

地铁高架长大区间非正常情况下 行车组织探究

孙涛, 郭颂, 宋吉鹏

(青岛地铁集团有限公司运营分公司, 青岛 266000)

摘要: 地铁高架长大区间既具有高架线路的特点又具有长大区间的特点, 其非正常情况下的行车组织具有一定的特殊性。通过分析恶劣天气、区间列车故障、区间信号故障对高架长大区间列车运行的影响, 对这3种非正常情况下的行车组织方法进行探究与阐述。在恶劣天气情况下, 应多渠道及时获取气象信息, 根据恶劣天气的不同级别制定相应的限速、停运等相关措施, 并预先建立相关应急预案。同一高架长大区间内存在两列列车运行的可能性较大, 依此为前提进行分析, 若发生需救援的列车故障时, 应根据列车具体停靠位置选取不同的救援方案, 再按步骤高效组织救援; 若发生信号故障时, 不能臆测故障内容, 应以确保安全为首要任务, 按步骤高效组织列车进站后, 再进行相应行车组织调整。此行车组织方法对地铁高架长大区间非正常情况下的行车组织具有一定的指导性。

关键词: 地铁; 高架长大区间; 非正常情况; 行车组织

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2018)02-0066-05

Train Operation Organization for Long Elevated Sections under Abnormal Conditions

SUN Tao, GUO Song, SONG Jipeng

(Operation Branch, Qingdao Metro Co., Ltd., Qingdao 266000)

Abstract: The long elevated section of a metro has characteristics of both an elevated line and a long section, and the train operation organization under abnormal conditions has some particularities. By analyzing the influence of bad weather, train fault, and signal fault on train operation in long elevated sections, the train operation organization is explored and expounded under these three abnormal conditions. Under bad weather conditions, weather information should be timely obtained through various channels; relevant measures, such as speed limit and shut down, should be established according to the different levels of bad weather; and relevant contingency plans should be formulated in advance. In case of a train fault, the possibility of two trains running in a long elevated section is more likely, and thus, the rescue plan should be selected according to the train location, and then, the rescue should be organized efficiently. In case of a signal fault, to prioritize safety without guesswork, steps should be followed to organize trains into stations efficiently, and then to adjust the train operation organization. The methods described in this paper provide guidelines for the train operation organization under abnormal conditions in long elevated sections.

Keywords: metro; long elevated section; abnormal condition; train operation organization

随着城市的快速发展, 地铁越来越成为人们出行

的首选。城市郊区发展相对分散, 人口密集区相距较远, 因而大多数城市市区与郊区之间的地铁线路采用高架线路且大多为长大区间。地铁高架长大区间相较于通常的地铁线路具有其独特的特点, 其非正常情况下的行车组织具有特殊性。下面针对地铁高架长大区

收稿日期: 2017-04-10 修回日期: 2017-09-18

第一作者: 孙涛, 男, 本科, 工程师, 从事地铁运营及安全管理,
zhendong71@126.com

间的独特性,就其在非正常情况下的行车组织进行详细探讨。

1 地铁高架长大区间的特点

地铁高架长大区间既具有高架线路的特点,又具有长大区间的特点,其在运营组织当中呈现出的特点可归纳为如下两点^[1-5]:

1) 与外界自然环境直接连通,线路上方无遮挡,易出现人员、异物侵限,且受天气条件影响较大;线路的瞭望性好,灾害、故障等容易被及时发现,敞开式空间易于防灾、救护和疏散,便于及时疏散、救助乘客和伤员。

2) 站间距大,一般均超过 3 km,列车在区间运行时间长,同一区间内会同时存在两辆或多辆列车,发生故障时,行车调整、人员组织、设备抢修难度大。

2 非正常情况下的行车组织

地铁高架长大区间在各城市地铁中普遍存在,但在非正常情况下的行车组织鲜有人提及,而其与通常的行车组织相比既有相通性又有特殊性。针对青岛当地的气候条件和青岛地铁的运营情况进行统计分

析,推断出对高架长大区间行车影响频率较高或影响较大的非正常情况主要有恶劣天气、区间列车故障、区间信号故障。下面主要针对这三种非正常情况进行详细阐述。

2.1 恶劣天气

以青岛地铁为例,对高架长大区间的行车产生影响的恶劣天气主要有台风、暴雨、大雾等。

2.1.1 台风天气

台风对于高架长大区间行车安全的直接影响主要表现在:大风使车辆行驶阻力增大,影响车辆行驶的稳定性且影响时间较长。当车辆迎风行驶时,车身易发生摆动;当风从车辆侧面刮来时,高速行驶的列车车身容易发生倾斜,严重时甚至发生车辆倾覆事故;随着影响时间的加长,安全隐患也会大大增加。因此,组织行车时须分析不同台风风力等级对列车行驶的影响,编制不同台风风力等级下的列车限速值或停运规定等。针对此问题,通过对国内成熟的广州地铁、深圳地铁相关做法进行调研,对相关线路数据、列车参数、技术速度进行分析,建议在不同风力等级下采取如表 1 所示的行车组织措施。

表 1 不同风力等级下的行车组织措施

Tab. 1 The measures of train operation organization on different wind scales

风力等级	行车组织措施
7 级风力	通知工程车司机限速 30 km/h 运行至就近车站、隧道或车厂避风
8 级风力	通知电客车司机采用人工驾驶模式,限速 60 km/h 运行,工程车停止在该区段行车
9 级风力	通知电客车司机采用人工驾驶模式,限速 20 km/h 运行至就近车站停运
10 级风力及以上	停止所有行车,并对接触轨进行断电,关闭受影响的相关车站

2.1.2 暴雨、大雾天气

暴雨、大雾天气对高架线路行车的影响主要表现在影响司机瞭望、影响列车正常运行。当车站、司机等现场人员报由于暴雨、大雾等天气原因造成瞭望不清、列车空转打滑时,行车调度需组织列车进行限速运行。由于司机是驾驶列车的直接责任人,掌握现场情况最确切的资料,所以行车调度应根据司机提出或建议的限速值,组织后续其他列车进行相应限速运行。通过调研分析得知,国内地铁对于瞭望距离不足进行限速的做法基本一致,即能见度小于 30 m 时,限速 10 km/h;能见度在 30~50 m 时,限速 25 km/h;能见度在 50~100 m 时,限速 45 km/h;能见度在 100~200 m 之间时,限速 60 km/h。

2.1.3 应对恶劣天气的必要措施

为有效应对恶劣天气对高架长大区间行车组织的

影响,需做到如下两点:

1) 及时准确地获取气象信息。控制中心应实时关注气象台网站,及时获取气象台发布的天气预报、气象灾害预警。此外,需在高架线路沿线安装风速监测系统气象监测装置,并在控制中心安装显示终端,实时获取沿线气象信息。控制中心根据获得的气象信息及时进行行车组织调整。

2) 建立健全恶劣天气应急预案。针对不同的恶劣天气,制订专项应急预案和现场处置方案,明确各部门及相关单位的应急处置措施,做到有章可循,有规可依,最大限度地减少恶劣天气对高架线路长大区间的行车影响^[6]。

2.2 区间发生列车故障

按照地铁应急处置措施的不同,可将列车故障简单分为能够维持动车的故障和不能动车只能救援的故

障。通常情况下高架线路长大区间发生列车故障的处置方案与普通线路一致,而若出现两列车在同一区间运行时发生列车故障,相应的处置措施有所不同。行车调度要做好充分预想,控制进入长大区间的列车数量,加强对长大区间运行列车的监控,加强与长大区间运行列车司机的沟通。

2.2.1 能维持动车的列车故障

当高架长大区间发生两列车在同一区间运行的情况时,若后行列车发生故障但能维持动车,则对前行列车运行无影响;若前行列车发生故障但能维持动车,则后行列车可跟踪前行列车运行,同时充分利用高架线路瞭望性好的优势,与前行列车做好安全距离的掌控。通常故障列车采取限速运行的措施,而与故障列车同向运行的部分列车可采取多停、限速、晚发等调整措施,尽量减少对客运服务的影响。

由于高架长大区间站间距较长,当故障列车运行速度缓慢时,易造成列车“排队”现象,为尽量减少故障列车对正线运行的影响,则可适时清客并组织其进入存车线或者组织返厂,组织备用车上线替开。若故障列车易造成 2 min 以内的晚点时,可尽量组织列车返厂,这样将为故障的维修提供充足时间;若故障列车易造成 5 min 以上的晚点时,则尽量组织其进入就近的存车线,待运营结束后再组织返厂维修;若推断晚点时间在 2~5 min 时,可根据实际情况灵活选择处理措施。能维持动车的列车故障处置流程如图 1 所示。

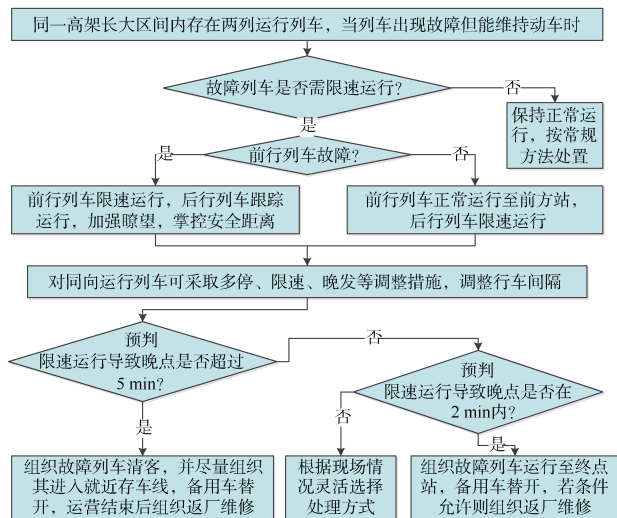


图1 能维持动车的列车故障处置流程图

Fig. 1 Disposal of operation-maintaining train fault

2.2.2 不能动车的列车故障

当高架长大区间发生列车故障无法动车时,首先,

行车调度要第一时间扣停后续列车在站台待令,若同一区间内故障列车后方有其他列车,应组织其限速运行至安全距离外停车。其次,行车调度要做到“4 min 预想、6 min 决定”,即比照必须救援的 7 min 要提前 1~2 min 做出决定,提前组织后续列车清客,空车前往故障点并在故障点前待令,做好救援准备。如果故障提前处理完毕,则救援车在下一车站投入载客服务;如果故障进一步扩大,还需通知全线列车多停或区间限速运行,延长行车周期,为故障点的救援工作提供时间支持,减少对乘客的影响。期间,可以组织备用车上线投入服务,调整列车间隔,或组织正线列车小交路运行^[7]。

当两列车在同一区间运行前方列车发生故障需要救援时,可以采取后续列车载客救援或者后续列车退回车站清客再去救援的方案,具体采用何种方案由两列车在区间内的停车位置决定。假设区间长为 L ,前方列车 01 距离前方站 B 为 L_1 ,后方列车 02 距离后方站 A 为 L_2 ,如图 2 所示。

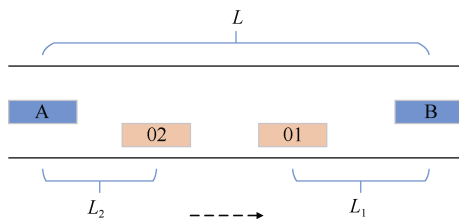


图2 列车区间位置示意图

Fig. 2 Train location in section

由图 2 可以得出,方案 1: 02 车退回车站清客再去救援所用时间 $T_1 = T_{02 \text{ 车退回 A 站}} + T_{02 \text{ 车清客}} + T_{02 \text{ 车返回停车点}} + T_{02 \text{ 车连挂 01 车推进到 B 站}} + T_{01 \text{ 车清客}}$ 。方案 2: 02 车载客救援所用时间 $T_2 = T_{02 \text{ 车连挂 01 车推进到 B 站}} + T_{01 \text{ 车清客}} + T_{02 \text{ 车清客}}$ 。方案 2 比方案 1 节省的时间 $T = T_1 - T_2 = T_{02 \text{ 车退回 A 站}} + T_{02 \text{ 车返回停车点}}$,即 $T = L_2/v_1 + L_2/v_2$ 。考虑到 02 车退回 A 站,即使换端牵引也不能进行排路, v_1 按照 25 km/h 计算; 02 车清客后前往救援,需要切除 ATP 以 NRM 模式运行, v_2 按照 45 km/h 计算,则 $T = L_2/25 + L_2/45 = 14L_2/225$ 。由此可知,后车出站距离越远,载客救援所能节省的时间越多。但考虑到列车上有乘客的因素,在适当情况下,还是建议选择方案 1。按照“4 min 预想、6 min 决定”的原则,一般情况下,在故障发生 4 min 后,后车应在后方站清客完毕做好救援准备。清客时间按照 2 min 计算,则后车返回 A 站运行时间为 $4 - 2 = 2 \text{ min}$ 。由此计算得知 $L_2 = v_1 \times T = 0.83 \text{ km}$,即后车出站 800 m

左右时可以安排后车退回发车站清客再去救援；若超过 800 m，建议后车直接载客救援，否则会影响救援效率。

2.3 区间发生信号故障

高架线路长大区间发生信号故障的处置方案与普通线路一致，而若出现两列车在同一区间运行的情况，此时发生信号故障，则相应的处置措施有所不同。以青岛地铁 3 号线为例进行阐述。

2.3.1 车载 ATP 故障

1) 前车车载 ATP 故障。当高架长大区间内两列车运行且前车发生车载 ATP（自动防护设备）故障导致列车降级时，若后车在安全距离外，车载 ATP 将会保证后车能够在安全距离处制动停车；若后车在安全距离内，则会立即紧急制动，须停车后才能缓解，将对列车运行和乘客服务造成较大影响。

在这种情况下，列车司机应充分利用高架线路瞭望性好的优点，可提前采取制动、广播等相应措施，尽量减少影响。列车停稳后，严禁盲目授权后车转 RM 模式（限制人工驾驶模式）动车，防止造成后车追尾前车的事故^[8]。行车调度必须首先确认前车与后车的停车位置，通知后车司机做好乘客服务。对于前车，行车调度必须立即与司机确认故障现象，询问降级原因，要求抓紧进行故障处理，优先组织前车动车，保证足够的安全距离后，方可组织后车动车。由于站间距较长，在前车以 RM 模式运行寻找定位或直接切除 ATP 以 NRM 模式（非限制人工驾驶模式）运行时，后车严禁以 NRM 模式运行，即使可能会造成后车有较大晚点。在故障列车降级运行时，必然会导致该侧线路列车拥堵，后续列车通行不畅。行车调度应及时采取列车多停、晚发、区间限速运行的方式调整行车。必要时，可以邻线列车折返填补运行大间隔。

2) 后车车载 ATP 故障。当高架长大区间内两列车运行且后车发生车载 ATP 故障导致列车降级时，列车由占用逻辑区段变为占用计轴区段，若前车距离后车有较远距离，则前车不受影响，可正常运行至前方站；若前车尚未出清后车占用的计轴区段，则前车会立即紧急制动，将对列车运行和乘客服务造成较大影响。

在这种情况下，行车调度严禁臆测行车，不能盲目判断前车紧急制动原因为后车降级而直接授权前车 RM 模式动车，必须与前车司机了解故障现象，在确

认无其他故障现象的情况下，方可组织前车降级动车，适时组织升级运行。待前车驶离后车占用的计轴区段时，后车按普通线路处置措施处置即可。

2.3.2 轨旁 ATP 故障

由于不同信号系统的架构有所不同，轨旁 ATP 故障造成的影响及采取的处理措施也会有所不同。对于常用的信号系统结构，轨旁 ATP 故障时，该轨旁 ATP 控制区域内的调度集中 CTC（连续式通信，移动闭塞）列车均会紧急制动，ITC 列车不受影响，安全门无法与车门联动，列车在故障区域前一站降级为 ITC 运行，出清该故障区域后升级为 CTC 模式即可。

行车调度在进行高架长大区间行车组织时，若接报多列 CTC 列车紧急制动，不能臆测为轨旁 ATP 故障，而应详细了解故障现象后再做出判断。在确认发生轨旁 ATP 故障后，对于同一区间有两列甚至更多列车的情况，应根据区间信号机的布置情况尝试排列进路，即使能够确认前后车有足够的安全防护距离，仍然不得在没有进路防护的情况下，擅自授权降级列车 RM 模式越红灯尝试升级，必须按照与列车运行方向相反的顺序，逐列组织列车进站。在能够排列进路时，必须排列进路；无法排列进路时，须双人确认安全后组织列车 RM 模式运行，尝试升级到 ITC 模式运行。需要注意的是，行车调度应通知故障区域内的车站加强对安全门的监控，及时向司机显示好了的信号；要求区域内列车司机确认车站显示的好了信号后，才能以 ITC 模式出站。

2.3.3 联锁故障

当正线发生联锁故障时，该联锁区控制范围内运行的所有列车将会紧急制动，中央及车站工作站均无法对故障联锁区内列车进行监视，只能采取电话闭塞法组织行车。由于中央及车站工作站均无法对故障联锁区内的列车进行监视，为了保证行车安全，要首先确定列车位置，避免出现因列车位置核对错误而导致列车追尾的事故。

若高架长大区间内可能存在两列及以上的列车时，行车调度在进行列车位置首次确认时必须严格按照规定，全呼故障区域内各次列车并要求其汇报位置（站台/区间、上/下行），将故障区域内的列车位置、车次、车体全部确认清楚，才能按照规定组织区间迫停列车进站。由于高架线路瞭望性好，可以要求车站在站台确认区间列车情况，并根据司机汇报的列车位

置进行核对。

对于某个区间有两列车迫停区间的情况,按照电话闭塞法组织要求,必须组织到车站后才能开始启动电话闭塞法,因此,必须按照与列车运行方向相反的顺序,逐列组织列车进站。先将前车按照规定组织进站后,继续按照区间迫停列车的处理规定将其组织运行到前方站,确认闭塞区间空闲后再组织后车运行至车站待令。

但是随着行车密度的增大和行车间隔的缩小,对于有连续长大区间的线路,会存在连续多个长大区间里都有两列及以上列车迫停区间的情况。此时,按照电话闭塞法规定组织列车运行到车站会出现“车多站少”的问题。针对此问题,行车调度在组织区间迫停列车运行进站的过程中,可以采取前后列车逐列授权动车的方式,将前方列车组织到站后清客进入区间待令,再组织后方列车进站待令。将前方列车组织清客进入区间后继续按照区间迫停列车的处理规定,组织前方列车继续向前方运行,注意须确认该闭塞区间空闲。

以保证安全为第一前提,切忌在区间尚有列车但有足够安全防护距离的情况下宣布启动电话闭塞法,必须保证所有区间迫停列车都已进入站台后,方可组织启动电话闭塞法^[9-10]。

需要注意的是,发生联锁故障但未启动电话闭塞法前,不应组织正常区域内列车进入故障区域,但可组织故障区域内列车确认安全后运行至正常区域,以缓解故障联锁区内“车多站少”的摆放压力。此外,正常区域内列车可利用渡线、存车线等辅助线进行小交路折返,避免列车进入故障区域。

3 总结

地铁高架长大区间其非正常情况下的行车组织具有一定的特殊性。本文针对恶劣天气、区间列车故障、区间信号故障3种非正常情况下的行车组织进行了探讨与研究。恶劣天气情况下需及时获取气象信息,制定详细的应急预案及相关限速措施;在区间列车故障或区间信号故障情况下,可充分利用可瞭望性的特点,并需在保证安全的前提下,尽量提高行车组织的效率。本文所阐述的地铁高架长大区间非正常情况下的行车组织具体措施与方法,对各地越来越多地铁高架线路具有一定的借鉴和指导作用。

参考文献

- [1] 李毅雄. 香港地铁气象灾害防范技术[J]. 中国安全生产科学技术, 2007, 3(2): 92-95.
LI Yixiong. Weather calamity prevention of Hong Kong metro and its inspiration[J]. Journal of safety science and technology, 2007, 3(2): 92-95.
- [2] 郑晓民. 地铁高密度行车时救援组织优化[J]. 都市轨道交通, 2016, 29(4): 67-70.
ZHENG Xiaomin. Optimizing rescue organization for a metro system with high-density operation[J]. Urban rapid rail transit, 2016, 29(4): 67-70.
- [3] 林伟东. 地铁高密度行车组织下行车调整方式的探讨[J]. 科技风, 2015(6): 55-56, 58.
- [4] 王光裕. 城市轨道交通高架长大区间维护方式研究[J]. 智能城市, 2016(7): 117-118.
- [5] 支柱. 北京地铁新机场线长大区间信号设备控制距离解决方案的研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2016, 13(5): 73-75.
ZHI Zhu. Solution of control distance of signals on long sections between stations in Beijing new airport metro line[J]. Railway signalling & communication engineering, 2016, 13(5): 73-75.
- [6] 雷役, 骆月珍, 钱吴刚, 等. 国内地铁气象服务综述及杭州地铁专业气象服务策划[C]//第26届中国气象学会年会气象灾害与社会和谐分会场论文集, 2009: 678-683.
- [7] 韩乾. 地铁应急事件中运营组织方法探讨[J]. 现代城市轨道交通, 2011(1): 60-62.
HAN Qian. Operation organization methods of train in metro emergency events[J]. Modern urban transit, 2011(1): 60-62.
- [8] 王帆. 地铁信号故障导致列车追尾分析及预防对策[J]. 城市轨道交通研究, 2014, 17(8): 49-52.
WANG Fan. Analysis of rear-end collision in urban rail transit caused by signal fault and preventive measures in operation [J]. Urban mass transit, 2014, 17(8): 49-52.
- [9] 史小俊, 宋焱. 城市轨道交通电话闭塞法行车组织优化[J]. 城市轨道交通研究, 2014, 17(7): 115-118.
SHI Xiaojun, SONG Lang. Optimized train organization for telephone occlusion on urban rail transit[J]. Urban mass transit, 2014, 17(7): 115-118.
- [10] 尚方宁. 简析自动闭塞区间列车占用逻辑检查仿真试验方法[J]. 铁路通信信号工程技术, 2017, 14(2): 14-18.
SHANG Fangning. Analysis of simulation test method of track occupying logic checking in automatic block section[J]. Railway signalling & communication engineering, 2017, 14(2): 14-18.

(编辑: 郝京红)