

盐湖卤水制备纯碱综合实验的课程思政设计

聂菲, 刘雪茹, 惠壮, 李延, 崔斌*

西北大学化学与材料科学学院, 化学国家级实验教学示范中心(西北大学), 西安 710127

摘要: 将盐湖资源综合利用研究作为实际应用案例融入无机化学及化学分析实验教学, 将粗盐提纯、纯碱制备、碱纯度测定等无机、分析化学基础知识学习和盐湖卤水的工业应用相结合, 学生通过自主设计方案、完成实验、并对方案中涉及的各项效能指标进行综合评估, 加深对所学专业在实际生产生活中应用的理解和认识, 提升了学生的学习兴趣和专业自信。同时, 教师结合侯氏制碱工艺、盐湖综合利用等内容的教学, 将思政元素融入课堂教学活动中, 培养学生的科学素养、创新精神、团队精神和社会责任感。

关键词: 盐湖卤水; 粗盐提纯; 工业制碱; 思政教学

中图分类号: G64; O6

Curriculum Ideological and Political Design of Comprehensive Experiment of Soda Ash Preparation from Salt Lake Water

Fei Nie, Xueru Liu, Zhuang Hui, Yan Li, Bin Cui *

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Northwest University), College of Chemistry and Materials Science, Northwest University, Xi'an 710127, China.

Abstract: The research on comprehensive utilization of salt lake resources is integrated into the experimental teaching of inorganic chemistry and chemical analysis as practical application cases, and the basic knowledge of inorganic and analytical chemistry, such as crude salt purification, soda ash preparation and alkali purity determination, is combined with the industrial application of salt lake brine, and comprehensive evaluation is carried out through students' independent design of experimental schemes, completion of experimental operations and comprehensive inspection of various indexes of the schemes. It makes students more deeply understand and know the application of professional knowledge in practical production and life, and enhances students' interest in learning. At the same time, ideological and political elements are integrated into the course, and students' scientific literacy, innovative spirit, team spirit and social responsibility are cultivated.

Key Words: Salt lake brine; Coarse salt purification; Industrial alkali production; Ideological and political Education

1 引言

“无机化学与化学分析实验”是我校化学学科各专业学生第一门必修专业核心课程。这门实验课程的教学不仅需要为学生后续的专业实践课程学习奠定好基础, 学生也需要顺利完成从中学生到大学学生的过渡和提升, 具备独立思考、从实际生活中发现和解决问题的能力。我们立足于“无机化学与化学分析实验”课程的培养目标, 以盐湖卤水制碱综合利用为切入点, 将无机化学

收稿: 2023-08-17; 录用: 2023-11-01; 网络发表: 2023-11-09

*通讯作者, Email: cuibin@nwu.edu.cn

基金资助: 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会教学研究与实践项目(H20210602, H20210603); 2022年度基础学科拔尖学生培养计划2.0研究课题(20222159); 国家一流专业建设项目; 陕西省一流专业建设项目; 西北大学课程思政建设专项(XM05201461)

中的提纯实验(粗食盐的提纯)、制备实验(纯碱的制备)和化学分析实验(混合碱中碳酸钠含量的测定)综合到一起, 开发了一个综合与设计实验项目^[1]: 粗盐提纯的部分主要考虑不同盐湖水成分的特点设计沉淀分离、结晶析出的提纯方案, 锻炼学生对无机化学所学知识的运用能力; 纯碱制备部分主要以侯氏制碱法工艺为基础并加以改进, 使学生理解侯氏制碱工艺蕴含的节能环保、科学绿色的思政要素, 同时也学会因地制宜, 从现有的条件出发, 寻找解决问题的办法; 最后, 学生通过实际检测制备的纯碱样品中碳酸钠的纯度和产率, 并就整体设计方案的各项成本进行综合测算, 分析方案在实际生产中的适用性及实用性。

本实验项目综合了加热、沉淀、结晶、过滤和指示剂的选择、酸碱滴定等无机和化学分析基本操作。教学活动采用在教师组织下学生自主设计实验方案、分组讨论、方案实施、结果汇报及综合评价的模式开展。学生在实验活动中作为主导, 增加学习的主动性。这一综合设计实验锻炼了学生的综合实验操作技能。同时, 以解决实际问题为导向, 融合课程思政教学元素, 培养了学生开拓创新的思维方式、可持续的发展理念和环保意识。本案例的实施拓展了本科化学教学实验的内容, 对于学生的知识综合运用能力、创新能力的培养具有积极的意义。

2 思政案例的设计与实施

2.1 案例的导入

盐湖是特定自然地理、地质环境的产物。中国有着全世界最为丰富的盐湖资源, 为利用盐湖进行矿产开发提供了便利^[2,3]。史料记载, 中国有着悠久的制盐历史和领先于世界的制盐工艺。从汉字的演化也能够看出, 中国很早就开始利用盐湖、海水的卤水制盐(图1)。盐湖资源作为我国重要的战略资源, 其综合利用在当前推动国民经济发展中也具有非常重要的意义。然而, 随着盐湖长期低品位开采和化学工业的快速发展, 一系列的生态问题不断显现, 不少城市已经发出“退盐还湖”的呼吁。现阶段亟需发展新的技术, 有效提高盐湖资源的综合利用率, 并对盐湖利用效能进行更加综合、全面的评估。



图1 我国有着丰富的盐湖资源和悠久的盐湖文化

2023年习近平总书记在考察运城盐湖时强调，盐湖的生态价值和功能越来越重要，要统筹做好保护利用工作，让盐湖独特的人文历史资源和生态资源一代代传承下去，逐步恢复其生态功能，更好地保护其历史文化价值^[4]。本实验中，我们在课前预习部分要求学生自主了解和学习中国悠久的盐文化，在增强民族自豪感的同时，也能够更好地理解总书记提出的保护盐湖生态资源的重要意义。课后拓展的部分，我们设计了一些与深入利用盐湖资源相关联的问题，希望学生关注和思考提高盐湖综合利用度的新技术、新趋势。

采用基于问题导向教学法(Problem-based learning, PBL)^[5-7]引导学生进行实验课前预习。我们以山西运城盐湖、青海察尔汗盐湖、西藏扎布耶盐湖等有代表性的盐湖卤水为研究对象，要求学生开展实验前首先对所研究的盐湖卤水对象进行充分的文献资料调研。学生通过查阅资料和分组讨论，思考和回答下列问题，初步形成问题的答案，并在随后的课堂教学环节中进行展示。

- (1) 盐湖卤水中主要含有哪些种类的无机盐？找出不同盐湖卤水成分的主要差异。
- (2) 从卤水中提盐(氯化钠)的主要方法有哪些？
- (3) 从不同盐湖卤水样品中提盐时，如何去除其他共存成分，以得到更纯的氯化钠？
- (4) 侯氏制碱法的基本原理是什么？与同时期的其他制碱方法相比，这一方法的优缺点有哪些？
- (5) 基于侯氏制碱原理制得的纯碱可能含有哪些杂质？如何确定碱的纯度？
- (6) 从化工生产的连续性和环保要求考虑，制碱工艺可以做哪些改进？实际生产还应考虑哪些综合因素？

学生通过课前预习，了解了侯氏制碱工艺提出的时代背景和主要技术优势(图2)^[8,9]。在课堂教学环节中，通过讨论侯德榜等老科学家突破技术封锁、独立开创制碱工艺的事迹，激发学生的奋斗精神和使命感，培养学生不畏艰难、勇于探索的科学精神，也使学生加深理解节能环保、绿色、科学、可持续的发展理念。实验中，学生通过实际检测制备的纯碱样品中碳酸钠的纯度和产率，分析所设计的方案在实际生产中的适用性。此外，引导学生思考实际工业生产中需要考虑的诸多综合因素，如原料获取的便利性、方案耗时、产物的综合利用、废渣废气的排放等等，培养学生的专业素养和工程观。

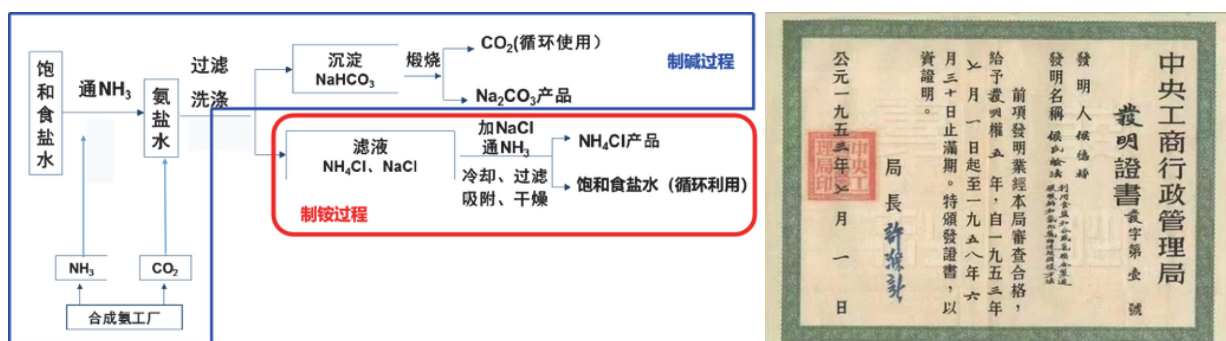


图2 侯氏制碱法的主要工艺(左)；被授予新中国第一号发明专利(右)

2.2 实验的创新设计

在课前预习和案例导入的基础上，学生首先需要查阅资料了解盐湖卤水的基本组成情况，并重点针对不同盐湖卤水成分的特点，设计分离提纯氯化钠的方案。例如，山西运城盐湖卤水成分主要以硫酸镁和氯化钠为主，西藏扎布耶盐湖卤水主要以碳酸盐为主，金属种类主要是钠、钾、锂，而青海察尔汗盐湖的成分则主要表现为以钾盐为主，镁、钠、锂、硼、碘等多种矿物混杂。在充分了解各种金属盐性质的基础上，学生设计适宜于不同卤水组分分离提纯氯化钠的实验方案，在此基础上设计后续的制碱实验方案(图3，以运城盐湖卤水提取氯化钠制碱为例)。

实验中我们将学生分成三大组若干小组。学生约10人为一大组，2名学生组成一个实验小组。每个大组学生以不同的卤水原料为研究对象进行实验设计，同一大组不同小组的学生以相同的卤水原料开展平行实验。以小组为单位设计实验方案，形成本组的汇报文稿。在课堂上，各小组进行汇报展示，经与其他小组充分讨论、并在教师启发和引导下形成最终的卤水提盐制碱实验方案设计。学生作为实验方案设计与讨论的主导者，通过充分的交流，加深对本实验的基本原理和设计内涵的认识和理解，为实验教学目标的顺利达成奠定基础。

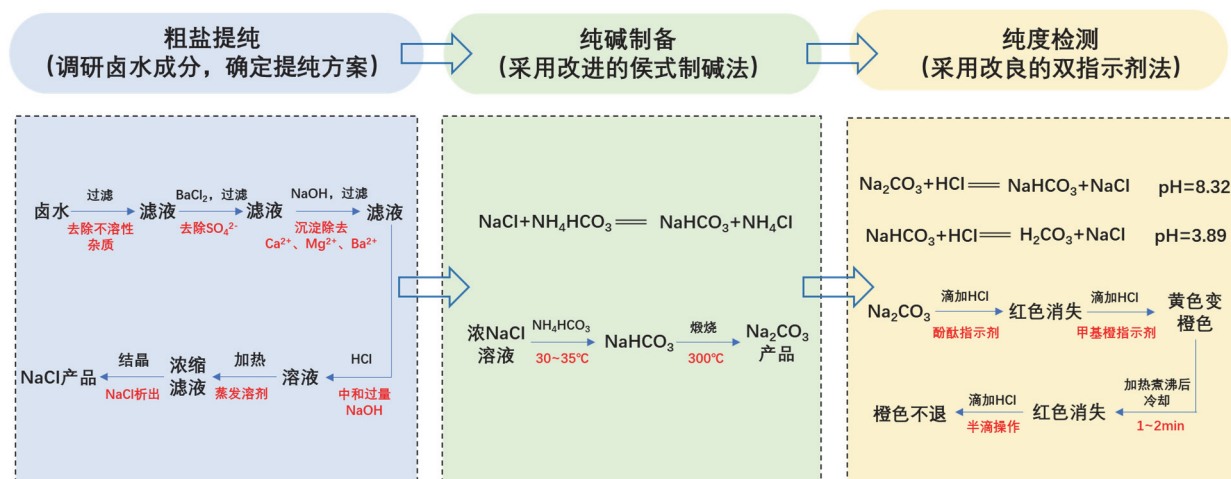


图3 学生设计的实验基本步骤和实施路径

按照侯氏制碱工艺，以盐湖卤水为原料，可以得到精制盐、纯碱和氯化铵等一系列产品。考虑到侯氏制碱法中使用各种气体在实验室条件下不方便开展，我们将原制碱工艺中的原料氨气、二氧化碳气体替换为碳酸氢铵来制备纯碱。学生在课前预习环节详细了解了侯氏制碱工艺的历史背景，能够总结出侯氏制碱法相比于同期其他制碱工艺的优势。在此基础上，我们在课堂教学中以侯氏制碱法提高食盐利用率、缩短生产流程、减少环境污染等为切入点，引导学生深入思考实际工业生产中制碱工艺方案优化设计的思路，培养学生从化工园区建设的层面思考问题，有效利用工业生产的废弃物，从而实现节能减排、提升产品的附加值等，建立学生对于化学品工业生产的工程观。

2.3 案例的实施

在课前要求学生完成方案制定，并通过在线课程平台提供的实验教学录像了解实验基本原理和操作要点，熟悉实验仪器，完成在线实验预习测试题目并撰写预习报告。实验室教学环节中首先由各大组派代表汇报本组拟定的某盐湖卤水提盐制碱实验方案，由其他组参与讨论质疑，并最终在教师指导下确定该种卤水样品的开发方案。随后，该组学生在教师指导下自行配制卤水样品，并按照确定的实验方案以小组为单位完成实验。

虽然同是进行卤水中氯化钠的提取，但由于杂质成分不同，各组采用的技术路线不尽相同。实际上，我们发现即使针对同一卤水样品的除杂，各小组最初设计的技术路线也有差别。鉴于此，我们要求学生在实验结束后自主完成实验报告，重点对比本小组原设计方案与最终采用的技术方案之间的差异。在实验结果与讨论部分，除了展示氯化钠的产率和碳酸钠的纯度等实验结果外，还应对原设计方案和现采用方案的各步骤试剂消耗、反应时长、能耗等成本指标进行估算和对比。教师通过课程平台将各小组的实验结果进行对比展示，引导学生深入讨论和分析如何评价实验方案的可行性，学习用更加全面、综合的角度考量实验方案的优缺点，同时更加关注工业生产中各种影响生产成本的因素。结合这些讨论和分析，学生总结并形成本次实验的学习心得，和实验报告一并提交给任课教师评阅。

2.4 课后拓展

(1) 综合各组实验结果和指标达成情况，分析说明利用盐湖卤水制备工业碱的可行性，讨论绿色、环保、可持续的开发盐湖资源方案。

(2) 布置学生查阅资料了解盐湖中其他元素的提取工艺，理解不同金属盐物理、化学性质的差异导致其提取工艺有所差异。以盐湖中锂、镁元素的提取为例，设计锂、镁元素分离提纯的技术路线。

(3) 了解盐湖其他主元素及有用元素如钾、镁、锂、硼等的资源利用情况。进一步了解我国盐湖资源“高开采、低利用、高排放”的综合利用现状，引导学生关注和思考提高盐湖综合利用度的新技术。

3 实施建议与效果考核

本实验的内容与中学阶段学习的知识联系密切，适于学生在教师的指导下开展自主学习。学生通过分组协作、参与讨论、开展实验实践、完成实验报告等，不断优化实验方案，提升学生的专业认知水平。与此同时，课前小组预习活动可以进一步培养学生求真务实的科学态度、敢于质疑和勇于探索的科学精神，以及团队合作的能力；通过实验方案的实施，可以着重培养学生理论联系实际的能力，体会所学的专业知识与生产生活实际应用紧密联系，做好为祖国建设贡献力量的准备。通过以上这些活动，最终实现了既定的实验教学和思政教学目标。

教师可依据案例研讨、资料查阅、实验研究方案设计、实验预习报告、实验分组分工和完成情况、实验操作过程、课后拓展和实验报告等环节学生的参与程度及反馈，从实验教学目标达成和思政教学目标达成两个维度对课程教学效果进行多元评价。具体的考核指标及评价标准如表1所示。

表1 实验考核要点及评价标准

考核形式	思政教学目标	评价考核标准
预习报告完成度评分	勇于探索的创新精神、分工协作的团队精神	实验教学目标达成情况：在充分进行调研的基础上能够提出完整、合理的实验方案，掌握基本的盐湖资源利用的现状和工业制碱的背景 思政教学目标达成情况：小组分工明确合理，资料准备充分
小组方案展示	分工协作的团队精神、敢于质疑的科学精神	实验教学目标达成情况：具备整理完整实验方案的能力，能够清楚地表述实验方案的基本原理和设计思路 思政教学目标达成情况：小组分工合理，能够正确分析不同实验方案的优缺点，课堂讨论中敢于提出质疑
实验过程评分	规范严谨的实验习惯、实事求是的科学态度	实验教学目标达成情况：熟悉本实验各种仪器设备，掌握实验涉及的各项基本操作 思政教学目标达成情况：如实记录实验结果并加以分析，具备实验室安全基本素养
实验报告综合完成度评分	节能、绿色、可持续发展理念	实验教学目标达成情况：独立完成实验报告，并对实验实施方案与原小组设计方案进行各项对比，综合评估方案的优缺点 思政教学目标达成情况：具有工程观、能够综合考虑工程实际中各种问题，能够分析改进实验方案对于工业生产节能、减碳的意义
课后小组报告	科技服务社会的社会责任感	实验教学目标达成情况：能够进一步查找资料，并结合已有知识对盐湖相关资源保护和利用提出建议 思政教学目标达成情况：能够从本实验相关的知识拓展开去，结合专业背景，主动了解相关行业的发展现状、思考解决问题的方法

4 结语

本实验课程思政案例从盐湖综合利用这一实际领域出发,设计了融合粗盐提纯、纯碱制备、混合碱中碳酸钠含量测定等三个知识元素的综合设计实验案例项目。学生通过本实验课程的学习可以巩固无机化学中多种基础实验操作和化学分析中的滴定分析基本操作。实验内容和思政教学目标密切联系国家化工重点经济发展领域和“双碳”战略、可持续发展等社会主义生态文明建设重要理念,激发学生的科学探索精神、家国情怀和社会担当。

本实验立足陕西省及周边省份盐湖资源的利用,针对这些盐湖组分的特点进行实验设计。现阶段我们主要采用实验室模拟盐湖卤水作为实验原料,其他一些不具有实地采集卤水样品条件的地区也可以参考这一模式开展实验。在今后的实验教学活动中,我们也考虑实地采集陕西周边地区盐湖卤水作为原料,将原料成分分析也纳入实验内容,进一步优化分离提纯氯化钠和制备纯碱的方案。学生通过比较实际样品与模拟盐湖卤水制备纯碱样品的产率、纯度等指标的差异,可以更好地理解所学专业知识和技能在解决实际问题中发挥的作用,提升学习自信心。

参 考 文 献

- [1] 刘雪茹, 张荣兰, 崔斌. 大学化学, **2021**, 36 (8), 2012027.
- [2] 谭秀民, 张利珍, 张秀峰. 盐业与化工, **2012**, 41 (5), 5.
- [3] 张苏江, 张琳, 姜爱玲, 张彦文, 朱晓勇. 无机盐工业, **2022**, 54 (10), 13.
- [4] 鉴往知来 | 守护好千年瑰宝“七彩盐湖”. [2023-05-18]. <http://politics.people.com.cn/n1/2023/0518/c1001-32688839.html>
- [5] 张卓旻, 黄路, 李攻科. 大学化学, **2020**, 35 (3), 32.
- [6] 王彩荣, 苏静, 梁亚琴, 孙凯. 大学化学, **2023**, 38 (10), 185.
- [7] 温会玲, 唐林, 赵继宽, 李东祥, 温永红, 高洪涛. 大学化学, **2021**, 36 (12), 1.
- [8] 侯德榜. 化学通报, **1954**, 8, 354.
- [9] 侯德榜. 制碱工学(下册). 北京: 化学工业出版社, 1960: 917-945.