

文章编号: 1674—8247(2021)01—0026—03
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.01.006

高速铁路 CTC 仿真培训系统的设计与应用

马文晖¹ 杨 斐^{2,3} 冯国斌³

(1. 中国铁路青藏集团有限公司, 西宁 810007; 2. 甘肃省工业交通自动化工程技术研究中心, 兰州 730070;
3. 兰州安信铁路科技有限公司, 兰州 730070)

摘 要:调度集中系统(CTC 系统)是我国高速铁路运输的核心调度指挥系统。本文针对当前高速铁路现场人员的工作实际和铁路局的迫切需求,通过分析 CTC 系统的功能需求,在 CTCS-3 级仿真培训系统的平台上,设计开发了高速铁路 CTC 仿真培训系统,并将其应用到员工培训中,为高速铁路调度指挥人员提供了较为真实的培训环境,有助于保障高速铁路的安全高效运行。

关键词:高速铁路; CTC 系统; 功能需求; 仿真培训; 安全运行

中图分类号:U284.59 **文献标志码:**A

Design and Application of Simulation Training System of CTC for High-speed Railway

MA Wenhui¹ YANG Fei^{2,3} FENG Guobin³

(1. China Railway Qingzang Group, Xining 810007, China;

2. Gansu Industrial Traffic Automation Engineering Technology Research Center, Lanzhou 730070, China;

3. Lanzhou Anxin Railway Technology Co., Ltd., Lanzhou 730070, China)

Abstract: The centralized traffic control (CTC) system is the core dispatching command system of high-speed railway transport in China. Aiming for satisfying the requirements of the reality of work of the field personnel of high-speed railway and the urgent needs of local railway companies, the paper designs and develops a high-speed railway CTC simulation training system within the platform of CTCS-3 simulation training system after analyzing the functional requirements of CTC system, and applies it in employee training for providing a more realistic training environment for dispatching commanders of high-speed railway, and helping to ensure the safe and efficient operation of high-speed railway.

Key words: high-speed railway; CTC system; functional requirements; simulation training; safe operation

1 CTC 仿真培训系统功能需求

我国高速铁路调度指挥使用调度集中系统(Centralized Traffic Control System, CTC),运输指挥人员通过 CTC 实现对整条线路列车的调度工作。本文

通过对计算机仿真软件研究(流程如图 1 所示),设计并开发了针对高原地区的高速铁路 CTC 仿真培训系统。调度指挥人员利用仿真培训系统进行反复训练,可进一步提高自身职业技能,成为具备创新型知识的优秀职工^[1-3]。

收稿日期:2020-06-19

作者简介:马文晖(1985-),男,工程师。

基金项目:中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划课题(N2019G017);兰州市人才创新创业项目(2019-RC-107);甘肃省工业交通自动化工程技术研究中心 2019 年开放基金项目(GSITA201910)

引文格式: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.

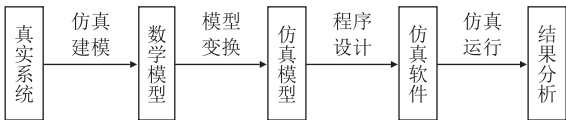


图 1 仿真软件研究流程简图

CTC 仿真系统是 CTCS-3 级列车控制仿真平台的一个子模块,平台包括 RBC 仿真和车载人机交互接口仿真两个功能,不仅可实现车站模块的车站 CBI 仿真、TCC 仿真、站场以及区间信号设备仿真等功能,还可模拟车辆在 CTCS-3 级列车控制等级下的运行情况。高速铁路 CTC 完成规定功能需依赖联锁、列控、TSRS、RBC、GSM-R 等系统。通过对 CTC 系统功能进行分析,得到 4 个目前需要解决的需求^[4-6]。

(1) 目前,大多数信号仿真系统只能实现部分仿真或普速仿真,但现场的运输调度员工因工作需要,急需一套完整的高速铁路 CTC 仿真培训系统,用于岗前培训和日常练习,以确保快速、安全上岗。

(2) 铁路局期望有一套与日常工作环境无较大差异的培训流程,在调度员和车站值班员上岗之前,可对其进行与岗位工作内容相同环境下的培训。为此,亟需一套高速铁路 CTC 仿真系统,通过操作流程培训,使运输人员熟悉工作线路、车站布局结构以及站规、站细等各方面的内容,以便快速上岗。同时,培训系统需具有更新的能力,若发生实际调度台管辖范围变更、车站站场维修改造、基本图变换等情况,系统可同步联网更新,调度指挥人员便可在仿真系统上提前训练,确保高速铁路运营安全。

(3) 目前,对非正常情况下行车处置流程的培训和教学严重不足。铁路局对非正常情况的作业流程制定了多项操作规章,单独靠理论学习,不仅枯燥乏味,也不易掌握实际作业流程。因此,要求培训系统需具备提前预设故障、历史故障、现场复现等功能,并可对处理故障流程进行判分,从而提高教学和学习效率。

(4) 新线开通之前,铁路局调度所会对线路进行满图负荷仿真试运行,以了解线路的满负荷运行能力,同时,对整条线路的运输流量瓶颈进行测评和推练,推断出可能出现的列车交汇集中点,为以后线路正常运行提供有价值的改善依据,提高线路的运输能力和运输效益。

针对上述需求,通过技术优化、流程再造、维修体系标准等手段将标准化作业流程、智能测量终端与物联网、互联网技术相结合,以应急指挥、生产、安全、质量、信息为首要任务,提高设备质量、缩短故障处理时间为目标。研发高速铁路 CTC 仿真培训系统时不

我待。

2 高速铁路 CTC 仿真培训系统功能

作为一个功能复杂的培训系统,高速铁路 CTC 仿真培训系统的功能模块分为:(1) 仿真通信子系统;(2) 仿真多个信号子系统;(3) 仿真车辆;(多个仿真子系统的集成整合及列车智能走行。CTC 仿真系统的整体架构示意如图 2 所示。

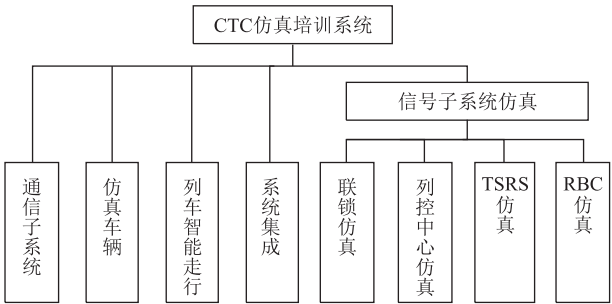


图 2 CTC 仿真系统整体架构示意图

2.1 通信子系统的仿真

CTC 仿真系统首先要满足阶段计划的生成、进路控制和命令执行 3 个功能,同时还要满足日常教学和学习的功能。高速铁路 CTC 仿真培训系统的几个功能需使用局域网进行数据交流,系统中教学和维护模块的部分工作是由教师机负责、管理和监督的。该系统的网络通信由抗干扰能力强的以太网交换机完成,通信子系统完成 CTC 与 GSM-R 的交互信息功能和 FAS 台功能。数据帧、通用发送帧关系结构如图 3 所示。

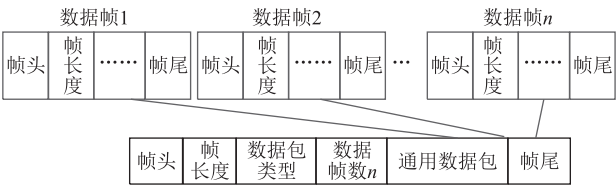


图 3 数据帧、通用发送帧关系结构图

2.2 信号子系统仿真

高速铁路完成 CTC 运行的核心信号系统模块有联锁、列控中心、TSRS 和 RBC, CTC 仿真系统需要完成以上模块的仿真。

(1) 联锁仿真

模块主要模拟联锁模块的功能,具有系统所仿真线路的联锁表。接收 CTC 仿真系统的各种控制命令并正确执行,向 CTC 仿真系统发送站场信息以及与 CTC 系统交互非常站控或分散自律控制模式等。

(2) 列车控制中心仿真

列控中心仿真模块主要包括区间方向判断和低频码信息计算。与 CTC 仿真模块进行区间和低频码信息的数据交流,同时完成当前所在区间列车占用与出清状态的检查,接收 CTC 仿真模块的控制命令,并检查区间是否有车。

(3)TSRS 仿真

TSRS 仿真模块的主要任务为接收 CTC 的限速命令并执行限速命令,与此同时向 CTC 仿真培训系统上传限速命令的执行状态,生成执行日志文件,以便后期查看限速命令的下达过程。

(4)RBC 仿真

RBC 仿真模块除向 CTC 仿真系统传输车辆仿真信息外,还要接收 CTC 仿真系统接口传输的文本信息,按照培训人员的操作指令进行仿真车辆的创建、注册等,结合联锁、车速等实现列车仿真运行,使其具备移动授权功能。通过这个模块可完成编制基本图、调整运行图、生成实际运行图等功能。运行图调整设计流程如图 4 所示,CTC 中心行车指挥流程如图 5 所示。

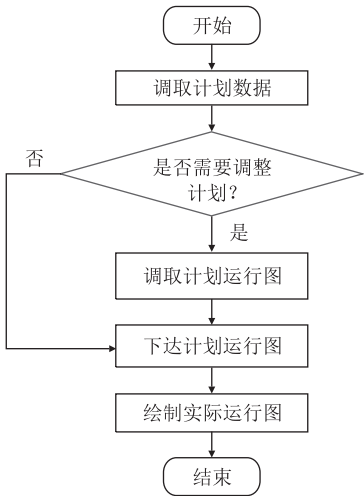


图 4 运行图调整设计流程图

3 CTC 仿真培训系统的实现

3.1 硬件设备配置

在硬件的基础配置上,重点完成了工作站系统搭建的设置,其中包括了各种服务器、交换机、Intel AMT (主动管理技术)等相关设备,还涉及到卡、声卡驱动等。系统设备应包括局域网设备、服务器、交换机和工作站操作系统补丁,同时还要将电脑硬件设备对应的驱动程序准确安装并配置成功。

服务器配置主要完成数据库配置的任务,用于存储保障列车车的运行图数据、各种基础性的线路数据表以及仿真的站场图等,服务器由小型机和其相关设备组成,小型机使用 Unix 操作系统。

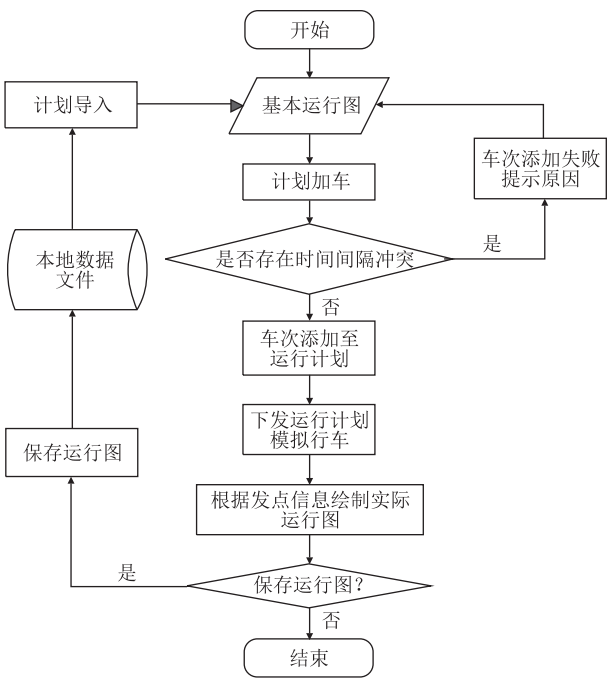


图 5 CTC 中心行车指挥流程图

网络交换机拓扑能够避免总线故障而引起的全线网络故障,单个节点发生故障不会影响整个网络,每位用户的带宽能够达到 100 Mbit/s,且可重新配置网络。

3.2 软件体系设计

培训系统软件由现场车站自律机和调度指挥控制中心软件两部分组成。调度指挥中心软件按其各自功能分成接口通信功能和服务应用功能。服务应用功能是给调度员准备的终端软件,是提供给信号设备维修人员系统维护与网络管理的软件。CTC 仿真培训系统的软件模块逻辑关系如图 6 所示。

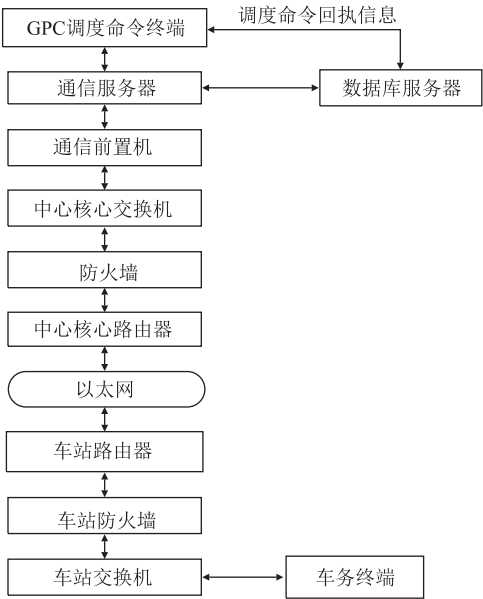


图 6 CTC 仿真培训系统的软件模块逻辑图

(下转第 69 页)

GB/T 14684 – 2011 Sand for Construction [S].

[3] 艾长发, 彭浩, 胡超, 等. 机制砂级配对混凝土性能的影响规律与作用效应[J]. 混凝土, 2013(1): 73 – 76.

AI Changfa, PENG Hao, HU Chao, et al. Influence Law and Action Effect of Manufactured Sand Gradation on Concrete Performance[J]. Concrete, 2013(1): 73 – 76.

[4] 赵顺波, 王磊, 梁娜. 石粉含量对机制砂水泥砂浆力学性能的影响[J]. 混凝土, 2014(4): 130 – 132.

ZHAO Shunbo, WANG Lei, LIANG Na. Effects of Stone Powder on Mechanical Properties of Manufactured Sand Cement Mortar [J]. Concrete, 2014(4): 130 – 132.

[5] 唐凯靖, 刘来宝, 周应. 岩性对机制砂特性及其混凝土性能的影响[J]. 混凝土, 2011(12): 62 – 63.

TANG Kaijing, LIU Laibao, ZHOU Ying. Effects of Lithology on Properties of Manufactured Sand and the Performance of the Concrete with Manufactured Sand[J]. Concrete, 2011(12): 62 – 63.

[6] 张琨健. 机制砂粒型对混凝土性能的影响研究[J]. 新型建筑材料, 2015, 42(8): 17 – 20.

ZHANG Kunjian. Study on the Effect of Manufactured-sand’s Grain Type on Properties of Concrete[J]. New Building Materials, 2015, 42(8): 17 – 20.

[7] 沈卫国, 杨振国, 邹晓丹, 等. 机制砂 MB 值的影响因素定量研究[J]. 武汉理工大学学报, 2013, 35(12): 44 – 47.

SHEN Weiguo, YANG Zhenguo, ZOU Xiaodan, et al. Quantitative Study on Influence Factors of Manufactured Sand’s Methylene Blue Value [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2013, 35(12): 44 – 47.

[8] 季锡贤, 张恒春, 殷新博, 等. C50 机制砂自密实混凝土配制及施工技术[J]. 施工技术, 2014, 43(S1): 158 – 160.

JI Xixian, ZHANG Hengchun, YIN Xinbo, et al. The Preparation and Construction Technology of C50 Self-compacting Concrete with Manufactured Sand [J]. Construction Technology, 2014, 43(S1): 158 – 160.

[9] 鹿平, 高明臣, 徐成乾, 等. 机制砂在严寒地区混凝土中的应用[J]. 公路, 2016, 61(6): 224 – 229.

LU Ping, GAO Mingchen, XU Chengqian, et al. Application of Machine-made Sand in Concrete in the Severe Cold Area [J]. Highway, 2016, 61(6): 224 – 229.

[10] 黎鹏平, 熊建波, 王胜年. 机制砂的制备工艺及在某桥梁工程中的应用[J]. 混凝土, 2012(3): 127 – 130.

LI Pengping, XIONG Jianbo, WANG Shengnian. Preparation Process of Manufactured Sand and Its Application in Bridge Engineering[J]. Concrete, 2012(3): 127 – 130.

(上接第 28 页)

由图 6 可知,调度台的操作指令第一步流向应用服务器和通信服务器,然后流向前置机,最后由车站值班员凭借车务终端设备将其传输给自律机。

4 结束语

针对当前高速铁路现场人员的工作实际,本文通过分析 CTC 系统的功能需求,在 CTCS-3 级仿真培训系统的平台上,搭建了 CTC 系统仿真培训系统。在该系统下模拟高速铁路列车运行环境,测试即将投入使用的软件数据,并通过与联锁和列控设备的接口模拟,构建模拟真实环境进行功能试验。本仿真培训系统为独立系统,是专为提高车务人员业务水平而开发的培训系统。

参考文献:

[1] 段雯誉, 杨扬, 李毓磊. 基于 CTCS-3 级列车控制场景下的 CTC 仿真系统研究与设计[J]. 铁路计算机应用, 2020,29(2): 53 – 57.

DUAN Wenyu, YANG Yang, LI Yulei. CTC Simulation System

Based on CTCS-3 Train Control Scene [J]. Railway Computer Application, 2020,29(2): 53 – 57.

[2] 黄晓晖. 分散自律调度集中系统(CTC)实训仿真平台设计与实现[D]. 南昌: 华东交通大学, 2019.

HUANG Xiaohui. Design and Implementation of Training and Simulation Platform for Decentralized Autonomous Dispatching Centralized System (CTC) [D]. Nanchang: East China Jiaotong University, 2019.

[3] 张晶. 高速铁路 CTC 系统仿真技术的研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2019,16(2): 14 – 17.

ZHANG Jing. Research on CTC Simulation Technology of High Speed Railway [J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2019,16(2): 14 – 17.

[4] 陈世忠, 沈洪波, 陈洪雨. 铁路行车调度实训全场景仿真系统研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020,17(3): 5 – 10.

CHEN Shizhong, SHEN Hongbo, CHEN Hongyu. Study on Whole Scene Simulation System of Railway Traffic Control Practical Training [J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2020, 17(3): 5 – 10.

[6] 刘彩录. CTC 仿真试验关键点探讨[J]. 铁道通信信号, 2017, 53(4): 29 – 31.

LIU Cailu. Investigation of Key Points in CTC Simulation Test [J]. Railway Signalling & Communication, 2017,53(4): 29 – 31.