

基于 RAMP 原则的初中化学实验安全教育教学研究

——以氧气的实验室制取与性质为例

娜仁罕 王海燕

内蒙古师范大学 内蒙古呼和浩特 010022

摘要: 初中化学实验安全教育至关重要,然而目前实验教学缺乏系统性与针对性的安全教育。本文基于 RAMP 原则,分析初中化学必做实验的安全隐患,并以氧气制取与性质实验为例,探讨如何在实验教学中更有效地实施安全教育。研究构建了基于 RAMP 原则的实验教学模型,包括识别危害、评估风险、减控风险和应急准备,提供具体的实施方案,并对中学化学教师进行访谈调查,结果表明,该模型能够显著提高实验教学的安全性和有效性,为初中化学实验教学提供有力指导。

关键词: 化学实验安全教育; RAMP 原则; 初中化学实验; 安全教学模型

1. 研究背景

化学实验安全教育是初中化学教学的重要组成部分,但传统的安全教育方法缺乏系统性,难以有效预防安全风险。RAMP 原则作为一种系统化的风险管理方法,已在高校实验室取得显著成效,但在初中化学实验安全教育中的应用研究仍较少。本研究以氧气制取与性质实验为例,探讨 RAMP 原则在初中化学实验安全教育中的应用,重点分析其对学生安全意识和操作能力的影响,为教师提供实用的风险管理工具,提升实验教学的安全性与有效性,帮助营造更安全的实验环境。

2. 基于 RAMP 原则的实验教学研究

2.1 RAMP 原则的内容分析

美国的 Robert H. Hill 和 David C. Finster 教授在其著作《Laboratory Safety for Chemistry Students》中首次提出了用于化学实验教学的“RAMP”风险管理体系,这一体系被广泛应用于实验室安全管理中^[5]。其具体步骤如图 1 所示。

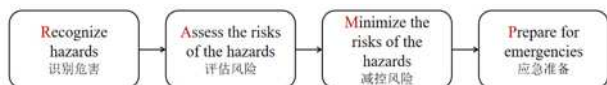


图 1 RAMP 线性步骤

RAMP 原则包括四个步骤,识别危害,即识别实验中可能存在的危险因素,如化学品、设备、环境和操作程序;其次,评估风险,对已识别的危害进行分析,确定其可能造成的损害和发生的可能性,并明确风险等级;接下来,

减控风险,通过更换药品、优化操作流程、使用安全设备和提供防护装备等措施,降低风险的发生可能性和严重性;最后,应急准备,确保在发生紧急情况时能够迅速有效地应对,减少事故的损害,保障实验人员的安全。其对应内容详见表 1。

表 1 RAMP 原则内容

RAMP 原则	内容
Recognize hazards 识别危害	化学试剂的性质; 仪器设备的检查; 反应条件和过程; 实验操作
Assess the risks of the hazards 评估风险	暴露在危害的可能性; 实验操作的风险程度; 后果的严重性
Minimize the risks of the hazards 减控风险	消除危险; 替代危险; 控制危险; 个人防护装备
Prepare for emergencies 应急准备	紧急设备的准备与检查; 疏散路线与应急演练

2.2 基于 RAMP 原则的实验教学模型

本研究构建的基于 RAMP 原则的化学实验教学模型,旨在全面提升学生在化学实验中的安全素养。模型如图 2 所示:

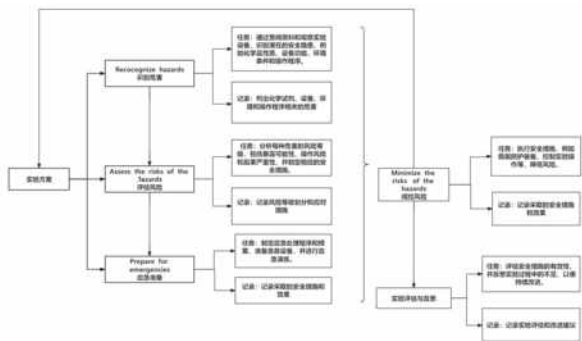


图 2 基于 RAMP 原则的化学实验教学模型

本研究基于 RAMP 原则构建了化学实验教学模型，旨在提升学生安全素养。模型将 RAMP 原则的四个步骤（识别危害、评估风险、减控风险、应急准备）融入实验流程：

- 实验前：识别潜在危险，评估风险等级，制定应急预案。
- 实验中：执行安全措施，降低风险。
- 实验后：评估安全管理效果，反思改进。

模型参考赖璐等的风险等级矩阵，通过三维图评估风险，并将风险划分为低、中、高等级。如图 3 所示。这种系统性规划有助于预防事故，保护实验人员安全，并确保实验有效进行。

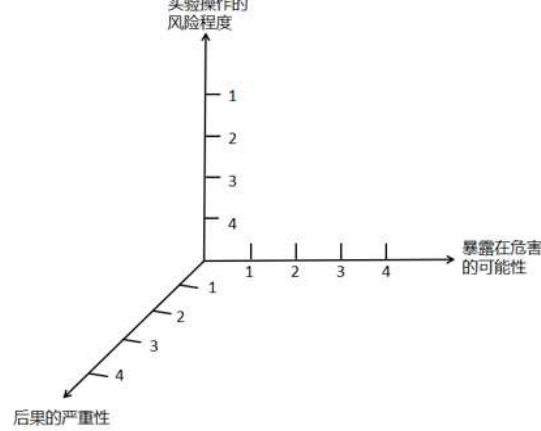


图 3 风险等级三维图

风险等级评分模型通过三个维度进行评估：暴露在危害的可能性、实验操作的风险程度和后果的严重性。暴露可能性评分为 1（几乎不暴露）至 4（必然暴露）；操作风险程度评分为 1（低风险）至 4（很高风险）；后果严重性评分为 1（无风险）至 4（高风险）。计算公式为：风险等级 = 暴露可能性 × 操作风险 × 后果严重性，根据计算结果将风险划分为低、中、高风险。该模型旨在帮助教师引导学生系统管理实验风险，提升安全意识与操作能力，确保实验安全，如表 2 所示。

表 2 风险等级划分表

风险等级范围	风险等级描述
1-8	低风险
9-24	中风险
25-64	高风险

3. 基于 RAMP 原则的化学实验教学模型应用

基于设计的化学实验教学模型，笔者以人教版初中化学氧气的实验室制取与性质实验为例编写教学设计，如表 3 所示。

表 3 氧气的实验室制取与性质实验教学设计

氧气的实验室制取与性质实验			
实验目的：学习实验室制取氧气的方法，加深对氧气性质的认识，并能利用氧气进行相关实验。			
实验用品：大试管、单孔橡胶塞、胶皮管、玻璃导管、集气瓶、水槽、铁架台（带铁夹）、酒精灯、玻璃片、坩埚钳、细铁丝、木条、棉花、火柴、高锰酸钾、木炭、澄清石灰水。			
实验原理： 加热 高锰酸钾 → 锰酸钾 + 二氧化锰 + 氧气 木炭 + 氧气 → 二氧化碳 二氧化碳 + 澄清石灰水（氢氧化钙溶液）→ 碳酸钙沉淀 + 水			
实验方案	实验步骤 1. 制取氧气 (1) 观察并理解实验装置，明确各部分的功能和作用。(2) 检验装置的气密性，确保实验顺利进行。(3) 在试管中装入少量高锰酸钾，并在试管口放一团棉花，用带有导管的橡胶塞塞紧管口。(4) 将试管固定在铁架台上，确保稳定。(5) 将两个集气瓶分别盛满水，用玻璃片盖住瓶口，然后将集气瓶倒立于水槽中。(6) 用酒精灯加热试管，先均匀预热，再对高锰酸钾所在部位集中加热。(7) 当导管口开始有气泡连续均匀冒出时，将导管口伸入盛满水的集气瓶中，开始收集气。(8) 当集气瓶中的水排完后，在水面下用玻璃片盖住瓶口，然后将集气瓶移出水槽，正放在桌子上。(9) 用同样的方法再收集一瓶氧气（瓶中留有少量水）。(10) 停止加热时，先要将导管移出水面，然后再熄灭酒精灯。		
	2. 氧气的性质 (1) 用坩埚钳夹取一小块木炭，在酒精灯上加热到发红，插入到收集到的氧气中，观察木炭在氧气中燃烧的现象。(2) 燃烧停止后，取出坩埚钳，向集气瓶中加入少量澄清石灰水，振荡，观察现象。(3) 点燃系在螺旋状细铁丝底端的火柴，待火柴快燃尽时，插入盛有氧气的集气瓶中，观察铁丝在氧气中燃烧的现象。		
实验阶段	步骤	任务	记录

实验前	识别危害	识别所有涉及到的化学试剂的物理和化学性质及其危害	高锰酸钾是强氧化剂，可能导致灼伤或爆炸；氧气助燃在高浓度的氧气环境下，可能引发火灾；木炭燃烧产生高温，可能引发火灾；二氧化碳浓度过高影响呼吸；澄清石灰水刺激皮肤和眼睛。
		确定实验仪器设备的功能、安全性与潜在风险	大试管：加热注意出现裂纹；橡胶塞：确保气密性；胶皮管、玻璃导管：注意漏气；集气瓶：注意操作正确；酒精灯：远离易燃物；棉花：适量；细铁丝、木炭、火柴：注意火灾风险。
		考虑实验操作环境的可能危害	保持通风良好，防止有害气体积聚；控制火焰大小，防止过热或火灾；注意地面防滑，防止滑倒。
		了解实验需要的反应条件（如温度、压力、反应时间等）及其对安全的影响	温度：高锰酸钾加热产生氧气，必须控制加热温度，防止过热。
		分析每种危害的风险程度	化学品： 1. 高锰酸钾（高风险） 暴露可能性：3（较大可能） 实验操作风险：3（操作复杂，涉及加热与强氧化剂） 后果严重性：4（高风险，可能导致严重灼伤或爆炸） 风险等级： $3 \times 3 \times 4 = 36$ 2. 锰酸钾（中风险） 暴露可能性：3（较大可能） 实验操作风险：2（操作中等，涉及腐蚀性物质） 后果严重性：3（中风险，可能导致灼伤） 风险等级： $3 \times 2 \times 3 = 18$ 3. 氧气（中风险） 暴露可能性：2（较大可能） 实验操作风险：2（操作中等，涉及助燃性气体） 后果严重性：3（中风险，可能导致火灾） 风险等级： $3 \times 2 \times 3 = 18$ 4. 二氧化锰（低风险） 暴露可能性：3（几乎不暴露） 实验操作风险：1（操作简单） 后果严重性：1（无风险，稳定物质） 风险等级： $3 \times 1 \times 1 = 3$ 5. 木炭（中风险） 暴露可能性：2（可能暴露） 实验操作风险：3（操作复杂，涉及燃烧） 后果严重性：4（高风险，可能导致火灾和中毒） 风险等级： $2 \times 3 \times 4 = 24$ 6. 二氧化碳（中风险） 暴露可能性：3（较大可能） 实验操作风险：2（操作中等，涉及气体排放） 后果严重性：2（小风险，呼吸受限） 风险等级： $3 \times 2 \times 2 = 12$ 7. 澄清石灰水（低风险） 暴露可能性：2（可能暴露） 实验操作风险：2（操作中等，涉及腐蚀性液体） 后果严重性：2（小风险，轻微刺激） 风险等级： $2 \times 2 \times 2 = 8$ 8. 碳酸钙（低风险） 暴露可能性：1（几乎不暴露） 实验操作风险：1（操作简单） 后果严重性：1（无风险，稳定物质） 风险等级： $1 \times 1 \times 1 = 1$ 仪器设备： 1. 大试管（中风险） 暴露可能性：2（可能发生裂纹，注意检查可以减少风险） 实验操作风险：3（高温下使用，存在爆裂风险） 后果严重性：3（试管破裂可能导致飞溅，灼伤） 风险等级： $2 \times 3 \times 3 = 18$ 2. 单孔橡胶塞（低风险） 暴露可能性：2（检查破损可以减少风险） 实验操作风险：2（可能会发生泄漏，气密性不佳） 后果严重性：2（小风险，可能影响实验结果） 风险等级： $2 \times 2 \times 2 = 8$ 3. 胶皮管、玻璃导管（中风险） 暴露可能性：2（可能发生漏气） 实验操作风险：3（操作过程中可能有气体泄漏） 后果严重性：3（气体泄漏可能导致实验失败或环境污染） 风险等级： $2 \times 3 \times 3 = 18$ 4. 集气瓶（低风险） 暴露可能性：1（可能操作不当） 实验操作风险：2（使用水面下收集气体，有溅水风险） 后果严重性：2（溅水可能导致滑倒或实验中断） 风险等级： $1 \times 2 \times 2 = 4$ 5. 水槽（低风险） 暴露可能性：1（可能溅水） 实验操作风险：2（操作时注意可以减少风险） 后果严重性：2（溅水可能导致滑倒） 风险等级： $1 \times 2 \times 2 = 4$ 6. 铁架台（带铁夹）（中风险） 暴露可能性：2（设备稳定性需保证） 实验操作风险：2（使用铁夹固定试管，稳定性是关键）
		评估实验操作过程中每一步的风险程度，包括操作复杂性和潜在的错误。	
		评估发生事故，可能造成的后果的严重性（如身体伤害、环境污染等）	

			后果严重性 :3 (如果试管掉落, 可能导致破裂和灼伤) 风险等级 : $2 \times 2 \times 3 = 12$ 7. 酒精灯 (高风险) 暴露可能性 :3 (易燃物周围使用) 实验操作风险 :3 (高温加热可能引发火灾) 后果严重性 :4 (火灾风险, 可能造成人员伤亡) 风险等级 : $3 \times 3 \times 4 = 36$ 8. 玻璃片 (低风险) 暴露可能性 :1 (较少暴露) 实验操作风险 :2 (操作不当可能导致气体逸出) 后果严重性 :2 (气体逸出可能影响实验结果) 风险等级 : $1 \times 2 \times 2 = 4$ 9. 坩埚钳 (低风险) 暴露可能性 :1 (可能掉落加热物体) 实验操作风险 :2 (操作不当可能导致物体掉落) 后果严重性 :3 (掉落的加热物体可能导致灼伤) 风险等级 : $1 \times 2 \times 3 = 6$ 10. 棉花 (低风险) 暴露可能性 :1 (较少暴露) 实验操作风险 :2 (防止试剂流出) 后果严重性 :2 (试剂流出可能影响实验结果) 风险等级 : $1 \times 2 \times 2 = 4$ 11. 细铁丝、木炭、火柴 (高风险) 暴露可能性 :3 (较大可能使用) 实验操作风险 :3 (可能引发火灾) 后果严重性 :4 (高温和火花可能引发火灾) 风险等级 : $3 \times 3 \times 4 = 36$ 12. 温度控制 (高风险) 暴露可能性 :3 (持续加热过程中) 实验操作风险 :3 (温度过高可能导致过热) 后果严重性 :4 (过热可能导致爆炸或火灾) 风险等级 : $3 \times 3 \times 4 = 36$ 13. 地面湿滑 (中风险) 暴露可能性 :1 (水槽溅水) 实验操作风险 :2 (可能导致地面湿滑) 后果严重性 :3 (滑倒可能导致人身伤害) 风险等级 : $1 \times 2 \times 3 = 6$ 14. 实验室通风 (高风险) 暴露可能性 :3 (必须保证良好通风) 实验操作风险 :3 (通风不良可能导致有害气体积聚) 后果严重性 :4 (有害气体积聚可能导致中毒) 风险等级 : $3 \times 3 \times 4 = 36$
实验前	应急准备	应急处理	制定应急预案, 并准备急救设备和器材。制定泄漏、火灾等紧急情况的应对措施, 准备急救包、灭火器、洗眼器等。
		应急演练	定期进行应急演练, 提高应急处置能力。记录演练结果, 评估应急预案的有效性, 并提出改进建议。
实验中	减控风险	消除危险	减少所用化学品的用量。
		控制危险	实验前清理周围易燃物品, 确保使用过程中远离任何可燃物质。棉花用量要控制好, 严格控制火焰大小, 实验结束后立即熄灭火源。在每次实验前检查仪器设备的完好性, 确保实验在通风良好的环境中进行, 打开排风扇或使用通风柜。定期检查通风设备的工作状态。
		个人防护装备	佩戴实验服、手套和护目镜等。
实验后	实验评估与反思	评估与反思	撰写实验评估报告, 反思操作问题, 记录改进建议。

本研究基于 RAMP 原则的教学模型的构建旨在全面提升学生的实验安全意识和操作能力, 确保实验过程中的安全性, 并减少安全事故的发生。

4. 调查反馈

调查发现, 内蒙古地区的部分中学化学教师对 RAMP 原则了解不足, 甚至未听说过这一概念, 导致无法有效实施。教师认为将 RAMP 原则融入教学需耗费更多时间和精力, 可能影响教学进度。学生对风险管理的理解也存在差异, 影响了安全教育效果。为此, 建议学校定期组织教师参加 RAMP 培训, 提供案例示范, 并开发相关教材和教学资源, 帮助教师在日常实验教学中融入 RAMP 原则。同时, 提升

学生对 RAMP 原则的理解和参与度, 例如让学生参与风险评估、应急预案制定和应急演练。开发简便的风险评估工具, 减轻对教学进度的影响, 并在学校营造安全文化氛围, 增强师生的安全意识。

5. 结论

本文分析了初中化学实验教学中的常见安全问题, 并基于 RAMP 原则探讨了有效实施安全教育的策略。研究发现, 实验安全隐患主要源于化学品危险、操作失误和设备使用不当, 加之学生安全意识薄弱和经验不足, 增加了事故风险。应用 RAMP 原则, 即识别危害、评估风险、减控风险和应急准备, 能有效提升学生安全并提高教学质量。

为加强安全教育,学校和教师需增强学生安全培训,更新实验室管理制度,确保实验安全,减少事故发生,营造安全的实验环境。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部.义务教育化学课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [2] 郭丽芳,张玮玮,王明文,等.化学实验教学 RAMP 体系的风险识别与评估研究[J].实验技术与管理,2017,34(12):272-274.
- [3] 郭丽芳,刘杰民,王明文,等.化学实验教学 RAMP 体系的风险减控与应急实践[J].实验技术与管理,2018,35(02):263-265.
- [4] 赖璐,朱可佳,李厚金,等.基于 RAMP 安全原则的有机化学实验安全教育探索[J].大学化学,2020,35(07):123-129.
- [5] Robert,H.H.,Jr.;Finster,D.C. Laboratory Safety for Chemistry Students; [M]. Wiley: New Jersey, 2010.