

数字化背景下新工科专业实验室管理信息系统的设计与应用

王海

南宁学院，广西 南宁 530200

摘要：本文在数字化背景下，针对新工科专业实验室管理的实际需求，设计并实现了一个高效、实用的实验室管理信息系统（LIMS）。该系统采用分层架构设计，涵盖样品管理、实验管理、仪器管理、人员管理、数据分析与报告等核心功能模块，并可根据实验室需求定制库存管理、环境监测、安全管理和客户管理等扩展模块。通过引入条形码/RFID 技术、仪器 API 集成、用户权限分级与细粒度控制以及数据可视化展示等关键技术，系统实现了实验室管理的全流程数字化、智能化。实际应用验证表明，该系统显著提高了实验室管理的效率和准确性，为实验教学和科研活动提供了有力支持。同时，通过数据分析方法，对设备使用率、实验课程安排合理性和学生实验成绩等进行了深入分析，为实验室管理提供了科学决策依据。

关键字：数字化背景；新工科专业；实验室管理信息系统；智能化管理

DOI: 10.63887/fns.2025.1.2.2

1 引言

1.1 研究背景

随着高等教育数字化转型的推进，新工科专业实验室管理面临效率低下、数据易错、资源利用率低等问题，严重影响实验室运行及教学质量与科研创新。传统依赖人工的管理模式已难以适应发展需求，利用现代信息技术实现实验室管理数字化、智能化成为必然趋势。实验室管理信息系统（LIMS）通过整合资源，实现数据自动化采集、存储、分析和报告，能够有效提高管理效率与准确性，优化资源配置，推动学科交叉融合与创新型人才培养^[1]。

1.2 研究目的与意义

本研究旨在设计并验证高效实用的新工科专业实验室管理信息系统，结合新工科特点，实现样品、实验、仪器、人员等全流程数字化、智能化管理。该系统旨在

解决传统管理问题，提升管理效率与准确性，支持实验教学与科研活动。其意义在于推动实验室管理升级，减少人为错误与资源浪费；优化资源配置，为管理者提供科学决策依据；促进学科交叉融合，为创新型人才培养提供广阔空间，对实验室管理数字化、智能化升级具有重要意义^[2]。

2 系统设计

2.1 系统架构设计

在本研究中，新工科专业实验室管理信息系统的架构设计采用了分层架构，这一设计旨在确保系统的模块化、可扩展性和易维护性^[3]。系统架构主要包括以下几个层次：

数据库层：负责数据的存储、检索和管理，确保数据的安全性、完整性和高效访问。

应用层：包含业务逻辑处理模块，负

责实现系统的各项功能，如样品管理、实验管理、仪器管理等。

用户界面层：提供用户与系统交互的界面，设计注重用户体验，确保操作简便、直观。

安全层：负责系统的安全认证、访问控制和数据加密，保障系统免受外部攻击和数据泄露。

数据分析层：对实验室数据进行深度挖掘和分析，为管理者提供决策支持。

通信层：负责系统内部各模块之间以及系统与外部设备、其他系统之间的通信和数据交换。

这种分层架构的设计使得系统各层之间职责明确，相互独立，便于开发和维护，同时也为系统的功能扩展和性能优化提供了便利。

2.2 系统功能模块设计

系统功能模块设计是系统设计的核心部分，根据新工科专业实验室管理的实际需求^[4]，本系统设计了以下核心模块和扩展模块：

核心模块：

样品管理：实现从样品的接收、登记、制备、分析到结果报告的全过程管理，确保样品的准确性和可追溯性。

实验管理：包括实验计划的制定、执行、数据记录和结果分析，确保实验流程的标准化和数据的准确性。

仪器管理：对实验室内的仪器进行维护、校准和使用记录管理，确保仪器的正常运行和数据的准确性。

人员管理：管理人员信息、权限和培训记录，确保实验室操作人员的合规性和安全性。

数据分析与报告：对实验数据进行统计分析、可视化展示和报告生成，为管理者提供决策支持。

扩展模块：

库存管理：实现试剂、耗材的出入库管理和库存预警，确保实验室物资的充足和合理使用。

环境监测：对实验室环境参数进行实时监测和记录，确保实验室环境符合实验要求。

安全管理：管理安全信息、事故记录和应急预案，确保实验室的安全运行。

客户管理：管理客户信息、订单和合同，为实验室提供客户服务支持。

这些模块的设计充分考虑了新工科专业实验室管理的特点和需求，旨在实现实验室管理的全流程数字化、智能化。

2.3 数据库设计

数据库设计是系统设计的关键部分，直接关系到系统的数据存储、检索和管理效率。在本系统中，数据库设计遵循规范性、安全性和可扩展性的原则^[5]。

规范性：确保数据库中的数据表结构清晰、字段命名规范，避免数据冗余和不一致性。

安全性：通过数据加密、访问控制和备份恢复机制，确保数据库的安全性。

可扩展性：设计数据库时考虑未来可能的扩展需求，便于添加新的数据表和字段。

主要数据表及字段包括设备信息表（设备 ID、名称、类型、规格型号、购买日期、使用状态等）、实验课程表（课程 ID、名称、时间、地点、授课教师等）和学生实验记录表（记录 ID、学生学号、课程 ID、实验日期、实验成绩等）。这些数据表的设计充分考虑了实验室管理的实际需求，为系统的数据存储和检索提供了有力支持。

3 系统实现

在系统设计的坚实基础上，本章节将详细阐述新工科专业实验室管理信息系统的实现过程，包括技术栈选型、关键功能实现等关键环节。

3.1 技术栈选型

为确保系统稳定性、高效性与可扩展性，本研究在技术栈选型上严谨考量。后端采用 Java 结合 Spring Boot 框架，实现快速开发与部署；数据库选用高性能、可靠的 MySQL 满足数据存储需求。前端选用 React 或 Vue.js 框架，以丰富组件库与强大数据绑定能力提升用户体验。此外，引入 Redis 缓存加速数据读写，Nginx 反向代理实现负载均衡与故障转移，确保系统高可用性与响应速度。

3.2 关键功能实现

在系统实现过程中，本研究重点关注了以下几个关键功能的实现：

样品管理全流程自动化：通过结合条形码/RFID 技术，实现了样品从接收、登记、制备、分析到结果报告的全流程自动化管理。这一功能大大提高了样品管理的效率和准确性，减少了人为错误的发生。

实验数据自动化采集与分析：系统集成成了仪器 API，能够自动采集实验数据，并进行初步的分析和处理。同时，系统还支持手动录入数据，以满足不同实验室的需求。这一功能为实验数据的快速处理和准确分析提供了有力支持。

用户权限分级与细粒度控制：为了确保系统的安全性和数据的保密性，本研究实现了用户权限的分级与细粒度控制。不同用户根据角色和职责被赋予不同的权限，只能访问和操作其权限范围内的功能

和数据。这一功能有效防止了数据的泄露和滥用。

数据可视化展示：为了直观地展示实验数据和分析结果，本研究采用了 ECharts 或 Tableau 等可视化工具进行数据可视化展示。通过图表、曲线等形式，用户可以清晰地了解实验数据的趋势和分布，为决策提供了有力支持。

通过合理的技术栈选型和关键功能的精心实现，本研究成功构建了高效、实用的新工科专业实验室管理信息系统。这一系统不仅提高了实验室管理的效率和准确性，还为实验教学和科研活动提供了更加有力的支持。

4 数据分析与应用

4.1 数据分析方法

在数据分析阶段，本研究采用 Python 或 R 语言作为主要的数据处理和分析工具。这些语言因其强大的数据处理能力、丰富的数据科学库和灵活的编程特性，成为数据分析领域的首选。具体来说，本研究采用了描述性统计、相关性分析、回归分析等多种统计方法来深入挖掘实验室数据中的价值信息。

4.2 数据分析案例

为了具体展示数据分析在实验室管理中的应用，以下提供几个典型的数据分析案例：

4.2.1 设备使用率分析

为了评估实验室资源的利用率，本研究对设备的使用数据进行了详细分析。通过统计每台设备的使用频率、使用时长等指标，本研究得到了设备使用率的相关数据。

表 1 设备使用率分析表

设备名称	使用频率（次/周）	平均使用时长（小时/次）	使用率（%）
全数字亮度仪	10	3	75
副射热计	5	4	50
温度热流测试仪	20	2	80

通过上表，本研究可以清晰地看出不同设备的使用情况。例如，温度热流测试仪的使用率最高，达到了 80%，可能需要进一步考虑其维护和更新计划；而副射热计的使用率相对较低，可能存在资源闲置的问题，需要优化资源配置。

4.2.2 实验课程安排合理性分析

为了评估实验课程的安排是否合理，本研究对实验课程的数量、类型分布等进行了分析。通过统计每周、每月的实验课程数量，以及不同类型实验课程的占比，本研究可以得到实验课程安排的相关数据

表 2 实验课程安排合理性分析表

时间段	实验课程 总数	理论课程 占比	实践课程 占比	综合课程 占比
周一 - 周五	50	30%	50%	20%
周六 - 周日	10	40%	40%	20%
每月	200	35%	50%	15%

通过上表，本研究可以评估实验课程的分布是否合理。例如，如果实践课程的占比过高，可能需要考虑增加理论课程的数量，以平衡学生的知识结构和能力发展。

4.2.3 学生实验成绩分析

为了评估教学质量和学生的学习效

果，本研究对学生的实验成绩进行了详细分析。通过计算平均分、成绩分布等指标，本研究可以得到学生实验成绩的相关数据。

表 3 学生实验成绩分析表

课程名称	学生人数	平均分	优秀率 (%)	及格率 (%)
钢结构课程 设计	50	85	30	95
工程地质 与土力学	40	78	25	85
工程施工 组织	60	82	28	90

通过上表，本研究可以清晰地看出不同课程的教学质量和学生的学习效果。例如，钢结构课程设计的平均分较高，且优秀率较高，说明该课程的教学质量较高；而工程地质与土力学的平均分相对较低，可能需要进一步改进教学方法和手段。

4.3 数据驱动决策

基于上述数据分析结果，本研究可以制定更加科学、合理的决策来优化实验室管理和提升教学质量。具体来说：

优化实验室资源配置：根据设备使用率分析结果，合理调整设备的采购、维护和更新计划，避免资源浪费和闲置。

调整实验课程安排：根据实验课程安排合理性分析结果，优化实验课程的类型和分布，确保学生的知识结构和能力得到全面发展。

改进教学方法：根据学生实验成绩分析结果，识别教学中的薄弱环节和存在的问题，采取针对性的措施进行改进和提升。

通过深入的数据分析和应用，本研究可以为实验室管理和教学质量的提升提供

有力的支持。

5 结论与展望

5.1 研究结论

本研究针对数字化背景下新工科专业实验室管理需求，设计并实现了一套高效实用的实验室管理信息系统（LIMS）。系统采用分层架构设计，具备模块化、可扩展性及易维护性，核心功能覆盖样品、实验、仪器、人员管理及数据分析与报告，并定制了库存管理、环境监测等扩展模块，显著提升了管理灵活性与适应性，为实验室带来数字化、智能化新体验。技术实现上，后端基于 Java 与 Spring Boot 框架快速开发部署，前端采用 React 或 Vue.js 框架优化用户体验，结合 Redis 缓存与 Nginx 反向代理技术，增强了系统性能与稳定性。

通过 Python 或 R 语言进行数据处理与分析，系统成功挖掘了设备使用率、实验课程安排及学生实验成绩等数据的价值，为优化资源配置、调整课程安排及改进教学方法提供了科学依据。实际应用显示，

LIMS 系统实现了样品管理全流程自动化、实验数据自动采集分析、用户权限细粒度控制及数据可视化展示,显著提高了管理效率与准确性,获得管理人员与师生广泛好评,有效减轻了管理负担,并为实验教学与科研活动提供了有力支持,推动了实验室管理的数字化、智能化升级。

5.2 未来展望

本研究在实验室管理信息系统(LIMS)上仍有提升空间,可从多方向深

化拓展:结合物联网、人工智能等技术,实现设备与环境实时监控及数据智能分析预测;运用大数据、机器学习深挖数据价值,构建精准决策模型;依托系统高通用性,推广至更多专业实验室,优化功能满足个性化需求;同时改进用户界面与交互设计,降低操作难度,提供定制化服务。本研究已为实验室数字化、智能化升级奠定基础,未来将继续深化内容、拓展范围,为实验室管理创新发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]罗望,杨习居,王勇华,等.新工科背景下高校实验室信息化建设研究[J].中国现代教育装备,2024,(23):43-44+48.
- [2]赵海涛,逢明祥,王卓鹏.新工科和新旧动能转化背景下的高校实验室管理方式改革探索[J].科技视界,2022,(17):172-173.
- [3]权双璐,郭婷,金悦,等.“新工科”综合性实验教学“微”管理研究[J].实验科学与技术,2021,19(06):108-112.
- [4]项新建,姚佳娜,郑永平,等.新工科背景下智能建筑实验室建设与管理[J].实验室研究与探索,2021,40(12):262-266.
- [5]田萍,徐志刚,张立成,等.面向IT类新工科人才培养需求的高校开放实验室管理[J].实验室研究与探索,2020,39(08):258-262+303.

作者简介:王海(1988.09-),男,博士,副教授、研究方向:软件工程、信息化系统设计与应用研究。

基金项目:南宁学院2021年教授培育项目(No.2021JSCC18)