

基于 LabVIEW 的轨道路基沉降观测系统

李新国¹, 魏晨阳²

(1. 同济大学 交通运输工程学院, 上海 200331; 2. 中国科学院 上海硅酸盐研究所, 上海 200050)

摘要: 提出了一种基于 LabVIEW 和 .NET 的轨道路基沉降观测系统, 利用光栅位移计在无人值守的条件下长期稳定地观测轨道路基的沉降量, 按预设时间以电子邮件的形式自动向研究人员汇报数据, 为研究人员快速、及时、完整地分析掌握路基沉降量提供依据, 以便预测沉降趋势, 验证和指导工程养护及施工, 保证线路质量和运营安全。

关键词: 路基沉降; 测试; LabVIEW; .NET; 电子邮件

中图分类号: TP29

文献标识码: A

LabVIEW-based Measurement System for Roadbed Settlement

LI Xinguo¹, WEI Chenyang²

(1. College of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai 200331, China; 2. Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China)

Abstract: This paper presents a new method for roadbed settlement measurement based on LabVIEW and .NET. Grating scales were used during the process and the data were transported periodically to researchers by E-mail automatically for further analysis, estimation and application.

Key words: roadbed settlement; measurement; LabVIEW; .NET; E-mail

近几年以来,伴随着城市区域一体化的快速发展,高速轨道交通的建设更加发展迅猛。最新报道表明^[1],目前的高速铁路运行时速在峰值时已突破 $486.1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。在如此高速的运行时速条件下,安全是第一要务。有砟轨道基础是散体材料组成的道床和路基,它们是最薄弱的也是最不稳定的环节,是轨道变形的主要来源。在多次重复荷载的作用下所产生的累积永久下沉(或称残余变形)会造成轨道不平顺,当列车高速通过时,由于不均匀沉降变形和竖向刚度的突然改变,常常产生剧烈的振动或跳车现象,

引起列车与线路结构相互作用力增大,降低了车辆运行的稳定性和舒适性,有时还损伤线路结构、列车或轨道部件,加速线路状态劣化,甚至引起事故。以京沪高铁为例,为避免这种不安全因素,在其设计中严格规定轨道的百年沉降不大于 5 mm ,各种不同的结构形式试图达到的首要目的就是为高速线路提供平顺性和稳定的轨下基础。当采用新的路基技术时,需要密切观测各种条件长期作用下产生的沉降影响。采用自动化系统代替人工操作可以大大提高观测效率。

近年来,各种基于 PC(personal computer)机的自动化观测系统得到了充分的研究。LabVIEW^[2] (laboratory virtual instrument engineering workbench)是 National Instruments 公司设计的一种基于数据流控制的 PC 机软件开发平台。使用 LabVIEW 开发测控软件,只需关注数据的采集、处理与分析,通过调用系统中已经封装好的函数模块回避了 Windows 编程的细节,大大提高了开发的效率。

.NET 是微软公司发起的一种新型 PC 机与互联网软件开发平台,这种技术提供了很多更为强大的应用功能。LabVIEW 8.2 版本以上已集成调用 .NET 的能力。

1 监测内容分析

观测路基的沉降变化,主要包括观测路基垂直位移、环境温度等。这些物理量的特点都是长期、缓慢变化的。结合轨道交通运行的实际情况,这种沉降的位移变化范围一般不会超过 50 mm ,监测精度达到 0.01 mm 即可满足一般分析;温度只需精确到 $0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

在长期观测的工作条件下,传感器的稳定性非常重要。以滑阻式、应变式为代表的常用位移传感器

一般都是基于模拟电路和电阻变化原理的. 这种传感器技术成熟,但受电阻热效应与机械磨损的影响,在长期使用过程中精度与重复性较差. 相对于微小的路基沉降,这种误差影响不可忽略且难以克服,因此这类传感器不适宜用作监测道床沉降观测. 光栅位移计是一种基于光学原理和数字电路的位移传感器,利用莫尔条纹的光学特性放大微小位移,将定栅与动栅的相对位移变化转化为光脉冲,再由数字电路将光脉冲转化为电信号供后续处理. 由于光栅位

移计内无模拟电路,有效地避免了电路的热漂移. 基于上述特点,光栅位移计适用于路基沉降观测.

本文采用上海江晶翔公司量程 50 mm 的 FCS2 型光栅位移计,在量程范围内测量精度为 $\pm 5 \mu\text{m}$,经 JJX8800-3 型转换器转换后,通过 RS232 接口与监控机相联. 监控机运行 LabVIEW 制作的数据采集程序按协议读取计算位移变化. 与位移测量相关部分的 LabVIEW 程序框图如图 1 所示.

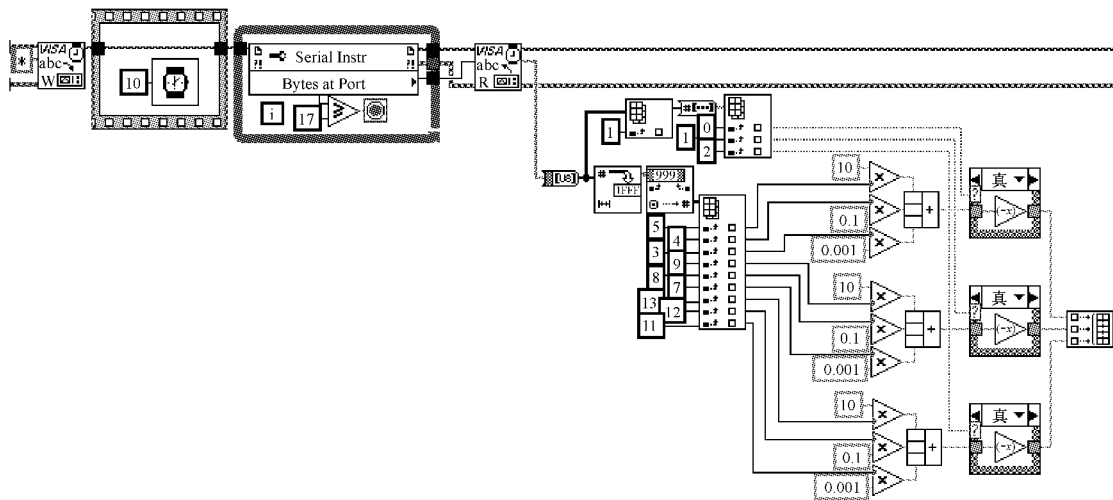


图 1 位移测量的 LabVIEW 程序框图

Fig.1 LabVIEW diagram of displacement measurement subroutine

温度传感器采用 Maxim-Dallas 公司生产的 DS18B20 芯片,在 $-10 \sim 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内测量精度为 $\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. 利用单片机控制 DS18B20 周期性测量环境温度,将测到的温度数据存储在单片机的 RAM (随机存储器)中. 当监控机发来查询温度指令时,单片机按约定格式返回 RAM 中暂存的温度数据. DS18B20 测温已有很多相关研究报道^[3-5],本文不再赘述.

2 数据传送

沉降位移是典型的长期缓慢变量. 为避免测试人员频繁到现场提取数据的工作,设置好实验条件后,进入无人值守的监测状态,由程序周期性测量记录沉降位移与温度的变化,达到设定的时间间隔后,主动向研究人员汇总、上传数据.

数据传送目前主要采用专用网络、GPRS (general packet radio service)、GSM(global system of mobile communication)短信和以太网等^[6-7]方式.

Internet 也是一种常见的传输方式^[8]. 无人值守的监控机与研究人员的 PC 机之间可以采用固定的公网 IP(Internet Protocol)地址,通过 Internet 通信交换信息. 由于公网 IP 已近耗尽,目前绝大多数计算机均是以内网 IP 通过路由器转换的方式接入 Internet. 在这种情况下,加上路由器防火墙技术对内网的保护,内网中的计算机很难被外界直接联系到.

电子邮件是互联网的最基础功能之一. 内网中的计算机也可以通过路由器联接 Internet 后向外发送电子邮件. 采用电子邮箱作为双方交换数据的平台,处于内网中的监控机通过电子邮件将数据发送到研究人员的电子邮箱,实现自动汇报数据.

由于网易、新浪、腾讯等公共电子邮件系统的发送服务器都必须使用密码登录,LabVIEW8.2 中用于发送电子邮件的 SMTP (simple mail transfer protocol)函数无法登录有密码的服务器. 本文采用调用 .NET 的方式实现邮件发送. LabVIEW 发送电子邮件的程序框图如图 2 所示.

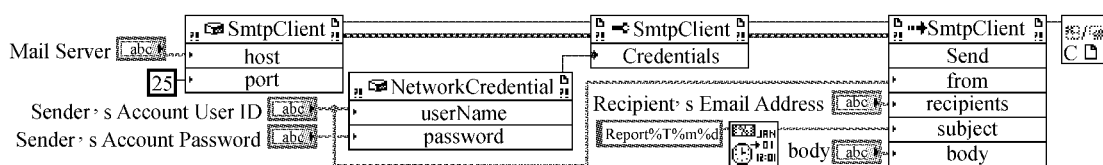



图 2 发送电子邮件的 LabVIEW 程序框图

Fig.2 LabVIEW diagram of sending email subroutine


3 程序制作

监控程序采用 LabVIEW8.2 制作,程序框图如图 3 所示。

在程序中,利用 LabVIEW8.2 提供的系统时钟

函数“”读取监控机的系统时钟,当时间的“分

钟”发生变化时,调用子程序读取位移、温度,通过调

用写入电子表格函数“”将数据以制表符分隔的文本文件形式存盘。达到时间后,调用如图 2 所示的发送电子邮件子程序,将存盘的数据以电子邮件的方式发送到预设的电子信箱。

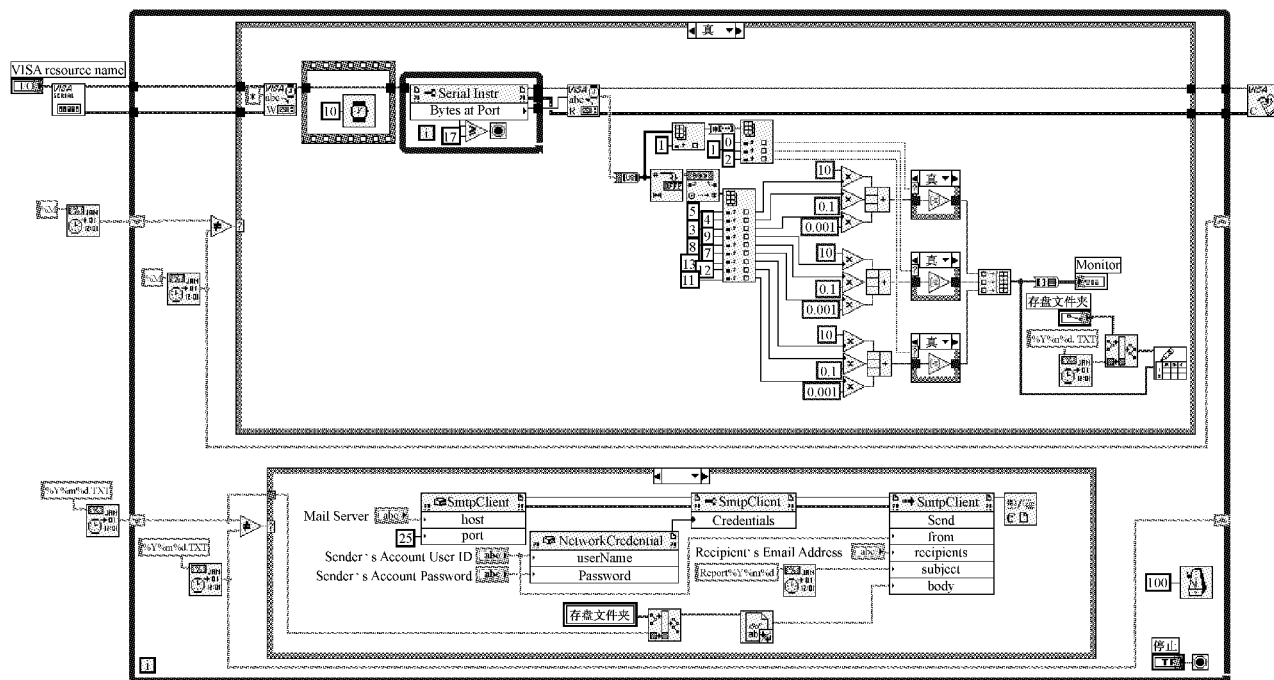


图 3 监控程序的 LabVIEW 程序框图

Fig.3 LabVIEW diagram of measurement system

4 结语

本文以 LabVIEW 为软件开发环境,使用光栅位移计监测室内轨道路基沉降量,按照预设的条件在监测计算机上实时测量、显示并存储测得的数据,并按预设的周期自动以电子邮件的形式向研究者汇报数据。

文中使用光栅位移计测量缓慢变化位移量,也可以结合具体的现场情况,使用其他数字型位移传

感器,如 Acuity 公司生产的 AR200 型激光位移传感器,只需对应修改程序中与传感器通信部分;由于发送数据采用电子邮件的方式,因此只要能联接到 Internet,不受具体联网方式的影响。

本文对于位移缓慢变化且无人值守条件下的长期观测提供了一种有效的方法。

参考文献:

- [1] 锦龙. 京沪高铁最高时速达到 486.1 公里 刷新世界记录

- [EB/OL]. [2010-12-04]. http://www.china.com.cn/travel/txt/2010-12/04/content_21479030.htm.
- JIN Long. The Beijing-Shanghai high-speed rail reaches a top speed of 486.1 km/h, which sets a new world record[EB/OL]. [2010-12-04]. http://www.china.com.cn/travel/txt/2010-12/04/content_21479030.htm.
- [2] 陈锡辉,张银鸿. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- CHEN Xihui, ZHANG Yinong. LabVIEW 8.20 program design from entry to the master[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.
- [3] 陈芳,江和. 温度传感器 DS18B20 在 Proteus 中的仿真[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2010(7):17.
- CHEN Fang, JIANG He. Simulation of temperature sensor DS18B20 in Proteus[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2010(7):17.
- [4] 陈飞,陈亚娟. 基于 LabVIEW 的多点测温系统[J]. 工业控制计算机,2010(9):25.
- CHEN Fei, CHEN Yajuan. Multiple-dot temperature measurement system based on LabVIEW[J]. Industrial Control Computer, 2010(9):25.
- [5] 陈志红,张甄,陈志勇. 基于 51 单片机温度采集系统的设计与实现[J]. 硅谷,2010(21):90.
- CHEN Zhihong, ZHANG Zhen, CHEN Zhiyong. A temperature acquisition system design and implementation based on MCS-51[J]. Silicon Valley, 2010(21):90.
- [6] 赵晋琴. 基于 GPRS 技术的无线远程抄表系统设计与实现[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版,2010(11):89.
- ZHAO Jinqin. Design implementation of wireless remote automatic meter reading system based on GPRS technology[J]. Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science, 2010(11):89.
- [7] 李满昌,石伟,孙健,等. 基于以太网的高速数据采集系统设计[J]. 工程与试验,2010,50(2):46.
- LI Manchang, SHI Wei, SUN Jian, et al. Design on high-speed data acquisition system based on Ethernet[J]. Engineering & Test, 2010,50(2):46.
- [8] 孙大松,周杰,王红林. 基于 Internet 的电力线监测系统设计与实现[J]. 南京信息工程大学学报:自然科学版,2010,2(4):340.
- SUN Dasong, ZHOU Jie, WANG Honglin. The design of power line monitoring system based on internet[J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition, 2010,2(4):340.
-
- (上接第 1332 页)
- [4] Bar-Gera H, Boyce D. Origin-based algorithms for combined travel forecasting models[J]. Transportation Research Part B. 2003, 37(5): 405.
- [5] Florian M, Wu J H, He S. A multi-class multi-mode variable demand network equilibrium model with hierarchical logit structures [C]//Transportation and Network Analysis: Current Trends. Dordrecht: Kluwer, 2002: 119-133.
- [6] Lam W H K, Huang H J. A combined trip distribution and assignment model for multiple user classes[J]. Transportation Research Part B. 1992, 26(4): 275.
- [7] Safwat K N A, Magnanti T L. A combined trip generation, trip distribution, mode split, and trip assignment model[J]. Transportation Science. 1988, 22(1):14.
- [8] Oppenheim N. Urban travel demand modeling [M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [9] 喻翔,毛敏,刘建兵. 城市交通需求预测组合模型的研究[J]. 西南交通大学学报,2003, 38(1): 75.
- YU Xiang, MAO Min, LIU Jianbing. Study on combined models of demand forecasting for urban traffic[J]. Journal of Southwest Jiaotong University. 2003, 38(1): 75.
- [10] 杜刚诚,彭国雄. 交通组合模型在交通需求预测中的应用研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2004, 28(1): 92.
- DU Gangcheng, PENG Guoxiong. A study of application of combined model in traffic demand forecasting[J]. Journal of Wuhan University of Technology: Transportation Science & Engineering. 2004, 28(1): 92.
- [11] Chen A, Yang C, Kongsomsaksakul S, et al. Network-based accessibility measure for vulnerability analysis of degradable transportation networks[J]. Networks and Spatial Economics. 2007, 7(3): 241.
- [12] D'Este G M, Taylor M A P. Application of accessibility based methods for vulnerability analysis of strategic road network [J]. Networks and Spatial Economics. 2006, 6: 267.
- [13] Lleras-Echeverri G, Sanchez-Silva M. Vulnerability analysis of highway networks, methodology and case study [J]. Proceedings of Institution of Civil Engineers: Transport. 2001, 147(4): 223.
- [14] Sohn J. Evaluating the significance of highway network links under the flood damage: an accessibility approach [J]. Transportation Research Part A. 2006, 40: 491.
- [15] 蒲琪,杨超,涂颖菲. 基于二次插值法的交通需求组合模型算法[J]. 同济大学学报:自然科学版,2009, 37(12): 1615.
- PU Qi, YANG Chao, TU Yingfei. A quadratic interpolation method-based algorithm for a combined travel demand model [J]. Journal of Tongji University: Natural Science. 2009, 37(12): 1615.
- [16] Ben-Akiva M, Lerman S R. Disaggregate travel and mobility-choice models and measures of accessibility[C]// Proceedings of the 3rd international conference on behavioural travel modeling. London: Croom-Helm, 1979: 654-679.