

文章编号: 1674—8247(2022)04—0093—06
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2022.04.015

高速铁路联锁调度一体化实训方案研究与应用

夏进波 王 勇

(四川瑞云信通科技有限公司, 成都 610083)

摘 要:铁路运营里程的快速增加对现场维护人员的专业技能提出了更高的要求,铁路总公司对一线职工的教育培训以及车务人员的应急处置能力给予了很高的关注。本文针对铁路车站车务岗前培训和日常实训中存在的过程复杂、费时费力和操作不能针对上岗车站进行培训等问题,综合利用大数据分析技术、虚拟技术、语音识别技术、体感交互技术和计算机仿真技术,开发出一套集仿真、实训、考核和管理功能为一体的高速铁路联锁调度一体化实训平台,有效解决了值班员的培训需求,提高了车务操作人员的培训效果和应急处置能力。

关键词:高速铁路; 联锁调度一体化; 综合仿真; 实训平台

中图分类号:U284 文献标志码:A

Research and Application of Training Scheme for Integrated Interlocking & Dispatching of High-speed Railway

XIA Jinbo WANG Yong

(Sichuan Ruiyun Xintong Technology Co., Ltd., Chengdu 610083, China)

Abstract: The rapid increase of railway operating mileage puts forward higher requirements for the professional skills of on-site maintenance personnel. China Railway has paid close attention to the education and training of front-line workers and the emergency response ability of train attendants. In this paper, in view of such problems as complex process, time-consuming and laborious operating procedures, and less pertinent training subjects in pre-job training and daily training for train attendants of railway stations, a training platform for integrated interlocking & dispatching of high-speed railway integrating simulation, training, assessment and management functions is developed by comprehensively utilizing big data analysis technology, virtual technology, speech recognition technology and computer simulation technology, and it effectively solves the training needs of attendants and improves the training effect and emergency response ability of train attendants.

Key words: high-speed railway; integrated interlocking & dispatching; comprehensive simulation; training platform

目前,国内针对高速铁路值班员的培训仍以师傅带徒弟、单机版联锁操作和模拟演练等传统培训模式为主。然而,此类培训常导致职工实际动手能力与操作环节严重不足、对车站接发车应急处置理解不透彻等问题,已不能满足高速铁路现场复杂作业要求^[1]。

因此,急需能够实现运输专业教学的实验系统,用来完成高铁值班员日常教学和实训任务。

拟开发的系统主要用来完成对联锁调度的培训,具体包括基础操作培训、非正常接发车培训、操作演练、复杂场景实训等培训功能。该系统在培训过程中

收稿日期:2021-04-20

作者简介:夏进波(1976-),男,教授级高级工程师。

引文格式:夏进波,王勇. 高速铁路联锁调度一体化实训方案研究与应用[J]. 高速铁路技术,2022,13(4):93-98.

XIA Jinbo, WANG Yong. Research and Application of Training Scheme for Integrated Interlocking & Dispatching of High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(4):93-98.

需对联锁的基本原理、常规操作、各种进路选排解锁等进行文字讲解并配以同步实例演示,帮助学员快速全面地掌握联锁系统的操作方式^[2];同时,此系统还需集成突发应急演练和复杂场景下的培训和考核功能,提高用户的综合操作能力和操作流程的规范性;此外,该系统需集成站细资料查询和车务非正常作业办法的学习功能,使该软件不仅成为一个实训演练的工具,还是一个针对具体车站资料查询、边学边练的实用工具;需注意的是,联锁调度培训的目的是使学员从“不会”到“会”再到“熟练”,最后到“精通”。

同时,该系统也可作为铁路运输主管部门对现场职工开展客观性考核和上岗培训提供一个有力的管理平台,为铁路实现“强基达标、提质增效”的目标提供强力保障;此外,该套高速铁路联锁调度一体化实训平台还需满足铁路高校相关运输专业的日常教学任务,可为《旅客运输》、《铁路行车组织基础》、《铁路运输调度与统计分析》等多门课程开设相关实验内容^[3];最后,该套系统需提供“学、训、考”一体化的智能教学平台,实现铁路运输专业的多元化教学功能。因此,某公司

专门立项完成高速铁路联锁调度一体化实训平台的研制。

1 实训平台需求分析

1.1 实训平台的结构

该系统采用语音智能识别技术、虚拟技术、体感交互技术和大数据分析技术等,用以仿真完整的铁路接发车应用场景;从运行图规划到行车进路开放、车务值班员指挥操作,再到模拟司机驾驶完成行车计划的闭环环境,系统需体现所有信号设备和现场工种的工作联动机制关系^[4]。系统中拟采用模拟仿真技术将虚拟环境带入到整个培训过程中,既能完整仿真各系统的设备情况,又能保证系统与现场实际环境的一致性;同时,该系统能够适应现场不同联锁及调度指挥设备供应商的仿真培训,实现“一站一定制”,提高实训效果;此外,实训平台系统采用沉浸式人机交互演练的方式,实现铁路车务人员作业流程的完全仿真培训和考核。实训平台的结构框图如图1所示。

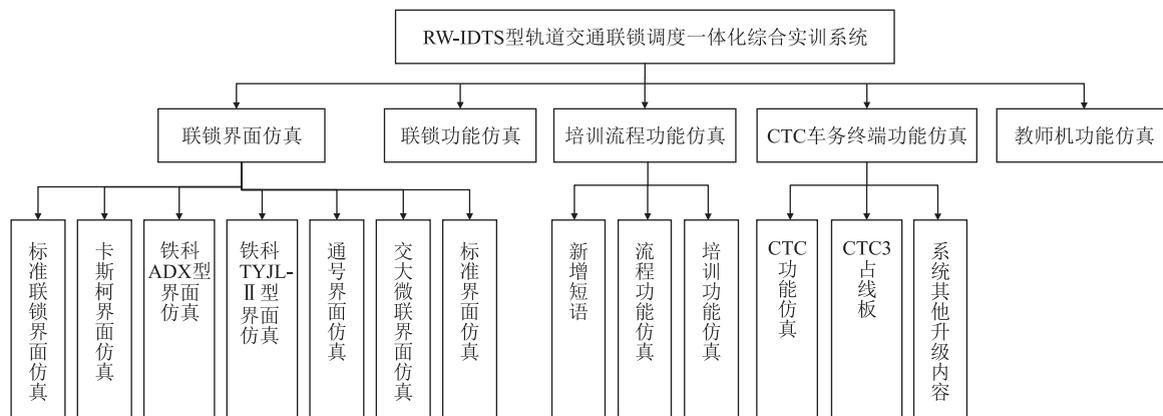


图1 实训平台的结构框图

1.2 实训平台开发流程

高速铁路联锁调度一体化实训平台的开发流程如图2所示。该实训系统基于已有高速铁路的线路基本数据开发,通过收集现场所需线路和列车的基本信息建成专属实训系统数据库,实现“1:1”基础元素的建模,搭建信号仿真系统的程序设计场景,完成单角色和多角色作业模拟,通过场景交互组件的开发,设计实训系统教师端和学生端,完成实训系统的开发流程^[5]。

2 实训平台设计

2.1 实训平台技术突破

与其他实训系统相比,高速铁路联锁调度一体化实训平台实现了以下技术突破:

(1) 采用计算机仿真技术,能够适应不同联锁厂

家设备的系统仿真;结合每个车站的不同站细和不同

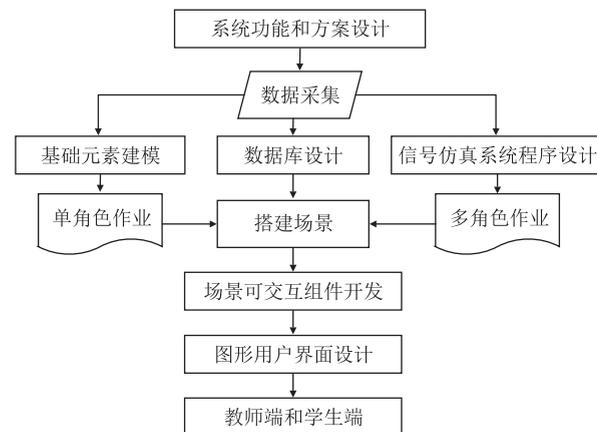


图2 实训平台的开发流程图

的接发车应急指挥流程,实现“一站定制”。

(2) 采用通信技术,结合铁路现场需求,实现铁路车站联锁及 CTC 的功能仿真、操作培训、非正常接发车培训、操作演练、复杂场景实训、在线考试、站细及规章制度查询、培训分析等车务人员综合培训管理功能^[6]。

(3) 采用语音识别技术、视频监控技术和体感交互技术,完成系统的自动化操作响应、人机对话响应、人员身份识别和人体动作采集,模拟真实现场操作和信息交互,实现车务人员作业流程的完全仿真培训和

考核。

(4) 利用大数据分析,针对不同的学员实现自主化出题、自动生成试卷、自动判卷和自动分析等功能,解决实训中对学员实际操作综合能力考核和精准培训的难题。

(5) 开发标准化工程数据快速生成软件,实现定制服务的工程化,以达到快速响应现场工程的需求。

2.2 实训平台仿真流程

高速铁路联锁调度一体化实训平台仿真流程如图3所示。

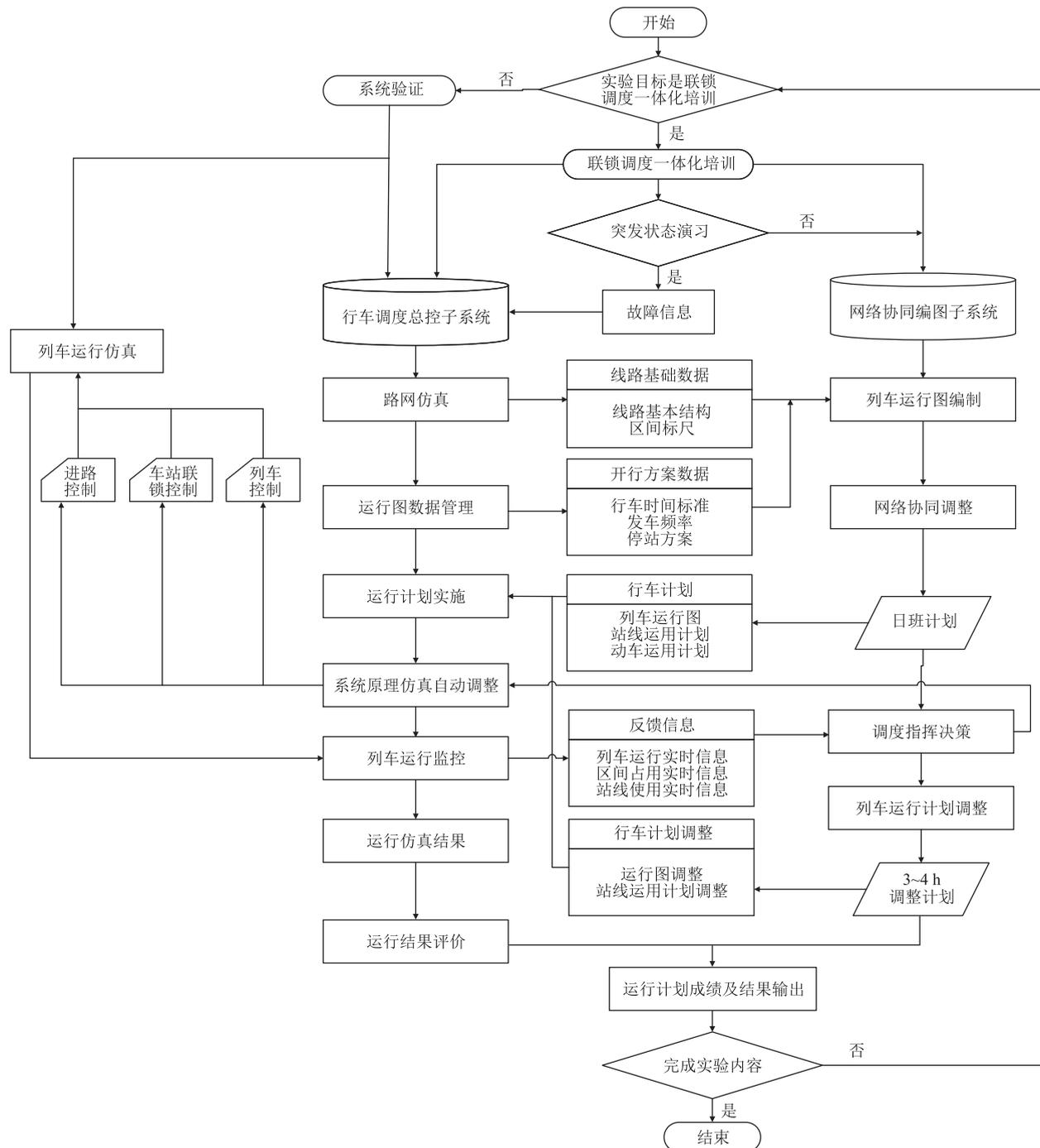


图3 实训平台的仿真流程图

由图3可知,实训平台仿真流程如下:

(1) 根据开发流程收集线路数据对系统进行初始化,构建出实训系统的仿真环境。

(2) 实训系统仿真环境启动后,判断实验目标是否是联锁调度一体化培训,若为“是”则表示系统启动成功,进入联锁调度一体化培训仿真过程,否则要对系统进行验证,转入(5),通过列车运行仿真监控列车的运行,再确定调度指挥的决策。系统验证正确后系统才能正常运行。

(3) 进入联锁调度一体化培训系统后判断是否进行突发状态演习,若为“是”则生成故障信息,启动行车调度子系统;否则启动网络协同编图子系统。

(4) 行车调度子系统启动后,根据故障信息进行路网仿真和运行图数据管理,系统生成线路基础数据和开行方案数据,进行列车运行图编制,接着实施运行计划;根据运行仿真结果输出培训成绩,完成实验内容后结束系统运行^[7]。

(5) 根据行车调度子系统的原理仿真自动调整,生成进路控制、车站联锁控制以及列车控制生成列车运行控制的仿真来支撑系统的验证。

(6) 启动网络协同子系统,根据线路基础数据和开行方案数据编制列车运行图,确定好列车运行计划,进行网络协同调整;根据日班计划生成的行车计划、反馈信息,对调度指挥决策、行车计划进行调整,输出运行计划成绩及结果完成实验内容。

3 实训平台功能实现

3.1 实训平台主要特点

高速铁路联锁调度一体化实训平台的主要特点包括:

(1) 基于不同联锁厂家系统设备操作界面的兼容技术。系统能够适应国内主流联锁系统(包括TYJL-ADX联锁界面、DS6-60联锁界面、EI32-JD联锁界面、iLOCK联锁界面)的完全仿真^[8]。

(2) 基于自动培训过程的人机交互实训技术。调度联锁实现一体化系统实现了边学边练、用户自主化出题、自动化生成试卷、自动化判卷等功能,解决了实训中对于学员实际操作能力不易考核的难题,可有效提高实训效果。

(3) 基于大数据的智能实训及精准培训技术。系统通过对现有用户数据的挖掘和分析,可查找日常铁路车务运营中存在的薄弱环节,发现车务日常管理中的管理缺陷,提升管理水平,改进管理流程,达到精准培训的目标。

3.2 实训平台软件功能

根据对实训系统特点以及技术分析,提出系统软件功能项目,如表1所示,主要包括计算机联锁仿真、CTC仿真、数字调度台仿真、教师机实训、培训实训以及信息管理平台。以上功能基本上涵盖所有联锁、调度的工作实训内容,可有效解决车务人员的工作内容培训需求^[9]。

表1 实训平台软件功能项目表

一级菜单	二级菜单
1. 计算机联锁仿真系统	1.1 联锁逻辑仿真功能,1.2 人机界面仿真功能,1.3 基本操作仿真功能,1.4 站场设备状态模拟功能,1.5 设备故障模拟功能,1.6 模拟行车功能
2. CTC 仿真系统	2.1 控制模式转换功能,2.2 信号设备操作功能,2.3 车次信息显示与维护功能,2.4 进路表显示与操作功能,2.5 阶段计划框显示功能,2.6 行车日志功能,2.7 调度命令管理功能,2.8 站间透明功能,2.9 语音报警功能,2.10 运行图功能
3. 数字调度台仿真系统	3.1 离线语音识别功能,3.2 多岗位编辑功能,3.3 接发车作业标准用语库功能
4. 教师机实训系统	4.1 学员机监控功能,4.2 列车控制功能,4.3 站场操作功能,4.4 故障设置功能,4.5 阶段计划及调度命令功能,4.6 邻站模拟功能
5. 培训实训系统	5.1 站细查询学习功能,5.2 非正常接发车培训功能,5.3 基础操作培训,5.4 接发车作业流程操作考试,5.5 基础操作考试,5.6 CTC 基础操作培训
6. 信息管理平台	6.1 素质画像模块功能,6.2 用户管理功能,6.3 公共资源模块功能,6.4 培训计划模块功能,6.5 公告通知模块功能,6.6 统计分析模块功能,6.7 系统管理功能

3.3 实训平台仿真功能

高速铁路联锁调度一体化实训平台可对联锁调度进行系统培训,实现基本操作功能、列车运行仿真功能和非正常情况下仿真功能等内容。

3.3.1 基本操作功能

(1) 新建线路标准界面,采用新标准,坡道接车进站信号的开放要不间断检查延续进路区段空闲状态。

(2) 自动闭塞多站相连模拟行车,如出现站场咽喉方向不一致的两个站环接,则需修改代码在系统中实现模拟行车,将此种情况改为可配置或软件自主判别。

(3) 界面指示灯状态变化,对于各型号联锁界面中的零散指示灯,或者状态指示灯,其状态能够实现模拟仿真,不同的状态具备不同的显示效果。

(4) 记录功能可实现软件界面的操作回放。

(5) 根据数据配置文件来确定按钮的名称、形式,保证仿真界面按钮与现场的一致性。

3.3.2 列车运行仿真功能

(1) 辅助路票发车仿真,在区间红光带情况下,首

次发车不开信号,采用路票发车,列车顺序压过发车进路,之后发车直接开信号。

(2) 各界面对于通过按钮的封锁做共性处理,不再按照名称控制。

(3) 中岔要随发车进路自动单锁,防护道岔是否要随主道岔逻辑位置锁闭而自动单锁需处理为可配置。

(4) 选岔前的进路条件检查,检查不通过则不允许有选岔动作,检查条件包括照查、道岔单锁非逻辑位置、道岔或防护道岔封等。

(5) 道岔转动过程仿真室外,先断表示,然后转动到位,恢复表示。

(6) 道岔区段红光带、绿光带、白光带时道岔室外强制转动,监控机界面显示需要断表示。

(7) 站内无岔区段,接近区段可实现封锁。

3.3.3 非正常情况下仿真功能

(1) 针对现场典型案例,可以自由编辑题目(最多只能编写25步)。

(2) 接发车非正常情况演练时,办理闭塞及开放引导信号会弹出电子簿册,以便对进路的办理以及信号的开放进行记录。

(3) 全场停电模拟分为两种,一种为室外设备停电、联锁不停电,另一种为室外设备及联锁均停电,两种模式可切换;联锁全场停电,需上电解锁时,中岔直接解锁无延时。

(4) 针对进站信号机内方第一个区段出现红光带故障时,不应实现闭塞办理功能(iLOCK联锁软件面对该故障,则可以办闭塞,其他型号联锁均不能办理闭塞)。

(5) 自动闭塞双接故障按钮及双接故障恢复按钮处理为可配置控制其显示,类似邻站半自动闭塞模拟按钮。

(6) 区段故障/区段占用情况下,手动扳道岔,显示失去表示状态。

(7) 对于半自动闭塞有闭塞切换、计轴功能的站,半自动闭塞自动办理。

4 实训平台的应用

4.1 实训平台应用情况

系统利用联锁调度仿真软件采用 Visual Studio 2013 框架进行模块化设计,整体应用 UML 建模,同时完成了兼容性设计,可应用于通用 WINDOWS 计算机平台^[10]。目前,该系统已成功应用于高速铁路现场,得到铁路运输部门的一致好评。

4.2 实训平台应用范围

高速铁路联锁调度一体化实训平台适用范围广泛,主要有:

(1) 铁路运营单位:对于高速铁路值班员培训具有重要意义,主要客户是各个铁路局(集团公司)和铁路沿线的车站。

(2) 高校教学单位:主要针对开设信号专业和交通运输专业的高校建设教学实验室。目前全国开设了相关专业的高校近100所,而且超一半的高校都是近两三年才开设这些专业,急需建设配套的教学实验平台^[11]。

(3) 其他制式轨道交通:可以根据地铁、有轨电车、悬挂式单轨、山地轨道交通等新制式轨道交通特殊需求进行延伸功能配置,满足培训基地或沿线车站培训需求。

(4) 海外项目:可以根据海外项目需求,量身打造适用于当地需求的海外当地技术人员培训。

5 结论

高速铁路联锁调度一体化实训平台的实现,能有效解决现场真实设备不能反复演练的难题;同时,该平台突破了培训工作中时间、空间、人员数量的限制,提高培训效率,节约培训成本;此外,该系统直观性好,使培训人员身临其境,便于理解和掌握培训内容;最后,该平台具有考试模块,能够实现实操题目用户的自主出题和自动判别,解决难以考察实训效果的难题。

参考文献:

- [1] 林瑜筠,李鹏,李岱峰. 铁路信号新技术概论[M]. 北京:中国铁道出版社,2007.
LIN Yujun, LI Peng, LI Daifeng. Introduction to Railway Signal New Technology [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2007.
- [2] 魏国栋,李骁宇,姜庆阳,等. 列车车载模式培训平台的设计与实现[J]. 铁道通信信号,2015(4):80-83.
WEI Guodong, LI Xiaoyu, JIANG Qingyang, et al. Design and Realization of ATP Mode Teaching Platform[J]. Railway Signalling & Communication, 2015(4):80-83.
- [3] 廖丽军. 高速列车运行控制系统仿真[D]. 北京:北京交通大学,2009:13-15.
LIAO Lijun. High-speed Train Control System Simulation[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2009:13-15.
- [4] 华容,安子良,沙泉等. 创建轨道交通运行与安全实验教学示范中心[J]. 实验技术与管理,2016,33(12):237-241.
HUA Rong, AN Ziliang, SHA Quan, et al. Experimental Teaching Demonstration Center of Rail Transit Operation and Safety [J]. Experimental Technology and Management, 2016, 33(12):237-241.

- [5] 丛丛, 李俊辉, 秦凯. 城市轨道交通行车作业虚拟仿真实训系统的设计与应用[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(8): 44-49.
CONG Cong, LI Junhui, QIN Kai. Design and Application of Virtual Simulation Training System in Urban Rail Transit Operation [J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(8): 44-49.
- [6] 王秀娟. 基于车站子系统一体化配置的分散自律调度集中系统研究[J]. 铁道通信信号, 2007, 43(4): 1-3.
WANG Xiujuan. Research on Decentralized and Self-disciplined Scheduling Centralized System Based on the Integrated Configuration of Station Subsystems [J]. Railway Signalling & Communication, 2007, 43(4): 1-3.
- [7] 周妍, 周磊山. 高速铁路行车调度指挥一体化仿真实验平台设计与研究[J]. 铁道学报, 2012, 34(6): 1-7.
ZHOU Yan, ZHOU Leishan. Study on Simulation and Experiment Platform of Integrated High-speed Railway Traffic Control [J]. Journal of the China Railway Society, 2012, 34(6): 1-7.
- [8] 闫贝贝. 分散自律调度集中与计算机联锁的结合[J]. 铁道运营技术, 2011, 17(2): 41-43.
YAN Beibei. The Combination of Decentralized and Autonomous Scheduling Centralized and Computer Interlocking [J]. Railway Operation Technology, 2011, 17(2): 41-43.
- [9] 杨肇夏, 蒋熙, 苗建瑞, 于勇. 列车接发与调度指挥实时仿真培训系统[J]. 系统仿真学报, 2001, 13(4): 546-547.
YANG Zhaoxia, JIANG Xi, MIAO Jianrui, et al. Real-time Simulation Training System for Train Reception and Departure, Dispatching and Command [J]. Acta Simulata Systematica Sinica, 2001, 13(4): 546-547.
- [10] 赵随海, 宋鹏飞, 林海桐, 等. 高速铁路调度集中一体化仿真测试平台的设计与实现[J]. 铁道运输与经济, 2018, 40(8): 65-70.
ZHAO Suihai, SONG Pengfei, LIN Haitong, et al. The Design and Implementation of Integrated Simulation and Test Platform for High-speed Railway Centralized Traffic Control [J]. Railway Transport and Economy, 2018, 40(8): 65-70.
- [11] 马文晖, 杨斐, 冯国斌. 高速铁路 CTC 仿真培训系统的设计与应用[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(1): 26-28.
MA Wenhui, YANG Fei, FENG Guobin. Design and Application of Simulation Training System of CTC for High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(1): 26-28.

(上接第58页)

- [2] 严健, 何川, 汪波, 等. 高地温高应力隧道岩爆特征及机制研究[J]. 铁道学报, 2020, 42(12): 186-194.
YAN Jian, HE Chuan, WANG Bo, et al. Research on Characteristics and Mechanism of Rockburst Occurring in High Geo-Temperature and High Geo-Stress Tunnel [J]. Journal of the China Railway Society, 2020, 42(12): 186-194.
- [3] 袁伟, 冉光静, 张恒. 海螺沟温泉地质成因分析[J]. 中国矿业, 2015, 24(4): 83-87.
YUAN Wei, RAN Guangjing, ZHANG Heng. Genetic Analysis of Hailuoguo Hotspring [J]. China Mining Magazine, 2015, 24(4): 83-87.
- [4] 王生仁, 张晓宇, 杜世回, 等. 川藏铁路拉月隧道穿越东构造结地温分布特征及预测[J]. 隧道建设, 2021, 41(1): 100-107.
WANG Shengren, ZHANG Xiaoyu, DU Shihui, et al. Geothermal Distribution Characteristics and Prediction of Layue Tunnel of Sichuan-Tibet Railway Passing through East Syntaxis [J]. Tunnel Construction, 2021, 41(1): 100-107.
- [5] 王志杰, 林铭, 姜逸帆, 等. 高地温隧道考虑二次衬砌水化热的隔热层厚度优化[J]. 隧道建设(中英文), 2021, 41(S1): 1-10.
WANG Zhijie, LIN Ming, JIANG Yifan, et al. Optimizing Thickness of Thermal Insulation Layer of High Geotemperature Tunnel Considering Hydration Heat of Secondary Lining [J]. Tunnel Construction, 2021, 41(S1): 1-10.
- [6] 罗占夫, 蒋涛, 王树刚, 等. 隧道围岩温度分析解在高黎贡山铁路隧道的应用: 隧道内空气温度满足设计要求时的围岩温度分布规律[J]. 隧道建设(中英文), 2020, 40(S2): 32-37.
LUO Zhanfu, JIANG Tao, WANG Shugang, et al. Application of Theoretical Solution of Surrounding Rock Temperature in Gaoligongshan Railway Tunnel: Surrounding Rock Temperature Distribution Law under Design Air Temperature [J]. Tunnel Construction, 2020, 40(S2): 32-37.
- [7] 伍修刚, 左奎现, 何兆才, 等. 强震区高岩温隧道两种隔热材料的隔热减震效果分析[J]. 国防交通工程与技术, 2017, 15(6): 34-37.
WU Xiugang, ZUO Kuixian, HE Zhaoai, et al. An Analysis of the Thermal Insulation and Shock Absorption Effects of Two Kinds of Thermal Insulation Materials in High-Rock-Temperature Tunnels in Meizoseismal Areas [J]. Traffic Engineering and Technology for National Defence, 2017, 15(6): 34-37.
- [8] 崔光耀, 王雪来, 左奎现, 等. 强震区高岩温隧道刚柔并济综合减灾技术研究[J]. 现代隧道技术, 2019, 56(5): 98-103.
CUI Guangyao, WANG Xuelai, ZUO Kuixian, et al. Study on Rigid and Flexible Compound Disaster Reduction Technology for the Tunnel with High Rock Temperature in Meizoseismal Area [J]. Modern Tunnelling Technology, 2019, 56(5): 98-103.
- [9] 唐兴华, 王明年, 童建军, 等. 高岩温隧道初期支护应力场及安全性研究[J]. 西南交通大学学报, 2019, 54(1): 32-38.
TANG Xinghua, WANG Mingnian, TONG Jianjun, et al. Study on Stress Field and Security of Primary Support in High Rock Temperature Tunnel [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2019, 54(1): 32-38.
- [10] 王明年, 童建军, 刘大刚, 等. 高岩温铁路隧道支护结构体系分级研究[J]. 土木工程学报, 2015, 48(11): 119-125.
WANG Mingnian, TONG Jianjun, LIU Dagang, et al. Study on Support Structure System Classification of Railway Tunnel with High Rock Temperature [J]. China Civil Engineering Journal, 2015, 48(11): 119-125.