doi：10. 3969/j. issn. 1005-7854. 2022. 03. 019

基于 RFID 技术的选矿设备移动巡检系统设计与实现

蓝 青[1,2,3] 郭振宇[1,2,3] 王庆凯[1,2,3] 周 冶[1,2,3]

（1. 矿冶科技集团有限公司，北京 100160；
2. 矿冶过程自动控制技术国家重点实验室，北京 100160；
3. 矿冶过程自动控制技术北京市重点实验室，北京 100160）

摘 要：针对选矿厂的设备巡检现状和需求，将 RFID 技术及智能终端应用到选矿厂的设备巡检过程中，设计并实现了基于 RFID 物联网的移动巡检系统。系统采用 RFID 射频感应物联网识别技术，通过对选矿厂的设备管理调研，设计出适应选矿厂的巡检、检修流程，开发出一套巡检后台管理软件及智能终端移动应用，实现了设备巡检、设备报修、统计分析等功能。通过移动巡检系统的应用，可有效提升选矿厂设备巡检的规范化、数字化，为矿山设备管理、故障预警提供技术支撑。

关键词：RFID 技术；巡检系统；设备管理；选矿数字化

中图分类号：TD679 **文献标志码**：B **文章编号**：1005-7854(2022)03-0140-05

Design and implementation of mobile inspection system for mineral processing equipment based on RFID technology

LAN Qing GUO Zheng-yu WANG Qing-kai ZHOU Ye

（1. BGRIMM Technology Group. , Beijing 100160, China;
2. State Key Laboratory of Process Automation in Mining and Metallurgy, Beijing 100160, China;
3. Beijing Key Laboratory of Process Automation in Mining and Metallurgy, Beijing 100160, China）

Abstract: According to the status and requirernents of equipment inspection in the concentrator, apply RFID technology and intelligent terminals in equipment inspection process, designe and implement the mobile inspection system. The system using RFID radio frequency induction IoT identification technology, through the research on equipment management, design the suitable process of equipment inspection and maintenance, develop the inspection background management system and intelligent terminal mobile application, realize the equipment inspection, equipment repair, statistical analysis and other functions. The application of the mobile inspection system can effectively improve the standardization and digitization of the inspection of equipment in the concentrator, and provide technical support for the management of mining equipment and early warning of faults.

Key words: RFID technology; inspection system; equipment management; digitization of mineral processing

由于选矿厂设备多、分布广、流程长，在传统的人工巡检过程，点巡检费时费力，且发现问题无有效及时的处理手段，这样会导致很多巡检岗需设置专人专岗，每个人负责的区域非常有限，人力成本支出较大。此外，在传统设备巡检进行过程中，一般采用纸质填写记录方式，记录工作量大，对记

收稿日期：2022-05-13
基金项目：战略性科技创新合作项目(2020YFE0202800)；矿冶科技集团产业发展基金资助项目(04602021-124)
第一作者：蓝青，硕士，工程师，研究方向为选矿自动化、智能化。E-mail：lanqing@bgrimm. com
通信作者：郭振宇，高级工程师；E-mail：guozhenyu @ bgrimm. com

录无有效的分析管理手段，无法挖掘出记录数据的内在联系，在数据记录和巡检上也很难保证数据的时效性与真实性，靠制度无法进行有效约束，易造成点巡检工作流于形式。

RFID(Radio Frequency Identification)技术是一种非接触式远距离的自动识别技术，可通过射频信号识别标签并获取预先存储的数据信息，具有易读取性、可加密编码及抗干扰三大特点[1]，可满足选矿厂的设备特点及巡检环境要求。本文基于 RFID 物联网技术，设计相应的巡检管理软件和移动端应用软件，从技术上保证设备巡检的及时性、规范性、真实有效性。

1 系统硬件设计

1.1 RFID 读写系统

为保证巡检的有效性，确保巡检人员到达巡检点，在各巡检设备及关键流程节点上设计可读取的标签是移动巡检系统实现的基础，目前常用的自动识别技术有条形码、IC 卡、NFC 及 RFID 等，其中条形码容易复制且容易被车间粉尘覆盖，而 IC 卡与 NFC 需近距离接触式读取，在巡检时对标签的安装位置要求较高。系统综合考虑选矿厂应用环境及巡检读取的要求，基于标准的 RFID 标签，设计相应的读写系统。系统包括物理层、中间层和应用层[2]，物理层由标签、天线、读写器等硬件设备组成，本系统采用 EPC 标准标签，保证数据的报文格式一致，设备编码存储于标签 EPC 区，设备的基本信息及巡检提示存储于 USER 区。中间层设计有信息采集的中间件，包含系统的接口程序，负责巡检软件与读写器的协调控制、进程管理、发送上电、休眠等指令，同时对读取回传的数据进行预处理。读写器在收到接口程序指令后发出高频能量，激活电子标签并为其提供能量，执行从应用系统软件发送的指令，完成标签读写。应用层为移动端 APP 的重要功能模块，负责应用软件与接口程序的双向通信，在需要读取设备信息时，下发读取指令，同时将读取的设备编码及 USER 区数据进行回传。

1.2 巡检系统硬件架构设计

移动巡检系统主要围绕选矿厂设备的巡检、报修操作设计，同时结合设备的运行情况及相应的数据推送，对设备进行点检、记录及上传，系统除包含 RFID 标签，还配置有后台服务器、智能移动终端及相应的网络硬件设备。RFID 标签安装于设备侧，标签写入设备编号及基本信息。巡检服务器用于部署巡检系统服务程序，提供巡检服务并存储相关数据，同时通过 OPC 采集 DCS 数据[3,4]，以便巡检时查看各生产数据，帮助判断设备情况。智能移动终端集成有 RFID 读卡器，具备 RFID 读写功能，同时具备连接蜂窝网络的功能，用于现场设备巡检记录、数据上传、数据查看、记录查看[5,6]。系统总体架构如图 1 所示。

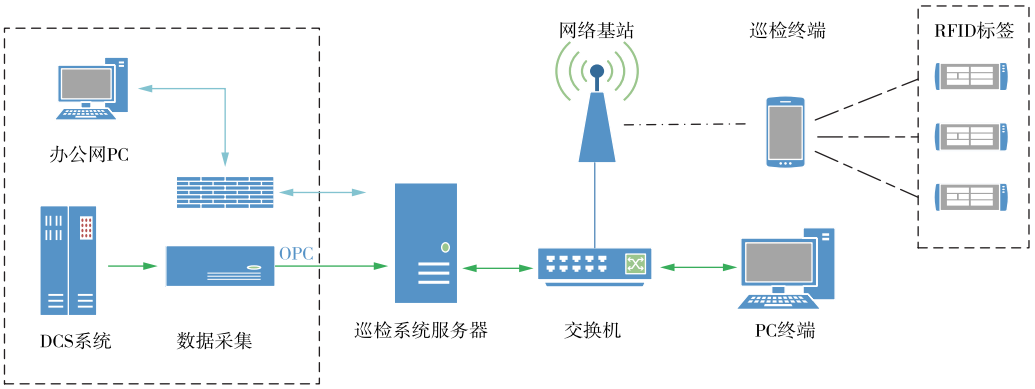

图 1 巡检系统的总体架构

Fig. 1 The overall architecture of inspecting system

2 巡检系统软件设计

2.1 软件架构设计

移动巡检系统使用人员包含巡检人员、维修人员、生产管理人员及技术管理员。系统使用时，由技术管理员按现场需求，先进行 RFID 卡、巡检设备、路线等的配置，巡检人员使用专用巡检终端进行巡检及报修，维修人员在接到维修任务后进行维修及情况反馈，各级管理人员在巡检

及报修的过程中对巡检报修任务进行审批。基于各角色要实现的功能要求，系统软件采用 B/S 与 C/S 双架构设计[7]，技术管理员通过 B/S 架构中前端网页进行整个系统管理，可以灵活地进行账户、巡检任务及系统配置进行管理。巡检专用手持终端与服务器的通信采用 C/S 架构设计，开发相应的移动端 APP，其它使用人员通过 APP 进行巡检、报修、流程审批及记录查看等操作。

针对系统，采用三端交互形式，服务端基于 SpringBoot 框架进行开发[8]，管理前端采用 VUE.js 前端框架，移动端采用 Android 原生开发[9]。巡检系统软件架构如图 2 所示。

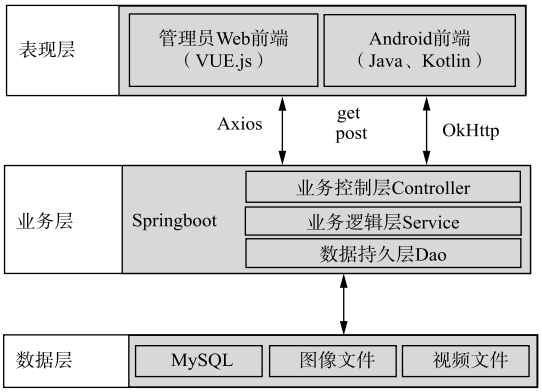

图 2 巡检系统软件架构

Fig. 2 The software architecture of inspection system

2.2 系统功能设计

完成架构设计后，根据需求分析对各功能模块进行功能设计。总体上，系统分为管理员使用的 Web 端管理系统及普通用户使用的移动端 APP。后端管理系统包含账号管理、审批管理、巡检管理、报修管理及系统设置。具体各模块实现功能如图 3 所示。

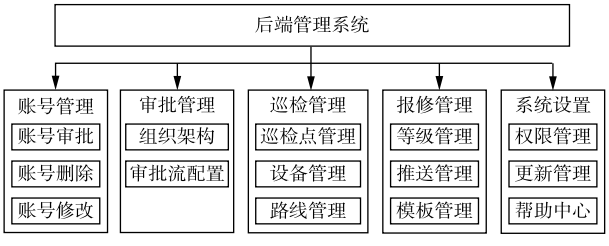

图 3 后台管理系统功能模块

Fig. 3 The function module managment system

移动端 APP 主要实现用户登录、设备巡检、设备检修、记录查看及系统设置功能，各模块具体功能如图 4 所示。

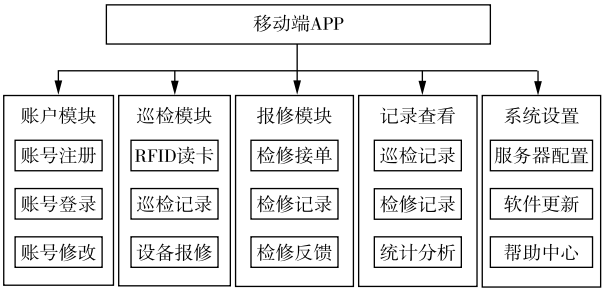

图 4 移动端 APP 功能模块

Fig. 4 The function module mobile APP

2.2.1 账户操作及审批管理功能

为适应不同选矿厂的不同管理形式，首先设计组织架构配置功能，在账号注册时可进行架构关联，从而实现流程审批的可配置。普通用户在移动端进行账号注册，填写用户名、密码等，选择在组织架构中已配置好的所属班组、角色，前端会进行基本信息校验，注册信息提交后，管理员后台审核通过后账号生效。具体流程如图 5 所示。

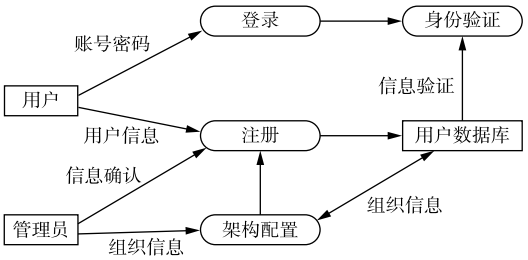

图 5 账户及审批管理流程

Fig. 5 Flow for account and approval management

2.2.2 设备巡检与检修功能

设备巡检与检修功能是移动巡检系统的核心功能，主要分为巡检配置和设备巡检报修、检修反馈四大部分[10]。

1)巡检配置。巡检配置由管理员在 Web 端完成，包含巡检点配置、巡检设备配置、巡检路线配置，管理员将巡检内容增加至巡检点库，按实际 RFID 标签安装情况配置设备 RFID 编码、设备名称、所属车间等，之后，从巡检库中进行巡检点关联，在完成设备配置后，设置巡检时间、周期、顺序，生成巡检路线。

2)设备巡检。系统按巡检路线中的预设周期进行任务生成，巡检人员携带智能巡检终端到指定巡检区域进行扫卡巡检，在巡检过程中，实时与后台巡检服务器进行数据交互，读取巡检路线、巡检项内容，并将巡检记录实时存储于服务器。巡检完成后，提交下一级审核，形成本次巡检简报，由系统

分发给相应人员，若巡检不合格，上级审核人员可要求进行重新巡检。

3)巡检报修。巡检人员在巡检时，结合实时数据及巡检人员现场判断情况，若发现设备有故障，对故障进行记录后提交报修，报修提交后按故障等级发送不同的审核人员，审核完成进行维修派单，所派单的维修人员会收到该工单的推送。

4)检修反馈。维修人员接到工单后进行维修，处理完成后，上传相关报告，反馈维修情况，最后办结任务。设备巡检及检修的流程如图 6 所示。

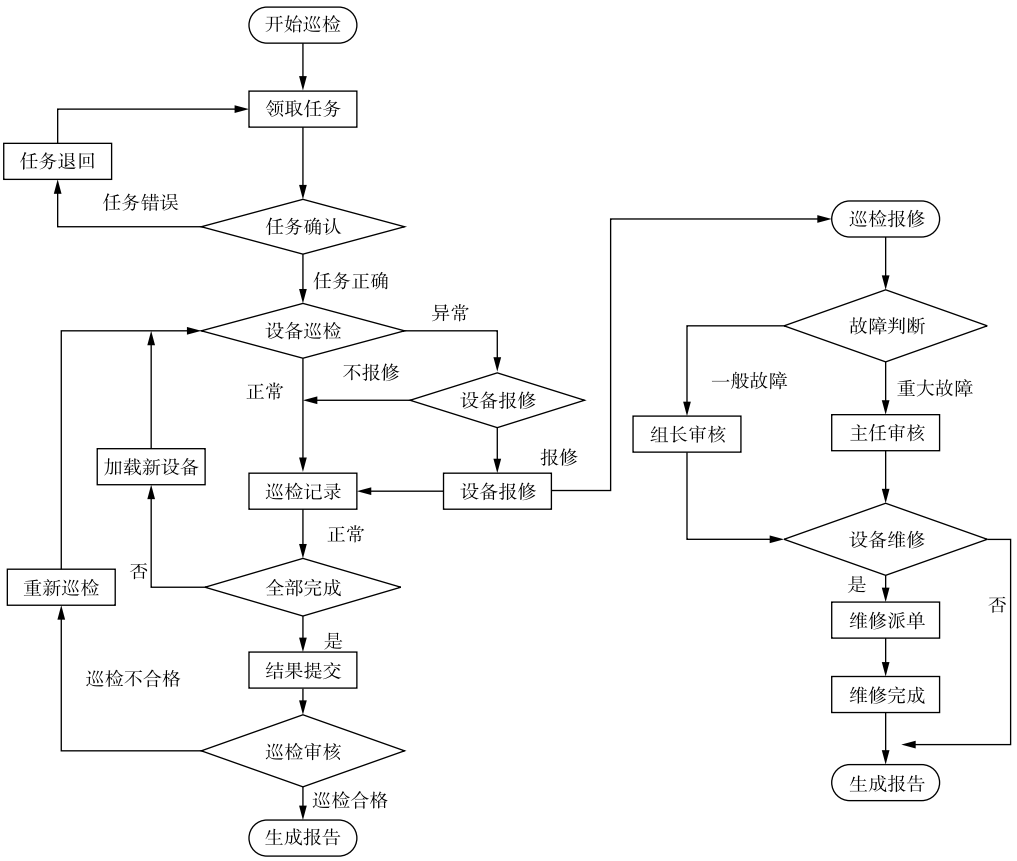

图 6 设备巡检及报修流程图

Fig. 6 The flow chart of equipment inspection and repair

2.2.3 记录查看与统计分析功能

记录查看与统计分析功能主要是实现巡检维修记录与统计分析。其中，记录查看实现对本账号自己巡检记录进行查看，并设计相应的页面按日期查询历史记录；统计分析实现对人员及设备分类进行巡检、报修统计，以向管理人员提供考核依据。对故障以时间及设备类型进行统计，以实现对设备的健康进行评估，促进设备管理的数字化、智能化。

3 巡检系统应用实践

系统开发完成后，在江钨集团某选矿厂进行了部署应用。该选矿厂包含破碎、磨浮、尾矿三个生产流程 236 台巡检设备，根据设备的重要性及位置，按区域共安装 RFID 标签 130 个，规划 12 条巡检路线，每日 24 次巡检任务。移动巡检系统投用后，全面采用移动巡检系统进行设备巡检及报修，实现了对选矿厂设备的数字化、智能化巡检，从技术上保证了设备巡检、检修的及时性，解决了该选矿厂传统巡检方式人为因素多、信息不及时、管理效率低、无法有效统计分析等问题。

4 结论

1)将 RFID 技术用于选矿设备巡检系统，可充分利用其编码唯一和可加密的特点，确保人员到达巡检点，彻底消除了漏检现象，提高提升选矿厂巡检的有效性。

2)通过对巡检、报修流程的合理化设计，规范巡检路线、巡检内容，可解决巡检标准不统一、责任不明确等问题。通过审批流程的加入，选矿厂管理人员可实时查看巡检情况，实现巡检、报修的全

方位跟踪，为设备的数字化管理打下基础。

3)与原有的基于纸质记录的巡检方式相比，基于RFID技术的选矿厂设备移动巡检系统人机交互性更强，巡检时可查看上下游设备的实时状态及生产数据，使巡检效率得到大幅度提升。在记录方式上，除传统的文字记录外，加入声音、照片及视频，极大丰富了故障记录形式，可为后续判断设备故障、检修提供更可靠的依据，对选矿厂的设备管理有较大的提升，系统中巡检报修数据的统计分析功能也可为选矿厂后续进行设备的健康管理提供扎实的数据源。

参考文献

[1] 许毅，陈建军. RFID原理与应用[M]. 北京：清华大学出版社，2013.
XU Y，CHEN J J. RFID principle and application[M]. Beijing：Tsinghua University Press，2013.

[2] 游战清，李苏剑. 无线射频识别技术(RFID)原理与应用[M]. 北京：电子工业出版社，2004.
YOU Z Q，LI S J. Principle and application of RADIO frequency identification technology(RFID)[M]. Beijing：Publishing House of Electronics Industry，2004.

[3] 王丹豪，彭道刚，张锐锋，等. 基于JAVA的OPC数据采集和转储系统软件设计[J]. 上海电力大学学报，2020，36(2)：117-122.
WANG D H，PENG D G，ZHANG R F. Design and implementation of OPC data acquisition system software based on JAVA[J]. Journal of Shanghai University of Electric Power，2020，36(2)：117-122.

[4] DAVID A B，MATTHIAS S. Multi-protocol data aggregation and acquisition for distributed control systems[C]. Ljubljana：52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems，2019：310-315.

[5] 肖广荣，马海潮，刘志富. 基于移动智能终端的油田巡检系统[J]. 西安石油大学学报(自然科学版)，2013，28(3)：104-107.
XIAO G R，MA H C，LIU Z F. Oilfield inspection system based on mobile intelligent terminal[J]. Journal of Xi′an Shiyou University(Natural Science Edition，2013，28(3)：104-107.

[6] 刘卫华. 智能巡检系统的设计与实现[D]. 成都：西南交通大学，2005.
LIU W H. Design and implementation of intelligent inspection system[D]. Chengdu：Southwest Jiaotong University，2005.

[7] 郑平. 基于BS/CS混合构架的中等职业学校教务管理信息系统的设计与实现[D]. 成都：电子科技大学，2011.
ZHENG P. The Design and realization of educational administration system in secondary vocational school base on BS/CS mix construction[D]. Chengdu：University of Electronic Science and Technology of China，2011.

[8] HATMA S，DEDY P J，ARIS T，Design and development of backend application for public complaint systems using microservice springboot[C]. Bili：4th Information Systems International Conference，2017：736-743.

[9] 苏婕，王忠. 基于NFC技术的巡更巡检管理系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计，2015，1(4)：1068-1072.
SU J，WANG Z. Design and implementation of patrol inspection management system based on NFC technology[J]. Computer Engineering and Design，2015，1(4)：1068-1072.

[10] 胡文涛，周军，赵立厂. 基于RFID手持终端的煤矿安全巡检系统的设计[J]. 工矿自动化，2010，36(12)：1-4.
HU W T，ZHOU J，ZHAO L C. Design of coal mine safety patrolling system based on RFID handhold terminal[J]. Industry and Mine Automation，2010，36(12)：1-4.

通信作者简介：郭振宇，矿冶科技集团有限公司高级工程师，主要研究方向为系统辨识、智能监控等，负责战略性科技创新合作项目1项，负责、参与选矿智能化横向及纵向科研项目10余项，以第一发明人获得授权专利2项。