

地铁隧道形变监测系统数据通信研究

周奇才, 江胜男, 费红伟

同济大学机械工程学院, 上海 201804

摘要 运营地铁隧道的形变包括隧道纵轴线沿横断面的位移及隧道横断面形状的变化, 当隧道形变过大时将影响地铁安全运营。本研究提供一种基于图像传感器和隧道检测装置的隧道形变检测系统。由于隧道形变监测采集的数据量很大, 传输过程难免出错。通过制定通信协议和编写相应的软件程序, 实现上位机与下位机的数据通信, 可实现系统数据的收发、计算和存储功能, 程序简洁, 数据接收基本可靠, 且能长期稳定运行, 为上位数据处理和信息发布提供可靠的基础数据, 进而为准确预测地铁隧道的运营情况提供参考。

关键词 RS232; 串行通信; 隧道形变; 通信协议

中图分类号 TP274+.2

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)09-0037-05

Data Communication Research of Subway Tunnel Deformation Monitoring System

ZHOU Qicai, JIANG Shengnan, FEI Hongwei

College of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China

Abstract The deformation of operating subway tunnel includes the displacement of the tunnel longitudinal axis line along the cross-section and the changes of tunnel cross-sectional shape. However, the security of subway operation should be affected if the deformation of tunnel is too large. A deformation detection system has been given in this article, which is made based on the image sensors and tunnel deformation detecting devices. And the deformation detection could be perfectly accomplished owing to its high degree of automation and good repeatability. But actually the amounts of data collected are so large that some mistakes can not be avoided in the process of transmission. Here data collected could be transmitted in security by making reasonable concise communication protocols and compiling effective communication programs, which provides reliable basic data to right monitoring results. The data communication between the host computer and the slave computer is basically achieved. The functions of accounting and saving and collecting and receiving of data also carry out. The program is compact and the received data is credible. The stability of the program meet the requirement of the system. The basic data can be provided for the host computer. According to the data, it can be trust to the intuitionistic data for the information issuance. The data can be provided for forecasting correctly the condition of the subway tunnel.

Keywords RS232; serial communication; tunnel deformation; communication protocol

0 引言

随着经济迅猛发展, 中国进入城市化快速发展阶段, 城市人口不断增长, 给城市交通造成了很大压力。根据国内外的普遍经验, 缓解城市交通最有效的措施是大力发展城市轨道交通。地铁是一种在狭小空间内快速载运高度密集人群的复杂系统, 地铁事故具有巨大的危险性。因此, 研制运营隧道

形变检测分析系统, 根据隧道形变的渐变性及长期性, 采集隧道形变实时数据并建立长时段基础数据, 通过对数据进行时间及空间的融合, 实现隧道形变的网络发布并建立隧道变形预警机制, 对提高地铁安全运营具有重大意义^[1]。

中国隧道管理与养护技术较为滞后, 虽在多座隧道中引进了成套隧道营运监控系统的技术, 但效果不甚理想, 主要

收稿日期: 2009-12-28

基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划项目 (08201202103)

作者简介: 周奇才, 教授, 研究方向为机电一体化、城市建设机械智能控制, 电子信箱: qczhou@tongji.edu.cn

原因在于控制模式不切合实际,且在长大隧道方面应用较少,因此迫切需要研究地铁隧道运营、养护技术与智能管理系统。目前,隧道监测养护研究的方法不尽相同,主要有基于光纤光栅的位移传感器方法^[2-4]、基于激光扫描仪的隧道形变监测技术^[5]等,对多种方法的研究也形成了多套理论体系^[6-8]。本研究以网络传感器技术和图像识别技术为基础,配合断面扫描检测车扫描的断面数据,对运营地铁隧道形变进行在线实时监测,根据隧道变形数据分析隧道变形状况,及时预报隧道变形状况不良引起的灾害。

1 方案描述

要对隧道形变进行准确地描述,其监测数据至少包括两个方面:隧道整体变形监测(图1)和隧道局部(断面)变形监测(图2)。

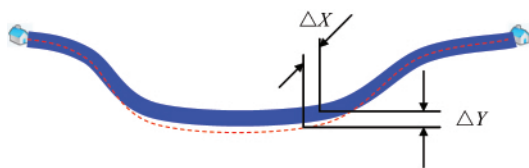


图1 整体形变监测示意

Fig. 1 Sketch map of the total deformation



图2 隧道局部形变监测示意

Fig. 2 Sketch map of the part deformation

隧道整体变形监测采用建立传感器检测网络的方式,由分布于隧道各检测断面上的智能图像传感器及其网络系统构成。由智能图像传感器对各断面的相对位移进行检测,并通过网络系统向站级监测系统发送检测结果。

隧道局部(断面)变形监测是利用地铁每天的检修窗口,通过车载设备上的断面变形测量仪定期对隧道断面进行连续扫描检测,结合检测车的纵向定位系统,利用检测控制及预处理技术,获得隧道断面变形信息,在特定站点通过无线通信技术,向站级检测系统或中央监控中心传递测量数据。

对以上两类数据进行有效融合,可很好地监测隧道形变情况,及时预警,防止事故的发生。其项目的总体架构如图3所示^[9]。

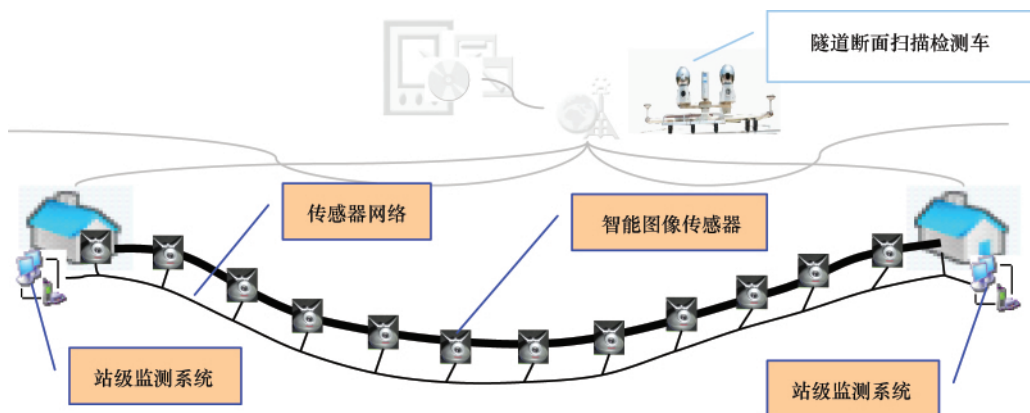


图3 总体架构

Fig. 3 Whole structure

2 通信方式及通信协议

在实际中,地铁隧道形变量随时间的变化较为缓慢,形变数量并不大,所以微小误差可能导致监测结果失真。采用正确的通信方式,制定合理的通信协议,保证采集数据准确无误地传送到上位主机,就显得尤为重要。

由于隧道整体变形监测、隧道局部变形监测的数据来源

于两种检测方式,其数据传输原理不尽相同。隧道整体变形监测采用的方法是在隧道壁上固定图像传感器,用一条RS485总线将所有的图像传感器连接起来,再用RS232将上位机和RS485总线连接起来,其具体过程如图4所示^[10]。隧道局部变形监测采用的方法是利用PLC控制旋转编码器,与旋转编码器相连接的旋转电机上固定有激光测距仪,整套装置



图4 隧道整体变形监测数据通信方式

Fig. 4 Communication method of the monitoring data of the whole deformation

固定在检测车上,为了方便与上位机进行数据通信,数据的接收和发送采用无线信号,激光测距仪采集的数据先存储在

PLC 中,等一次测量结束(两站之间多个截面测量完毕),通过无线装置将数据发送到上位主机,具体过程如图 5 所示^[11]。

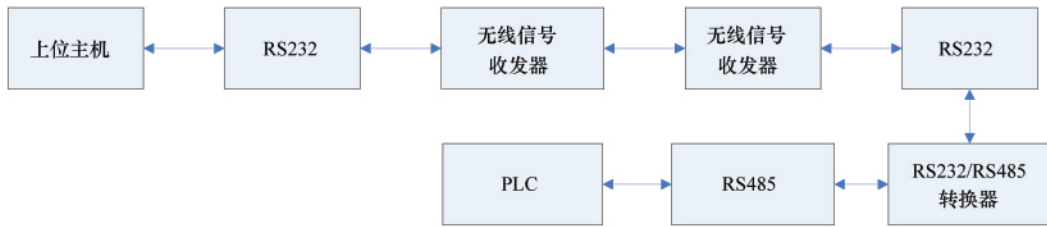


图 5 隧道局部变形监测数据通信方式

Fig. 5 Communication method of the monitoring data of the part deformation

本系统的通信采用主从方式,以计算机作为主机发起通信,下位的图像传感器和 PLC 始终处于被动状态,随时准备响应来自计算机的通信请求。上位机以“发送请求帧—接受数据帧”为一个循环^[12],每次循环将中断服务程序连接到接口中断事件,并设置定时器实现自动收发功能。针对上面的两种检测方式,其通信协议大体可分为两类:针对上位主机和图像传感器之间数据传输的通信协议、针对上位主机和 PLC 之间数据传输的通信协议。

上位主机和图像传感器之间数据传输的通信协议中,除数据采集功能外,还要实现对图像传感器工作状态的监控。为了简化数据通信过程,设计的数据采集和状态监控过程中,主机发送的请求帧格式相同,只是在数据位上设定不同数据,以使图像传感器区分是返回状态帧还是采集的数据帧。在每次数据采集之前,上位主机需要给每一个图像传感器发送一个状态请求帧,图像传感器检测到请求帧之后,给上位主机返回一个状态帧,通过对状态帧的判断来确定图像传感器是否处于正常工作状态。如果状态正常,提示上位机可以进行数据采集;如果状态不正常,则进行图像传感器的刷新和维修。请求帧的格式如图 6 所示^[13]。



图 6 请求帧格式

Fig. 6 Requesting frame format

其中,源地址为上位主机地址,目的地址为图像传感器的地址,根据仪器事先设定的地址做相应变化。帧类型位是为了让图像传感器区分是状态请求帧还是数据请求帧,本研究约定:“01”是状态请求帧的标志,“02”为数据请求帧的标志。在数据帧中,增加了 CRC 检验位,以验证数据的准确性。其他部分的含义与上述请求帧相同,其格式如图 7 所示。

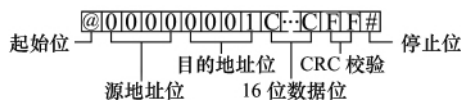


图 7 与图像传感器通信数据帧格式

Fig. 7 Frame format communicating with the sensor of image

上位主机和 PLC 之间的数据传输通信协议中,省略了对 PLC 状态的监控,实际上只有数据请求帧的发送和对数据帧的接受。其中,请求帧的格式与前文的请求帧格式相同,只是将帧类型位换成“03”,此处不再赘述。数据帧具体格式如图 8 所示。



图 8 与 PLC 通信数据帧格式

Fig. 8 Frame format communicating with PLC

监测车在采集数据的过程中,每隔一定距离进行一次断面扫描,每个断面取多个采样点的坐标数据,以便拟合断面形状。由于每个断面设置的采样点较多(为了保证拟合断面的精度),每个断面的数据无法一次全部发送完毕,故在 PLC 中将数据截成多段进行发送,在上位主机中再将收到的数据帧进行整合。在数据帧中,数据长度即代表后面发送的数据位数。由于每次发送的数据位数较多,除 CRC 校验外,增加了一个检验数据对错的方法。断面号是采集数据的断面编号。根据上海地铁隧道实际情况及系统自身精度的限制,要准确测得隧道断面数据,相邻两个断面之间的距离不能太长,断面号是用来区分不同的断面,数据段号是截断数据的顺序编号。要将采集数据截断进行多次发送,为了让上位机能将截断的数据进行很好地整合,就必须提供数据段的先后顺序。

利用规定好的通信协议,能让通信过程规范、简洁,保证所收到数据的准确性,为数据融合和检测信息的发布打下基础。

3 计算机通信编程

根据上述通信方式和制定的通信协议,在编程上主要实现 3 方面的功能:图像传感器工作状态的监测,异常状态的自我修复和相应的预警功能;隧道整体形变监测数据的收发及保存功能;隧道断面形变监测数据的收发及保存功能。其具体的实现过程如图 9 所示^[14]。

在 VB 2005 所提供的类中,增加了 SerialPort 类,专门处

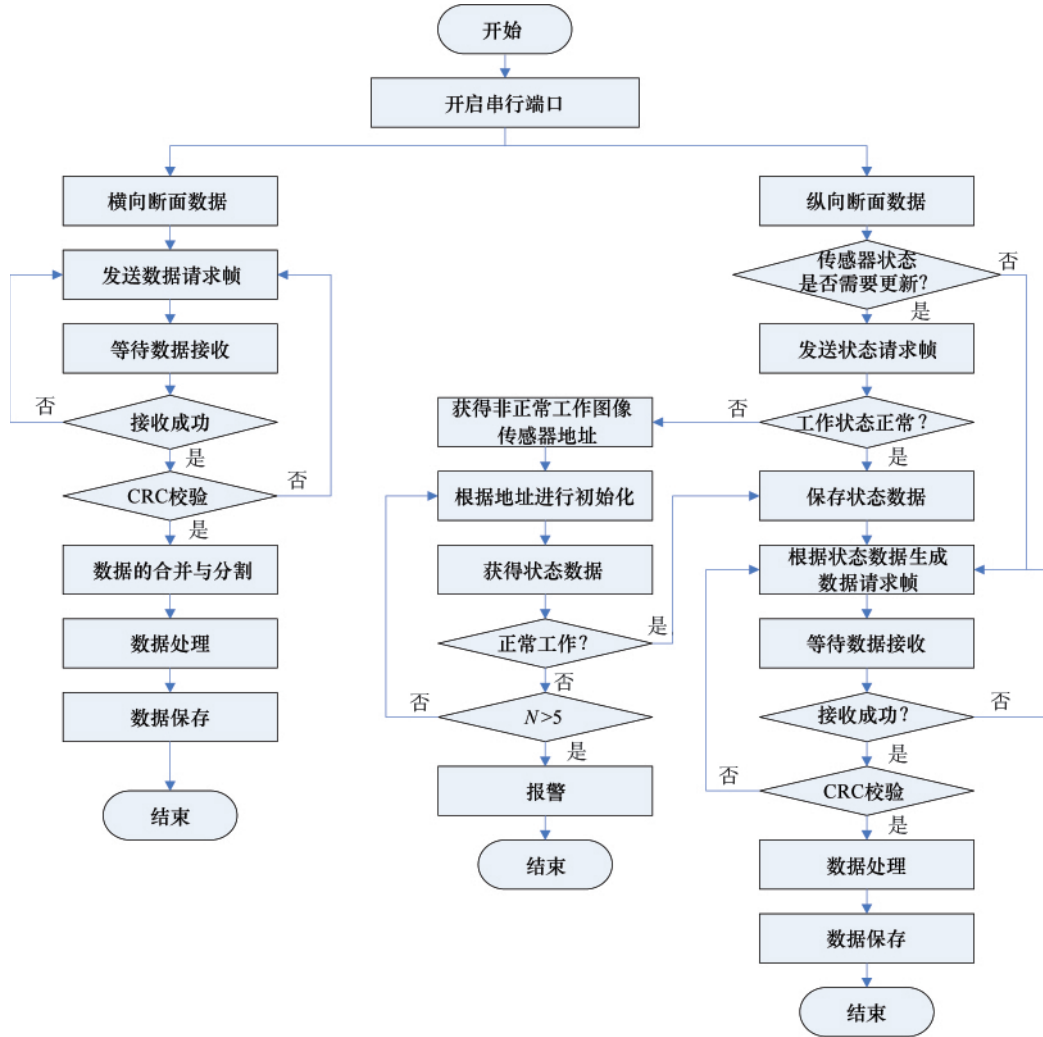


图9 程序框图

Fig. 9 Program block diagram

理串行端口的控制及数据的收发。在 SerialPort 类的成员中包含了若干个构造方法，其中最常用的为 SerialPort (String, Int32, Parity, Int32, StopBits)，其中包含了串行端口的名称、传输速率、奇偶校验位、数据位的长度及停止位的长度，这 5 个参数是使用串行端口进行通信控制时必须给予的基本参数^[13]。

对于数据请求帧的发送模块，只需根据需求将请求帧发送给图像传感器，具体的命令为 RS232.Write()^[16]。对于数据帧的接受模块，一般常用定时器或多线程方法。本研究对这两种方法都有尝试，其部分程序如下：

定时器程序：

```
Dim InStr As String
InStr = ""
Try
    RS232.ReadTimeout = 1000
    InStr = RS232.ReadExisting()
    If InString.Length = 0 Then
        Exit Sub
    Else
```

```
a(0) = InStr
Catch ex As Exception
    MessageBox.Show("错误"+ex.ToString,"通知",MessageBoxButtons.
        OK, MessageBoxIcon.Exclamation)
End Try
多线程程序：
Private Sub RS232_DataReceived
    If e.EventType <> SerialData.Chars Then Exit Sub
    TimeDelay(200)
    Dim inStr As String = RS232.ReadExisting
    DisplayText(inStr)
End Sub
Private Sub DisplayText(ByVal CData As String)
    If Me.txtReceive.InvokeRequired Then
        Dim d As New SetTextCallback(AddressOf ShowString)
        Me.Invoke(d, New Object() {CData})
    Else
        ShowString(CData)
```

End If

End Sub

Private Sub ShowString(ByVal CData As String)

a(0) = CData

End Sub

通过比较可得,利用定时器实现数据的自动收发,程序简单,容易实现,适合数据量小、设备运行非常稳定的场合^[17]。一旦由于外界因素导致下位的数据传输时间超过定时器设定的时间,就可能出现数据冲突,这就凸现出定时器适应能力较低的缺陷。如果采用多线程,程序较为复杂,但通过设定阈值,当缓存区数据长度超过设定阈值时,就会触发读取线程,使系统具有较强的适应性。

4 结论

本系统采用非接触、实时在线方式,全面获取结构体信息,基于计算机网络通信技术实现多传感器数据融合,试验成本低,过程可重复,具有实时、动态、高精度的特点,能提高局部监测的精度和时空上整体监测分析的能力。实验证明,本通信协议和相应的软件程序,成功解决了多传感器海量数据的传输和存储问题,能很好实现上位机与下位机的数据通信,实现系统数据的收发、计算和存储功能,程序简洁,数据接收可靠,且能长期稳定运行,为上位数据处理和信息发布提供可靠的基础数据,进而准确预测地铁隧道的运营情况。

参考文献 (References)

- [1] 朱永全, 宋玉香. 隧道工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
Zhu Yongquan, Song Yuxiang. The tunnel engineering[M]. Beijing: China Railway Press, 2005.
- [2] 孙新民, 孙红月, 严细水. FBG 传感器在量测围岩内部位移中的应用[J]. 岩土力学与工程学报, 2008, 27(S2): 553-557.
Sun Xinmin, Sun Hongyue, Yan Xishui. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(S2): 553-557.
- [3] 赵星光, 邱海涛. 光纤 Bragg 光栅传感器在隧道监测中的应用[J]. 岩土力学与工程学报, 2007, 26(3): 587-593
Zhao Xingguang, Qiu Haitao. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, 26(3): 587-593
- [4] 吴钰骅, 沈林冲, 金伟良. 长距离光纤传感技术在地铁隧道监测重的应用[J]. 中国市政工程, 2006(6): 59-61.
Wu Yuhua, Shen Linchong, Jin Weiliang. China Municipal Engineering, 2006(6): 59-61.
- [5] 刘德辉, 廖高华, 周国浩. 一种隧道位移激光定位自动监测系统[J]. 仪表技术与传感器, 2006(12): 31-33.
Liu Dehui, Liao Gaohua, Zhou Guohao. Instrument Technique and Sensor, 2006(12): 31-33.
- [6] 王建海, 方振和, 李英, 等. 多传感器数据融合浅析[J]. 上海大学学报: 自然科学版, 1997(4): 454-461.
Wang Jianhai, Fang Zhenhe, Li Ying, et al. Journal of Shanghai University: Nature Edition, 1997(4): 454-461.
- [7] 陈贤友. 变形监测成果数据库管理系统的研制 [J]. 矿业快报, 2003(6): 24-26.
Chen Xianyou. Information of Mining Industry, 2003(6): 24-26.
- [8] Hu Jianhua, Yan Xijun, Zhou Keping, et al. Study on the deformation and safety in the process of shallow buried tunnel construction engineering computation, 2009[C]//ICEC '09 International Conference on Digital Object Identifier, 2009: 123-126.
- [9] 吕康成. 隧道工程试验检测技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.
Lu Kangcheng. Detection technology of tunnel test [M]. Beijing: China Communications Press, 2000.
- [10] 吕文达. Visual Basic.Net 因特网与 IO 技术实务 [M]. 台北: 文魁信息股份有限公司, 2004.
Lu Wenda. Visual basic.net internet and IO technology practice [M]. Taipei: Wenkui Information Co Ltd, 2004.
- [11] 张浩风. PLC 梯形图设计方法与应用实例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
Zhang Haofeng. Methods and applications of PLC ladder diagram design [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2008.
- [12] 范逸之, 陈立元. Visual Basic 与 RS-232 串行通信控制最新版[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
Fan Yizhi, Chen Liyuan. The latest version of Visual Basic and RS-232 serial communication control [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001.
- [13] Tanenbaum A S. 计算机网络[M]. 潘爱民 译. 第 4 版. 北京: 清华大学出版社, 2004.
Tanenbaum A S. Computer networks [M]. Pan Aimin trans. 4th ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.
- [14] 臧洪光, 王涛, 唐植华, 等. Visual Basic 2005+SQL Server 2005 数据库开发与实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
Zang Hongguang Wang Tao, Tang Zhihua, et al. Development and examples of visual basic 2005 + SQL server 2005 database[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [15] 陈立元, 范逸之, 廖锦棋. Visual Basic 2005 与自动化系统监控 (RS-232 串行通信)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
Chen Liyuan, Fan Yizhi, Liao Jinqi. Visual Basic 2005 and automated monitoring system (RS -232 serial communication) [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [16] 蔡宏. Visual Basic.Net 案例开发集锦 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
Cai Hong. Collection of Visual Basic.Net case development[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2008.
- [17] 许进标. Visual Studio.Net 高手攻略 [M]. 台北: 暮峰信息股份有限公司, 2002.
Xu Jinbiao. Master strategies of Visual Studio.Net [M]. Taipei: Jifeng Information Co Ltd, 2002.

(责任编辑 杨书春)

本期推理小游戏答案

根据 1, 三人中有一位父亲、一位女儿和一位同胞手足。如果甲的父亲是丙, 那么丙的同胞手足必定是乙。于是, 乙的女儿必定是甲。从而甲是乙和丙的女儿, 而乙和丙是同胞手足, 这是乱伦的关系, 是不允许的。因此, 甲的父亲是乙。于是, 根据 2, 丙的同胞手足是甲。从而, 乙的女儿是丙。再根据 1, 甲是乙的儿子。因此, 丙是唯一的女性。