

深圳地铁5号线信号系统的基线升级

龙竞航^{1,2}

(1. 上海轨道交通无人驾驶列控系统工程技术研究中心, 200071, 上海; 2. 卡斯柯信号有限公司, 200071, 上海 // 工程师)

摘要 介绍了深圳地铁5号线信号系统基线升级的基本情况。详细阐述了列车自动控制子系统、计算机联锁子系统、自动列车监控子系统、维护支持子系统及数据通信子系统功能升级优化的特点。结合深圳地铁5号线信号系统基线升级作业情况,总结了基线升级时遇到的常见问题以及相应的处理办法。

关键词 地铁; 信号系统; 基线升级

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.04.029

Baseline Upgrading of Shenzhen Metro Line 5 Signaling System

LONG Jinghang

Abstract The baseline upgrading situation of Shenzhen Metro Line 5 signaling system is introduced. The upgrading and optimization features of automatic train control (ATC) sub-system, computer-based interlocking (CBI) sub-system, automatic train supervision (ATS) sub-system, maintenance support system (MSS) sub-system and data communication system (DCS) sub-system are expounded. By referring to the baseline upgrading experience of Shenzhen Metro Line 5 signaling system, the commonly encountered situation and corresponding treatment measures during baseline upgrading are summarized.

Key words metro; signaling system; baseline upgrading

Author's address Shanghai Engineering Research Center of Driverless Train Control of Urban Guided Transport, 200071, Shanghai, China

随着城市发展的日新月异,旧有城市轨道交通信号系统不可避免地面临着时间与效率的挑战。为保证线路安全高效运营,旧有信号系统的更新升级是不可避免的。深圳地铁5号线(以下简为“5号线”)一期工程于2011年6月28日通车运营。该线总长47.651 km,共有27座车站。经多年持续运行,如今日均客流量已破百万。5号线二期工程也于2019年9月底正式开通运营,全线客流量大幅增长。对于这种大客流既有干线而言,简单粗暴地将

其旧有系统全部推倒重来显然会对城市交通及经济发展造成巨大影响。经分析,通过升级信号系统来提升既有线路的运营能力,进而增强线路的稳定性及可靠性,是提升乘客满意度的最佳方案。

1 既有信号系统概况

卡斯柯 Urbalis 888 系统在国内拥有众多良好运营案例,其技术已十分成熟。5号线一期工程采用 Urbalis 888 系统平台 170 基线,5号线二期工程采用了 Urbalis 888 系统平台 192 基线。为保证全线信号系统的正常运行,既有信号系统须与二期工程信号系统对接。经综合考虑,选择将5号线一期工程原先的170基线升级至192基线。192基线是目前卡斯柯 Urbalis 888 系统平台的最新基线,其功能与稳定性都较170基线有较大提升,已经在众多项目上广泛应用。深圳地铁11号线和升级后的深圳地铁2号线都使用了192基线。

2 新基线的信号系统功能提升

卡斯柯 Urbalis 888 系统包含 ATC(自动列车控制)子系统、CBI(计算机联锁)子系统、ATS(列车自动监控)子系统、MSS(维护支持子系统)及 DCS(数据通信子系统)等。此次5号线一期工程信号系统基线升级改造涵盖全部5个子系统。

2.1 ATC 子系统

ATC 子系统的升级改造主要是车载软件的升级。

在新基线下,所有列车在 AMC(自适应调制编码)模式下按照速度码推荐速度运行,即所有车型在区间均采用最高允许运行速度运行。此举解决了170基线下二期工程新增列车与5号线借调的深圳地铁2号线列车在5号线一期工程区域无法达到速度码推荐的最高速度问题,从而优化了行车能力。

改造后的 ATC 子系统实现了二期工程的接入,为5号线二期工程的开通运营提供了保障。

2.2 CBI 子系统

CBI 子系统的升级主要体现在:在新基线下 CBTC(基于通信的列车控制)进路建立条件检查中,无需检查第一区段的空闲情况;在新基线下 CBTC 折返进路建立后信号开放条件检查中,不检查区段占用状态;在新基线下,为进路方向配置了箭头显示。升级后,overlap 延时解锁均采用分计时,在 CBTC 模式下显示“XXX-CI 解锁”以及“XXX-ATC 解锁”等;在 BM(后备模式)下显示“XXX-BM 下 CI 解锁”以及“XXX-BM 下 ATC 解锁”等。

在 192 基线下,进路和自动折返的状态显示中添加了进路名称,以便检查核对进路信息。

新基线基于原来运营中的诸多经验做出改进,优化了诸多操作步骤,有效地提高了运营效率。

2.3 ATS 子系统

192 基线 ATS 子系统界面的信号机显示如图 1 所示。信号机增加了可接近标志“(A)”及引导标志“(C)”。



图 1 192 基线 ATS 界面的信号机显示

新基线的 ATS 子系统显示有如下改进:进路方向显示箭头标志;进路排列并锁闭后,进路方向表示灯点亮,其用绿色箭头表示下行方向进路,用黄色箭头表示上行方向进路;站台 DTI(发车显示器)的倒计时在 HMI(人机接口界面)上显示;当道岔定反位时,道岔字体颜色变更。

新基线的 ATS 子系统在 MMI(终端人机操作界面)增加了部分 HMI 的操作权限。具体的新增权限有:道岔锁闭及解锁全线,道岔、区段及信号机的封锁及解封权限,道岔及区段的区域故障解锁,信号机的人工解除进路、重开信号机及引导权限。

新基线 ATS 子系统的新增功能有:进路预览显示功能,使用使能模式顺序检查以实现交替折返的功能,信号机的人工控制或自动控制功能、扣车及取消扣车功能、取消提前发车及提前发车批处理功能,邻站界面的显示功能,HMI 的显示功能,组计轴确认功能,增加及删除账号等账号管理功能、账号

排序功能,增加了区段封锁的功能。

新基线 ATS 子系统的接口和接口接线方式也有改进。PA(公共广播)、PIS(乘客信息系统)、CLOCK(时钟)的接口方式均升级为网口接口方式;所有 PA、PIS、CLOCK、ISCS(综合监控系统)及大显示屏等子系统与外部相连的网络接口都设置了防火墙,以保证数据安全。

新基线 ATS 子系统不仅在人机互动方面做出了诸多改良,有效提高了运营效率;而且在接口方面进行了升级,大幅提高了 ATS 子系统的安全性,为应对网络安全方面的挑战做好了准备。

2.4 MSS

新基线的 MSS 增加了设备图形化状态显示功能,如图 2 所示。



图 2 新基线 MSS 的界面显示

新基线 MSS 还增加了车站道岔报警智能分析功能。通过在既有线增加灯丝报警仪接口,以实现灯丝报警定位功能。

2.5 DCS

新基线 DCS 在网络配置方面进行了如下变更:在一期工程所有集中站及塘朗车辆段,二层交换机的子网掩码范围由 255.255.240.0 增加至 255.255.224.0,从而实现了二期车站接入的通信。

OCC(控制中心)所有交换机的子网掩码范围由 255.255.240.0 增加至 255.255.224.0,可实现二期车站接入后的通信。主交换机增加了车地通信路由,通信列车数量增至 99 列。

新基线下,5 号线正线所有交换机的密码均统一更新。

对全线所有 AP(无线接入点)升级,并对一期工程的车载调制解调器 DT30 固件版本进行升级,实现一期工程与二期工程不同版本的调制解调器共同工作。

3 基线升级调试期间的问题及处理

1) 软件数据方面。受电脑系统环境影响,软件版本或数据有可能会显示错误。5 号线升级 DTI (发车计时器)接口机时曾出现此类情况。遇到这种情况,应先进行软件的升级测试,再进行硬件升级或软件系统的维护。此外,还应做好新旧软件版本的配置管理工作。在升级调试中,软件的配置变更应及时更新发布。

2) 硬件方面。在新基线测试中,最初曾经使用单机版数据库进行测试。而 Windows 10 系统的自动更新导致该单机版数据库崩溃,进而使测试未能成功。在后续的升级作业中,改为使用服务器类数据库,并将单机版数据库作为备用。之后未发生过类似情况。此外,备品备件应确保充足,以应对突发状况下的设备更换与故障处理。

3) 现场管理方面。测试人员较多且流动性大。在测试前期,SDM(诊断与维护子系统)、HMI 现场硬件及软件升级人员,以及运营单位配合人员对操作步骤不够熟悉,降低了升级测试效率。在测试后期,细化了技术方案的升级回退操作步骤,并加强了对操作人员的培训,及时交底现场的升级情况、

(上接第 114 页)

台服务器来实现服务功能。

场景 2——发生地震等极端自然灾害或恐怖袭击等重大事件,并导致 OCC 整体丧失功能,OCC 人员需撤离至 BOCC,并接管全线调度指挥权。

基于上述场景,梳理 BOCC 的应急处置流程,如表 1 所示。

表 1 BOCC 应急处置流程

场景	BOCC 应急处置流程
场景 1	1)OCC 信号系统等核心系统发生严重故障,可能出现大量列车紧急制动,须乘务人员上车监视 FAM 模式运行或降级人工驾驶; 2)由 OCC 值班负责人将决策发令将 OCC 控制权整体切换至 BOCC; 3)在设备切换的过程中,可能出现列车报站信息错误或车站到站信息显示错误,须乘务及站务人员进行人工服务; 4)设备切换成功后,自动恢复全自动运行模式,列车运行恢复正常
场景 2	1)OCC 发生灾难,立即开始 BOCC 切换,中心调度人员乘专车前往 BOCC; 2)通信、信号及综合监控等专业的维保人员在 BOCC,确保 OCC 控制权整体切换成功,并现场值守;中央调度人员到达 BOCC 后接管全线调度指挥权; 3)在设备切换的过程中,可能出现列车报站信息错误或车站到站信息显示错误,须乘务上车及站务进行人工服务

运营设备情况、升级软件与运营软件的情况,使得后期升级调试作业效率显著提升。由于调试工作基本上都在夜间展开,且调试作业时间较为紧张,因此做好升级调试方案与应急预案也尤为重要。

4 结语

5 号线信号系统涉及 55 列列车、27 座车站、1 个控制中心、1 个车辆段、1 条试车线及 152 个轨旁 AP(接入点)。历时 10 个月的升级工作后,5 号线信号系统于在 2019 年 6 月 15 日凌晨升级成功。

升级后的 5 号线信号系统稳定性获得了大幅提升,还具备了更短行车间隔、更方便的设备运维以及更人性化的监测管理能力。这为 5 号线二期工程与一期工程的顺利对接打下了坚实的基础。

参考文献

[1] 李瑜瑾,王茜.广州地铁 6 号线车载设备通信连接中断故障分析[J].现代城市轨道交通,2019(5): 68.
[2] 刘俊杰,石卫师.南宁市轨道交通 1 号线分段开通信号系统核心要点[J].现代城市轨道交通,2019(6): 69.
[3] 阳六兵.城市轨道交通车载 ATC 控制系统冗余方式对比分析[J].现代城市轨道交通,2019(11): 28.

(收稿日期:2020-12-16)

4 结语

全自动运行系统以其高效、稳定、可靠的特性,成为未来城市轨道交通发展的趋势,受到越来越多的关注。本文研究了既有全自动运行线路 BOCC 的设置思路,分析了 OCC/BOCC 的冗余性,并阐述了 BOCC 的应急处置流程,为后续各条全自动运行线路 BOCC 建设提供理论参考。

参考文献

[1] 闫宏伟,燕飞.城市轨道交通全自动运行系统及安全需求[J].都市快轨交通,2017(3): 50.
[2] 李晶.城轨全自动驾驶信号系统方案设计及运营场景分析[J].铁道通信信号,2016(2): 48.
[3] 刘林发.全自动无人驾驶技术在城市轨道交通建设中的应用[J].环球市场信息导报,2017(3): 26.
[4] 贾文婷.城市轨道交通列车运行控制[M].北京:北京交通大学出版社,2012.
[5] 郑伟.全自动无人驾驶模式下系统功能与场景分析[J].城市轨道交通研究,2017(1): 107.

(收稿日期:2020-09-18)