

城市轨道交通供电系统中接触网技术性能和常见故障分析

梁廷辉

重庆轨道交通(集团)有限公司 重庆 404000

摘要:城市轨道交通对接触网的依赖程度较高,一旦发生故障将对接触网造成严重影响。接触网是城市轨道交通供电系统的重要组成部分,负责向城市轨道交通电动车组提供持续电能,是供电系统中无备用的重要设备。

关键词:应用措施;供电系统;接触网故障;城市轨道交通;可持续发展

引言:进入21世纪以来,我国各大城市的轨道交通如雨后春笋般迅速发展起来,进入了一个前所未有的大发展时期,迎来了我国城市轨道交通千载难逢的超常规发展的契机。

1 接触网供电分段

接触网是向城市轨道交通列车提供持续电能且无备用的供电设备,架空接触网按接触悬挂的不同,分为柔性架空接触网和刚性架空接触网。供电分段是通过在接触网上架设特殊的设备或以不同的结构方式将整个供电系统分隔成若干个相互隔离的区域。接触网被供电分段分隔成若干个相互隔离的供电分区后,不同供电分区可以实现由对应的牵引变电所单独供电,供电质量得到了保证。与此同时,若接触网发生故障时,也可将故障范围尽可能控制在相对安全的范围内,保障运营可靠性。受接触网安装处空间条件、安装形式等要求限制,不同地区接触网供电分段安装形式有所差异,重庆主要为以下2种安装方式。

1.1 柔性架空接触网供电分段

柔性架空接触网供电分段通常采用的安装形式为分段绝缘器和绝缘锚段关节。

(1)分段绝缘器形式的供电分段。分段绝缘器形式的供电分段一般设置在在列车速度较低的场段线路及配线线路。车辆受电弓与接触网直接接触取流,二者关系密切,相互影响。列车受电弓从柔性架空接触网分段绝缘器下方滑过时,受到自身结构限制,接触网导线与分段绝缘器安装连接处存在受力“硬点”,接触网和受电弓容易发生离线状态,从而产生较为明显的拉弧现象,对列车受流质量影响较大。因此,如图1所示。



(2)绝缘锚段关节形式的供电分段。锚段关节形式的供

电分段一般适用于安装空间较为宽敞的地面和高架区域的正线线路。这种情况下,2个相邻供电分区的接触线在供电分段处平行等高架设,列车受电弓通过过渡平滑,满足受电弓高速通过的条件,可以提高列车的受流质量,如图2所示。

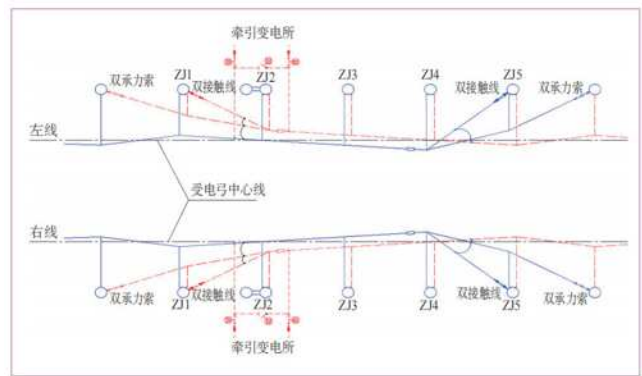


图2 柔性架空接触网锚段关节安装

1.2 刚性架空接触网供电分段

刚性架空接触网供电分段通常采用的安装形式是分段绝缘器和绝缘锚段关节。

刚性接触网分段绝缘器一般安装于空间狭小、列车速度较低的地下区段存车线、折返线、渡线等配线线路,具有节省空间的优点。受到自身结构限制,接触网导线与分段绝缘器安装连接处存在受力“硬点”,接触网和受电弓容易发生离线状态,从而产生较为明显的拉弧现象,对列车受流质量影响较大,如图3所示。



地下区段正线刚性接触网通常采用绝缘锚段关节安装形式实现供电系统供电分段。锚段关节处2条汇流排平行重叠、水平间距300mm安装,重叠长度通常为6.6m,包含4个接触网悬挂点。2个相邻供电分区的接触线平行等高架设,

类似于柔性接触网锚段关节形式，列车受电弓经过供电分段时，拉弧现象基本上得以消除，从而提升了列车的受流质量，如图4所示。

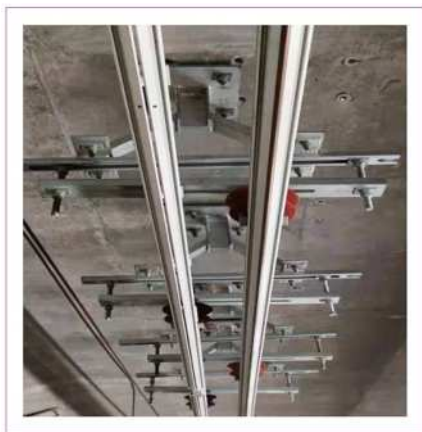


图4 刚性架空接触网锚段关节实施效果

1.3 特殊供电分段的选择

为避免场段接触网故障影响正线列车的运营，车辆段与正线一般为独立供电，这时的供电分段一般设置在出、入段线上。此时供电分段设置的形式选择尤为重要。重庆轨道交通在初期线路设置时，车辆段与正线间的供电分段采用了绝缘锚段关节。正线与车辆段采用两个牵引所独立供电，正线列车和场段内列车牵引或制动不可能一致，因此在供电分界点处不可避免的出现电位差，从而导致受电弓通过绝缘锚段关节时拉弧严重，甚至烧伤接触线和汇流排。后期的新线设计和既有线路车辆段与正线间的供电分段均改为了分段绝缘器的形式，分段绝缘器具有一定的消弧功能，虽然也有拉弧现象，基本在可以接受的范围之内。

2 城市轨道交通供电系统接触网的技术对比

接触网是一种特殊形式的供电设备，它可以把电源系统与列车电气系统相连接，为地铁列车提供电力。接触网技术在线路敷设和工作环境等方面受诸多因素的影响，如列车弓形、运行组织形式等。其特殊的受电弓耦合形式，直接决定了其与其他轨道交通设备有本质区别，不能配置同样的备用设备，也决定了接触网存在的脆弱性和特殊性。地铁及相关用电设备在实际运行中如出现故障等不良问题，将产生断电，严重影响列车组织运输。对城市轨道交通供电系统的接触网技术性能及各种故障进行深入的研究和分析，具有重要的现实意义，只有充分发挥其性能，采取有效措施处理各种故障，才能更好地发挥其巨大的价值和空间。接触网分为刚性接触网和柔性接触网两类，刚性接触网有较高的可靠性。

2.1 可靠性对比

可靠性主要表现在，刚性接触网悬挂时不需要重新进行张力补偿，电流汇流排不会出现断裂或断线等现象，因此很好地避免了柔性接触网悬挂时出现的过热软化、材料强度不

足、接头烧毁和烧毁导线等现象，使用非常安全可靠。并且刚性接触网的安全隐患事故一般涉及的范围都很小，同时导线不会出现断线等情况，其损耗截面的允许值是柔性接触网的两倍，加上主要导线损伤面位于汇流排边缘位置，所以只要受电弓不与汇流排接触，就不会发生安全事故。

2.2 合理性对比

硬接触网在悬挂过程中没有表面张力，结构简单，在锚固段接头处不再需要安装补偿装置，所以可以不考虑其他结构在柔性接触网中占据的位置，使其结构更加合理紧凑。此外，由于刚性接触网络采用了更多的锚段过渡方式，不需要再消耗过多的隧道空间，该方法简便、快速。

3 刚性接触网的相关故障及防范措施

刚性悬挂的基本结构可以分为侧壁悬挂式和垂直悬挂式两种（图1）。

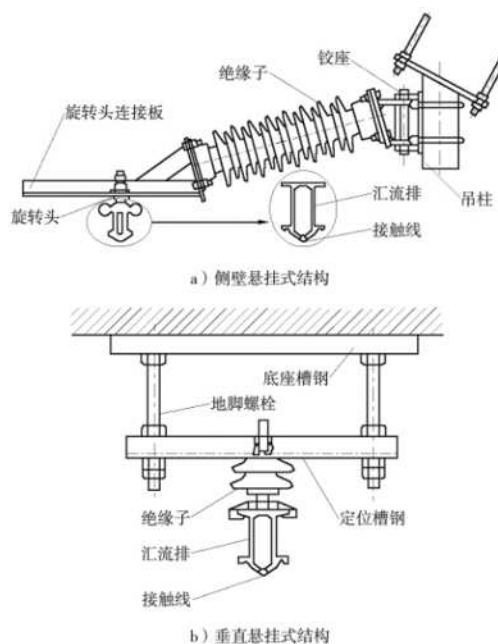
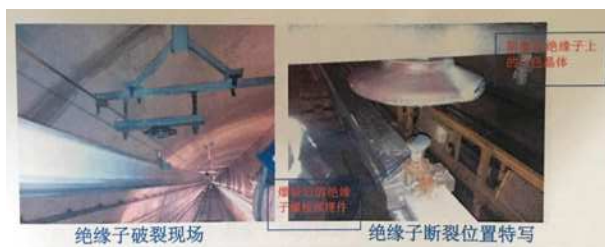


图1 刚性悬挂的基本结构

3.1 绝缘部件问题

刚性接触网绝缘部件问题主要为绝缘子破裂、断裂故障。以2012年重庆某条线路绝缘子断裂故障为例分析得出了其主要原因有电气因素和机械因素两个方面：



电气方面：根据绝缘子破裂现场观察，悬挂点上方隧道顶渗水，水滴中掺杂一种白色的矿物质，水滴流到绝缘子上形成较大面积白色结晶并覆盖在绝缘子伞裙表面，绝缘子严重积污、潮湿，在此环境下绝缘子发生电晕，电晕导致绝

缘子呈轻微闪络。闪络导致绝缘子金具及瓷体发热，绝缘子的绝缘性能及机械强度迅速下降。

机械方面：由于较厚的白色结晶体覆盖在汇流排表面，造成定位线夹的卡滞。温度变化时汇流排不能在定位线夹上自由伸缩，汇流排在温度升高时就会对绝缘子产生一种纵向的推力，正常绝缘子在这种力的作用下还不致破裂（试验证明绝缘子抗弯力矩达30kN）。但是，对于闪络电弧击打并长期电晕作用就会降低绝缘子的机械强度，机械强度降低的绝缘子在受到剪切力的作用必然引起破裂。

其他方面：轨道交通隧道内空间相对封闭，列车运行时会在隧道内形成活塞风，吹起隧道内的尘埃，同时由于受电弓与接触网摩擦，受电弓碳滑板经过摩擦也会产生较多的金属尘埃，这些尘埃附着在绝缘子表面，造成绝缘子的污垢，大量的金属尘埃附着在绝缘子表面，使绝缘子的绝缘性能下降，严重时也会造成局部放电，烧伤绝缘子。

主要预防措施：（1）加强设备巡查，发现漏水部位及时要求土建管理部门进行漏水处理，在漏水未处理前可采取安装防护板的形式；若因结构特殊原因无法根治漏水情况，可在满足设计规范的情况下，考虑挪移悬挂装置的位置。（2）按规程做好绝缘子清扫工作，对于对风机出口污染严

重的部位，应加大绝缘元件清洗次数，缩短清洗周期，减少绝缘元件表面金属粉尘附着，减少绝缘元件放电的隐患。

3.2 悬挂点问题

刚性接触网无弹性，可直接承受列车运行时所受的抬升力和冲击力的冲击。车辆行驶密度越大，整个悬吊点受其影响越小，悬吊点各部件问题就越难突出，当车辆行驶密度增加时，整个接触网系统受外界的冲击能量作用，各悬吊点长期处于振动冲击状态，悬吊点各螺栓螺母易受振动作用容易产生松动。采用直接夹持汇流排的部件，汇流排底部镶有接触线，当电力机车受电弓影响接触线受电时，会首先产生起升力和运行中的冲击力。方形T头螺栓安装在悬吊点装置结构的中间部位，整个悬挂下部的力通过两根方形T头螺栓传递给上部的槽钢基座，向隧道结构释放能量。方形T头螺栓松动后会发生偏转，严重时甚至会与槽钢基座分离。针对各个部位的螺栓容易松动，目前可采取的有效措施是采用较大型号的螺栓螺母，采用双螺母紧固，每次紧固后进行标识方便下次检查，对于不需要经常调整的螺栓可以使用螺纹紧固剂进行防松。

4 柔性接触网的相关故障防范措施

柔性接触网的基本结构如图2所示。

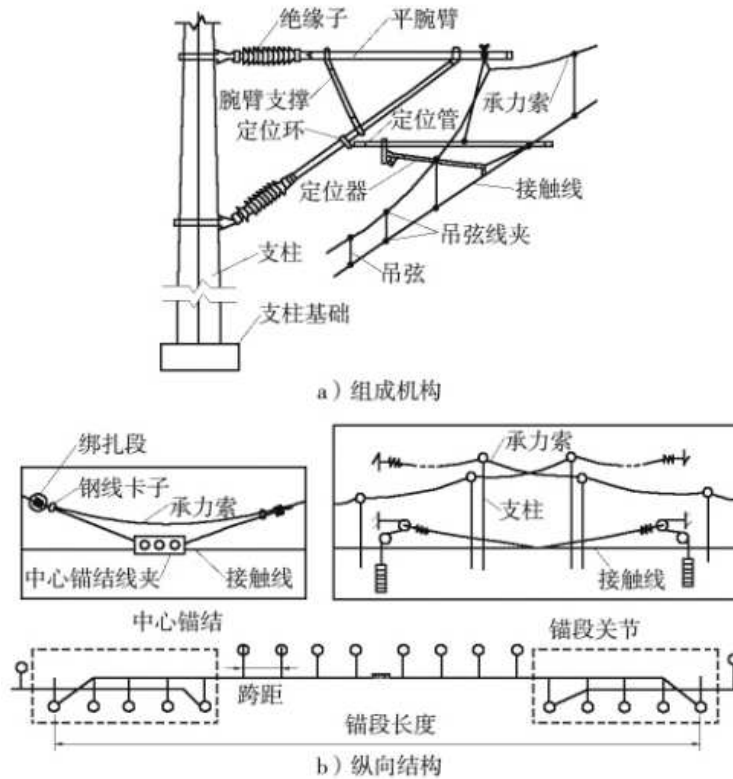


图2 柔性接触网的基本结构

4.1 设计缺陷引起故障问题

柔性接触网大多设置在露天环境，使用范围较广，受环境及外部因素影响更大，对设计要求提出更高的要求。这里

举例绝缘部件的设计缺陷，绝缘部件主要受到环境、酸雨、粉尘、雷电等外部因素的影响，因此在设计之初需针对不同因素影响选择针对性性能要求的绝缘部件。这里需重点提到

重庆轨道交通曾有两条线路发生因雷电波侵入导致腕臂绝缘子击穿炸裂而导致牵引所保护跳闸的故障,被击穿绝缘子所处地段均为户外开阔区段,后解决方案为针对特殊区段加密了避雷器。

4.2 施工安装不到位引起的故障问题

柔性接触网由支柱和基础、支持装置、定位装置、接触悬挂和辅助设施等几部分组成,结构比较复杂,结构连接多,安装精度要求搞高,施工难度大。由于施工安装质量不合格引起故障问题主要是以下几个方面:一是结构连接件紧固不到位,再运行振动的条件下发生松脱、断裂导致接触网参数结构变化而出现故障;二是接触悬挂安装精度不达标或引施工工艺问题造成线硬点,接致接触网悬挂弹性均匀度差,引起后期弓网配合不良,接触线异常磨耗。三是零部件生产厂家制造的部分缺陷产品流入现场,而出现的配合不良的情况。作为运维单位主要的预防措施:提前开展新线介入工作,严格安装施工验收规范要求开展质量验收工作,平推检查、参数测量工作应全面覆盖,开通运营前全部消除施工过程中的质量缺陷;严格按周期开展预防性检修维护,重视故障排查,及时发现消除零部件潜在问题,避免故障发生。

4.3 外部因素引起的故障问题

城市轨道交通线路与城市建筑相邻,而柔性接触网大多设置在露天环境,受周边环境不可控的影响因数较多。一是周边建筑覆盖物可能因特殊原因侵入轨道交通限界,甚至侵

入接触网;二是周边居民生活物品侵入轨道交通限界,甚至侵入接触网。随着人民生活水平不断的提高,对更张美好生活的需要也提出了更高的要求,轨道交通的降噪也提出了更高的要求,目前城市轨道交通临近生活区已逐步采取了全封闭式声屏障结构;这种全封闭式结构声屏障结构不仅起到了降噪音作用,同时对异物侵入轨道线路也起到了很好的防护作用。对于其他露天区段,除需要建立异物处置的应急处置机制外,专业人员在日常隐患排查过程中应不仅仅对自身设备进行排查,还需对周边、临边的潜在风险进行排查,提前预防处置。

5 结束语

城市轨道交通作为现代交通网络的重要组成部分,在保障现代化城市稳定发展方面发挥着重要作用。接触网因无备用和唯一性是城市轨道交通供电的至关重要的设备,需要相关单位和工作人员给予高度重视,及时发现问题、认真解决,积极采取有效措施,防止故障问题的发生,以保证城市轨道交通更好地满足现代化的交通需求。

参考文献:

- [1]巩超.城市轨道交通供电系统电能质量分析与预测[D].北京交通大学,2015.
- [2]喻乐.城市轨道交通供电系统建模与直流馈线保护的研究[D].北京交通大学,2012.