

摘要：接触网作为电气化铁路中的重要设施，其技术状态影响着铁路机车的供电安全，是检修维保的重要对象。铁路运输的快速发展，传统检测设备已经无法满足高效检测铁路接触网的需求。文章介绍了一种新型推行式接触网几何参数智能测量系统，该系统具备智能化程度高、适用场景广、人机效率高等优点，为检测提供了一种新工具。

关键词：接触网；接触网参数智能测量；检测

中图分类号：TP277；TP23 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2022)03-0023-04

收稿日期：2022-02-15

推行式接触网几何参数智能测量系统

张峻华¹ 唐鹏² 江跃辉² 李娜²

1. 四川信达轨道交通设备有限责任公司，四川绵阳 621000；2. 绵阳师范学院机电工程学院，四川绵阳 621000

0 前言

电气化铁路中，接触网作为唯一供电设备，担负着把从牵引变电所获得的电能直接输送给电力机车使用的重要任务^[1]。因此接触网的质量和和工作状态将直接影响电气化铁道的运输能力。由于接触网是露天设置，没有备用，线路上的负荷又是随着电力机车的运行而沿接触线移动和变化的，因此对接触网提出很高的要求，并需要定期检测。

对于接触网参数的检测，目前大多数采用激光测量仪进行测量，但是传统的检测方式效率低，劳动强度大，且中国高铁范围广，需要检测的接触网多，检测工作会消耗大量的人力物力。针对接触网检测的现状，本文研究了一种推行式接触网参数的智能检测系统。该设备用于检测接触网的几何参数，测量效率高，劳动强度低，智能瞄准接触线，可以节省大量的人力物力^[1]。

1 系统设计

1.1 设备功能

设备主要由兼备人体工程学的推行系统、具备工业“三防”标准的控制平板和激光自动测量系统组成，并配备无线操作与数据传输功能。设备整体宽

1,500 mm，高 800 mm，杆高 1.2 m，总重约 20 kg，采用铝合金、可折叠设计，并配备了提手。设备轻巧便携，简单组装后，能够快速进行接触网巡视检测。实物结构图如图 1 所示。

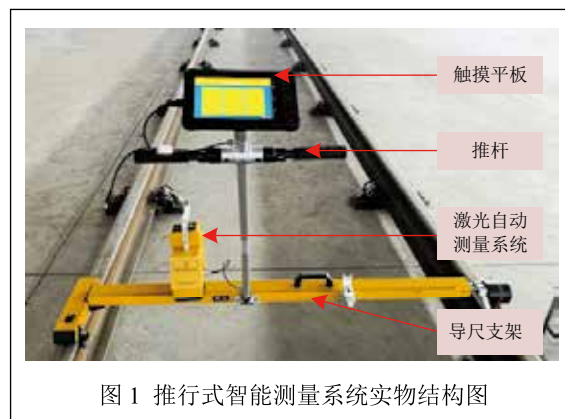


图 1 推行式智能测量系统实物结构图

推行系统：主要负责整体设备的推动，以便在铁轨上行进。通过推行系统实现站立推行，推杆高度可调，以适应不同操作者的身高，增加设备使用的舒适度，提高设备的人机效率。

平板系统：采用 7 英寸工业“三防”高亮触摸平板，位于推行系统的推杆之上，以便推行时与激光自动测量系统同步进行人机对话。屏幕尺寸大、亮度高，

以实现对接测量过程的精准把控。

激光自动测量系统：内置高速摄像头和
高频激光测距仪，能够在推行过程中对接触网进行实时跟踪，采集相关数据，夜间通过补光也可实时跟踪测量接触网，自动化程度高，适用环境广，在推行时，也能实时跟踪和测量，测量效率高。

1.2 设备硬件方案

设备工作组成模块如图 2 所示。系统中采用了嵌入式主板作为控制器，通过对多路传感器输入信号进行分析处理，利用图像处理的算法^[2]，以及高精度步进电机实现了对接触线的自动瞄准，完成了接触线导高和拉出值的自动测量。

对各部分的功能阐述如下：

嵌入式主板：采用基于 Linux 的树莓派 4 作为主板。该主板属于卡片式电脑，CPU 频率为 1.5 GHz、GPU 频率为 500 MHz，包含 USB 3.0、千兆以太网、HDMI、RS232、微 HDMI 端口、4K 双显示屏等丰富接口，满足了系统的高性能、多接口、小尺寸、低功耗等要求。主板作为系统的分析控制中心，采用 Raspbian 系统，利用 Qt 开发了软件系统，完成了接触网几何参数的智能测量。

轨距里程模块：主要完成设备推行过程中的里程、轨距及超高参数的测量，并传输至主板。设备的底盘有 3 个轮子，构成“T”字形结构，2 个轮子所在的一侧为固定端，只有 1 个轮子的一侧为活动端，可以自由伸缩。在活动端安装了正交光电编码器，随轮子一起转动，用于里程测量；活动端还安装了位移传感器，推行过程中可以实现轨距的实时检测；在倾角传感器的配合下，结合位移传感器，还能够实现超高的检测。该模块利用 STM32 单片机，通过对光电编码器、倾角传感器和位移传感器的数据获取、分析处理，实现了里程、轨距及超高的检测，并按照协议传输至嵌入式主板。

操控平板：主要功能包含数据显示及测量操作两大功能，由高亮屏幕组成，具备“三防”功能，满足现场需求。

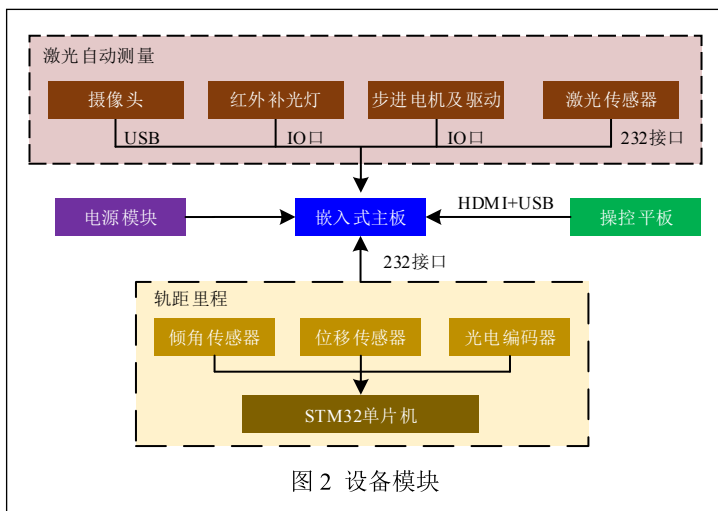


图 2 设备模块

激光自动测量模块：由步进电机、红外补光灯、摄像头和激光传感器组成，完成接触线参数的测量。红外补光灯主要用于夜晚天窗时的测量照明，相较于传统的可见光补光，具有功耗低及不晃眼等优点；摄像头用于对测量区域成像，并为图像识别算法提供数据源；采用的 USB 摄像头具有结构简单、运行稳定等优点；激光传感器用于完成对测量点的距离测量；步进电机用于在图像算法识别到接触线后，根据控制指令，自动控制转动激光传感器进行瞄准，完成参数测量，在传感器及软件算法的配合下，实现了接触线参数的自动测量^[3]。

2 设备调试

2.1 主要参数

铁路接触网测量系统基于目前电气化的指标而设计，其中主要包括导高、拉出值、外轨超高、支柱跨距，铁路接触网测量系统需对这些数值进行标准化约束，本系统的测量范围及精度具体如表 1 所示。

表 1 测量范围

项目	测量范围 (mm)	精度
导高	3,000 ~ 15,000	±3 mm
拉出值	±1,200	±4 mm
外轨超高	±190	±1 mm
支柱跨距	0 ~ 100 m	100 m 时 ±0.1 m

2.2 设备操作

2.2.1 开始测量

设备组装完成后，打开电源开关，等待设备初始化，当主机上的指示灯变为蓝色后，启动成功。选择操作屏幕上的测量软件，启动后的主界面如图3所示。程序启动之后展示主界面，根据需要选择测量、数据、设置功能。



图3 程序主界面

在主界面点击“测量”卡片，进入测量界面，先进行线路位置设置，然后开始测量，如图4所示。

界面功能介绍如下：

瞄准：瞄准功能用于快速自动瞄准线中心，瞄准之后也允许手动触摸屏实现微调。对于有多根线的情况，还可以一键快速切换瞄准的线，如图5所示；

转左、转右、转上：点击“转左”、“转上”、“转右”按钮，可以快速地控制测量头转向左侧、上面、右侧；

激光：用于打开激光红点，方便观察激光测量点位；

自动测量：用于启动设备全自动测量，启动之后，设备自动寻找并锁定该接触线，然后实时测量其导高和拉出值；

测量：手动测量当前瞄准的目标信息；

夜间模式切换：用于夜间使用，需要打开主机夜间补光灯，并切换到夜间模式。App 右上角菜单按钮点击之后（如图6所示），选择切为夜间模式即可完成模式切换。

2.2.2 数据查看

点击主界面的“数据”卡片，进入数据查看界面，如图7所示。

数据查看界面以分页的方式显示测量的数据。默认显示当前线路、当前站区、当前线路方向的数据，也可以修改筛选条件需要。点击“数据管理”即可根据“线路名字”、“线路方向”、“站区名字”、“隧

道名字”、“杆号标记”、“吊弦编号”5种类型来筛选，以便过滤出所需数据。



图4 测量界面

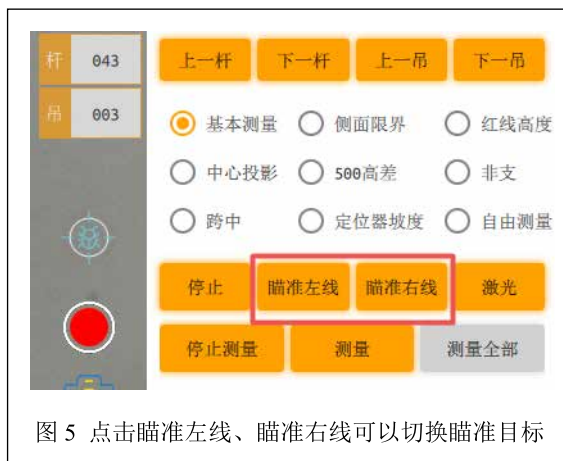


图5 点击瞄准左线、瞄准右线可以切换瞄准目标



图6 切换为夜间模式



图7 数据查看界面

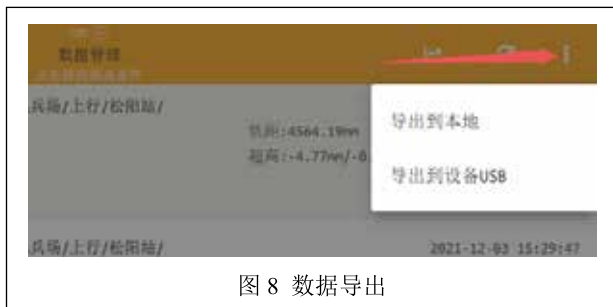


图 8 数据导出

点击右上角 3 个圆点的按钮，出现 2 个导出菜单：“导出到本地”、“导出到设备 USB”，如图 8 所示。

导出到本地：将数据导出到平板内部文件夹，点开桌面文件夹图标就可以看到；

导出到设备 USB：将 U 盘插入设备，点击“导出到设备 USB”功能后，数据将直接导出到 U 盘上。

2.2.3 程序更新

设备支持通过升级包进行程序升级。升级步骤为：首先把升级包放在 U 盘根目录；然后将 U 盘插入到主机 USB 口；最后在平板 App 主界面点击菜单中的“固件更新（保留设置）”选项，并根据提示进行操作，完成设备软件系统的升级。

3 结束语

本设备在满足接触网几何参数的测量方法、测量标准和测量精度的基础之上，对原有设备进行了优化升级和创新改造，对设备的材料选型、结构布局设计作出了优化，让设备在经过简单的组装之后，便能快速地投入并推行使用，大幅降低了设备的重量、提升了设备的便携度和使用时的人机功效，降低了劳动强度。集成电路、嵌入式控制系统的加持，高精度传感器和运动构件之间的无缝协同配合，让设备在白天和黑夜，以及多种环境气候下都能够完成测量，且设备具备在推行过程中同步跟随接触网进行实时测量的功能^[4]，更加智能化、便捷化，大幅提升测量效率。设备在实际使用过程中，在应对复杂的环境变化的同时，能更轻松、高效地胜任测量工作。

参考文献

- [1] 王东妍, 沈鹏, 王瑞. 智能运维在高铁工务作业安全监控管理的应用[J]. 铁路计算机应用, 2019(04): 41-44.
- [2] 赵军伟, 侯清涛, 付小伟. 基于图像处理的输电线路安全隐患监

测[J]. 电子测试, 2020(15): 100-101.

[3] 廖红星. 高速铁路接触网故障定位研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2019.

[4] 章来胜. 高速铁路接触网分布式故障诊断技术研究[J]. 铁道机车车辆, 2020,40(05): 73-77, 83.

Intelligent Measurement System for Geometric Parameters of Progressive Contact Network

ZHANG Junhua¹, TANG Peng², JIANG Yuehui², LI Na²

(1. Sichuan Xinda Rail Transit Equipment Co.Ltd, Mianyang 621000, China; 2. Mianyang Normal University College of Mechanical and Electrical Engineering, Sichuan Mianyang 621000, China)

Abstract: As an important facility in electrified railway, the technical state of catenary affects the power supply safety of railway locomotive. It is an important object of maintenance. With the rapid development of railway transportation, traditional testing equipment has been unable to meet the needs of efficient testing of railway catenary. The paper introduces a new type of push-type catenary geometric parameter intelligent measurement system, which has the advantages of high intelligence, wide application scenarios and high man-machine efficiency, and provides a new tool for detection.

Key words: contact net; intelligent measurement of contact network parameters; testing

作者简介

张峻华：四川信达轨道交通设备有限责任公司，助理工程师，研究方向为软件工程和电气化铁路。

唐鹏：绵阳师范学院机电工程学院，学生，研究方向为机械电子工程。

江跃辉：绵阳师范学院机电工程学院，学生，研究方向为机械电子工程。

李娜：绵阳师范学院机电工程学院，学生，研究方向为电气工程及其自动化。

通信地址：四川省绵阳市游仙区仙人路一段 30 号绵阳师范学院北校区 邮编：621000

邮箱：2681303723@qq.com