

文章编号：1005-8451 (2016) 03-0067-03

# 轨道交通地下工程建筑安全检测系统技术研究

田玉冬<sup>1,2</sup>, 王广勋<sup>1</sup>, 高建洪<sup>1</sup>

(1.苏州科技大学 机械工程学院, 苏州 215009; 2.上海交通大学 能源研究院, 上海 200030)

**摘要：**城市轨道交通地下工程建筑安全检测是轨道交通安全工程领域的一个重要研究方向。本文分析城市轨道交通地下工程建筑安全检测的目标和内容,设计安全检测系统,给出工作原理和技术方法,并对安全检测系统的结构原理、技术实现和设计特点进行详细研究。

**关键词：**轨道交通; 地下工程; 建筑安全; 检测系统; 技术研究

**中图分类号：**U231.3 TP39 **文献标识码：**A

## Underground Engineering Building Safety Test System for Urban Transit

田玉冬<sup>1,2</sup>, 王广勋<sup>1</sup>, 高建洪<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China;

2. Energy Research Institute, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** The underground engineering building safety test for Urban Transit is an important research area. This article analyzed the aim and content of test, designed the Underground Engineering Building Safety Test System, presented the principle and technology method of the System, researched on the structure principle, technology implementation and design characteristics in detail.

**Key words:** Urban Transit; underground engineering; building safety; Test System; technical study

随着国民经济的快速增长,我国城市轨道交通得到了大力发展,建设速度惊人<sup>[1]</sup>。自1969年我国第一条地铁在北京建成通车后,城市轨道交通在天津、上海、广州、深圳、南京等城市相继建成和投运<sup>[2]</sup>。到2014年底,我国有城市轨道交通的城市已达22个,线路101条,长度3 155 km。在营运的北京、上海、广州等大都市,日均客流量已超过100万<sup>[3]</sup>。在上下班和节假日高峰拥堵时,城市轨道交通以其安全、快速和准确等特点,已成为人们出行的首选交通方式之一。

在不断增长的城市大客流量面前,城市轨道交通在推动城市发展的同时,也对环境和建筑产生了一定的影响,这给城市生态环境和人们的安全带来了新的问题和挑战<sup>[4]</sup>。目前,不少地区城市轨道交通地下建筑安全问题和地面沉降、地质裂缝、地洞等地质灾害及其次生问题不断发生,浪费了大量的人力和物力<sup>[5]</sup>。事实上,自地铁诞生之日起,地铁建筑支护检测和修补便开始了,地铁对环境和建筑的危

害就一直没有间断过,充分暴露出城市轨道交通地下建筑环境安全和控制措施的不足,因此,对城市轨道交通地下工程建筑安全检测等新问题和新技术进行长期深入研究具有重要的现实意义。

## 1 城市轨道交通地下工程建筑安全

从结构上,城市轨道交通地下工程建筑主要由地铁站台和地铁隧道组成,属于典型的坑道节点式构造<sup>[6]</sup>。根据城市轨道交通、地下铁道工程和铁路隧道工程方面的国家标准,城市轨道交通地下工程建筑结构的设计使用年限应为100年<sup>[7]</sup>。其安全要求包括结构强度、结构功能和结构可修复3个方面。

城市轨道交通地下工程建筑安全检测是通过测量和巡查,对地下工程建筑的主要参数进行监控,经过评价指标分析进行安全等级评判<sup>[8]</sup>。其目的是通过测量,评价城市轨道交通地下工程建筑结构的安全性。

一般来说,影响城市轨道交通地下工程建筑结构安全的主要因素包含有环境和人为这两个方面。

综合以上分析,目前城市轨道交通地下工程建

收稿日期: 2015-07-18

基金项目: 建设部2013年科学技术项目计划(2013K534)。

作者简介: 田玉冬, 教授; 王广勋, 副教授。

筑结构安全检测的内容主要有(1)断层(2)裂隙;(3)剥落;(4)渗透水;(5)变形和位移。检测方法采用传统的定期关键点巡查和结构工程仪器直接接触式离散测量,从而形成报表制度。

## 2 安全检测系统设计和工作原理

### 2.1 安全检测系统设计

城市轨道交通地下工程建筑安全检测系统的设计主要由车地两套独立计算机装置组成,以完成对地下工程建筑结构支护围栏两侧涂覆黑白色带图像和位置进行检测,对拱顶自然结构状态进行检测,以及对地面为拱桥轨道结构状态进行检测。

车辆上安装下位机和上位机两级计算机装置,通过串行通信进行数据交换。下位机由嵌入式系统组成,完成测量传感器的信号处理;上位机由工控计算机组成,完成操作、输出、显示、监测测量结果,并进行管理。地面车站计算机装置实时执行操作和管理,完成检测、统计、分析和报表。其系统总体结构框架如图1所示。

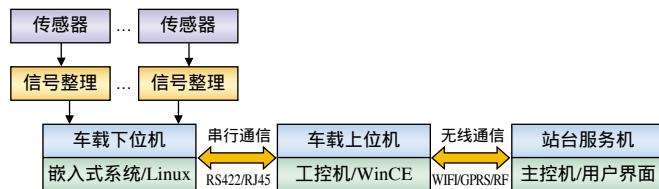


图1 安全检测系统结构图

### 2.2 安全检测系统工作原理

城市轨道交通地下工程建筑安全检测系统的基本工作原理是,通过CCD传感器获取被测物体的图像,然后对图像进行处理,在图像处理后完成对被测结构的测量。一般图像只能进行2D测量,此处采用视觉自动聚焦技术就能够进行2.5D测量。视觉自动聚焦技术是采用自动聚焦判别函数对高度不属于同一平面上的两点进行精确聚焦,然后通过计算得到两点间的距离。

通过CCD传感器获取被测结构图像的模拟信号,经过车载下位机进行A/D转换,转换成数字信号、输入到计算机,然后由图像处理手段对图像中需要测量的几何图元进行测量,从而实现对被测结构的非接触测量。图像处理需要实现的功能包括图像获取、

图像滤波降噪、图像增强、图像边缘定位、特征定位、图元拟合、图元计算等。

## 3 安全检测系统技术实现

随着计算机技术、通信技术、控制技术和微电子技术的飞速发展,采用计算机图像检测技术进行城市轨道交通地下工程建筑安全检测,并按照我国城市轨道交通技术规定,采用车地无线通信系统<sup>[9]</sup>。

### 3.1 硬件技术

嵌入式系统是集成电路技术和微型计算机技术高速发展的产物。在车载下位机中的测量模块采用嵌入式系统检测单元设计方案,主要是考虑了系统模块化和可维护性。

由于图像处理的直观性和可视性,检测单元中的传感器选用CMOS型CCD,代表性产品有USB摄像头。嵌入式系统处理器现有单片机、DSP和微处理器3大类,此处采集和处理的均为实时彩色图像,故采用微处理器,其典型产品有ARM系列多个品种可灵活选用。视频数据采集和图像处理可采用Linux软件实现,对处理后的压缩图像通过城市轨道交通监控系统通信标准由规定的接口完成即可。最后,视频图像传送给车载上位机进行实时的显示和控制。其系统硬件结构如图2所示。

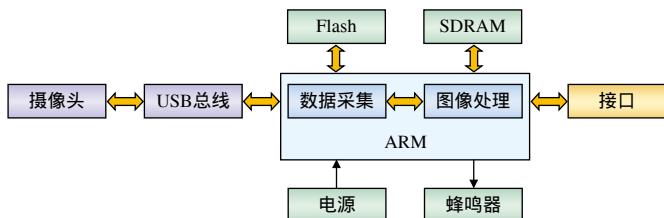


图2 系统硬件结构图

### 3.2 软件技术

根据城市轨道交通技术标准和设计规范的要求,安全检测系统在软件技术方面需要具备完成图像处理的功能。

在图像产生、传输和变换的过程中,由于各种因素的影响,往往会使图像与被测结构之间产生差异。这给从图像中提取各种安全信息造成了很大困难。因此,对CCD传感器得到的图像要进行各种处理,以降低噪声干扰。常见的图像噪声包括光学成像及采样过程中常会出现的混叠噪声、插入噪声、抖动噪声、

电子噪声等。而且边缘的检测和提取往往对噪声较敏感，因此首先需要对图像进行滤波降噪处理。

数字图像滤波器有线性和非线性两大类。线性滤波器对高斯噪声有较好的平滑作用，但对其他噪声的抑制效果较差，而且会出现模糊边缘。在非线性滤波器中，中值滤波器在过滤噪声的同时，还能较好保护边缘轮廓，对消除孤立点和线段的干扰十分有用，特别是对于二进制噪声尤为有效。这就特别符合几何测量中对边缘定位的需求，因此安全检测系统选用中值滤波器对图像进行滤波降噪。

由于要测量物体轮廓边缘的几何信息，所以图像边缘信息提取的好坏就显得尤为关键。一般物体和背景具有较大的对比度，反映在图像上就是物体和背景的灰度差别较大，图像直方图将呈现较为明显的双峰型，所以安全检测系统采用阈值法实现图像分割。

## 4 安全检测系统设计特点

### 4.1 模块化

由于嵌入式器件的整体功能越来越强大，嵌入式系统模块化设计、组装、调试和维护技术已经非常完善，技术人员通过专业学习可以快速掌握和应用。在城市轨道交通现场应用中，各级子系统大量采用嵌入式系统完成模块化功能的实现。

### 4.2 集成化

现场检测技术进一步的发展，必然是高度集成化。对于日益复杂的城市轨道交通，从横向考虑，随着城市轨道交通建设规模的扩大和发展，各个子系统数量不断增加，遍布所有城市轨道交通的子系统；从纵向考虑，各系统都有向下层深入的趋势。因此，多子系统构成的安全检测系统不仅能够实现车站级集成，还能够实现现场级集成，甚至直接到各检测传感器上。

### 4.3 网络化

在一个城市，一般都存在多条轨道交通线路，这就要求把不同的线路资源进行网络化处理。从单线路的检测系统向路网级检测系统发展，是网络化发展的必然趋势。对于城市轨道交通的综合检测，可以采用线路、车站、车辆为层次单元，组成相对完

善的网络结构，同时具备强大的数据处理能力，能够更好地满足和适应轨道交通网络在不同层面上的需求。

## 5 结束语

建设准确实时高效的城市轨道交通地下工程建筑安全检测系统有助于节约资源，促进生态文明发展。城市轨道交通地下工程建筑安全检测系统技术反映了城市轨道交通信号、系统和集成的特性。本文在分析城市轨道交通地下空间建筑结构安全检测目标和内容的基础上，建立了模块化、集成化和网络化的计算机图像检测系统模型，详细介绍了其安全检测系统的设计思想、基本原理、技术实现和技术特点，对进一步技术开发和设备升级奠定了基础。

### 参考文献：

- [1] 钱七虎. 地下工程建设安全面临的挑战与对策 [J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31 (10): 1945-1956.
- [2] 刘伯鸿, 李国宁. 城市轨道交通信号 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2011.
- [3] 刘伯鸿, 李国宁. 城市轨道交通综合监控系统及集成 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2011.
- [4] 周晓军. 地下工程监测和检测理论与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [5] 张开冉. 城市轨道交通安全 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [6] 住房和城乡建设部工程质量安全管理司. 城市轨道交通工程质量安全管理检查指南 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [7] 朱沪生. 上海轨道交通网络化运营中的安全管理与风险控制 [J]. 城市轨道交通研究, 2012(10): 1-5.
- [8] 吕培印, 廖弈棋, 罗凤霞. 城市轨道交通工程建设安全管理信息系统设计与应用 [J]. 铁路计算机应用, 2012, 21(5): 37-40.
- [9] 常浏凯, 谭华. 地铁信号设备在线监测系统设计与实现 [J]. 铁路计算机应用, 2015, 24(3): 54-57.

责任编辑 陈 蓉