

文章编号: 1674—8247(2017)06—0078—06

## 山区高速铁路隧道群视频监控系统组网方案优化

陈水庆

(京福闽赣铁路客运专线有限公司, 福州 350013)

**摘要:**高速铁路综合视频监控系统是铁路行车环境安全监视和运输生产管理的重要组成系统之一。山区高速铁路线路区间分布着大量的隧道群,各隧道进出口都设置有 GSM-R 基站或直放站,部分隧道口附近还分布有信号和电力所亭,线路上视频监控系统接入网络汇集节点配置较多且节点间距较小。针对山区高速铁路线路的这一特点,对多隧道群线路区间视频监控接入网络汇集节点进行优化组合,系统组网通道采用全光网络取代原采用通信传输网提供通道组网,不仅可减少视频监控接入网络设备数量,提高网络运用性能,还可减少维护管理工作量,并有利于故障快速判定,对高速铁路建设节能减投也有着现实意义。

**关键词:**高速铁路视频; 网络组网; 方案优化

中图分类号: U285.5<sup>+</sup>3 文献标志码: A

## Optimization of Networking Scheme of Integrated Video Surveillance System for Tunnels on High-speed Railway in Mountain Area

CHEN ShuiQing

(JING-FU MIN-GAN Railway Passenger Dedicated Line Company Limited, Fuzhou 350013, China)

**Abstract:** The integrated video surveillance system for high-speed railway is one of the important systems for railway traffic environment safety monitoring and transportation production management. A large number of tunnels are distributed in the high-speed railway section in the mountain area, each entrance and exit of tunnel is provided with a GSM-R base station or repeater station and near a part of tunnel portals are also distributed the distribution of signal pavilion and power pavilion, therefore, there are more configuration of video monitoring system access network collection nodes on the line and the distance between nodes is smaller. According to the characteristics of high-speed railway lines in the mountainous area, the video monitoring access network collection node in the line section with multi tunnel groups is optimized. The all-optical network is used for system networking channel instead of the original communication transmission network, which can not only reduce the number of video monitoring access network equipment and improve the performance of network, but also reduce the maintenance and management workload, quickly determine the fault and has a practical significance to save the energy and reduce the investment for the high-speed railway construction.

**Key words:** high-speed rail video; networking; scheme optimization

高速铁路综合视频监控系统承担高速铁路线路、车站、行车安全要害区域及生产生活设施现场状况的实时监控,与铁路行车安全和运输生产管理紧密关联。在山区多隧道群高速铁路线路各隧道口基本都设置有

收稿日期: 2017-05-12

作者简介: 陈水庆(1971-),男,工程师。

引文格式: 陈水庆. 山区高速铁路隧道群视频监控系统组网方案优化[J]. 高速铁路技术, 2017, 8(6): 78-83.

CHEN Shuiqing. Optimization of Networking Scheme of Integrated Video Surveillance System for Tunnels on High-speed Railway in Mountain Area [J]. High Speed Railway Technology, 2017, 8(6): 78-83.

通信 GSM-R 系统基站或直放站站址,都设置有视频监控接入汇集网络设备。对山区多隧道群高速铁路线路视频监控系统网络组网方案进行合理的优化,不仅可以减少网络设备数量和提高网络运用性能,还可减少维护管理工作量和故障快速判定,同时对高速铁路建设减少投资也有着现实意义。

## 1 高速铁路综合视频监控系统组成与运用

高速铁路综合视频监控系统由核心节点、区域节点、接入节点、视频采集点、视频网络和用户终端构成,系统具有视频图像的实时远程监控、存储、回放、云镜控制等功能。系统对高速铁路线路、车站、行车安全要害区域及生产生活设施区域进行实时监控,为铁路调度、维管单位及公安等业务管理单位提供远程实时图像监控和过程图像的调阅查看。

## 2 高速铁路综合视频监控系统组网运用现状

### 2.1 系统构成

高速铁路综合视频监控系统在车站、隧道口、区间基站、电力和信号所亭、生产生活区域等节点都设置视频接入网络汇集节点设备,区间各视频接入网络汇集节点设备包括网络交换机、视频光端机、防雷单元、电源 UPS 等。在车站视频网络汇聚接入节点设置有存储设备、存储和转发设备、安全管理设备、网络设备及监控终端等设备,区间各视频汇集网络节点通过通信传输网系统提供连接通道进行组网。在铁路总公司颁布铁建设[2016]18号《关于发布设计时速200公里及以上铁路区间线路视频监控系统设置有关补充标准的通知》之前,各高速铁路线路综合视频监控基本是采用模拟视频监控系统。

### 2.2 系统组网

高速铁路综合视频监控系统的运用网络是建立在高速铁路数据网平台基础上,但区间各视频采集汇集网络节点连接通道还是采用基站或所亭设置的通信 SDH622M 传输网提供的通道接入车站数据网平台,通过车站数据网与路局中心既有数据网中心互联,实现视频资源共享。由于高速铁路基站、所亭通信传输网配置的传输容量仅有 622 M,除了为其他业务提供通道运用外,能为区间各视频网络节点提供的通道资源有限,最大不超过 155 M。

### 2.3 运用方案

全线各节点视频监控资源在一张视频监控网络平台上进行图像的存储和转发,在各业务维管单位设置监控终端并接入视频监控网络平台,各业务维管单位监控终端通过监控平台调用所需的视频资源,也可通过权限设置实现对各管理运用单位视频监控终端调看图像的范围。

### 2.4 山区多隧道群高速铁路线路视频监控组网运用情况

山区高速铁路线路上分布着大量的隧道群,各隧道进出口都有设置视频图像采集区域。山区高速铁路很多区段两个隧道口之间距离较短(多数在几百米或几公里),如图1所示。根据高速铁路设计规范,每个隧道口视频监控配置的图像采集摄像机有监控隧道口摄像机1台、基站或直放站场坪摄像机1台和室内摄像机1台、杆塔线路巡视摄像机1台,如果无站址的隧道口就只有隧道口摄像机1台和线路巡视摄像机1台。目前山区高速铁路区间视频监控系统网络布置方案是在各隧道口有基站或直放站、信号和电力所亭站址的节点都配置了视频网络汇集节点网络设备,区间网络节点通过通信传输网622M连接。基于以上原因,山区多隧道群高速铁路线路存在以下方面不足:

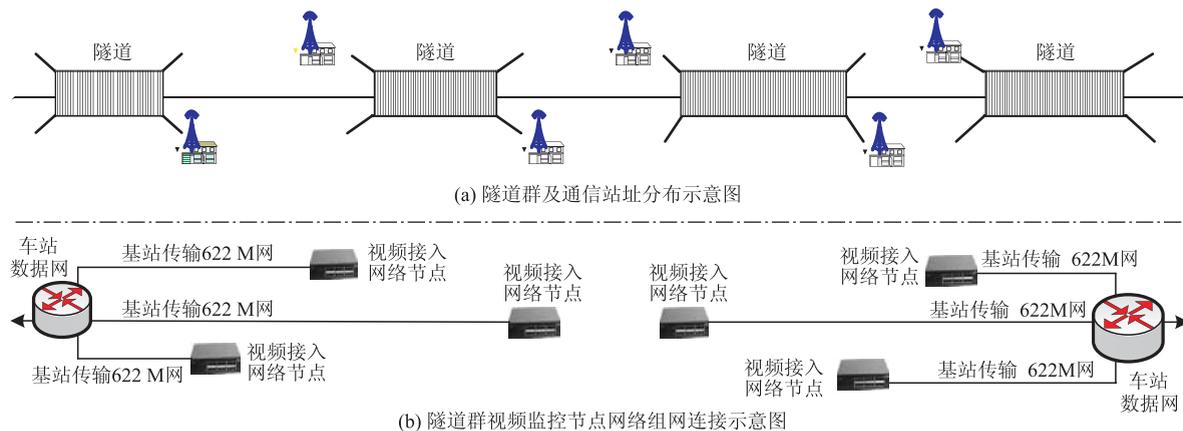


图1 山区高速铁路多隧道群通信站址分布及视频监控节点网络组网连接示意图

(1) 区间各视频汇集节点网络设备间采用传输网提供通道组网,能利用的传输网通道带宽资源有限。高速铁路区间 SDH 传输网(基站环、所亭环)最大资源只有 622 M,该传输系统需承载高速铁路其他系统业务网通道和系统保护运用,无法为视频监控系统提供更高通道带宽运用。

(2) 未充分利用光纤通信网络设备性能和隧道群内 GSM-R 直放站配置的区段冗余光纤,以至网络设备布置过密而造成建设成本和维护工程量增加。

(3) 网络结构和故障处理相对较复杂,传输时延也会增大。由于设备节点多,特别是采用传输网通道组网,数据传输需经过多个节点传输网元的复用分解,网络的时延加大不可避免。

### 3 山区多隧道群高速铁路综合视频监控系统组网方案优化

随着光网络通信和视频监控技术的不断发展,目前视频监控系统已逐步发展为数字高清且带多功能业务。铁路总公司铁建设[2016]18号文已明确今后高速铁路重要安全管控区域视频监控都要采用数字网络视频监控系统。数字网络视频监控系统对网络性能、网络传输带宽、网络延时提出了更高的要求。因此,充分利用光纤通信性能和现代光网络设备技术,对山区多隧道群区域高速铁路视频监控系统网络组网方案进行优化,可以有效减少视频监控系统设备数量,提高网络运用性能。

#### 3.1 数字网络视频监控技术介绍

随着视频监控和计算机网络技术的发展,数字网络视频监控系统已取代模拟视频监控系统。数字网络视频监控系统是基于 IP 网络来传输数字图像,前端视频采集设备采用数字网络摄像机(IP 摄像机)采集图像并进行数字压缩生成数字信号后,通过 IP 网络将数字图像传送至视频监控存储设备,通过计算机处理生成图像文件。它与模拟视频监控的区别就是在前端图像采集设备侧就实现了图像数字化处理并建立 IP 网络接口和 RS232/RS485 通讯口,实现只要有 IP 网络接口即可随时接入网络摄像机,组网简单、集成灵活。

在应用上,数字高清网络摄像机的功能和图像处理远远大于传统的模拟摄像机,通过前端采集到的高清数字图像还可在后台进行智能化分析、处理,使图像的内容分析、取证、识别、搜索、控制都能在计算机上得到实现,大大提高系统的智能化运用程度,变被动监控为主动监控。网络高清数字摄像机采集的图像清晰度可达到几百万像素等级,同时在抗电磁干扰、图像画面分辨率等方面拥有模拟摄像机不可比拟的优势。

#### 3.2 基于光纤网络组网技术介绍

光纤通信是利用激光和光导玻璃纤维作为载体进行信息数据的传输,系统主要由光源、光接收和光发送器、光纤线路三大部分组成。在发送端首先要把传送的信息变成电信号,然后经光调制设备调制成光信号,使光的强度随电信号的幅度(频率)变化而变化,并通过光纤发送出去;在接收端,检测器收到光信号后把它转换成电信号,经解调后恢复原信息。光纤通信是以前传输频带宽高、通信容量大、中继距离长、损耗低、抗电磁干扰能力强为主要特点。特别是局域网范围内,采用全光纤和光网络设备组网,不仅网络组网简单、传输带宽高,而且建设和维护管理成本将得到降低。

#### 3.3 系统设备布局 and 系统网络组网优化方案

由于山区多隧道群高速铁线路区间隧道口基站或直放站之间、基站与所亭之间的间距较短(多数在几百米或几公里),车站之间间距也在几十公里之内。现代光网络设备不需增加任何中继就能实现几十甚至上百公里的稳定传输。因此,山区多隧道群高速铁路线路视频监控网络采用全光纤线路加光网络设备组网,充分利用光传输性能对区间各视频监控点进行集中汇集,不仅可以节约大量的网络设备及配套设备,还可提高视频监控网络运用性能,减少维护工程量。

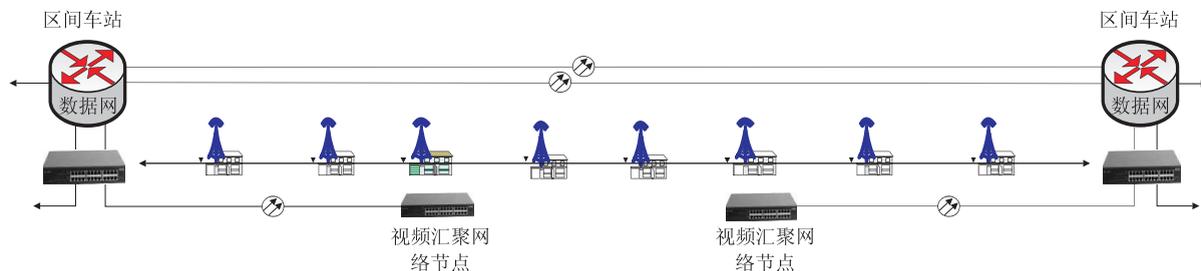
##### 3.3.1 系统设备布局优化方案

不在区间所有基站、所亭位置都设置视频采集接入汇集网络节点,而是在两个车站所在的区间选择中间密集段的 1~2 个基站站址(根据站间距离大小可增加)作为该区段视频监控各视频采集点接入汇集网络节点,并配置 24 口或 48 口(根据采集点数量配置)光电口混配网络交换机,接入汇集网络节点前后的视频采集点摄像机采用光纤拉远接入视频汇集网络交换机。视频摄像机与接入汇集点网络连接光纤可利用区间通信 GSM-R 系统直放站配置的区段光缆中的冗余纤芯。需要说明的是山区高速铁路隧道内每公里分布 1 个直放站,各个直放站采用区段光缆与就近隧道口基站连接。各隧道进出口、救援通道等视频监控采集点摄像机可以利用该区段光缆冗余的纤芯进行连接,设计单位在设计时可根据该区段视频监控采集点和直放站本身连接所需光缆纤芯数量来确定直放站区段光缆需要配置多大数量纤芯的光缆,无需为视频监控系统单独敷设光缆。采用该优化方案在山区多隧道群铁路至少可减少近一半左右的区间视频接入网络汇集设备,减少建设成本和维护工程量,同时也有利于故障的快速判定。

### 3.3.2 系统网络组网优化方案

区间各视频接入汇集网络节点之间连接通道采用光纤连接组网取代原采用通信传输网提供通道组网,视频接入网络设备采用光电口混配网络交换机。采用该优化方案能实现各视频节点间网络传输速率达到1 000 M/s,同时由于传输网络节点的减少,数据传输时延将会减小。原采用SDH传输网提供专线通道需

经过多个节点的传输网元复用分解,传输上的延时不可避免,又由于高速铁路基站、所亭间的传输网容量最大只有622 M,该传输网还需提供高速铁路其他系统业务通道运用,无法为区间视频监控系统提供更带宽的通道电路。因此采用全光纤加光网络设备组网比采用传输网通道组网无论是运用带宽还是传输性能都能得到较大的提高。网络节点连接组网如图2所示。



说明:区间各基站、信号电力所亭不全部设置视频接入汇集网络节点,只选择区间部分基站作为区段视频接入汇集网络节点。接入汇集网络节点采用光纤连接至车站数据网平台;区间视频采集摄像机利用GSM-R系统直放站与基站连接的区段光缆连接至视频接入汇集网络节点。

图2 山区金隧道群高速铁路区间视频监控接入汇集网络节点组网连接示意图

### 3.3.3 视频采集点摄像机与系统网络的连接方案

与视频采集接入汇集节点相邻的线路巡视、隧道口视频采集摄像机采用光网络数字摄像机,通过通信GSM-R系统直放站光缆冗余纤芯连接至视频接入汇集网络节点交换机光FE口;同一个基站、直放站、所亭内的室内和场坪摄像机距离机房网络交换机距离基

本都在50 m内,可采用多路视频光端机汇集前端摄像机后通过1对光纤连接至视频接入汇集网络节点交换机FE口,场坪与室内视频采集设备配置电FE口网络摄像机,采用带屏蔽网线连接至视频光端机。连接方案如图3所示。

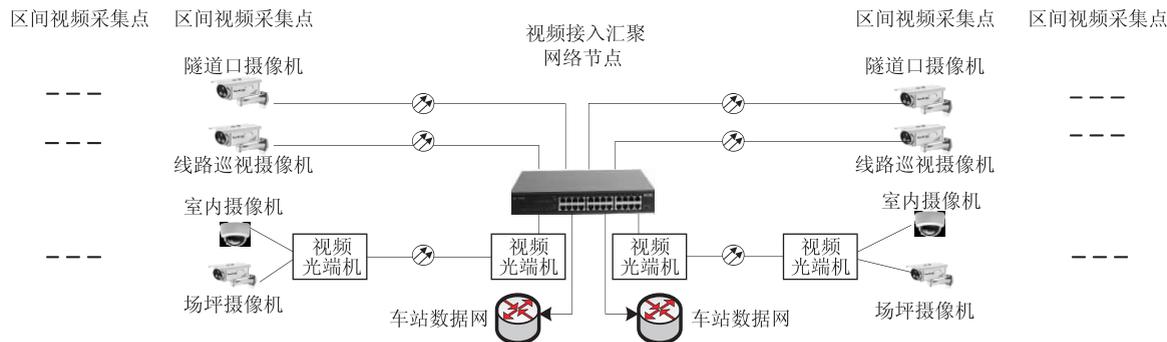


图3 山区多隧道群高速铁路区间视频采集点接入视频汇聚网络节点组网连接示意图

## 3.4 技术运用分析

### 3.4.1 光传输性能

随着光通信技术的不断发展,采用全光纤通信组网视频监控已在各个领域开始运用。现代光纤通信具有以下方面的特点和优势:

(1)通信容量大、传输距离远。一根光纤的潜在带宽可达20 THz。光纤的损耗极低,在光波长为1.55  $\mu\text{m}$ 附近,石英光纤损耗可低于0.2 dB/km,这比任何传输媒质的损耗都低。现代光纤通信技术,无中继传输距离可达几十、甚至上百公里。

(2)抗电磁干扰、传输质量佳,电通信不能解决各种电磁干扰问题,唯有光纤通信不受各种电磁干扰。

(3)光缆适应性强,寿命长,同比电缆成本要低的多。

### 3.4.2 光网络设备性能

光网络设备有以太网交换机、光路由器、光电转换收发器等。特别是光纤以太网交换机,目前已在各信息网络领域大量运用,它利用光纤传输损耗小、传输距离长的特点,有效解决了电以太网交换机需建立传输网系统来完成网络节点间通道问题。用户可以选择

全光端口配置或光电端口混合配置,接入光纤媒质可选单模光纤或多模光纤。采用双纤单模(波长1 310 nm或1 550 nm)光纤时,无中继传输距离可达几十、甚至上百公里。目前光网络交换机都具备光电接口接入,具备路由互为保护功能。

### 3.4.3 光视频信号接入设备

目前光视频信号接入设备具备利用一对光缆纤芯接入1至多路前端数字网络高清摄像机,光视频信号接入设备接口带光口和以太网口,光口延伸传输距离能达到几公里至几十公里(根据距离配置光模块),设备传输带宽可达100~1 000 M。设备性能可以满足高速铁路各视频监控节点之间及前端摄像机汇集拉远运用。

## 4 优化后系统维护和故障检测判定

视频监控系统网络采用全光纤加光网络设备组网在维护管理和故障检测判定上将更为简单,由于系统的网络平台少了中间传输网环节,日常维护和故障检测判定就无需传输网侧的配合,系统的故障检测判定可通过以下方式快速判定:

### 4.1 利用视频监控网管IP地址拼测

由于数字视频监控每个监控摄像机都分配了固定IP地址,通过网管拼测逐级拼测各节点的网络设备IP地址可以快速判定故障点位置。如果网管能拼测到最前端网络IP地址,则网络运用是良好的,故障在前端摄像机设备侧;如果最前端网络设备IP地址拼测不通或丢数据包,则往后逐级拼测网络设备IP地址,逐段查找出故障点网络设备,通过更换网络设备进一步验证排查故障。

### 4.2 利用通信数据网网络进一步验证视频系统网络侧故障

如果视频监控系统网管拼测最前端摄像机IP地址都是良好的,前端摄像机检测试验也是良好的,则可通过数据网网管逐级拼测各节点网络IP地址来进一步验证系统各节点间网络是否良好。

### 4.3 故障区段的快速判定

如果是一个节点网络所接视频监控图像全部无法获取,维护管理人员可通过光网络设备的光纤与设备接口状态(指示灯)快速判定光线路是否正常工作;也可通过更换1台备用网络设备来验证设备是否正常工作。

如果是一个节点网络所接视频监控图像只是部分无法获取,则可通过调换端口来进一步验证是前端摄像机设备(含控制箱)故障还是接入网络设备故障。

## 5 优化后网络性能和建设投资比较

### 5.1 网络性能方面

区间采用全光纤与光网络设备组网的优点是:①系统网络间的传输带宽能提高至1 000 M/s,能为高速铁路数字网络视频监控系统提供高速率、高带宽的网络运用平台;②传输时延也因中间少了多节点传输网的复用分解而得到有效减小,保证了图像传输的实时性;③系统组网清晰简单,网络设备进一步减少,有利于故障快速处理和减小维护工程量,同时减少建设成本;④网络设备通用性强,设备单价较低,备件配置容易。

采用光纤与光网络设备组网缺点的是:系统需占用更多光缆线路纤芯资源。但是高速铁路线路中的光缆纤芯资源基本都会有冗余,特别是山区所隧道群高速铁路线路,隧道内分布有大量的GSM-R系统直放站,直放站与基站之间需敷设区段光缆连接,光缆纤芯都有一定数量的冗余,适当调整直放站区段光缆纤芯数量就能满足组网需求,比如8芯和12芯、16芯和24芯光缆之间性价比相差不大,但相对设备减少而节省的成本足以弥补增加的光缆成本。

综合比较:优化后的组网方案无论是网络性能还是建设成本都比原采用传输网组网更有优势,同时还可减少铁路维管单位维护工作量和利于故障快速准确判定。

### 5.2 建设投资方面

采用优化方案,区间综合视频监控系统设备较原在各基站、所亭都设置视频接入网络节点,在设备数量上将会进一步减少,相关配套设备也将进一步减少。另外,由于不占用传输网资源,高速铁路区间传输网资源能为其他系统提供更充足的通道资源。

### 5.3 网络安全可靠性方面

一是由于高速铁路线路两侧都敷设有不同径路的光缆,区间视频监控系统接入汇集网络节点间通道线路采用1+1光缆纤芯保护组网。由于高速铁路线路都是封闭式电缆槽道,线路的安全可靠性是有保证的;二是现代网络设备都具备路由互为保护切换功能,能保证网络节点在一条通道中断的情况业务不被中断。

## 6 结束语

随着通信信息和视频监控技术的不断发展,对已开通运营的高速铁路视频监控系统运用现状进行研究和总结,并充分利用新技术、新设备对高速铁路视频监控系统建设方案进行优化,有利于简化网络组网结构和提高网络运用性能,有利于故障快速处理和减少维

护工程量,有利于节约建设成本和节能减排。

## 参考文献:

- [1] 韩一石. 现代光纤通信技术[M]. 北京:科学出版社, 2005.  
HAN YiShi. Modern Optical Fiber Communication Technology [M]. BeiJing:Science Press, 2005.
- [2] 孙学康,张金菊. 光纤通信[M]. 北京:人民邮电出版社, 2012.  
SUN Xuekang, ZHANG Jinju. Optical Fiber Communication [M]. BeiJing:Posts and Telecommunications Press, 2005.
- [3] 张成良. 光网络新技术解析与运用[M]. 北京:电子工业出版社, 2016.  
ZHANG Chengliang . Analysis and Application of New Optical Network Technology [M]. BeiJing:Publishing House of Electronics Industry, 2005.
- [4] 李可佳,冯敬然. 视频监控新技术在铁路领域的应用探讨[J]. 中国铁路,2015,36(4):99-102.  
Li Kejia, FENG Jingran. Discussion on Application of New Video Surveillance Technology in Railway Field [J]. China Railway, 2015, 36(4):99-102.
- [5] 刘涛,吴谨. 基于IP的数字化网络视频监控系统设计与实现[J]. 网络安全技术与应用,2010,10(10):53-55.  
LIU Tao, WuJin. Design and Implementation of Digital Network Video Surveillance System Based on IP [J]. Network security technology & application, 2010, 10(10):53-55.
- [6] 李姗姗. 全光纤综合安防业务系统[D]. 成都:电子科技大学, 2012.  
LI Shanshan. All Optical Fiber Integrated Security Service System [D]. Chengdu:University of Electronic Science and Technology of China, 2012.
- (编辑:赵立红 张红英)
- 
- (上接第73页)
- LIAO Shifang. Research of Settlement Deformation Monitoring and Prediction of High-speed Railway in Gobi Region[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology,2012.
- [4] 李晨. 铁路路基变形远程自动监测技术研究[D]. 石家庄:石家庄铁道大学,2013.  
LI Chen. The Remote Automatic Monitoring Technology of Railway Roadbed Deformation [D]. Shijiazhuang: Shijiazhuang Tiedao University, 2013.
- [5] 张振营. 轨道交通BT工程第三方监测技术的应用[J]. 铁道建筑技术,2015,42(2):109-112.  
ZHANG Zhenying. Application of the Third-party Monitoring Technology in BT Project of Rail Transit[J]. Railway Construction Technology,2015,42(2):109-112.
- [6] 傅瀚霆. 地铁施工对桥基沉降影响控制措施研究[J]. 铁道建筑技术,2015(z1):144-146.  
FU Hanting. Study on Control Measures of the Settlement Effect on Bridge Foundation Induced by Subway Construction [J]. Railway Construction Technology,2015(z1):144-146.
- [7] 王琴. 高速铁路连续弯梁桥光纤光栅结构监测技术研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2013.  
WANG Qin. The study on FBG monitoring technology of high-speed railway continuous curved beam bridge [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology,2013.
- [8] 嵯一,王旭,张军. 高速铁路沉降自动化监测系统 SMAIS 的研发及应用[J]. 铁道工程学报,2015,32(4):10-15.  
ZHUO Yi, WANG Xu, ZHANG Jun. Development and Application of Automatic Monitoring System SMAIS for Settlement of High-speed Railway[J]. Journal of Railway Engineering Society,2015,32(4):10-15.
- [9] 孙宗磊. 石济客专临近既有高速铁路桥梁设计[J]. 铁道工程学报,2016,33(2):37-42.  
SUN ZongLei. Bridge Design near Existing High-speed Railway in Shijiazhuang - Jinan Passenger Dedicated Line [J]. Journal of Railway Engineering Society,2016,33(2):37-42.
- [10] 孙宗磊,李梢. 石济客专桥梁下穿京沪高铁沉降影响分析[J]. 铁道工程学报,2013,30(2):53-57.  
SUN Zonglei, LI Qiao. Analysis of Settlement Influence on Beijing-Shanghai High-speed Railway Caused by Under-passing of Shijiazhuang - Jinan Passenger Dedicated Line's Bridge[J]. Journal of Railway Engineering Society,2013,30(2):53-57.
- [11] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].  
TB 10621-2014 Code for design of high speed railway [S].
- [12] 铁运[2012]83号,高速铁路无砟轨道修理规则(试行)[S].  
Tie Yun [2012]No. 83, Repair rule for ballastless track of high-speed railway[S].
- (编辑:赵立红 苏玲梅)