



大气化学实验教材建设的探索与实践

董汉英¹, 赵 军¹, 凌镇浩¹, 周声圳¹, 黄雄飞², 王 凡^{1*}

(1. 中山大学 大气科学学院, 珠海 519082; 2. 中山大学 环境科学与工程学院, 广州 510006)

摘要: 大气化学实验课程建设需求非常急迫, 但配套实验教材却较为缺乏。该文介绍了《大气化学实验》教材的思路、特色和编写实践。该教材凸显了大气科学学科特点, 既包含参照国标方法的基础性业务部门标准实验, 又突出引入大型仪器设备的热点前沿实验技术方法, 内容基本覆盖大气化学理论知识点, 鼓励自主设计实验, 旨在帮助培养大气科学实用型和创新型本科人才。该教材的建设, 有望解决大气化学实验教材不足的问题, 为本课程及相关课程建设提供参考和借鉴。

关键词: 大气化学; 实验教材; 教材建设; 自主设计实验

中图分类号: U455.6

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230011

Exploration and Practice of Developing Textbook of Atmospheric Chemistry Experiment

DONG Hanying¹, ZHAO Jun¹, LING Zhenhao¹, ZHOU Shengzhen¹, HUANG Xiongfai², WANG Fan^{1*}

(1. School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, Zhuhai 519082, China;

2. School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The demand for developing atmospheric chemistry experiment courses is urgent, but the textbooks are relatively lacking. This paper introduces the concepts, characteristics and practice of the new textbook “Atmospheric Chemistry Experiment” edited by the School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University. This textbook highlights the characteristics of atmospheric science discipline, including basic standard experiments of meteorological departments with reference to national standard methods, and cutting-edge experimental technology methodologies by advantage of large instruments. The content basically covers the theoretical knowledge in atmospheric chemistry, and encourages independent design of experiments, aiming to help cultivate practical and innovative undergraduate talents in atmospheric sciences. This textbook can serve as teaching materials of atmospheric chemistry experiment, and is expected to provide perspectives into the construction of other related courses.

Key words: atmospheric chemistry; experimental textbook; textbook development; independent design of experiments

大气科学学科关系国计民生, 在国家和地区防灾减灾、生态文明建设和可持续发展工作中占有重要的地位^[1-2]。目前全国有近三十家高等院校开设了大气科学类专业, 同时专业内涵呈现学科交叉及多样化发展态势, 除了经典的大气物理学、大气探测学、天气动力学、应用气象学等分支学科外, 大气科学与化学交叉形成的大气化学新兴分支学科也得到了快速发展, 而大气化学课程也普遍作为专业必修课, 在大气科学本科人才培养过程中发挥着奠基作用^[3-4]。

大气化学主要研究大气的组成及其化学过程^[5], 是典型的实验学科, 实验课程能够有效引领学生理解和掌握理论知识、培养学生专业实验技能和激发学生自主创新能力, 是大气化学教学的重要组成部分。实验教材是实验教学内容的知识载体^[6-7], 然而, 大气化学实验课程建设需求虽然非常急迫, 但配套教材却较为缺乏。仅有 2017 年南京大学出版社出版的《大气化学实验教程》, 包含 8 个实验, 偏重科研型实验, 更适合大气化学专业高年级本科生或研究生学习使用^[8]。中山大学

收稿日期: 2023-01-03; 修回日期: 2023-10-08

基金项目: 中山大学本科教学质量工程建设项目(教务〔2021〕93)。

作者简介: 董汉英(1967-), 女, 博士, 高级实验师, 主要从事大气科学教学与研究。

* 通信作者: 王凡(1986-), 女, 博士, 副教授, 主要从事地球化学研究。E-mail: wangfan25@mail.sysu.edu.cn

大气科学学院 2021 年开始针对大气科学专业学生同时开设大气化学专业必修课和大气化学实验专业选修课，打造“理论—实验—认知实践”一体化的课程体系，并且组织长期从事大气化学理论和实验一线教学和科研工作的优秀教师，在校级本科质量工程建设项目支持下编制完成了《大气化学实验》教材，于 2023 年 3 月由中山大学出版社出版^[9]。本文将对该教材建设的探索和实践进行分析。

1 编写思路和内容设计

1.1 编写思路

该教材基于培养实用型和创新型人才的教學理念出发，力求符合业务部门要求全面覆盖大气化学的基本实验技能，又突出热点前沿实验技术方法，由浅及深，涵盖大气污染化学、大气无机化学、大气有机化学、在线自动监测和大型仪器设备应用等重要研究方向，鼓励自主设计实验，同时考虑各实验项目在高等学校的普通教学实验室具有可实现性，将为大气化学实验教学提供一本内容较为充实全面的本科教材。

1.2 内容架构

教材对应大气化学的核心知识点和理论内容按照介质状态和构成(颗粒物、气态无机组分、气态有机组分和降水)划分为 4 个部分：大气颗粒物及其化学组分的测定实验、大气无机化学组分及污染物的测定实验、大气有机污染物的测定和光化学臭氧形成的模拟实验和大气降水化学实验。4 个部分实验共包括 24 个实验，根据实验的复杂程度，各个实验项目设定为 3~8 个学时。其中，前两部分以大气化学基础实验为主，要求学生掌握采样点位布设、样品采集、样品保存和处理方法等，实验技术和方法相对比较简单易上手；第三部分的实验技术和方法较为复杂，实验步骤多，涉及分析测试、前处理和数据分析等前沿技术和方法，是全书中的难点，目的在于提升学生的专业实验技能；第四部分的实验涵盖多种技术手段，同时设置开放性学生自主设计实验项目，达到从多方面训练学生实验技能和创新研究能力的目的。4 个部分既相互独立又紧密结合，实验项目的难度循序渐进，编写的技术路线图如图 1 所示。

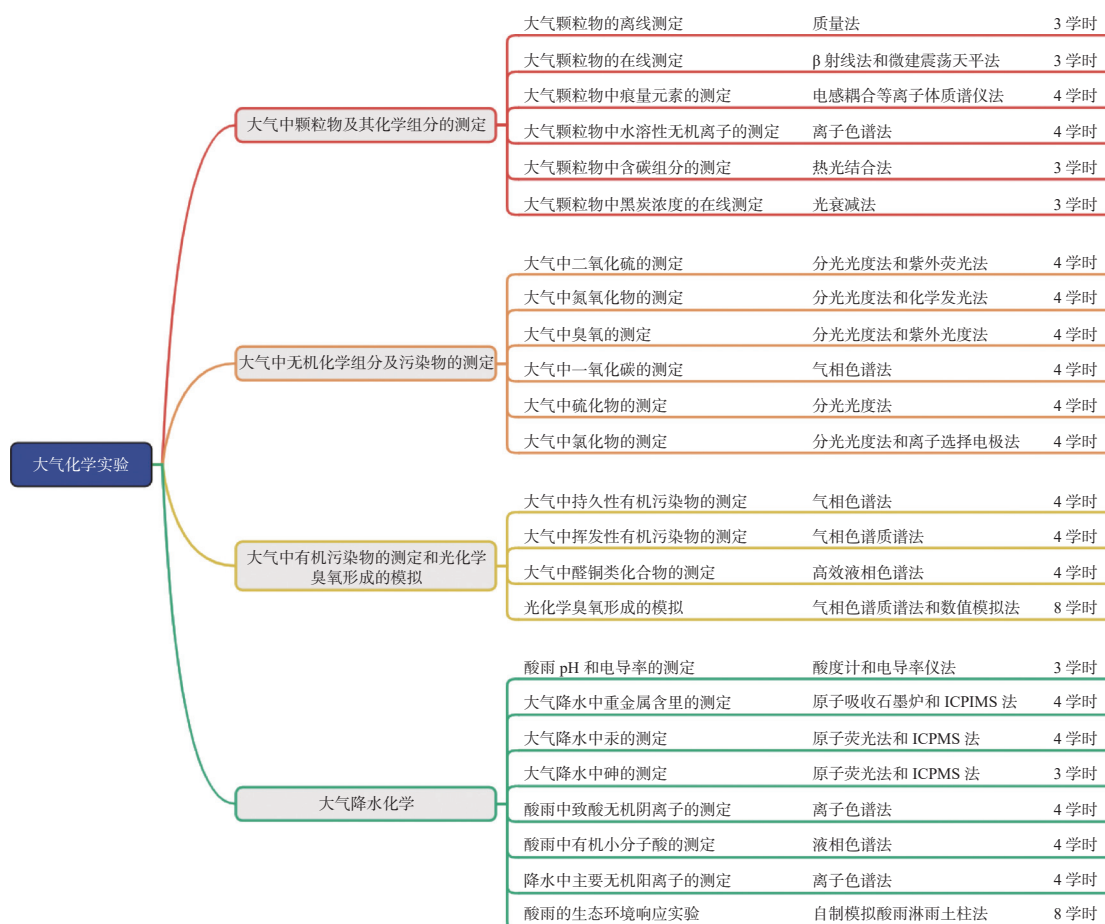


图 1 教材编写技术路线图和内容设置

1.3 章节设计

教材的每个实验项目均由背景知识概述、实验目的、实验原理、实验仪器和材料、实验方法和步骤、结果计算、注意事项、结果分析与讨论等部分组成, 部分实验项目还有质量保证和质量控制方法以及附录仪器使用方法。每一个实验项目的“结果分析与讨论”部分都设有思考题, 引导学生根据实验项目内容延伸思考知识点和扩展实验, 激发学生的学习兴趣, 从而提高学生综合实验能力。

2 教材特色和实践

2.1 教材特色

2.1.1 优化实验项目, 内容系统全面

大气化学学科研究范围广泛, 实验教学应力求内容优化、系统全面。该教材设立既相互独立又紧密结合的4个部分(见图1), 基本覆盖大气化学理论知识点, 也包括基础采样、样品预处理、大型仪器分析方法、外场观测和数值模拟等技术手段, 内容系统而全面。实验项目摒弃了已经落后且过于简单的实验项目, 优化选择各个理论知识点中具有代表性的实验项目, 并循序渐进增加具有一定难度的实验项目, 调动学生的学习兴趣, 达到加强实验能力训练的教学目标。如“大气颗粒物及其化学组分”一章先介绍了业务部门的常规大气颗粒物手工和自动监测方法, 又拓展至水溶性无机离子、含碳组分和黑炭成分分析和溯源, 可以使学生巩固和加深理解大气化学理论课的相关基本知识。

2.1.2 设计多样化实验技术方法, 强化基础实验技能指导

学以致用是实验教学的终极目标。该教材的实验项目均与相关业务部门和科学研究的需求紧密结合, 设置了多样化的实验技术方法。如采样方法是大气化学实验过程的重要环节, 是学生必须掌握的基本实验技能, 而采样方式可分为手工监测和在线监测两大类, 本教材编写中针对大气颗粒物、大气中二氧化硫、氮氧化物、臭氧等重要大气成分和污染物均同时编制了手工和在线监测两种方法, 并要求学生进行对比分析, 引导学生思考不同方法的差异, 为今后在相关业务部门工作和科学研究打下基础。此外, 实验项目编写中对于采样时间选取、采样地点布设、采样仪器设备、样品保存及储运以及数据处理计算方法、

质量控制方法、样品采集和实验过程注意事项等都编制了具体的小节内容, 培养学生的全过程基础实验技能, 形成完整的实验知识体系。

2.1.3 教研融合, 奠定学生的科研能力基础

利用高水平科学研究反哺教学, 实现教研融合, 有利于人才培养质量的持续提升。第三章大气有机污染物测定及光化学烟雾实验部分的实验项目, 均与大气化学研究前沿热点问题紧密结合。如针对大气组分中含量低但备受关注的污染物分别设计的实验项目: 持久性有机污染物实验、挥发性有机污染物实验和醛酮类化合物实验; 光化学烟雾模拟实验采用了气相色谱-质谱联用仪分析方法, 结合外场观测与数值模拟, 以加深学生对光化学烟雾污染形成机制的认识和主流数值模拟分析方法的掌握。该类型的实验项目将结合课程团队教师的实际科研项目开展教学, 能够极大地激发学生的科研兴趣, 为学生进一步开展研究性学习和大学生创新创业训练计划打下良好基础。

2.1.4 设置自主设计实验项目, 培养学生的创新性学习能力

培养学生的创新能力是当今高等教育的人才培养目标, 实验课堂是学生展示和实现创新能力的主要平台^[10]。本教材最后一个实验“酸雨的生态环境响应实验”, 为学生自主设计实验项目, 通过为学生提供设计基本思路, 引导学生利用前面学到的大气降水化学的理论知识和基本实验技能, 自主模拟酸雨沉降和土柱淋溶作用, 探究土壤对酸雨的缓冲作用和影响。该类型的自主设计实验的过程设计如图2所示, 既能加深学生对理论知识的理解和运用, 又能提高学生独立设计实验的能力, 同时拓展学生学科交叉研究的自主创新思维^[11]。

2.1.5 引入大型仪器设备实验方法, 提升学生的实验技能

近年来, 高等院校实验平台的仪器设备和测试水平得到了极大改善和提升, 越来越多的大型仪器设备应用于大气化学研究中。本教材实验项目引入了两大类型的大型分析测试仪器设备: 一类为无机元素光谱类仪器分析方法, 包括电感耦合等离子体质谱仪、原子吸收分光光度计(石墨炉)和原子荧光仪等; 另一类为色谱和质谱类分析方法, 包括气相色谱-质谱仪、高效液相色谱仪、离子色谱仪、气相色谱仪和液相色谱仪

等。通过学习大型仪器设备的操作和使用,不仅能提升学生的动手能力,还能培养学生具备高水平的实验技能。大型仪器实操后要求学生实验

结果进行分析、思考和总结,对比相关研究文献,从而加强和提高学生对实验结果的综合分析能力^[12]。

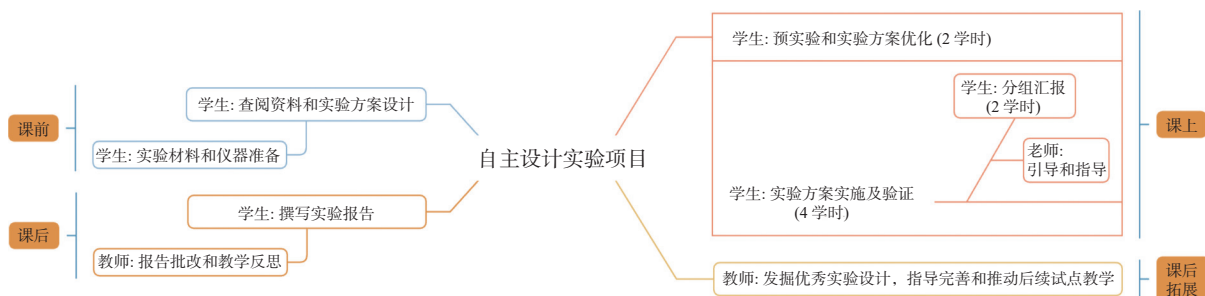


图 2 自主设计实验的课程设计

2.2 教材实践

目前该教材已初步应用到大气化学实验课程(72学时, 100人)的开发和实际教学中,即通过采用分组循环方式,每5~8名学生一个小组交替开展不同实验项目,每位学生均可以动手进行每个实验项目的实践并得到有效指导。具体教学过程设计包括:学生课前预习,课上老师讲解和学生独立实验,课后学生撰写实验报告,实验报告中包含反馈“本次实验改进建议”,部分感兴趣学生可继续申请开展相关研究性学习和大学生创新创业训练计划研究,学生的反馈意见可用于下一年实验项目教学方案优化。考虑到大气化学学科研究方法和手段的不断进步,该教材内容将结合教学实践继续不断完善修行,从而保证教材内容的与时俱进。

3 结束语

实验教材是实验教学内容的知识载体,高质量的实验教材是提高教学质量、实现人才培养目标、完成教学计划的重要保证,也是人才培养单位教学水平、科研水准的重要体现。《大气化学实验》教材为学生搭建了大气化学理论通往实践的认知桥梁,实验项目内容在聚焦训练学生基本专业实验技能的同时,融合了热点前沿实验技术方法,同时通过加入自主设计实验内容,有利于培养满足业务部门要求和具有独立解决问题能力的实用型和创新型人才培养。《大气化学实验》教材建设,有效解决了实验教材不足的问题,期

望能为本专业系列实验教材编写提供参考作用。

参考文献

- [1] 孟智勇,张福青,罗德海,等.新中国成立70年来的中国大气科学研究:天气篇[J].中国科学:地球科学,2019,49(12):1875-1918.
- [2] 黄荣辉.大气科学和全球气候变化研究重大科学问题[M].北京:科学出版社,2016.
- [3] 王启光,丑纪范.浅谈大气科学的发展脉络[J].气象科技进展,2021,11(3):8-10.
- [4] 王天河,唐靖宜,杨毅.中美高校大气科学本科人才专业能力培养的比较与思考[J].高等理科教育,2021,157(3):74-79.
- [5] 秦瑜,赵春生.大气化学基础[M].北京:气象出版社,2003.
- [6] 卢航.提高实验教学质量应从实验教材改革做起[J].实验技术与管理,2002,19(3):112-113.
- [7] 刘湘晨,窦艳涛.精品实验课程需要精品实验教材[J].实验室研究与探索,2011,30(8):170-172.
- [8] 王体健.大气化学实验教程[M].南京:南京大学出版社,2017.
- [9] 董汉英,周声圳,凌镇浩,等.大气化学实验[M].广州:中山大学出版社,2023.
- [10] 刘明,韩宗珠,林霖,等.研究型教学在海洋地学实验教学中的应用[J].实验科学与技术,2022,20(1):50-55.
- [11] 党雪平,叶勇,文为,等.面向高阶思维培养的自主型实验教学模式的设计与实践[J].化学教育(中英文),2022,43(10):74-79.
- [12] 魏跃伟,牛路路,殷全玉.基于大型科研仪器设备的实验教学[J].中国多媒体与网络教学学报改革研究,2022(2):73-76.

编辑 王燕