

硫酸亚铁制备实验的课程思政设计

刘秋平, 范永仙, 陈文娴, 王梦迪, 梅梅, 强根荣*

化学化工国家级实验教学示范中心(浙江工业大学), 杭州 310014

摘要: 硫酸亚铁的制备是典型的无机制备实验。按绿色化学的要求对实验方法进行改进, 将废弃Fe资源综合利用, 合成可用于抗贫血药物的重要原料硫酸亚铁, 并按照药典的标准进行分析检测。学生强化了称量、除杂、加热、溶解、蒸发、结晶以及固液分离等实验基本技能, 认识了Fe等废弃资源综合利用的重要性, 进一步明了Fe的性质与生命健康之间的关系, 体会化学在改善环境、促进人类健康和社会发展中的重要作用, 增强了专业自信心和自豪感, 对学生能力培养和素质发展具有良好的促进作用。

关键词: 资源综合利用; Fe; 制备; 抗贫血; 生命健康; 绿色发展; 课程思政

中图分类号: G64; O6

Design of Ideological and Political Education for the Preparation Experiment of Ferrous Sulfate

Qiuping Liu, Yongxian Fan, Wenxian Chen, Mengdi Wang, Mei Mei, Genrong Qiang *

National Experimental Teaching Demonstration Center for Chemistry and Chemical Engineering (Zhejiang University of Technology), Hangzhou 310014, China.

Abstract: The preparation of ferrous sulfate is a typical inorganic preparative experiment. In accordance with the principles of green chemistry, the experimental method has been improved to achieve comprehensive utilization of waste iron resources, synthesizing ferrous sulfate as an important raw material for anti-anemia drugs, and analyzing and testing it according to pharmacopoeia standards. Students have enhanced their basic experimental skills such as weighing, purification, heating, dissolution, evaporation, crystallization, and solid-liquid separation. They have also recognized the importance of comprehensive utilization of waste resources such as iron and further understood the relationship between iron properties and human health. They have gained an appreciation for the significant role of chemistry in improving the environment, promoting human health, and social development. This experience has strengthened their professional confidence and sense of pride, and has a positive impact on the cultivation of students' abilities and the development of their overall quality.

Key Words: Comprehensive utilization of resource; Fe; Preparation; Antianemia; Life and health; Green development; Ideological and political education

1 引言

硫酸亚铁的制备是典型的无机制备实验, 是各高校化学及近化类专业普遍开设的实验项目^[1-3]。实验涉及无机盐制备、杂质去除、尾气处理、组成分析等基本操作, 实验产物经提纯可以作为抗贫血药物的原料, 因此, 该实验既能有效地训练学生称量、除杂、加热、溶解、蒸发、结晶以及固液

收稿: 2023-09-21; 录用: 2023-10-09; 网络发表: 2023-11-07

*通讯作者, Email: qgr@zjut.edu.cn

基金资助: 浙江省省级课程思政教学研究项目(浙教函〔2021〕47号)

分离等实验基本技能，又能培养学生严谨踏实的实验习惯、实事求是和勇于探索的科学精神，特别是对刚入大学校门的低年级学生来说，可以增强专业自信心，提升对学习的兴趣^[4]。人们对硫酸亚铁制备实验的内容和教学方法作了许多改进，包括通过结晶条件的优化获得各种形状的完整晶体^[5]，增强了实验的趣味性；对实验进行绿色化改进^[6]，采用封闭式反应装置、尾气吸收装置以及铁屑的预处理等，提高了实验的绿色化程度；有效利用工厂废料，将实验原料由纯铁粉改为废铁屑^[7]，降低了实验成本，提高了实验的经济性。

本案例经绿色化改进，以废弃铁屑为原料制备硫酸亚铁，并按照《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)相关要求对产物杂质进行定性、定量分析，将“元素性质”“物质制备”“产品分析”等知识点串联起来，全过程贯彻“绿色化学”教学理念，融入课程思政教学元素，引导学生深刻理解化学与“四个面向(面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康)”的重大关系，关注资源综合利用，树立绿色循环经济思想。

2 课程思政案例的设计与实施

2.1 案例导入

中国是世界上最大的钢铁生产和消耗国，钢铁年产量已突破10亿吨，但炼钢所需的铁矿石资源严重依赖于进口，而且我国废钢利用相比发达国家存在较大差距，我国每年产生的废钢约占钢产量的1/4，如车床加工产生大量废铁屑等，预计2030年全国废钢铁量为3亿吨。将废钢高效利用，提升废钢铁价值，既可以缓解对铁矿石进口的依赖，又可以降低碳排放，推动循环经济的发展。

硫酸亚铁是一种重要的化工原料，在工业、农业、医药等行业都有广泛的应用，可用作水处理剂、还原剂、着色剂、土壤调节剂、肥料等等，此外还具有药用价值，可以用于生产治疗贫血的药物——硫酸亚铁片^[8]，也可以作为饲料添加剂用于防治动物缺铁性贫血症状。据世界卫生组织统计^[9]：全球约有30亿人不同程度贫血，中国患有不同程度贫血症状的人群高达3800万，缺铁性贫血或缺铁性状态的发病率约占1/3。因此，合成符合《中国药典》标准的硫酸亚铁作为防止缺铁性贫血的药物原料，对促进我国经济发展和人民生命健康具有重要作用。

工业上，以铁屑为原料采用硫酸法生产硫酸亚铁。由于原料铁屑通常含有油污、硫、磷以及铅等重金属，需要在制备过程中进行杂质去除；此外，反应温度、酸度控制以及原料投料比等工艺条件均对硫酸亚铁产率及品质产生影响。为了确保硫酸亚铁产物能满足药物使用的标准，需要对制备过程进行控制并对产品是否符合《中国药典》相关要求的质量分析检测。此外，在生产过程中还会产生废酸、废气(H_2S 、 SO_2 、 H_2 等)，为了确保生产安全，需要进一步研究废酸和废气的回收及处置方式，确保过程的绿色化。本案例从这些影响因素入手，引导学生开展实验研究。

2.2 案例的研讨

安排学生依托课程教学平台或线上课程中的教学视频，结合实验教材Fe元素性质，通过查阅文献，了解我国钢铁行业发展及废弃Fe资源的再利用情况；认识元素Fe在血红蛋白合成、血氧输送中的重要作用，熟知人体中Fe等微量元素与生命健康之间的关系，并进一步说明将废弃铁屑制备成抗贫血硫酸亚铁药物的可行性，通过查阅《中国药典》，进一步明确硫酸亚铁制备的基本要求以及质量标准，设计重金属等杂质检测方法。

学生以小组的形式，撰写文献综述，通过线上/线下形式，在实验课前进行汇报，通过组与组的提问、交流，教师点评和启发，完善实验方案，形成思路清晰、内容完整、切实可行的实验方案。

本案例需要学生通过研讨，厘清以下问题：

(1) 废铁屑再利用的价值。

要求小组详细阐述作为抗贫血药物的含铁化合物种类及研究进展，说明硫酸亚铁作为药物的优缺点。通过研讨，学生对铁系化合物在医药行业的应用有深入的了解，能够说明化学知识在废弃铁资源再利用(价值提升)中的重要作用。

(2) 实验条件的选择。

要求小组详细阐述实验原理和制备工艺条件，说明不同实验条件对产物收率可能存在的影响，并从化学原理上进行剖析。如：反应需要在强酸性条件下进行，在弱酸性或中性条件下， Fe^{2+} 易发生水解和氧化的原因。明确实验条件选择的理论依据，促进理论与实践的融通。

(3) 反应副产物产生及处理。

要求小组阐述废铁屑中杂质(含P、S等)在制备过程中可能存在的反应及影响，并针对性地完成实验器材的选择和装置图的设计。如：结合铁屑原料的成分，说明反应副产物(废气)的产生和危害，提出合理有效的处理方法。通过研讨，学生应认识到在实验过程中废酸、废气等的产生和处理方法，明确实验的设计应符合绿色化学的基本要求。

(4) 产物质量分析及控制。

要求小组详细阐述硫酸亚铁含量及杂质(Pb、As等)分析检测的一般原理和方法，说明常量分析和微量分析的差异。通过研讨，学生能正确地选择方法来分析产物中硫酸亚铁及杂质的含量，了解产物质量的评价依据和标准，提出控制产物质量的初步建议。

2.3 实验的创新设计

实验以“性质-制备-应用”为主线(图1)，围绕元素Fe的性质辨析产物的应用价值，开展物质的制备，并结合产物的定性、定量分析结果，培养学生严格尊重《中国药典》标准规范、对生命安全负责的严谨求实的科学态度。通过课堂教学落实基本知识学习和实践能力培养的同时，引导学生将化学知识应用于改善人民生产生活，在提升科学素养的同时实现思政育人。具体过程如下：

(1) 以收集的废弃铁(铁屑、铁皮等)为原料，根据原料来源及其组分选择不同的前处理方法，设计实验方案，让学生体会如何运用化学知识实现废铁资源的价值再生。

(2) 对比不同反应条件(投料比、温度、酸度)的产品收率、杂质含量，结合“三废”产生及处理方法，培养综合考虑相关因素、正确评价实验方案的能力，提升学生的安全环保意识。

(3) 结合产品分析，对产物中硫酸亚铁含量^[10]、酸度、重金属含量等进行检测，对比《中国药典》要求，评判其作为原料用于制备抗贫血药物的可能性，进一步认识保证原料质量对生命健康的影响。

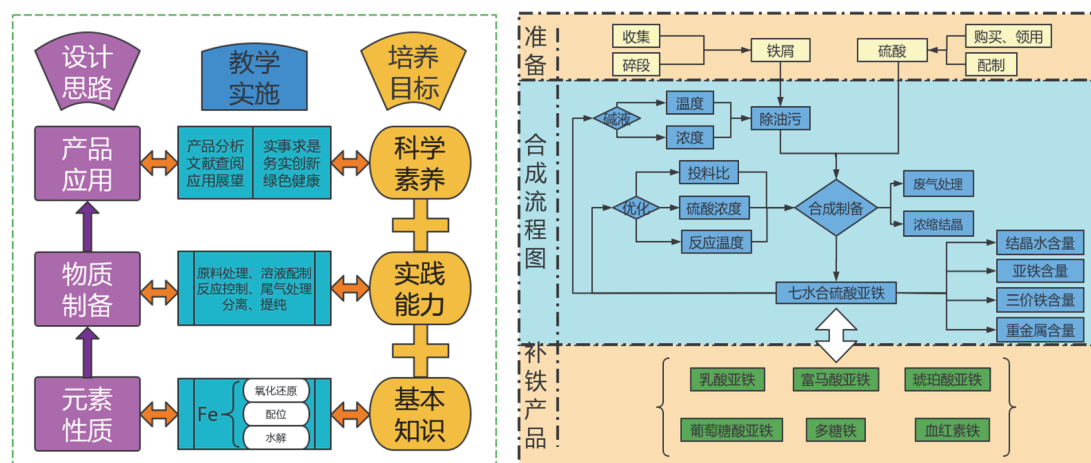


图1 思政案例设计思路及实验流程示意图

2.4 案例的实施

该实验以问题为导向，结合实验的三个阶段开展教学，即课堂教学围绕“废弃资源再利用”主题，教师提出“如何将铁屑转变为价值更高的产物(如：作为饲料添加剂或者抗贫血药物原料的硫酸亚铁等)”这一问题，由学生为主体开展调研、讨论、方案拟定与实施、总结及分享。具体过程如下：

(1) 课前准备: 实验室为每小组提供铁屑(机械加工废弃物)、实验用相关试剂和器材。学生在研讨的基础上, 按小组再自行收集废弃铁屑(皮) 1份, 进行适当的裁剪等处理(可到实验中心借用器材), 根据实验方案, 明确实验试剂及相关器材, 熟悉基本操作及试剂使用注意事项。

(2) 课堂实验: 分组完成产物制备实验。以小组为单位, 领取相关实验试剂及器材, 先用碱液(10% Na_2CO_3 、或 $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH)对原料进行除油污处理, 碱液回收用于反应尾气吸收。改变原料(铁屑和硫酸)投料比(1:1、1:1.25、1:1.5), 硫酸的浓度(1、2、3 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$), 反应温度(常温、40 °C、60 °C)等条件, 在教师指导下分组完成制备实验, 获得不同条件下的硫酸亚铁产物。

完成产物分析(包括酸度、硫酸亚铁含量、重金属含量)。产物酸度检测、硫酸亚铁含量测定为学生必做环节, 采用pH试纸法检测产物酸度(用无氧水配制5%浓度的产物溶液, 用精密pH试纸检测), 采用定量分析法中的 KMnO_4 法测定硫酸亚铁含量。重金属含量(以Pb计)及As含量分析为小组共同完成, 采用比色法分析产品中Pb、As含量(方法参照《中国药典》第二部硫酸亚铁)。

教师巡查实验过程, 指导学生规范操作, 协调学生实验分组及安全, 帮助学生解决实验过程中的重点和难点问题, 培养学生团队协作能力。

(3) 课后分享: 以小组为单位进行实验交流, 共享实验数据, 讨论不同条件对结果的影响, 结合实验过程独立完成报告。可将报告发布于实验中心网站等公共学习平台, 供其他学生讨论及借鉴。

2.5 课后拓展

以小组为单位, 对实验项目进行深入思考和总结, 提出改进意见和拓展应用, 提升学生实验的感悟, 将思政元素内化于心。

(1) 对比不同的制备条件下的产品收率和杂质含量, 结合实验过程中原料的预处理、废液的产生和尾气的吸收等过程, 讨论实验条件对产品质量、实验环境安全的影响, 讨论实际生产中过程设计和优化、三废处理的重要性, 树立工程意识和安全环保理念, 通过文献可进一步熟悉其他抗贫血药物(乳酸亚铁等)的制备方法。

(2) 讨论不同废弃材料的回收利用的可行性, 如: Al(易拉罐), Cu或Au(线路板)等, 从“元素性质-制备提纯-产品应用”基本思路, 说明化学知识在资源回收利用中的重要作用, 建立发展循环经济的基本思路。

(3) 根据产品分析结果, 对照《中国药典》, 比较硫酸亚铁产物与补血剂(硫酸亚铁片)质量指标的差距, 讨论产物中重金属元素的去除方法, 了解从原料到药物的制剂工艺, 通过产品质量分析和检测, 培养实事求是、科学严谨的实验态度。

以上内容作为实验报告的一部分, 可以以小组为单位, 以小组报告、论文综述、实施方案和评价、实验感想等形式呈现。

3 效果考核与实施建议

为了考核本实验课程的思政教育效果, 制订了考核量表(详见表1)。

结果显示, 课程教学中思政元素的融入, 能有效强化学生对基本知识、基本技能的理解和掌握, 改观学生对实验科学的认知和理解, 增加学生对实验的投入及参与度, 有效提升学习兴趣, 增强专业归属感, 拓展学生的认知, 提升社会责任感和使命意识。

教学建议: (1) 实验室应统一提供一批铁屑, 以确保多条件实验的可比性, 另建议学生按小组自行收集一份铁屑(如: 校工程训练中心废铁屑、生活废铁皮等)进行实验, 以使项目开展更贴近学生生活、生产实际, 提升学生的参与度; (2) 分组实验可增加实验过程的对比度, 其中不同浓度硫酸条件下的实验, 应控制相同的反应时长; 对于多条件下未完全反应的铁屑, 应予以回收称重, 投料量以实际消耗的铁屑为准, 培养学生科学严谨的实验态度; (3) 硫酸亚铁的产物的质量分析中, 可增加 Fe^{3+} 的限量分析及结晶水含量测定, 通过 Fe^{3+} 的限量分析及结晶水含量测定, 可以帮助学生进一步掌握元素及化合物性质, 明确实际制备过程中质量控制的重要性。

表1 课程思政教学目标达成度的考核设计

教学环节	课程思政教学目标	考核形式	考核标准
课前	社会责任: 行业发展, 资源回收, 环境安全 专业归属: 学习兴趣	文献查阅, 研讨 实验方案及预习	能够了解行业现状, 提出资源回收利用方案, 明确循环经济的意义
课中	科学素养: 规范严谨的实验习惯; 实事求是的科 学态度, 勇于探索的创新精神 专业素养: 团队协作、安全意识	操作过程评价	规范熟练的实验操作, 仔细观察和科学记录, 团队分工协作; 实验问题的分析及解决过程, 安全防范
课后	家国情怀: 关心国家资源利用, 可持续发展, 人 民生命健康 服务社会: 解决社会问题, 关注行业发展	总结交流、小组报告、 心得体会	运用化学知识, 设计废旧资源再利用方案, 提升废弃物价值, 爱护生命健康, 保护生态环境

4 结语

以废弃Fe资源的回收和再利用为出发点, 对传统硫酸亚铁制备实验进行了改进, 实现废弃铁屑的资源化利用, 将安全与绿色理念、化学与人类健康等思政元素融于课程教学, 化学实验与生产、生活实际相结合, 在强化学生基本知识和能力学习的基础上, 拓展学生的认知和思维, 可以有效增强学生对所学专业的自豪感, 促进学生对当前社会热点问题的关注, 树立“生态文明建设人人参与”的责任意识和使命感。

参 考 文 献

- [1] 董志强, 吕银云, 任艳平. 大学化学, **2018**, 33 (9), 88.
- [2] 曹小华, 严平, 王常清, 谢宝华, 雷艳虹, 王萍萍. 大学化学, **2019**, 34 (7), 31.
- [3] 蔡吉清, 曾秀琼, 徐孝菲, 委育秀, 谭桂娥. 广东化工, **2021**, 48 (8), 292.
- [4] 尹杰, 代建荣, 熊士现, 乔艳玲, 周华伟. 大学化学, **2018**, 33 (3), 21.
- [5] 杜姣姣, 杨国鑫, 郑阿群, 白艳红. 实验室研究与探索, **2019**, 38 (4), 197.
- [6] 钟国清, 周齐文, 夏安. 实验技术与管理, **2013**, 30 (5), 14.
- [7] 姜述芹, 马荔, 梁竹梅, 杨涛, 陈虹锦. 实验室研究与探索, **2005**, 24 (7), 18.
- [8] 庄红, 张铁华, 林松毅, 宫新统, 刘静波. 食品科学, **2006**, 27 (12), 901.
- [9] 李静, 王哲, 要冬颖. 中国内科实用杂志, **2008**, 28 (suppl 1), 196.
- [10] 耿金灵, 王岩, 殷海燕. 实验技术与管理, **2009**, 26 (5), 33.