

# 化学实验教学的改革的必要性及方向\*

刘有芹

(华南农业大学理学院应用化学系, 广东 广州 510642)

**摘要:** 化学是一门实验科学。高校扩招、药品价格上涨、实验室空间不足使传统的化学实验教学难以适应现代大学教育体系创新和发展的需要, 化学实验教学改革势在必行。本文结合华南农大实际情况, 论述了改革的方向之一就是进行化学实验微型化研究与推广, 阐述了微型化学实验的历史发展、存在的问题及发展方向, 对其它学科实验的改革具有借鉴意义。

**关键词:** 化学实验; 教学改革; 微型化学实验

**中图分类号:** G 642.0   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1004-390X (2007) 01-0105-04

## The Necessity and the Direction of the Teaching Reform of Chemistry Experiment

LIU You-qin

(Department of Applied Chemistry, College of Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** The chemistry is an experimental science. College enrollment, the price rise of chemical reagents and the inadequacy of laboratories made the traditional teaching of chemical experiment difficult to adapt the education system innovation and the development of modern university, so the teaching reform of chemistry experiment was inevitable. With the reality of South China Agricultural University, one of the directions in teaching reform of chemical experiment is to investigate and apply microscale chemical experiment. The historical development, the problems and the development direction of microscale chemical experiment are discussed, which has reference value to the reform of experiment of other subjects.

**Key words:** chemical experiment; teaching reform; microscale chemical experiment

### 一、化学实验改革的必要性

人类为了生存和发展, 从环境中获取资源和能量的同时, 又向环境中排放废弃物, 构成了对环境的破坏。化学实验中使用的药品大都来自于不可再生资源。可人们对实验中的浪费现象却习以为常, 如: 由于使用的仪器大或实验设计不合理造成药品使用上的浪费; 在观察到实验现象或测得所需要数据后, 实验就达到了目的, 所得到的产物就被认为是废物而被扔掉; 对反应后处理

上的浪费等。这些现象无意中给学生养成了不珍惜资源的习惯, 将影响学生今后对资源问题的态度和行为。更为重要的是, 将废气、废液、废物这些实验室里的小三废排放到室外环境中, 将对室内的污染转嫁给实验室外周围的环境, 造成的后果相当严重。与工业大生产不同, 学生实验所用数百种化学药品造成排放的污染物成分相当复杂如: 重铬酸钾, 钡、铅、镉、锌、铜、钴、镍、锡盐、汞及其化合物等有毒物质; 苯、氯仿、四氯化碳等有机溶剂; 反应过程放出有刺激性、有

收稿日期: 2007-05-08

\* 基金项目: 广东省自然科学基金博士科研启动基金 (5300842); 华南农业大学校长科学基金 (2005K119) 资助  
作者简介: 刘有芹 (1965-), 男, 河北南皮人, 副教授, 博士, 主要从事化学教学、电化学传感器、色谱分析研究。

毒气体硫化氢、氯气、二氧化氮、二氧化硫、一氧化碳等。教育部和国家环保总局于2005年7月26日联合下发《关于加强高等学校实验室排污管理的通知》(教技[2005]3号),标志着我国对高等学校实验室污染问题的重视上升到新的高度。从根本上解决化学实验对环境的危害,必然对化学实验教学进行彻底改革。

## 二、化学实验改革的方向

2006年中共中央明确提出构建“节约型”社会的整体构想,体现在化学领域就是发展绿色化学(Green Chemistry)。绿色化学又称环境无害化学(Environmental Benign Chemistry),是指从污染预防的基本思想出发,在化学生产、实验始端采用预防的科学手段、整个过程和终端为零排放或零污染,这在保持和提高人类生活质量、保护自然环境及增强化学工业的竞争力方面起着关键作用。绿色化学是更高层次的化学,主要特点是“原子经济性”,即在获得新物质的转化过程中充分利用每个原料原子,充分利用资源又不产生污染。Kirchhoff<sup>[1]</sup>认为绿色化学是实现可持续发展的重要工具,能够应对全球气候变暖、可持续农业、能源、环境毒物及自然资源消耗等诸多挑战,绿色化学技术的采用需要学术界、工业、政府协作推动。

随着绿色化学的发展,世界各国逐渐认识到对大学生进行绿色化学教育,对绿色化学的发展至关重要。国内外很多大学都开设了“绿色化学”课程,有些大学开始招收绿色化学硕士和博士研究生。化学工作者应具有强烈的绿色化学意识、环保意识。环保意识的强弱,对当代大学生产生直接影响,进而影响整个国家的环境状况。

化学实验教学是化学教学的基本环节,也是评价教学质量的重要方面。在培养学生动手操作能力、激发学生学习兴趣、树立严肃认真的科学态度、促进创造性思维发展等方面具有独特的作用。化学实验教学要让学生带着“问题”、“想法”去做,善于手脑并用,将设想转变为现实。因此,搞好实验教学是培养学生创新能力和优良科学素质的有效手段。

化学实验是华南农业大学许多学院学生必修的课程之一,每年开出基础化学实验近百个本科教学班,每组13个实验;专业化学实验20余个

教学班,每组16个实验,在全校的素质教育中具有举足轻重的地位。通过基础性实验,达到化学实验基本操作技能训练的规范化、熟练化,使学生认识实验仪器,掌握仪器的使用方法及有关注意事项,学会准确观察实验;通过综合应用实验,让学生认识和了解化学与农业工程技术的联系;通过综合设计实验让学生从实验方案设计到独立完成实验诸方面得到系统训练。

近年来,高校扩招、实验设备及化学试剂价格大幅上涨使师资力量及教学设施相形见绌,传统的实验模式已难以适应现代大学教育体系创新和发展的需要,因此,化学实验教学改革势在必行,改革应围绕培养高素质创新型人才、紧跟时代步伐、贯彻2006年“华农大十一次党代会”建设节约型校园精神进行。

化学实验课可从更新实验内容、设计实验仪器、双语教学、实验微型化和仿真化学实验等方面进行改革和提高。结合华农大实际,现阶段从现有实验微型化着手进行研究切实可行。

微型化学实验有许多优点:1. 实验仪器相对较小,药品用量消耗少;2. 实验仪器小,所占空间小,提高了实验室的利用率;3. 节省实验时间,提高效率;4. 缓解了实验经费紧张和实验室紧缺的困难,提高了实验经费效益;5. 产生的废气、废液、废渣少,大大降低了对环境的污染。微型化学实验研究与应用是现代化学实验改革发展的方向之一,符合“绿色化学”发展方向。

通过微型化研究与推广应用,对华农大化学实验课的教学改革有重要的指导作用,同时对其它所有专业实验课授课手段、改革方向具有借鉴意义。

## 三、微型化学实验实践与发展

20世纪80年代美国兴起的微型化学实验(Microscale Laboratory, M. L.),是在绿色化学理念指引下用预防化学污染的新思想对常规实验进行改革而发展起来的化学实验新方法和新技术,即用尽可能少的药品(用量一般为常规实验的1/10~1/1000),在微型化的装置中进行的化学实验,减少中间生成物的转移过程,使药品在器皿上的附着量达最低。

微型化学实验方法90年代由周宁怀教授引入我国,经过十几年来开发与推广,我们积累了

许多宝贵的经验，实验内容和仪器不断完善，例如：

王燕<sup>[2]</sup>对“水样中微量铁离子浓度测定”实验作了微型设计，准确度与旧方法无明显差异，回收率符合要求，线性范围大于旧方法，具有理论上定量分析的可行性和实际应用价值。一学期该实验仅药品消耗由原来600元降至60元。吕仁江等<sup>[3]</sup>对“化学反应速度和活化能测定”进行了微型化实验研究，试剂用量为常规方法用量的1/10，相对误差5.8%，满足常规实验对活化能测定误差不超过10%的要求。毕秀成等<sup>[4]</sup>用自制的微型滴定装置，碘量法测定维生素C的含量，消耗试剂量节约90%，准确度没有下降。罗明辉等<sup>[5]</sup>研究了“微型称量滴定法”在定量化学分析实验中的应用条件和步骤，大部分结果与常规滴定的结果接近，样品、基准物、标准溶液用量分别为常规滴定用量的1/8、1/10、1/8，滴定时间显著缩短。解庆范等<sup>[6]</sup>进行了“食用白醋中HAc浓度的测定”、“有机酸摩尔质量的测定”微型化设计及可行性研究，微型实验的精密度与准确度符合分析实验要求，有效降低实验成本，提高实验效率，“甲醛法测定硫酸铵中氮含量”微型化研究表明<sup>[7]</sup>，精密度与准确度符合分析实验要求，人均药品成本由3.55元降至0.71元，基本实现实验室甲醛的零排放，符合绿色化学的理念。

梁勇等<sup>[8]</sup>对铋、铅的连续滴定、工业用水总硬度的测定、过氧化氢含量的测定进行了一系列微型化滴定实验探索，当试剂用量降低到原用量的1/5时，仍能得到符合常量分析准确度和精密度要求的实验结果。刘桂荣等<sup>[9]</sup>在无机化学实验中采用微型实验方法，总实验经费仅为用常规实验方法的7.5%，总学时一样用微型实验方法所开设实验项目数约为用常规实验方法的所开设实验项目数的2倍，废弃液的排放量由常规方法的人均~300 ml减少到人均~10 ml，经过对微型化学实验与常规化学实验的比较，学生养成了环保理念。Melchert等<sup>[10]</sup>开发了一种绿色分析方法用于天然水中硝酸盐的测定，采用阴离子交换柱分离干扰物的流动注射系统、紫外光谱检测，整个过程只使用一种微量试剂HClO<sub>4</sub>，避免了镉、致癌试剂或浓硫酸中酚类化合物的使用，线性范围：0.50~25.0 mg/L<sup>-1</sup>，检测限：0.1 mg/L，变异系数：0.7%。

黄俊盛等<sup>[11]</sup>利用自制微型滴定装置，测定发酵粉中NaHCO<sub>3</sub>的含量，消耗试剂量仅为常规实验的1/25，滴定结果和常规结果的准确度一致。彭钟山等<sup>[12]</sup>在氯化钡中钡含量的测定中，将试样的用量缩小5倍、10倍进行了微型法试验，其分析结果分别为55.68%、55.46%，相对标准偏差分别为0.80‰、0.96‰，与常规法分析结果相近，且误差在允许范围内，分析结果重现性较好，大幅度地减少了实验经费开支，具有显著的经济效应。马荔等<sup>[13]</sup>对“硫酸亚铁氨的制备”实验进行了微型化研究，对产生的废气H<sub>2</sub>S、PH<sub>3</sub>、极少量酸雾设计了专门装置进行处理，达到与常规实验相同的目的和效果。

微型化学实验不是对常规实验量的简单微缩，是在微型化的条件下对实验进行再创新，是用绿色化学预防环境污染的新思想、新方法和新技术对常规实验进行改革和发展。化学实验实现微型化、绿色化，必须从教师做起，充分发挥教师的优势。当今学科发展高度综合，学科交叉渗透是学科发展的必然。作为绿色化学这一更高层次的交叉学科，与教育部门对学科专业建设的要求完全一致，符合高等教育改革的形势和社会发展对人才培养的要求。因此，从化学实验开始向学生灌输绿色化学思想，积极开展绿色化学实验研究，并推进化学实验教学的绿色化，具有十分重要的现实意义。通过开展微型化学实验，鼓励学生查阅文献资料，在教师的指导下，对一些基本理论问题、实验方法、仪器改进等写出小论文，使学生的见解得以升华，对培养学生的科学精神和研究创造能力大有益处。

#### 四、微型化学实验存在的问题及改进措施

微型化学实验还处于次要地位。主要原因有：(1)对微型化学实验产生的人才培养、经济、社会效益缺乏战略认识，缺乏绿色化学实验理论的深入研究，相应的成熟教材资料比较少，微型化学实验仪器没有科学化、标准化、系列化；(2)微型化学实验存在实验现象的视觉观察及实验操作如控温加热、搅拌、抽滤、分液、萃取等的难度；(3)一次性更换专用微型仪器需要大笔资金，淘汰的玻璃仪器闲置造成浪费。

化学实验教学的微型化、绿色化实施需要相当长的过程。应从以下几方面努力推进：(1)选

择具有普遍性、效果明显、显著降低药品、水电费用、减少污染的实验,编写实用微型化学实验讲义。完全照搬常规实验的条件和方法是不行的,要逐个实验、每一步进行认真研究,保证实验现象更明显、基本操作训练到位、实验次数能增加,可以先在个别班级试用,归纳学生意见,然后反复实验不断改进,完善讲义科学性。(2)设计科学规范、标准化、易批量加工的微型仪器,研究解决微型实验过程中反应时间缩短、产物少、转移损失比例等带来的新问题。(3)研究解决由常规实验向微型实验的过渡,比如一定比例的实验项目采用微型实验、常规玻璃仪器自然损耗后不在购买、将现有仪器设施设计改装成微型装置等。

化学实验微型化改革直接、间接效益明显,及早推广应用,有利于开阔学生思维和培养学生整体素质;有利于高水平、创新型的实验教师队伍建设。

#### [参考文献]

- [1] M. M. Kirchhoff. Promoting sustainability through green chemistry [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2005, 44 (3): 237-243.
- [2] 王燕. 水样中微量铁离子浓度测定的微型实验设计 [J]. 南京医科大学学报, 2000, 20 (3): 224-225.
- [3] 吕仁江, 钱锐, 梁玉珍. 化学反应速度和活化能测定的微型化实验研究 [J]. 高师理科学刊, 2000, 20 (1): 34-36.
- [4] 毕秀成, 丁宗庆. 微型滴定法在分析实验教学中运用 [J]. 邵阳师范高等专科学校学报, 2001, 21 (3): 73-75.
- [5] 罗明辉, 杨勤, 韦永勤, 等. 定量化学分析实验微型化的研究 [J]. 化工高等教育 2002, (3): 71-72.
- [6] 解庆范, 黄汉杰, 郑志福, 等. 酸碱滴定分析微型实验研究 [J]. 内蒙古民族大学学报 (自然科学版), 2004, 19 (1): 44-45.
- [7] 解庆范, 郑志福, 黄汉杰, 等. 甲醛法测定硫酸铵中氮含量的微型化研究 [J]. 泉州师范学院学报 (自然科学), 2004, 22 (2): 75-77.
- [8] 梁勇, 梁亚林, 曾楚莹. 微型分析化学实验研究 [J]. 商丘师范学院学报, 2004, 20 (5): 160-163.
- [9] 刘桂荣, 王科军, 练萍. 高师开设微型化学实验的实践与探索 [J]. 江西化工, 2005, (4): 142-145.
- [10] W. R. Melchert, Fábio R. P. Rocha. A green analytical procedure for flow-injection determination of nitrate in natural waters [J]. Talanta, 2005, 65 (2): 461-465.
- [11] 黄俊盛, 潘思文. 微型滴定分析法测定发酵粉中  $\text{NaHCO}_3$  的量 [J]. 现代食品科技, 2006, 22 (1): 136-137.
- [12] 彭钟山, 申德君, 余如龙. 沉淀重量法测定氯化钡中钡含量微型化学实验研究 [J]. 贵阳学院学报 (自然科学版), 2006, 1 (1): 45-48.
- [13] 马荔, 陈虹锦, 谢少艾, 等. 基础化学实验中常规实验与微型实验的比较 [J]. 实验室研究与探索, 2004, 23 (9): 66-67.

(责任编辑: 许 敏)