

车载储能供电方式有轨电车车站配线设计要点

王国军

(中铁第五勘察设计院集团有限公司,102600,北京//高级工程师)

摘 要 针对车载储能供电方式的有轨电车项目,详细阐述了有轨电车的联通线、车辆基地出入线、折返线、停车线及安全线等配线方案。从供变电专业和信号专业的特殊需求出发,提出了有轨电车车站的配线设计要点。着重对岔心与有效站台端部的最小距离等参数进行了计算分析。

关键词 有轨电车;车站配线方案;车载储能供电;信号

中图分类号 U492.1:U482.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.11.033

Design Points for On-board Energy Storage Power Supply Tram Stations Auxiliary Line

WANG Guojun

Abstract Regarding on-board energy storage power supply tram projects, the auxiliary line schemes for tram connecting line, vehicle depot inlet/outlet line, turn-back line, parking line and safety line are expounded. From the specific needs of power supply and signaling professions, the auxiliary line design points for tram stations are proposed. Parameters such as the minimum distance between track frog and effective platform end are calculated and analyzed with emphasis.

Key words tram; station auxiliary line scheme; on-board energy storage power supply; signaling

Author's address The Fifth Railway Survey & Design Institute Group Co., Ltd., 102600, Beijing, China

有轨电车具有无污染、运量较大、速度高(郊区或专有路权地段)、弹性灵活、运行可靠、舒适新颖、节能环保、投资较低等优点^[1-2],其作为一种新型无污染公共交通系统必将得到进一步的推广和发展^[3]。

有轨电车配线设计方案在组织列车运营、实现资源共享、实现车辆临时调度^[4]等方面发挥着举足轻重的作用。配线设计方案涉及线路、行车、车辆、供电及信号等多专业的配合,目前尚无统一的设计标准。其中,无网供电方式特别是超级电容等储能元件供电方式,是未来有轨电车供电制式的发展趋势^[5]。本文针对性地提出适合于车载储能供电方

式的有轨电车项目车站配线设置方案。

1 有轨电车配线设计方案

有轨电车配线设计方案需考虑以下问题:有轨电车在正常运行及故障运行的运营功能需求下如何组织行车,对社会车辆和交叉口的影响,如何实现有轨电车的网络化运营模式等等。有轨电车配线包括联通线、车辆基地出入线、折返线、停车线及安全线等^[4]。

1.1 联通线

有轨电车联通线类似于地铁联络线。应根据线网规划、车辆基地分布位置和承担任务范围,以及有轨电车的网络化运营要求来设置联通线。

有轨电车项目道岔型式较为特殊。联通线宜采用互通(又称“交叉”)道岔连接,使多条线路在此交汇运营,可以最大限度地节省土地资源。在此设计下,接轨站站位和配线的设计应结合信号控制需求,以保证车辆不会由于排队而影响交叉口的正常通行^[4]。

联通线是在网络化运营时为满足有轨电车跨线运营需要而设置的。法国的斯特拉斯堡、荷兰的阿姆斯特丹、比利时的布鲁塞尔、我国的沈阳等城市,均在有轨电车网络化运营后设置了联通线。

1.2 车辆基地出入线

车辆基地出入线应连通上下行正线。地铁车辆基地出入线与正线多为立交,与之不同,有轨电车一般采用交叉道岔来实现线路平交^[6],并连通正线上下行双方向。由此可见,有轨电车可根据线路条件采用单“Y”或双“Y”接轨形式,车辆出入作业较为繁忙的车辆基地可采用双“Y”接轨形式^[4],以便在完成线路功能的同时减少土地利用资源。珠海现代有轨电车1号线一期工程出入线采用了双“Y”接轨形式。

当出入线兼顾列车折返功能时,应对出入线与正线间的配线进行多方案比选,同时满足正线、折

返线及车辆基地出入线等区域的列车运行要求。

1.3 折返线

折返线应根据行车组织交路设计,并结合车站站台形式和折返能力要求而确定。线路起点站、终点站及中间折返站均应设置折返线。

有条件时,在折返线或车辆基地应尽可能设置“灯泡线”,以实现列车“换头”功能,避免单侧磨损车轮。成都 IT 大道有轨电车项目郫县西站站(折返站)设有“灯泡线”。

为满足故障运行工况下的列车折返需求,应每隔一定距离设置临时折返用的单渡线。有轨电车属于路面交通的一种,当渡线设置于交叉路口时,应考虑到有轨电车折返时不应影响其他路面公共交通。因此,在设计时应结合车站形式,以不超过交叉口折返为原则设置折返单渡线^[4]。

1.4 停车线

与地铁不同,有轨电车停车线占道路资源较多。虽然有轨电车一般无强制性要求进行停车线设置,但在道路条件允许的情况下还应考虑设置停车线,以便为运营创造更好的基础条件。考虑到道路资源紧张^[7],结合车站站台布置形式,有轨电车停车线可选的设置方案如图 1 及图 2 所示^[4]:

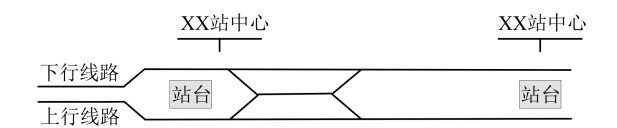


图 1 故障车停车线设置方案一

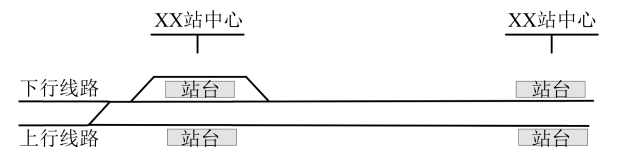


图 2 故障车停车线设置方案二

停车线的设置应考虑有轨电车运营需求和线路工程条件、沿线用地条件及对地面交通影响等因素综合设置。

2 基于特殊需求的设备布置要求

在各类配线设计过程中,除了满足配线自身功能需求外,供变电专业和信号专业的设备布置还需满足其专业的特殊需求。

2.1 供变电设备布置要点

目前有轨电车多采用无网供电方式,无网牵引供电方式的供电原理如图 3 所示。

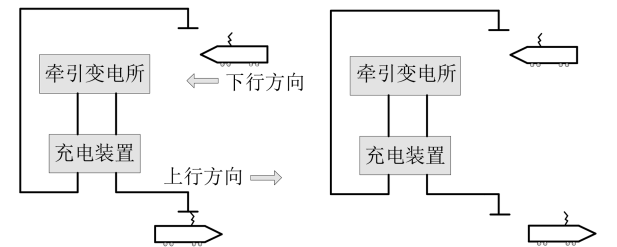


图 3 无网牵引供电方式供电原理示意图

在图 3 中,当受电弓与充电装置连通时,有轨电车通过钢轨及其回流电缆与变电所负极相连。在这一供电回路内,不能设置绝缘节。此外,考虑到杂散电流防护需要,供电回路外需设置绝缘节,以将此供电回路区间线路完全隔开。绝缘节设置位置应满足“有轨电车受电弓与车站范围内充电充装置联通时,车轮应完全位于此供电回路内”。充电装置、有轨电车及其受电弓、绝缘节等供变电设备的布置如图 4 所示。

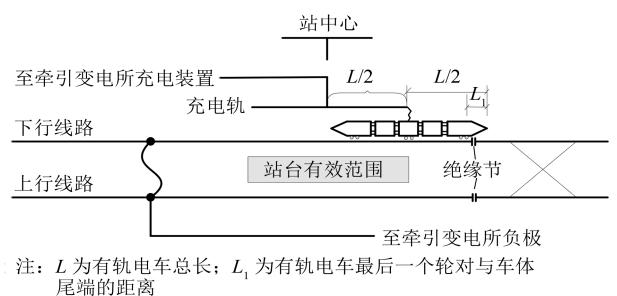


图 4 有轨电车站供变电设备布置示意图

图 4 中,设置绝缘节可使在车站范围内构成完整的供电回路,且该回路内不得有轨道电路或其它导致非电气连通的设施。从图 4 可知,绝缘节距离站中心至少应为 $L-L_1$ 。

天水市有轨电车示范线采用超级电容供电方式。正线车站及场段列检库设置充电轨,其绝缘节设置方案按上述原则要求进行布置。

2.2 信号设备布置要点

信号专业对于配线的设计要求主要基于电车占用检查设备安装条件的要求。有轨电车正线通常使用的列车岔区定位设备有信标、感应环线 and 计轴等^[8]。

近年来,北斗卫星导航系统或 GPS(全球定位系统)+无线通信技术,以及轨道电路技术不断发展,也获得了广泛的应用。其中,北斗卫星导航系统或 GPS(全球定位系统)+无线通信技术受外界影响因素较多。

信标技术主要和感应环线技术配合使用^[9]。感应环线技术除了用于有轨电车检测外,还用于车地通信功能的实现。

鉴于可靠性、稳定性及联锁系统对道岔区列车占用检查设备的要求,道岔区域列车位置检测多采用计轴技术或谐振式轨道电路技术。

2.2.1 计轴技术

目前,基于轮缘探测原理的计轴技术在有轨电车项目中也得到了广泛应用^[8]。

如果采用计轴器检查岔区列车占用情况,则需考虑第二轮对紧贴计轴器的有轨电车在 2‰ 坡度的岔区范围内发生倒溜时,第一轮对不突破道岔尖的位置的极限情况。其涵盖的低概率条件为:计轴器漏计一轴,同时第二轮对紧贴计轴器。此时,计轴磁头与岔尖的距离为有轨电车轮对距离(本文取 1.85 m)与 2‰ 坡度下的后溜距离(暂按 2.50 m 考虑)之和;有轨电车道岔号较小(6 号道岔最为常用),道岔始端至尖轨的距离 q 暂取 1.5 m^[10];由于道岔安装于轨枕间距中心,按计轴器与轨缝中心距离为 3.0 m 考虑(这样可最大限度满足以上各条件)。由于有轨电车司机位距离车辆端部较近(约 1.5 m),而第一轮对距离车辆端部约 4.3 m,故进路表示器与计轴器可并齐安装,这样,当司机越过表示器时,并不会因轮对越过磁头而导致表示器显示为禁止信号。

根据地铁设计规范要求,瞭望距离可取 3.5~5.0 m^[11]。一般站台长度设计时已考虑停车误差,此处不再考虑停车误差。车站范围内信号设备布置方案如图 5 所示。

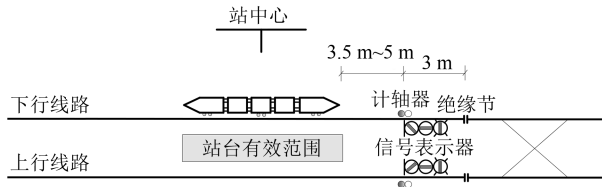


图 5 基于计轴器的车站信号设备布置示意图

2.2.2 谐振式轨道电路

谐振式轨道电路是把钢轨作为电感,通过施加电容及短路电缆构成谐振回路^[12],其原理如图 6 所示。

首先,发送模块产生 1 个与轨道电路谐振频率相同的正弦波功率信号;随后,该信号通过电缆、匹配盒内的限流电感及匹配变压器,发送至发送侧的

钢轨轨面,并经钢轨传送到接收端的匹配盒;之后,再经接收匹配盒内的变压器及电缆传送至接收模块;最后,由接收模块分析接收到信号的幅度及频率成分,进而判断是否为发送端送来的正常信号。在道岔前后安装谐振式轨道电路设备后,可通过逻辑判断是否有车进入该道岔区段。

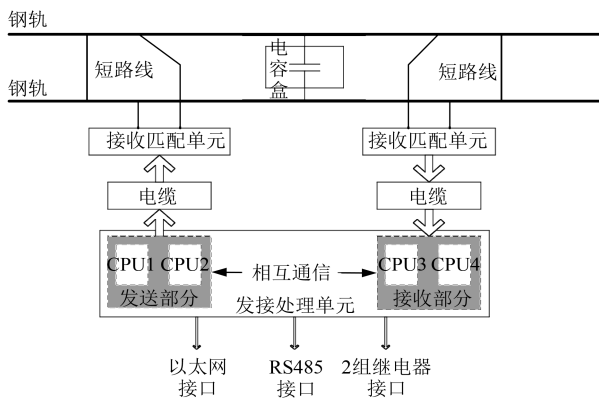


图 6 谐振式轨道电路原理示意图

谐振式轨道电路设备简单可靠、且具有很高的安全性,在有轨电车控制系统中应用较为广泛,主要用于完成岔区有轨电车空闲检查和定位。

当道岔区域列车占用检查设备为谐振式轨道电路时,需预留出足够的轨道电路设备安装所需空间(典型安装距离为 7.0 m),表示器与站台的距离(即瞭望距离)取 3.5~5.0 m。车站范围内的信号设备布置方案如图 7 所示。

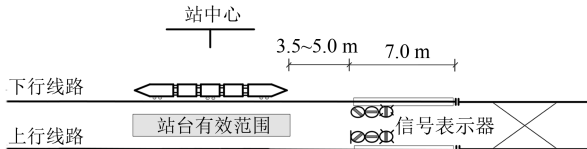


图 7 基于谐振式轨道电路技术的车站信号设备布置示意图

在轨道电路范围内,不得有绝缘节以及钢轨均回流线。

天水市有轨电车示范线正线采用谐振式轨道电路完成有轨电车检测。谐振式轨道电路长度一般为 4.0~14.0 m 不等,典型安装长度为 7.0 m。

2.3 轨道布设要点

为了减少锯轨工作量,道岔与有效站台边缘之间尽可能利用道岔自身基本轨轨缝。在工程设计阶段,应进行包容设计,道岔岔心与有效站台端部的距离应满足轨道电路、进路表示器及供电系统绝缘节等安装技术要求。具体如表 1 所示。

表 1 道岔岔心与有效站台端部的最小距离		
专业	岔心与站台端部的最小距离	备注
供电电	$L-L_1+a$	a 为道岔前长
信号	$a+10.5\text{ m}$	1) 前期应包容设计, 考虑列车占用检查设备为轨道电路的情况; 2) 根据工程经验, 轨道电路长度可按 7.0 m 考虑; 3) 瞭望距离可按 3.5~5.0 m 考虑, 此处列举最小距离, 按 3.5 m 考虑

以五模块有轨电车考虑, $L=32.6\text{ m}$, L_1 一般为 4.3 m, 故从供电系统考虑按表 1, 则岔心与站台端部的最小距离为 $a+28.3\text{ m}$ 。

综上所述, 当车站设置充电轨时, 岔心与有效站台端部的最小距离为 $a+28.3\text{ m}$ (具体值需要结合车辆参数最终确定); 不设置充电轨时, 岔心与有效站台的最小距离为 $a+10.5\text{ m}$, 考虑到运营便利, 也可按 $a+12\text{ m}$ 进行控制。

3 结语

有轨电车配线设计方案除了满足行车组织方案、道路交叉口及道路资源等限制条件外, 还应满足供电、信号、轨道等专业设计需求。本文总结的有轨电车车站配线设计要点, 可为相关项目提供参考。

参考文献

[1] 薛美根, 杨立峰, 程杰. 现代有轨电车主要特征与国内外发展

研究[J]. 城市交通, 2008(11): 88.

[2] 左忠义, 苗彦英, 刘岩. 现代有轨电车系统技术特性的研究[C]//中华人民共和国建设部地铁与轻轨研究中心, 中国城市规划设计研究院. 大连城市轨道交通发展研讨会, 北京: 中国铁道出版社, 2003: 177.

[3] 王灏, 田振清, 周楠森, 等. 现代有轨电车系统研究与实践[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

[4] 蒋丽华. 现代有轨电车站配线设计要点分析[J]. 应用技术, 2018(12): 135.

[5] 胡斌. 超级电容储能型现代有轨电车供电系统设计要点分析[J]. 城市轨道交通研究, 2019(5): 128.

[6] 程樱. 现代有轨电车的典型道岔型式[J]. 城市轨道交通研究, 2018(3): 144.

[7] 苟波. 现代有轨电车系统规划设计的技术要点[J]. 城市轨道交通研究, 2016(7): 102.

[8] 焦侦丰. TAZ II/S295 计轴系统在广州环岛新型有轨电车试验段的应用[J]. 铁道通信信号, 2015(10): 86.

[9] 乔建敏. 基于信标进行岔区定位的有轨电车列车防护原理分析[J]. 铁道建筑技术, 2017(12): 99.

[10] 张英, 刘春城. 新型有轨电车道岔的国产化设计[J]. 交通世界, 2018(1): 272.

[11] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁设计规范: GB 50157—2013 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

[12] 杨建华, 林卫永, 钟朱婷, 等. 无绝缘谐振式轨道电路系统研究与实现[J]. 铁路通信信号工程技术, 2016(12): 67.

(收稿日期: 2020-03-24)

(上接第 148 页)

目前, 在我国地下三层车站站台到站厅的提升高度多为 12 m 左右, 通常采用调整楼梯踏步尺寸的方法来增加楼梯倾斜角度。随着提升高度的增加, 楼梯更陡, 不符合人性化设计的要求。本文提出的 27.3° 扶梯倾角也可应用于地下三层车站站台到站厅的楼梯梯设计中, 且比 30° 倾角的扶梯更人性化、更合理。

经调研, 倾角为 27.3° 的自动扶梯在日本的使用已经颇具规模。目前, 我国个别城市轨道交通建设中也已开始尝试采用, 如武汉最新一轮建设的城市轨道交通车站出入口、福州地铁 5 号线的出入口已全部采用倾角为 27.3° 的扶梯。这不仅说明部分设计者及建设者对减缓出入口扶梯倾角的作用已

有了一定认识, 也验证了倾角为 27.3° 的扶梯适用性和可行性。

参考文献

[1] 宋敏华. 我国城市轨道交通发展回顾与思考[J]. 城市轨道交通研究, 2018(5): 8.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁设计规范: GB 50157—2013 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 民用建筑设计统一标准: GB 50352—2019 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.

(收稿日期: 2019-12-23)