

地铁停车场杂散电流防护设计的几个关键问题

靳 凯

(上海市隧道工程轨道交通设计研究院, 200235, 上海 // 工程师)

摘 要 停车场的杂散电流防护一直是地铁工程中的薄弱环节。目前, 大部分地铁停车场主要通过设置绝缘轨缝和单向导通装置隔离回流电流来达到降低杂散电流的目的。通过对电气化股道车挡前绝缘轨缝的设置、镟轮库设备打火、正线杂散电流对车场的影响等问题进行分析, 提出了相应的优化措施。

关键词 地铁; 停车场; 杂散电流; 绝缘轨缝; 单向导通装置

中图分类号 TG172.84

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2021.06.040

Key Issues in Stray Current Prevention Design for Metro Depot

JIN Kai

Abstract Stray current prevention of metro depot has always been a weak part in metro projects. At present, a lot of depots reduce stray current by setting insulation rail gap and unilateral connecting device to isolate the current. By analyzing problems such as setup of insulation rail gap before buffer stop on electrified track, wheel lathe garage equipment short-circuit and unilateral-conducting frame reverse conduction that are existing in current prevention measures, corresponding optimization solutions are proposed.

Key words metro; depot; stray current; insulation rail gap; unilateral connecting device

Author's address Shanghai Tunnel Engineering & Rail Transit Design and Research Institute, 200235, Shanghai, China

地铁停车场内列车牵引电流小、行车速度低、运行时间短, 还在出入场线、库内外之间、电气化与非电气化股道之间、电气化股道车挡前等处设置了绝缘轨缝, 且在出入场线、库内外之间设置了单向导通装置来隔离牵引回流电流, 因此, 理论上其杂散电流泄漏水平较低。但实际工程中, 停车场的杂散电流防护却一直是地铁工程的薄弱环节, 经常发生车场设备打火、轨电位频繁动作、车场附近管线腐蚀严重等情况。

本文结合相关工程经验, 在既有防护措施的基础上, 总结了杂散电流防护设计应注意的几个关键问题, 并提出了相应的优化和解决措施。

1 电气化股道车挡前绝缘轨缝的优化

针对停车场绝缘轨缝的设置, CJJ 49—1992《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》^[1] (以下简称“规程”) 第 4.1.2.14 条规定: “电气化与非电气化区段之间, 运行线路与正在建设的线路区段之间, 地铁与地面铁道线路之间, 尽头线每条轨道的车挡装置与电气化轨道之前, 均应在走行轨上实现电气隔离”。

其中, 规程中要求在电气化股道的车挡前设置绝缘轨缝主要基于两点原因: 一是为了满足信号专业 50 Hz 相敏轨道电路极性交叉的要求, 二是避免钢轨回流电流通过车挡的等电位接地而造成杂散电流泄漏。

目前在建的城市轨道交通项目, 信号系统已基本采用计轴设备代替轨道电路设备, 没有设置绝缘轨缝的需求; 其次, 部分项目的库内钢轨采用直接接地的方式来确保检修人员安全。由于电气化股道已通过大地和车挡装置相连, 因此在此处设置绝缘轨缝并无意义。

综上所述, 针对库内钢轨直接接地, 且信号采用计轴设备的项目, 可以取消电气化股道车挡前的绝缘轨缝。根据车场规模不同, 一般可减少约 20~30 处绝缘轨缝。

2 镟轮库设备打火的解决措施

镟轮库一般为非电化股道, 且在库前平交道口处设置了绝缘轨缝, 列车通过绝缘轨缝后降弓, 并通过内燃机车牵引进库。经现场调查及分析, 镟轮库设备打火是由于车辆在跨越绝缘轨缝两侧的瞬间, 回流电流 I_s 通过车体流入库内而引起的 (见图 1)。

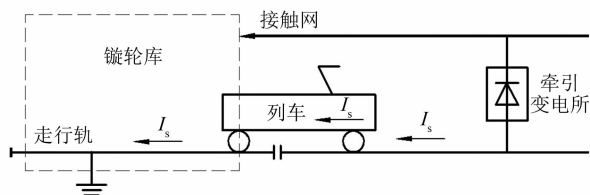


图1 铰轮库打火原因分析示意图

针对上述问题,可在铰轮库前增设1个绝缘轨缝 D (见图2),列车在 D 处降弓并通过内燃机车牵引进库。 C 、 D 两个绝缘轨缝的间距应大于1列车车长(如1列8A编组列车长约 185.6 m ^[2], C 与 D 的间距可按 200 m 设置),这样便可以避免变电所至 D 处区域的回流通过车体流入库内^[3]。

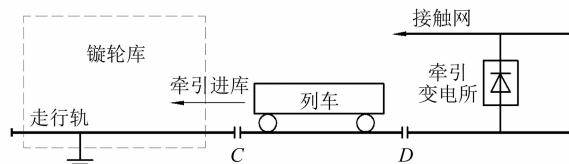


图2 铰轮库前绝缘轨缝优化方案

3 单导柜自动消弧装置反向导通的解决措施

3.1 问题及原因分析

单向导通装置的示意图如图3所示。其中,二极管支路主要用于减小杂散电流的影响;自动消弧装置则用于限制绝缘节两端电压差,避免钢轨打火,保证运营人员安全。

根据电弧理论可知,当电路中开断电源电压大于 $10\sim 12\text{ V}$,电流大于 $80\sim 100\text{ mA}$ 时,分开的触头就会产生电弧^[4]。即当绝缘节两端电压 U_{AB} (见图3)和电流 I_{AB} 分别大于极限起弧点的电压和电流值时,绝缘节处就会发生打火现象。

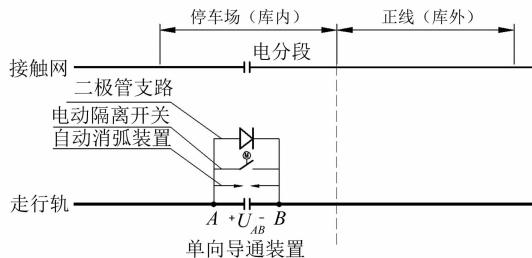


图3 单向导通装置示意图

自动消弧装置主要由可控硅构成。根据电弧产生的条件,可控硅的正向导通电压 U_0 一般也设置为 $10\sim 12\text{ V}$ 。当绝缘节附近有列车通过,且可控硅(即绝缘节)两侧施加的电压 U_{AB} 大于其正向导

通电压 U_0 时,自动消弧装置被触发导通,即 $U_{AB}=0$,此时即使 I_{AB} 大于 $80\sim 100\text{ mA}$,也不会产生电弧。当电压降低后,消弧装置自行断开。

上述方案解决了列车经过时绝缘节两侧打火的问题,但是当没有列车经过时, I_{AB} 始终为0,而绝缘节两侧由于负载情况不同, U_{AB} 很容易达到 U_0 以上;此时虽然没有满足起弧条件,不会发生打火现象,但是由于 $U_{AB}>U_0$,仍会触发消弧装置导通,导致正线电流通过自动消弧装置进入车场。

3.2 方案优化

由上述分析可知,当无列车经过时,绝缘节两侧即使存在过电压 U_{AB} ,也不会产生电弧。因此,只需将 U_{AB} 限制在合理的范围内,确保检修维护人员安全即可。

因此,可以在绝缘节前设置1套光电位置传感器,将列车是否通过也作为自动消弧装置导通的另一个判断条件。当检测到列车经过时,将可控硅的触发电压设置为 $10\sim 12\text{ V}$,以避免发生打火现象;当无列车经过时,将可控硅的触发电压设置为 60 V ,以确保运营人员安全。

改进后的方案既可以保证消弧装置的作用,又能防止在没有电弧产生时消弧装置的频繁误动作,可有效避免了正线杂散电流对车场的影响。

4 减少正线杂散电流进入车场的措施

4.1 存在问题

上海轨道交通1号线富锦路停车场、3号线石龙路停车场、7号线陈太路车辆段,曾对流经单导的电流及停车场轨电位专门做过测试和研究,发现当停车场内没有列车运行时,也会检测到车场内存在回流电流。这会导致钢轨电位限制装置频繁动作,影响检修安全。而且该电流出现的频次和幅值,与正线车辆的运行情况密切相关。当轨地电位为负时,单导电流为正值,最大幅值可以分别达到 $1\,000\text{ A}$ 、 920 A 和 300 A ^[5]。

4.2 原因分析

当正线车辆加速启动时,正线对车场无影响;当正线靠近停车场附近的车辆处于制动状态时,电流从钢轨流向列车并向接触网反馈,此时钢轨对地电位 U_1 为负值,出入场线处钢轨对地电位 U_2 也为负值。地铁停车场受轨道制式及环境影响,绝缘性能相对比较薄弱,正线大地中的杂散电流 I_{s1} 很容易通过停车场轨道汇集,并经过单向导通装置再流回

正线车辆(见图4)。

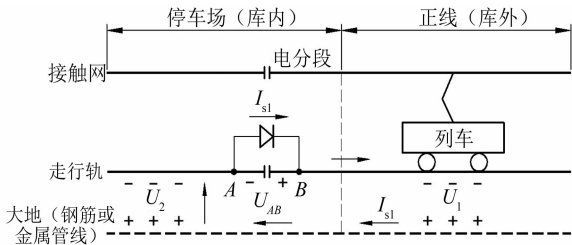


图4 车辆制动时,正线电流通过大地进入车场

上述结果表明,在出入场线处设置单向导通装置,反而为杂散电流提供了顺畅的通路:正线杂散电流 I_{sl} 可以通过“正线大地→停车场大地→停车场走行轨→单向导通装置→正线走行轨”的通路进入停车场,对停车场内结构钢筋、埋地管线等会造成腐蚀。

4.3 解决措施

解决这个问题既要保证车辆经过时牵引回流畅通,又要使车场与正线走行轨在电气回路上完全断开,以避免正线和车场的回流电流和杂散电流相互乱串。针对上述问题,上海、宁波等地的城市轨道交通工程均提出了新的解决措施。

4.3.1 措施1——断开单导柜二极管支路

宁波地铁1号线天童庄车辆段将车场与正线在电气回路上做了明显的物理隔断,采用接触器来代替二极管。接触器回路平时断开,只有列车通过时,才将绝缘节两侧导通(见图5)。

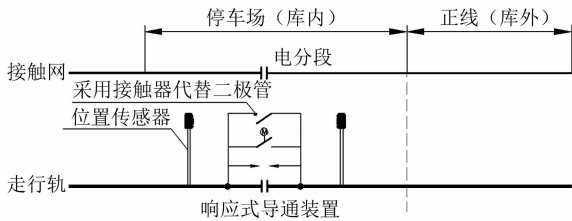


图5 用接触器来代替二极管支路示意图

该解决措施主要由1个接触器支路、1个电动隔离开关支路、1套自动消弧装置和1套位置传感器等构成。接触器支路平时处于断开状态,光电位置传感器负责检测列车位置。当检测到列车第1个轮对进入时,绝缘节两侧接触器进行完全导通,以保证回流的畅通;当检测到列车最后1个轮对离开时,接触器断开,绝缘节两侧恢复完全断开状态,这样可以有效减少正线杂散电流通过地下钢筋或管线进入车场。由于列车运行频率较高,接触器动作频繁,还可以采用多回路并联的方式来提高可靠性。

4.3.2 措施2——正线和车场分别回流

上海轨道交通18号线航头定修段则是通过增加二极管等定向导通元件,将车场、正线的牵引回流和杂散电流分别引回各自变电所。

如图6所示,在原有“单绝缘节+单向导通装置”方案的基础上,在靠近车场侧增加1组绝缘节和1套定向回流装置。定向回流装置主要由2个二极管支路、1个电动隔离开关和1套自动消弧装置构成。2个二极管正极分别接在钢轨绝缘节两侧,负极通过电缆接至车场变电所负极,这样也可以避免正线杂散电流进入车场(即AB段)。

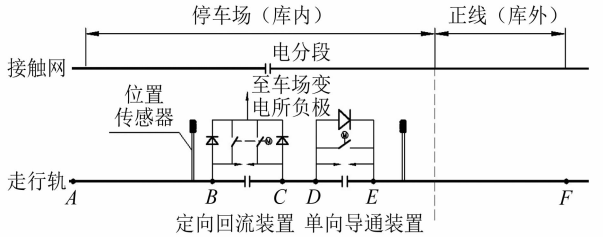


图6 增加1组绝缘节和1套定向回流装置示意图

4.3.3 两种解决措施的优缺点比较

两种解决措施的优缺点比较,如表1所示。

表1 两种解决措施的优缺点比较

比较项目	措施1	措施2
防护效果	可有效减少正线杂散电流通过地下钢筋或管线进入车场	可有效减少正线杂散电流通过地下钢筋或管线进入车场,但是钢轨定向导通装置与单向导通装置之间的钢轨(见图6中CD段)无法避免该问题,容易成为薄弱环节
装置数量	2台响应式导通装置+2套位置传感器	2台单向导通装置+2套定向回流装置+2套位置传感器
投资	较低	较高
应用案例	宁波地铁1号线、宁奉线、常州地铁2号线	上海轨道交通18号线

5 结语

本文通过对停车场杂散电流既有防护措施中存在的几个问题进行分析,优化了电气化股道车挡前绝缘轨缝的设置;解决了铍轮库设备的打火问题;通过改进自动消弧装置动作条件,解决了单导柜的反向导通问题;并对减少正线杂散电流通过大地进入车场的两种解决措施进行了优缺点比较。

(下转第187页)

客车采用经动车走行线站后折返的作业方式,潮州东方向到达客车采用经到发线站前折返的作业方式,则潮汕机场方向咽喉区利用率达73%,潮州东方向咽喉区利用率约75%^[10]。因此,推荐潮州东方向折返车采用站前折返,潮汕机场方向利用站后设置折返线的方式站后折返;运营时可根据集中到发情况,均衡使用到发线,灵活选择折返方式,以缓解咽喉区的紧张问题。

3 结语

本文首先根据汕头站的衔接线路和预测客流量,结合不同车场的作业特点,验证汕头站铁路站场的规模合理性,并确定汕头站城际场规模为3台6线;其次从工程设置条件、工程投资、运输组织效率和互联互通等多个角度研究了粤东城际铁路引入汕头站城际场的改建方案,并推荐了到发线和咽喉区利用率高、多条线路互联互通效果较好的合场布置方案;最后根据汕头站始发终到客车立即折返作业较多的特点,研究了折返线的布置和折返作业模式的选择,得出了根据客车开行方向灵活选择折返方式以提高运输组织效率的结论。

参考文献

- [1] 黄嘉锋. 粤东超大型铁路枢纽站提速推进[J]. 广东交通,

2019(3): 33.

- [2] 谢综文. 潮汕地区未来要通9条城轨3大站新升级[J]. 广东交通,2018(3): 28.
- [3] 陈海平. 粤港澳大湾区城际铁路运输组织方案研究[J]. 城市轨道交通研究,2019(7): 58.
- [4] 罗孝平,高丰农,饶武. 沿海客运专线引入汕潮揭枢纽方案研究[J]. 高速铁路技术,2018(5): 56.
- [5] 罗宏伟. 汕尾—漳州铁路引入汕潮揭地区方案研究[J]. 铁路运输与经济,2018(3): 69.
- [6] 周立新,丛聪. 城市轨道交通接轨站布置图型探讨[J]. 铁道标准设计,2006(增刊1): 110.
- [7] 国家铁路局. 城际铁路设计规范:TB 10623—2014[S]. 北京:中国铁道出版社,2015.
- [8] 段博韬. 高速铁路车站通过能力计算方法探讨[J]. 铁道标准设计,2015(11): 43.
- [9] 张雨洁,王文波. 地铁折返站折返能力计算及其参考图研究[J]. 铁道标准设计,2020(11): 1.
- [10] 王小奇. 兰州至中川城际铁路折返站站型布置研究[J]. 铁道标准设计,2012(1): 4.
- [11] 王志海. 轨道交通终点站折返能力分析及改进研究[J]. 城市轨道交通研究,2012(4): 86.
- [12] 丁辉. 京沪高速铁路引入济南站中部咽喉区设计方案优化与实施[J]. 铁道标准设计,2011(12): 19.

(收稿日期:2020-09-28)

参考文献

- [1] 黄嘉锋. 粤东超大型铁路枢纽站提速推进[J]. 广东交通,

(上接第182页)

参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部. 地铁杂散电流腐蚀防护技术规程: CJJ 49—1992[S]. 北京:中国计划出版社,1993.
- [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] 上海市隧道工程轨道交通设计研究院. 上海市轨道交通14号线一期工程施工图设计[Z]. 上海:上海市隧道工程轨道交通设计研究院,2020.

- [4] 李威. 地铁杂散电流腐蚀监测及防护技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2004.
- [5] 上海市隧道工程轨道交通设计研究院,中国矿业大学,上海申通轨道交通研究咨询有限公司,等. 上海申通地铁杂散电流腐蚀防护相关标准研究[R]. 上海:上海市隧道工程轨道交通设计研究院,2015.
- [6] 吴畏,刘炜. 地铁车场杂散电流偏大的原因及应对措施探讨[J]. 城市轨道交通研究,2018(4): 40.

(收稿日期:2020-03-31)

《城市轨道交通研究》欢迎投稿

投稿网址:tougao.umat1998.com