

# 轨道板性能在线监测系统\*

朱文发 何越磊 李再伟 路宏遥 徐洪斌

(上海工程技术大学城市轨道交通学院, 201620, 上海//第一作者, 讲师)

**摘要** 轨道服役性能参数是轨道结构状态的总体反映。当轨道出现病害或是潜在病害时,轨道服役性能参数势必会发生变化。自主研发出的 1 套轨道板性能在线监测系统,可实现在线采集轨道板温度并对其性能进行分析,已成功运用于华东地区某客运专线轨道性能的在线监测中。该系统主要由便携式前端采集硬件、后端处理分析中心及用户终端三部分构成,具有测试参数全面、高精度采集、远程传输等优势。

**关键词** 高速铁路; 轨道板性能; 在线监测

**中图分类号** U213.2+42

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2019.01.027

## Online Monitoring System for Track Slab Service Status

ZHU Wenfa, HE Yuelei, LI Zaiwei, LU Hongyao, XU Hongbin

**Abstract** The performance parameters of track service are the overall reflection of the track structure status, which are bound to change when the track is infected by existing or potential diseases. In this paper, a set of online monitoring system for track slab service status is independently developed and applied to a passenger special line in East China, it can realize the online collection and evaluation of the track slab temperature and analyze the performance parameters. The system is composed of three parts: the front-end acquisition hardware, the back-end processing and analysis center, and the user terminal, featuring advantages like comprehensive testing parameters, high-precision acquisition and remote transmission of the detection results.

**Key words** high-speed railway; track slab performance; on-line monitoring

**Author's address** Urban Rail Transportation Institute, Shanghai University of Engineering and Technology, 201620, Shanghai, China

结构。混凝土导热系数小、传热性能较差。因而轨道板在温度变化的影响下,会产生较严重的非线性温度分布<sup>[1-3]</sup>,从而发生翘曲变形,影响轨道板的平顺性,使其服役性能大大降低。可见,轨道板温度分布是反映轨道板性能的重要指标。文献[4]对高温天气条件下某项目的 CRTS II 型板式无砟轨道内部温度特性进行了现场试验与分析,得到了轨道板、砂浆层、支承层的温度与环境温度变化规律。文献[5]在不同气候条件下现场观测 CA(水泥沥青)砂浆灌注施工时的轨道板温度,得到实测的轨道板温度梯度,并建立轨道板力学计算模型,计算轨道板在实测温度梯度作用下的温度翘曲变形及应力。理论研究需要现场试验的验证,而高效的测试系统是现场试验的保障。轨道板性能在线监测系统(以下简为“轨道板监测系统”),以轨道板内部温度变化为主要监测对象,并通过温度变化全面反映轨道板的服役状态,实现在线监测、数据显示和超限预警。

## 1 轨道板监测系统设计

### 1.1 设计思路

轨道板监测系统的设计思路如图 1 所示。轨道板监测系统主要由便携式前端采集硬件、后端处理分析软件及用户终端三部分构成。其利用以太网机箱及数据采集板等构建便携式前端智慧采集

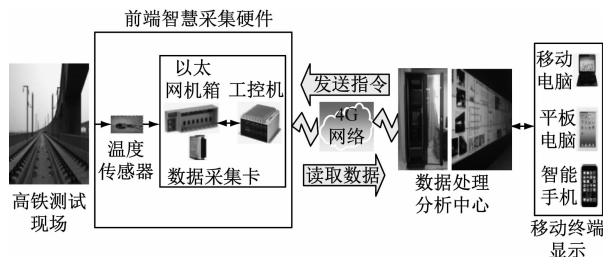


图 1 系统设计思路

轨道板是由钢筋混凝土组成的无砟轨道主体

\* 上海市科委重点科技支撑项目(16030501400)

硬件,以采集轨道板温度;将采集到的数据通过 4G 移动网络传输到监控中心,利用在 LabView 平台上编写的系统软件,在后端处理分析中心完成数据采集、分析与超限预警的功能;由用户使用无线终端设备(笔记本电脑、平板电脑或智能手机等)发出各种测试参数的设置和启停指令;最后,由系统自动完成大批量数据的处理和分析,并将处理结果传回用户终端,并实现超限报警的功能。

## 1.2 便携式前端采集硬件

便携式前端采集硬件主要完成对轨道板温度的数据采集功能(见图 2),由美国国家仪器有限公司的 NI cDAQ-9188XT 以太网机箱、NI9205 模拟量数据采集卡及温度传感器等组成,可实现对轨道板关键性能参数高速度、高精度的采集。将传感器粘贴在测试点上,分别通过 NI9205 数据采集卡采集信号,通过以太网机箱的网络接口实现高速数据通信<sup>[6,7]</sup>。

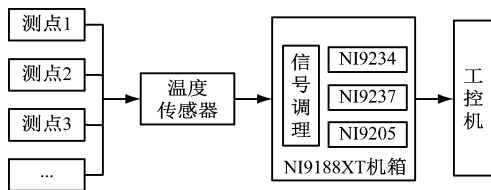


图 2 前端采集硬件结构图

## 1.3 后端处理分析软件

轨道板监测系统后端处理分析软件主要用于控制数据的采集、传输、处理、存储和显示,实现对原始的采集数据和传输系统获取数据的校准与处理,确保数据质量和可靠性。软件利用各种方法对数据进行可视化、评估、编译,并通过处理数据库中的大量监测数据,提取关键性特征数据,以供损伤识别及评估使用<sup>[8]</sup>。

根据系统功能需求分析,软件设计主要包括在线监测模块、数据分析与管理模块两部分。

### 1.3.1 在线监测模块

在线监测模块主要包括网络通信、监测显示和报警等子模块。在线监测模块采集数据使用问答式。首先,由上位机发送给下位机硬件指令;然后,下位机收到指令后,立即返回给上位机所要的数据;最后,上位机对数据进行判断、解析,并把解析后的数据在监测界面上显示出来,为用户提供直观的监测结果。

后端处理分析软件结合数据分析与理论分析,

实现了安全预警功能,为轨道板的维修关键时间节点提供了动态分析与支持,实现了对轨道板关键性能参数的远程在线管理。图 3 为夏季高温天气情况下,当室外温度高于 38℃ 时<sup>[8]</sup>,轨道板监测系统的报警界面。

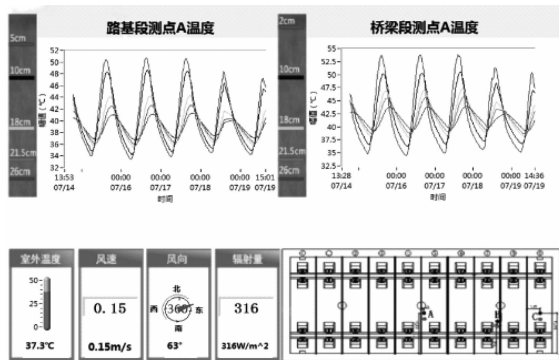


图 3 监测系统报警界面

### 1.3.2 数据分析与管理模块

数据分析与管理模块对存储在计算机服务器数据库中的数据进行综合处理,并使用直观的图形显示处理结果,进而统计分析与评估轨道板性能。

用户可根据时间和测点信息条件进行历史数据查询,找到某个时间段的历史数据(如图 4 所示),并根据曲线趋势判读出现高低温的情况。如出现故障,操作人员可根据历史曲线的异常,准确找到出现温度过高的时间段,从而得出准确的报警时间,为故障分析及认定提供有力证据。

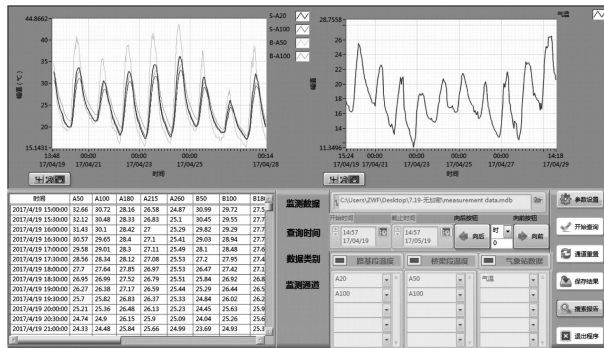


图 4 历史系统

### 1.3.3 工程应用

为得到在服役状态下 CRTS II 型板式无砟轨道结构温度场分布及变化规律,本文以华东地区某客运专线 CRTS II 型板式无砟轨道为研究对象,沿轨道结构深度方向布置了传感器(见图 5)。2016 年 7 月—2017 年 7 月期间,利用轨道板监测系统监测该项目路基段和桥梁段不同深度层面的日温度变化

幅度(即层间日温差),如图6所示。



图5 传感器布置位置

图6表明,距轨道板表面不同深度层面日温差波动存在差异,距离板面越近,受气象参数影响更

为明显,温度变化幅度较大。随着深度的增加,轨道板内部的温度变化逐渐减小,其温差变化也随之减小。整体来看,无论路基段还是桥梁段,测点在不同深度的日温差变化规律保持高度一致,越靠近板面的温差变化幅度越大,砂浆层、支承层及底座板温差变化幅度相对较小。对比路基段和桥梁段可知,桥梁段相同深度层面温度变化幅值略高于路基段。这与路基和桥梁结构的结构传热过程存在差异性密切相关。

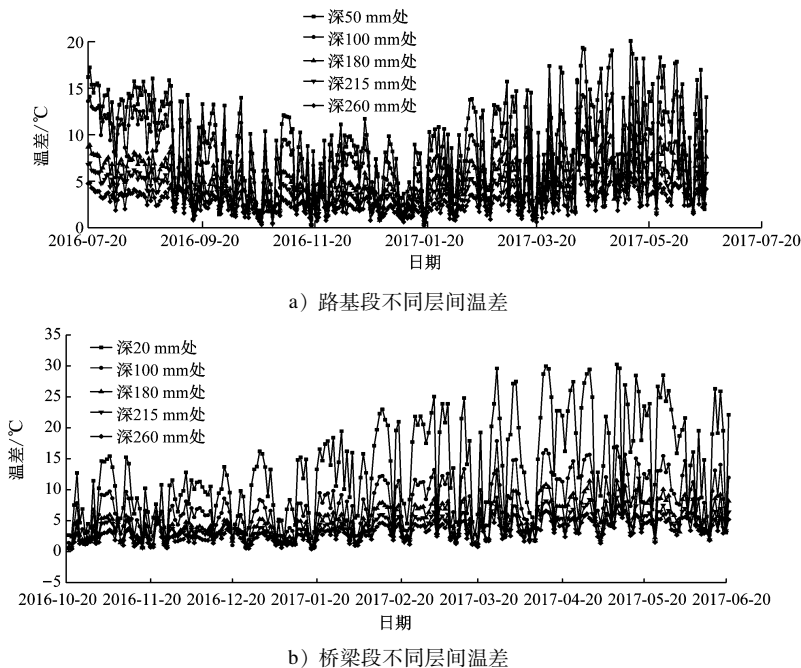


图6 轨道板不同层间温差监测结果

## 2 结语

轨道板性能在线监测系统能实现对轨道板温度的采集,同时将采集的数据通过4G移动网络传输到监测中心;监测中心可显示所测的轨道板关键性能参数,并对监测数据进行分析,实现超限报警的功能。数据与分析结果可为轨道板的病害预防以及养护维修提供方向性指导与科学性的建议。

随着“互联网+”时代,“工业4.0”的来临,智能化测试系统发展已势不可挡。本测试系统可根据现场不同测试环境要求,灵活运用,实现方便携带及高效的测量。

目前,本系统已在华东地区某客运专线轨道服役期性能在线监测中成功运用,且效果良好。伴随轨道交通在我国的迅速发展,其拥有十分广阔的工程应用前景。

## 参考文献

- [1] 陈雪华,律文田,王永和. 高速铁路路桥过渡段路基动响应特性研究[J]. 振动与冲击,2006,25(3):95.
- [2] 何元庆. 温度梯度荷载作用下CRTSⅡ型无砟轨道层间离缝分析[J]. 铁道建筑,2017(4):102.
- [3] 王豪,李成辉. Ⅱ型轨枕和Ⅲ型轨枕轨道动力响应特性分析[J]. 铁道建筑,2013(1):96.
- [4] 何元庆. 华东地区CRTSⅡ型板式无砟轨道温度特性试验分析[J]. 铁道建筑,2017(3):102.
- [5] 刘钰,赵国堂. CRTSⅡ型板式无砟轨道结构层间早期离缝研究[J]. 中国铁道科学,2013(4):1.
- [6] 尹晓琦. 基于GPRS和虚拟仪器的环境噪声监测系统[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2014(1):102.
- [7] 刘庆杰,孙茂棠,雷晓燕. 铁路环境振动实时监测分析系统开发[J]. 城市轨道交通研究,2016(5):53.
- [8] 朱文发,柴晓冬,郑树彬,等. 基于LabVIEW的惯性测量单元信号采集及处理系统设计[J]. 计算机测量与控制,2012,20(6):1697.

(收稿日期:2018-01-31)