

# 基于无线网络的钩缓检修数据采集和传输系统

王喆波

(国能铁路装备有限责任公司肃宁车辆维修公司,河北 肃宁 062350)

**摘要:** 依据RFID数据识别与传输原理,设计基于无线网络的钩缓检修数据采集和传输系统,为用户掌握钩缓检修数据提供有效技术手段。首先采集钩缓检修数据,数据通过无线网络传输到中央处理器进行存储,然后采用数谱变换对钩缓检修数据进行识别,得到相同结构和参数的钩缓检修设备数据,使用报表管理、作业管理等模块实现钩缓检修数据管理。测试结果表明:该系统具备较为精准的钩缓检修数据采集能力和强大通信传输能力,可有效管理钩缓检修数据。

**关键词:** 无线网络;钩缓检修;数据采集;数据传输

中图分类号:TP274+.2;TP391.44 文献标识码:A 文章编号:1003-7241(2025)01-0101-05

## Data Acquisition and Transmission System of Coupler and Buffer Maintenance Based on Wireless Network

WANG Zhe-bo

(Sunin Branch of China Energy Railway Equipment Company limited, Suning 062350 China)

**Abstract:** According to the RFID data identification and transmission principle, a hook and buffer maintenance data acquisition and transmission system based on wireless network is designed to provide effective technical means for users to master hook and buffer maintenance data. Firstly, the coupler and buffer maintenance data are collected, and the data are transmitted to the central processing unit for storage through the wireless network. Then, the coupler and buffer maintenance data are identified by digital spectrum transformation to obtain the coupler and buffer maintenance equipment data with the same structure and parameters. The coupler and buffer maintenance data management is realized by using report management, operation management and other modules. Finally, the test results show that the system has more accurate hook and buffer maintenance data acquisition ability and strong communication transmission ability, and can effectively provide technical means for users to manage hook and buffer maintenance data.

**Keywords:** wireless network; maintenance of coupler and buffer; data acquisition; data transmission

### 0 引言

随着铁路大发展,用户对铁路运输质量和产能不断提升的品质需求与不匹配的生产力和生产组织方式之间的矛盾日益凸显<sup>[1-2]</sup>。钩缓装置由车钩安装及吊挂系统、缓冲系统和连挂系统三大部分组成,能实现自动连挂,在使两车可靠连挂的同时,保证列车能顺利通过<sup>[3-4]</sup>。为适应铁路现代化建设进程,需要对钩缓装置进行检修。为了满足货车钩缓检修装备自动化、管理智能化、检修作业过程标准化、检修车间数据的深加工与数字化钩缓车间建设的发展要求,建设一套自动化、智能化的生产辅助系统,来保障和提高生产质量及效率,降低人为因素对生产质量的影响,为铁路运输安全提供质量可靠的服务。如学者吴洋等人<sup>[5]</sup>和王红亮等人<sup>[6]</sup>分别设计了回波数据采集与传输系统和多节点数据传输系统。前者利用AD采样芯片采集设备信息后,利用存储器和RS232传输通道实

现数据通信传输。后者则采集到设备数据后,使用USB接口和通信调用函数实现通信传输。上述两种系统均可实现数据采集和传输,但两种系统侧重点不同,难免在实际应用过程中存在片面性<sup>[7-8]</sup>。

为准确把握钩缓检修数据,设计了基于无线网络的钩缓检修数据采集和传输系统。通过计算机技术、过程控制技术实现对钩缓检修流水线的检修过程质量互控以及检修全面数字化管理,通过状态检测传感器实现整个车间的同步协调控制和物流转运,通过信息通信技术,信息化管理技术等检修数据上传、互联互通、信息共享可视,达到产线安全可靠,智能化运行的功能。

### 1 基于无线网中钩缓检修数据采集和传输系统

#### 1.1 RFID数据识别与传输原理

RFID是利用射频信号自动识别并获取目标相关数据的技术,其识别距离区间较大<sup>[9]</sup>,且具备批量识别功能。RFID数据识别工作原理如图1所示。RFID读写器模块

与用户的应用程序接口相连,用户通过应用程序接口向RFID读写器发送应用指令,向标签驱动程序发送装置指令,读写器的指令响应单元负责向用户应用程序接口反馈指令响应。当读写器标签驱动程序接收到用户的装置指令后,其向电子标签模块内的电子标签发送指令。当电子标签附着到待识别目标表面后,形成固定格式的电子标签并将其存储到标签逻辑存储表内。电子标签模块利用CR传输协议将标签逻辑存储表内的待识别目标电子标签发送到读写器模块的驱动程序内。驱动程序依据标签映射规则将其发送到指令响应单元内,经过若干个解码器对电子标签进行解码处理后,指令响应单元将其存储到逻辑存储器内同时向用户应用程序接口发送指令响应反馈。

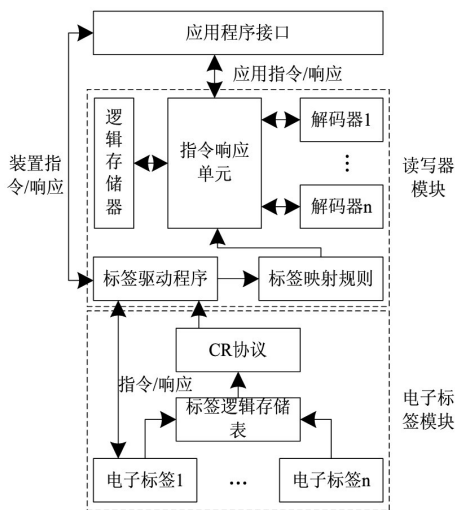


图1 RFID数据识别工作原理

### 1.2 系统整体架构

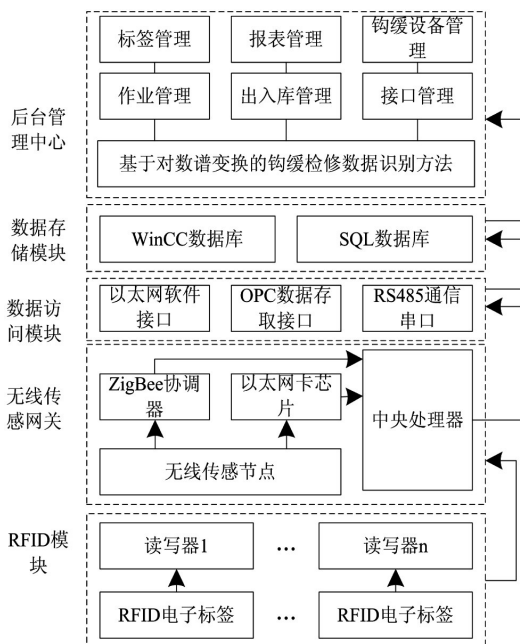


图2 钩缓检修数据采集和传输系统

采用C/S结构设计钩缓检修数据采集和传输系统,其整体结构如图2所示。钩缓检修数据采集和传输系统由后台管理中心、数据存储模块、数据访问模块、无线传感网关和RFID模块组成。利用RFID模块内的射频芯片采集钩缓RFID电子标签后发送到读写器内,读写器连接无线传感网关内的无线传感节点将钩缓RFID电子标签发送到ZigBee协调器和以太网卡芯片内后,传输到中央处理器内。利用中央处理器将钩缓RFID电子标签发送到数据访问模块内的以太网软件接口、OPC数据存取接口以及RS485通信串口内,利用上述接口发送到数据存储模块内的WinCC数据库和SQL数据库内。后台管理中心使用基于对数谱变换的钩缓检修数据识别方法调用WinCC数据库和SQL数据库内钩缓RFID电子标签数据并识别后,利用标签管理、作业管理、设备管理等子模块实现钩缓检修数据管理。经过上述过程实现钩缓检修数据采集和传输功能。

### 1.3 无线网络架设

在使用RFID射频芯片采集钩缓检修数据时,钩缓检修车间的无线网络架设是实现钩缓检测数据采集的基础。无线网络架设如图3所示。在钩缓检修车间内,安装一台无线设备并设置若干个移动终端,利用移动终端连接射频芯片采集钩缓检修数据后,将其发送到无线传感网络AP热点内,经由若干个AP热点将钩缓检修数据传输到交换机内,同时利用AC控制器控制交换机进行钩缓检修数据传输。然后将钩缓检修数据传输到传输行为管理器内,利用该管理器对钩缓检修数据进行过滤、管控以及通讯带宽分配处理后,经由路由器连接防火墙传输到铁路内网中,实现钩缓检测数据采集的通信传输。

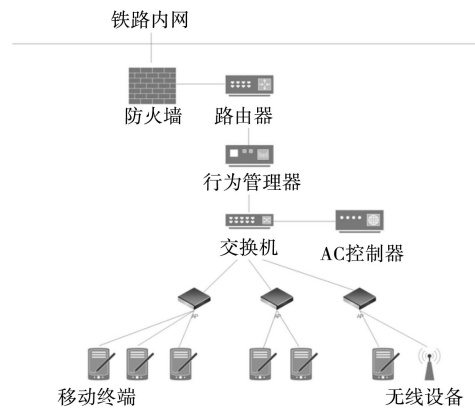


图3 无线网络架设

### 1.4 RFID通信接口设计

射频芯片与ZigBee协调器和以太网卡芯片之间的连接由无线传感节点完成<sup>[10-11]</sup>,无线传感节点则由路由器发出,因此RFID通信接口的本质是路由器基本功能接口与射频芯片之间的连接,二者之间通过TCP/IP网络实现钩

缓检修数据传输。RFID通信接口在通信之初,先向路由器基本功能接口发送连接请求建立网口连接后,基本功能接口向通信网络内写入通信指令并向RFID阅读器发送请求数据,RFID阅读器接收到指令后向基本功能接口将基本功能接口需要的数据向其传输并反馈信息,此时完成一次通信传输并断开二者之间的连接,为下一次通信做准备。

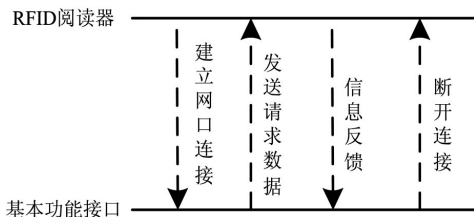


图4 RFID通信接口数据传输示意图

### 1.5 中央处理器选取

中央处理器作为钩缓检修数据采集和传输系统最核心的硬件,其负责解释计算机指令和处理计算机软件数据并执行用户指令编译过程。在此选取SAM9260芯片作为钩缓检修数据采集和传输系统中央处理器。SAM9260芯片依托标准宏单元和存储编译器开发而成,其具备8 kB数据指令和缓存,运行时性高达200 MIPS。该芯片内置通用外部总线接口,可连接不同型号和串口的控制器。具备三通道16位的定时拘束器和三个32位的输入和输出引脚,可实现多路复用,使系统运行时的吞吐量达到最佳水平。SAM9260芯片结构如图5所示。

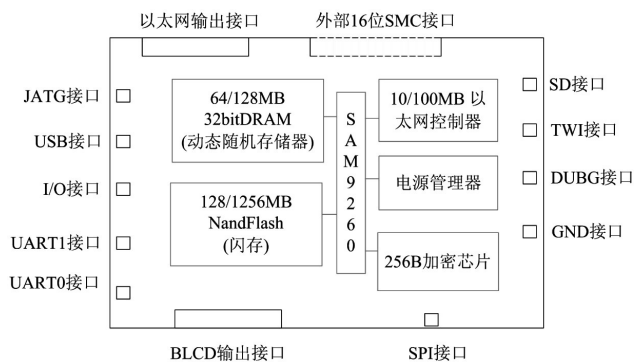


图5 SAM9260芯片结构示意图

### 1.6 基于对数谱变换的钩缓检修数据识别方法

后台管理中心使用对数谱变换的方式将RFID电子标签转换成辐射源信号后,确认相同结构和参数的钩缓检修设备应用在不同位置的检修数据,为后续的标签管理、报表管理等提供数据基础。不同的钩缓检修设备具备不同的硬件信息,因此在获取钩缓检修数据时需对多种辐射源进行融合确认。把RFID电子标签的辐射信号转换成电子标签的对数谱参数,将该参数作为新的辐射源信号,利用该辐射源信号识别钩缓检修数据。

$u(t)$ 表示耦合状态下钩缓检修设备RFID电子标签, $u_1(t)$ 表示副载波上、下边带信号, $o(t)$ 表示数字载波。对副载波上、下边带信号实施数字载波处理后,形成的低通滤波复信号如下:

$$r(t) = (u_1(t) + ju_o(t))(u_1(t) - ju_o(t)) \quad (1)$$

式中, $r(t)$ 表示低通滤波复信号; $j$ 表示正交下变频系数; $Q$ 表示数字载波次数。

对公式(1)进行傅里叶变换后,公式如下:

$$\begin{aligned} & \log[|E(f)|] \\ &= \log[G(f \pm \Delta f)] + \log[H_{rx}(f \pm \Delta f)] \\ &+ \log\left[\frac{1 + N_1(f)}{G(f \pm \Delta f)H_{rx}(f \pm \Delta f)}\right] \end{aligned} \quad (2)$$

式中, $E(f)$ 表示傅里叶变换后的低通滤波复信号; $G(f)$ 表示钩缓检修设备基带数字信号的傅里叶变换; $H_{rx}(f)$ 表示钩缓检修设备RFID电子标签等效冲击响应的傅里叶变换; $\Delta f$ 表示钩缓RFID电子标签的实际振频和标准边带频差值; $N_1(f)$ 表示噪声傅里叶变换项。其中 $H_{rx}(f)$ 和 $\Delta f$ 数值均由钩缓检修设备的电路结构和检修设备参数确定,但二者仅可描述钩缓RFID电子标签的硬件性质参数,且相同结构和参数的钩缓检修设备应用在不同位置时的 $H_{rx}(f)$ 和 $\Delta f$ 数值完全不同。因此对公式(2)进行求模和对数计算,其表达式如下:

$$\begin{aligned} & \log[|E(f)|] \\ &= \log[G(f \pm \Delta f)] + \log[H_{rx}(f \pm \Delta f)] \\ &+ \log\left[\frac{1 + N_1(f)}{G(f \pm \Delta f)H_{rx}(f \pm \Delta f)}\right] \end{aligned} \quad (3)$$

钩缓RFID电子标签发送的基带数字信号为:

$$m(t) = \sum_k \lambda(k) \cdot \sum_k \delta(t - kT_\lambda) \quad (4)$$

式中, $\lambda(k)$ 表示二进制序列; $\delta(t)$ 表示单位脉冲信号; $T_\lambda$ 表示比特间隔时间; $k$ 表示周期。

依据式(4)可推导出式(3)中 $\log[|G(f \pm \Delta f)|]$ 为慢变分量; $\log\left[\frac{1 + N_1(f)}{G(f \pm \Delta f)H_{rx}(f \pm \Delta f)}\right]$ 则是由噪声引起的快变分量。对公式(3)进行低通滤波处理,去除其中所有的快变分量,其公式如下:

$$LPF\{\log[|E(f)|]\} = LPF\{\log[H_{rx}(f \pm \Delta f)]\} \quad (5)$$

由于 $H_{rx}(f)$ 和 $\Delta f$ 数值均是确定的,因此在式(5)中,可使用 $LPF\{\lg[|E(f)|]\}$ 描述钩缓检修设备的电子标签识别,该数值即为钩缓检修设备数据的对数谱信号,该信号具备唯一性。因此可有效识别相同结构和参数的钩缓检修设备数据。

## 2 实验与结果分析

以某铁路钩缓检修车间为实验对象,使用本文系统对该车间钩缓检修信息进行采集与传输。本文系统硬件运行环境为:内存4 GB;硬盘容量为500 GB。软件运行环境为:应用服务器为Tomcat5.5服务软件,JDK1.4版本以上;操作系统为Windows 10,浏览器为IE。

### 2.1 数据采集测试

以RFID电子标签识别作为衡量本文系统钩缓检修数据采集能力指标,以3组钩缓检修设备为实验对象,使用本文系统识别该3组钩缓检修设备电子标签,结果如图6所示。分析图6可知,本文系统识别不同钩缓检修设备电子标签位置与其实际位置高度重合,说明本文系统具备良好的钩缓检修数据采集能力,可有效为后续的数据传输与管理提供基础,具备良好的应用性。

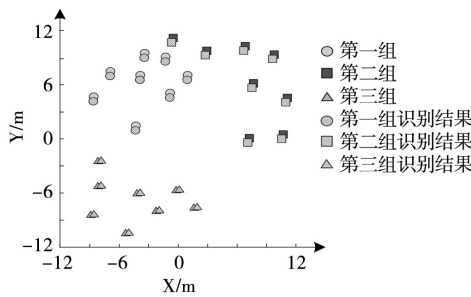


图6 数据采集测试结果

### 2.2 通信稳定性测试

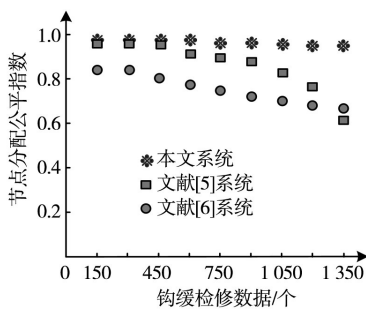


图7 通信节点分配公平指数

以钩缓数据传输时无线网络通信通道内的节点分配公平指数作为衡量本文系统通信传输稳定性指标,测试在不同钩缓数据量情况下,本文系统通信节点分配公平指数变化情况。为更清楚呈现本文系统性能,使用文献[5]系统和文献[6]系统展开实验结果如图7所示。其中文献[5]系统和文献[6]系统分别表示激光回波数据采集与传输系统、多节点数据传输系统。分析图7可知,系统在通信传输过程中,对网络通信节点分配的公平指数数值随着钩缓检修数据的增加而降低。其中本文系统在钩缓检修数据量为600个之前时,其节点分配公平指数数值接近1.0,当钩缓检修数据量超过600个后,其节点分配公平指数呈现轻微幅度下降趋势。而文献[5]系统和文献[6]系统在通

信传输时的节点分配公平指数数值下降幅度较快。尤其是文献[5]系统,其在钩缓检修数据量为450个之前的节点分配公平指数数值与本文系统相同,但随着钩缓检修数据量的增加到1350个时,该系统的节点分配公平指数数值下降至0.62左右,较本文系统的节点分配公平指数数值相差较大。综上所述,本文系统在传输钩缓检修数据时,受数据量影响较小,通信传输较为稳定。

以系统通信传输的吞吐量为指标。以大小为32 GB的钩缓检修数据为实验对象,测试本文系统在不同噪声环境下传输该钩缓检修数据时的吞吐量,结果如表1所示。分析表1可知,三个系统通信时的吞吐量随着干扰噪声的增加而降低。其中在噪声数值相同时,本文系统通信传输时的吞吐量始终较高。且其吞吐量在干扰噪声数值为25 dB之前时,吞吐量数值下降幅度较低。当干扰噪声超过25 dB后,本文系统通信时的吞吐量呈现稍大幅度下降趋势。而文献[5]系统和文献[6]系统通信传输时的吞吐量整体数值稍低且随着干扰噪声数值的增加呈现稍大幅度下降趋势。

表1 不同噪声环境下传输该钩缓检修

噪声数值/dB	本文系统	文献[5]系统	文献[6]系统
5	659.2	605.8	586.2
10	657.4	603.1	581.5
15	655.1	599.7	573.6
20	643.3	594.6	569.8
25	639.4	581.2	560.3
30	631.8	573.3	552.4
35	626.5	560.8	541.3
40	624.8	555.1	539.2
45	622.6	549.7	521.6
50	615.7	522.9	509.5

### 2.3 数据管理覆盖程度测试

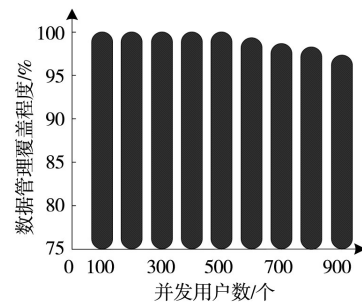


图8 数据管理覆盖程度测试结果

数据管理覆盖程度是指系统在采集和传输钩缓检修数据过程中各个管理模块启动性能。以数据管理覆盖程度为指标,测试本文系统在不同并发用户数量情况下,数据采集与传输能力,结果如图8所示。分析图8可知,本文系统的数据管理覆盖程度数值与并发用户数量成反比

(下转第114页)