

城市轨道交通特殊区段的杂散电流防护

在城市轨道交通系统中, 碎石道床区段、下穿河流区段和盾构区段等特殊区段是杂散电流防护的薄弱环节, 应该针对其各自特点采取跨接电缆、单向回流和隔离等相应的措施加强防护, 以降低或消除其不利影响。

黄晓静/中铁第一勘察设计院有限公司电化处



黄晓静/工程师

城市轨道交通的杂散电流(迷流)对城市建筑和地铁本身具有较大的腐蚀作用, 因此, 应采取有效措施限制杂散电流的产生, 降低或消除其不利影响。目前, 国内轨道交通对杂散电流的防护一般遵循“以防为主、以排为辅、防排结合、加强监测”的原则。对于整体道床、车站结构和隧道结构等一般区段的杂散电流防护方案较为常规; 而碎石道床区段、下穿河流区段和盾构区段等特殊区段是杂散电流防护的薄弱环节, 需要重点研究加强防护。本文主要研究这些特殊区段的杂散电流防护方法。

碎石道床区段

地铁在正线一般区段较多使用整体道床, 但某些区段因地面沉降、减振降噪等特殊要求需采用碎石道床。由于碎石道床没有结构钢筋, 不能设置杂散电流道床收集网, 导致纵向电气通路中断, 大部分杂散电流无法疏导排流。

为使全线道床收集网连成一体, 形成一条纵向电气通路, 可在碎石道床两侧预埋杂散电流连接端子, 然后将两侧的连接端子用截面积为 95 mm^2 的直流电力电缆连接, 如图1所示。全线道床收集网贯通后, 一方面减少了杂散电流继续向外扩散至其他结构的数量; 一方面为

杂散电流回流至牵引变电所负母排提供了通道。

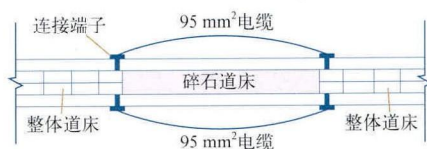


图1 碎石道床跨接电缆联系图

下穿河流区段

在下穿河流区段, 由于过河隧道地质条件特殊和内部环境较潮湿, 轨道对地的泄漏电阻一般比其他区段的过渡电阻低 $1/2 \sim 1/4$, 杂散电流泄漏量较其他区段大得多, 因此下穿河流区段需要加强对杂散电流的防护, 具体可以采取以下几种措施。

1. 设置绝缘节及单向导通装置

过河隧道进、出口处设置钢轨绝缘节和单向导通装置, 如图2所示。限制外部回流电流向河底段流入, 控制该段回流电流流经时间及幅度, 从源头减少杂散电流泄漏量。

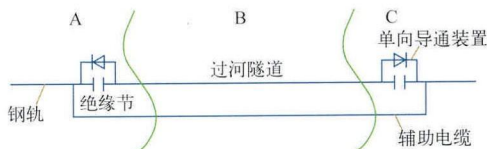


图2 过河隧道设置单向导通装置示意图

当电力机车在B区(下穿河流区段)行驶时, 过河隧道的钢轨上有电流通过; 当电力机车在A区或C区行驶时, 电流通过辅助电缆跨过B区回流至附近牵引变电所, 此时过河隧道的钢轨上无电流通过。以兰州地铁1号线为例, 线路两次

关键词/Keywords

杂散电流防护 ·
碎石道床区段 ·
下穿河流区段 ·
盾构区段 ·

下穿黄河,过河隧道约550 m,列车运行速度80 km/h,列车对数每天218对,计算出每天过河隧道受杂散电流影响的时间约90 min,而列车每天运行的时间为1 080 min,仅占列车运行时间的8%,效果相当明显。

由于列车在正线的运行速度较高,且通过过河隧道两端的绝缘节时会产生强烈的电弧,容易将轨道烧损,影响列车运营安全,因此在正线区段应采用带消弧功能的单向导通装置。

单向导通装置长宽高约为3 000 mm×3 000 mm×3 000 mm,需要土建预留安装位置,而隧道内空间有限,因此应提前与土建结合,若安装在绝缘节附近的中间风井、盾构检修井或联络通道中可节省大量投资。

2. 加强钢轨绝缘性能

在下穿河流区段,正线宜采用60 kg/m钢轨并焊接成长钢轨,以减小钢轨电阻和接头电阻;轨道单个扣件的绝缘部件工作电阻应大于 $10^8 \Omega$,增加绝缘垫厚度,采用抗老化绝缘垫;线路建成后,钢轨对道床的泄漏电阻不得小于 $15 \Omega \cdot \text{km}$;抬高钢轨安装高度,增加钢轨与道床空隙,这些措施均可提高钢轨对道床的泄漏电阻,减少杂散电流泄漏量。除此之外,在整体道床的设计方面可考虑以下三种措施,以加强钢轨对道床的绝缘性能。

1) 用弹性短轨枕式整体道床,即轨枕下采用橡胶套靴包覆,如图3所示。

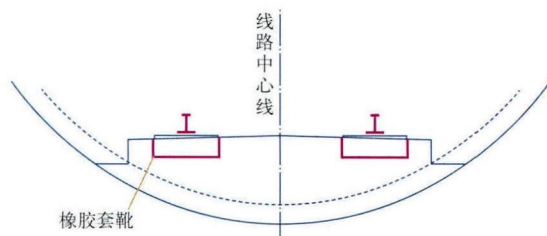


图3 弹性短轨枕式整体道床示意图

2) 采用橡胶支承式浮置板整体道床,即道床下设置橡胶垫板,如图4所示。

3) 采用合成树脂轨枕,具有耐久性、耐腐蚀性及绝缘性好等特点,如图5所示。

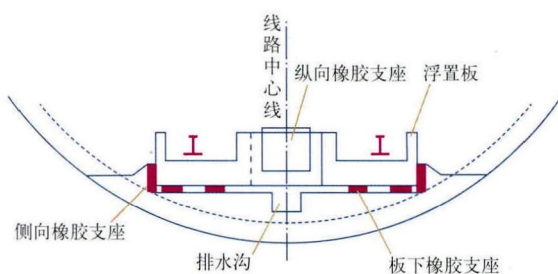


图4 橡胶支承式浮置板整体道床示意图

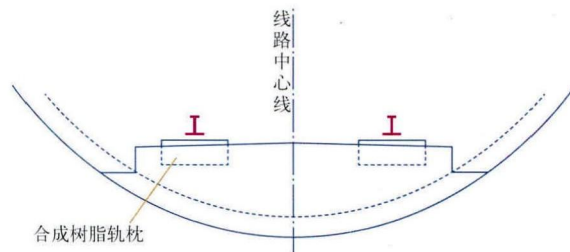


图5 合成树脂轨枕示意图

以上三种措施防护原理接近,都相当于在钢轨与道床之间又增加了一层隔离措施,均可加强钢轨对道床的绝缘性能,增加泄漏电阻,减少杂散电流泄漏量。应根据线路情况,并结合轨道专业,经过经济技术比选后确定采用何种措施。

3. 增加道床收集网截面积

根据《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》规定:“对于钢筋混凝土质地地铁主体结构的钢筋,极化电压的正向偏移平均值不应超过0.5 V。”极化电压越低,钢筋受腐蚀程度越小,而极化电压与收集网截面积成反比,因此,在下穿河流区段增加道床收集网截面积,可以降低钢筋极化电压,保护地铁主体结构。以兰州地铁1号线为例,根据供电仿真计算结果及行车资料,在远期高峰小时下奥世区间、迎马区间整体道床段采用截面积为4 000 mm²的收集网时,杂散电流收集网极化电位分别为0.188 V、0.034 V,远远低于0.5 V的规定。因此隧道结构钢筋处于被绝对保护的状态,达到了保护过河隧道的目的。此方法易于实现,投资较小,已应用于兰州地铁1号线、南京地铁3号线和南京地铁10号线等下穿河流区段的设计中。

4. 增加钢轨并接电缆

走行轨纵向电阻减小,走行轨对地电位也将

减小,杂散电流随之减少。由于下穿河流区段较多采用双向双线隧道,上下行间并接电缆除了联络通道外,其他区段实施难度较大,故而考虑增加同向两根钢轨并接电缆,这样可以进一步减小回流阻抗,从而减少杂散电流泄漏量。考虑到机车分配及车辆长度,可按每隔20 m左右并接一次,以达到较好的回流效果,如图6所示。

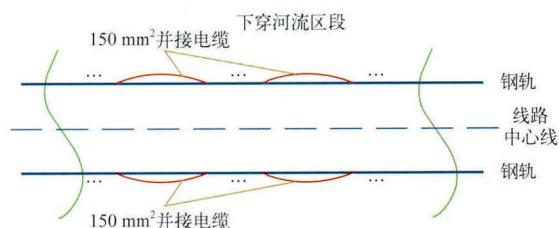


图6 同向并接电缆示意图

此方法对焊接工艺要求较高,容易对钢轨造成损伤,可先预留钢轨并接电缆的条件,运营后可根据杂散电流监测数据综合评定是否实施。

盾构区段

盾构隧道由盾构管片之间通过螺栓拧结连成,由于管片数量众多且管片之间存在橡胶垫圈,实现电气连接难度较大,因此盾构区段的隧道结构钢筋一般采用隔离法进行防护,隔离法充分利用了盾构管片的结构和安装特点。由于盾构隧道是由纵向1 m多长的管片构成的,盾构管片之

间有用于防水的橡胶垫圈,且盾构管片内部结构钢筋同管片之间的连接螺栓通过素混凝土隔离,这样客观上隔断了盾构管片之间的相互连接。在实现各个管片之间隔离后,由于进入管片的杂散电流总量与其长度成正比,因此1 m多长的管片内结构钢筋所收集的杂散电流数量非常小,使钢筋呈现腐蚀钝化状态,从而达到防腐的目的。

由于盾构区段采用隔离法进行防护,导致此段杂散电流隧道收集网纵向电气通路中断,无法进行疏导排流,因此需在盾构区段两端相邻的结构钢筋上引出杂散电流连接端子,用直电力电缆将两端的连接端子进行连接,且上下行分别连接,以实现全线隧道结构钢筋电气连续,给杂散电流提供有效通路,防止向外部扩散。

结束语

碎石道床区段可采用跨接电缆的方法实现道床收集网的全线贯通;下穿河流区段可采用设置绝缘节及单向导通装置、加强钢轨绝缘性能、增加道床收集网截面积和增加钢轨并接电缆等措施减少杂散电流的泄漏;盾构区段可采用隔离法实现结构钢筋的腐蚀钝化状态。总之,对这些特殊区段加强杂散电流防护,可起到保护地铁本身建筑物及周围埋地管线的目的。

(收稿日期:2014-03-24) EA

结束语

1) 根据试验得到玻璃绝缘子在盐密为0.05的条件下,最大泄漏电流 I_{Imax} 与直流试验电压的关系为 $I_{\text{Imax}} = e(U/U_{50\%} + 4.94)$ 。

2) 随着等效盐密的增加,直流与交流试验的最大泄漏电流 I_{Imax} 均有不同程度的增加,并且闪络试验与耐受试验的 I_{Imax} 保持一致。

3) 盐密的增加导致交流试验饱和受潮时刻延后,但其与闪络发生时刻关系不大,而盐密的增加不会改变直流试验与饱和受潮时刻,但会将闪络时刻提前。

4) 通过分析对比多组数据,并结合闪络过程中绝缘子表面电弧的发展变化,将整个闪络过程按照不同电流脉冲分为以下四个阶段:根据最大幅值电流定义:0~0.5为安全阶段;0.5~0.75为过渡阶段;0.75~0.95为危险阶段;0.95~1为闪络阶段。

5) 盐密越低,起始临闪泄漏电流幅值越小,临闪时上升速度越快。通过曲线拟合,得到不同盐密下的临闪放电常数。根据临闪电流波形,为判断闪络时刻以及评估绝缘子表面污秽程度提供了一种新的思路。

(收稿日期:2014-04-30) EA