

文章编号: 1006 - 2106(2012) 04 - 0076 - 05

CTCS - 2 在城际铁路中的适应性研究^{*}

袁 娟^{**}

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043)

摘要: 研究目的: 在城际铁路技术标准尚未形成的前提下, 提出将 CTCS - 2 应用于城际铁路信号系统的设计思路, 为城际铁路列控系统体系构建提供参考。

研究结论: (1) 对 CTCS - 2 体系进行优化和少量改造, 可满足城际铁路的运输需求, 将 CTCS - 2 应用于城际铁路方案可行。(2) 对 CTCS - 2 的优化方案: 将 CTCS - 2 应用于城际铁路, 由于站间距较小, 工程投资较大, 采用多站合用一套联锁设备和列控中心设备的方式, 可有效降低工程投资。(3) 改造方案: 通过增加车载 ATO 单元和少量地面应答器, 对 CTCS - 2 的地面和车载设备进行适当改造, 能够实现 ATO 相关功能。

关键词: 城际铁路; 列控系统; CTCS - 2; ATO

中图分类号: U283.5 **文献标识码:** A

The Adaptation of CTCS - 2 in the Inter - city Railway

YUAN Juan

(China Railway First Survey and Design Institute Group Ltd, Xi' an, Shanxi 710043, China)

Abstract: Research purposes: While the technical standards for inter - city railway have not been formed, this paper proposes the thinking that CTCS - 2 can be used in inter - city railway signal system. The design thinking will provide a reference for the building of train control system in inter - city railway.

Research conclusions: (1) With small amounts of transformation and optimization for CTCS - 2 system, the CTCS - 2 can meet the transport demand of inter - city railway. The scheme of using CTCS - 2 in inter - city railway is feasible. (2) The optimum proposal of CTCS - 2: When CTCS - 2 is used in inter - city railway, due to short distance between stations and great engineering investment, the author proposes a scheme that adjacent stations can share a set of interlocking and Train Control Center (TCC) equipment. And this way can reduce the engineering investment effectively. (3) Technical upgrading proposal: The wayside and onboard equipment of CTCS - 2 can be reformed properly by increasing onboard ATO units and a small number of balise to achieve the ATO - related function.

Key words: inter - city railway; train control system; CTCS - 2; ATO

随着我国城市化进程的不断加快, 作为区域性城市之间快速客运专用交通工具的城际铁路, 具有广阔的发展前景。

根据不同的运输需求, 城际铁路可分为以下三种类型: 其一, 车站间距较小(1 ~ 2 km), 列车运行速度为 80 ~ 120 km/h, 采用地铁车辆(A 型车或 B 型车), 由于与城市轨道交通接轨, 一般采用与城市轨道交通

(即地铁) 相同的列车控制模式。其二, 车站间距为 10 ~ 30 km 不等, 速度目标值为 350 km/h, 采用 CRH 系列动车组, 已建成的京津城际铁路采用 ETCS - 1 级列控系统, 沪宁城际铁路采用 CTCS - 3 级列控系统, 基本等同于高速铁路, 并且由于设计速度较高, 仅适用于连通特大城市之间的城际线路。其三, 车站间距为 3 ~ 10 km, 速度目标值为 200 km/h, 采用 CRH 系列动

^{*} 收稿日期: 2011 - 08 - 31

^{**} 作者简介: 袁娟, 1979 年出生, 女, 工程师。

车组,是我国城际铁路发展的主要类型,具备城市轨道交通的基本属性,与国铁有互联互通的基本要求,对应的列车控制系统尚未建立统一的技术标准。本文将主要针对适用范围较广的第二种类型的城际铁路,研究与其适应的列车控制方案。

1 城际铁路的线路特点

1.1 线路长度短,车站密集,站间距小

城际铁路主要针对1~2 h城市圈,正线长度一般在100 km左右。城际铁路为了吸引客流、方便旅客出行,车站设置密度一般在3~10 km。

1.2 车站规模小,布置简单,无配线车站多

城际铁路中间站主要满足乘客上、下车作业,多为无配线车站,部分接轨站或者端站站场布置稍复杂,考虑列车会让和转线,整体上车站规模较小。

1.3 高速度、高密度、小编组运营

城际铁路要缩短城市间时空距离,实现出行的快捷和便利,必须具备速度优势。同时,为了减少车站乘客的聚集人数、缩短乘客的候车时间,城际铁路采用小编组、高密度的运营方案。列车运行间隔时间为3 min左右。

1.4 与国铁的互联互通

对于采用CRH系列动车组的城际铁路,实现与国铁的互联互通,将有利于满足乘客的多种出行需求,提高铁路的综合竞争力。

2 城际铁路ATO功能需求

城市轨道交通ATO系统是在ATP的保护下,根据调度指令实现列车的自动驾驶,自动完成对列车的启动、加速、巡航、惰行和制动的控制,确保达到列车运行间隔、旅行速度和节能等要求。按照目前城市轨道交通列车控制系统的应用现状,城际铁路应具备以下ATO功能。

2.1 列车自动驾驶

在ATP设备保护下,ATO设备实现对列车运行状态的合理控制,自动实现列车启动、加速及制动等基本自动驾驶功能,列车的区间运行及停车完全由ATO子系统进行保障。

2.2 列车进站精确定位停车

在列车进站停车过程中,ATO采用一次性制动至目标停车点的“打靶式”停站方式,使列车能以高速进站,减少了列车进站时间。

ATO采用相应的停车策略确保停车精度。ATO的精确停车策略对所采用的制动等级及相应制动起点和速度曲线进行定义,并密切监控列车对ATO控制命

令的反应,调整控制以符合停车曲线,使车门与站台门精确对位,或将偏差控制在允许范围内。

2.3 列车运行自动调整

在车站发车时,ATO按照时刻表,自动从多个运行曲线中选择与发车和到站时间最匹配的运行曲线,自动调整列车的停站时间、行车时间,以尽量恢复到按时刻表运行。如果安全限制状态更新或外部条件变化,ATO也会调整相应的运行曲线。

2.4 节能运行

在列车自动驾驶功能的基础上,满足按照时刻表运营的前提下,ATO在考虑坡度和曲线对加速度和制定的影响后,可以自动计算出能源优化的行车曲线,通过调整区间运行速度,实现节能运行。

3 CTCS-2 体系结构和基本功能

CTCS体系是我国铁路信号系统发展的基本框架,而城际铁路信号系统的技术标准尚未建立,要实现城际铁路与国铁接轨,实现城际铁路与国铁之间的互联互通,城际铁路信号系统必须在CTCS技术框架的基础上进行发展。

3.1 CTCS-2 体系结构

本文主要针对时速200 km城际铁路进行研究,对应CTCS体系中的CTCS-2级列控系统。CTCS-2级列控系统是基于轨道电路+点式应答器传输列车运行许可信息,并采用目标距离模式监控列车安全运行的列车运行控制系统。广义的讲,CTCS-2系统以列控中心(TCC)为中心,包括调度集中CTC系统、车站联锁系统(CBI)、临时限速服务器、轨道电路、应答器和车载设备等,系统体系接口如图1所示。

3.2 CTCS-2 基本功能

广义的CTCS-2系统具备以下基本功能。

3.2.1 调度集中

CTC中心通过CTC专用网络下发列车运行计划。CTC站机接收行车计划,并转化为进路控制指令,适时发送给车站联锁系统执行,同时收集进路和区间轨道电路占用信息,上传至调度中心,调度中心综合列车运行状态和线路状态,及时调整列车运行计划,最终实现列车进路自动控制。

CTC采用分散自律控制模式,具有自动控制和人工控制两种控制方式,在非常站控模式下,由车站值班员排列进路。

3.2.2 临时限速控制

设置临时限速服务器实现临时限速命令的统一管理。在调度中心的行调台上设置临时限速命令,并通过信号安全数据网,下发至车站列控中心执行。

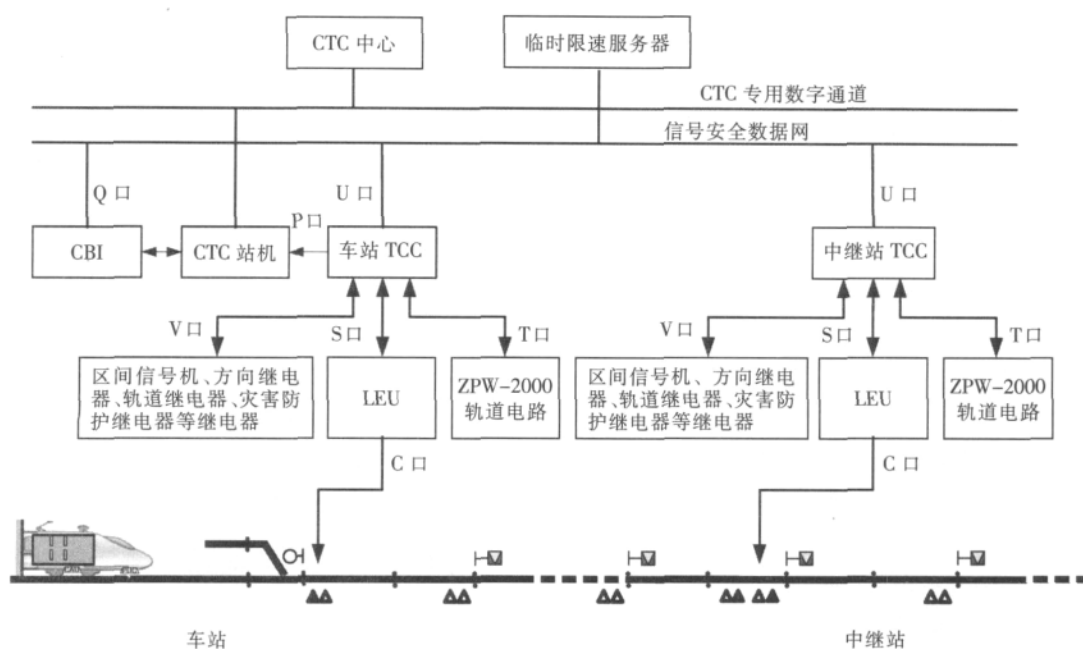


图1 CTCS-2 体系结构

3.2.3 集中联锁

各车站均采用集中联锁控制。联锁设备根据 CTC 站机发送的进路控制指令排列进路,进路建立后,向列控中心发送进路信息。同时列控中心向联锁设备提供区间允许发车信息、区间状态信息和灾害防护信息等,作为联锁设备排列进路及开放信号的输入条件。

3.2.4 传输列车运行许可信息,监控列车安全运行

列控中心根据进路状态、限速命令等相关控车信息,通过有源应答器传送给列车,由无源应答器向车载设备传输定位信息和线路参数。ZPW-2000(UM)系列轨道电路完成列车占用检查、产生行车运行许可并连续向列车传送。列控车载设备根据地面设备提供的信号动态信息、线路参数、限速信息及有关动车组信息生成控制速度和目标距离一次模式曲线,监控列车安全运行。

4 CTCS-2 在城际铁路中的应用方案

结合城际铁路线路特点和 ATO 的功能需求,对 CTCS-2 级列控系统的体系结构和基本功能进行分析,笔者认为,为了实现与国铁的互联互通,可利用已有的 CTCS-2 级列控系统的技术体系,在此基础上扩展相关功能,增加 ATO 相关功能,来构建城际铁路列车运行控制系统。

研究 CTCS-2 在城际铁路中的应用方案,笔者认为可以从以下两个方面进行:其一,针对城际铁路的线路特点,以节约投资为目标,在 CTCS-2 体系结构的

基础上进行优化配置;其二,CTCS-2 并未包含 ATO 的功能,针对城际铁路 ATO 的功能需求,对 CTCS-2 的地面和车载设备进行适当改造,使其能够实现 ATO 相关功能。

4.1 CTCS-2 针对城际铁路的配置方案

根据前面的分析,城际铁路具有站间距小、车站规模小(无配线车站多)、高密度运行、与国铁互联互通等特点。CTCS-2 级列控系统,在运行速度低于 250 km/h 时,能够达到 3 min 追踪间隔,可满足城际铁路高密度运行的要求。在 CTCS 技术框架的基础上进行发展,就是为了实现与国铁的互联互通。所以,应着重针对站间距小、车站规模小(无配线车站多)的特点,进行优化配置。

时速 200 km 城际铁路站间距一般为 3~10 km,若每站设置一套联锁设备、一套列控中心设备,工程投资将大大增加。由于车站规模小,无配线车站居多,所以使多站合用一套联锁设备和列控中心设备成为可能。

根据《无配线车站信号系统技术方案》(运基信号[2009]716号)的主要精神,无配线车站的信号控制方案应满足以下要求:(1)无配线车站应具备办理接车进路、发车进路、通过进路和引导接发车进路等功能,设置进、出站信号机,正向出站信号机宜设置于站台端外 100~300 m 处,正向进站与反向出站、正向出站与反向进站宜并置设置;(2)无配线车站的信号联锁逻辑关系,参照区域联锁的模式,由邻近的有配线车站的

计算机联锁设备完成; (3) 无配线车站的信号机点灯驱动控制、状态输入以及站内轨道电路控制, 由邻近的车站、中继站或线路所列控中心完成; (4) 临时限速统一按区间线路限速原则实施。

在运基信号[2009]716号文的基础上, 进行具体的方案设计, 需要考虑以下因素: (1) ZPW-2000 轨道电路电缆的极限长度: 无配线车站站内轨道电路由相邻站列控中心控制, 需满足 ZPW-2000 轨道电路电缆的极限长度, 一般为 10 km; (2) 有源应答器控制电缆的极限长度: LEU 与有源应答器之间采用应答器专用数据传输电缆, 该传输电缆的极限长度为 2.5 km, 当传输电缆长度大于 2.5 km 时, 应增加室外 LEU 机柜, 增加了工程投资, 室外机柜的安装和维护也存在一定的困难; (3) 非常站控模式下的进路办理: CTC 站机和车务终端的设置须考虑非常站控模式下的进路办理要求; (4) 临时限速命令的更新范围: 列控中心单方向允许设置 3 处临时限速, 当相邻列控中心距离太远时, 临时限速命令的更新范围变大, 此范围内仅设 3 处临时限速, 当存在 3 处以上临时限速时, 只能将限速区段

合并, 必然影响线路的运行效率。从上述 4 个方面综合考虑, 城际铁路多站合用联锁或列控中心的配置方案如图 2 所示, 具体实施如下:

(1) 对于有会让作业的中间站或者端站, 按照 CTCS-2 普通车站设计, 设置独立 CTC 站机、列控中心和联锁设备。

(2) 对于无配线车站, 可采用区域联锁和多站合用一套列控中心的方案, 主控站尽量利用有会让作业的中间站, 也可作为无配线车站。

(3) 主控站设置 CTC 站机(含车务终端)、区域联锁主机、列控中心、LEU 等设备, 联锁和列控中心的操作终端增加非常站控模式下无配线车站的进路及信号开放操作; 被控站设置 CTC 车务终端, 仅实现显示和被动操作功能, 设置区域联锁的执行表示设备。

(4) 多站合用列控中心, 其控制范围不超过 20 km (两侧各不超过 10 km)。根据城际铁路站间距, 一般为 1 个主控站控制 2 个受控站。

(5) 受控站不作为临时限速的更新点, 即不设置有源应答器。

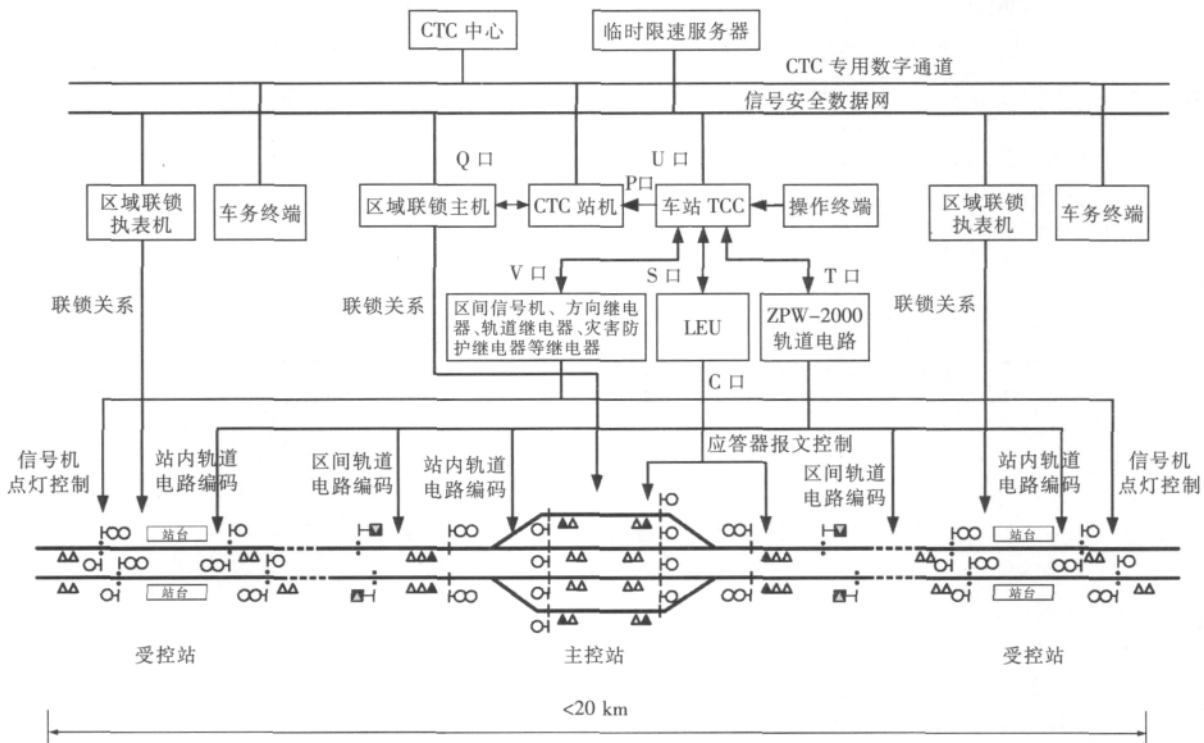


图 2 CTCS-2 针对城际铁路的配置方案示意图

4.2 增加 ATO 功能的实现方案

CTCS-2 级列控系统本质上是列车超速防护系统(ATP), 只能起到防止列车超速、防止列车冒进禁止信号的作用, 没有精确对位停车、自动驾驶等 ATO 功能。要满足城际铁路的运营要求, 需要在 CTCS-2 的基础

上增加相应 ATO 的功能。分为车载设备和地面设备两部分进行阐述。

4.2.1 车载设备

CTCS-2 车载设备由车载安全计算机、应答器信息传输模块、安全输入、输出接口、轨道电路信息接收

单元、测速测距单元、人机界面等设备组成,完成 ATP 功能。在此基础上增加 ATO 功能,可共用应答器信息传输模块、安全输入、输出接口、轨道电路信息接收单元、测速测距单元、人机界面等设备,仅增加 ATO 模块,利用城市轨道交通中现有的 ATO 处理单元,ATP 与 ATO 软件、硬件相互独立,仅进行 ATO 与 CTCS-2 车载设备间的接口开发工作。

4.2.2 地面设备

地面设备的主要任务是为列车提供所需的控车信息。对于 CTCS-2 列控系统,车-地之间的信息交换,最终的接口界面体现在轨道电路和应答器为车载设备提供所需的控车信息。对于 ZPW-2000 轨道电路,其信息量有限,仅能提供前方区段占用信息,要实现列车自动驾驶、列车进站精确定位停车、列车运行自动调整、节能运行等 ATO 功能,可通过增加应答器数量或在既有应答器内增加报文来实现。

(1) 列车自动驾驶是在 ATP 曲线内生成 ATO 曲线,控制列车自动驾驶。在区间运行时,ATP 和 ATO 所需的线路信息、限速信息基本相同,不再增加报文,仅在列车进站停车时,ATP 由人工保证停车位置,ATO 由设备保证停车位置。所以,应在进站应答器组及链接范围内的区间应答器内增加站台位置或所要求的精

确停车位置信息,供 ATO 设备计算精确的停车曲线。考虑到 CTCS-2 列控系统无法实现车-地信息的双向传输,暂无法实现车门与站台门的联动功能,只能由司机和地面工作人员分别开启车门和站台门。

(2) 为了实现列车运行自动调整和节能运行功能,ATO 车载设备除了需要获得线路数据等固定信息以外,还需要列车到达和出发的时刻信息表。为了实现全程、及时获取 CTC 下达的最新时刻表信息,需要在区间设置能够提供可变信息的有源应答器,对 CTCS-2 的改造太大。考虑到城际铁路一般站间距较短,区间运行时间较短,仅在车站更新实时的列车时刻表信息,便可满足运输需求,即在进站或出站等处的有源应答器内增加列车时刻表信息。

按照前面的分析,考虑城际铁路站间距较短,而列控中心单方向能够提供 3 处临时限速,每站更新临时限速信息的必要性不大,因此在受控站的进站处仅设置无源应答器。但是考虑到列车时刻表信息的及时更新,应在受控站的进站信号机处的应答器组内设置有源应答器,一般主控站与受控站之间的距离均大于 2.5 km,所以需设异地 LEU 机柜。为了解决室外 LEU 机柜的安装和维护问题,可将受控站 LEU 机柜设于信号机房。如图 3 所示。

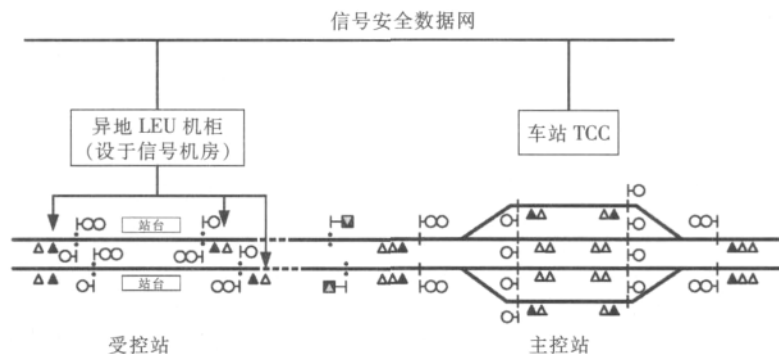


图 3 受控站有源应答器及 LEU 设置示意图

5 结论

我国城际铁路起步时间不长,目前尚未建立统一的技术标准。在 CTCS-2 级列控系统的基础上,开发针对城际铁路特点的列车控制系统,一方面满足了城际铁路与国铁之间互联互通的要求,另一方面可利用 CTCS-2 级列控系统的技术成果和运营经验,降低了城际铁路列控系统开发的难度,方案具有可行性和可用性。本文仅提出一种设计思路,随着城际铁路的建设进程,结合具体工程项目,将该方案进行完善和修正。

参考文献:

- [1] 石先明,习博. 城际铁路运营特点及列车运行控制系统功能定位研究[J]. 铁道标准设计 2011(4): 112-116.
Shi Xianming, Xi Bo. Research on the Inter-city Railway Operation Characteristics and the Train Control System Function Orientation [J]. Railway Standard Design 2011(4): 112-116.
- [2] 王勇,吴君茹. CTCS-2 级列控系统在城际客专的应用[J]. 铁路通信信号工程技术 2010(1): 1-4.

(下转第 85 页)

参考文献:

- [1] GB 50009—2001, 建筑结构荷载规范[S].
GB 50009—2001, Load Code for the Design of Building Structures [S].
- [2] 张哲,等. 曲面网壳风荷载体型系数研究[J]. 建筑结构 2009(5): 853—857.
Zhang Zhe, etc. Study on Figuration Coefficients of Curved—reticulated Shells under Wind Load [J]. Buildings Structure, 2009(5): 853—857.
- [3] 王彩华,等. 建筑物风荷载体型系数的数值模拟[J]. 低温建筑技术 2011(5): 35—36.
Wang Caihua etc. Numerical Simulation of Wind Load Figuration Coefficients on Buildings [J]. Buildings Technology of Low Temperature 2011(5): 35—36.
- [4] 蒋凡. 车站无站台柱雨棚风荷载设计探讨[J]. 铁道标准设计 2011(5): 94—96.
Jiang Fan. The Design and Discussion of the Wind Load Put on the Shed of Railway Station [J]. Railway Standard Design 2011(5): 94—96.
- [5] 何连华,等. 武汉火车站屋盖与雨棚平均风荷载的数值模拟[J]. 建筑结构, 2009(1): 20—22.
He Lianhua, etc. The Numerical Simulation of the Average Wind Load Put on the Shed of Wuhan Railway Station [J]. Buildings Structure, 2009(1): 20—22.
- [6] 高剑. 无站台柱雨棚特性与设计[J]. 铁道工程学报, 2008(12): 75—78.
Gaojian. Characteristics and Design of No—Platform—Column Canopy [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2008(12): 75—78.
- [7] 中国建筑科学研究院. 苏州火车站无站台柱雨棚风荷载风洞模拟实验报告[R]. 北京: 中国建筑科学研究院, 2006.
China Academy of Building Research Institute of Building Structures. Wind Tunnel Simulation Experiment of No—platform—column Canopy in Suzhou Station [R]. Beijing: China Academy of Building Research Institute of Building Structures, 2006.
- [8] 中国建筑科学研究院. 南京南火车站无站台柱雨棚风荷载风洞模拟实验报告[R]. 北京: 中国建筑科学研究院, 2008.
China Academy of Building Research Institute of Building Structures. Wind Tunnel Simulation Experiment of No—platform—column Canopy in NanJing south Station [R]. Beijing: China Academy of Building Research Institute of Building Structures, 2008.
- [9] 中国建筑科学研究院. 张家界火车站无站台柱雨棚风荷载风洞模拟实验报告[R]. 北京: 中国建筑科学研究院, 2005.
China Academy of Building Research Institute of Building Structures. Wind Tunnel Simulation Experiment of No—platform—column Canopy in Zhangjiajie south Station [R]. Beijing: China Academy of Building Research Institute of Building Structures, 2005.

(编辑 梅志山)

(上接第80页)

- Wang Yong, Wu Junru. Application of CTCS—2 Train Control System in Inter—city Passenger Dedicated Line [J]. Railway Signalling and Communication Engineering, 2010(1): 1—4.
- [3] 杜平. 城际铁路列控系统方案探讨[J]. 铁路通信信号工程技术 2010(2): 47—50.
Du Ping. Discuss on Train Control System in Inter—city Railway [J]. Railway Signalling and Communication Engineering, 2010(2): 47—50.
- [4] 邹少文. 客运专线列控系统模式探讨[J]. 铁道工程学报, 2005(1): 24—26.
Zou Shaowen. Exploration on Mode of Train Line Control System for Passenger Dedicated Line [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2005(1): 24—26.
- [5] 科技运[2010]138号 列控中心技术规范[S].
Science and Technology [2010] No. 138, Code for Technology of Train Control Center [S].
- [6] GB 50157—2003 地铁设计规范[S].
GB 50157—2003, Code of Design of Metro [S].

(编辑 吕洁)