

## 智能电力工器具仓储系统的设计

李浩然, 陈泓岩, 张灏, 应东, 崇信民

国网宁夏电力有限公司银川供电公司 宁夏银川

**【摘要】**针对电力工器具使用登记信息化程度不高、人工手写或输入登记的方式效率低下等问题,提出一种融合 RFID (Radio Frequency Identification) 射频识别技术和人脸识别技术的智能电力工器具仓储系统的设计。该系统主要由 RFID 信息识别模块、人脸识别模块和后台软件系统组成。其中, RFID 模块用于自动识别读取工器具信息; 人脸识别模块则实现使用者身份的自动识别; 后台软件系统主要实现工器具信息查询统计、超期告警和状态分析等应用功能。实践应用结果表明, 利用该智能工器具管理系统能显著提高工器具管理的速度和准确性, 优化管理流程, 有效提高工作效率和电力安全生产效益。

**【关键词】**RFID; 人脸识别; 电力工器具; 管理系统; 信息识别

### The design of intelligent specialized storage system

Hoarn Li, Hongyan Chen, Hao Zhang, Dong Ying, Xinmin Chong

State Grid Yinchuan Power Supply Company, Yinchuan Ningxia, China

**【Abstract】**In order to solve the problems of low information level and low efficiency of manual handwriting or input registration of electric tools and instruments, an intelligent professional storage system integrating RFID (radiofrequencyidentification) radio frequency identification technology and face recognition technology is proposed. The system is mainly composed of RFID information recognition module, face recognition module and background software system. The RFID module is used to automatically identify and read the information of tools and instruments; The face recognition module realizes the automatic recognition of user identity; The background software system mainly realizes the application functions of tools and instruments information query and statistics, overdue alarm and status analysis. The practical application results show that the intelligent tools and instruments management system can significantly improve the speed and accuracy of tools and instruments management, optimize the management process, and effectively improve work efficiency and power safety production benefits.

**【 Keywords 】**RFID; Face recognition; Electrical appliances; Management system; Identification of information

### 引言

电力安全生产与国家社会财产安全以及人民生活利益密切相关。电力工器具是电力一线班组从事运行、检修、维护、消缺和抢修等工作时最基本、不可或缺的生产工具。因此, 其管理效能将直接影响到电力员工的工作效率、人身安全, 甚至影响到电力系统的安全稳定运行。

传统的电力工器具管理, 一般都依赖于人工登记、统计与查询的方式, 该方法较为原始, 存在登记速度慢、统计不便、查询困难等不足, 效率十分低下。因此, 有必要引入新兴的技术和方法, 开发

更为先进、高效的电力生产工器具管理方法与装置, 实现人工干预尽可能少的工器具自动识别、登记与使用分析, 同时可对工器具的出入库登记、维修报废等一系列环节进行管理, 优化管理流程, 提高电力生产工器具的管理效能与人员工作效率, 提升生产精益化水平。

### 1 系统设计

建设智能工器具室, 实现工器具领用、归还全智能无感出入, 系统自动记录工器具出入状态, 并且大屏展示工器具信息, 使得工器具管理高度智能化, 提升一线工器具管理效率。

本项目技术方案包括系统基础组成、部署方案、工作流程、系统架构、标签设计方案、使用管理深化应用以及数据集成及安全接入等 7 部分, 具体如下:

### 1.1 系统基础组成

本系统主要由智能 RFID 通道门、门禁装置(人脸识别)、交换机、本地数据展示管理终端、短信平台、发卡器、网络环境等组成, 如图 1 所示。

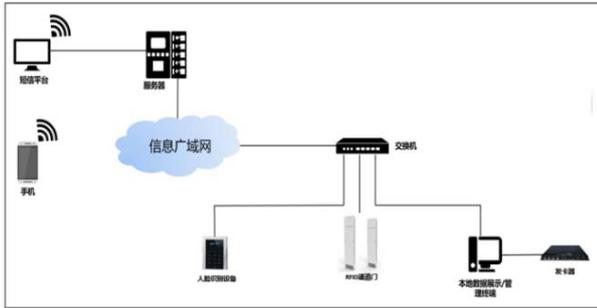


图 1 系统组成示意图

系统总体自上而下分为应用层、服务层、网络通讯层、物理层四个逻辑部分, 如图 2 所示。

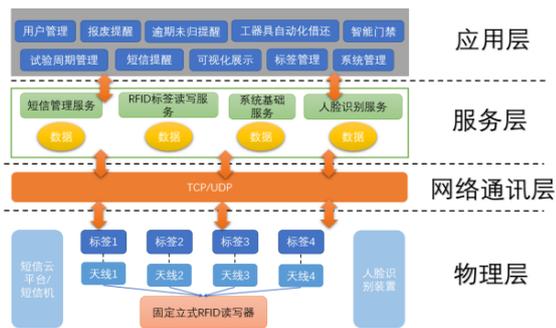


图 2 系统基础流向图

第一层是物理应用层, 该层以 RFID 读写器和天线、馈线、支架、标签、短信接收设备、人脸识别装置等硬件组成。通过天线对贴有 RFID 标签的工器具、器材进出时的自动读取, 将底层数据通过网络层传输, 后台系统通过不同天线读取同以标签数据的顺序判断借用、归还状态。通过有线网络通讯为服务层提供实时数据。

网络通讯层和服务层实现网络通讯链路的连接, 同时对交互数据进行相应转换和过滤。服务层分为服务处理层和数据层两层。数据层是系统的基础。数据层向服务处理层提供统一、规范的原始数据, 实现业务数据的充分共享。服务处理层则向终端业务应用层提供应用处理服务。应用层是系统与

终端用户的接口, 主要负责具体业务逻辑处理, 面向用户提供应用功能。

### 1.2 部署方案

根据工器具室的室内场地布局和室外走廊情况, 部署 RFID 识读系统、人脸识别设备、壁挂式触摸一体机和网络机柜、监控摄像头等设备。以实现安全工器具现场使用过程监控, 便于适应公司在泛在电力物联的创新管理。为不影响其整体装修风格, 在工器具室入口临近位置设置一个识别区。识别区安装 RFID 识读设备, 通常有两种安装方式, 即通道门方式和顶扫地理方式:

通道门形式即识别区安装 RFID 通道门, RFID 通道门上固定 RFID 识读器和天线, 形成一个工器具借还识别通道区, 部署示意图如图 3 所示。



图 3 通道门形式部署示意图

顶扫地理形式即识别区安装顶部扫描天线和地理天线, 形成一个工器具借还识别通道区, 部署示意图如图 4 所示。



图 4 顶扫地理形式部署示意图

### 1.3 工作流程

工器具领用及归还采取线性流程, 领用流程如

图 5 所示, 归还流程如图 6 所示。在工作中, 智能电力工具仓储系统的设计同步工作任务单, 工作负责人通过识别进入智能工器具室, 系统结合人员识别信息给出库领用建议和入库归还提醒, 并自动生成出入库记录。



图 5 领用流程图

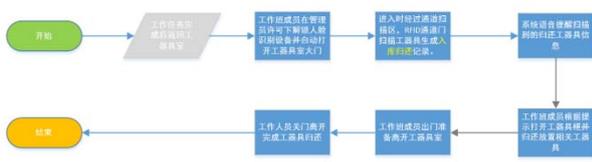


图 6 归还流程图

### 1.4 系统架构

智能电力工具仓储系统的设计具备数据接入及功能融合能力, 在安全工器具智能终端工器具室数据实时展示、工器具状态监测、终端应用展示、数据分析方面, 结合实际管理需求, 深化应用实现工器具室终端实时数据更新同步至智能电力工具仓储系统的设计平台, 实现终端数据实时接入展示, 打通管控平台与工器具室终端功能交互<sup>[1]</sup>。

平台端: 在平台端实现工器具室数据管控分析功能模块, 实现工器具数据的展示、工器具分布及运行状态监测、工器具管理数据分析。上级机构可以通过切换的形式访问任何下级机构查看工器具室使用情况。

工器具室终端: 借助智能终端硬件设备, 在工器具室端建设可视化展示及操作终端平台, 实现对工器具室设备的就地管理, 为基层人员智能管控提供辅助支撑。

### 1.5 标签设计方案

积极响应总部“国网芯”实施战略, 一体化集成国产化 FRID 电子标签, 实现对安全工器具的调配使用、领用出库、作业状态、归还入库等的状态感知和智能化管控应用。

#### (1) RFID 标签与工器具绑定

针对核心安全工器具进行溯源实物标签制作, 通过电子标签, 实现“一物一码”账物一致化, 电

子标签和安全工器具基本台账信息绑定, 安全工器具归属信息、领用归还履历信息、历次试验记录明细等, 该项功能主要用于强化安全工器具使用过程中的实物化监管, 公司管理人员通过出入库感知电子标签即可查看该安全工器具的当前状态, 到达试验周期或报废周期系统会禁止领用不安全的工器具, 让未试验或不合格安全工器具远离生产现场。

#### (2) 标签安装方案

RFID 标签选用超高频 RFID 无源标签, 考虑到工器具的种类、材质、形状各异, 材质分为合成树脂、涤纶、金属、橡胶、尼龙、PVC、木质等材质, 根据这些材质选择对应的普通标签和抗金属标签, 具体为柔性抗金属标签、PVC 抗金属标签、普通悬挂式标签、普通标签、微型 PE 材质塑料薄膜标签。充分减少金属材质对电子标签识读的影响。同时考虑到工器具使用的便利性, 设计标签粘贴规范, 在不影响工器具日常使用情况下, 保证标签识别准确性和完整性, 采用双面 3M 不干胶、AB 胶、悬挂、热缩管等方式, 结合工器具的使用场景和操作人员的持握习惯选择合适的位置进行标签粘贴固定。

### 1.6 使用管理深化应用

#### (1) 派工单与工器具联动管理

通过与智能电力工具仓储系统的设计的功能层面深度融合, 实现派工单或工作计划与安全工器具信息关联。在开派工单或开工作票时, 系统会推送工单信息至工器具室终端设备, 负责人或班组成员在领用时系统会进行工单提醒并关联领用工器具, 与安全工器具的归还数据形成对比保证安全工器具的全方位监控。该项功能提升安全管理工作精细化, 降低安全生成管理复杂性, 简化基层班组工作流程。

#### (2) 工器具试验管理

安全工器具系统参照《国网电力安全工器具管理规定》对需试验安全工器具提供试验信息更新、录入功能, 以安全工器具试验周期、最近一次试验日期为基础, 自动计算出下次试验日期, 当超过工器具设定的试验时间但是还没有进行试验, 系统平台端和工器具室终端同时会显示未试验提醒信息列表, 方便操作人员和管理员进行查询。管理员可根据期限范围查询更大范围的未试验工器具, 当超过工器具设定的试验时间但是还没有归还, 系统自动发送提醒短信推送到相关的人员。当工器具到达试

验日期, 可通过对列表中工器具点击“试验”按钮执行试验操作, 通过严格输入试验卡片中的本次试验日期、试验结果、试验内容等实际试验结果完成系统对工器具的试验管理。为安全工器具生产作业安全提供保障。

### (3) 工器具报废管理

系统在台账信息录入时, 会根据工器具的出厂信息和安全工器具使用规定设置工器具的启用日期和报废周期, 当超过工器具设定的报废时间, 系统平台端和工器具室终端同时显示提醒信息列表, 方便操作人员和管理员进行查询。管理员亦可根据期限范围查询更大范围的即将报废的工器具。当超过工器具设定的报废时间, 系统自动发送提醒短信推送到相关的人员。管理员可手动报废物品, 系统会记录显示已报废的物品清单。此物品在后续不再允许被借出或归还。工器具对应的 RFID 标签可进行回收操作, 可通过进行解绑操作, 使得 RFID 可以再次与其他的工器具进行绑定。

### (4) 工器具业务数据统计展示

系统将综合各业务模块基础数据, 开发全业务数据统计展示模块, 多维度展示个节点安全工器具的数据情况, 如在库总量、试验情况、归还情况、报废情况等。以用形象、直观的图表的形式展示工器具台账多维度展示、使用情况趋势分析、领用归还实时提醒、核心安全工器具使用频次排行榜、近期工器具的各类领用统计分析、子机构领用统计、各类工器具当前状态信息、工器具每小时领用归还频次, 未来一年工器具试验统计等, 实现系统工器具整体信息和实时操作信息的有效展示。

### (5) 短信推送功能

系统和省公司短信平台对接, 该将工器具借还信息、试验信息、报废信息、非法操作提醒及统计等信息向管理人员和使用人员手机端推送, 实现管理人员对工器具运行状态的实时管控。

#### 1.7 数据集成与安全接入

部署安全应用模块, 打通内外网数据穿透, 实现基于 RFID 标签的应用数据与系统数据之间的安全交互, 实现智能工器具管理终端与现场作业信息的联动, 满足统一管控要求。采用多级级联安全防护措施保证工器具室终端设备的安全接入:

可信应用白名单: 禁止白名单以外的恶意代码加载运行, 替代杀毒软件黑名单防范恶意代码的方

式, 避免杀毒软件的误杀。可信 USB 白名单: 规范 USB 设备使用, 并防止各种 USB 作为媒介的攻击行为。访问控制: 可自动学习工控终端设备与其它设备发启的网络连接, 发现非法连接可即时阻断。文件完整性保护: 对特定的对象(关键文件目录及应用程序、动态链接库、驱动文件等)提供保护, 有效阻止恶意程序通过不同途径对关键对象的恶意改变。系统基线保护: 基线安全监控功能, 可对设备本地安全中账户策略、审核策略、安全选项策略、IP 安全策略、进程审计及系统日志策略进行监控配置, 灵活配置工控终端设备的基线安全。

## 2 应用效果分析

本文所提出的智能电力工器具仓储系统的设计在银川供电局开展应用, 成效显著。

### 2.1 系统识别速度分析

将采用常规人工登记方式与采用智能电力工器具仓储系统的设计所耗费的工器具识别登记时间加以统计, 结果见表 1 所列。

表 1 识别登记时间对比

方式类型	平均耗时/s
常规人工登记	192
智能电力工器具仓储系统的设计	2.89
RFID 工器具识别模块	1.52
人脸识别模块	1.37

由表 1 可知: 采用人工登记方式, 需要手写工器具名称、型号、数量及借用人员名称、工牌号、联系电话等, 平均耗时为 192s; 采用智能电力工器具仓储系统的设计, 可实现电力工器具自动识别与登记, 平均耗时仅需 2.89s; RFID 工器具识别平均耗时为 1.52s, 人脸识别平均耗时为 1.37s。由此可见, 采用智能电力工器具仓储系统的设计后, 每件工器具平均登记时间由 192s 减少至 2.89s, 耗时减少 98.49%, 电力工器具识别登记效率大幅提升。

### 2.2 系统准确度分析

将智能电力工器具仓储系统的设计的 RFID 工器具识别模块和人脸识别模块工作的准确性加以统计, 结果见表 2 所列。

表 2 识别登记准确性对比

类型	准确率/%
RFID 工器具识别模块	98.26
人脸识别模块	99.34

由表 2 可知: RFID 工器具识别的准确率为 98.26%; 人脸识别模块识别工作人员身份信息的准确率为 99.34%。二者的准确率较高, 可满足工器具管理要求。针对 RFID 识别出错的案例进行分析, 发现主要原因是, RFID 电子标签张贴位置过偏或者工器具间互相遮挡导致 RFID 识别干扰, 通过摆正位置重新识别可以纠正错误。针对人脸识别出错的案例进行分析, 发现主要原因是, 所处环境光线不足, 影响人脸机终端采集图像, 通过增强环境亮度可进一步提高准确率。

总体而言, 该系统的识别准确率较高, 可大大减少人工干预量, 显著提高班组工作效率, 解决工器具管理效率低下等问题。

### 2.3 管理成效分析

实际应用结果表明, 采用该智能电力工器具仓储系统的设计可有效优化电力生产部门的工器具管理效能。通过及时告警临近超检验合格期工具, 提醒管理员及时送检, 提高了工器具的安全可靠性; 通过及时告警借用超期工器具, 可避免工器具遗漏, 保证满足安全生产要求, 进而提高社会经济效益。

### 3 结语

本文提出的智能电力工器具仓储系统的设计。该系统的硬件部分由 RFID 识别模块、人脸识别模块和集成柜体组成, 可实现工器具及其使用者的自动识别与登记; 软件部分利用 Java 开发, 实现工器具查询统计、借用超期告警、超检验期告警等应用

功能。利用该智能工器具管理系统, 可实现电力工器具登记统计的自动化, 提高物资管理信息化水平; 同时能协助管理员科学分析工器具使用状态, 显著提高工器具健康可靠水平, 助力电力安全生产, 具有较好的安全效益和社会经济效益。

### 参考文献

- [1] 李吉田. 电力生产管理中的安全问题与应对措施[J]. 中国设备工程, 2018(24): 22-23.
- [2] 刘军, 孙琼, 陆冉, 等. 基于物联网技术的电力安全工器具移动应用管理研究[J]. 通讯世界, 2017(4): 148-150.
- [3] 岳平, 杨成钢, 吴国威, 等. 电力安全工器具全寿命周期管理系统研究[J]. 电力安全技术, 2013, 15(8): 39-42.

收稿日期: 2022 年 9 月 16 日

出刊日期: 2022 年 11 月 27 日

引用本文: 李浩然, 陈泓岩, 张灏, 应东, 崇信民, 智能电力工器具仓储系统的设计[J]. 电气工程与自动化, 2022, 1(4): 36-40  
DOI: 10.12208/j.jeea.20220048

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS