

节点仪器管理系统的设计与实现

付淼星*

中石化石油工程地球物理有限公司物资装备中心 江苏南京 211100

DOI: 10.12238/ems.v7i4.12704

[摘要] 随着“单点高密度”采集技术的发展,采集项目中节点仪器的投入量与日俱增,动辄上万道,传统人工管理节点仪器难度大、准确率低、信息更新共享不及时等问题逐渐凸显。为进一步规范管理流程,促进节点仪器信息化管理,本文基于RFID技术,开展窄波束低副瓣圆极化天线设计,搭建节点仪器通道门,开发一套节点仪器管理系统,实现了节点仪器信息化留痕管理,提高了节点仪器的项目化管理水平,提升了节点仪器出入库、盘点的速率与准确性。适用于基地、仪修厂、项目库房等多种场景。

[关键词] 节点仪器; RFID技术; 批量识别; 通道门; 管理系统

引言

随着油气勘探目标日趋复杂,勘探难度越来越大,“单点、高密度、大道数”采集技术成为发展趋势,所需的采集装备数量与日俱增。节点仪器自主采集、本地存储的作业方式,无需传输线缆,不受地形与道数限制,很好地满足了单点高密度采集的需求,成为物探作业的主流设备,但同时节点仪器管理的问题也逐渐凸显。传统的节点仪器管理一般依赖于一个非自动化、以纸张文件为基础的方式来记录、追踪节点仪器出入库、维修等信息,节点仪器内部的管理完全由人工来完成^[1]。这种管理方式效率低下,动辄上万道的节点仪器仅依靠人工进行统计管理,存在信息化程度不高、无法实时监督、准确率低等问题,难以满足节点仪器管理的快速、准确要求,制约了节点仪器的运转效率。为此,本文基于RFID(Radio Frequency Identification, 射频识别技术)技术采用读写器,搭建一个智能化进出读写通道,设计一套节点仪器管理系统,实现了节点仪器项目管理、智能出入库、节点数据分析、全生命周期管理等功能,有效提升节点出入库、盘点的速率与准确性。

1 通道门设计

1.1 RFID技术

RFID技术属于一种通信技术,该技术的应用可以通过无线电信号识别的方式,读取特定目标对应的数据信息,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触^[2-3]。其优势是可以实现批量、远距离非接触读写。节点仪器管理系统RFID技术的实现基础为RFID通道门,该装置硬件上主要由电子标签、读写器和天线三个元件组成,同时加装红外光电装置来判断出入库。

1.2 选型与设计

1.2.1 元件及材料选型

RFID电子标签的型号非常多,包括常规标签、抗金属标签、低频标签、高频标签等。节点仪器使用环境较复杂,为保护RFID电子标签,增加其使用寿命,标签需要置入节点仪器内部,不易损坏、丢失。因为节点仪器内部有电路板,所选标签必须能够抵抗电磁干扰。公司现有节点仪器数量庞大,为保证节点仪器全部实现信息化管理,所需电子标签数量较大。经过测试对比,优选了一款高性价比的抗金属标签。

读写器是读取或写入标签信息的设备,有固定式或手持式等多种工作方式。它对标签进行识别、读取和写入操作,一般情况下会将采集到的数据信息传送到管理系统,然后由管理系统处理数据信息。因读写器需加装固定到通道门上,选择了固定式读写器。经过比较,优选了超高频八通道

HY-9818X读写器。

天线用于在标签和读写器之间传递射频信号。根据节点仪器使用时的复杂场景以及存放资产的仓库环境,所选天线需抗干扰能力强,适用于UHF(Ultra High Frequency, 超高频)频段RFID应用场合,具有高增益、低驻波等特点。外壳采用加强筋位设计,防水、防尘、适合各种恶劣环境使用。

通道门外壳选用喷塑冷轧镀锌板,耐腐蚀、硬度高,可以适应多种环境下使用,而且可有效加持读取效果,确保读写器的射频识别不会漏读和串读。

1.2.2 窄波束低副瓣圆极化天线设计

天线采用三层结构设计,包括顶层线路层、中间线路层和底层线路层。顶层线路层包含3个辐射阵子单元;底层线路层为馈电网络,设有1个输入端和6个输出端,输出端分别与辐射阵子单元电连接;中间线路层作为辐射阵子单元和馈电网络的参考地。辐射阵子单元采用微带贴片阵列设计,呈一字等距排列,贴片通过金属化过孔与中间线路层连接,形成EBG(Electromagnetic Band Gap, 电磁带隙)结构,有效减小天线尺寸,抑制单元间耦合,并降低辐射副瓣。

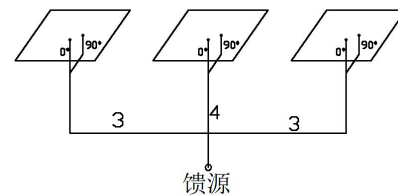


图1 馈电网络架构

馈电网络采用三级功分移相架构: T型交叉结将射频信号按2:3比例分配;一级微带功分移相网络将其中一路信号均分为2路等幅、等相信号,最终形成3:4:3的三路信号分配;二级微带功分移相网络将信号进一步分为3组等幅且相位差为90°的射频信号,以实现圆极化辐射(如图1所示),适应RFID标签随机方向。馈电网络包括1个输入端和6个输出端,中间辐射阵子单元与两侧单元的功分比为4:3:3,优化了主瓣能量集中度。该设计在实现窄波束的同时,显著降低了副瓣电平,提升了天线的整体性能。

1.2.3 通道门的组合设计

将读写器和天线组合设计搭建具有最佳识别能力的通道门读取装置,确保内置RFID电子标签的节点仪器出入库识别率。如图2所示,把天线通过万向节连接到通道门内部,其中2个天线装在通道门顶部,6个天线分别装在通道门左右两侧。读写器和电源安装到电控箱内,并把电控箱固定在通道门的顶部。2个红外传感器分别装在通道门的进口及出口,

以便系统分辨工作人员穿过通道门时的行为是进还是出，进而判断工作人员推着的节点仪器是入库还是出库。安装或拆卸通道门时，只需要把盖板连接到一起用螺丝进行固定，配套万向轮方便通道门自由移动。

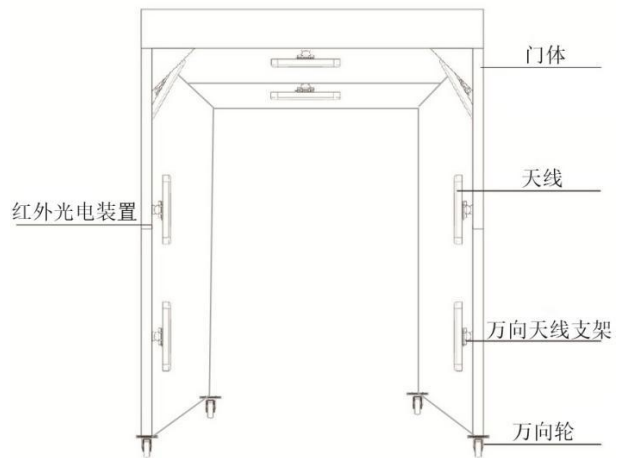


图 2 通道门结构图

1.3 管理流程

当安装绑定有 RFID 标签的节点设备出、入库房时，红外装置感应到人员，自动实现出入库逻辑判断，读写设备启动识别 RFID 标签内容，通过网络把批量识别到的标签信息提供给管理平台，进行节点设备的出入库操作。出入库的数据可以实时通过网络在后台进行记录，以供查询。

2 系统软件开发

2.1 软件架构设计

如图 3 所示，节点仪器管理软件采用 B/S 架构，包含数据层、服务层、应用层、访问层。数据层选用 MySQL（MySQL Relational Database Management System，MySQL 关系型数据库管理系统）用于节点仪器相关数据的存储和交换，应用层主要完成前端界面功能的实现。



图 3 节点仪器管理软件架构设计图

整个软件架构采用前后端分离的架构，使用 vue 框架搭建的单页面应用，搭配多种相关配套技术，实现了对节点仪器的可视高效管理。根据所选的 RFID 读写器，通过 RFID 高并发报文通信技术手段，获取通道门读取的节点仪器信息，实现节点仪器管理软件与 RFID 数据信息无缝对接。通过节点仪器数据模型的建立，采用具有事务处理功能的 MySQL 数据

库作为中间库，Web 端与 App 端程序形成了统一的数据服务机制，实现了节点仪器数据、节点项目、节点 RFID 电子标签、节点流转调度、节点检维修等数据的存储管理功能。

2.2 节点仪器管理软件功能

在 Web 前端的开发上，采用灵活丰富的各种控件进行界面展示，使用 vue 等框架保证浏览器的兼容性，搭配 vue-router, vuex, less 等相关配套技术，使用 element-ui 组件库，其中图表使用 echarts 插件绘制，实现了对节点仪器的可视高效管理。

采用 MySQL 关系数据库，建立一套体现节点仪器相关数据和逻辑关系的软件对象，提供了标准化的数据层，涵盖节点仪器自身信息、设备流转、设备检维修等业务。节点模型数据支持数据的添加、删除、显示、维护、查找、选择和更新等操作。

节点仪器管理软件完成了 8 大类功能模块，实现了节点设备的项目化管理、节点设备管理、检维修管理、节点设备全生命周期管理、用户权限管理、统计分析等功能，实现了节点仪器可视化管理，提升节点出入库、盘点的速率与准确性。

3 系统功能验证

3.1 出入库功能测试

物品出入库时，由工作人员拉着装在筐里的节点仪器通过通道门入库，系统自动判断为入库，同时通道门完成盘点，将所识别到的标签信息上传至系统，完成物品入库行为。经过试验对比，120 道以内识别率为 100%（见表 1）。

表 1 通道门识别能力测试结果统计表

节点仪实际数量	盘点数量/道	识别率/%
5 筐（60 道）	60	100
8 筐（96 道）	96	100
10 筐（120 道）	120	100

3.2 软件测试

针对软件测试，测试用例 122 个，根据设计架构功能逐一进行测试，测试覆盖率 100%。通过第三方测试：通道门与节点仪器管理系统的数据交互良好，节点仪器管理系统的信息录入、出入库管理、项目管理等功能模块测试结果均合格。

4 结束语

基于 RFID 技术的智能节点仪器通道门，可以批量识别多个 RFID 电子标签，当内置了电子标签的节点仪器通过通道门时，系统自动读取标签信息，生成出入库指令，并将节点仪器信息批量录入系统，无需逐一扫描，整个过程迅速且准确。每个 RFID 电子标签就是每个节点仪器的“身份证”，具有唯一性，且不受视线限制，有效降低了人为错误的风险。辅以节点仪器管理软件，实现了节点设备的项目化管理、节点设备管理、检维修管理、节点设备全生命周期管理、用户权限管理、统计分析等功能，提高了节点设备的信息化管理水平，提升节点仪器出入库、盘点的速率与准确性。

[参考文献]

[1]凌晨，刘超峰，郭杰，等. 基于 RFID 技术的装备维修物资管理系统设计[J]. 机械工程与自动化, 2024(4): 182-184.
[2]朱志胜，丁淑君，许松林. 基于 RFID 技术的机载设备维护管理系统[J]. 航空工程进展, 2022, 13 (1): 144-150.
[3]李飞. 基于 RFID 技术的设备资产管理系统设计[J]. 现代电子技术, 2020, 43 (23): 130-133.

作者简介：付淼星（1990.08-），女，汉族，福建福州人，本科，工程师 研究方向：物探仪器。