

RFID技术驱动下的测绘设备动态调度与资产管理研究

张彦清, 刘 津

北京农业职业学院水利与土木工程学院, 北京

收稿日期: 2025年7月28日; 录用日期: 2025年9月1日; 发布日期: 2025年9月12日

摘 要

本研究针对测绘实训室智慧化管理需求, 提出基于RFID技术的动态调度与资产管理系统。通过分析测绘实训室仪器收发区与仓储管理区两大核心区域, 系统解决了人工登记效率低、耗材核验滞后及设备调配低效等问题。系统通过RFID技术将设备全生命周期数据植入电子标签, 使静态台账升级为动态数据库, 设备定位精度提升至厘米级, 调配响应时间缩短。该系统可提升测绘仪器周转率, 降低管理成本, 为工程测量教学资源优化提供了可靠的技术范式, 具有行业推广价值。

关键词

RFID技术, 仪器管理, 测绘实训室, 仪器收发区, 仓储管理区

Research on RFID Technology-Driven Dynamic Scheduling and Asset Management of Surveying and Mapping Equipment

Yanqing Zhang, Wei Liu

School of Water Conservancy and Civil Engineering, Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing

Received: Jul. 28th, 2025; accepted: Sep. 1st, 2025; published: Sep. 12th, 2025

Abstract

This study addresses the intelligent management requirements of surveying and mapping laboratories by proposing a dynamic scheduling and asset management system based on RFID technology.

文章引用: 张彦清, 刘津. RFID 技术驱动下的测绘设备动态调度与资产管理研究[J]. 可持续发展, 2025, 15(9): 115-120.
DOI: 10.12677/sd.2025.159260

Through analyzing two core areas—the instrument receiving and dispatching area and warehouse management area—in the surveying and mapping training laboratory, the system resolves issues such as low efficiency of manual registration, delayed verification of consumables, and inefficient equipment allocation. By embedding full lifecycle data of equipment into RFID electronic tags, the system upgrades static records to a dynamic database, enhances device positioning accuracy to centimeter-level precision, and reduces equipment deployment response time. The system demonstrates significant potential to improve the turnover rate of surveying instruments, reduce management costs, and provide a reliable technical paradigm for optimizing engineering surveying teaching resources, showing substantial value for industry-wide implementation.

Keywords

RFID Technology, Instrument Management, Surveying and Mapping Training Laboratory, Instrument Receiving and Dispatching Area, Warehouse Management Area

Copyright © 2025 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

测绘实训室作为工程测量人才培养的重要基地,其设备管理效能直接影响实践教学质量。当前,国内多数实训室采用“人工登记+纸质台账”管理模式,存在耗材核验滞后、设备状态追踪困难、跨区域调配响应慢等问题。尤其在测绘实训室仪器收发区,高峰期学生集中借还设备时,人工核对易导致排队拥堵与登记错误;测绘实训室仓储管理区因缺乏实时数据支持,难以实现耗材库存预警与故障设备维修闭环管理。近年来,RFID技术凭借非接触识别、批量读取与数据实时更新优势,在图书馆资产管理系统、物流仓储优化等领域取得显著成效,为实训室管理升级提供技术借鉴。然而,现有研究多聚焦于单一场景应用,尚未形成针对测绘设备全流程管理的系统性解决方案。为此,本研究提出融合RFID技术的动态调度与资产管理框架。

2. 测绘实训室管理体系现状分析

测绘实训室作为工程测量实践教学的核心场所,通常由仪器收发区和仓储管理区构成功能互补的空间体系。仪器收发区承担日常教学支持功能,配置常规测量设备(如光学水准仪、电子水准仪、经纬仪、全站仪、GNSS接收机等)及基础耗材(如棱镜架、三脚架、水准尺、尺垫、花杆等),主要服务于课程实训与集中实训环节;仓储管理区则负责储备日常教学用的备用仪器设备、备用配套耗材,同时存放科研、扶贫服务等活动的测绘仪器设备及耗材。

(一) 仪器收发区运营管理特征

仪器收发区采用“全流程闭环管理”模式,其标准化操作程序包含七个关键环节(见图1):1)教学分组:依据课程要求将学生划分为若干实践小组;2)领用仪器及配套耗材:分组领用预定测绘仪器及配套耗材;3)现场实训:在指定场地完成测量实践任务;4)归还仪器及配套耗材:实训结束后,学生将使用过的仪器和耗材归还至实训室;5)仪器查验:管理人员检查归还的仪器情况;6)耗材核验:实训耗材数量清点,核对数量是否正确;7)结束流程:确认仪器和耗材均无问题后,整个流程结束。

现行管理模式存在显著效率瓶颈:以我校为例,每学期需处理3000余人次的仪器领用,学生在归还全站仪、水准仪、经纬仪等设备时,需逐项核对主机、脚架、棱镜等各种组件,高峰期平均每个班级需耗

时 20 分钟完成归还确认。当多个教学班同时开展实训时，耗材配件(如三脚架、尺垫、对中杆等)的分拣统计常出现错漏，导致设备损耗责任难以追溯。

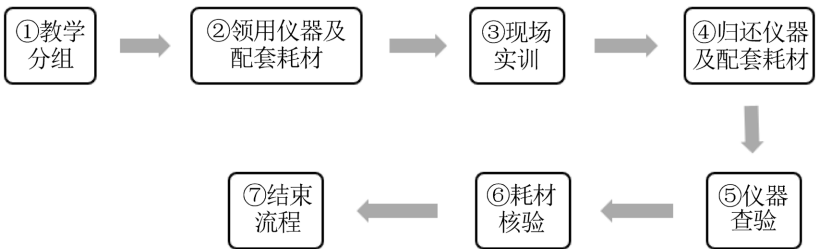


Figure 1. Standardized flow chart of instrument receiving and sending area
图 1. 仪器收发区标准化流程图

(二) 仓储管理区运营管理特征

仓储管理区作为仪器设备及耗材调配的核心枢纽，其运营管理主要承担以下三项职能：1) 为仪器收发区提供耗材应急保障，当教学耗材发生损耗需置换时，调用仓储管理区耗材；2) 通过备品设备调度确保教学活动连续性，同步实施故障设备登记备案与维修跟踪；3) 统筹科研服务与社会服务资源供给，针对扶贫项目、科研实验等专项需求实施精准化仪器调配。

现行运营管理模式存在显著的管理效能短板，具体表现为三个维度：首先，耗材管理信息化程度不足，依赖 Excel 表格进行静态台账管理，存在数据更新滞后问题，耗材资金不能得到合理的利用；其次，设备维修管理体系存在缺陷，仅依靠物理标签的离散化提醒方式，容易造成待修设备漏检、漏修；再次，设备使用监测机制缺失，缺乏 RFID 或物联网技术的应用，致使高频使用设备过早损耗，同时部分设备处于闲置状态。

3. RFID 技术应用架构与实施路径

(一) RFID 技术原理

射频识别(RFID)技术是一种非接触式自动识别技术，其核心架构由电子标签(Tag)、读写器(Reader)与应用软件三部分组成[1]。电子标签内嵌微型芯片与天线，芯片存储包含 EPC (Electronic Product Code)编码的物体唯一标识信息，天线负责接收和反射射频信号。读写器通过发射特定频率的电磁波激活标签并建立通信链路，其有效识别距离受工作频段影响显著：低频(125~134 kHz)标签适用于 1 米内近距离识别，高频(13.56 MHz)标签覆盖小于 1 米，而超高频(860~960 MHz)标签读取距离可达 10 米[2]。

相较于传统条码技术，RFID 具有如下技术优势：其一，非视线穿透读取。RFID 通过无线电波自动识别标签，无需直接对准或可见，可穿透纸张、塑料、木材等非金属材料读取信息，如货物在包装箱内无需拆封即可扫描。其二，动态数据管理。RFID 标签支持反复读写，数据可实时更新(如库存状态、温度记录、维修记录等)，实现动态管理。其三，高速的识别能力。RFID 的高速识别能力源于其多标签处理、高频段传输及动态适应性，使其在自动化、大规模数据采集场景中不可替代。其四，通过抗金属标签设计，RFID 可在金属表面稳定工作，解决传统条码在金属环境下易反射、无法粘贴的痛点。

(二) RFID 在图书馆管理系统中的创新应用

RFID 技术在图书馆管理中具有广泛的应用，并展现出显著的技术优势。在图书馆数字化转型进程中，RFID 技术推动服务效率与管理精度的双重提升。

在典藏管理中，采用超高频无源标签替换传统条码后，图书盘点效率产生量级跃升。上海交通大学图书馆的实证研究表明，采用 UHF RFID 系统对阅览室书架进行盘点，一个十万本书的阅览室大约需要 6 个

小时[3]。在图书借还书系统中, RFID 技术可构建自助借还书系统, 支持一次借还 10 本以上的图书, 效率大为提高[4]。这种技术特性使自助借还终端的平均处理效率得到很大的提升, 有效缓解了服务高峰期的读者排队压力。

在安全防盗管理中, RFID 技术在图书馆安全防盗系统中发挥核心作用, 通过将标签与图书绑定, 结合安检门禁设备实现实时监控。将 RFID 的阅读器内置于门禁设备中, 图书在经过门禁设备时 RFID 标签信息可以被检测到, 通过比对可以获知该图书是否为借出状态, 未借出状态的图书将触发门禁报警[5]。相比传统磁条防盗技术, RFID 的识别准确率更高, 且支持多本图书同时检测, 显著提升防盗效率。此外, 该技术还可与读者身份认证系统联动, 例如在图书阅览区设置权限门禁, 仅允许授权读者携带指定文献通过, 从而加强对珍贵资料的保护[6]。

在图书定位管理中, 智能书架是 RFID 技术深度应用的典型案例, 其通过在书架内部嵌入高频读写器, 实现图书位置动态追踪。传统射频识别(RFID)定位过程繁琐, 利用差分进化算法优化后的系统平均定位误差为 0.0012 m [7]。例如, 当读者将书籍错放至其他区域时, 系统可通过位置偏移数据触发预警, 引导工作人员快速纠正。

(三) RFID 技术在物流管理中的应用

近年来 RFID 技术在物流管理系统中得到广泛应用, 其通过电子标签、读写器和数据管理系统的协同工作, 实现了对物品的高效追踪与信息。RFID 技术的核心优势在于非接触式批量读取能力, 相较于传统条形码技术, 其可在复杂环境中快速采集数据, 显著提升物流操作的自动化水平[8]。在仓储管理中, RFID 技术通过实时监控货物位置和库存状态, 解决了传统人工盘点效率低、误差率高的问题。例如, 在拣货环节, 采用 RFID 技术后, 拣货流程劳动力可以明显减少[9]。RFID 技术还推动了供应链透明化, 通过唯一电子编码(EPC)实现商品从生产到消费的全生命周期追溯[10]。

(四) RFID 技术在实训室资产管理中的应用

目前, 射频识别(RFID)技术在教育领域的应用已从图书馆管理向实训室资产智能化管理深度拓展, 其中生物化学实训室的危化品监管体系构建尤为典型。通过部署 RFID 标签系统, 危险化学品从采购到废瓶处理全周期管理, 实现可追溯的动态电子台账[11]; 同时, 实时跟踪药品去向、实时调整药品存放地信息[12]。除在生物化学实训室内的应用, 在机械工程、计算机等实训室都得到了广泛的应用, 这为教育数字化转型提供关键技术路径。

4. RFID 技术应用于测绘实训室管理体系的分析

(一) RFID 技术在仪器收发区的流程优化设计

仪器收发区标准化管理流程包含教学分组、领用仪器及配套耗材、现场实训、归还仪器及配套耗材、仪器查验、耗材核验、结束流程共 7 个环节。针对传统人工管理模式存在的效率低、易出错等问题, 本研究提出基于 RFID 技术的 2 项核心改进方案, 具体实施路径如下:

1) 仪器查验流程优化

传统模式下, 仪器查验需逐一开箱核对, 单次核查耗时约 6 分钟/组, 效率低下且存在漏检风险。本研究采用超高频 RFID 标签嵌入仪器外壳, 结合多通道读写器阵列实现批量识别。当学生归还仪器时, 系统通过区域天线自动扫描标签信息, 实时生成设备在位状态矩阵。若存在未归还设备, 管理终端可通过标签 ID 追溯至借用小组, 并触发声光报警装置。该方案可以使单次查验时间缩短, 同时建立设备电子档案, 记录累计使用次数及维护周期, 方便后续对仪器耗材进行相应的保养及动态调整。

由于测绘实训室主要设备及耗材上含有大量的金属配件, 如果采用常规的 RFID 标签, 金属会对信号产生严重的干扰, 所以 RFID 标签选择时, 大部分标签采用抗金属标签。在标签选择时, 遵循微型化原

则, 避免影响设备的操作, 由于测绘设备及配件常用于室外, 标签封装要具有抵御温湿度波动及紫外线辐射等功能。在天线部署时, 由于设备主要放置于货架上, 天线主要采用按层布置, 以达到高效的读写效率。

2) 耗材核验机制重构

与仪器查验相比, 耗材均放置于货架或置物架上, 能直接肉眼可见, 无需开箱操作。但是每次实训所需耗材较多, 如电子水准仪的相关实训, 需要配套的耗材一般包括三脚架、水准尺、尺垫、测绳等。单次单个班实训发放配套耗材量可达 40~60 件。由于各组操作进度差异, 耗材归还呈现时间分散的特点, 人工清点易出现重复统计、漏记错记等问题, 且遗失追溯效率低下。

针对耗材品类繁杂、数量庞大等问题, 构建基于 RFID 技术的智能核验系统。实施流程包含三个核心阶段: 首先, 对全部耗材进行数字化建档, 涵盖耗材名称、规格参数、采购日期等。选用超高频无源 RFID 标签, 通过手持读写器(读取距离 0~8 米可调)完成初次信息绑定。针对金属器械等特殊耗材, 选用抗金属标签, 确保在复杂环境下的读取率; 其二, 在仪器收发区关键节点部署固定式读写基站, 每个基站配置 4 组天线阵列, 形成立体感应区域, 当贴标耗材进入 8 米感应区域时, 自动记录出入库时间。通过多标签防碰撞算法, 单次可同时读取多个标签; 其三, 搭建智能管理平台。系统设置预警机制: 当耗材超期未归还时触发预警, 运维人员可通过手持终端进行反向定位, 基于信号强度指示与最近读取位置记录, 快速锁定耗材所在区域。

(二) RFID 技术应用于仓储管理区的创新实践

在耗材动态管理维度, RFID 技术可以为仓储管理区构建动态监测系统。在测绘实训室的仓储管理区中, 如三脚架、棱镜架、塔尺、测绳、尺垫、花杆等专业耗材种类繁多, 数量庞大。传统依赖 Excel 表格的静态台账管理模式因数据更新滞后, 常导致耗材资金分配不合理、库存冗余或缺乏等问题。为此, 引入 RFID 技术对管理体系进行智能化改造: 首先, 为每件耗材植入高频无源电子标签, 存储采购日期、规格型号、使用记录等核心参数; 其二, 通过固定式读写器(读写距离 8 米)与移动读写设备(读写距离 2 米)的组合部署, 实现仓储管理区三脚架、棱镜架等专业器材的空间定位与库存更新; 其三, 系统可动态更新总库存状态, 当测绘实训室仪器收发区需要补充耗材或补充耗材仓储量时, 系统可自动比对库存数据与领用需求, 生成智能采购建议。

在设备维修管理维度, RFID 技术可以实现全生命周期管理。在 RFID 标签内写入维修记录, 详细记录包含故障代码、更换部件、维修人员、维修公司、维修时间等要素, 形成可追溯的维修历史链。系统设置三级预警机制: 累计维修 3 次触发黄色预警, 提示重点监测; 5 次则升级为红色预警, 并自动生成报废建议, 避免重复维修造成的资源浪费。当仪器设备需进行集中维护时, 通过仓储管理区的 RFID 读写设备对整个区域进行扫描, 快速定位并精准识别待维修目标, 从而提升运行维护效率。

在仪器动态调配方面, 构建了以 RFID 为核心的三层管理体系: 其一, 建立信息化管理系统, 采用 RFID 标签技术记录所有仪器耗材出入库情况、使用时间、维护记录等数据, 建立动态更新的设备电子档案库; 其二, 建立动态预警机制, 根据不同测绘仪器分别设置闲置阈值, 触发三级预警, 如初级预警(达到阈值 80%)、中级预警(达到阈值 65%)、高级预警(超阈值 50%), 实现资源闲置风险的梯度管控; 其三, 建立智能调度建议系统, 基于历史使用数据生成智能设备调度方案, 例如为高频使用设备, 在测绘实训室仪器收发区保留 3 套备用, 备用仪器和高频仪器轮换使用。

(三) 成本效益分析

RFID 系统在测绘实训室的改造成本可划分为资本性支出与运营性支出两类: 资本性支出主要包括 RFID 标签、固定式读写器、手持式读写器、天线、资产管理平台开发与数据接口建设; 运营性支出主要包括标签物理损耗及环境老化导致的周期性更换、读写器故障修复、天线校准及系统升级。

效益产出主要体现在：第一，管理能效提升。仪器遗失率显著下降，耗材管理差错率降低；第二，人工成本优化。单实训室管理时长压缩约 50%，单位人力覆盖实训室数量提升。

5. 结语

综上所述，通过 RFID 技术对测绘实训室仪器收发区的改造，减少了人工成本、出错率，以及仪器的丢失，使管理系统更合理。系统实施后仪器收发效率将得到大大的提升，人工核查时间也将缩短至原来的 1/3，仪器遗失率、耗材管理差错率都将明显下降。技术创新点主要体现在三个方面：首先，运用空间编码技术实现设备定位精度达 $\pm 10\text{ cm}$ 的智能追踪；其次，通过流程重构形成“申领 - 使用 - 归还 - 维护”的全周期闭环管理机制；最后，建立动态数据库实现设备使用频次的量化分析，为实训资源配置提供数据支撑。该管理模式的推广应用具有显著示范价值：从管理维度看，实现了实训资源的可视化监控；从教学维度看，保障了实训环节的设备完好率；从经济维度看，延长了设备使用寿命。未来研究可进一步结合物联网技术构建三维可视化管理系统，并引入机器学习算法优化设备维护预警机制，推动实训室管理向智慧化方向发展。

通过 RFID 技术对测绘实训室仓储管理区进行的改造，使测绘实训室仓储管理实现了从静态台账向动态智能化的跨越式转型。依托“实时监控 - 智能预警 - 资源优化”的闭环管理体系，使库存周转率提升，年度管理成本降低，设备全生命周期延长。该方案不仅解决了传统管理中的数据孤岛与响应滞后问题，其模块化设计更具备高度可扩展性：通过调整读写器部署密度与预警参数，可适配不同规模的仓储场景；结合物联网与大数据分析技术，未来可进一步实现跨区域设备联动调度与预测性维护。这一实践为职业教育实训室、科研机构仪器仓库等场景提供了标准化、可复制的智能化管理范式，具有显著的行业推广价值。

基金项目

本文系北京市职业院校特色高水平骨干专业(群)——水利工程专业群建设项目。

参考文献

- [1] 陈烁维, 徐炜琳, 王文娟. RFID 射频技术在冷链物流仓储中的应用[J]. 内蒙古科技与经济, 2023(12): 101-103.
- [2] 邓尧伟. 图书馆 RFID 应用空中接口频率选择[J]. 河北科技图苑, 2009, 22(5): 44-47.
- [3] 陆亚红, 马灵, 杨婉茹, 施晓华. 智能图书盘点机器人技术的实践与应用研究——以上海交通大学图书馆为例[J]. 大学图书馆学报, 2023, 41(1): 44-51.
- [4] 马新军, 曹永军, 李丽丽. 图书馆实现射频识别自动化管理的应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(1): 211-213.
- [5] 柳杨. RFID 技术在公共图书馆的应用及问题[J]. 农业图书情报学刊, 2017, 29(5): 100-103.
- [6] 李轶. 开启智慧图书馆 从“芯”开始[J]. 高校图书馆工作, 2019, 39(2): 80-84.
- [7] 唐阳坤, 崔英花. 基于差分进化算法的 RFID 定位[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2021, 19(5): 946-950.
- [8] 王俊宇, 闵昊. 面向物流的 RFID 应用系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(13): 22-25.
- [9] 刘世峰, 汤敏聪. 射频识别技术在仓储管理中的应用研究[J]. 物流技术, 2007, 26(6): 99-100.
- [10] 李卓凡. 基于 RFID 的物联网供应链管理系统的的设计优化[J]. 信息记录材料, 2024, 25(12): 212-214.
- [11] 曹朝清, 汪财生, 俞超, 等. 基于 RFID 技术的实验室危险化学品管理探索[J]. 浙江万里学院学报, 2023, 36(6): 82-87.
- [12] 林文. 基于 RFID 的高校实验室仪器设备与药品存放地管理[J]. 海峡科学, 2021(7): 47-48.