

大型养路机械铁鞋智能管理系统研究

何学科

(广州铁路职业技术学院, 广东 广州 510430)

摘要: 针对各大型养路机械(以下简称大机)运用单位因铁鞋管理不当,导致事故频发,严重影响生产安全的问题,设计了一种新型的铁鞋智能管理系统,通过无线射频技术和LoRa组网技术实时监测整列大机机组的铁鞋设置状态,在未正确设置或撤除时系统会报警并切断本务机走行动力,有效提高了铁鞋运用的安全系数。同时大机机组通过4G网络与地面服务器进行数据交互,实现了铁鞋的远程监控和信息化管理。

关键词: 大型养路机械; 铁鞋智能管理系统; RFID射频; LoRa组网; 走行联锁

中图分类号: U273

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2021)03-0062-05

Research on Intelligent Management System of Iron Shoes for Large Track Maintenance Machinery

HE Xueke

(Guangzhou Railway Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510430, China)

Abstract: In recent years, the use of large road maintenance machinery (hereinafter referred to as large machines) due to improper management of iron shoes, resulting in frequent accidents, which seriously affects the production safety. A new type of intelligent management system of iron shoes was proposed, which can monitor the setting state of iron shoes of the whole train of large machine units in real time through radio frequency technology and LoRa networking technology. The system would alarm and shut off the running power of the machine when it was not set or removed correctly, thus it effectively improved the safety of iron shoes. At the same time, the data interaction between the large machine set and the ground server through the 4G network could realize the remote monitoring and information management of the iron shoes.

Keywords: large track maintenance machinery; iron shoes intelligent management system; RFID; LoRa networking; direction chain

0 前言

铁鞋是铁路车辆最常用的止轮器之一,安装在专用线或到发线上用于车辆防溜,也是大型养路机械主要的防溜装置。目前,铁路车辆防溜的手段主要采用铁鞋的防溜制动、链式制动、枕木的防溜制动3种形式。在以上的3种制动中,使用比率相对较高的是铁

鞋的防溜制动和链式制动,但制动力较小的链式制动,极易发生制动链的故障,因此一些关键区域开始采用链式制动和铁鞋制动并用的防溜措施。但是这种两者并用的防溜措施一旦用在编组站大范围应用时,极易发生错撤、错放、漏撤和漏放的现象。据统计,在铁路生产事故中,因防溜问题而发生的事故约占8%。由于列车溜逸往往造成车辆脱线、颠覆和冲突等重大恶果,因此,研发智能防溜铁鞋,实现铁鞋的远程智

能化管理已迫在眉睫^[1]。

智能防溜铁鞋因加装了智能无线通信设备并增加了防盗自动报警功能，实现了对铁鞋的远程智能化管理，大大降低了人工管理的成本。本文介绍的智能管理系统可以对整列大机机组铁鞋的设置状态实施实时监控，若铁鞋未在正确位置则发出声光报警并通过走行联锁信号切断本务机动力，实现安全防护功能。另外，铁鞋状态可通过4G移动网络传输到服务器端，管理人员可在远程进行实时监控，“人防”与“技防”结合，有效提高铁鞋运用安全系数。

1 系统概述

1.1 系统组成

现有采用大机的施工主要分为维修施工和大修施工，维修施工一般由2~3台大机组成1个作业机组，大修施工一般由13~20台大机组成1个作业机组。大机铁鞋智能管理系统由大机上的铁鞋监测主机、铁鞋架、检测支架以及地面端的远程服务器组成，如图1所示，满足以上2种施工模式下的铁鞋状态管理要求。

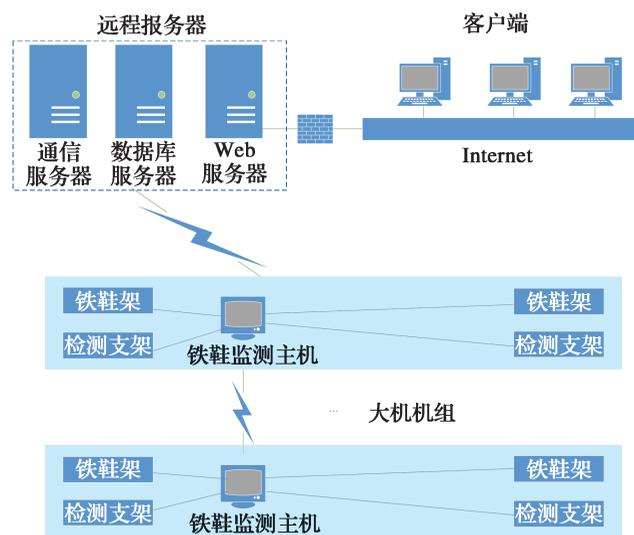


图1 系统组成图

Fig. 1 Consistence of system

① 铁鞋监测主机通过RS485与铁鞋架和检测支架进行通信，获取信息并显示当前车辆上的铁鞋放置状态，再通过无线局域网与其他大机进行组网通信，同时通过4G移动网络将数据上传到远程服务器。

② 大机I端和II端各有1个铁鞋架，每个铁鞋架可放置2个铁鞋，铁鞋位置安装了感应传感器和RFID读卡器，能获取铁鞋的放置状态信息，并读取铁鞋的电子便签信息。铁鞋架安装有报警器，在铁鞋未放置到位时将会报警。

③ 检测支架安装在大机I端和II端的车底，同样具有感应传感器和RFID读卡器，用于检测铁鞋是否设置在车轮处。

④ 远程服务器由通信服务器、数据库服务器和Web服务器组成。通信服务器负责与大机上的监测主机进行数据通信；数据库服务器对数据进行解析和保存；Web服务器提供Web技术支持，客户端则是利用浏览器对系统进行数据访问。

1.2 系统功能

系统主要功能如下：

① 铁鞋位置实时检测和显示。通过铁鞋架和检测支架上的感应传感器和RFID读卡器获取铁鞋放置状态以及编号和所属车号等信息，并直观地显示在监测主机显示器上。

② 大机间组网进行数据共享。各大机的监测主机通过无线局域网进行数据共享，每台主机都能查询到整个编组的铁鞋状态。

③ 铁鞋缺位报警。当某个大机上的铁鞋架有铁鞋未完全放置到位时，铁鞋架将进行报警，同时编组内的大机监测主机也将报警。

④ 指纹录入。对铁鞋设置人、撤除人和状态确认人的指纹进行录入。

⑤ 走行联锁。当铁鞋未放置到位时通过本务机的走行联锁，切断走行动力。该功能设置了故障隔离位，以免系统故障时影响大机走行。

⑥ 远程访问和信息化管理。大机编组的铁鞋状态等信息会通过4G网络上传到远程服务器，客户端通过浏览器可以进行实时状态和历史状态的查看。远程服务器也具有历史数据管理、设备和电子标签管理、人员和权限管理等信息化管理功能。

2 工作原理

2.1 铁鞋检测原理

铁鞋检测由两部分组成，一是通过铁鞋架和检测支架上安装的感应传感器，检测铁鞋是否放置在铁鞋架或轮对上；二是通过安装在检测支架和铁鞋架上的RFID读卡器，读取铁鞋上的电子标签，获取其身份信息。状态信息和身份信息将通过RS485总线传输到铁鞋监测主机并显示，监测主机实时监控铁鞋操作流程，当操作不符合规范时，会传输报警信号到铁鞋架。

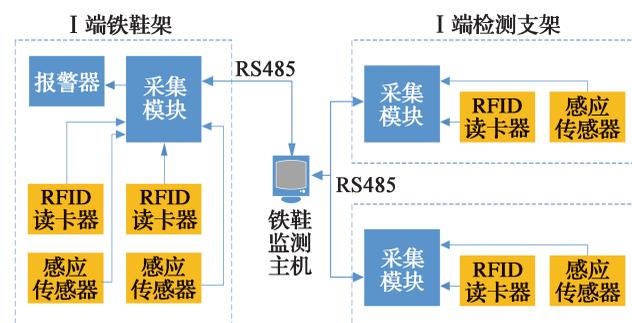


图2 铁鞋检测（I端）

Fig. 2 Iron shoes detection (I end)

2.2 走行联锁控制

走行联锁是指当机组中存在铁鞋未撤除到位的情况时,系统输出信号到走行控制电路,切断驾驶车辆的动力输出,导向行车安全。每种车型大机的走行联锁信号接入点有所不同,根据目前大机类型,主要可分为以下两大类:

①采用液力传动实现高速走行功能的车型,如 DC-32 步进式捣固车、DCL-32 连续式捣固车、DWL-48 捣稳车、CDC-16 道岔捣固车、WD-320 稳定车和 GMC-96x 钢轨打磨车等车型。

②采用液压传动实现高速走行功能的车型,如 QS-650 清筛车、DPZ-440 配碴车和 CMC-20 道岔打磨车等车型。

下面以 CDC-16 型道岔捣固车为例进行说明。CDC-16 车型对 ZF 联锁安全保护控制的信号有 2 个(见图 3): ①液压走行监视信号 G4; ②安全装置监视信号 G47。通过电路改造,将铁鞋监控信号 G_{ix} 作为第 3 路 ZF 联锁安全保护控制的信号引入 ZF 控制系统。

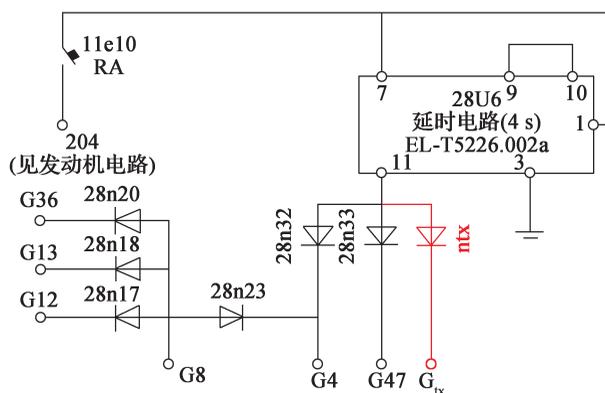


图 3 G_{ix} 联锁信号接入

Fig. 3 G_{ix} interlocking signal access

正常情况下, G_{ix} 输出电压为 DC +24 V, 由于二极管 ntx 的存在, G_{ix} 信号对 ZF 控制系统不产生任何影响; 当铁鞋报警系统发出报警时, 报警控制器指令 G_{ix} 输出接地信号, 从而使 28U6 的 11 脚接地, 信号经 28U6 的常闭触头送至换挡降功电路板 EL-T5226.002a 的 Y11 输入端, 此信号经 5 s 延时集成模块延时后, 送出接地信号, 使 RE1 继电器动作, 并使 28U6 常闭触头断开, ZF 的所有控制失效, 各电磁阀均不输出电位。如图 3 所示。

2.3 无线组网技术

大机铁鞋智能管理系统通过 LoRa 无线组网, 实现最多 20 台大机机组监控主机的联网功能, 具有实时性高和可靠性强等特点。相较于另一常用的 ZigBee 组网方案, LoRa 在通信距离、通信质量和功耗等方面具有优势, 并且 LoRa 更适合在户外使用。

扩频调制技术实际上就包含了 LoRa 技术, 并与前向纠错编码技术和数字信号处理相结合。前向纠错编

码技术可以实现接收端及时纠正传输数据中注入的错误码元, 减少数据包重发; 还能解决多径衰落引发的突发性误码问题。传输数据序列中添加的冗余信息就是采用前向纠错编码技术完成的, 确保接收端及时纠正传输数据中注入的错误码元。要想减少数据包重发的现象, 必须借助前向纠错编码技术, 同时还能有效解决多径衰落引发的突发性误码等问题。

系统使用 LoRa 技术的星型拓扑结构进行组网(见图 4)。该组网方式中, 每个主机/节点向已组网配置的网络内的其他主机/节点广播并发送数据, 实现网络内的数据实时共享, 工作方式为本机每次广播发送数据后就处于接收状态, 确保其他主机/节点发送的数据能接收到。

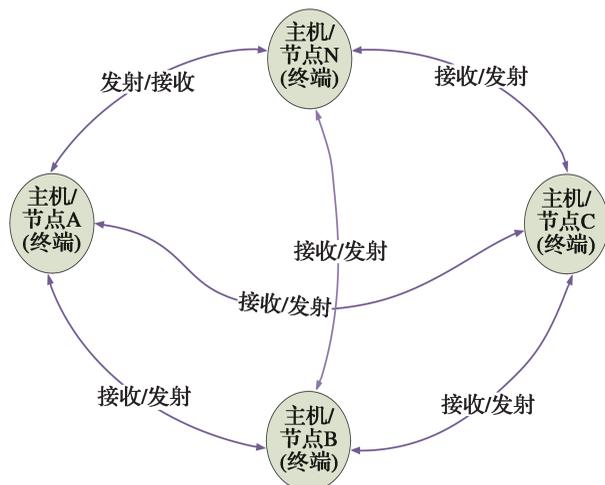


图 4 星型拓扑结构

Fig. 4 Star network topology

2.4 远程数据通信

大机编组后, 各大机之间通过 LoRa 组网方式进行数据共享。每台大机的监测主机都可以通过 4G 网络上数据到远程服务器, 但实际运用中, 只选择其中 1 台。

负责与远程服务器通信的监测主机通过 UDP 协议, 发送数据包到通信服务器。数据包内容包括: 编组的大机数量、大机的车辆编号、各铁鞋的编号、大机编组的作业状态、铁鞋的实时状态(所处车辆、所在铁鞋架或检测支架等)。监测主机每隔 3 s 发送 1 次状态信息包, 铁鞋架或检测支架感应到铁鞋的放置或撤离状态时将实时上传信息, 通信服务器对数据包进行解析后, 将相关数据保存到数据库服务器中^[2]。

如果 4G 移动网络不可用, 各大机的监测主机将报警提示。此时铁鞋状态信息将以文件的形式, 暂存到监测主机硬盘中, 当网络恢复时再上传到远程服务器。

3 硬件设计

智能管理系统的硬件框架图如图 5 所示, 每台大机的铁鞋智能管理系统由 2 个铁鞋架、4 个铁鞋检测支

架和1个监测主机组成。每个铁鞋架可放置2个铁鞋，在铁鞋架上安装有感应传感器，通过该传感器和RFID读卡器采集装置与铁鞋监测主机相连接，指纹录入模块、无线LoRa模块和4G模块连接到监测主机上，这些模块内置在监测主机里，监测主机输出G_{ix}信号到走行控制电路，在铁鞋未撤除时实现切断本务机走行动力的功能^[3]。

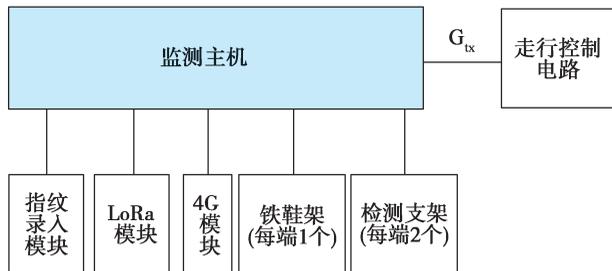


图5 硬件框架图

Fig. 5 Hardware framework

4 软件设计

系统软件分为监测主机软件和远程服务器软件。

4.1 监测主机软件

铁鞋状态监控的程序流程图如图6所示。

监测主机软件主要可实现以下功能：

- ①接收和解析铁鞋架和检测支架发送的铁鞋状态数据，并图形化动态显示。
- ②实时监管铁鞋工作流，如不符合操作流，输出报警信号，或输出G_{ix}信号切断本务机走行动力。
- ③各大机监测主机之间的无线局域网通信。

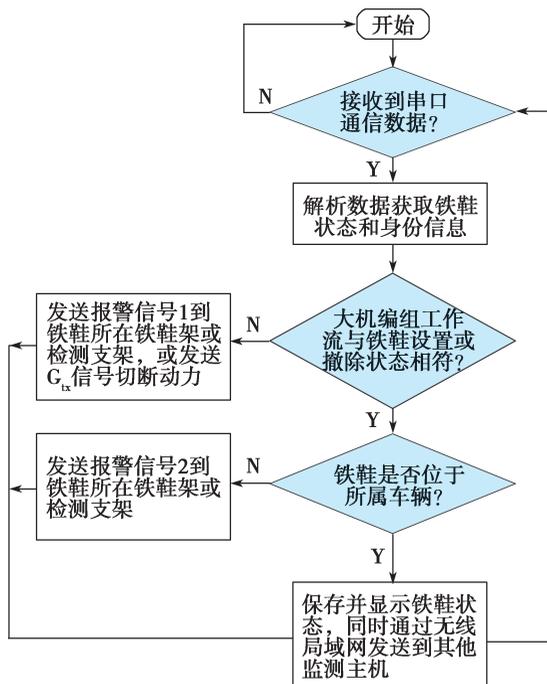


图6 铁鞋状态监控流程图

Fig. 6 Flow chart of iron shoes status detection

④与远程服务器之间的数据通信^[4]。

4.2 远程服务器软件

远程服务器采用B/S架构，包含通信服务器、数据库服务器和Web服务器。

通信机软件运行于通信服务器，负责接收并解析来自大机编组的数据，并将数据写入到数据库中。

数据库服务器使用MySQL数据库，在数据库中建立大机信息表、铁鞋身份表、大机编组表、铁鞋状态数据表、用户信息表和用户权限表等。数据库中的铁鞋状态数据最多保留180天，过期的数据会被自动删除。

Web服务器上运行Web应用程序，Web应用程序由Servlet、JSP页面、HTML文件和图像文件等组成，Web服务器一方面与远程客户端进行信息交互，另一方面进行数据库的读写^[5]。

5 应用系统现场状况

5.1 系统主界面组成

主界面由4部分组成：①系统标题栏；②系统导航栏；③系统菜单栏（由数据维护、统计查询、可视化防溜3个部分构成）；④系统查询信息显示界面。

5.2 防溜状态可视化

防溜系统的可视化模块是整个系统的核心部件，在该技术模块中，同一大机机组不同大机车组人员可以查看各个车的铁鞋防溜情况。

防溜状态可视化界面中用图标直观显示本列大机机组的防溜状态：绿色图标表示该列大机的所有大机均未采取防溜措施（铁鞋都在存放座中）；红色图标表示该车至少有1台大机设置了铁鞋防溜，点击该图标，可显示具体哪台车哪个位置的铁鞋设置了防溜^[6]。

5.3 安全联锁

系统允许本务机开车的前提条件是，系统确定该大机机组的所有防溜铁鞋已经撤除且已返回固定的鞋架，在系统防溜可视化界面上全部大机图标显示为绿色。相反，倘若检测系统没有追踪到撤除后的防溜铁鞋，则视为没有撤除防溜，联锁信号有效，不能动车。

5.4 现场运用

本文介绍的大机铁鞋智能管理系统2020年12月已在中国铁路广州局集团公司大机运用单位进行装机运用考核。

防溜系统的装机运用考核安排在1组线路维修捣固大机机组上（含2台DCL-32捣固车、1台WD-320稳定车），共安装了3套系统（共配置有3台主机、

3套通信组件、12个铁鞋、6个铁鞋座)，这3套系统在完成组网设置后构建为1个大系统。该系统装车运用考核半年来，共施工96天、自运行4350 km，现场设备状态稳定、使用可靠，操作人员能在任1台车实时看到整个车组所有铁鞋的防溜状态，能有效防控铁鞋动车，而且在人为误操作情况下也能很好地给予提示。

6 结论

本文提出的大机铁鞋智能管理系统通过传感器、RFID射频、LoRa组网和B/S架构等技术，实现了铁鞋的实时监测、安全防护和信息化管理，克服了大机机组编组长度长、户外施工环境恶劣、施工机组分散导致的铁鞋管理不当的难题，有效防控未撤除铁鞋开车事件的发生，确保了大机行车作业的安全。下一步可将该系统与4G、北斗定位和物联网组合起来，拓展大机作业区间防碰撞系统功能，以大大提高大机作业运行安全系数。

参考文献:

- [1] 中国铁路总公司. 铁路技术管理规程 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2014.
China State Railway Group Co., Ltd. Technical management rules of railway[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2014.
- [2] 龚天平. LORA 技术实现远距离、低功耗无线数据传输 [J]. 电子世界, 2016(10): 115.
GONG Tianping. LORA technology for long distance and low power wireless data transition[J]. Electronics World, 2016(10): 115.
- [3] 赵静, 苏光添. LoRa 无线网络技术分析 [J]. 移动通信, 2016, 40(21): 50-57.
ZHAO Jing, SU Guangtian. Analysis on LoRa wireless network technology[J]. Mobile Communications, 2016, 40(21): 50-57.
- [4] 刘影, 张威. RFID 电子标签检测机设计 [J]. 电子测试, 2014(增刊 1): 132-134.
LIU Ying, ZHANG Wei. Design of RFID electronic label inspection machine[J]. Electronic Test, 2014(Suppl 1): 132-134.
- [5] 何滔. 基于 ZigBee 技术的无线射频识别系统结构的设计 [J]. 集成电路应用, 2020, 37(8): 12-13.
HE Tao. Design of RFID system structure based on ZigBee technology[J]. Application of IC, 2020, 37(8): 12-13.
- [6] 朱佳沁. 基于 LoRa 技术的智能消防监控系统在综合管廊中的应用 [J]. 现代建筑电气, 2020, 11(8): 49-51.
ZHU Jiaqin. Application of intelligent fire control system based on LoRa technology in utility tunnel[J]. Modern Architecture Electric, 2020, 11(8): 49-51.