

基于MMEM-PDCA融合视角的高校体育实验室安全风险识别与过程化治理研究

李永梅, 钱永东*

浙江师范大学体育与健康科学学院, 浙江 金华

收稿日期: 2026年8月27日; 录用日期: 2026年9月20日; 发布日期: 2026年10月30日

摘 要

高校体育实验室兼具人体运动测试、精密仪器操作、运动器械使用和开放性教学科研空间等特征, 其安全风险与传统理工类实验室相比具有明显的场景差异。针对当前高校体育实验室安全管理中存在的人员准入粗放、设备维护滞后、环境风险识别不足和治理流程缺乏闭环等问题, 本文基于“人-机-环境-管理”(MMEM)理论和“计划-执行-检查-改进”(PDCA)循环, 构建高校体育实验室安全风险识别与闭环治理框架。研究从人员行为、运动测试设备、实验空间环境和管理制度四个维度分析体育实验室安全风险, 并将PDCA循环嵌入风险清单建立、分级管控、整改跟踪和持续改进过程之中, 形成面向体育实验室场景的安全管理路径。本文认为, MMEM-PDCA融合框架能够为高校体育实验室安全管理提供系统化分析思路和过程化治理方法, 但其实际应用效果仍需结合具体案例和数据进一步验证。

关键词

体育实验室, 安全风险识别, MMEM理论, PDCA循环, 闭环治理

Safety Risk Identification and Process-Oriented Governance in University Sports Laboratories: An Integrated MMEM-PDCA Perspective

Yongmei Li, Yongdong Qian*

College of Physical Education and Health Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang

Received: August 27, 2026; accepted: September 20, 2026; published: October 30, 2026

*通讯作者。

文章引用: 李永梅, 钱永东. 基于 MMEM-PDCA 融合视角的高校体育实验室安全风险识别与过程化治理研究[J]. 体育科学进展, 2026, 14(5): 1114-1124. DOI: 10.12677/aps.2026.145145

Abstract

University sports laboratories are characterized by human performance testing, the operation of precision instruments, the use of exercise equipment, and open-access teaching and research spaces. Consequently, their safety risks exhibit distinct context-specific features compared with those of conventional science and engineering laboratories. To address existing problems in safety management, including insufficiently differentiated personnel access control, delayed equipment maintenance, inadequate identification of environmental hazards, and the absence of closed-loop governance processes, this study develops a framework for safety risk identification and closed-loop governance in university sports laboratories based on the Man-Machine-Environment-Management (MMEM) theory and the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle. Safety risks are examined across four dimensions: human behavior, exercise testing equipment, the laboratory spatial environment, and management systems. The PDCA cycle is then embedded into the processes of risk register development, tiered risk control, corrective-action tracking, and continuous improvement, thereby establishing a context-specific safety management approach for university sports laboratories. This study argues that the integrated MMEM-PDCA framework provides a systematic analytical perspective and a process-oriented governance approach for safety management in university sports laboratories. However, its practical effectiveness requires further validation through empirical data and case-based applications.

Keywords

Sports Laboratories, Safety Risk Identification, MMEM Theory, PDCA Cycle, Closed-Loop Governance

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

随着我国高等教育改革的持续推进,特别是2023年教育部出台《高等学校实验室安全规范》¹等政策文件,高校实验室在教学、科研和社会服务中的作用不断拓展。其中,高校体育实验中心作为集运动科学实验、教学实训与科研创新于一体的综合性平台,其安全管理问题逐渐显现出区别于理工类实验室的复杂性与特殊性[1][2]。

体育实验中心的特殊性主要体现在设备多样、实验风险高、人员流动频繁等方面。实验内容涵盖运动生理学、运动生物力学、医学检测等多个学科,既依赖高精度仪器操作,也涉及复杂的环境控制,如运动装备调试、人体数据采集及化学试剂使用等,显著提升了安全管理的难度。同时,管理资源短缺、人员结构复杂、设备更新缓慢等问题,进一步加剧了安全隐患[3]。近年来,国内多起实验室安全事故,暴露出现行实验室安全管理体系的脆弱环节,也警示体育实验室安全治理亟需系统化、科学化转型[4]。目前,国内关于实验室安全的研究多集中于化学、物理及工程类实验室,针对体育实验室的系统研究仍相对匮乏。现有管理体系在设备维护、人员培训、环境调控与制度执行等方面存在明显短板,呈现“数据分散、响应滞后、运行效率不高”的特征[5]。培训机制形式化、设备管理缺乏全生命周期追踪、环境监测滞后以及治理流程缺乏闭环反馈,成为制约体育科研安全与学科高质量发展的重要问题[6][7]。

¹http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/moe_784/202302/t20230220_1045998.html

基于此, 本文引入“人-机-环境-管理”(MMEM)系统理论, 认为实验室安全事故根源于四要素之间的协同失衡。在此基础上, 融合“计划-执行-检查-改进”(PDCA)循环理念, 构建动态闭环的安全管理优化模型, 旨在为构建科学、高效、可持续的实验室安全管理体系提供理论支撑与实践指导, 进一步保障体育科研活动的安全性与高校学科建设的稳步发展。与传统理工类实验室相比, 高校体育实验室的安全风险具有更强的动态性和复合性。体育实验室不仅涉及仪器设备和实验环境管理, 还涉及人体运动负荷、受试者身体状态、运动损伤预防、开放性空间使用以及人体健康数据采集等问题。例如, 跑台运动负荷测试、等速肌力测试、测力平台测试和体质健康测试等实验活动, 均可能因人员操作不当、设备维护不足、空间组织混乱或应急处置缺位而引发安全风险。因此, 高校体育实验室安全管理不能简单照搬传统实验室安全管理模式, 而应结合体育实验室自身特点进行风险识别和治理流程设计。

本文并非旨在提出全新的安全管理理论, 而是基于 MMEM 理论和 PDCA 循环, 对高校体育实验室安全风险进行场景化分析, 构建面向体育实验室的风险识别与闭环治理框架, 以期为高校体育实验室安全管理提供具有针对性的理论参考和实践路径。

2. 高校体育实验室安全风险的场景特征与 MMEM 分析

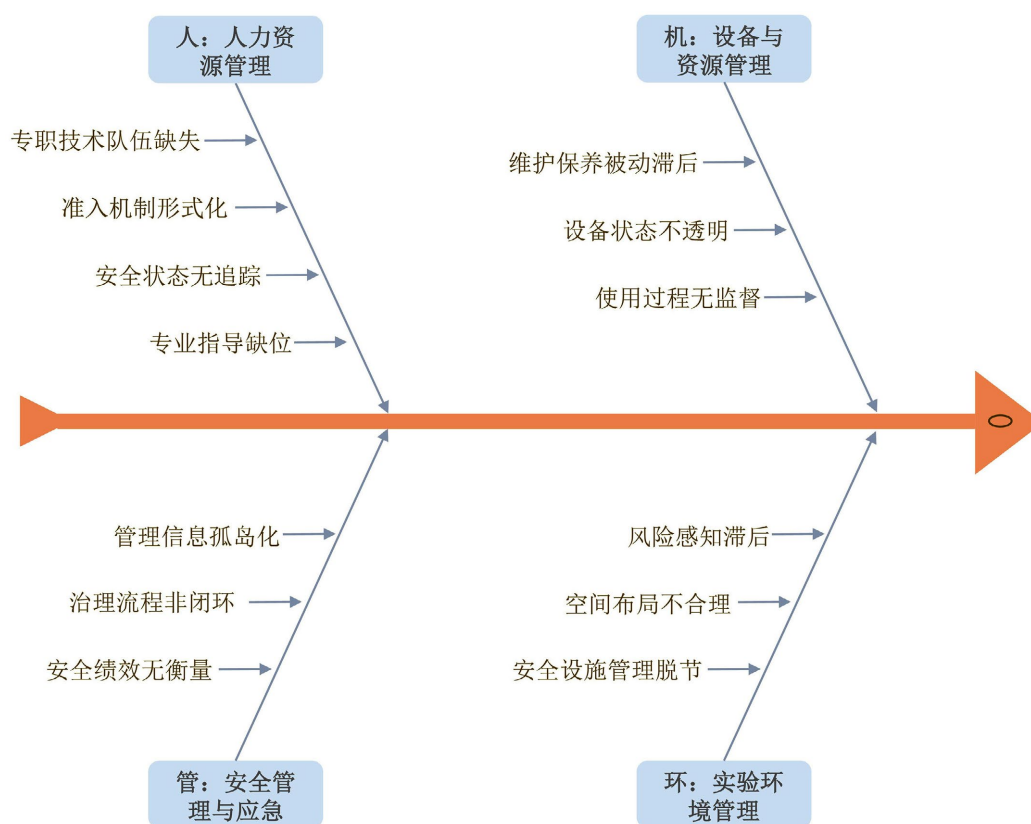


Figure 1. MMEM-based analysis of hazards in university sports laboratories

图 1. 基于 MMEM 理论分析高校体育实验室隐患

MMEM 理论揭示了安全事故根源于“人、机、环、管”四大要素的非协调互动。该框架为解析高校体育实验中心这一多学科交叉、设备多样、活动高强度的特殊平台的系统性安全短板提供了有效视角[8]。当前, 其管理仍普遍依赖于传统的人工、被动模式, 难以应对日益复杂的安全风险。本文基于 MMEM 理论(见图 1), 从四个维度系统剖析现状, 旨在为构建数据驱动、流程闭环的现代化治理体系明确问题导向

与改进切入点。

2.1. 人：人员操作风险与受试者保护不足

体育实验室中的“人”不仅包括实验教师、实验技术人员和学生使用者，还包括参与运动测试的受试者，人员流动频繁，对管理提出了极高要求[9]。因此，体育实验室人员管理不仅要关注操作者培训，还应重视受试者健康筛查、风险告知和现场监护。

风险突出表现为：(1) 准入机制形式化：安全培训多采用“统一化”的集中讲座模式，缺乏与具体实验项目、设备操作风险绑定的差异化、模块化内容，且考核结果未与实操权限有效联动[10]。(2) 安全状态无追踪：由于缺乏信息化记录手段，人员的培训记录、违规历史、技能资质等安全状态无法动态更新与管理，“一次授权、终身有效”的现象普遍存在，无法实现基于行为的风险干预与精准授权[4]。(3) 专业指导缺位：精密仪器操作依赖“师徒相传”，缺乏嵌入工作流程的标准化视频指南与在线答疑系统，学生操作失误风险高。(4) 专业技术队伍缺失：缺乏复合型专职人员，导致技术监管、深度维护与应急响应能力不足。

2.2. 机：运动测试设备高频使用与维护不足

体育实验室设备具有精密性、动态性和运动风险并存的特点。目前问题主要体现在：(1) 设备状态不透明：设备档案、使用记录、维修保养历史依赖纸质或零散电子文档，信息孤立且更新滞后。缺乏统一的设备管理视图，使得管理者无法实时掌握设备健康状态、利用率及风险点[11]。(2) 维护保养被动滞后：维护工作主要依赖于故障报修，缺乏基于使用时长或运行数据的预防性维护计划，导致设备带病运行，不仅影响数据准确性，更埋下严重安全隐患。(3) 使用过程无监督：缺乏操作日志自动记录与异常使用行为(如超负荷、超时)的智能预警，无法在事前和事中有效阻断因误操作引发的事故[12]。

2.3. 环：开放性运动空间与环境风险叠加

体育实验室空间通常兼具测试、训练、教学和科研功能，存在人员流动性大、设备摆放密集、测试区与等候区交叉等特点。部分实验室还可能存在地面湿滑、通道受阻、器械摆放不规范、通风不足、噪音干扰等问题。这些环境因素在普通实验室中可能只是一般隐患，但在体育实验室中会与运动动作、身体疲劳和器械使用叠加，进一步放大安全风险。

当前体育实验室环境管理多停留在“配备设施、定期检查”的静态、被动模式[13]：(1) 风险感知滞后：对环境风险(如力量区域噪音、湿区水渍、生化区域危险气溶胶)主要依赖人工巡查，缺乏物联网传感器进行实时监测与超标报警，无法实现从“事后处置”到“事前预警”的转变[14]。(2) 安全设施管理脱节：应急喷淋、洗眼器、灭火器等设施的检查维护未与统一平台关联，容易遗漏，且检查结果无法形成电子台账追溯分析，其有效性难以保障[15]。(3) 空间布局不合理：设备堆放杂乱、功能区域划分不清、安全通道受阻等问题常见，不仅限制实验活动，更在紧急情况下严重影响疏散效率[3]。

2.4. 体育实验室专项制度不足与整改闭环缺失

当前不少高校体育实验室安全制度仍沿用学校通用实验室管理制度，缺少针对运动测试、人体实验、运动器械使用和开放空间管理的专项规定。存在制度针对性不足、管理信息相互割裂以及治理流程衔接不畅等问题，尚未形成持续改进的闭环机制[16][17]：(1) 管理信息孤岛化：人员、设备、环境等管理数据分属不同部门或记录载体，无法在一个平台上汇聚、关联与分析，导致决策缺乏数据支撑，呈现“碎片化”[18]。(2) 治理流程非闭环：从安全隐患的发现、上报、处理到验证，缺乏标准化、可追踪的线上流程。整改任务指派后，执行过程和效果难以跟踪，导致同类问题重复发生，无法实现真正的“处理”(Act) [19]。(3) 安全绩效无衡量：安全管理成效缺乏量化指标(如隐患整改率、培训通过率、设备故障率

等), 无法通过数据对比呈现改进效果, 使管理优化失去方向, 停留在“凭经验”的层面[20]。

3. 基于 MMEM-PDCA 融合的高校体育实验室安全风险识别与闭环治理框架

高校体育实验室安全风险具有多源性、动态性和场景依赖性, 仅依靠单一维度的制度约束或阶段性安全检查, 难以实现对风险的系统识别与持续治理[21]。MMEM 理论能够从人员、设备、环境和管理四个维度分析风险来源, PDCA 循环则能够将风险识别、措施实施、过程检查和持续改进连接起来。两者在功能上具有较强的互补性: MMEM 主要解决“风险来自哪里、表现为何”的问题, PDCA 主要解决“风险如何治理、治理过程如何持续改进”的问题。

基于此, 本文构建高校体育实验室安全风险识别与闭环治理框架, 如图 2 所示。该框架包括三个相互衔接的层次: 第一层是基于 MMEM 理论的体育实验室安全风险识别; 第二层是由风险识别向治理任务转化的中间机制; 第三层是由计划、执行、检查和改进组成的 PDCA 闭环治理过程。通过上述三个层次, 可将体育实验室中分散的风险因素转化为具有明确责任主体、整改措施、完成时限和复核要求的治理任务。

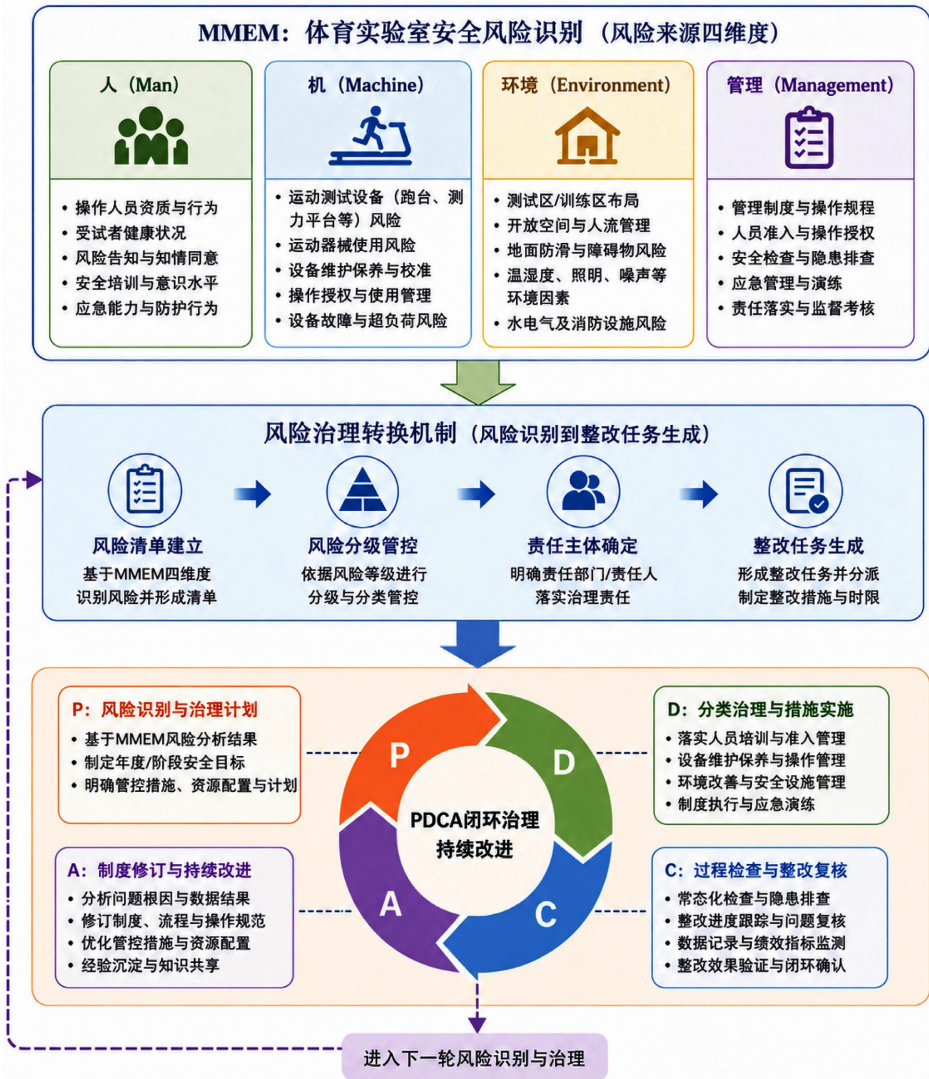


Figure 2. Framework for safety risk identification and closed-loop governance in university sports laboratories
图 2. 高校体育实验室安全风险识别与闭环治理框架

3.1. MMEM 与 PDCA 融合框架的构建思路

MMEM 理论强调人员、设备、环境和管理四类要素之间的相互影响。高校体育实验室中的安全问题往往不是由某一因素单独造成,而是多类因素共同作用的结果。例如,在跑台运动负荷测试中,受试者健康状态评估不足属于人员风险,急停装置失效或维护不及时属于设备风险,测试区域拥挤或地面湿滑属于环境风险,而操作授权、风险告知和应急预案不完善则属于管理风险。若仅针对某一环节进行整改,难以从根本上降低整体风险。PDCA 循环强调管理过程的连续性和反馈性,其核心在于通过“计划-执行-检查-改进”的循环运行,不断发现管理偏差并完善治理措施[22]。将 PDCA 循环引入体育实验室安全管理,可以使 MMEM 识别出的风险不再停留于问题描述层面,而是进一步转化为具体的治理计划和整改任务,并通过检查、复核和制度修订实现持续改进。

因此,MMEM 与 PDCA 的融合并非两个成熟理论的简单叠加,而是形成“MMEM 识别风险-治理机制转化任务-PDCA 推动闭环”的逻辑链条。其中,MMEM 为 PDCA 循环提供风险识别基础,PDCA 则为 MMEM 识别结果提供过程化治理工具。二者共同构成面向高校体育实验室具体场景的安全管理框架。

3.2. MMEM 与 PDCA 的协同机理及案例演示

为具体说明 MMEM 与 PDCA 的协同关系,本节以高校体育实验室跑台运动负荷测试中的心脏骤停风险为例,演示从 MMEM 四维识别到 PDCA 闭环治理的完整转化过程。

(1) MMEM 四维风险识别。人员维度:受试者心血管健康筛查不充分,测试现场缺少具备急救资质的人员,操作人员对运动终止标准掌握不牢;设备维度:跑台急停装置失效或未定期检验,自动体外除颤器(AED)与急救箱缺失或超出有效期;环境维度:测试区域空间狭窄,急救通道被占用,通风与地面条件不良;管理维度:缺少针对运动测试突发心脏事件的专项应急预案,与校医院、120 的联动机制不明确,风险告知与现场监护制度不健全。

(2) 向 PDCA 治理过程的转化。Plan 阶段(制定详细预案):依据 MMEM 识别的四维风险,结合本单位实际情况,制定跑台运动负荷测试心脏骤停应急预案,明确受试者健康筛查标准、测试前设备检查清单、急救设备配置要求、现场急救责任人及与校医院的联动流程,并将风险等级、责任主体、整改期限和验收标准逐项写入治理任务表。Do 阶段(实施演练):按照预案组织跑台测试过程中心脏骤停的模拟演练,开展心肺复苏(CPR)与自动体外除颤器操作培训,落实测试前的风险告知、设备试运行与全程监护。Check 阶段(检查设备与人员资质):核查跑台急停装置、自动体外除颤器与急救箱的完好状态及有效期,核验现场人员的急救资质与操作授权,检查演练记录和隐患整改台账,评估预案的可操作性。Act 阶段(依据演练结果修订预案):针对演练暴露的问题完善预案内容,例如增加急停操作考核、调整急救设备摆放位置、明确夜间与节假日应急联络方式,修订后的制度与措施重新纳入下一轮 MMEM 风险识别与 PDCA 治理计划。

上述案例表明,MMEM 与 PDCA 的协同并非两个理论的并列使用,而是形成“识别-转化-闭环-反馈”的连续机制:MMEM 解决“风险来自哪里、表现为何”,为 PDCA 提供识别基础与治理对象;PDCA 解决“风险如何治理、治理效果如何持续改进”,使 MMEM 的识别结果不停留于问题描述,而是逐项转化为可执行、可检查、可追溯的治理任务,并通过检查与改进将经验沉淀为下一轮治理的制度基础。

3.3. 体育实验室安全风险识别

基于第一部分对高校体育实验室安全风险现状的分析,进一步从人员、设备、环境和管理四个维度

进行归类, 形成结构化风险清单。人员风险主要包括专项培训不足、操作能力与授权不匹配、受试者健康筛查和应急处置不到位; 设备风险主要涉及运行异常、维护滞后及防护装置失效; 环境风险主要表现为功能区域交叉、地面湿滑、线路布置不规范和应急设施不足; 管理风险则集中于专项制度不完善、责任主体不清及整改流程缺乏闭环。通过上述分类, 可将前文揭示的分散问题转化为可识别、可分级和可治理的风险事项, 为后续责任分派和 PDCA 闭环治理奠定基础[23]。

3.4. 风险识别向治理任务的转化机制

MMEM 风险识别结果需经过规范化转化, 才能形成可执行、可检查和可追踪的治理任务。首先, 按照人员、设备、环境和管理四个维度建立风险清单, 记录风险场景、具体表现、可能后果及现有防控措施; 其次, 根据风险发生可能性、后果严重程度和暴露频率实施分级管控, 对可能造成人身伤害、设备损坏或实验中断的风险进行重点治理; 再次, 明确实验室负责人、技术人员、设备管理人员和实验指导教师等责任主体, 对跨部门事项确定牵头单位与协同单位; 最后, 将风险事项转化为包含整改内容、责任人员、完成期限、验收标准和复核方式的具体任务。整改完成后, 应对治理效果进行复核, 确认风险已消除或得到有效控制后方可销号, 从而形成风险识别、任务分派、整改实施、复检验收和闭环销号的全过程治理机制。

3.5. 基于 PDCA 循环的闭环治理过程

3.5.1. Plan 阶段: 风险识别与治理计划

Plan 阶段的主要任务是明确治理对象、治理目标和实施方案。实验室应基于 MMEM 风险识别结果和风险分级情况, 制定年度、学期或专项安全治理计划。治理计划应明确重点实验项目、高风险设备、重点环境区域和薄弱管理环节, 并结合实际情况确定阶段性目标。例如, 完善跑台测试前的健康筛查流程, 建立高风险设备操作授权制度, 规范测试区和等候区划分, 或者完善隐患整改复核程序。

由于本文尚未开展实证研究, 治理目标可以体现为制度和流程建设要求, 不宜直接设定缺乏基础数据支持的效果性目标。在具备管理台账后, 可逐步引入培训覆盖率、设备维护完成率和隐患整改复核率等指标。

3.5.2. Do 阶段: 分类治理与措施实施

人员方面, 建立分层培训和操作授权制度, 并落实受试者健康筛查、风险告知和现场监护要求。设备方面, 完善设备使用、维护、校准和维修台账, 对高风险设备实施使用前检查和预防性维护, 发现异常时立即停用。环境方面, 合理划分测试区、训练区、等候区和应急通道, 及时处理地面湿滑、空间拥挤、线路杂乱等问题[24]。管理方面, 完善实验预约、人员准入、隐患上报和整改复核流程, 明确责任人、整改期限和验收标准。通过分类实施治理措施, 可将风险识别结果转化为可执行、可记录和可追踪的管理任务, 为后续检查与持续改进提供依据。

3.5.3. Check 阶段: 过程检查与整改复核

Check 阶段的重点是检查治理措施是否落实, 并识别执行过程中的偏差。检查内容可包括人员培训和授权记录、设备维护和使用记录、实验预约和风险告知记录、环境安全检查记录以及隐患整改的台账等。检查不应只关注是否完成任务, 还应关注措施是否真正符合实际需要。例如, 完成安全培训并不等同于具有设备操作能力, 还需通过实际操作考核判断培训效果; 完成设备维修也不等同于风险已经消除, 还应进行运行测试和复核确认。对于检查中发现的问题, 应分析其原因。若问题来源于执行不到位, 应加强监督和责任落实; 若问题来源于制度设计不合理, 则应调整管理流程; 若问题来源于设备或空间条

件限制, 则应提出维修、更新或改造方案。

3.5.4. Act 阶段：制度修订与持续改进

Act 阶段是根据检查和复核结果, 对制度、流程和措施进行修订完善。其核心不是对单一问题进行一次性处理, 而是将问题处置经验转化为下一轮治理的制度基础。例如, 若发现部分学生不会正确使用跑台急停装置, 应在后续培训中增加急停操作考核; 若发现设备维护记录不完整, 应统一设备台账格式并明确记录责任; 若体质健康测试中长期存在人员拥挤问题, 应优化预约分组和现场分流方案; 若运动损伤应急处置衔接不畅, 应完善现场责任人、应急联系人和送医流程[25]。经过 Act 阶段修订后的制度和措施, 应重新纳入下一轮风险识别和治理计划, 由此形成循环运行、持续改进的安全治理机制。

3.6. 闭环治理评价指标

为便于后续对 MMEM-PDCA 框架的应用情况进行评价, 本文从人员、设备、环境、整改和应急五个方面提出参考指标(见表 1)。相关指标主要用于后续案例研究和实践评价, 本文不将其作为已经得到验证的研究结果。

Table 1. Evaluation indicators for closed-loop safety governance in university sports laboratories
表 1. 高校体育实验室安全闭环治理评价指标

评价维度	参考指标	指标含义
人员管理	安全培训覆盖率	按要求参加安全培训的人员比例
人员管理	专项设备授权率	通过专项考核并获得操作授权的人员比例
人员管理	违规操作记录	检查周期内发现的违规操作数量
设备管理	设备维护完成率	按计划完成维护和校准的设备比例
设备管理	设备完好率	检查时处于正常可用状态的设备比例
设备管理	故障响应时间	从故障上报到采取处置措施的时间
环境管理	安全通道合格率	符合畅通和标识要求的安全通道比例
环境管理	应急设施完好率	灭火、急救和应急设施处于有效状态的比例
整改管理	隐患整改率	已完成整改的隐患占全部隐患的比例
整改管理	整改复核率	完成复核确认的整改事项比例
整改管理	重复隐患发生率	同类隐患在一定周期内重复出现的比例
应急管理	应急演练完成情况	是否按照计划开展应急培训和演练
应急管理	突发事件处置记录	突发情况是否形成完整、可追溯的处置记录

4. 体育实验室典型风险场景下的 MMEM-PDCA 应用分析

由于本文缺乏具体实验室的长期运行数据, 暂不对框架的实际效果作经验性判断, 选取高校体育实验室中较为常见的活动场景进行应用分析, 以说明 MMEM-PDCA 框架如何嵌入具体安全管理过程。

4.1. 跑台运动负荷测试场景

跑台运动负荷测试以人体为直接测试对象, 具有运动强度变化快、突发风险较高等特点。人员风险主要包括受试者健康评估不足、测试人员不熟悉终止标准和急救流程; 设备风险包括跑台运行异常、急停装置失效和维护记录不完整; 环境风险包括地面湿滑、空间狭窄和通风不足; 管理风险则表现为风险

告知、现场监护和异常记录制度不健全。

在 Plan 阶段, 应制定健康筛查、设备检查和应急处置方案; 在 Do 阶段, 落实风险告知、设备试运行和过程监护; 在 Check 阶段, 检查设备状态、测试记录及终止标准执行情况; 在 Act 阶段, 根据发现的问题完善操作规程、培训内容和现场布置。

4.2. 运动生物力学测试场景

运动生物力学实验通常使用测力平台、动作捕捉系统、高速摄像和肌电采集设备, 具有仪器精密、线路较多和受试者动作范围较大的特点。其主要风险包括受试者动作不规范、操作人员流程不熟悉, 设备支架或线路连接不稳, 测试区未隔离、通道受阻, 以及动作风险评估和现场责任制度不完善。

在 Plan 阶段, 应评估动作难度和跌倒风险, 明确设备布局、人员站位及保护措施; 在 Do 阶段, 完成设备校准、线路固定、区域隔离和动作示范; 在 Check 阶段, 检查设备运行、空间安全和测试过程; 在 Act 阶段, 优化设备布局、动作设计和现场操作流程。

4.3. 体质健康测试开放场景

体质健康测试参与人数多、项目转换快、器材使用频繁, 容易出现人员拥挤和功能区域交叉。主要风险包括受测人员热身不足或健康异常未及时报告, 器材松动、磨损或测量异常, 测试区与等候区混用、通道受阻, 以及预约分流、异常终止和应急处置流程不完善。

在 Plan 阶段, 应根据场地容量制定预约、分组和人员分流方案; 在 Do 阶段, 设置引导标识、明确现场责任人并检查测试器材; 在 Check 阶段, 持续检查现场秩序、器材状态和异常情况; 在 Act 阶段, 根据反馈调整项目顺序、人员分组和场地布置。

通过上述典型场景分析可以看出, MMEM-PDCA 框架能够将一般性的安全管理理论具体嵌入体育实验活动流程, 增强风险识别与治理措施之间的对应关系。但相关措施的实际适用性和治理效果仍需通过具体案例和运行数据进一步检验。

5. 结论与展望

本文针对高校体育实验室在人体运动测试、精密仪器操作、运动器械使用及开放空间管理等方面存在的复合型风险, 基于 MMEM 理论与 PDCA 循环构建了安全风险识别与闭环治理框架。该框架以“人-机-环境-管理”为风险识别基础, 通过风险清单、分级管控、责任分派和整改任务, 将风险识别结果转化为具体治理措施, 并借助 PDCA 循环实现计划、执行、检查、复核与改进的全过程衔接。与一般实验室安全管理框架相比, 本文重点关注受试者健康筛查、运动负荷控制、运动器械管理、开放空间组织及运动损伤应急处置等体育实验室特有风险, 其主要价值在于将成熟理论转化为适用于体育实验室具体场景的治理流程, 为人员准入、设备维护、环境检查和隐患整改提供系统化思路。需要指出的是, 本文主要属于理论探讨与框架构建, 尚缺乏长期案例和实证数据支撑, 后续研究可选取不同类型的高校体育实验室, 结合相关台账、设备维护记录、培训资料和问卷数据, 通过案例研究、前后对比及多中心调查验证框架的适用性, 并进一步完善具有体育学科特色的安全治理指标体系。

需要进一步讨论的是, MMEM-PDCA 融合框架在推广应用过程中可能面临若干现实挑战。一是成本与资源约束: 物联网感知设备、信息化管理平台的建设与运维需要持续经费投入, 对经费相对紧张的院系可采取“先分级、后覆盖”的分步实施策略, 优先保障高风险设备与重点区域, 并将已有设备与系统加以整合利用。二是人员能力短板: 现有实验技术人员多具备运动科学背景, 普遍缺少安全管理与信息化操作技能, 建议建立“安全管理+专业技术”复合型岗位培训体系, 将安全培训与操作授权、职称评

聘和绩效考核相衔接。三是组织文化阻力：长期形成的“重科研、轻安全”惯性可能使新流程被视为额外负担，建议通过示范实验室建设、量化绩效反馈与正向激励逐步转变观念，使安全管理从外部要求转化为内生需求。四是制度衔接问题：框架需与学校既有的实验室管理制度、资产管理系统和教务预约系统有效对接，避免形成新的信息孤岛；同时应保持制度的适度弹性，避免以统一标准覆盖不同实验室的差异化风险。

基金项目

浙江师范大学 2025 年度实验技术研究项目(项目编号: SJ202505)。

参考文献

- [1] 韩宁, 王满意, 虞俊超. 国外高校和科研机构实验室安全管理情况调研与启发——以化学实验室为例[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(4): 200-204.
- [2] 盛耀楠, 卢恩达, 负兆恒, 等. 我国高校实验室安全事故原因分析及对策[J]. 南京医科大学学报(社会科学版), 2023, 23(6): 591-596.
- [3] 黄欢, 邢少璟. 高校实验室化学品安全管理体系优化机制建设[J]. 科技管理研究, 2025, 45(3): 101-110.
- [4] 杨校毅, 冯婉, 杨雪松, 等. 高校化学实验室安全学生知信行调查分析[J]. 实验技术与管理, 2025, 42(2): 212-219.
- [5] Wu, G., Yang, Y. and Xu, C. (2023) Determination of University Students' Laboratory Safety Awareness: A Cross-Sectional Study. *Journal of Chemical Education*, **100**, 3402-3409. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00305>
- [6] 阳富强, 刘海丰, 陶菁. 基于米特-霍恩模型的高校实验室安全管理制度执行困境及路径优化[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(8): 263-268.
- [7] Bai, M., Liu, Y., Qi, M., Roy, N., Shu, C., Khan, F., *et al.* (2022) Current Status, Challenges, and Future Directions of University Laboratory Safety in China. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **74**, Article ID: 104671. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104671>
- [8] 唐艳春. Mmem 理论在安全生产中的应用[J]. 安全、健康和环境, 2009, 9(1): 48-50.
- [9] Xu, C., Guo, L., Wang, K., Yang, T., Feng, Y., Wang, H., *et al.* (2023) Current Challenges of University Laboratory: Characteristics of Human Factors and Safety Management System Deficiencies Based on Accident Statistics. *Journal of Safety Research*, **86**, 318-335. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.07.010>
- [10] 林清强, 谢秀娣, 蔡钊, 等. 地方高校实验技术人员队伍的建设与管理[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(11): 269-271, 308.
- [11] 齐军营. 智能化背景下高校化学实验室安全管理体系的构建[J]. 塑料工业, 2024, 52(9): 190.
- [12] 朱芹, 何优选. 适合地方高校的实验室开放模式探究[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(11): 257-259, 286.
- [13] Lin, Y., Li, Y., Liao, Z. and Deng, M. (2024) Analysis and Management of Laboratory Safety Causes in Universities: A Case Study of J University. *Advances in Applied Sociology*, **14**, 89-103. <https://doi.org/10.4236/aasoci.2024.142006>
- [14] He, Y., He, Z., Zhang, F. and Fang, Q. (2022) Safety Management Strategy of University Laboratory. *Open Journal of Business and Management*, **10**, 1160-1166. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2022.103062>
- [15] 周娜. 总体国家安全观视域下高校实验室“嵌入式”安全环境建设路径研究[J]. 湖北经济学院学报(人文社会科学版), 2025, 22(2): 129-133.
- [16] 席超, 翟宇, 靳溪, 等. 高校院系生物类实验室安全管理体系建设[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2023, 59(4): 680-686.
- [17] 耿兰芳. 高校实验室安全管理的问题与对策[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2023, 40(1): 115-117.
- [18] 朱程, 林盛, 邓存国, 等. 高校实验室安全管理工作探究[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(7): 245-248.
- [19] 王启立, 吴祝武, 袁玲, 等. 高校“非工作日”期间实验室安全管理探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(11): 247-251, 267.
- [20] 董华青, 马超君, 孙嫣霞, 等. 高校实验室安全数字化治理体系的研究与探索[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(9): 253-257.
- [21] 罗明强, 张祥林, 王九民. 高校数字化实验室火灾风险评估体系构建与应用[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(10):

- 245-250.
- [22] 程硕, 洪溢都. PDCA 循环模型在地方高校化学实验室安全管理中的应用与探索[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(2): 243-248.
- [23] 杨赛, 焦驰宇, 赵子彦, 等. 大数据背景下双重预防机制的高校实验室安全管理体系研究与实践[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(11): 240-245.
- [24] 张立新, 刘崇磊, 陈静. 高等体育院校实验室数字化“主导自控”管理模式及管理评价指标体系构建[J]. 首都体育学院学报, 2011, 23(3): 233-237.
- [25] 孙雅茹, 林涛, 张毅华. 基于校地协同的高校实验室安全事故应急演练探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2025, 42(2): 206-211.