

# 地铁车辆受电弓常见故障与维护

张光莲

南京地铁运营有限责任公司 江苏 南京 210000

**摘要：**受电弓是地铁车辆的关键部件，故障影响严重。本文在对单臂电动受电弓组成结构和原理简单介绍基础上，结合多条地铁线路车辆近20年的架大修和运营实际情况，对地铁车辆架大修及运营中单臂电动受电弓常见故障进行梳理，总结了碳滑板异常磨损、球铰轴承腐蚀、钢弹簧变形、钢丝绳断股等故障，并根据受电弓各部件的故障率及故障发生时间给出受电弓维护方案建议。

**关键词：**地铁车辆；受电弓；碳滑板；轴承；钢弹簧

## 1 引言

受电弓安装在轨道车辆车顶，通过与轨道车辆上方接触网稳定接触为轨道车辆提供电能，是接触网供电轨道车辆的关键部件。通过受电弓向接触网取电的供电方式也是轨道交通供电的主流供电方式。经过长期的运用和设计优化，目前轨道交通车辆主要采用结构简单稳固、质量较轻的单臂型受电弓，驱动方式为电动或气动。不同驱动方式的受电弓结构略有不同，维护方式也有所差异。因维修技能不足等原因，大部分地铁公司在维修深度较深的车辆架大修修程中都将受电弓送给专业厂家维修，仅少量地铁公司在车辆架大修修程中对受电弓进行自主维修。但因实际故障数据不足或缺乏对故障数据的分析，目前受电弓维修主要参考维护手册建议进行，过度修和欠修情况突出。本文结合SBE920型单臂电动受电弓在某地铁多条线路近20年的实际运用情况进行分析，对单臂电动受电弓常见故障及故障发生时间进行整理，并给出维护建议。

## 2 单臂电动受电弓结构组成

地铁车辆使用的单臂电动受电弓主要组成框架包括上支架、下支架和底架（基座）。上下支架及底架之间通过轴承连接，可灵活地转动。上支架安装有包含碳滑板的平顶头（弓头），底架安装有控制受电弓升降的钢

弹簧和电机、以及进行升降弓控制并反馈信号的电气控制盒，下支架则实现上支架和底架的连接。上下支架间连接有平行导杆直接对弓头动作进行调整，下支架和底架间连接有耦合杆（连接杆）进行上支架的升降控制，整个受电弓底架安装在车辆顶部的绝缘子上。整个受电弓在电动降弓装置的控制和钢弹簧的弹力作用下完成升降弓动作。

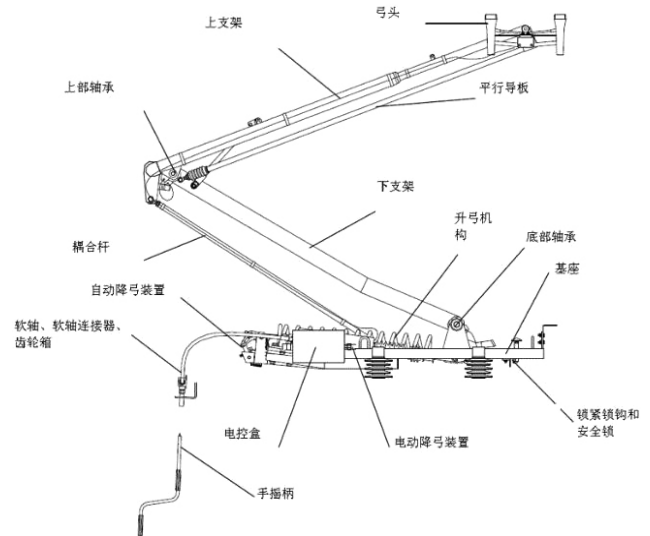


图1 SBE920型受电弓结构

表1 单臂电动受电弓常见故障及影响

部件名称	故障现象	故障影响
碳滑板	偏磨、磕碰、烧蚀、裂纹	影响弓网接触，容易拉弧打火
耦合杆	球铰轴承表面腐蚀、耦合杆杆端开裂或螺纹损伤	升降弓卡滞、断开时受电弓会突然弹起
钢丝绳和钢弹簧	钢丝绳断丝或断股、钢弹簧变形	弓网接触不良、任一断开后受电弓无法升起
电机、软轴和电器控制盒	电机异响或异常抖动、软轴卡滞、电器控制盒内电气原件故障	升降弓异常
绝缘子	脏污、裂纹、烧蚀	绝缘性能下降，严重时引起高压对地短路
上下支架和底架	焊缝裂纹、变形	受电弓整体结构不稳
平行导杆	变形或杆端螺纹损伤	弓网接触不良、严重可引起平顶头倾覆

### 3 常见故障与维护

对某地铁1号线、2号线、10号线128列地铁车辆上受电弓实际运用情况进行整理,发现受电弓实际运用中主要故障有碳滑板磨损、耦合杆球铰轴承表面腐蚀等故障。

#### 3.1 碳滑板故障与维护

碳滑板是受电弓与接触网动态接触取电的部件,也是受电弓上故障率最高的部件。车辆运行过程中,碳滑板和接触网动态接触必然导致接触网和碳滑板的磨损,为保证车辆平稳获取电能,要求碳滑板电阻小、硬度适中、维护成本低。某地铁1号线、2号线、3号线、10号线等多条线路地铁车辆受电弓均为SBE920型单臂电动受电弓,碳滑板为浸金属材质。

理想情况下,受电弓碳滑板应是从上表面开始均匀磨损,磨损至一定厚度时进行更换。实际运用过程中,往往发现有碳滑板磕碰、偏磨、烧蚀、裂纹等情况。在地铁线路开通运营初期出现的受电弓碳滑板大量烧蚀、磕碰、偏磨等情况时,需考虑重点对接触网状态进行排查。某地铁4号线开通运营初期出现的碳滑板大量偏磨的问题最终通过调整接触网节点拉出值得到解决。深圳地铁11号线<sup>[1]</sup>、广州地铁9号线<sup>[2]</sup>、天津地铁6号线<sup>[3]</sup>线开通初期受电弓碳滑板普遍故障也是接触网原因。开通运营一定时间后,接触网问题基本得到排查解决,此时碳滑板故障主要为个别故障,通常是受电弓组装时碳滑板平行度、自由度、弓网接触力调整不当或车辆牵引电流异常增大导致。碳滑板材质一定时,磨损速度主要受弓网接触压力影响。在车辆全效修检查中均应检查弓网接触压力和碳滑板状态并测量剩余厚度,碳滑板出现严重裂纹、磕碰、偏磨或厚度不足等问题时应成对更换。每次更换时应注意在羊角、分流导线处涂抹足够的导电脂,并重新调整碳滑板平行度、自由度。

#### 3.2 耦合杆故障与维护

耦合杆由两端的球铰轴承和中间空心金属管组成,其长度可在一定范围内进行调整以实现受电弓良好的升降弓状态。耦合杆连接受电弓的底架和下支架上端,直接影响受电弓的升降功能,对弓网接触压力也有一定影响,是受电弓上的关键部件。地铁车辆运营中常见故障为球铰轴承腐蚀、球铰边缘缺块等问题,分解检修时偶有发现金属杆件端部开裂和螺纹损伤的情况。球铰轴承工作区域出现严重腐蚀时会影响轴承转动,进而时受电弓升降弓卡滞。耦合杆杆管开裂或轴承紧固不良使耦合杆松动脱开时,受电弓上下支架会突然弹起,巨大的冲击力可能导致接触线变形或脱开,进而造成区间停电等严重影响。



图2 耦合杆球铰故障

耦合杆轴承故障与受力较大、动作频繁、轴承润滑保护及外部密封盖防护效果有较大关系。对某地铁使用的ASKUBAL型轴承运用情况统计,发现使用接近5年时大量轴承表面出现腐蚀情况。耦合杆故障影响严重且故障后在车顶更换困难,故在车辆日常检查中应检查受电弓升降弓功能是否正常无卡滞,并建议在车辆每运用5年左右的架大修修程中全部进行更换。

#### 3.3 平行导杆故障与维护

平行导杆是一端安装有球铰轴承的空心金属管,连接受电弓下支架和上支架上的平顶头,对平顶头上碳滑板的自由度(左右倾斜角度)进行控制和调整。相对耦合杆而言,平行导杆受力较小,故障率也低通常无需进行批量更换,但故障影响同样严重。2021年某地铁2号线受电弓平行导杆关节轴承疲劳断裂,导致弓头翻转,引起接触网汇流排脱落下垂。连续运用10年的受电弓几乎不发生平行导杆故障,连续运用15年时开始偶有安装轴承的螺纹孔损伤问题。在受电弓各种修程中均应对平行导杆进行检查,但无需批量更新,根据球铰轴承使用寿命更新球铰轴承。

#### 3.4 钢丝绳和钢弹簧故障

钢丝绳和钢弹簧是受电弓升起时的主要受力部件,故障后难以更换。钢丝绳运用过程中偶有少量断丝,使用至5年的分解检修中普遍出现断丝现象;钢弹簧使用至5年时状态良好,10年左右时有一定拉长但未见其他明显故障,继续使用至15年左右普遍会有明显拉长、弯曲等严重故障现象。考虑钢丝绳和钢弹簧的重要作用 and 故障影响,以及难以在车顶更换的情况,建议在车辆每运用5年左右时结合地铁车辆架大修更新钢丝绳,每运用10年左右或每运用10年至15年时结合车辆架大修更新钢弹簧。



图3 钢丝绳断丝、钢弹簧弯曲变形

### 3.5 电机、软轴和电气控制盒故障与维护

电机及其电气控制盒是受电弓的升降弓控制机构。电机动作时尾部连接并安装在车顶的软轴会随电机一起转动。电机或软轴一旦出现卡死等故障不动作时,受电弓将无法进行升降操作,电气控制盒内部件故障则可能导致升降弓指令不能传达至电机或升降弓状态信号无法反馈。受电弓电机大多不能分解检修,故障后只能进行整体更换。

根据受电弓检查经验,受电弓电机连续运用接近15年左右,在升降弓时异响和抖动情况明显增多,故障比例接近50%。软轴因为结构简单,故障率较低,在使用接近20年时故障率略微升高,主要表现为动作卡滞。建议日常维护中通过升降受电弓测试电机、软轴和电气控制盒的功能,在车辆运用15年左右的架大修时对受电弓电机进行全部更新,在车辆半寿命周期(包括延寿寿命)维护时对受电弓软轴进行全部更新。电气控制盒寿命主要考虑内部接触器和继电器使用寿命,连续使用10年时检查发现故障率仍然很低,建议10年时检查测内部器件,一般15年左右的车辆架大修维护时进行电气控制盒整体更新,但还应结合电气部件停产等因素进行综合考虑。

### 3.6 绝缘子故障与维护

地铁接触网一般采用1500V直流供电,受电弓升起和带电接触网接触时,受电弓的整个构架均带有和接触网等电位的高电压,而车体和与车体相连的受电弓电机均是和轨道连接的零电位电压。为了避免短路等危险故障,受电弓电机通过3个绝缘子安装在受电弓底架上,受电弓整体则通过4个绝缘子安装在车顶。绝缘子严重脏污或开裂等情况将降低绝缘子绝缘性能,严重时可能导致受电弓和车顶短路。在车辆正常运营检修情况下,因日常检修中均会对绝缘子脏污进行检查处理,故绝缘子脏污引起的故障较少,常见故障为绝缘子裂纹。绝缘子裂纹通常与安装受力有较大关系,出现绝缘子裂纹时应重点检查绝缘子受力情况。受电弓电机安装座的绝缘子较小,且因受电弓动作时受电弓电机抖动等出现裂纹的故障较多。某地铁公司多条线路车辆均是在车辆连续运用10年左右的架大修中更新受电弓电机安装座的3个绝缘

子,在车辆连续运用15年左右的架大修中更新受电弓底架的4个大绝缘子。

### 3.7 上下支架和底架故障与维护

某地铁公司在受电弓运营近10年的车辆大修及后续架大修修程中均对受电弓焊缝进行探伤检查,对128列车的运用情况统计发现上下支架或底架焊缝裂纹一般在受电弓运用至10年时偶尔出现个别故障,运用15年后故障稍有增多。如某地铁10号线运用约10年的28个受电弓探伤检查中均未发现受电弓焊缝裂纹,但运用了近20年的1号线14个受电弓探伤检查中已出现3个受电弓存在焊缝裂纹。建议在车辆运用至10年左右大修及后续架大修时对受电弓焊缝进行全面探伤检查。

### 3.8 其他部件故障与维护

受电弓除上述主要常见故障外,还有弓头弹簧座变形、锁舌磨损、橡胶件老化开裂、分流导线断股等故障,运营日检及架大修检查时出现故障并影响受电弓功能情况较少。运用5年对分流导线更换检查时,分流导线断裂变形情况仍然较少。但考虑部件使用寿命,结合受电弓厂家建议,避免后期故障突发,建议在受电弓运用10年左右的车辆大修时对弓头弹簧座、锁系统、油压减震器和橡胶件进行更新,5年以上再更换分流导线。

## 4 结语

本文结合某地铁多条线路车辆受电弓近20年的实际运用情况,对单臂电动受电弓实际运用中受电弓常见故障及各部件实际使用寿命进行的统计分析,并给出了受电弓主要部件的维护建议,为地铁车辆受电弓设计选型及运用维护提供参考。

### 参考文献

- [1]朱伟鹏.深圳地铁11号线受电弓碳滑板磨耗率研究[J].铁道机车车辆,2018,38(04):121-126.
- [2]罗湘雄,林沛扬,陈名华.广州地铁9号线车辆受电弓碳滑板异常磨耗原因分析及改进措施[J].城市轨道交通研究,2023,26(07):256-259.
- [3]吴铁辉,徐文治,秦得才,等.天津地铁6号线弓网异常磨耗问题研究[J].现代城市轨道交通,2024,(03):50-56.