

水利工程中水电设备巡检的物联网感知技术应用

邬舒静 饶随云

汉江水利水电(集团)有限责任公司 湖北 武汉 430040

摘要：水电设备作为供电和供水项目基础建设设备，为提高水资源利用，提升电能产值提供主要动力。水电设备巡检机制是保障水电设备安全稳定运行，提高设备运行数据利用率的重要管理方式。随着物联网技术和数据采集技术的不断发展，水电设备巡检自动化、数字化需求和传统巡检模式的矛盾逐渐凸显。本文结合NFC识别技术、二维码技术和Web Server平台，设计了一项水电设备巡检的物联网感知技术应用方案，能够通过二维码扫描采集巡检数据，应用NFC技术传送至水电设备巡检系统后台，对设备运行状况进行巡检管理和数据分析。通过统计系统实施期间的运行数据，证实了系统功能完整性和性能良好性。

关键词：水电设备；巡检管理；NFC识别；二维码技术

1 引言

水电设备巡检，指的是在水利工程建设项目中，对水利电力基础设施设备，诸如变压器、分支箱、窨井盖，开展定期或不定期的巡逻检查，对水电设备的规划性巡检，是保障水电基础设施设备安全稳定、运行正常不可或缺的安全措施。在实际设备巡检过程中，水电设备因水电工程所投入运行的水电机械设备通常具备规模体积庞大、设备布局分散、设备数字化改造难度大等特点，其巡检方式区别于其他工程项目设备巡检模式，表现为巡检周期较长，巡检条件受气候影响较大，巡检人员存在人身安全隐患等诸多弊端。

一是依靠人工采集的巡检数据质量不高。在传统的水电工程设备巡检工作中，巡检人员往往采用“看、闻、听、摸、问、测”六项步骤，按照既定移动方向，定点定时对水电设备进行巡回检查，不仅要求巡检人员能够精准定位设备坐标，还要精准查找到的实时运行数据^[1]。依靠人工记录和抄表的传统巡检方式效率低下，巡检周期长。对于变电站中未显示于表中的数据，主要依赖巡检人员技术经验判断，经验不足或人为疏忽都会导致巡检人员记录错误数据，对于核心设备，如变压器、分支箱等设备的运行数据，是及时判断设备运行状况最重要的依据，确保其运行数据精准提取，需要实现一人一机的在线设备数据采集对手持设备的传输性能和采集功能有较高要求，手持设备巡检无疑是提高设备巡检质量的重要措施。

二是巡检数据利用率不高。人工巡检获取的数据只支持短暂停存，无法获得长期的数据信息。尽管随着信息化技术普及，以信息存储和信息管理为主的设备巡检系统逐渐应用在水电设备巡检工作中，将巡检数据的

运行数据传输至信息管理数据库中，从而评估设备运行状态，管理设备故障信息，但目前水电设备巡检工具大多侧重于离线设备管理，由巡检人员定期将已获取的设备运行参数输入至后台，数据采集时间相对滞后，巡检数据二次加工度不高，无法通过已有数据精准判断设备缺陷率，出具相应的消缺处置方案。

三是巡检到位率受客观条件限制较大。由于水电基础设施大量分散，辖区监控系统存在视野盲区，长期依赖巡检人员对设施设备布局的熟练掌握和巡检自觉性，难以发现未按计划执行的巡检任务，无法保障设备巡检率。另一方面，在恶劣天气条件下监控受到条件限制，巡检人员的人身安全无法保障^[2]。

随着物联网、移动通讯技术逐渐兴起，我国水电设备的巡检系统开始利用射频技术（RFID）辅助和标识定位智能电网中电力设备，并通过使用手持移动计算设备（PDA）扫描条形码、智能手机、Web Service等平台技术获取设备信息^[3]。通过识别配电设备和定位巡检人员，采集和传输巡检数据，强化水电设备规范管理。

作为物联网技术与移动通讯技术迅猛发展的成果，高能效、高时效的信息采集和大容量存储已逐渐成为基础设施完备的重要策略^[4]。智能化水电设备系统关键应用技术，为水电设备的状态检查和故障排查等应用层功能提供可靠的软硬件技术保障，实现实时传输、高频采集、智能分析等巡检诉求提供强有力的技术保障。如要进一步提高巡检设备智能化及数据安全性，现有设备系统仍有较大的提升空间。

基于此，本文在分析目前巡检系统技术缺陷基础上，充分考虑当前物联网技术优势，通过设计了基于二维码技术和NFC技术的巡检系统平台，开展水利工程中

水电设备巡检的物联网感知技术应用，最大程度上降低巡检管理的风险，为巡检工作可规划、可监控、可查询、可统计、可配置资源提供闭合管理方案。

2 物联网环境下 NFC 与二维码技术应用情况

物联网（IoT）的核心价值在于实现“万物互联”，而近场通信（NFC）与二维码技术作为物理世界与数字世界的关键连接纽带，凭借低成本、易部署的优势，已广泛渗透至移动支付、资产管理、身份认证等领域。NFC与二维码技术均服务于“近场数据交互”需求，在设备互联、信息溯源等物联网场景中发挥核心作用。

2.1 技术原理与核心特性

(1) NFC技术

NFC基于13.56MHz电磁感应，通信距离 $\leqslant 10\text{cm}$ ，支持主动（双方供电）与被动（仅读写器供电）模式，被动标签无需电池，可制成卡片、贴纸形态。其核心特性为“即触即用”（无需配对）、离线可用、安全可靠（短距降低截获风险）。在物联网中，NFC应用广泛：智能家居领域，手机触碰设备可完成蓝牙配对，标签触发“睡眠模式”等场景操作；智能穿戴与支付场景，手表、手环可作交通卡、支付工具，贴近终端即扣款；工业物联网中，手持设备触碰传感器可读取设备参数并完成安全认证。

(2) 二维码技术

二维码通过黑白像素矩阵存储信息，经数据处理、纠错计算等流程生成，相比条形码，具备存储容量大（含文字、图片等）、纠错能力强（四级纠错）、适配性广（仅需摄像头+解码软件）的优势。其物联网应用集中在三方面：设备配网，智能设备闪灯生成含ID的二维码，扫码即可提交Wi-Fi信息完成激活；资产溯源，物流货物、食品药品的二维码关联运输状态、质检报告，实现全生命周期管理；数据交互，物联网设备生成含传感器数据的二维码，扫码可读取上传，医疗场景中还能关联患者健康档案。

3 水电设备巡检的物联网感知技术应用方案设计

3.1 结构分析

借助于物联网采集、巡检定位技术及移动终端设备实现的“水电设备巡检平台”，旨在实现巡检设备无障碍定位、巡检数据移动采集、设备状态无延迟更新等设备监测功能，以及巡检记录无纸化、巡检方案流程化等巡检任务管控功能，便于及时处置设备安全隐患，保障水电设备安全、可靠运行。

该巡检系统主要包括两个项目：物联巡检终端、业务管理平台。其中，物联巡检终端支持巡检人员执行各

项巡检任务，采集设备运行数据并对故障进行消缺处置。业务管理平台负责巡检任务管理、数据统计分析，设备维护管理以及用户信息管理。

本研究所覆盖的水电设备巡检应用平台的巡检范围主要包括供电系统和供水系统两大部分。一是供电设备。巡检范围包括主变压器、断路器、隔离开关、避雷器等站内设备，杆塔及辖区内的全部高压电缆线路的窨井盖。二是供水设备。主要为辖区内的供水管网，包括阀门井、窨井盖等。

3.2 物联巡检终端设计

(1) 二维码扫描。通过扫码设备二维码获取对应设备运行信息。

(2) NFC 巡检管理。通过启动 app 激活 NFC 功能或提示巡检员启用 NFC 按钮。巡检人员扫描设备NFC卡片读取设备运行信息。

(3) 消息通知。将待办任务以消息通知形式派发至APP首页面。

(4) 今日巡检任务。屏幕将显示巡检时间、轨迹记录、到点考核、数据传输全部由系统自动完成，方便快速提交数据。支持巡检人员将文字、图片、视频及音频等内容编辑、上传至巡检APP。支持就地下载、保存多条巡检内容信息至手机存储卡上。

(5) 故障消缺处置。为巡检员提供待消缺设备列表，促使其及时完成缺陷处理。

(6) 巡检地图可视化。支持精准定位巡检设备，并采集巡检轨迹，生成巡检地图。

(7) 巡检管理。支持进行巡检计划制定、巡检人员到位管理、巡检缺陷监控及巡检缺陷管理。对巡检人员的巡检线路进行合理设置，对缺陷设备进行实时监控，最大限度提高巡检工作的完成效率，降低巡检人员的工作强度。

(8) 缺陷管理。支持巡检缺陷监控，并统计巡检率、漏点率、缺陷率、消缺率等核心数据。

4 水电设备巡检关键技术

4.1 基于网络 GIS 技术和百度地图式巡检线路路径图。

使用HTML5混合移动开发框架，结合百度地图和GPS定位采集的经纬度坐标，能够动态地生成GIS地理信息图层，显示线路路径图信息。地理信息系统(GIS) 作为一款地理信息系统，以其准确、形象、直观的特性能够根据用户兴趣输出查询分析的数据^[5]。利用GIS采集的经纬度坐标，可以动态生成GIS地理信息图层，显示线路路径图。同时根据GPS巡检设备上传的杆塔经纬度信息

可计算线路长度，根据定位信息可计算杆塔数量和距双向变电站距离。根据输入的杆塔类型，可自动判别铁塔数量、耐张塔数量、直线塔数量、水泥杆数量、耐张杆数量、直线杆数量。这些数据根据定位信息改变，当线路因技改或改造后发生改变，只要重新定位数据自动更新，并在GIS中显示出新的线路路径图。

4.2 基于NFC的近距离无线通讯与物联网融合技术。

相比于其他RFID手持设备技术，NFC读写距离短，抗干扰性强，数据传输安全^[6]。使用网络层NFC模块与巡检设备运行数据进行交互，进一步解除了巡检环境和功耗作业对数据传输的限制，保障了数据采集的稳定性和安全性。

5 巡检系统的应用情况

该方案符合水利系统设备设施巡检各项需求，具有

设备设施类型维护、设备设施信息管理、缺陷类型管理、手持设备管理等基本信息维护功能，实现了对巡检计划、巡检缺陷监控和消缺、巡检到位等业务的管理，以及巡检率、漏点率、综合查询等查询分析功能。

根据该方案设计的巡检平台记录了某年巡检记录查询，一季度日巡检数量达16219次，二季度日巡检数量达15674次，三季度日巡检数量达16188次，四季度日巡检数量达12679次。（日巡检率=日巡检到位数量/日计划巡检数量*100%；日漏检率=日漏检数量/日计划巡检数量*100%）

现有数据可知，巡视到位巡检率均超过100%，每季度平均漏检率0.08%。巡检结果显示，使用该巡检系统能够保障稳定、持续的巡检任务。巡检计划执行程度受气候、定位影响因素较小。

表1 日计划巡检完成情况

巡检季度	日计划巡检数量	巡检到位数量	巡检漏检数量	巡检率	漏检率
一季度	16219	16252	12	100.20%	0.07%
二季度	15674	15676	10	100.01%	0.06%
三季度	16188	16212	16	100.15%	0.1%
四季度	12679	12697	12	100.14%	0.09%

6 结语

该水电设备巡检系统采用移动智能终端扫描技术及Mobile WebService技术，整合现有手机平台，实现了对水电设备的巡检管理。通过移动手机获取设备运行状况、录入巡检结果、查收巡检任务，实时掌握设备状况，保障设备状态及时更新，巡检管理系统采用B/S架构，通过浏览器解决了无纸化办公、设备巡检率、漏检率、设备异常信息等数据进行统计分析，提高了设备统筹管理效率，有效降低了设备故障率，实现了设备检修维护、巡检任务派发、巡检台账管理等多项功能，改善了恶劣环境对出巡任务的条件限制，提高了巡检数据的采集质量，保障了设备巡检完成率，进一步提高了数据利用率。

参考文献

- [1]曾晓辉,文成玉,陈超,等.基于二维码的移动巡检系统的设计与实现[J].电子技术应用,2014,40(9):4.
- [2]任润虎,徐振梅,RenRunhu,等.手持式PDA配电网智能视频巡检管理系统设计[J].电气技术,2013(4):4.
- [3]蒙晨曦.移动巡检系统的设计与实现[D].电子科技大学.
- [4]代欣.物联网环境下电子数据智能采集算法研究[J].电子世界,2017(19):2.
- [5]胡圣武,朱燕霞.网络GIS的发展及其应用[J].测绘工程,2007,16(004):5-9.
- [6]王宇伟,张辉.基于手机的NFC应用研究.中国无线电,2007(6):3-8