

基于LoRa智能手环的电力作业现场安全管控系统研究

徐拥华, 洪 宸

(国网衢州供电公司, 浙江衢州 324000)

[摘 要] 电力施工有野外作业以及电站内作业等, 特别是野外作业时, 由于管理以及不确定因素较多, 从而使作业过程中发生安全事故的概率大大增加。针对以上现有状况, 国网供电公司运用科技手段, 本着“精益化”管理的需要, 创新系统中的外包施工队伍管理方法。本项目提出的基于 LoRa 智能手环的电力作业现场安全管控系统, 是融合了可穿戴技术研制的专业化事故隐患预警系统, 可以使传统安全管理模型中安全管理各自为战, 作业过程缺少细节、事后奖惩而事前缺少预警介入的不足之处加以完善, 进而将传统安全管理升级为作业过程透明, 关键操作节点可控, 安全效果可预期的管理模式, 提高电力部门防患于未然的能力。

[关键词] LoRa 智能手环; 安全管控; 设计

[中图分类号] TM76

[文献标志码] A

[文章编号] 01-523X (2020) 14-0191-03

Research on Field Safety Management and Control System Based on LoRa Smart Bracelet

Xu Yong-hua, Hong Cheng

[Abstract] There are field operations and power station operations in power construction. Especially in field operations, due to many management and uncertain factors, the probability of safety accidents during the operation is greatly increased. In response to the above existing situation, the State Grid Power Supply Company uses scientific and technological means and in line with the needs of “lean” management, will innovate the management method of outsourcing construction teams in the system. The on-site safety management and control system based on the LoRa smart bracelet proposed in this project is a professional early warning system for accident hidden dangers developed by wearable technology, which can make the safety management in the traditional safety management model fight each other, the operation process lacks details, and rewards and punishments afterwards. However, the lack of pre-warning intervention was improved in advance, and the traditional safety management was upgraded to a management mode in which the operation process is transparent, key operating nodes are controllable, and the safety effect can be expected, which improves the power department’s ability to prevent future problems.

[Keywords] LoRa smart bracelet; security control; design

1 基于LoRa智能手环的电力作业现场安全管控系统概述

本项目提出的基于 LoRa 智能手环的电力作业现场安全管控系统, 是融合了可穿戴技术研制的专业化事故隐患预警系统, 其整合了多种智能标签技术、基于扩频通信原理的高覆盖 LoRaWAN 无线网络技术、在自主开发的安全数据模型上进行参数分析, 开发现场作业安全态势感知技术, 可以使传统安全管理模型中安全管理各自为战, 作业过程缺少细节、事后奖惩然而事前缺少预警介入的不足之处加以完善, 进而将传统安全管理升级为作业过程透明, 关键操作节点可控, 安全效果可预期的管理模式, 提高电力部门防患于未然的能力。

1.1 实践依据

线性扩频已在军事和空间通信领域使用了数十年, 因为其可以实现长通信距离和抗干扰的鲁棒性, 而 LoRa 是第一个用于商业用途的低成本实现。随着 LoRa 的引入, 嵌入式无线通信领域的局面发生了彻底的改变。这一技术改变了以往关于传输距离与功耗的折衷考虑方式, 提供一种简单的能实现远距离、长电池寿命、大容量、低成本的通讯系统。

LoRa 主要在全球免费频段运行 (即非授权频段), 包括 433MHz、868MHz、915MHz 等。LoRa 网络主要由终端 (内置 LoRa 模块)、网关 (或称基站)、服务器和云四部分组成, 应用数据可双向传输。

1.2 项目的技术关键与难点

项目研究的关键技术和难点表现在:

(1) LoRaWAN 协议栈包含了 128 位的加密通道, 但是考虑到预警应用的重要性, 物联网安全性还是要得到保障的。

(2) 现场安全记录评估, 通过数据挖掘技术, 实现现场

专家级的实时数据分析, 并提供现场安全风险预警功能。

(3) 三级姿态感知的关键在于辨识事故隐患, 预测可能发生的问题。开发重点在于数据分析, 提高分析的准确性和实时响应速度。

(4) 研制符合电力施工安全规范的可穿戴式 LoRaWAN 智能手环, 主要在装置的适用性、稳定性。

(5) 现场作业安全的实时监测和安全隐患分析预警为核心的管控系统。

1.3 项目方案

本项目方案将围绕以下几个部分:

(1) 可穿戴式子系统;

(2) 电力施工现场定位和安全预警子系统;

(3) 电力施工作业安全态势感知技术。

首先通过调研的形式, 为项目的开展提供基础资料; 进而在已掌握的技术基础上, 进一步进行工程应用研究, 包括硬件设备的关键技术, 基础理论研究; 上层数据平台 & 控制系统的建设研究; 最终形成完整的系统体系, 并建设成一套立体的基于物联网的电力作业现场事故隐患预警系统。

2 LoRa智能手环的电力作业现场安全管控系统项目实施

基于物联网的电力作业现场事故隐患预警系统的构成, 其主要可以分为几个部分。

(1) 基于 LoRaWAN 的, 具有无线定位功能的传感器节点, 由于功能不同, 节点也会分成可穿戴式类型的和预设区域内固定方式使用的安全工器具。

(2) 用于感知节点位置的 LoRaWAN 无线网关, 负责接收传感器节点上传的位置感知信息 (蓝牙 iBeacon/GPS), 节

点的状态信息（是不是在正常的佩戴中，是否保持固定等）等。

（3）物联网云服务器。包含了设备连接、设备管理、应用管理、数据采集、云端 SPC 数据存储、数据分析与数据可视化界面。

传感器在物联网网关软件管理下进行协同感知，由此获得的包含身份识别和定位数据，由网关经公网上传至云服务器，在云端进行安全的数据融合和计算，形成一致的安全隐患预警结果，再经由数据接口输出。系统具有较强的环境适应性、软硬件可扩展性和应用接口的一致性。解决作业人员和工具的位置和状态信息的有效采集的问题和远程传输的问题。

（4）关键技术。

①脱卸识别功能。

手环分为佩戴状态和脱卸状态。图1为电力智能手环实物图。



图1 电力智能手环

满足佩戴状态的条件是：能采集到人体体征信号；手环的系带联结处处于闭合状态。对应的，脱卸状态为当手环检测不到体征信号或系带接头脱开。

补充说明：排除设备故障的情况，当检测不到体征信号时主要有以下几种情况：佩戴不规范；设备脱离佩戴者手腕；佩戴者休克或死亡而失去体征信号。其中第一种情况现场矫正即可，第二和第三种情况都要发出报警信号，在此处不冲突，但应对方法要分别设计。

硬件上，手环上集成的的心率传感器等可作为体征信号来源，系带联结处设计金属插槽与插头，并且系带内置信号线与接头相连（防止人为损坏系带），接头联结与断开时对应不同电平，通过检测该电平信号可获知当前手环系带是闭合还是断开。

②指纹识别功能。

指纹识别技术主要涉及指纹图像采集、图像预处理、特征提取、特征值匹配等过程。

区别于指纹密码锁的应用方式（如 iPhone 指纹锁），本设计中数据量较大的指纹比对库并非存于手环终端。另外，在手环终端由于体积以及硬件资源限制，主要负责指纹图像的采集以及上传的工作。对图像的特征值提取与匹配等工作由数据处理平台更高效准确地完成。当特征值比对成功，则可以从数据库获知该名佩戴者的姓名、年龄、资质、安规考试成绩等涉及安全施工的重要信息，核对无误后，才能认证通过。当匹配失败则反馈到手环终端以进行重新录入或对持有人身份发起询问并上报监控中心。

硬件上，指纹图像采集技术主流的有光学采集方式和电容采集方式。指纹图像获取通过集成在手环上，或者现场施工稽

查仪上的指纹采集器来完成，因光学采集器体积过大且能耗较高，所以此处采用电容式采集器。电容式指纹传感器面积小且薄，一般内置 A/D 转换器，可将指纹图像转化成灰度图像并输出（SPI 接口）。可供选择的型号有 FPS200、FPC1101F（瑞典）、MBF200（富士通公司）等。

当佩戴者佩戴手环成功方可采集指纹，设置指纹采集功能键，佩戴者点击功能键进入指纹采集模式。佩戴者将指纹按压在采集电容板上，采集完成指环发出声光信号，采集后图像经控制器处理成数据包并通过无线通道上传。

③施工人员实时定位功能：GPS 和北斗混合定位。

手环集成 GPS 或者北斗定位功能。定位信息由 GPS/ 北斗模块从卫星获取，主要包括经纬度信息和时间。手环定位信息更新频率可达到每 2s 一次。

基于功耗低、体积小、精度高、启动快的三代 GPS 芯片开发，如 SiRFstarIII（GSW3.0/3.1）（美国 SIRF）等。

GPS 通信协议为 NMEA0183。

定位误差控制在 15m 以内。

当佩戴者离开活动许可区手环向其发出警告，现场负责人有权解除区域限制，但不能解除定位追踪功能。

当 GPS 模组开机后尚未联入网络或联网后掉线则手环显示相关提示信息并上报控制台。

当 GPS 模组因为电路损毁或其它原因导致功能失效，手环可以检测出故障并向上级报错。

手环基于美国升特公司芯片开发 LORA 通信终端功能，通过 Lorawan 收发信息的功能，Lorawan 掉线警示功能，当佩戴者脱离信号覆盖区，手环向其发出语音提示。

④近电（坠落）报警、一键呼救功能。

220kV 和 110kV 从高压输电线 1.5m 到地面，其电场值大约从 5000v/m 下降至 100v/m，其磁场值大约从 100 下降至 0.1 高斯左右。地表地磁场强度大约 0.5~0.6 高斯。

当佩戴者进入未断电电塔（电杆），当接近高压传输线时，因为感应出的电磁场会与地磁场叠加从而导致区域内磁场异常，通过磁场传感器探测后进行数据分析，可对近电场区域进行识别，并对佩戴者发出危险警告。

基于三轴 / 六轴 / 九轴磁场传感器，测量佩戴者身体运动参数，如速度、加速度等。

手环设计一键呼救功能，佩戴者受伤或其它危险情况时，按下按键后，手环向外发射 SOS 和当前地址信息。

⑤无线对讲。

基于高灵敏度、低功耗的数字专用无线电对讲机的 dPMR 通讯协议设计。开阔地通信距离达到 1000m 以上。

硬件部分从无线基带芯片、外部存储器、CODEC 模块、射频模块以及外围接口电路（包括 MIC 输入、音频输入、加密电路等接口）等部分进行设计。

⑥无线标签的能耗优化和实时定位技术。

由于用于安全帽、接地线上的 LoRaWAN 无线标签需要由电池供电，因此设计标签在作为定位等功能的时候，需要考虑功耗问题，同时又不能完全不考虑节电的性能。

通过安全预警系统上整合设备实时定位技术，可以发挥网络环境下基于位置的场景处理模式优势，将无时不在、无处不在的无线网络服务和安全工器具设备实体相结合，为变电站实现安全生产升级，提供快速反应的安全态势感知提供切实可行的技术支撑。由于计划采用的基于 RSSI 的指纹定位算法，因此要预先做好基础数据的准备工作。

⑦电力施工作业安全态势感知技术。

安全态势感知技术，最早源于航天飞行的人因研究，之

后在军事、核反应控制、空中交通监管等多个领域被广泛研究，这些研究大都是基于多传感器大数据量采集的环境下的数据分析。在动态复杂的环境中，决策者需要借助态势感知的工具显示当前环境的连续变化情况，才能准确地做出决策。在基于人机交互的模型中，态势感知的实现被分为了5个级别（阶段），首先是对物联网传感器进行要素信息采集，然后经过不同级别的处理及其不断反馈，最终通过态势可视化实现人机交互。

该技术不仅是要获得大量数据，关键还是要在数据基础上进行预测，从而将电力运检、施工作业的风险隐患消除掉。

3 软件系统架构设计

在架构设计的时候，按照“高内聚低耦合”的原则设计系统软硬件各个功能模块之间的关系，尽量将层次扁平化和将运算分布化，发挥单个节点的计算能力，提高系统的健壮性，

同时也避免了集中式处理方式给系统可能带来的计算能力瓶颈，影响整体的实时性。因此，变电站作业现场安全事故预警系统的基本架构设计为物联网+云平台。

参考文献

- [1] 江阳. 对电力工程施工安全管理的问题探讨[J]. 科技与企业, 2011(12): 11-12.
- [2] 彭石明. 电力企业安全文化建设[J]. 电力安全技术, 2005(10): 45-47.
- [3] 周沾白. 电力企业安全生产风险管理[J]. 沿海企业与科技, 2011(10): 68-69.
- [4] 龚钢军, 孙毅, 蔡明明, 等. 面向智能电网的物联网架构与应用方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(2): 52-58.

（上接第49页）

通过容量核算，经本次提效改造后，脱硫 PCA 段计算容量由 767.5 kVA 减少为 660.4 kVA，减少 107.1 kVA；脱硫 PCB 段计算容量由 755.2 减少为 655.1 kVA，减少 100.1 kVA；两台机组脱硫系统低压负荷计算容量由 1061.4 减少为 840.2 kVA，共计减少 221.2 kVA。提效改造前后的脱硫低压负荷容量核算见表 2。由于拆除低压负荷中有两台吸收塔搅拌器电动机及 1 台除雾器冲洗水泵电动机由对应脱硫保安 MCC 段供电，原脱硫保安 MCC 段电源容量完全满足新增一套烟囱 CEMS 电源容量的需要。

表2 提效改造前后的脱硫低压负荷容量核算表

改造前后 计算 容量 脱硫 PC 母线	脱硫低压负荷计算容量 (kVA)			
	脱硫 PCA 段计 算容量	脱硫 PCB 段计 算容量	重复计算 容量	两套脱硫系统 合计容量
提效改造前	8007	8007	1156	14858
提效改造后	6290	6290	1156	11424
改造后减少容量	1717	1717		3434

通过上述核算结果可知，原脱硫系统低压变压器容量及低压系统配置完全满足提效改造要求，脱硫低压系统接线保

持不变。本工程仅需对更换的低压负荷对应的低压馈线回路进行必要的改造，同时利旧保安 MCC 段备用馈线回路作为新增烟囱 CEMS 电源回路即可。拆除的吸收塔搅拌器电动机回路及增压风机配套低压负荷电源回路改为备用回路。

5 结语

随着国家严控火力发电厂烟气污染物排放，烟气污染物排放浓度限值进一步降低，各发电厂均须进行超净排放改造。本文通过对某发电厂高、低压厂用电系统进行分析和研究，结合我公司“单塔双区”高效脱硫协同除尘的技术特点及电厂超净排放改造的要求，制定了该发电厂脱硫系统高、低压厂用电系统改造的技术方案，并最终成功地解决了电厂超净改造过程中厂用电系统改造的难题，系统运行安全、稳定；同时该技术方案在发电厂纷纷进行超净排放改造的环境下具有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] 胡敏.《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014—2020 年）》发布实施[J]. 炼油技术与工程, 2015(1): 42-42.
- [2] DL/T5153-2014; 火力发电厂厂用电设计技术规定[S].
- [3] 中国电力工程顾问集团有限公司. 电力工程设计手册火力发电厂电气一次设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2018.3.