

文章编号: 1674—8247(2018)02—0027—06

高速铁路监测系统与集成平台的交互接口设计

胡水友 刘孜学

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:针对高速铁路沿线自然环境、地质灾害、基础设施等监控系统接口不一致的现象,设计了一种子系统和平台间的交互响应机制,提供了一套异构分布式监控系统的接口集成解决方案。该接口设计以 UDP 通信协议为基础,植入 TCP 协议中的超时重传、握手连接等可靠性传输策略,构建初始化和自检、数据采集及传输、阈值同步等事件触发交互过程,统筹规划 UDP 报文的编码和数据包格式,从而实现子系统间与平台之间统一、实时、可靠、有效的接口功能,为智慧铁路监测系统的规划发展提供参考价值。

关键词:接口设计;集成平台;监测系统;UDP

中图分类号:U285.4⁺5 **文献标志码:**A

Design of Interactive Interface between Monitoring Systems and Integrated Platform in High Speed Railway

HU Shuiyou LIU Zixue

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: A mechanism of interactive response between subsystems and platform is designed for the situation that the monitoring system interfaces with each other are inconsistent, such as natural environment, geological disaster and infrastructure along high speed railway, an integrated solution to heterogeneous distributed monitoring systems is provided. The solution is based on the UDP communication protocol, embedded some reliable transmission methods include timeout retransmission, handshake connection in the TCP protocol. Interactive process including initialization and self-inspection, data collection and transmission, threshold synchronization are constructed. And encodings and packets in UDP message are built to realize the unified, real-time, reliable and effective interface function, to provide reference value for the planning and development of intelligent railway monitoring systems.

Key words: interface design; integrated platform; monitoring system; UDP

自然环境、地质灾害、基础设施运行状态与列车的安全运营紧密相关。为向铁路运营部门提供灾害治理、抢险维护的科学依据,铁路科研院所开展了针对性研究并陆续开发了风、雨、雪、地震等自然灾害监测系统,泥石流、危岩落石、山体滑坡等地质灾害监测系统,以及路基、边坡、桥梁、隧道、轨道等基础设施运行状态监测系统^[1]。

为指导高速铁路自然灾害监测系统的设计实施,铁路总公司陆续下发执行铁总建设[2013]86号、铁总运[2014]146号、铁科技[2015]35号等设计规范或技术方案。但上述文件仅约束自然环境监测系统与其他系统的中心接口方案,针对系统内部的接口并没有统一明确的规定^[2-4]。而且,由于各监测系统研制单位不同,系统间的接口无法匹配统一,十分不利于后期的

收稿日期:2017-10-09

作者简介:胡水友(1986-),男,工程师。

基金项目:国家科技支撑计划项目(2011BAF06B02)

引文格式:胡水友,刘孜学. 高速铁路监测系统与集成平台的交互接口设计[J]. 高速铁路技术,2018,9(2):27-32.

HU Shuiyou, LIU Zixue. Design of Interactive Interface between Monitoring Systems and Integrated Platform in High Speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(2): 27-32.

数据整合和集成平台的搭建。

为此,本文针对集成平台与基础设施运营状态监测系统间的交互响应需求,分析设计一种实时高效的通用接口设计,为其他监测系统的集成应用提供可参考的技术方案。

1 需求分析

本研究模型由集成平台和路基沉降、桥梁形变、隧道温度三个分布式监测子系统构成,其系统结构如图1所示。其中,各子系统分别独立完成数据采集、分析和处理等功能;集成平台统一显示管理各子系统监测数据、报警数据和阈值数据,并综合分析各子系统的实时监测数据^[5]。

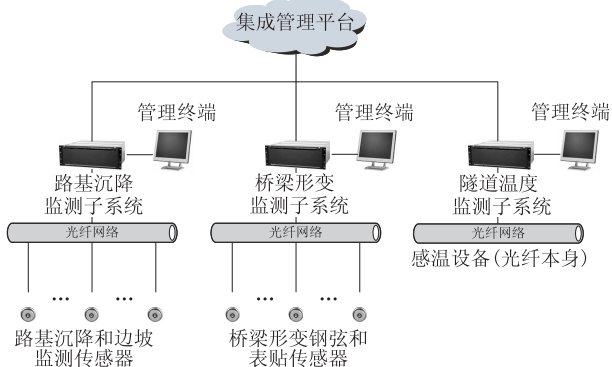


图1 研究模型系统结构图

自然环境、地质灾害、基础设施运营状态监测信息的典型特点是数据量小,但必须及时反馈。因此,在满足基本功能的前提下,集成平台与子系统交互响应接口设计的关键是实时、高效、可靠、易于实现等,这主要体现于数据收发、事件交互、编码及UDP数据包格式等方面。

2 数据收发机制

TCP协议虽可提供可靠的数据传输,但其每次连接都需七次握手,实时性较差^[6]。因此,“光纤铁路”采用资源消耗较小、处理速度较快的UDP协议,并采取主动发送、被动接收的通信方式。

2.1 数据发送

为保证UDP传输的可靠性,数据发送引入了TCP协议的握手、超时重发等机制^[7],具体如下:

(1) 发送一个数据包后启动发送计时器,在规定时间内等待接收反馈信息包。若无反馈则重新发送至上限次数。

(2) 发送次数达到上限时仍未收到反馈,发送失败计数器加1,退出本次数据发送操作并保存数据包

(不含指令数据包)。

(3) 若发送失败计数器达到一定次数后,默认网络异常,并报警通知维护人员进行检修。

(4) 网络异常后,试探性发送下一数据包,以测试网络状态。若连续成功发送指定次数,取消网络异常报警,重新发送失败的数据包。

数据发送流程如图2所示。

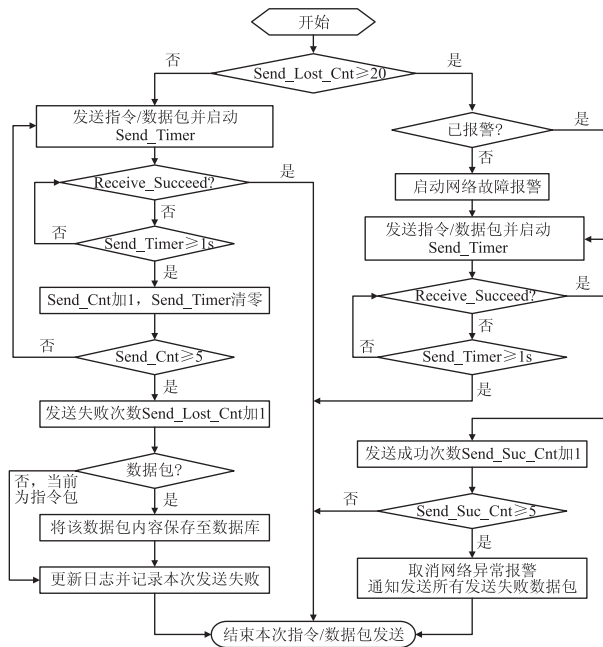


图2 数据发送流程

2.2 数据接收

数据接收任务默认处于睡眠状态,由其他数据通信任务激活。为避免激活后的接收任务出现忙等待现象,建立接收任务生命周期机制。若在该周期内没有接收到指定指令或数据,开始下一接收任务;若接收失败达到一定次数后予以网络故障报警。指令、阈值和监测值的数据接受任务生命周期设置如下:

(1) 指令信息:采取与发送任务相同的生命周期。

(2) 阈值数据:由任务本身触发激活,无接收生命周期。

(3) 监测数据:监测数据由子系统周期性主动发送,其接收生命周期为系统刷新周期 T_F 。

3 事件交互机制

子系统与集成平台的交互事件主要包括初始化及自检、数据的采集及传输、报警阈值同步等。

3.1 初始化及自检

子系统初始化及自检事件包括通信模块、传感网络、数据库、报警阈值、电源等本地组件的状态检测,检测后需置位本地组件状态标识或报警。其事件交互响

应过程如图3所示。

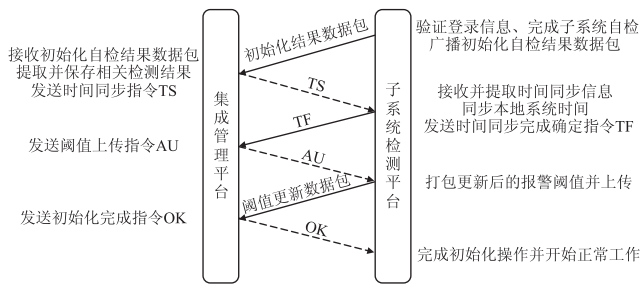


图3 初始化及自检事件交互响应过程

初始化及自检过程中,集成平台操作指令类型及其含义,如表1所示。

表1 集成平台操作指令类型及其含义

序号	指令	指令字段含义
1	OK	通知子系统开始正常工作
2	AU	Alarm_Limit Upload (通知子系统准备上传阈值)
3	AD	Alarm_Limit Download (通知子系统准备接收阈值)
4	AF	Alarm_Limit Upload Finish (通知子系统阈值上传完成)
5	TS	Time Synchronize (通知子系统准备时间同步)
6	NF	Next Frame (此监测数据包已正确接收)

各子系统确认指令类型及其含义,如表2所示。

表2 子系统确认指令类型及其含义

序号	指令	指令字段含义
1	TF	Time's Synchronization Have Finished (时间同步操作已完成)
2	AR	Alarm_Limit Upload Request (报警阈值更新请求)
3	AO	Alarm_Limit Download Ready (报警阈值更新就绪)
4	AF	Alarm_Limit Download Finish (报警阈值更新完成)

3.2 数据采集及传输

3.2.1 采集单位

采集单位是一组便于数据采集、传输及存储的传感节点组合,以断面或段为基本单位,采用16 bits 编码。以桥梁形变纵向应变采集单位为例,8个纵向应变测点布置于同一个横断面,构成1个采集单位如图4所示。

3.2.2 采集周期

与子系统采集周期有关的时间片段包括:节点采样周期、单位采样周期、单位处理时间、滞空周期和系统采样周期,其各自的含义如下:

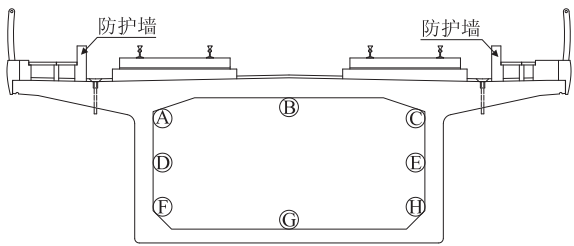


图4 桥梁形变纵向应变采集单位

- (1)节点采样周期 T_N :单个节点数据采集时间。
- (2)单位处理时间 T_D :单个采集单位节点数据的分析处理时间。
- (3)单位采样周期 T_U :单个采集单位节点采样周期之和。
- (4)滞空周期 T_B :子系统的其他任务处理时间。
- (5)系统采样周期 T_S :所有采集单位的数据采集、分析、处理及滞空的时间之和。

T_N 、 T_U 、 T_D 、 T_B 、 T_S 相互关系如图5所示。其中 m 和 n 分别表示该子系统共包括 m 个基本采集单位且每个采集单位由 n 个传感器构成。

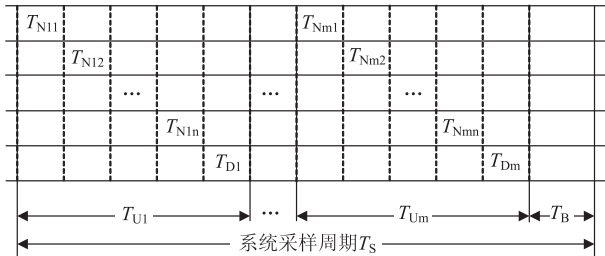


图5 T_N 、 T_U 、 T_D 、 T_B 、 T_S 相互关系示意图

3.2.3 采集及传输机制

各子系统和集成平台的采集及传输机制如图6所示,具体如下:

- (1)在每个刷新周期 T_F 的第一个 T_S 结束前的 T_B 内,各子系统无论是否存在报警数据,均保存并上传所有监测数据。
- (2)每个 T_S 中,子系统若发现某节点数据异常或某处理单位的系统分析结果异常,在该 T_S 内的 T_D 将

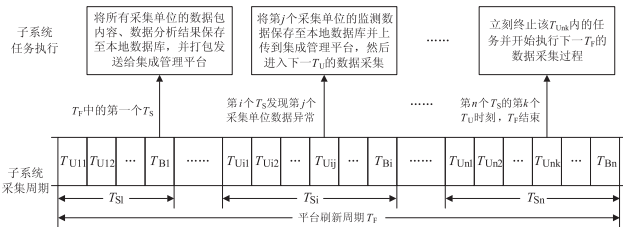


图6 子系统数据采集周期及采集过程示意图

保存并上传本采集单位监测数据,然后进入下一个 T_U 。

(3)在每个 T_F 结束时,各子系统终止当前任务,开始执行下一 T_F 的任务。

3.2.4 监测数据上传

在完成监测数据的采样、分析和处理后,子系统需将数据上传至集成平台。此事件在 T_B 或 T_D 时间片段内完成,如图7所示。

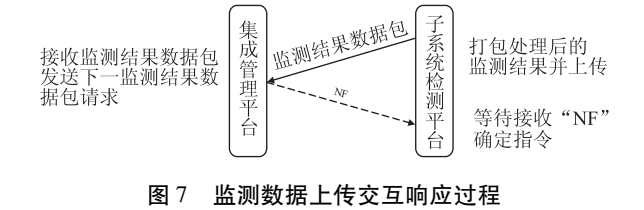


图7 监测数据上传交互响应过程

3.3 报警阈值同步

子系统完成传感节点数据采集后,需根据每个节点报警阈值进行分析和异常判断,集成平台也需根据阈值和专家经验综合分析各监测数据。为保证子系统和集成管理平台的报警阈值一致,需根据不同的修改方式分别建立阈值同步机制。

3.3.1 阈值上传同步

子系统阈值发生人为修改时,触发阈值上传同步事件,将更新后的阈值数据上传至集成平台。其事件交互响应过程,如图8所示。

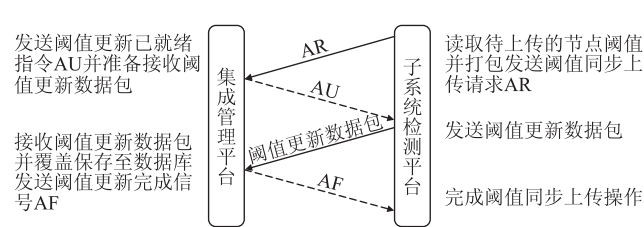


图8 阈值上传同步事件交互响应过程

3.3.2 阈值下载同步

阈值下载同步指集成平台中的阈值发生变化后,对子系统的相关阈值进行修改更新的过程。其事件交互响应过程,如图9所示。

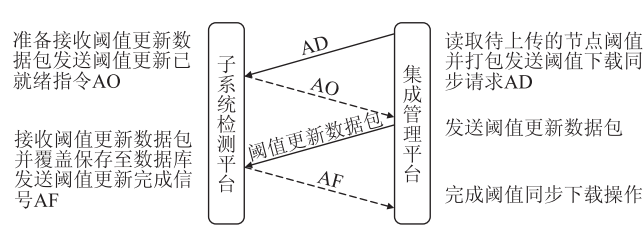


图9 阈值下载同步事件交互响应过程

4 编码及数据包格式

4.1 编码及数据结构

4.1.1 系统编码

系统编码采用64 bits编码,用于寻址采集单位,如图10所示。其组成部分及含义如下:

(1)线路编码:表示具体线路(如沪昆线),最大支持4 096条线路。

(2)子系统类型编码:表示子系统类型(如路基沉降),最多支持16种子系统。

(3)子系统区域编码:表示各子系统所监测的具体区域或建筑(如“元宝山隧道”)。对于每个子系统,最多支持65 536个区域或建筑。

(4)采集单位编码:表示某具体区域或建筑中的采集单位,最多支持65 536个采集单位。

(5)传感器数量编码:表示某采集单位包含的传感器总数,最多支持65 536个传感器数量。

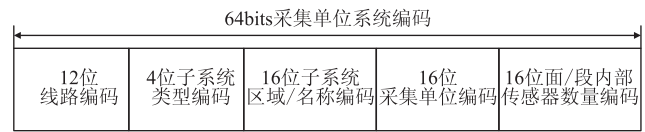


图10 采集单位系统编码

4.1.2 数据传输内容及基本结构

数据传输以采集单位为基本单位,传输的内容包括采集单位系统编码、该采集单位的所有监测数据、系统分析结果及数据采集时间,其具体格式如图11所示。数据传输包中的所有内容均为ASCII码。其中,各节点监测数据为8字节字符串,含小数点后2位。

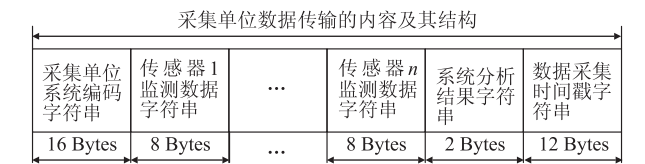


图11 数据传输的内容及基本结构

4.1.3 阈值同步内容及基本结构

阈值同步内容由采集单位属性和该采集单位的所有节点阈值构成,其内容和格式如图12所示。

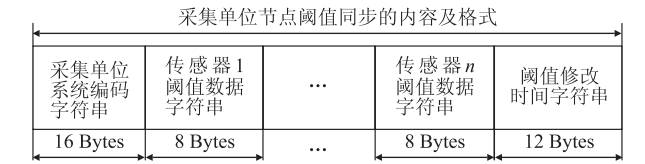


图12 阈值同步内容及基本结构

4.2 数据包格式

UDP 报文由 UDP 报头和 UDP 数据区两部分组成,它们均为 ASCII 编码形式的字符串。

UDP 报头由四个 16 bits 长的字段组成,分别为该报文的源端口、目的端口、报文长度以及校验值。其中,源端口、目的端口分别表示发送者和接收者的数据传输通道端口号,包括动态注册和静态绑定两种使用方式^[8]。

本研究模型中的数据传输仅局限于同一个局域网,为便于测试采用 IP 地址与静态目的端口结合的模式。

(1)集成平台:静态 IP(192.168.0.2) + 静态端口绑定。

(2)各子系统平台—动态 IP(该局域网内的其他 IP 地址) + 静态端口绑定。

平台与子系统间的 UDP 数据包指令信息包、初始化及自检数据包、阈值更新数据包和监测结果数据包四种。

4.2.1 指令信息包

指令信息包指平台和子系统间的传输控制指令数据包,长度固定为 22 字节,具体如表 3 所示。

表 3 指令信息包数据区内容及格式

格式:Synchronize_ID + Package_Type + Space_ID + Instruction_Content + Time_Content 示例:FEEFIUUUAU130620123030	
Synchronize_ID	4 字节,数据同步标识,固定为 FEEF
Package_Type	1 字节,数据包类型标识,固定为 I (Instruction)
Space_ID	3 字节,字符间隔标识,固定为 UUU
Instruction_Content	2 字节,指令内容,如 AU
Time_Content	12 字节,发送时间戳

4.2.2 初始化及自检数据包

初始化及自检数据包用于子系统完成初始化或自检后的信息反馈,长度固定为 28 字节,如表 4 所示。

表 4 初始化及自检数据包数据区内容及格式

格式:Synchronize_ID + Package_Type + Space_ID + Initialization_ID + AL_Update_ID + Time_Content 示例:FEEFRUUSSDSALHC130620123030	
Synchronize_ID	4 字节,数据同步标识,固定为 FEEF
Package_Type	1 字节,数据包类型标识,固定为 R (Result)
Space_ID	3 字节,字符间隔标识,固定为 UUU
Initialization_ID	4 字节,初始化结果标识,如 SSDS
AL_Update_ID	4 字节,阈值更新标识,如 ALHC
Time_Content	12 字节,发送时间戳

4.2.3 阈值更新数据包

阈值更新同步事件中的数据包,长度可变,其数据

区的内容和格式,如表 5 所示。

表 5 阈值更新数据包数据区内容及格式

格式:Synchronize_ID + Package_Type + Space_ID + AL_Unit_Num + AL_Unit_Data 0 + AL_Unit_Data 1 + ... + AL_Unit_Data AL_Unit_Num - 1 + Time_Content 示例:FEEFDUUU0001000000000001000400101.2500102.3000099.8500098.94OK130510103000130620123030	
Synchronize_ID	4 字节,数据同步标识,固定为 FEEF
Package_Type	1 字节,数据包类型标识,固定为 L (Alarm Limit)
Space_ID	3 字节,字符间隔标识,固定为 UUU
AL_Unit_Num	4 字节,所包括的采集单位总数,最大为 65536。如“0002”表示该阈值更新数据包共包括 2 个采集单位上的所有节点阈值
AL_Unit_Data	长度可变,各采集单位上的所有节点阈值
Time_Content	12 字节,发送时间戳

4.2.4 监测数据包

监测数据包为子系统向集成平台发送的相关采集单位监测数据包,长度可变,UDP 数据区的内容和格式,如表 6 所示。

表 6 监测数据包数据区内容及格式

格式:Synchronize_ID + Package_Type + Space_ID + Data_Unit_Num + Data_Unit_Num0 + Data_Unit_Num1 + ... + Data_Unit_Num Data_Unit_Num - 1 + Time_Content 示例:FEEFDUUU0001000000000001000400101.2500102.3000099.8500098.94OK130510103000130620123030	
Synchronize_ID	4 字节,数据同步标识,固定为 FEEF
Package_Type	1 字节,数据包类型标识,固定为 D (Detected Data)
Space_ID	3 字节,字符间隔标识,固定为 UUU
Data_Unit_Num	4 字节,所包括的采集单位总数,最大为 65 536。如“000A”表示该数据包共包括 10 个采集单位上的所有节点监测数据
Data_Unit_Data	长度可变,各采集单位上的所有节点数据
Time_Content	12 字节,发送时间戳

5 结论

本文结合自然灾害、地质灾害和基础设施监控数据的特点,研究 UDP 传输协议的可靠传输机制,设计了集成平台与子系统间交互响应的接口方案,通过测试并在成渝高速铁路展开了为期 2 年的工程试点。测试及试点结果表明,该接口设计方案实际可行且便于移植,其交互响应具有良好的可靠性和实时性,可推广应用于高速铁路中自然灾害、地质灾害各监测子系统以及智能车站内各弱电电子系统的系统集成。

参考文献:

[1] 虞凯,刘改学,韦道准. 川藏铁路基础设施实时监测预警系统架构及功能研究[J]. 高速铁路技术,2015,6(2):41-44.
YU Kai, LIU Zixue, WEI Daozhun. The Architecture and Function Research on the Real-Time Monitoring and Early Warning System of the Infrastructure along the Sichuan-Tibet Railway[J]. High Speed

- Railway Technology, 2015, 6(2):41-44.
- [2] 铁总建设[2013]86号,铁路自然灾害及异物侵限监测系统工程设计暂行规定[S].
Tie Zong Jian She [2013] No. 86, Interim Provision for Engineering Design of Railway Natural Disaster and Foreign Object Invasion Monitoring System[S].
- [3] 铁总运[2014]146号,高速铁路自然灾害及异物侵限监测系统铁路局中心系统总体方案(暂行)[S].
Tie Zong Yun [2014] No. 146, General Scheme for Central System in Railway Administration of High Speed Railway Natural Disaster and Foreign Object Invasion Monitoring System (interim) [S].
- [4] TJ/GW088-2013 高速铁路自然灾害及异物侵限监测系统总体技术方案(暂行)[S].
TJ/GW088-2013 General Technical Scheme of High Speed Railway Natural Disaster and Foreign Object Invasion Monitoring System (interim) [S].
- [5] 中铁二院工程集团有限责任公司. 国家科技支撑计划课题“光纤铁路环境静态安全监测设备及应用示范”研究实施大纲[R]. 成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2012.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Research Implementation Outline of National Science and Technology Support Plan "Fiber Optic Railway Environmental Static Safety Monitoring Equipment and Its Application Demonstration"[R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2012.
- [6] 谢希仁. 计算机网络(第5版)[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
XIE Xiren. Computer Network (Version 5) [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008.
- [7] 闫二辉,朱敏,毛明敏. 一种基于动态阈值的TCP超时重传策略[J]. 计算机应用研究,2010,27(8):3135-3137.
YAN Erhui, ZHU Min, MAO Mingmin. Timeout Retransmission Strategy Based on Dynamic Threshold [J]. Application Research of Computers, 2010, 27(8):3135-3137.
- [8] 刘兵,左爱群. 计算机网络基础与Internet应用(第三版)[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.
LIU Bing, ZUO Aiqun. Computer Network Infrastructure and the Application of Internet (Version 3) [M]. Beijing: China Water Power Press, 2006.

(编辑:车晓娟 苏玲梅)

(上接第8页)

- [13] Constantinou M C, Soong T T, Dargush G F. Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit[J]. Center for Earthquake Engineering Research State University of New, 1998.
- [14] M. D. Symans, Constantinou M C. Passive Fluid Viscous Damping Systems for Seismic Energy Dissipation [J]. Iset Journal of Earthquake Technology, 1998, 35(4):185-206.
- [15] 陈永祁. 桥梁工程液体黏滞阻尼器设计与施工[M]. 北京:中国铁道出版社, 2012.
CHEN Yongqi. Design and Construction of Liquid Viscous Damper for Bridge Engineering[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2012.
- [16] 周云. 粘滞阻尼减震结构设计理论及应用[M]. 武汉:武汉理工大学出版社, 2013.
ZHOU Yun. Design Theory and Application of Viscous Damping Structure[M]. Wuhan: Wuhan Institute of Technology Press, 2013.
- [17] 朱闰平,杨军. 弹性胶泥的特性及其减震器的工作原理[J]. 橡胶工业, 2005, 53(7):427-429.
ZHU Runping, YANG Jun. The Properties of Elastic Cement and How the Shock Absorber Works[J]. Rubber industry, 2005, 53(7):427-429.
- [18] 陈永祁,耿瑞琦,马良喆. 桥梁用液体黏滞阻尼器的减振设计和类型选择[J]. 土木工程学报, 2007, 40(7):55-61.
CHEN Yongqi, GENG Ruiqi, MA Liangze. Design and Selection of Fluid Viscous Devices for Shock Control of Bridges [J]. Journal of Civil Engineering, 2007, 40(7):55-61.
- [19] 庄军生. 桥梁减震、隔震支座和装置[M]. 北京:中国铁道出版社, 2012.
ZHUANG Junsheng. Bridge Shock Absorption and Isolation Bearing and Installation [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2012.

(编辑:车晓娟 苏玲梅)