

机车信号设备便携式测试装置设计

余园园

上海铁路通信有限公司 上海 200071

摘 要：针对传统机车信号设备检测设备体积大、操作复杂、依赖固定环线等问题，设计了一款可以测试机车信号性能指标的装置。该装置为便携式测试装备，可发送特定轨道电路信息（载频、低频、幅值等），并采集机车信号设备的灯位信息、电压幅值、应变时间等参数，最终实现对机车信号灵敏度、应变时间、点灯电压等指标的测试。该测试装置具有便于携带、兼容性强、自动检测等特点，能够满足现场维护人员在机车信号设备维护、大修、故障处置等场景下的作业需求，可以有效提高机车信号设备的运用质量和作业效率。

关键词：机车信号；轨道电路；灵敏度；应变时间

引言

机车信号车载系统设备主要由机车信号主机、感应线圈和机车信号机组成。机车信号设备通过感应线圈接收轨道电路中的信号电流，实现车与地之间的信息传递。感应线圈将接收到的信息传给机车信号主机，通过计算后得到信号的载频和低频信息，将机车信号机对应的灯位点亮，实现对司机驾驶的指导^[1]。因此，机车信号车载系统设备的可靠性将直接影响机车车辆是否可以正常运行。

1 机车信号设备维护现状

- 1) 测试效率低。在当前的测试流程中，需要车上车下配合作业，测试结束后下载数据进行分析，测试效率比较低。
- 2) 测试项目不全。目前只能检测机车信号的解码功能，对机车信号灵敏度、应变时间、点灯电压等指标均无法检测。
- 3) 技术指标不能量化。按《TB/T3287-2013机车信号车载设备》中要求，机车信号灵敏度、应变时间和点灯电压等指标，无法量化测量。

2 轨道电路信号

轨道电路信号基于移频键控（FSK，Frequency-Shift Keying）原理，其中包含行车信息。轨道电路信号制式主要有ZPW2000（含UM71）、移频和交流计数（25Hz、50Hz）^[2]。

3 测试装置总体设计

3.1 测试装置硬件组成

测试装置主要由驱动采集模块、显示&控制模块和电源模块组成，如图1所示。驱动采集模块包括信号发生模块、电压采集模块、功放电路等；显示控制模块包括控制模块和显示屏等；电源模块为整个装置提供稳定电源

支持，确保各模块正常工作。

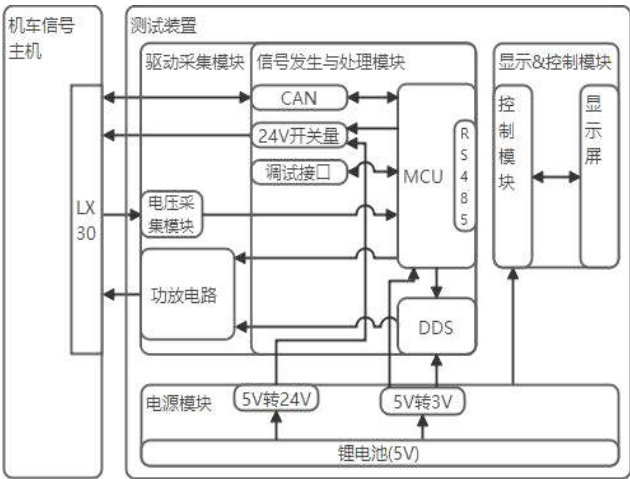


图1 测试装置原理框图

电源模块：由5VDC锂电池和电源转换电路组成，为驱动采集模块、显示控制模块3VDC和24VDC电源。

控制模块：将显示屏中的选项信息传递给驱动采集模块发送信号生成指令、接收和处理驱动采集模块相关信息并显示。

显示屏：选用电阻屏，便于在复杂环境下进行触控操作，显示界面采用图形化设计，输入/选择测试选项、显示测试结果。

信号发生与处理模块：采用STM32F4系列MCU芯片和AD9959型DDS芯片，生成机车信号信号所需的ZPW-2000、移频或交流计数制式的轨道电路信号^{[3][4]}；处理接收到机车信号的CAN信息、电压采集模块处理后的信息；输出机车信号A/B系和I/II端控制信号；与控制模块信息交互，接收控制模块的指令、发送机车信号灵敏度、应变时间和点灯电压等信息；回采功放电路的输出，确定输出信号是否按要求输出，如：制式、载频、

低频和幅值等。

电压采集模块：采集机车信号主机输出的点灯、制式、速度等级等电压信息，并将相关I/O信息反馈给信号发生与处理模块的MCU。

功放电路：分别对ZPW2000/移频信号和交流计数信号进行功率放大，输出给机车信号主机。

3.2 测试装置功能设计

从便携、方便测试的目的出发，测试装置针对机车信

号主机主要完成以下3项检测工作。

(1) 机车信号灵敏度测试。测试装置根据检测人员输入的轨道电路信号信息，通过步进调整信号幅值，以确定机车信号主机的可靠工作点信号电压值（灵敏度）和不可靠工作点信号电压值并计算返还系数，计算方法见公式（1）。灵敏度要求应满足行业标准中的相关要求，返还系数应不小于75%。

$$\text{返还系数}(\%) = \frac{\text{不可靠工作点信号电压值}(\text{mV})}{\text{可靠工作点电压值}(\text{mV})} \times 100\%$$

公式（1）

(2) 机车信号应变时间测试。测试装置根据检测人员输入的轨道电路信号信息，进行轨道电路信号切换测试，通过不同制式、载频、低频信号的切换测试机车信号主机的响应输出时间，以确定机车信号主机的应变时间是否满足标准要求。

(3) 机车信号点灯信息测试。测试装置根据检测人员输入的轨道电路信号信息，进行机车信号主机点灯输出测试。通过比较输入信号的预期输出和测试装置实际检测到的信息，判断机车信号主机的工作状态。点灯信息输出电平指标：35V-60V为高电平（“1”），低于10V为低电平（“0”）。

3.3 测试装置软件处理流程

测试装置软件为各模块的嵌入式软件。软件处理流程，如图2所示。

检测人员使用测试装置测试机车信号车载系统设备时，首先通过显示&控制模块的显示屏输入的某种制式信号信息（ZPW2000、移频和交流计数信号），然后通过RS485总线传给信号发生与处理模块，生成测试所需的轨道电路信号后经功放电路放大（回采信号确认输出符合输入要求），向机车信号系统发出标准的轨道电路制式信号，来模拟地面设备发出的信号；机车信号车载系统设备接收此信号后，进行处理、判断，处理结果通过LX30连接器上CAN总线反馈给测试装置；同时，测试装置对机车信号车载系统设备输出的灯位电压、速度等级、上下行等模拟量进行A/D采样、处理，并与CAN总线返回的信息做比较，测试数据通过显示&控制模块显示出来^{[5][6]}。

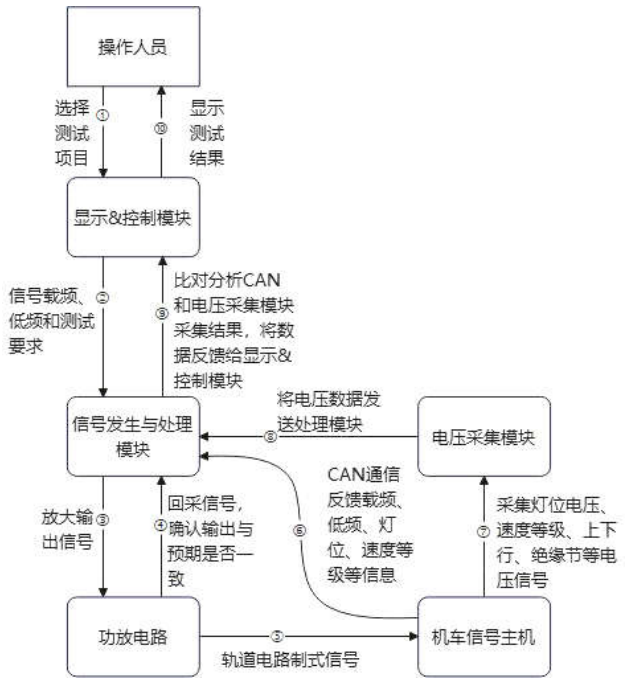


图2 测试装置软件处理流程

4 功能测试验证

4.1 机车信号灵敏度测试

通过调节信号发生模块的输出FSK信号的幅值，检测各信号制下机车信号主机可正常解码和不可正常解码的信号电压幅值。测试数据见表1。

测试结果：在低于灵敏度电压幅值标准值时，机车信号主机不能解码；在高于灵敏度电压幅值标准值上限时，机车信号主机可正常解码，以此判断设备灵敏度符合行业标准要求。

表1 机车信号灵敏度测试数据

条件选择			标准值mV	可靠工作点（灵敏度）			不可靠工作点		返还系数（≥ 75%）	
载频Hz	低频Hz	信号显示		信号电压mV	灯压V	测试结果	信号电压mV	灯压V	计算值%	测试结果
550	8.5	L	14.7-17.1	15.9	45.8	√	14.6	0.0	91.9	√
650	9.5	L	13.5-15.7	14.6	45.6	√	13.4	0.0	91.8	√
750	12.5	LU	11.5-13.3	12.5	45.8	√	11.4	0.0	91.8	√

续表:

条件选择			标准值mV	可靠工作点 (灵敏度)			不可靠工作点		返还系数 (≥ 75%)	
载频Hz	低频Hz	信号显示		信号电压mV	灯压V	测试结果	信号电压mV	灯压V	计算值%	测试结果
850	15.0	U	9.2-10.8	10.1	45.8	√	9.2	0.0	90.8	√
1700	10.3	L	92.5-107.5	99.5	45.6	√	91.5	0.0	91.9	√
2000	16.9	U	92.5-107.5	100.0	45.9	√	92.4	0.0	92.4	√
2300	21.3	L	92.5-107.5	99.5	45.7	√	91.0	0.0	91.4	√
2600	26.8	HU	92.5-107.5	101.0	45.8	√	92.4	0.0	91.5	√

4.2 应变时间测试

通过切换轨道电路信号载频、低频信息,根据测试装置发码时间、机车信号主机输出灯位信息的时间,实现对机车信号主机应变时间的检测。测试数据见表2。

测试结果:各种载频、低频信息切换,检测和计算出来的时间均小于或等于标准值,符合要求。

表2 应变时间测试数据

应变信号			其它信号→应变信号		应变信号→其它信号			
载频 Hz	低频 Hz	信号 显示	计时s		灯压V	计时s		灯压V
			测试值	测试结果		测试值	测试结果	
550	9.0	LU	1.19	√	45.8	3.70	√	0.0
650	11.0	L	1.37	√	45.9	3.69	√	0.0
750	13.5	LU	1.24	√	45.6	3.80	√	0.0
850	16.5	U2	1.22	√	45.8	3.73	√	0.0
1700	11.4	L	1.30	√	45.9	3.73	√	0.0
2000	15.8	U	1.16	√	45.8	3.78	√	0.0
2300	20.2	U2S	1.01	√	45.7	3.78	√	0.0
2600	26.8	HU	0.79	√	45.5	3.77	√	0.0

4.3 循环发码测试

根据机车信号主机中跳线设置信息,确定可接收的轨道电路信号制式信息。在测试装置中,设置允许接收的轨道电路信号制式、载频、低频信息顺序和循环次数,自动进行循环发码测试,并检测分析实际输出信号与预期是否一致,记录正确次数。用以验证因长时间、多次测试时,机车信号主机解码、点灯等电路是否正常。测试数据见表3。

测试结果:检测到的灯位输出与预期一致,符合要求。

表3 循环发码测试数据

条件选择				输出
载频	低频	信号显示	循环测试次数	正确次数
550	11.0	L	50	50
2300	15.8	U	50	50
750	13.5	LU	50	50
1700	11.4	L	50	50

结束语

通过上述测试及验证,该测试装置可以完成机车信号主要技术指标的测试,可应用于机车信号车载系统设备的日常维护、故障处置、设备安装改造测试等作业场景。该测试装置无需使用模拟环线、不受外部环境的影响,能够最大程度减少作业人员车上下移动所带来的的人身安全风险,提升现场作业效率。

参考文献

[1]邱宽民.JT1-CZ2000型机车信号车载系统[M].北京:中国铁道出版社,2010.

[2]中华人民共和国铁道部.TB/T 3287-2013机车信号车载系统设备[S].北京:中国铁道出版社,2013.

[3]苏宝平,周刚.便携式机车信号发码器设计与实现[J].自动化与仪器仪表,2012(05):134-136.

[4]杨城,刁艳美.移频轨道电路发码装置的研究与设计[J].铁路计算机应用,2023,32(09):72-77.

[5]翟文涛.机车信号系统检测装置的设计与实现[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.

[6]陈立,吴琼,王翔,赵东旭.轨道电路读取器测试平台的设计与实现[J].铁道通信信号,2022,58(04):11-15.