

浅析旅客列车尾部安全防护装置指标自动检测技术的应用

周来通

(北京世纪东方智汇科技股份有限公司, 北京 102600)

0 引言

旅客列车尾部安全防护装置(以下简称:客列尾设备)安装于普速旅客列车尾部,是普速旅客列车行驶中重要的安全防护设备,主要用于提高旅客列车运行的安全性。该设备具有科技含量高,构成复杂等特点。现国铁集团管内的普速客车约有两千余辆,共计配备五千余套客列尾设备。

目前客列尾设备的指标检测主要使用传统的手动检测方式,存在检测效率低、易受人为因素影响,指标测试不准确等缺点,亟待需要一种客列尾设备指标自动检测试验台,代替目前的手动检测方式,还需对客列尾设备进行集中管理和数据智能化分析等,提高检修效率和检修质量,提升智能化管理水平。

1 客列尾设备现状

1.1 客列尾设备检测现状概述

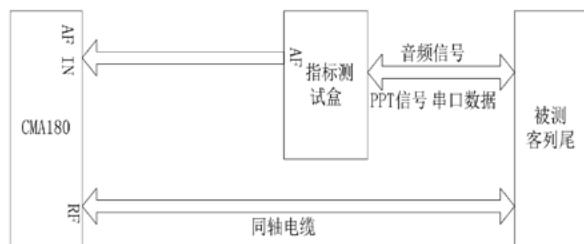
依据国铁集团相关检修标准和维护规范,客列尾设备需要定期进行检修,检修作业主要包含功能检测和电气指标检测两部分。目前国铁集团各车辆段车载设备车间未配备旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台,客列尾设备的日常电气指标检测只能使用传统的手动检测方式。这种传统的手动检测方式需要检测人员全程参与,手动操作仪器仪表和测试工装,人工读取仪表示值,手动记录测试结果,步骤十分繁琐,对操作人员的入门门槛要求比较高。目前的手动检测方式下,作业时间长、工作效率低,以纸质方式记录和保存测试结果,存在错记、漏记,测试记录丢失等风险,且测试结果在一定程度上受操作人员作业习惯的影响。

目前国铁集团各车辆段的客列尾设备数量庞大、软硬件版本繁多,设备信息和运行日志数据缺乏统一

的管理和定期进行智能化分析,导致客列尾设备的潜在故障不能提前评估和排查,对普速客车的行车造成一定的安全隐患。

1.2 客列尾设备电气指标手动检测

目前国铁集团各车辆段车载设备车间对客列尾设备的电气指标检测主要使用传统的手动检测方式,电气指标检测项目主要包含载波频率、载波功率、发射频偏、发射失真、接收电平、接收失真、参考灵敏度等7项。一般来讲,在客列尾设备指标检测之前,需先连接好必备的检测线缆,通过同轴电缆将无线综合测试仪的射频口与被测客列尾设备的天线口连接;通过音频测试线将无线综合测试仪的音频输入口与被测客列尾设备的音频输出口连接;通过音频测试线将无线综合测试仪的音频输出口与被测客列尾设备的音频输入口连接,同时引出被测客列尾设备的控发接口,其连接原理如下图1所示。按照客列尾设备的相关检修测试标准,用既有的手动测试方式,单台客列尾设备的指标测试需要大约15min左右。目前无线综合测试仪主要采用进口设备,仪表的界面为英文界面,要求检测人员具备一定的英文水平基础,且部分指标的测试流程相对复杂,操作人员需具备一定的熟练度。



环境因素的影响，存在一定的误差。

1.3 客列尾设备功能检测

客列尾设备主要由无线收发单元、控制单元、显示单元、电源单元、排风制动单元等组成，其主要功能包含建立连接关系、风压反馈与动态显示、列尾确认、辅助排风制动、电压报警、风压报警等。检测人员需要用客列尾设备功能测试台，搭建模拟客列尾设备的运行环境，按照相关检测要求，完成客列尾设备的出入库功能检测。

2 旅客列车尾部安全防护装置指标自动检测试验台介绍

为解决目前客列尾设备的指标检修作业中，手动测试步骤繁琐，效率低、受人为因素的影响，指标差异大等问题。现采用计算机智能控制等技术，结合客列尾设备的现场实际检修需求，研制了一种旅客列车尾部安全防护装置指标自动检测试验台。该试验台通过模拟和还原客列尾设备电气指标的人工检测流程，通过智能控制无线综合测试仪、接口单元和被测客列尾设备，实现客列尾设备电气指标的自动化检测。该试验台的电气指标检测满足国铁集团相关技术标准和维护管理的要求，提高车辆段客列尾设备的检修效率和检修质量，提升客列尾设备的智能化管理水平。

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台的主要功能如下：

- (1) 具有自动化测试客列尾设备的各项电气指标，包含载波频率、载波功率、发送频偏、发射失真、接收电平、接收失真、参考灵敏度等。
- (2) 具有对客列尾设备的电气指标测试记录的查询、统计、分析、导出和打印等功能。
- (3) 可提供直流48V电源，为客列尾设备供电。
- (4) 对客列尾设备进行集中管理和数据的智能化分析。

2.1 旅客列车尾部安全防护装置指标自动试验台组成

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台由中央处理单元、接口单元、电源单元和无线综合测试仪等组成，示意图如下图2。

各连接单元主要实现的功能如下：

2.1.1 中央处理单元

该单元主要基于研华公司的工控机，型号：IPC-

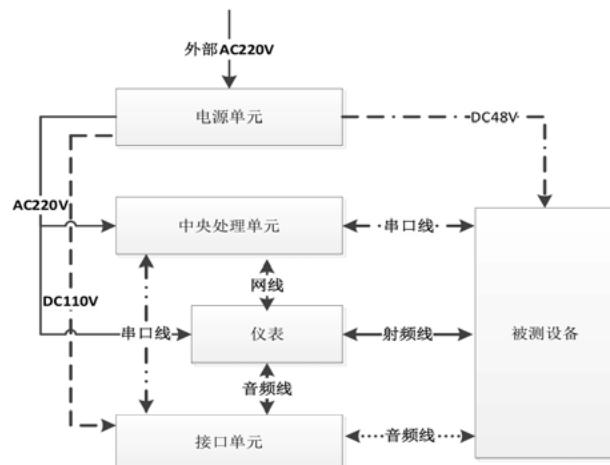


图2 旅客列车尾部安全防护装置指标自动试验台组成示意图

610。该工控机包含两个千兆网口，6个串口，内置测试控制软件，用于控制开始及结束测试、配置测试项目、查看测试结果及数据分析、生成报告、对历史数据进行查询等。

2.1.2 接口单元

该单元连接无线综合测试仪和被测客列尾设备，用于对被测客列尾设备与无线综合测仪之间的输入输出音频信号进行通断控制。

2.1.3 电源单元

电源单元内置Hcp 1105型110V直流电源箱，最大输出电流5A，输出直流电压110V，为接口单元供电。电源内置LM100-23B48R2型电源模块，输入交流电压80~305VAC，输出直流电压43.2~52.8V，输出电流2A，为被测客列尾设备供电。电源单元还提供交流220V电源，为中央处理单元和无线综合测仪供电。

2.1.4 无线综合测试仪

仪表型号为R&S CMA180。其主要功能为射频功率测量、射频频率测量、射频频偏测量、发射音频失真测量、接收音频失真测量、接收音频电平测量、接收信纳比测量。用于生成测试信号和从被测设备获取检测数据。

2.1.5 被测设备

被测客列尾设备。

2.2 旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台关键技术

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台研制过程中，应用了以下关键技术：

技术与装备

2.2.1 仪表自动控制技术

SCPI是一种建立在现有标准IEEE 488.1和IEEE 488.2基础上，并遵循了IEEE 754标准中浮点运算规则、ISO646信息交换7位编码符号等多种标准的标准化仪器编程语言。它规定了在控制器到仪器和仪器到控制器之间信息交换层消息的内容和构造，从而以一种标准的方式来描述各种各样的仪器功能。在自动测试系统中，控制单元可通过SCPI语言对仪表进行控制，实现参数设置、模式切换、开启/停止测量、数值读取等操作。

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台利用该技术实现对无线综合测试仪的自动控制。

2.2.2 自动检测技术

自动检测技术是自动化科学技术的一个重要分支科学，是在仪器仪表的使用、研制、生产的基础上发展起来的一门综合性技术。自动检测就是在测量和检验过程中完全不需要或仅需要很少的人工干预而自动进行并完成的。实现自动检测可以提高自动化水平和程度，减少人为干扰因素和人为差错，可以提高生产过程或设备的可靠性及运行效率。

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台通过程序控制无线综合测试仪、接口单元和被测客列尾设备，实现对客列尾设备的自动检测。

2.2.3 兼容接口设计和控制技术

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台需要为被测客列尾设备供电、提供通信接口和控制等功能。不同厂家和型号的客列尾设备，在接口电平，通信协议上可能存在一定差异。为了减少操作人员的工作量，测试系统需要设计一种方法，自动适配不同的终端设备，做到无需人工识别和干预。

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台利用该技术实现兼容不同厂家的客列尾设备，同时兼容多种无线综合测试仪，方便用户使用。

2.2.4 大数据统计智能分析技术

大数据统计智能分析技术是指利用先进的算法和计算方法，对大规模数据集进行处理、分析和解释的技术。这项技术可以帮助用户从海量数据中提取有价值的信息，从而做出更明智的决策。

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台利用该技术通过分析客列尾设备整个生命周期内的电气指标和运行日志数据，实现对客列尾设备的健康管理，

预测其潜在故障，及时采取相应的措施，以保障普速旅客列车的行车安全。

2.3 旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台工作流程

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台主要实现对客列尾设备的电气指标进行自动化测试，主要电气指标包含载波频率、载波功率、发送频偏、发射失真、接收电平、接收失真、参考灵敏度等。

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台还可以实现对客列尾设备进行集中管理和智能化分析。

以下介绍各项指标的测试流程及集中管理和数据智能化分析的过程。

2.3.1 载波频率与载波功率测试

测试流程如图3。

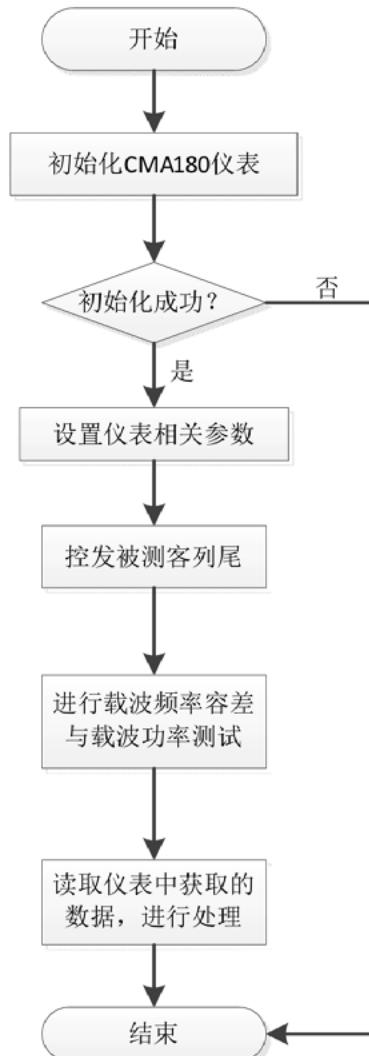


图3 测试流程图

(1) 初始化仪表：设置频率误差单位为Hz，设

置功率单位为W。设置发射频率为866.2375MHz。

- (2) 中央处理单元控制接口单元使控发接口工作，此时被测客列尾设备处于发射状态。
- (3) 控制仪表读取频率误差值、射频功率值。
- (4) 中央处理单元控制接口单元释放控发接口，被测客列尾设备停止发射。
- (5) 将读取到的频率误差值，得到最终结果。
- (6) 将读取到的射频功率值作比较判断，得到最终结果。

2.3.2 发射频偏测试

发射频偏测试流程如图4。

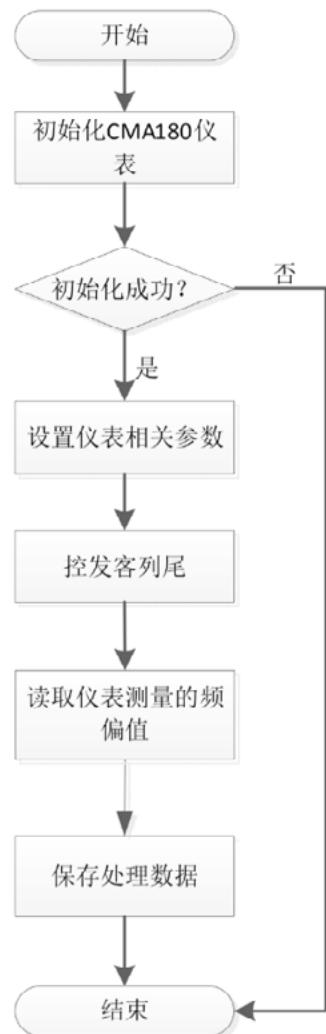


图4 测试流程图

(1) 初始化仪表：设置滤波器为300~3000Hz，频率为866.2375MHz。

(2) 中央处理单元控制音频接口单元使控发接口工作，客列尾处于发射状态。

(3) 从仪表读取频偏值。

(4) 中央处理单元控制接口单元释放控发接口，客列尾设备停止发射。

(5) 将读取到的频偏值与标准值比较，得到1200Hz频偏测试结论。

2.3.3 发射失真测试

发射失真测试如图5。

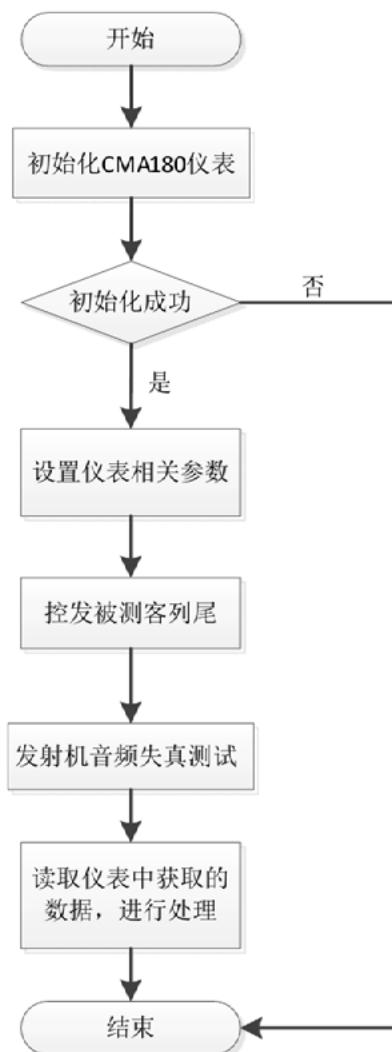


图5 测试流程图

(1) 初始化仪表：设置滤波器为300~3000Hz，频率为866.2375MHz，设置失真测量频率为1200Hz。

(2) 中央处理单元控制接口单元，控发客列尾。

(3) 从仪表读取失真值。

(4) 中央处理单元控制接口单元释放控发接口，客列尾装置停止控发。

(5) 将读取到的失真值与标准值比较，得到失

技术与装备

真测试最终结果。

2.3.4 接收电平与接收失真测试

接收电平与接收失真测试如图6。

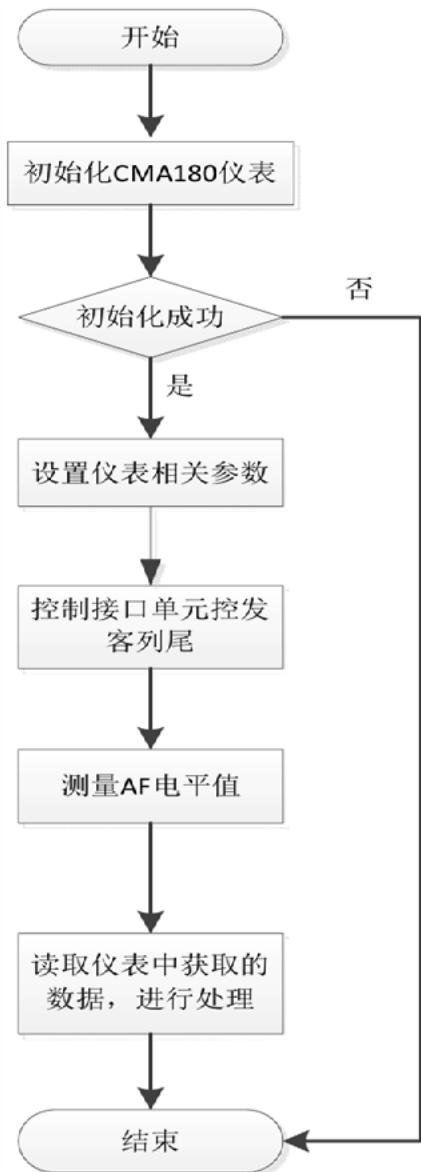


图6 测试流程图

- (1) 初始化仪表：设置滤波器为300~3000Hz，频率为866.2375MHz，电平为0.23uV，调制信号频率为1000Hz，频偏为3000Hz。
- (2) 转接板：打开音频输入继电器。
- (3) 控制仪表读取音频电平值即AF接收电平值。
- (4) 关闭音频输入继电器。
- (5) 将读取到的电平值与标准值比较，得到AF接收电平测试最终结果。

(6) 将读取到的失真值与标准值比较，得到AF接收失真测试最终结果。

2.3.5 参考灵敏度测试

参考灵敏度测试如图7。

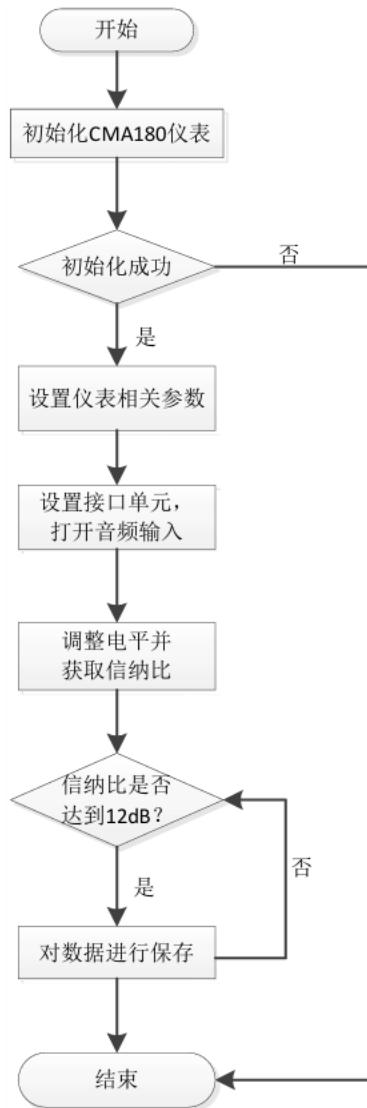


图7 测试流程图

- (1) 初始化仪表：设置滤波器为300~3000Hz，频率为866.2375MHz，电平为0.23uV，调制信号频率为1000Hz，频偏为3000Hz。
- (2) 初始化接口单元：打开音频输入继电器。
- (3) 设置仪表为Siand模式，调节电平值使Siand值达到12dB记录此时的电平值即参考灵敏度。
- (4) 关闭音频输入继电器。
- (5) 将读取到的电平值与标准值比较，得到参考灵敏度测试最终结果。

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台可以灵活设置检测客列尾设备的某项或者某几项指标。一般在3min左右，旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台即可以检测完成单台客列尾设备的全部7项电气指标，较传统的手动检测方式（单台测试耗时15min左右）大大提高了检测效率。

3 现场应用

旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台在中国铁路兰州局集团公司兰州车辆段车电车间、中国铁路乌鲁木齐局集团有限公司乌鲁木齐车辆段均已试用，共计检测客列尾设备500余台次，测量数值准确，大大的提高了检修效率，测试时间，降低了运维成本，且对现场设备进行集中管理和智能化分析，得到了现场客户的认可和好评。

4 结语

本文阐述了现有客列尾指标检测作业的现状，从客列尾指标检测作业工作效率低、作业强度大，对操作人员的入门门槛要求高，测试结果受人为因素影响严重，存在错记、漏记，测试记录丢失等风险的实际问题出发。结合现有客列尾设备电气指标的检测流程，利用仪表自动控制技术、自动检测技术、兼容接口设计和控制技术、大数据统计智能分析技术，分析

了旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台的构成和工作流程等内容。旅客列车尾部安全防护装置自动检测试验台的引入，提高了检修效率和检修质量，节约了人工成本，提升了客列尾设备的智能化管理水平，达到降低普速铁路的运维成本，保证普速铁路的运行安全的目标，具有较高的经济和社会价值。

参考文献：

- [1] 国家铁路局. TB/T 2973.2—2019 列车尾部安全防护装置第2部分：旅客列车尾部安全防护装置：[S]. 北京：中国铁道出版社，2019.
- [2] 中国铁路总公司. 铁路通信维护规则 [M]. 北京：中国铁道出版社，2014.
- [3] 中华人民共和国铁道部. 铁运[2014]295号. 铁路无线通信维护暂行规则(设备维护)[S].2014.
- [4] 中华人民共和国.GB/T 12192—2017 移动通信调频发射机测量方法 [S]. 北京：中国标准出版社，2017.
- [5] 中华人民共和国.GB / T 12193—2017 移动通信调频接收机测量方法 [S]. 北京：中国标准出版社，2017.
- [6] 周立功. ARM嵌入式系统软件开发实例 [M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2006.
- [7] 陈文智. 嵌入式系统开发原理与实践 [M]. 北京：清华大学出版社，2005.
- [8] 朱良才. 机车信号车上设备自动检测系统，铁道通信信号，2008,44 (4) : 32-32.
- [9] 中华人民共和国铁道部.QCR651.1—2018 机车综合无线通信设备 第1部分：技术条件 [S]. 北京：中国铁道出版社，2018.

