效果不尽如人意,学校的负担也相当沉重,严重地影响学校的发展。因此,

在大学化学教学中渗透绿色化学教育思想是必要和可行的,用绿色化学思想来指导和规范化学实验教学和实验室建设,也同样具有重要意义^[2,3]。绿色化学实验就是在绿色化学思想指导下,用预防化学污染的新思想、新方法和新技术,对常规实验进行改革而形成的化学实验的新方法。以绿色化学思想作为指导方针和标准,用尽可能少的试剂来进行实验,从而极大地减少或消除了实验室的“三废”,大大地降低了污染的程度和不必要的浪费,以实现绿色化学要求尽可能少的负作用的理想和目标。绿色化学实验使用化学药品的基本原则是5“R”原则,即减量(reduce)、重复使用(reuse)、拒用(rejection)、回收(recycling)、再生(regeneration)。绿色化学实验的目标和任务不是被动地治理污染,而是主动地减少和消除实验室的化学污染。

因此,增强环保意识,精选实验内容,改进实验方式,妥善处理废弃物等,是建设绿色化学实验室的有效途径^[4,5]。化学实验的绿色化建设既是实验教学改革实验室的建设中的重要组成部分,也是化学教育工作者在21世纪的化学实验教学中面对的一个崭新课题^[6]。

1 国内外研究进展

国内外化学科研工作者结合化学实验室的具体特点,对建设绿色化学实验室做了许多探索与尝试。美国的 Mayo 博士和他的同事们自 1982 年开始研究

试用一种新型的实验方法——微型化学实验。我国于 1988 年末开始,由十几所院校组成了微型化学实验课题研究协作组,本着立足国内教学实际情况,开展微型化学实验的研究和推广工作。微型化学实验(Microscale Chemical Experiment)是近 20 年来发展很快的一种化学实验的新方法、新技术,被誉为“化学实验的革命”。微型化学实验是着眼于环境安全和污染预防的需要,用尽可能少的药品,在微型化的仪器装置中进行的化学实验^[7]。微型化学实验不是常规实验的简单缩微或减量,而是在微型化的条件下对实验进行重新设计与探索,达到以尽可能少的试剂来获取尽可能多的化学信息和目标。值得注意的是美国《化学教育》杂志从 1989 年第 11 期起开辟了由 Zipp 博士主持的微型化学实验专栏,这是微型化学实验已成为国际化学教育发展的重要趋势的一个标志。关于微型实验、绿色化学与微型实验已有大量文献报道^[8],国内有关微型化学实验的研究成果也陆续出版^[9-11]。微型化学实验的研究是着眼于环境保护和化学实验安全的需要,体现了现代科学技术发展水平的要求。微型实验除了具有现象明显、操作简便快速、节省经费、减少污染、安全、便于携带等优点外,在培养、提高人的科学素质上也发挥着不可估量的作用。它的兴起和推广虽然早于绿色化学,然而它的理想目标和方法,与绿色化学是完全一致的,现在把微型实验作为绿色化学实验的一项实验方法与技术是恰当的。

但是微型化实验所用仪器装置和操作方法都与常规实验有较大差别,某些实验中甚至是完全不同的,学生学到一些处理微量样品的特殊方法和技巧,却并不能完全覆盖常量实验的基本操作技能,所以,微型化实验只能作为一类提高性项目局限在一个适当的比例之内^[12]。

化学实验中使用有机溶剂是较为普遍的,近年来,各国化学家创造并研究了许多取代传统有机溶剂的绿色化学方法,如,以水为介质、以超临界流体、室温离子液体为溶剂^[13]等方法,而最彻底的方法就是完全不用有机溶剂的无溶剂反应。这些方法克服了反应过程中溶剂对环境的污染,尤其是无溶剂反应更值得大力提倡和研究。但在化学实验教学中的应用还是比较少见。

近年来,微波作为一种新型能量形式用于许多化学反应,微波以其加热迅速、受热体系均匀、便于控制、产品质量高等特点,在化学反应中已成为一种加速化学反应的经典技术^[14]。微波促进的反应具

有条件温和、操作方便、时间短(节能)、产率高、产品易纯化、减少用量或不用溶剂、对环境友好等优点。因此,微波化学发展迅猛,已涉及到化学的方方面面,成功地应用于多种化学反应,并展示了广泛的应用前景。在化学实验中引入微波技术,有助于学生对相关的先进科学技术的了解,激发求知欲,因而也是化学实验“绿色化”的一个重要方法^[15]。因此,在大学化学实验中,合理地采用微波辐射技术进行基础化学实验设计是进行化学实验绿色化工作的重要组成部分,具有重要的开发前景。

2 研究目标

以“绿色化学”思想为指导,通过更新实验内容实现实验室的零污染、发展微型实验实现最低污染,选用环境友好的化学试剂和反应,探索无溶剂反应,并结合微波辐射、多媒体等新技术手段实现化学实验室的绿色化。在实验教学中向学生灌输“绿色化学”的观念,培养学生的环境保护和可持续发展意识,使绿色化概念扎根于学生的头脑中,并贯穿在以后的工作中,以求从源头上阻止污染,逐步实现化学实验绿色化,维护环境和化学的协调发展。

3 研究内容

化学绿色实验室建设的研究内容主要包括研究开发绿色化的教学内容、妥善处理废弃物减少环境污染和提高绿色环境认识,对于研究开发绿色化的教学内容主要有:(1)更改实验内容实现零污染,即在不改变实验所传递的信息和学生应该掌握的操作技能的基础上,选用环境友好试剂或反应,替代原有毒性较大试剂或污染比较严重的反应,实现部分实验的零污染;(2)开展微型实验实现最低污染,即根据塔里木大学生命科学学院的发展现状,结合化学实验教学实际,借鉴其他高校开展微型实验的经验,精选实验内容,探索学校开展微型实验的条件,实现部分实验的微型化,降低实验室污染程度;(3)引进绿色化新技术,即在化学实验教学中引进无溶剂反应和微波辐射等新方法、新技术,探索实验规律,优化反应条件,旨在降低实验室污染,保护环境,激发学生学习的兴趣;(4)发挥各自优势,实现“强—强”联合,即将微波化学和微型化学实验相结合,微波化学和无溶剂反应相结合,微型实验和无溶剂反应相结合,或将三种方法相结合,探索新现象、新效应、总结新规律,优选出最佳组合方式和实验条件,并发挥计算机辅助多媒体教学的优势,结合微波化学、微型化

学实验和无溶剂化学反应的特点,制作多媒体教学课件,并运用于实验教学中,发展绿色化学实验教学;(5)总结规律,设计绿色化方案,即根据以上研究结果,对常规实验进行实验、筛选,并初步建立一套成熟的实验室绿色化方案,若有可能,将其在基础化学实验教学中试行。对于妥善处理废弃物减少环境污染主要内容为在实验过程中,要教育和督促学生把废液、废渣倒到指定的容器并作妥善处理,尽量减少有害气体的任意挥发,将有害气体尽可能作化学处理,实验的废液,废渣尽可能回收利用。对于提高绿色环境认识的主要内容在化学实验中也应重视环保教育,培养学生的环保意识,把绿色化学教育渗透到化学实验室、实验过程中,禁止乱扔、乱倒行为。实验教师应从我做起,使学生牢固地树立起绿色化学和环境保护的意识,关心和重视绿色化学实验室的建设。

4 研究特点

本研究在不改变实验所传递的信息和学生应该掌握的操作技能的基础上,选用环境友好试剂或反应替代原有毒性较大试剂或污染比较严重的反应,实现部分实验的零污染;并将常规实验或环境友好实验设计成微型实验、微波促进反应和无溶剂的干介质反应,探索三种实验方法需要的最佳反应条件,然后,从反应时间、耗用能量以及可操作性等方面对三种方式所得结果进行分析评价,筛选出最佳实验方法。这样发挥了微型化实验和干介质反应的优点,并结合微波辐射所特有的功效,将三种实验方法进行组合,通过研究微波辐射功率、辐射时间以及反应介质等因素对反应的影响,优选最佳反应条件和最佳组合方式,并对结果进行分析评价。最后对所有实验结果进行总体分析评价,对常规实验进行实验、筛选,初步建立一套成熟的实验室绿色化方案,并发挥计算机辅助多媒体教学的优势,结合微波化学、微型化学实验和无溶剂化学反应的特点,制作多媒体教学课件,并运用于实验教学中,发展绿色化学实验教学。若有可能,将其在基础化学实验教学中试行。

本研究首次将绿色化观念引入我校化学实验室建设;无溶剂方法引入到化学实验教学中,为实验室绿色化改革提供有效路线,激发学生学习兴趣;在基础化学实验教学中大胆采用微波辐射新技术,增添学科发展前沿知识,扩展学生知识面,实现实验室绿色化建设;首次建立微波辐射技术与微型化学实验

以及无溶剂干介质反应之间的联合,开辟实验室绿色化建设的新途径。

5 结论

以“绿色化学”思想为指导,通过更新实验内容实现实验室的零污染、发展微型实验实现最低污染,选用环境友好的化学试剂和反应,探索无溶剂反应,并结合微波辐射、多媒体等新技术手段实现化学实验室的绿色化。目前,已经对实验内容进行了改革,使其进一步绿色化。下一步将妥善处理废弃物,减少环境污染和提高绿色环境认识进行研究和实施。

参考文献:

- [1] Michaele Cann Marc E. Conneny Real-world Cases in Green Chemistry. *Acs*, 2000, (1): 3-10.
- [2] 孟庆民,蒋应田.基础化学实验室的绿色化建设. *实验技术与管理*, 2004, 21(6).
- [3] 陆婉芳,吴美芳,黄良保,等.“绿色化”有机化学实验教学实践和探讨. *实验室研究与探索*, 2002, 21(6): 14-15.
- [4] 朱文祥.绿色化学和绿色化学教育[J]. *化学教育*, 2001(1): 1-18.
- [5] 张魁柱.实验改进与环保意识[J]. *化学教育*, 1999(2): 30-31.
- [6] 仇念文.克服麻痹思想,加强实验室危险化学品安全管理[J]. *实验技术与管理*, 2003, 20(2): 155-157.
- [7] 白林,李生英,徐飞.小量一半微量实验技术在无机化学实验中的应用[J]. *甘肃高师学报*, 2001, 6(2): 84-86.
- [8] 白林,陈明凯.绿色化学实验[J]. *化学教育*, 2002(7-8合期).
- [9] 周长水,刘汉兰,关光日.微型有机化学实验[M].北京:化学工业出版社,1998.
- [10] 周宁怀.微型无机化学实验[M].北京:科学出版社,2000.
- [11] 周宁怀,王德琳.微型有机化学实验[M].北京:科学出版社,2000.
- [12] 赵岩,邬旭然,王进军,等.培养学生的环保意识——有机化学实验“绿色化”教改研究[J]. *实验技术与管理*, 2003, 20(5).
- [13] 李汝雄.绿色溶剂——离子液体的合成与应用[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [14] Loupy A. Ed. *Microwaves in Organic Synthesis* Wiley-VCH[J]; Weinheim, 2002.
- [15] 朱小梅.高师有机化学教学实验绿色化的思考[J]. *安康师专学报*, 2004(16).