

基于无线传输的动车组贯通指令信号 智能化采集装置

沈华波

(中车青岛四方机车车辆股份有限公司, 山东 青岛 266111)

摘要: 针对现有贯通指令信号采集装置在动车组调试过程中自动化程度低及通用性差的问题, 设计了一种基于无线传输的动车组贯通指令信号智能化采集装置。该装置由贯通指令采集控制器与手持机两部分组成。采集控制器通过电气车钩与动车组连接, 利用内嵌的无线模块与手持机进行通信, 实现对196种贯通指令信号数据的实时采集和控制。该装置完成了功耗试验、绝缘耐压试验以及电压极性试验等实际性能测试, 试验结果表明其具有良好的稳定性和安全性。

关键词: 动车组; 无线传输; 贯通指令采集控制器; 手持机; 实时采集与控制

中图分类号: U266.2

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.04.104

Intelligent Command Signal Acquisition Device for EMUs Based on Wireless Transmission

SHEN Huabo

(CRRC Qingdao Sifang Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266111, China)

Abstract: In view of the shortages of low automation and poor generality in the process of EMUs debugging, a kind of intelligent acquisition device based on wireless transmission was designed based on wireless transmission. The device consists of command acquisition controller and handset. The acquisition controller connected the EMUs with electric coupler, using the embedded wireless module to communicate with the handheld machine to realize the real-time acquisition and control of 196 kinds of command signal data. The device had completed the actual performance tests such as power test, insulation resistance test and voltage polarity test. The test results showed that the device has good stability and safety.

Keywords: EMUs; wireless transmission; command signal acquisition controller; handset; real-time acquisition and control

0 引言

随着我国智能化水平的发展, 越来越多的智能信号采集技术应用于电气行业。其中, 智能采集系统在动车组车辆上的应用是极具研究价值的。通过接收车辆贯通指令信号可以实时显示和处理各种信息, 便于相关人员及时掌握动车组运行情况, 从而避免一些事故的发生^[1-3]。

动车组贯通指令信号通过车钩贯通线实现各车辆单元间的互联互通, 其信号种类繁多, 包含牵引、制动、网络、检测、影视广播等信息, 是保证动车组正常运行的重要组成部分^[4]。

传统的人工调试方法需要工作人员对车钩贯通线实施导通、短路、绝缘测试试验, 以校对接线及配线的正确性^[5]。现有的贯通指令信号采集装置与传统的人工调试方法相比, 虽然提升了工作效率, 降低了错误率, 但也存在调试不便、通用性差和自动化程度低

等缺点。另外,由于动车组上的数据具有实时更新、数据量大等特点,使得日常维护变得非常不方便^[6]。因此,一种轻量化、智能化的新型贯通指令信号采集装置具有极大的工程应用价值。

1 系统整体设计

针对现有贯通指令采集装置工装通用性差、安装不便、贯通指令数据不方便维护、过程数据难以追溯和自动化程度低的问题,研究分析动车组电气车钩的结构特征和贯通指令信号的特点,设计出了一种轻量化、智能化的贯通指令采集装置^[7]。

该装置利用轻量化的电气车钩专用连接器与车辆连接,可实时采集、控制多达 196 种贯通指令信号数据,通过文档配置可满足不同车型的使用,并通过无线网络与地面主机及调试平台连接,最终实现动车组贯通指令信号智能化调试。

系统主要由电气车钩专用连接器、电源电路、采集与控制电路、无线收发模块、平板电脑五大部分组成,系统框图如图 1 所示。电气车钩专用连接器、电源电路、采集与控制电路以及下位机无线模块构成贯通指令采集控制器,平板电脑和上位机无线模块构成手持机。贯通指令采集控制器和手持机通过无线进行通信,必要时可以通过网口转 USB 线进行通信,手持机可连接到任意 WIFI 网络。

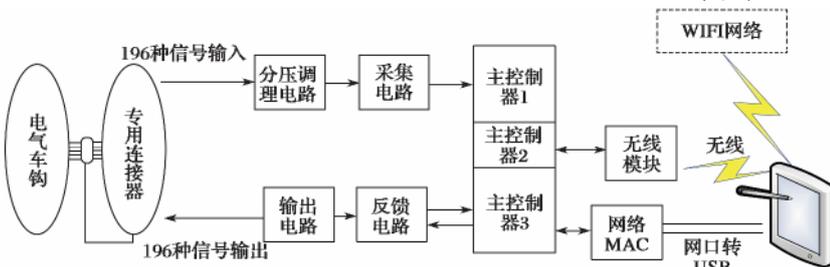


图 1 新型贯通指令信号采集装置系统框图

2 硬件设计

2.1 贯通指令信号采集控制器

贯通指令信号采集控制器主要包括电气车钩专用连接器、电源电路、采集与控制电路以及下位机无线模块。通过整合设计,将原有外部引线、外部连接器和控制设备完全替代,这样既减轻了信号采集控制器的重量,又提高了其智能化水平,可满足轻量化、智能化的设计要求。

贯通指令信号采集控制器与电气车钩对接安装,其实物图如图 2 所示。



图 2 贯通指令信号采集控制器实物图

2.1.1 电气车钩专用连接器

电气车钩专用连接器采用动车组专用连接器,并进行轻量化设计,保留连接器内芯,外壳轻量化加工改造,减小整体质量 50%。另外,还可根据实际需求,灵活配搭车辆一位端或二位端连接器,起到信号采集或发送的功能。

2.1.2 电源电路

电源部分结构如图 3 所示,采用车上 110 V 直流电源供电,通过电源模块转换输出 12 V 电压,再通过 LDO 稳压器输出 DC ± 12 V、DC ± 5 V 和 DC +3.3 V 3 种电压信号,其中,DC 12 V 电压用于驱动 MOS 管,保证 MOS 管完全导通,DC 5 V 电压用于 A/D 转换模块,DC 3.3 V 电压用于 MCU 模块。由于装置工作环境复杂,电源部分输入输出端皆设计有保护电路,可以实现浪涌防护及静电防护^[8]。



图 3 电源部分结构框图

2.1.3 采集与控制电路

采集控制部分功能框图如图 4 所示,可实现贯通指令信号的输入采集和输出配置功能。

信号作为输入时,贯通指令信号通过连接器连接到 PCB 板,经电阻分压后,转变成 A/D 转换器允许范围的 0~5 V 电压信号。高速模拟开关可切换 196 种贯通指令信号,经后续阻抗匹配电路直接由 A/D 转换器采集,最后 ARM 主芯片对信号进行判断,将各路电平状态通过无线模块发送给平板电脑。

信号作为输出时,远程控制终端通过无线模块发送命令给主芯片 ARM,主芯片识别到需要配置成输出的信号后通过晶体管驱动电路控制 MOS 管输出 110 V 高电平或者低电平经过过流保护电路和高压二极管后送到信号对应针号。由于二极管的正向导通特性,输入对输出电路没有任何影响,且输出信号可以通过

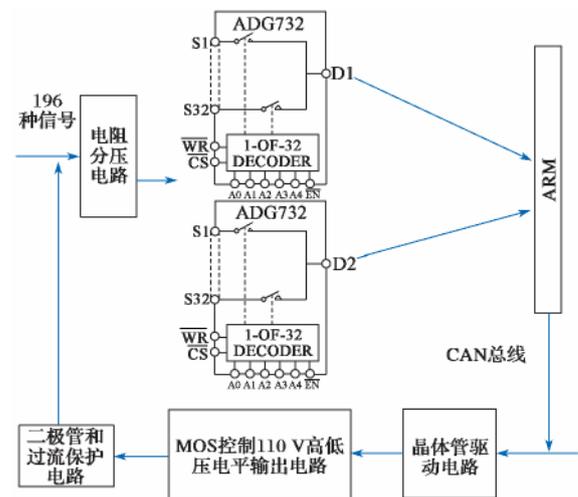


图 4 采集控制电路结构框图

采集电路完成自检，通过 A/D 采集，最后 ARM 主芯片对信号进行判断，确认其完成了高电平或低电平输出^[9]。

2.2 手持机

手持机由工业平板电脑和无线模块组成，通过无线和下位机进行通信。通过 DELPHI 开发应用程序，手持机可以实现与贯通指令信号采集控制器之间的通信，具有贯通指令信号的显示和控制功能^[10]。

手持机不仅可以通过无线方式监控下位机所有通道的状态、通过配置使用下位机所有通道的输入输出状态实现不同型号之间的通用，还可以通过 WIFI 连接任何无线网络。另外，应用程序可以清晰地显示屏幕上所有通道的状态，并可以通过触摸屏进行控制。

2.3 无线模块

无线模块采用 E31-TTL-1W 芯片设计，内嵌 AX5043 芯片，工作频段 433 MHz，最大通信距离可达 6 km，采用 UART 串口，发射功率为 1 W。

无线模块采用循环交织卷积矩阵编码结合数据纠错算法，最大纠错能力可达 64 bit。在数据传输方面，采用窄带传输方案，是普通同功率模块通信距离的 2 倍以上，可以满足 4 节车厢的数据传输需求。另外，无线模块支持一般、唤醒、省电、待机 4 种工作模式以及透明广播、定点传输、空中唤醒 3 种传输模式^[11]。

3 软件设计

动车组贯通指令信号智能化采集装置的软件部分主要用于实时采集、信号处理、在线控制、在线指令发送和远程监控模拟。贯通指令通信流程框图如图 5 所示。

通电之后，采集控制器进行开机自检，对所有内部器件状态进行检测，包括所有通道的输出继电器动作和输入信号采集，并将各通道自检结果传送给上位机，告知设备是否可用，上位机会回复下位机一个 ACK。下位机自检成功后，手持机的黄色信号灯会亮起，采集控制器开始工作。在测试期间，如果上位机改变某一输出通道的通断状态，下位机将会单独上发该通道的电平状态。如果某一输入通道的电平状态发生变化，下位机将会上发所有通道的电平数据给上位机。

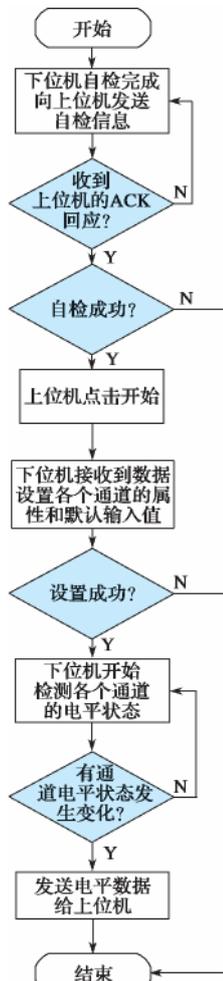


图 5 贯通指令通信流程框图

正常工作时，采集控制器会实时处理多种贯通指令信号，实现过程数据的本机存储，并在手持机的软件上监测并控制所有通道的工作状态。另外，针对不同车型，手持机会将不同车型贯通指令信号的配置文件发送至下位机，从而实现不同车型的调试功能。

4 性能测试

为检测动车组贯通指令智能化采集装置的实际测试性能，了解系统的稳定性，便于日后的优化改进，需要对该装置进行功耗试验、绝缘耐压试验以及电压极性试验等实际性能测试^[12-16]。动车组贯通指令智能化采集装置的性能测试结果如表 1 所示。

表 1 动车组贯通指令智能化采集装置性能测试结果

试验名称	测试内容	测试结果
充放电试验	①对手持机充电，记录充满所需时间； ②记录满电状态下手持机正常工作持续时间	①充满电的时间小于 3 h； ②满电状态下持续工作时间高于 4 h
功耗试验	测试并记录装置正常工作的功耗	功耗正常，低于 30 W
绝缘试验	用 DC 500 V 兆欧表测试并记录绝缘电阻值	绝缘电阻值大于 10 MΩ
耐压试验	采用 50 Hz 的交流电压，将试验电压加到装置上逐渐升压，并在规定等级上保持 1 min	测试过程中无击穿闪络现象
电压极性试验	将逆极性电压外加在处理器电源，再施加正极性电压	装置工作正常

试验结果表明，动车组贯通指令智能化采集装置具有绝缘性好、功耗低的特点，耐压试验和电压极性试验更验证了该装置的安全稳定性，在高压环境下检测功能依旧正常，充分保障了动车组的正常运行。

5 结语

研究并设计了一种基于无线传输的动车组贯通指令信号智能化采集装置，该装置采用整合设计，大大减轻了自身的重量，另外，结合无线传输技术，通过手持机与采集控制器进行信息交互，克服了现有贯通指令采集装置的缺陷，真正实现了便捷化、智能化的测试功能。

参考文献：

- [1] Loehken J, Strack K M, Helwig S L, et al. Multi-component marine electromagnetic signal acquisition method: US8026723 [P]. 2011.
- [2] 李利芮, 孟寨, 庄哲. 内燃机车远程监控平台信息管理系统设计 [J]. 铁路计算机应用, 2016, 25(6): 31-34.
- [3] Xiao Zhizhang. Data Acquisition and Control of WiFi Wireless Network [J]. Applied mechanics and materials, 2013: 520-524.
- [4] 李玉明, 帅园园. 250 km/h 动车组自动车钩电气控制浅析 [J]. 铁道机车与车辆, 2016(7): 15-16.

(下转第 78 页)

0.079, 0.143, 0.357 9, 0.079 6], 则二级综合评价结果为 $B_1=W_1*R_1=[0.096 6, 0.312 0, 0.267 3, 0.208 5, 0.115 6]$, 其综合危害度为 $D_1=2.934 2$ 。同理, 对于轮对系统的轴箱体和齿轮箱, 可以分别求出综合评价结果和综合危害度等级为:

$B_2=W_2*R_2=[0.205 0, 0.246 3, 0.193 2, 0.210 8, 0.148 3]$, $D_2=2.861 7$;

$B_3=W_3*R_3=[0.216 0, 0.236 3, 0.183 2, 0.220 8, 0.148 3]$, $D_3=2.862 8$ 。

通过以上的综合危害度排序得知, 以上的 3 个轮对子系统中, 车轮的危害度最高, 然后是齿轮箱, 最后是轴箱体。

3 提高转向架轮对结构可靠性的措施

采用模糊 FMECA 分析技术对转向架轮对系统的故障模式进行可靠性分析, 通过以上的综合危害度数值可以得出: 车轮需要重点关注, 也是轮对系统中可靠性维修与改进的重点; 而对于车轮的轮缘超限的危害度最大; 轮径超限的危害度也位于前列。为此, 应该改进当下的维修措施来降低车轮直径和轮缘超限对列车造成的危害。车辆运行过程中车轮的过度磨损造成故障的发生, 在当前信息数据化的时代, 可以通过数据挖掘来实现转向架的可靠性维修: ①可以通过分析历史车轮的轮径和轮缘的退化数据来进行数学建模, 然后进行剩余寿命预测, 防止尺寸过限; ②可以分析历史车轮的镟修策略来选择最优的镟修时刻点以及镟修尺寸^[11]。

4 结语

通过对轮对结构模糊 FMECA 结果和传统 FMECA 结果之间的比较, 可以看到, 利用传统 FMECA 分析技术对轮对系统进行危害度计算时, 没有权衡可探度、严酷度和发生度之间的相对重要性, 出现了多个具有

相同 RPN 值的故障模式, 使得利用 RPN 值进行风险排序的过程中遇到了困难。而通过用模糊综合评判和 FMECA 结合的方法很好地解决了这个问题。利用模糊数学的方法, 将专家的经验及知识融入了 FMECA 分析之中, 使得分析与实际更加切合, 得到的评判结果的可信度高。改进后的评估方法, 对于维修和保障工作具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 王高峰. FMEA 在质量管理中的应用 [J]. 电子质量, 2002(11): 60-63.
- [2] 李浩, 邱超凡. 模糊 FMECA 方法在液压系统可靠性分析中的应用 [J]. 液压气动与密封, 2012, 32(1): 38-42.
- [3] Kellerc A Z, Beng K Z. Further applications of fuzzy logic to reliability assessment and safety analysis [J]. Microelectronics Reliability, 1989, 29(3): 399-404.
- [4] Xu K, Tang L C, Xie M, et al. Fuzzy assessment of FMEA for engine systems [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2002, 75(1): 17-29.
- [5] Xu K, Tang L C, Xie M, et al. Fuzzy assessment of FMEA for engine systems [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2002, 75(1): 17-29.
- [6] Chang C, Wei C, Lee Y. Failure mode and effects analysis using fuzzy method and grey theory [J]. Kybernetes, 1999, 28(9): 1072-1080.
- [7] 夏军. 基于模糊 FMECA 的地铁车门可靠性分析 [J]. 机械制造与自动化, 2014, 43(2): 184-187.
- [8] 李萍. 基于模糊 FMECA 的电液舵机可靠性分析 [J]. 机床与液压, 2013, 41(13): 178-182.
- [9] 胡宝清. 模糊理论基础 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
- [10] 周真, 马德仲, 于晓泽, 等. 用于产品可靠性分析的模糊 FMECA 方法 [J]. 电机与控制学报, 2010, 14(10): 89-94.
- [11] 李兵. 基于 SMDP 的高速动车组车轮镟修策略研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2017.

作者简介: 周佳玉 (1993-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为可靠性建模、维修优化决策等。

(上接第 73 页)

- [5] 杨海军, 侯秀芳, 高建邦, 等. 电动车组电气车钩贯通线总成方法概述 [J]. 机电元件, 2016(4): 40-44.
- [6] 李亚彬. 基于无线控制与无线传输的数据采集系统 [D]. 南京: 南京理工大学, 2016: 40-45.
- [7] 彭丽维, 杨扬, 谢林. 计算机联锁系统 S700K 电路图软件动态设计 [J]. 铁道标准设计, 2017(10): 156-161.
- [8] 李纪榕, 李福进, 吴艳微, 等. 基于无线传感网络的煤矿安全监测系统设计 [J]. 传感器技术学报, 2011, 24(9): 33-36.
- [9] 邵联合, 曲卫冬. 基于 AVR 单片机的智能仪表信号采集与显示系统设计 [J]. 仪器仪表用户, 2010, 17(4): 48-51.
- [10] 徐立峰. 基于无线传感器网络技术在水运信息采集系统的应用 [J]. 计算机应用与软件, 2012, 29(4): 14-20.
- [11] 张国先, 刘润生, 张春. 基于无线传输的语音采集系统设计 [J].

器件与电路, 2009(11): 29-32.

- [12] Geduld G O. System for traffic information acquisition in vehicles: US 5831551 A [P]. 1998.
- [13] 巫绍宁, 高勇, 何润. 前置前驱车型传动系统功耗分布试验与优化 [J]. 机械研究与应用, 2016(2): 66-69.
- [14] 电连接器试验方法: GJB 1217A—2009 [S]. 2010.
- [15] 孔鹏, 张义, 董存迎. 电连接器绝缘耐压试验电压施加点选择方法研究 [J]. 机电元件, 2016(4): 40-44.
- [16] 黄晓波. 对直流高压试验中电压极性的研究 [J]. 科技风, 2013(7): 51-52.

作者简介: 沈华波 (1983-), 男, 工程师, 主要从事轨道交通装备调试工艺技术应用研究。