

全自动驾驶系统列车正线休眠唤醒区域全覆盖的研究

范晓栋

(上海地铁第一运营有限公司,200003,上海//工程师)

摘要 以上海轨道交通 10 号线为例,分析了列车休眠唤醒现状。随着城市轨道交通运营线路规模的不断扩大,运营效能的要求不断提高,仅依靠停车场段及正线部分集中站存车线的设置休眠唤醒区域将无法满足不同高峰时段运营需求。论述了对正线休眠唤醒区域全覆盖的必要性与优点,阐述了正线休眠唤醒区域全覆盖的设计要点和运营效益分析,并对列车在正线的休眠唤醒提出了操作限制建议。

关键词 城市轨道交通;全自动驾驶;休眠唤醒区域全覆盖;信标

中图分类号 U284.48

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.11.038

Research on Train Main Line Dormancy and Awakening Area Full Coverage in Fully Automatic Driving System

FAN Xiaodong

Abstract Taking Shanghai Metro Line 10 as an example, the current status of train dormancy and awakening is analyzed. As the scale of urban rail transit operation lines expands, the demand for operation efficiency keeps rising as well. The dormancy and awakening areas in only the depot and the central station storage line of the main line may not fully meet the peak hour operation needs. The necessity and advantages of main line dormancy and awakening area full coverage are discussed. The design points and operation profitability for main line dormancy and awakening area fully coverage are expounded. Operation limitation advice for train main line dormancy and awakening is put forward.

Key words urban rail transit; fully automatic driving; dormancy and awakening area full coverage; beacon

Author's address Shanghai Metro No. 1 Operation Co., Ltd., 200003, Shanghai, China

随着城市轨道交通的迅速发展,全自动驾驶系统逐渐获得越来越广泛的应用。目前全自动驾驶系统已将列车休眠唤醒功能作为其标配功能,并具备等多种休眠唤醒方式:既可以按照运营计划自动

完成列车休眠和唤醒操作,也可以由控制中心的调度人员远程执行列车休眠和唤醒操作。对应的,列车应具备就地休眠和唤醒功能。然而,目前,国内在建全自动驾驶线路都只在停车场、正线终点站及少数存车线内才具备列车休眠唤醒功能。

由于全自动驾驶系统需实现正线休眠唤醒区域全覆盖,而线路延伸段及既有正线休眠唤醒区域范围又无法满足运营需求。针对该现状,本文将以上海轨道交通 10 号线(下文简称为 10 号线)为例,探讨列车正线休眠唤醒区域全覆盖的必要性、优点、应用与发展。

1 列车休眠唤醒功能

每日运营结束后,全自动驾驶列车根据预先设定的、支持休眠作业的停车区域和运营计划回库,进入指定唤醒休眠区域。列车在完全进入定位信标区域后停稳,由车载控制器判断具备休眠条件后,对列车当前位置进行记忆(车载控制器失电后该位置信息不清除)。列车停稳后,将列车车次号及当前停车区域发送给 ATS(列车自动监控)系统。ATS 系统根据预先设定的支持休眠作业停车区域和车辆运营计划、所述列车的车次号及当前停车区域,判断列车是否已结束运营:若已结束运营,则 ATS 系统自动下发休眠指令。随后,车载控制器向车辆发送休眠指令。待列车休眠后,车载控制器切断自身主电源,仅保持唤醒休眠模块和车地通信设备为持续供电状态。

第二天即将开始运营前,控制中心 ATS 系统将会根据时刻表自动下发唤醒指令,或由调度人员通过 ATS 系统人工唤醒列车。列车唤醒模块在接收到 ATS 下发的唤醒指令后,驱动恢复车辆设备电源和车载设备电源,使列车所有设备恢复供电。

ATP(列车自动保护)系统确认列车所有设备均恢复供电后,将此状态反馈给 ATS 系统。车载控制器通电后与轨旁 ATP 建立通信,全自动驾驶系统进

行记忆定位信息与唤醒后列车定位信息匹配确认。定位信息确认无误后,车载控制器开始执行综合测试(包括制动及车门控制等)。综合测试通过后,将综合测试成功信息通过 ATS 系统反馈至 OCC(运营控制中心)告知运营人员综合测试成功,列车具备上线运营条件。

2 正线休眠唤醒区域全覆盖的设计

通常全自动驾驶系统进行休眠唤醒相关功能设计时,会将车辆段及停车场分为无人区和有人区(无人区为自动化区域,且具备列车休眠唤醒功能),并将部分终点站与存车线作为列车休眠唤醒区域。

随着线路规模不断扩大,可能存在以下几个影响运营效益的场景:1 既有正线休眠唤醒区域及停车场既有存车区域数小于列车实际数量,无法满足存车需求;2 列车从停车场出库到达终点站花费的时间过长,严重影响运营效率,无法满足高峰时间的运营需求;3 列车从停车场出库到达终点站的距离过长,严重浪费电力。这些场景的存在,即意味着既有休眠唤醒区域既无法完全满足运营需求,也无法完全满足高灵活性运营组织的要求,将使运营效能有所损失。此外,随着线路规模不断扩大,每日首列车唤醒时间也势必不断提早。综上所述,建议全自动驾驶线路实现正线休眠唤醒区域全覆盖。

2.1 正线休眠唤醒区域全覆盖的设计

正线休眠唤醒区域全覆盖,就是将全线站台、终点站及存车线均设置为休眠唤醒区域,以此实现列车全线均可休眠唤醒。这就需要在设计阶段对轨旁设备与系统进行详细规划,否则就会发生设计变更较多的情况。

例如,当既有已运营的 10 号线需增加正线休眠唤醒区域时,必须重新对全线轨旁设备安装条件进行检查,在确认具备安装条件后增加信标。信标对于休眠唤醒至关重要。

处于全自动驾驶模式的列车在休眠时会记忆列车位置。为了保证列车正线唤醒后能进行位置校验,以确保列车停稳在休眠位置,还需要在在列车首尾端信标天线两侧 1m 处各增设 1 个的信标(RB)。只要列车唤醒开始运行,就会经过其中 1 个信标。这样通过 RB 就可以确定列车休眠时没有移动。

按照运行方向,在休眠唤醒区出口处还需增加 1 对轮径校准信标(MTIB),以确保列车唤醒后运行到下一停车点时能精确停车。

正线休眠唤醒区域的信标配置原则见图 1。

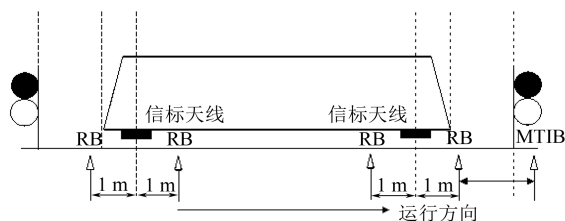


图 1 正线休眠唤醒区域信标配置原则

除此之外,由于既有已运营线路会增加一定数量的轨旁设备,故需重新制作 ATC(列车自动控制)线路地图数据并对新增的信标进行现场重新调试验证。轨旁 ZC(区域控制器)和车载 ATC 设备的数据均需同步更新。

2.2 正线休眠唤醒区域全覆盖的运营效益分析

与停车场休眠唤醒一样,正线休眠唤醒也可节省人工操作,提高运行精确度、能源利用率与运营效率,还可避免由于人员非正常操作或误操作造成的设备损害。除此之外,正线休眠唤醒还能促进列车维护相关措施与规程的优化,有助于运营作业方式的改进。

10 号线一期项目全长约为 36 km,二期项目全长约为 10 km。现阶段,停车场休眠唤醒区域为 40 个,正线休眠唤醒区域为 8 个,其中终点站仅有 1 个、靠近北段的休眠唤醒区域仅有 3 个。为满足早间列车巡道与运营需求,目前停车场内的列车唤醒最早时间为 3:54,发车时间为 4:24。二期项目开通后的停车场列车唤醒时间势必将进一步提早。列车使用情况也不容乐观。10 号线一期项目现有列车 41 列,一期项目增购列车与二期项目购买列车共 26 列。其中现有列车已开始大修。由于二期项目未开通,增设的港城路停车场还无法停放列车。如果既要满足正常运营最大运用列车数 43 列,还要保有一定备车量(通常为 2 列)的话,既有休眠唤醒区域显而易见地将无法满足后续运营需求。

因此,根据设计原则共增加 67 个正线列车休眠唤醒区域(包含所有终点站和正线站台)实现正线休眠唤醒区域全覆盖后,10 号线全线列车休眠唤醒区域将变为 115 个,整体增加幅度约为 140%,正线休眠唤醒区域相较于原先更是增加了 837.5%。

正线休眠唤醒区域全覆盖后,列车无需全部每日回库或从停车场出库,而是在运营结束后可将部分列车直接存放于正线终点站或站台。这样不仅可延长运营时间,更有利于调度人员合理有效地编

制派班与运营计划,从而满足次日运营对出车效率的较高需求,而且可有效缓解停车场存车压力,极大地节省时间和能源,还将大幅提高运营效能和运营组织灵活性,有效解决因线路规模扩大而产生的运营效益降低问题。

不仅如此,为与正线休眠唤醒区域全覆盖相匹配,10 号线已将信号专业车载设备日常维护岗位与车辆专业日检岗位复合,并同步研究车辆设备日检频次调整的可行性与升级维护支持系统,以期进一步优化维护工作,提高维护效益。此外,为充分利用正线休眠唤醒区域全覆盖,当发生启用信号故障的列车停放于正线站台时,还可远程重启列车车载信号设备功能。这将进一步提高故障处理效率。与之相应的,乘务专业正在研究正线多点值乘作业方式,使司机可从终点站及规定正线车站轮乘点出勤,从而将司机正线生产率提高约 25%。

2.3 正线休眠唤醒的操作限制

相较于停车场/段的休眠唤醒,正线列车休眠唤醒还存在着一定操作限制。具体操作限制如下:

第一,无论列车在何种休眠唤醒区域停稳后,均禁止人工移动列车(如列车检修等)。若发生列车位置移动的情况,则需司机进入正线并登车进行定位信息重新初始化工作。

第二,定位初始化时要求列车速度足够低,以保证在收到有效授权前车仍在允许的距离内。

第三,当站台的列车未唤醒时,该未唤醒的非通信列车会在列车两端产生保护区。如其后方站台有列车唤醒运行,则受保护区影响可能会造成后方列车紧急制动。

(上接第 165 页)

可以有效提升乘客乘车体验,提高系统运营能力。采用的这种门控柜设备也满足信号系统 SIL4 的最高安全等级要求;并通过冗余配置精简了接口设备,提高了整个系统的运行效率及可靠性。

本项目仅实现了信号侧门控方式的改进。站台门系统一般是通过商用设备如 PLC(可编程逻辑控制器)来设计和实现,PLC 安全完整性等级最高也仅达到了 SIL3 级,虽然信号系统安全等级高,但是站台门设备侧的安全性成了短板。全自动无人驾驶项目对传统站台门控制系统的安全性、可靠性、可用性和运营效率提出了更高要求,在工程项目中实现对信号和站台门控制系统进行一体化设

第四,与停车场的自检过程相比,正线站台将不进行开关门测试。这是由于开关门测试仅会将两侧车门均开关一次,而不考虑实际站台与车门的对应关系。

3 结语

从近几年城市轨道交通发展历程中不难看出,列车运营与维护效能的要求愈发提高。正线休眠唤醒区域全覆盖作为全自动驾驶系统的补充与发展,有其必要性与优点:主要可提高运营效能和运营组织灵活性;能有效缓解停车场存车压力,并能延长运营时间,满足次日运营对出车效率较高的需求,极大地节省时间和能源;可更合理有效地编制派班与运营计划,更好地服务于广大市民群众;促进设备维护规程与乘务作业方式优化,进一步提高司机正线生产率。

因其有着必要性与诸多优点,10 号线最终将实现正线休眠唤醒区域全覆盖,且后续的全自动驾驶线路也将参考 10 号线来配置其休眠唤醒区域。正因为正线休眠唤醒区域全覆盖有着广泛应用前景,必将成发展成为国内全自动驾驶线路的标准配置。

参考文献

[1] 毕湘利. 当前轨道交通发展中几个技术问题的思考[J]. 城市轨道交通研究,2018(5): 29.
[2] 郜春海,王伟,李凯,等. 全自动运行系统发展趋势及建议[J]. 都市快轨交通,2018(1): 51.
[3] 王寅. 我国城市轨道交通应用全自动无人驾驶系统的探讨[J]. 中国工程咨询,2017(2): 21.

(收稿日期:2019-01-15)

计,对保证运营安全、降低设备全寿命周期成本等具有积极的意义。

参考文献

[1] 中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会. 城市轨道交通信号系统用户需求书(范本)(试行版)[R]. 中城装备[2015]013 号,2015.
[2] 赵志熙. 计算机联锁系统技术[M]. 北京:中国铁道出版社,2008.
[3] 新誉庞巴迪信号系统有限公司. 常州 1 号线一期工程信号系统设计联络文件[R]. 第 1 版. 常州:新誉庞巴迪信号系统有限公司,2017.

(收稿日期:2020-07-16)