

高速铁路 CTC 中心仿真实验系统开发与应用

韩笑¹, 梁天晓²

(1.柳州铁道职业技术学院 电子技术学院, 广西 柳州 545616;

2.中国铁路南宁局集团有限公司柳州供电段, 广西 柳州 545000)

摘要: 随着我国高速铁路的快速发展, 高速铁路 CTC 系统作为指挥列车运行的中枢神经, 在保证列车的安全、准点、高速运行方面具有重要的作用。文章介绍 CTC 中心仿真实验实训系统的设计与实现, 设计符合高职院校实验实训需求的 CTC 中心仿真实验实训系统。CTC 中心仿真实验实训系统功能模块包括: 列车运行图计划编制与下达、停车股道选择、临时限速调度命令编制与下达、数据管理和系统接口模块。采用白盒测试方法, 针对系统对应功能设计测试用例, 完成系统的部分核心功能进行测试, 得到测试结果。论证了该系统在铁路运输、信号等领域高职学生专业技能学习中的实用性。

关键词: CTC; 实验实训系统; 白盒测试

中图分类号: U284

文献标识码: A

文章编号: 1674-1064 (2022) 04-013-03

DOI: 10.12310/j.issn.1674-1064.2022.04.005

随着我国高速铁路的快速发展, 新一代调度集中 (Centralized Traffic Control, 简称CTC) 成为高速铁路系统中重要的技术装备^[1]。它主要用于控制中心 (调度员) 对某一调度区段的信号设备的集中控制, 对列车运行进行直接管理与指挥。长期以来, 铁路列车调度指挥人员熟悉了TDCS系统的操作模式, 往往一下子难以适应CTC系统的操作界面和操作方法, 而对于应急处理方面, 职工也不可能利用现场的实际设备进行演练。同时, 由于铁路行车指挥工作的特殊性与铁路设备的限制, 相关专业学生在校不能得到与工作现场一致的培训和练习。因此, 为提高列车调度指挥人员的操作技能和铁路运输、信号等专业学生技能的培养, 开发与现场CTC系统一致的模拟仿真实验实训系统已迫在眉睫。高速铁路 CTC 中心仿真实验实训系统不仅可用于学校学生专业技能培养也可以用于铁路职工技能培训。

1 CTC 中心仿真实验实训系统的设计

1.1 CTC 中心仿真实验实训系统框架设计

CTC 中心仿真实验实训系统主要实现现场 CTC 中心系统的列控工作站、助调工作站和数据库服务器的功能。根据现场考察调研, 分析得出 CTC 中心仿真实验实训系统的功能模块主要包括: 列车运行图的绘制、站内停车股道选择、临时限速设置模块、行车数据管理等其他功能模块。文章以京沪高铁线路为背景, 在实验实训室建立高速铁路 CTC 中心仿真实验实训系统, 设置北京南站、济南西站和上海虹桥站 3 个车站。

1.2 CTC 中心仿真实验实训系统主要功能模块设计

1.2.1 列车运行图模块设计

列车的运行图是列车运行计划的主要表现形式, 可展示管辖区域内所有列车的运行情况。使用计算机进行编制和调整列车运行计划是 CTC 中心系统的功能之一, 是实现其他功能的基础。该模块功能主要包括: 载入已有列车运行计划、加开、移动、组合、删除和分解列车运行计划以及列车运行计划的下达。

1.2.2 站内停车股道选择模块设计

CTC 系统具有远程遥控的功能, 即列车调度员在控制中心远程控制管辖区段内的所有信号设备, 办理接车进路、发车进路以及通过进路, 部分车站还需办理调车进路, 以保证车站内各项作业的有序进行。CTC 中心系统通过网络将列车运行计划下达到 CTC 车站子系统中, 列车运行计划中包含有列车进站时在站内停车股道信息、列车车次号信息、机车编组号信息、列车运行方向信息等。站内停车股道选择功能是在系统下发列车运行计划时, 确定并修改列车经过各个车站时所占用股道的状况, 并与其他有用的信息, 如列车车次号信息、机车编组号信息、列车运行方向信息等, 结合成列车运行计划通过网络发送到 CTC 车站子系统。该模块设计主要包括: 站场图设计、进路检查和列车轨迹显示。

1.2.3 临时限速设置模块设计

临时限速 TSR (Temporary Speed Restriction) 是系统对运行中的列车在遇到临时和意外情况 (如线路维护、灾害) 时给予的限速, 临时限速设置模块设置在 CTC 中心系统中。

基金项目: 2020年度广西高校中青年骨干教师科研基础能力提升项目 (桂教科研〔2020〕1号); 广西高等学校高水平创新团队及卓越学者计划资助: 《高铁信号职教装备技术研发与应用》 (桂教人〔2018〕35号)

作者简介: 韩笑 (1991—), 女, 吉林吉林人, 研究生, 讲师, 研究方向: 轨道交通信号与控制、智能控制。梁天晓 (1991—), 广西柳州人, 研究生, 工程师, 研究方向: 轨道交通信号控制。

表1 CTC中心—CTC车站通信协议表

变量名	表示含义	备注
length	数据包长度	数据长度信息, 用于信息校验
style	数据包类型	发送数据包来源 (“CTCcenter”)
command	命令字	当前执行信息的命令 (“jihua”)
beijing	北京站站内停车股道信息	下达的列车运行计划中北京站情况
jinan	济南站站内停车股道信息	下达列车运行计划中济南站情况
shanghai	上海站站内停车股道信息	下达列车运行计划中上海站情况

表2 CTC车站—CTC中心通信协议表

变量名	表示含义	备注
length	数据包长度	数据长度信息, 用于信息校验
style	数据包类型	发送数据包来源 (“CTC_bj” / “CTC_jn” / “CTCsh”)
command	命令字	当前执行信息的命令 (“fankui”)
beijing	北京站行车数据	北京站实际运行情况
jinan	济南站行车数据	济南站实际运行情况
shanghai	上海站行车数据	上海站实际运行情况

当有线路因施工、天气等方面影响需要列车限速行驶时, 列车调度员可以通过该模块编制线路限速调度命令, 设置系统限速值。核对命令后, 可以生成临时限速命令, 并保存在临时限速命令列表中。临时限速调度命令中包括: 限速原因、调度命令号、线路号、起始里程标、终点里程标、限速值、计划执行开始与结束时间等信息^[2]。

1.2.4 数据管理模块设计

CTC系统数据存储与管理的基本模块是数据库。数据库需要提供并保存了列车运行计划、站内股道选择信息和临时限速设置模块所需的数据信息^[3]。数据管理模块包括站场表示信息、计划数据、限速调度命令等动态数据以及运行图数据、车站信息、区间行车信息等基础静态数据。数据管理模块包括列表List和数据库。其中, 数据库可以大容量、长时间地存储用户数据, 在系统突然断电或崩溃时起到数据保护的作用, 是数据管理模块的核心^[4]。List列表作为程序中的数据缓冲区, 可以为程序中的各个模块提供数据。数据库管理模块主要包括: 登陆信息表、基本计划线表、列车信息表、车站信息表和临时限速命令表。在数据库中的表中包含静态表与动态表, 如“列车运行计划线”与“用户登录信息”表是静态表, 其他数据表为动态表, 动态表中的数据可根据程序运行情况进行更新。

1.2.5 系统接口模块设计

在CTCS-3级列车运行控制系统中, CTC中心系统需要通过系统接口与他信号系统之间进行数据的传递, 处于核心地位。CTC中心系统与各模块接口示意图如图1所示。

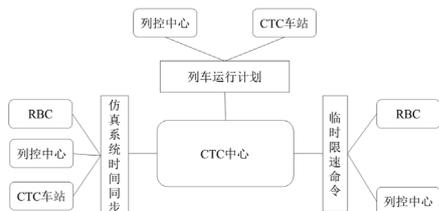


图1 CTC系统与各模块接口示意图

CTC中心系统与CTC车站子系统、无线闭塞中心(RBC)与列控中心之间通信使用RJ-45接口。以CTC中心系统与CTC车站子系统的通信协议为例, 中心系统与车站子系统之间的通信协议如表1所示, 发送字符串类型的数据, 各项数据之间用“#”分隔。CTC车站子系统向CTC中心系统发送的主要信息如表2所示。

2 CTC中心子系统的软件测试

为保证软件质量, 需要进行软件测试、软件验证与确认(V&V)^[5]。下面将以程序中的站内停车股道选择模块功能为例进行白盒测试。

站内停车股道选择流程图如图2所示, 根据流程图可以得到对应的站内停车股道选择的程序流程图, 如图3所示。程序流程图中的流程和流图中数字节点是一一对应的, 情况如表3所示。图3所示的流图中有5个区域, 即有5条独立的路径, 5条路径与其对应场景如表4所示。测试用例根据表4中的列车运行场景与列车站内停车股道的对应情况生成。测试用例中包含: 选择股道的列车计划线横纵坐标、在济南站选择的股道、对进路检查三的应用情况。站内停车股道选择功能测试用例及期望路径如表5所示。

表5中的line1、line2、line3表示北京南站、济南西站和上海虹桥站车站中心线的纵坐标。依次使用上述测试用例测试站内停车股道选择模块, 得出测试结果如表6所示。对比表5与表6, 得出期望的停车股道与实际停车股道相同, 即站内停车股道选择模块符合设计要求。

3 高速铁路 CTC 仿真实验实训系统应用

在实验实训室建立高速铁路CTC仿真实验实训系统, 并与实验实训实训室CTC车站、联锁、列空中心、无线闭塞中心等多个仿真子系统相连。实现列车图动态编辑、列车运行

计划下达、列车运行站内停车股道选择与判断、临时限速调度命令的管理、数据库后台动态更新等功能^[6]。系统构建了1:1仿真实验实训环境,按照铁路总公司调度所及车站的作业流程和要求,对相关专业的在校生进行培训,工作后可与企业无缝对接。

4 结语

结合铁路运输与信号等专业高职学生实验实训需求,设计了满足系统需求的CTC仿真实验实训系统。该系统具有良好的示范效果和应用价值。使用白盒测试方法对系统的一些核心功能模块进行测试,针对不同的功能模块设计相应的测试用例,得到测试结果。测试结果与预期设计一致,能够满足大专院校的教学需求,满足铁路运输现场调度指挥的要求。

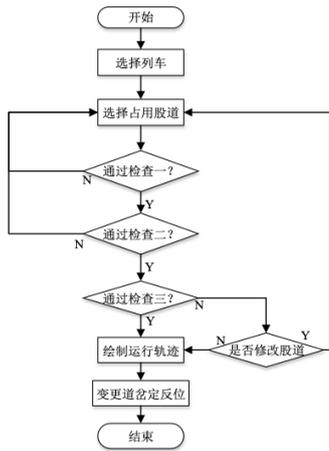


图2 站内停车股道选择模块程序流程图

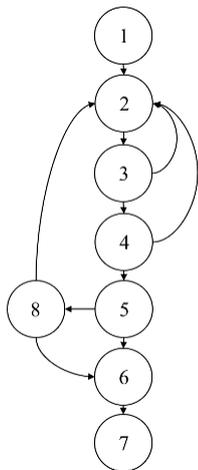


图3 站内停车股道选择模块程序流图
表3 站内停车股道选择模块节点对照表

节点号	对应过程
1	选择列车
2	选择占用股道
3	进行检查一
4	进行检查二

续表

节点号	对应过程
5	进行检查三
6	绘制运行轨迹
7	变更道岔定位
8	检查三未通过,是否坚持选择

表4 站内停车股道选择模块路径一场景对应表

序号	路径	场景
1	1-2-3-2……	不满足进路检查一,重新选择股道
2	1-2-3-4-2……	不满足进路检查二,重新选择股道
3	1-2-3-4-5-8-2……	不满足进路检查三,重新选择股道
4	1-2-3-4-5-8-6……	不满足进路检查三,坚持原来选择
5	1-2-3-4-5-6-7	满足三项检查,站内停车股道选择成功

表5 站内停车股道选择模块测试用例表

序号	列车计划线坐标	济南站股道	忽略检查三	期望路径
1	(60, line1), (100, line2), (120, line2), (200, line3)	IG		路径5
2	(75, line1), (110, line2), (190, line3)	IG		路径1
3	(560, line1), (770, line2), (900, line3)	3G		路径2
4	(350, line1), (480, line2), (600, line3)	IIG	否	路径3
5	(350, line1), (480, line2), (600, line3)	IIG	是	路径4

表6 站内停车股道选择模块测试结果表

序号	实际停车股道	运行结果
1	股道5	站内停车股道选择正确
2	股道1	窗口显示“所选股道在该时段被占用,请重新选择股道”
3	股道2	窗口显示“列车为正线通过,重新选择进路”
4	股道3	窗口显示“列车逆向进站,是否继续”,提示重新选择进路
5	股道4	窗口显示“列车反向进站,是否继续”

参考文献

[1] 王瑞斌. 高速铁路调度指挥安全保障的探讨[J]. 铁道运输与经济, 2013, 35(12): 37-40.
 [2] 朱鹏飞. 高速铁路列车追踪行车模拟研究与分析[D]. 成都: 西南交通大学, 2013.
 [3] Ethan S J, Railway Centralized Traffic Control[J]. Fostoria Ohio, 2012.
 [4] 丁杰. 基于铁路调度集中系统及发展策略的探讨[J]. 中国新技术新产品, 2011(24): 22.
 [5] 王斌, 周治衡, 易操. 关于CTC系统列车运行图功能优化的探讨[J]. 铁路通信信号工程技术, 2011(5): 34-36, 40.
 [6] 江建国, 温少营, 张瑞楠. 基于双缓冲技术的GDI+无闪烁绘图[J]. 计算机应用, 2012(S2): 136-139.