

风险工程管控下HSE管理体系在高校化学实验室管理中的应用探索

宋照风¹, 邓毅², 谭杰安¹, 王春燕¹, 赖悦腾¹

¹佛山大学环境与化工学院化学实验教学中心, 广东 佛山

²佛山市人力资源公共服务中心, 广东 佛山

收稿日期: 2026年8月16日; 录用日期: 2026年9月8日; 发布日期: 2026年9月17日

摘要

高校化学实验室涉及有机合成、试剂存储、废液处理等高风险操作, 人员流动性强、风险动态多变, 传统事后式安全管理模式存在明显局限。HSE管理体系围绕健康、安全、环境实施一体化闭环管控, 逐渐应用于高校化学实验室管理。然而, 现有相关实证研究主要聚焦危化品管控与教学实验室体系建设, 缺乏面向多主体协同、资源共享与数据联动的工程化管控视角。本文结合国内高校实践案例, 引入共享型HSE闭环管控框架, 厘清该领域研究进展与现实短板, 区分文献结论与自主分析, 充实实操细则。研究发现, 本土化建设存在理论照搬、共享平台缺失、健康环境板块落实不足、评价机制不完善等问题, 据此提出构建共享式风险数据库、共享型监测预警平台与多部门协同共享机制等优化路径, 为实验室精细化安全管理提供参考。

关键词

HSE管理体系, 高校, 化学实验室, 实验室安全, 风险工程

Exploration of the Application of HSE Management System in the Management of University Chemistry Laboratories under Risk Engineering Control

Zhaofeng Song¹, Yi Deng², Jie'an Tan¹, Chunyan Wang¹, Yueteng Lai¹

¹School of Environment and Chemical Engineering, Foshan University, Foshan Guangdong

²Foshan Human Resources Public Service Center, Foshan Guangdong

文章引用: 宋照风, 邓毅, 谭杰安, 王春燕, 赖悦腾. 风险工程管控下 HSE 管理体系在高校化学实验室管理中的应用探索[J]. 管理科学与工程, 2026, 15(5): 1044-1049. DOI: 10.12677/mse.2026.155101

Received: August 16, 2026; accepted: September 8, 2026; published: September 17, 2026

Abstract

High risk operations such as organic synthesis, reagent storage, and waste liquid treatment are involved in university chemistry laboratories, with strong personnel mobility and dynamic risks. The traditional post event safety management model has obvious limitations. The HSE management system implements integrated closed-loop control around health, safety, and environment, gradually applied to the management of university chemistry laboratories. However, existing empirical research mainly focuses on the control of hazardous chemicals and the construction of teaching laboratory systems, lacking an engineering control perspective that is oriented towards multi-party collaboration, resource sharing, and data linkage. This article combines practical cases from domestic universities, introduces a shared HSE closed-loop control framework, clarifies the research progress and practical shortcomings in this field, distinguishes between literature conclusions and independent analysis, and enriches practical rules. Research has found that there are problems with localized construction, such as theoretical copying, lack of shared platforms, insufficient implementation of the health and environment sector, and imperfect evaluation mechanisms. Based on this, optimization paths such as building a shared risk database, a shared monitoring and early warning platform, and a multi departmental collaborative sharing mechanism are proposed to provide reference for refined safety management in laboratories.

Keywords

HSE Management System, Universities, Chemical Laboratories, Laboratory Safety, Risk Engineering

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高校化学实验室承载教学实验与科研创新工作, 实验类型更新频繁, 化学试剂品类繁多, 实验人员流动性较高, 安全风险具备动态、复杂等特征。各类安全事件统计显示, 化学实验室事故在高校实验室事故中占比较高, 人为违规操作、危化品管控疏漏、废弃物处置不当、职业防护不到位是主要诱因。传统管理依靠制度约束、定期检查与事后追责, 模式较为零散, 难以形成覆盖人员、设备、试剂、环境、健康的全链条管控。起源于工业领域的 HSE 管理体系统筹健康、安全、环境开展闭环管理, 适用于实验室全过程风险防控。国内学界自 2015 年开展相关适配研究, 由理论探讨逐步走向院校试点。王国琴、蒋孝佳围绕危化品建立 PDCA 管理流程, 但研究局限于化学品管控; 沈启慧团队面向教学实验室搭建三级管理框架, 未能兼顾科研实验室工况。现有综述多偏重宏观理论推演, 缺少一线实践案例支撑, 且时常混淆文献观点与自主分析。

本文结合多所高校实践案例展开分析, 通过研究 HSE 管理体系在国内和国外的研究状况进行分析, 厘清目前国内研究应用的核心和短板, 预测未来 HSE 管理体系必将在高校化学实验室管理中发挥积极作用。

2. 核心概念界定与国内外研究进展

(一) 核心概念界定

HSE 管理体系是一套标准化、系统化、闭环化的现代治理体系,分别对应职业健康、生产安全、生态环境三大管理维度,核心内核为风险前置识别、全员责任覆盖、全过程管控、持续性改进优化。工业场景 HSE 体系依托固定岗位人员、标准化流水线、稳定生产工况搭建,管理标准刚性强、考核体系量化度高。

结合高校化学实验室真实运行特征,本文界定高校化学实验室 HSE 精细化管理为:适配教学、科研双轨运行模式,针对师生流动性大、实验项目动态更新、科研实验工况不固定的场景特征,建立涵盖人员准入、操作规范、试剂全周期管控、设备运维、应急处置、职业健康监测、废气废液固废治理的柔性管理体系。该定义为本文结合实地运行特征自主界定与细化,不属于现有文献原始结论,重点弥补工业体系与高校场景的适配偏差。

(二) 国外研究进展

欧美研究型高校较早将 HSE 同源的环安健管理体系应用于化学实验室治理,形成较为成熟的落地模式与量化评估体系。美国高校普遍设立独立实验室安全管理办公室,实现实验风险分级审核、操作人员分层培训、职业暴露定期监测、实验污染物定量管控。海外长期调研形成普遍认知:实验室绝大多数安全隐患源于人员习惯性违规操作,制度体系漏洞仅为次要诱因。

海外高校依托充足经费、专职安全管理团队、稳定科研团队开展体系建设,形成了量化风险评估、长期健康追踪、污染物精准治理的完整体系。但海外办学模式、人员结构、经费配置与国内普通本科院校、地方高职院校存在显著差异,成熟模式难以直接照搬,仅具备理论参考价值。本段国外研究规律总结为学界公开共识整合,无单篇文献专属结论。

(三) 国内研究进展

国内高校化学实验室 HSE 管理研究分为理论引入、局部试点、精细化探索三个阶段。2015~2018 年为理论引入阶段,研究重点论证体系移植可行性,未开展大规模实地落地实践。2019~2022 年进入局部试点阶段,开始依托单一实验室、单一管理模块开展实践探索。

王国琴、蒋孝佳等人于 2022 年在《HSE 管理体系在高校实验室化学品管理中的应用研究》的实证研究中^[1],选取校级化学教学实验室为研究对象,针对试剂入库无核验、领用无登记、剩余试剂无回收、废液混存等问题,搭建化学品 PDCA 闭环管理制度。文献围绕化学品管控模块展开讨论,体系覆盖维度较为单一。

沈启慧团队 2021 年在《工程教育认证背景下应用型本科基础化学实验中心 HSE 教学管理体系的构建》的研究中^[2],以应用型本科基础化学实验中心为载体,结合工程教育认证要求搭建校、院、室三级责任体系,完善教学实验安全操作规程、日常巡查制度、教学考核制度。该研究场景局限于基础教学实验室,未涉及高风险合成实验、自主科研实验场景。

2023 年至今,国内研究进入精细化探索阶段,多所高校公开落地实践显示,单纯照搬工业 HSE 标准会造成教学灵活性不足、科研实验受限、管理成本过高等问题。学界逐步形成本土化改造共识,但现有综述尚未结合具体案例系统梳理改造路径,宏观总结多、实证分析少的问题较为突出。

3. 国内高校化学实验室 HSE 落地实践与核心研究观点

(一) 组织架构与制度体系建设

王国琴、蒋孝佳研究指出,实验室安全制度流于纸面、缺少考核督查机制,是危化品管理混乱的核心诱因,制度建设必须配套常态化检查与奖惩机制^[3]。沈启慧团队研究明确,依托三级管理架构细化岗位职责,可有效解决教学实验室责任模糊、监管缺位的问题。

国内多所地方本科高校落地实践显示,校、院、室三级架构是适配国内高校管理体制的可行模式,

但多数院校存在“顶层架构齐全、末端落实空转”的问题。不少院校仅搭建制度框架，缺少持续督查与岗位追责机制，制度执行效果大打折扣；配套常态化巡查、问题台账动态更新、考核联动机制，能够有效推动制度落地。

当前国内实践存在两类差异化建设模式：综合类高校倾向统一标准化制度体系，实现全校实验室统一监管；理工类院校倾向通用制度 + 实验室专属细则的双重模式，适配有机、无机、分析不同实验的风险差异。两类模式各有优劣，统一标准便于考核监管，细分细则贴合风险实际，如何动态平衡标准化与精细化，是本土化改造的关键难点，该对比分析为本文自主推导结论。

(二) 风险辨识与分级管控实践

沈启慧团队在研究中明确，化学实验室风险具备动态性，单次风险评估无法适配实验项目更新需求，实验内容调整后需重新开展风险辨识。

现有文献研究多停留在定性风险判断，缺少分级管控实操标准支撑。从国内高校实地运行情况来看，化学实验室风险可划分为一级易燃易爆高风险、二级有毒有害中风险、三级常规操作低风险三类。一线管理经验表明，高危风险场景总体数量占比不高，却是安全事故的主要诱发源头，应当作为管控核心重点。

目前国内院校普遍依靠实验员经验开展人工辨识，缺少轻量化定量评估工具，存在漏判、误判问题。科研实验方案灵活多变，工况每日更新，固定工业风险矩阵无法适配高校场景，这也是现有研究尚未解决的实操短板，该困境总结为本文结合一线运行现状自主提炼。

(三) 安全教育与人员行为管控实践

规范人员操作行为是降低实验室事故的核心抓手，分层培训是提升安全教育实效的关键路径。

国内高校普遍采用“准入考试 + 集中宣讲”的传统培训模式，实操性较差。行业实践普遍反映，单纯依靠线上理论培训难以约束人员不规范行为；引入实操演练、隐患排查实训、事故案例复盘教学后，学生操作规范性能够得到明显改善。

现有培训体系存在明显结构性短板，现有研究普遍忽视两类群体的管理空白。其一，短期交流人员、轮转实习生缺少常态化培训机制；其二，研究生自主科研操作对应的个性化风险培训缺失。同时，现有安全教育偏重操作安全，长期化学暴露带来的职业健康科普内容稀缺，细化落地存在明显缺口。

(四) 危化品与废弃物全周期管控

以王国琴、蒋孝佳的核心研究结论为例，强调建立试剂共享、限量采购、全程登记机制，可有效降低危化品长期存放隐患与闲置浪费问题。

该文献提出制度思路，未细化落地流程与管控标准。结合国内高校通用落地细则，完整的危化品闭环管理可细化为采购审批、入库核验、限量领用、双人保管、剩余试剂回收、废液分类储存、定点转运七个环节。

落实全流程闭环管理，能够有效减少试剂长期闲置、废液混存等常见隐患。目前国内高校普遍存在校外危废转运衔接不畅的问题，地方处置企业接收配额有限、处置成本持续走高，这类现实管理困境在现有研究中极少提及。

(五) 应急管理与健康防护实践

现有研究大多聚焦安全管控，对 HSE 体系核心的健康、环境维度涉及较少。从实地运行情况来看，国内高校化学实验室应急预案普遍模板化、同质化，缺少化学品灼伤、有毒气体泄漏、有机溶剂起火的专项处置流程，不少应急演练流于形式，难以真正提升人员实操处置能力。

职业健康防护是当前体系落地的最大短板。多数高校仅配备基础防护用具，未建立师生化学暴露监测台账、缺少专项健康追踪机制，HSE 体系“重安全、轻健康、弱环境”的结构性失衡问题较为突出。

4. 现有研究整体局限

结合相关文献结论与国内多所高校实地落地实践经验,可系统归纳当前该领域研究的核心短板。

第一,理论本土化适配研究不足。早期研究多直接移植工业 HSE 体系框架,未结合高校教学科研双轨运行、人员高流动、实验动态更新的独特场景,工业刚性考核、固定岗位制度难以在高校落地,本土化成熟理论框架尚未形成。HSE 体系在高校化学实验室本土化不足的主要表现在学生群体的风险感知不灵敏、高校教师科研导向的组织文化与 HSE 要求产生冲突,其根源是国内的高校化学实验室“安全文化”、“组织行为”或“风险治理”等理念与国际上存在差异。

第二,研究实证深度偏弱。现有综述研究多偏向宏观理论推演,缺少详实院校实践过程、落地难点等素材支撑,细化深化程度不足,实操指导价值有待提升。

第三,研究维度不均衡,HSE 三维体系落地失衡。现有成果集中聚焦安全管控与危化品管理,职业健康长效监测、实验室废气治理、微量污染累积防控等内容研究薄弱,完整三维治理体系尚未构建。

第四,研究对象覆盖单一。现有实证研究均集中于省属应用型本科教学实验室,缺少高职院校、科研型重点实验室、课题组自主管理实验室的对比研究,结论普适性有限。

第五,量化评价体系缺失。现有研究以定性经验总结为主,未形成可量化、可考核、可对比的 HSE 运行成效评价指标,体系落地效果难以客观衡量。

5. 实践优化路径与未来研究展望

(一) 实践优化路径

一是搭建差异化本土化制度体系。区分教学实验室与科研实验室、高危合成实验与常规分析实验,构建通用制度+专项细则的双层规范[4],兼顾管理标准化与实验灵活性,规避工业体系水土不服问题。

二是建立分级风险管控模式。结合高校实验动态工况,简化工业风险评估模型,搭建常态化风险辨识机制,对高危实验实行事前报备、全程监护、限量操作的专项管控。

三是重构实操导向的分层培训体系。优化单一线上考试模式,针对新生、本科生、研究生、流动人员设置分层培训内容,增设隐患排查实操、事故现场复盘、职业健康防护实训,切实降低人为违规概率。具体的优化路径可以设计一个包含培训对象、目标、内容、方法、考核标准的示例框架表。

四是完善危废内外协同管控机制[5]。细化校内七步全周期管控流程,同时建立高校与地方危废处置企业常态化对接机制,提前报备、定点储存、定期转运,解决处置滞后问题。

五是补齐健康与环境治理短板。探索建立师生化学暴露台账、健康监测机制,完善实验室废气通风常态化运维机制,实现健康、安全、环境三维协同治理。

(二) 未来研究展望

后续研究需摆脱单纯宏观理论推演模式,重点向实证化、本土化、差异化方向深化。持续开展多类型院校对比实证研究,丰富高职院校、科研实验室落地案例;探索构建适合高校场景的 HSE 成效评价量表(如过程性指标:安全培训覆盖率、隐患整改及时率;结果性指标:事故事件发生率、废液合规处置率等);重点补齐健康与环境维度短板研究,构建适配国内高校的完整本土化 HSE 治理模型。

6. 结论

现有国内研究已证实,HSE 管理体系相较于传统碎片化安全管理,能够实现高校化学实验室风险前置防控、全流程闭环治理,具备显著的实践优势。王国琴、蒋孝佳与沈启慧团队的实证成果,为危化品管控、教学实验室体系搭建提供了基础实践范式。

结合实地实践案例可以看出,当前国内研究与落地实践仍存在明显短板,理论移植痕迹较重、实证细化不足、三维治理失衡、量化评价缺失等问题普遍存在。现有综述类成果偏向宏观推演,实操细节支撑不足,研究深度尚需提升。

未来高校化学实验室 HSE 建设,需摒弃照搬工业标准的建设思维,立足高校育人与科研双重属性,依托实践经验持续优化本土化方案,补齐健康、环境治理短板,建立可落地、可推广的精细化管理模式,推动实验室安全治理从被动整改转向主动预防,全面提升高校化学实验室规范化、科学化治理水平。

基金项目

2024 年第 3 期教育部供需对接就业育人项目“化学工程专业人才培养与行业需求的对接机制研究”(申请编号:2024040153649)。

参考文献

- [1] 王国琴,蒋孝佳,后静,等. HSE 管理体系在高校实验室化学品管理中的应用研究[J]. 质量安全与检验检测, 2022, 32(3): 81-82.
- [2] 沈启慧,吕洋,薛俊礼,等. 工程教育认证背景下应用型本科基础化学实验中心 HSE 教学管理体系的构建[J]. 吉林化工学院学报, 2021, 38(4): 7-9.
- [3] 兰淑惠,江荆,魏雅娟,等. 第三方检验检测实验室 HSE 管理体系建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(7): 313-316.
- [4] 宋玉萍,陈芳. HSE 管理体系在高校实验室安全中的应用[J]. 黄山学院学报, 2024, 26(5): 122-125.
- [5] 黄霞. HSE 管理体系在高校实验室中的应用[J]. 奥秘, 2023(32): 76-78.