

基于 RFID 的隧道人员定位系统设计与应用

范庆龙¹，马斌¹，聂亮¹，戴巍¹，高向友²，万方玲²

(1. 四川华能泸定水电有限公司,四川 成都 610041;
2. 上海高千软件科技有限公司,上海 201100)

摘要:基于 RFID 技术研发了隧道人员定位系统,通过将人员身份信息和电子标签绑定的方式,实现隧道内施工人员位置实时定位。管理人员通过该系统能够实时掌握现场施工人员的分布状况和运动轨迹,提高了调度管理的有效性和科学性。当遇到突发情况,可以精确定位被困人员的位置信息,提高抢险救灾、安全救护的效率。该系统在硬梁包水电站地下工程施工中得到成功应用,累计采集人员位置信息数据 766 万余条,将施工区域及各工种用不同颜色进行划分,实时展示各施工区域的人员数量和位置,并通过每日消息推送功能,建立了一套完整的隧道人员定位信息管理系统,为隧道工程施工人员安全管理提供了参考。

关键词:RFID;人员定位系统;隧道施工

中图分类号:U45**文献标识码:** A**文章编号:**1001-2184(2023)01-0068-05

Design and Application of Tunnel Personnel Positioning System Based on RFID

FAN Qinglong¹,MA Bin¹,NIE Liang¹,DAI Wei¹,GAO Xiangyou²,WAN Fangling²

(1. Sichuan Huaneng Luding Hydropower Co.,Ltd.,Luding Sichuan 610041;
2. Shanghai Gaoqian Software Technology Co.,Ltd.,Shanghai 201100)

Abstract: This study develops a tunnel personnel positioning system based on RFID technology, and realizes the real-time positioning of the construction personnel in the tunnel by binding the personnel identity information and electronic tags. Through this system, managers can grasp the distribution and movement trajectories of on-site construction personnel in real time, which improves the effectiveness of safety management. When encountering emergencies, the location information of trapped persons can be accurately located, improving the efficiency of emergency rescue. The system has been successfully applied in the construction of the underground engineering of Yinliangbao Hydropower Station. It has collected more than 7.66 million data of personnel location information, divided the construction area and types of work with different colors, and displayed the number and location of personnel in each construction area in real time. Through the daily message push function, a complete set of tunnel personnel positioning information management system is established, which provides a reference for the safety management of tunnel construction personnel.

Key words: RFID;Personnel positioning system;Tunnel construction

1 概述

提高工程管理者对施工现场人员安全状况的感知能力和全方位快速反应能力直接关系到工程安全管理质量和效率,也一直是工程安全管理的核心^[1]。尤其是位于高山峡谷的水电工程建设活动,其地下洞室群地质条件多变^[2]、开挖规模大^[3]、空间分布复杂^[4-5]、隧道立体交叉,加上隧道施工人员流动性大,安全风险突出,人员安全管理面临诸多挑战。因此,实现隧道工程复杂场景下的智

能化和精细化管控,关键在于作业人员位置的实时定位和运动轨迹的准确把控。

未来隧道工程安全施工将朝着智能化、集成化、信息化的方向迈进,RFID 技术在地下空间定位方面的优势很好地解决了人员安全管理的难题。为此,基于 RFID 技术将人员身份信息和电子标签绑定,研发了隧道人员定位系统,实现隧道内施工人员位置实时定位。管理人员通过该系统实时掌握现场施工人员的分布状况和运动轨迹,提高了调度管理的有效性和科学性。当遇到突发

收稿日期:2022-08-05

情况时,可以精确定位被困人员的位置,提高抢险救灾、安全救护的效率。该系统已经成功应用于硬梁包水电站隧道工程施工,为施工现场人员安全管理提供了经验和参考。

2 RFID 定位技术

无线射频识别即射频识别技术(Radio Frequency IDentification,以下简称 RFID)是一种非接触的自动识别技术,通过空间电磁耦合的方式实现能量的传输,达到双向通信并交换数据的目的,实现对待识别物体的自动识别,适应在各种恶劣环境中工作。其采取无接触式的工作模式,减少了机械磨损延长了整体使用寿命,而且射频信号能够实现快速、较远距离的识别。另外,射频识别定位系统中各位现场工作人员的工作编码不同,且采取保密通讯协议,数据在传输过程中不会出现信息暴露等信息安全问题。

RFID 系统主要由读写器和应答器(标签)组成,RFID 标签包括电子芯片和接收天线。每个芯片都具有唯一的电子编码,将芯片附着在物体上用来存储并标识目标的相关信息。接收天线是用于标签和读写器间传递射频信号,也为芯片读写数据及传输数据提供能量。当标签进入阅读器的天线感应范围内时,阅读器发送特定频率的电磁波,将其激活,激励无线通信链路,标签向阅读器发送信息,阅读器接收到这些信息后解码,然后传送给上位机,完成信息的处理。阅读器扫描目标区域内各标签的能量等级,从而测出阅读器至标签间的距离。几个已知坐标的阅读器组成检测网,从而实现对标签的定位。在应用过程中,要求每位工人随身携带具有身份识别、内含电子标签的卡片,即可实现施工中对工人的定位,RFID 工作原理见图 1。

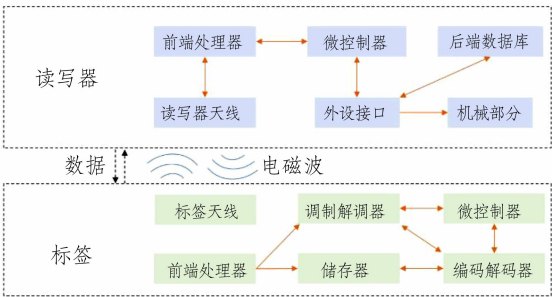


图 1 RFID 工作原理

读写器与标签间的数据传输包括网络读卡

器、无线读卡器、读卡天线和位置服务器等构成,读写器与标签数据传输原理见图 2。

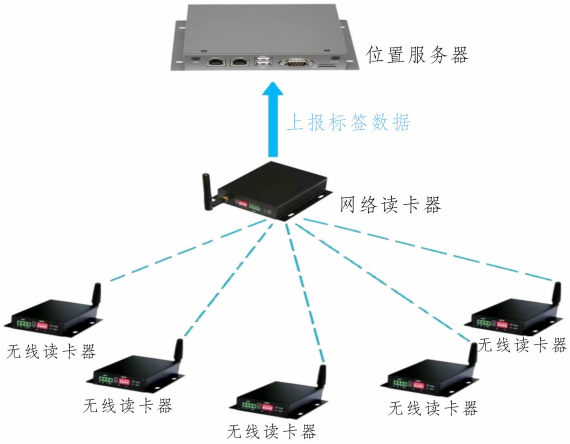


图 2 读写器与标签数据传输原理

(1)网络读卡器。网络读卡器收集本机与分站无线读卡器读取的电子标签信息,以及将信息及时上报给云服务器。网络读卡器可以接入最多 16 个无线读卡器,可以快速完成一个区域的定位基站部署。网络读卡器(主站)与无线读卡器(分站)间的通信距离不少于 2 km,读卡器可以工作在不同的无线频段上,互不影响。网络读卡器除了用来接入无线读卡器外,其自身也可以连接一根读卡天线,作为一个独立的读卡器使用。

(2)无线读卡器。无线读卡器设置与网络读卡器同一信息频道,进行主站分站绑定;并将采集的电子标签信息上报到主站网络读卡器。无线读卡器通过无线与网络读卡器连接,读到标签信息后无线上报给网络读卡器,再由网络读卡器通过网络上报给应用服务平台。

(3)读卡天线。电子标签读卡天线,可以探测周边的电子标签,探测距离空旷可达 150 m。读卡天线不仅可以读取电子标签的 ID 值,而且可以通过测量电子标签的无线信号场强而计算出标签的实际距离。

3 隧道人员定位系统

3.1 业务架构设计

隧道人员定位系统以信息化、数字化、智能化技术为基础构建,旨在为用户应用提供全面、易用、统一、安全、可靠的服务能力。系统包括:人员定位管理系统、标签巡检 APP、设备巡检 APP、人员定位数据集成和人员定位数据接口。

(1)人员智能定位管理系统。人员智能定位系统主要实现对人员考勒、施工定位、系统预警、历史轨迹储存和回放、报表管理等功能。通过对人员采集数据的时间、位置等分析,完成对人员考勤的统计。对不同读卡器的位置划分,判断危险区域预警,对数据长时间停留的人员,进行危险状态预警。将数据的回放,管理,形成管理系统报表分析模块。

(2)标签巡检 APP。标签巡检也是硬梁包水电站人员定位的辅助应用。主要配合管理人员现场进行人员区域管理。

(3)设备巡检 APP。设备巡检 APP 主要对现场定位设备的维护管理。将设备维护信息及时反馈。鉴于施工环境网络条件,保证没有网络情况下的数据缓存,连接网络第一时间数据上报。

(4)数据中台。主要包括信息与定位数据、文件服务、缓存服务和日志服务等。

系统还可以将通过基于认证服务的 API 与第三方平台进行数据交换。

3.2 应用架构设计

隧道人员定位系统应用架构分为应用服务端、移动 APP 端和客户端。

(1)应用服务端。应用服务端基于 Spring-Cloud 构建,通过 WebAPI 为移动 APP 等客户端提供数据访问服务接口。并通过接口与第三方系

统集成,从第三方系统拉取数据或者向第三方系统提供数据。

(2)移动 APP 端。移动 APP 端基于 Android 操作系统构建,提供数据采集,巡检录入,设备绑定等功能,通过接口与应用服务端进行数据交互,能在无网情况使用,满足施工人员随时随地进行业务数据录入的需求。

(3)客户端。客户端基于企业微信移动端和 Web 浏览器构建。通过接口与应用服务端进行数据交互,方便施工人员处理复杂的数据录入展示等业务功能。

3.3 技术架构设计

隧道人员定位系统运用云计算、物联网、移动互联网等多种信息化技术手段,结合隧道施工现状和人员定位需求,满足建设管理需求。系统总体架构分为数据源、ETL、技术中台、网关和业务应用。数据源用于数据的存储与采集,分为持久化存储,如元数据存储、IoTDB 数据存储等,和分布式缓存,采用 redis 集群等技术;ETL 将数据从来源端经过抽取、转换、加载到目的端;技术中台提供各种功能与应用支撑,实现系统功能的无缝对接,包括系统监控,系统应用,与系统服务模拟与测试;网关接收外部请求,包括第三方登录认证请求等,转发到后端的对外服务器;业务应用包括多端平台应用展示与功能使用。隧道人员定位系统技术架构见图 3。

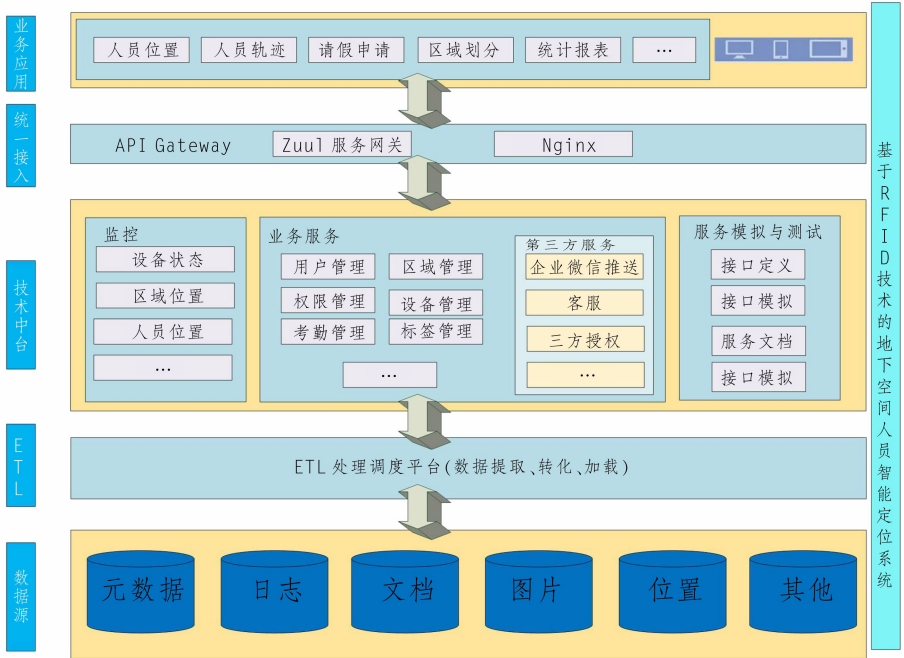


图 3 隧道人员定位系统技术架构

3.4 开发架构设计

隧道人员定位系统软件开发基于成熟先进的微服务框架 Java SpringCloud。分为数据服务层,应用服务层,和前端 UI 层,其中数据服务层采用 MySQL 保存元数据和业务数据,DM 数据

集市平台保存海量多文档非结构化数据, workflow 采用 Activity,消息队列中间件采用 RabbitMQ。整个系统采用基于 JWT 的认证和授权令牌体系。隧道人员定位系统开发技术框架见图 4。

4 隧道人员定位系统实施与应用

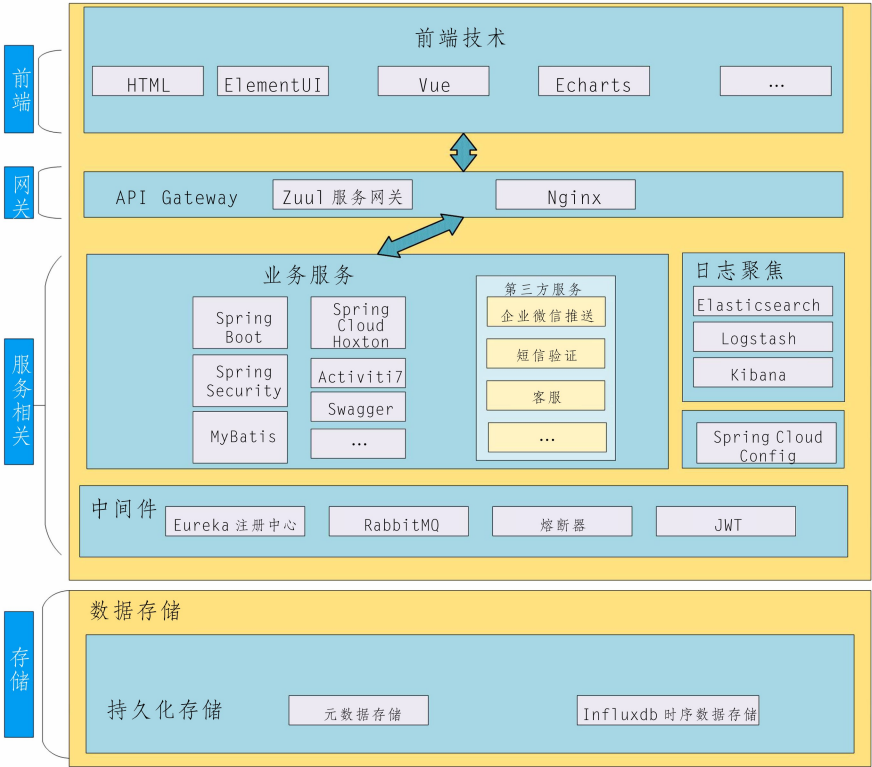


图 4 隧道人员定位系统开发技术框架

结合硬梁包水电站工程项目环境空间分布复杂、施工风险高、无线通信难等特点,研发了隧道人员定位系统,实现隧道内施工人员位置实时定位与轨迹追踪。通过该系统实时掌握现场施工人员的分布状况和运动轨迹,提高了调度管理的有效性和科学性。当遇到突发情况时,可以精确定位被困人员的位置并发送预警预报消息,提高了抢险救灾、安全救护的效率。

硬梁包水电站位于四川省泸定县境内,是大渡河水电基地干流规划 28 个梯级电站的第 14 个梯级,上游为泸定水电站,下接大岗山水电站。硬梁包水电站采用引水式开发,最大闸坝高度 38 m,引水隧洞长约 15 km。电站初拟水库正常蓄水位 1 246.00 m,水库面积 1 720 m³,水库回水长度 9.1 km,正常蓄水位以下库容 0.208 亿 m³,调节库容 0.053 亿 m³,具有日调节性能,电站引用流量 1 435 m³/s,初选电站装机容量 1 200

MW。单独运行多年平均年发电量 52.28 亿 kWh,与双江口水电站联合运行多年平均年发电量 54.22 亿 kWh。

硬梁包水电站处于得妥断裂、二郎山断裂和金坪断裂三大断裂带交汇处,工程地质条件复杂,地震设防烈度高,采用低闸长引水式开发,由首部枢纽、引水系统、地下厂房三部分组成。引水系统由两条长 14.4 km 的引水隧洞组成,开挖断面最大直径 15.1 m。工程沿线地质构造复杂,围岩蚀变严重且地下水丰富,工程安全风险突出,开挖支护及衬砌难度大。厂区枢纽地下厂房洞群地质区域构造繁复,在高地震、高地应力与复杂结构面等多重因素组合作用下,安全风险高、施工难度大。洞室作业人员的安全问题是安全管理工作中的重点。

4.1 系统实施与应用

系统覆盖电站的隧道和洞室进出口、厂房洞

室群各交叉口、引水隧洞、主厂房、主变室、尾闸室、调压室等重点施工区域。

智能定位管理系统配备的 RFID 电子标签依附于安全帽,并配置智能感知终端,实现了设备设施巡检、作业人员入场检测、洞内人员定位、作业

范围划分、区域检测、人员轨迹查看、提醒作业人员人身安全、作业人员考勤管理、危险区域后台提醒、作业时长监控等功能,智能定位管理系统的投运保证了工程的有效实施和推进,系统功能模块示意图见图 5。

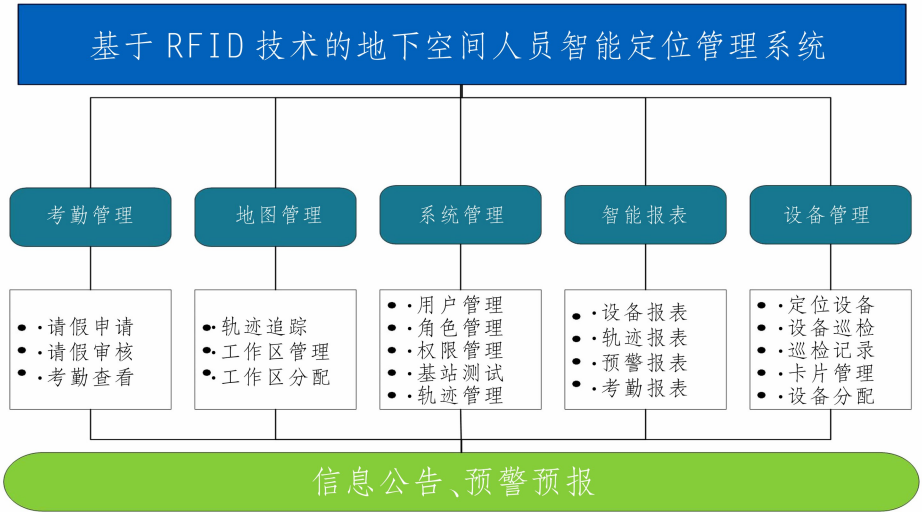


图 5 系统功能模块示意图

4.2 应用成果

隧道人员定位系统共计投入使用设备 44 套,实现施工区域范围全覆盖。系统自上线使用以来已录入人员信息 363 条,采集人员位置信息数据 766 万余条。各施工区域及各工种以不同颜色进行区分,在首页通过柱状图展示各施工区域实时人数及工种情况,使管理人员能更清晰的掌握施工情况,并开通每日消息推动功能,对施工各区域人数统计并推送,建立了一套完整的人员信息管理系统。

5 结 语

基于 RFID 技术,研发了隧道人员定位系统,并在硬梁包水电站得到成功的应用。利用该系统可以实时掌握隧道内工作人员的位置信息,全面掌握工作人员的基本信息及工作情况,系统还加入了考勤管理、请假管理、报表导出等实用功能。配合门禁系统使用,有效防止闲杂人员进入施工现场,使隧道施工管理更智能化。同时,在隧道施工出现紧急工况时,可通过监控中心及时了解隧道工作人员基本身份信息 and 所在位置,为救援及情况分析提供了极大便利,有效保证了作业人员的人身安全。

参考文献:

[1] 樊启祥,林鹏,谢亮,等.水电工程复杂场景施工资源定位管

理技术研究[J].水力发电学报,2022,41(2):113-124.
[2] 樊启祥,林鹏,蒋树,等.金沙江下游大型水电站岩石力学与工程综述[J].清华大学学报(自然科学版),2020,60(7):537-556. DOI:10.16511/j.cnki.qhdxxb.2020.26.011.
[3] 袁乾博,杨鹏,王涛,等.乌东德水电站左岸地下主厂房围岩支护效果分析[J].三峡大学学报(自然科学版),2020,42(1):24-29+35. DOI:10.13393/j.cnki.issn.1672-948X.2020.01.005.
[4] 胡文佳.地下洞室开挖安全风险元传递 SD 模型研究[D].三峡大学,2019. DOI:10.27270/d.cnki.gsxau.2019.000263.
[5] 张恩宝,邓瞻.硬梁包水电站地下厂房洞室群围岩稳定性分析[J].四川水力发电,2019,38(2):76-80.

作者简介:

范庆龙(1973-),男,重庆丰都人,硕士研究生,高级工程师,注册一级建造师、注册安全工程师,从事水电工程建设管理工作;
马 斌(1973-),男,陕西三原人,本科,高级工程师,注册安全工程师,从事水电工程建设管理工作;
聂 亮(1992-),男,四川南充人,大学本科,工程师,注册安全工程师,从事水电工程建设管理工作;
戴 巍(1994-),男,四川广安人,硕士研究生,从事水电工程建设管理工作;
高向友(1974-),男,河北长水人,硕士研究生,工程师,从事嵌入式系统应用,机器学习和信息检索工作;
万方玲(1992-),女,湖北潜江人,本科,工程师,从事计算机系统应用,机器学习方面的工作。
(责任编辑:吴永红)