

SS4B 型机车劈相机烧损原因分析及解决措施

赵富春

国能朔黄铁路发展有限责任公司机辆分公司 062350

【摘要】 SS4B型机车在运行过程中，劈相机烧损故障时有发生，严重影响了机车的正常运行。本文从电路、机械、环境等方面分析了劈相机烧损的原因，并提出了优化供电系统、加强触发电路维护、完善控制电路保护、及时更换老化绝缘、保证电刷换向器良好接触等解决措施，为预防和减少SS4B型机车劈相机烧损故障提供参考。

【关键词】 SS4B型机车；劈相机；烧损原因；解决措施

Analysis of burning causes and solutions of SS4B locomotive

Zhao Fuchun

Guoneng Shuohuang Railway Development Co., LTD 062350

【Abstract】 During the operation of SS4B locomotive, the split camera burning fault occurs from time to time, which seriously affects the normal operation of the locomotive. This paper analyzes the causes of the circuit, machinery, environment, and optimize the power supply system, strengthening the trigger circuit maintenance, improve the control circuit protection, replace the aging insulation, ensure the good contact, so as to prevent and reduce the burning fault of SS4B locomotive.

【Key words】 SS4B locomotive; split camera; burning cause; solution measures

引言:

劈相机是SS4B型机车传动系统的重要部件，其作用是在合适的时刻将每相绕组切换到电源上，使电枢绕组按一定的次序导通和关断，产生旋转磁场，带动电动机转子旋转。SS4B型机车在运行过程中，劈相机烧损故障时有发生，导致电流过大烧毁绝缘、引起换向不良打火等问题，严重影响机车的正常运行，甚至引发安全事故。因此，深入分析SS4B型机车劈相机烧损原因，采取针对性解决措施显得尤为重要。

一、SS4B型机车劈相机烧损的表现与危害

(一) 照相机烧损的主要表现

SS4B型机车劈相机烧损的主要表现包括：绝缘损坏冒烟、劈相机打火、绝缘电阻下降和换向器表面烧蚀。当触发电路异常或触发不及时导致换向滞后时，电枢换向电流急剧上升，绝缘受高温损坏烧毁，会冒出焦烟烟雾；供电系统受谐波干扰或电压骤变时，触发不同步使电枢产生过大反向电流，在电刷与换向器接触面处产生电弧放电，发出剧烈打火声；长期过负荷运行或绝缘受潮，绝缘吸收水分，导致绝缘电阻逐渐下降，严重时击穿放电；电刷与换向器接触不良时，电流集中在局部微小面积上，产生高温电弧，击穿电刷表面润滑膜，加速电刷换向器磨损烧蚀，出现火花、烧痕等。这些现象往往预示相机已出现绝缘老化或损伤等严重问题。

(二) 劈相机烧损对机车运行的影响

劈相机烧损会对机车运行产生诸多不利影响：烧损加剧了换向时弧光放电，增大电能损耗，传动系统效率下降，影响机车牵引力和速度；烧损导致换向恶化，引起电枢反向电流急剧上升，一旦控制电路保护不及时，易烧毁电动机等设备，带来电流过载危险；劈相机绝缘受损冒烟时，如未及时切断电源，极易引发电气火灾，对机车设备和人身安全构成严重威胁；劈相机打火时，高温火花灼烧换向器表面，加速磨损烧蚀，缩短了换向器寿命，增加了维修成本。这些影响直接危及机车运行安全，降低了牵引性能和运营效率。

(三) 照相机烧损引发的安全隐患

劈相机烧损还会引发多方面安全隐患：烧损伴有明火电弧，可点燃周围可燃物，在通风不良的电气室易引发火灾，后果严重；烧损往往引起一系列设备连锁反应，如触发控制电路保护脱扣，导致牵引电机停转，或烧损波及整流柜，影响机车运行安全性和可靠性；烧损引起的打火冒烟，会释放有毒气体，乘务人员如防护不当，吸入有毒烟雾或被灼伤，危及人身安全；烧损降低机车牵引特性，动力性能恶化，高速行驶或急剧制动时尤其容易引发安全事故，加大了行车安全风险。

二、SS4B型机车劈相机烧损原因分析

(一) 电路因素

供电系统干扰，机车供电系统受电网谐波、雷电等干扰

时,脉冲电压可通过电容耦合进入控制电路,引起触发信号不稳定,导致换向提前或滞后,造成电枢换向时电流过大,触发电路故障,当触发电路器件老化、触发变压器短路、脉冲幅值不足等原因,会导致可控硅触发时间不精确,使换向提前或滞后,引起电枢电流骤增而烧毁绝缘。控制电路保护不完善,当控制电路中过流、失磁、接地等保护不灵敏或动作不及时,一旦劈相机发生打火拒动等故障,电流会持续升高,最终烧毁绕组绝缘,绝缘电阻降低,长期过负荷运行,绝缘层发热量大,加速老化,或受潮受损,吸收水分,导致绝缘电阻逐渐降低,耐受电压骤变的能力下降,极易烧损。

(二) 机械因素

电刷与换向器接触不良,当电刷弹簧压力不足、电刷磨损严重或换向器表面有油污异物时,会导致两者接触电阻增大,换向电弧加剧,加速绝缘烧蚀,带动系统振动大,由于轴承磨损、轴系不平衡等原因,传动系统振动加剧,使电刷与换向器瞬间分离,引起换流电弧加大,烧损绝缘。通风散热不佳,劈相机安装位置通风不畅,散热不良,加之电刷整流时有热量积累,导致绝缘长期处于高温状态,加速老化损坏,换向器表面不平整,换向器表面有颗粒杂质凸起、槽面氧化不均匀等缺陷,使电刷与之接触时产生较大的撞击和摩擦,引起局部高温打火,烧蚀绝缘。

(三) 环境因素

空气湿度大,梅雨季节或山区隧道等环境湿度较大,绝缘材料容易受潮受损,降低了绝缘性能,在高压高温下更易击穿放电,灰尘污染重,道砟粉尘或煤粉等细小颗粒物沉积在绝缘表面,吸附水汽后在高压下可形成导电通路,削弱绝缘强度,诱发闪络烧损。酸碱腐蚀,工业废气中的硫化物、氯化物等,或机车清洗剂残留的酸碱物质,会腐蚀绝缘表面,生成吸湿性导电物质,降低绝缘电阻,温度骤变,昼夜温差较大或南北气候变化剧烈,使绝缘材料受冷热胀缩应力作用,产生裂纹或层间脱落,局部击穿而烧损。

三、SS4B 型机车劈相机烧损的解决措施

(一) 优化供电系统,减少电网干扰

SS4B 型机车供电系统运行环境十分恶劣,经常受到来自电网谐波、雷电等外界干扰的影响。这些干扰会引起供电电压波形畸变,产生大量的脉冲、尖峰等干扰信号。当这些干扰信号通过电容耦合等途径进入到机车控制电路后,会引起劈相机触发异常,导致换相时间提前或滞后,使得换相电流急剧上升,严重时甚至会烧毁劈相机绝缘。因此,要从根本上预防劈相机烧损故障的发生,首要任务就是要优化 SS4B 型机车的供电系统,最大限度减少电网干扰^[1]。

为了减少电网干扰对机车供电系统的影响,首先应着力完善供电系统的接地防护。机车高压设备如受电弓网、高压电缆、电气柜等的金属外壳,必须可靠接地并相互连接,做

到电位均衡。这样可以有效地将高频电磁干扰信号耦合到地线,抑制其进入控制电路。其次,在易遭雷击的关键部位,如受电弓、避雷器附近等,应加装性能优良的防雷保护装置。这里特别推荐采用限压型避雷器,它可以迅速感应瞬时过电压,并在达到一定触发值时准确导通,将雷电流安全泄放并限制电压幅值,从而大大提高供电系统的防雷水平。

(二) 加强触发电路维护,确保可靠触发

劈相机能否可靠工作,很大程度上取决于触发电路的稳定性。触发电路是控制劈相机动作的核心,其作用是将来自控制系统的脉冲信号转化为大电流触发脉冲,精确控制主电路中晶闸管的通断,进而实现电枢绕组的换相。一旦触发电路发生故障,就会引起晶闸管触发不同步,使得电枢换相时间出现偏差,产生较大的反电势,导致电枢电流急剧上升,造成绕组绝缘烧损。因此,加强触发电路的维护,确保其稳定可靠的触发至关重要^[2]。

定期对触发电路中的核心器件进行检测。其中最为关键的是晶闸管和触发变压器,重点检查晶闸管的门极特性、漏电流、响应时间等参数是否正常,发现击穿、老化等问题要及时更换。对触发变压器,应查看其绝缘电阻、线圈电阻等是否异常,如发现绝缘损坏、线圈短路等须立即处理,避免引起误触发,适当提高触发脉冲信号的幅值和上升率。这可以加快晶闸管的开通速度,缩短开通延迟时间,确保在换相电压过零时精确导通,抑制换相过程中的涌流。但要注意幅值提高不能超出器件的安全工作范围。

优化触发脉冲信号的隔离和防护。建议采用优质的高压瓷介电容,对驱动电源与控制电路进行电气隔离。这样可阻断高频干扰在两个电路间的互耦传递,防止由于控制电路干扰引起的误触发。第四,改进脉冲信号发生电路的设计。应合理简化电路拓扑,选用性能稳定、可靠性高、抗干扰力强的器件,去除故障率高、稳定性差的无关电路。如在脉冲变压器一次侧串联限流保护电路,在二次侧并联毛刺吸收回路,既可防止脉冲信号过载,又能抑制尖峰干扰,有效避免误触发。

触发电路的可靠性还与外部环境密切相关。灰尘、油污等在触发线圈表面的沉积与腐蚀,接线端子的松动与接触不良,都可能引起触发异常。因此平时要做好触发电路的清洁和检查工作,定期用无尘布擦拭线圈,保持表面清洁;检查接线端子和引线的连接是否牢固,发现松动要及时紧固,避免因接触电阻增大而造成触发不良。

(三) 完善控制电路保护,防止电流过载

牵引传动系统是 SS4B 型机车的核心部件,其控制电路堪称传动系统的“神经中枢”。控制电路通过感知、判断、执行等过程,实现对整个传动系统的实时调节和保护,其健康运行直接关系到机车的安全。然而,目前 SS4B 型机车控制电路自身的保护功能还不够完善,尤其是在应对劈相机故障时,往往不能及时切断电源,导致大电流持续流过电枢绕

组,使线圈绝缘过热烧毁。这已成为引发照相机烧损事故的重要诱因。因此,必须采取有力措施,从根本上完善控制电路的保护功能,防止电流过载烧坏设备^[3]。

SS4B型机车控制电路应设置完备的过流保护功能。建议增设反时限过流继电器,对其动作电流和延长时间进行合理整定。正常情况下,继电器监测到的电流应低于其设定值,继电器处于断开状态。一旦发生短路故障,电流迅速上升,超过整定值时,继电器立即动作,快速切除故障电流,反时限的引入可缩短大电流持续时间,避免其升高到足以烧毁绝缘的程度。为进一步提高过流保护的可靠性,宜采用两段式过流保护方案,即设置瞬时速断和反时限延时两种保护特性。超大电流发生时瞬时速断,较大电流出现时反时限延时跳闸,做到大小电流协调配合,避免过流烧损。

失磁保护也是控制电路不可或缺的功能。当可控硅因控制异常而长期导通时,会使电枢绕组处于持续通电状态,电流大幅上升,极易烧毁绝缘。因此,必须完善失磁保护功能,优化失磁检测电路的逻辑判断条件。如采用电流连续变化次数和持续时间的双重判据,增强可控硅导通状态的辨识能力。当检测到可控硅持续导通时间超过预设值,且电流变化次数异常时,就判定为失磁故障,迅速切断电源,避免设备烧毁。值得注意的是,整定失磁保护定值时,应综合考虑机车启动、电流脉动等因素,既要可靠识别失磁状态,又要避免误动作。

接地保护是防止绝缘击穿放电的重要手段。当电气设备的金属外壳或线芯对地绝缘损坏时,接地故障电流会快速上升,严重威胁设备绝缘。因此,要进一步优化控制电路的接地保护措施。如在每个牵引电机端部加装用于接地故障检测的漏电流互感器,一旦发生接地故障,互感器可灵敏检测出大幅变化的零序电流,并将信号传送至接地保护装置动作。还可通过在铁芯与线圈外壳间嵌入绝缘材料,增大对地距离,提高绝缘强度,从而避免接地短路烧损^[4]。

(四)及时更换老化绝缘,提高耐压能力

绝缘是保证SS4B型机车电气设备,尤其是劈相机安全运行的基础。但在长期运行过程中,线圈绝缘材料会受机械应力、电应力、环境应力的影响,出现不同程度的老化和损伤,严重降低其耐压能力,极易引发电击穿放电,烧毁设备。因此必须高度重视单相绝缘性能的监测和维护,及时更换

老化绝缘,从而提高其耐受电压骤变的能力。首缩短绝缘电阻的例行测试周期,密切关注其变化趋势,根据下降速率判断老化程度,超过警戒值时要及时更换,消除安全隐患。对已出现破损、严重变色、大面积吸潮的绝缘层,必须及时更换,选用高强度、耐高温的新型绝缘材料,从根本上提高设备的绝缘水平。改进绝缘浸渍和烘焙工艺,采用真空浸渍、高压灌注的方法,使绝缘漆渗透均匀,烘焙时间和温度适宜,提高绝缘层的致密度和均匀性,杜绝铜质线圈与铁心的短路风险。选用耐热等级更高的特种绝缘材料,如耐高温聚酰亚胺或硅橡胶,延长其在高温环境的使用寿命,增强抗老化能力。

(五)保证电刷换向器良好接触,避免打火

电刷与换相器是SS4B型机车牵引电动机转子电流的“集电环”与“配电盘”,两者间的滑动接触直接关系到电枢绕组的通断和换相质量。接触不良时会产生严重的电火花,加速绝缘老化,诱发劈相机烧毁事故。为保证电刷与换向器的良好接触,避免打火,须调整并稳定电刷的静压力。电刷静压力过大,加剧换向器磨损;压力过小,又会引起接触不良,必须使压簧保持合适的压力,确保电刷与换向器的最佳贴合。及时更换磨损严重的电刷,定期检查电刷的磨耗情况,测量其长度,当低于厂家建议的更换尺寸时,必须立即更换,避免引弧烧损换向器,做好换向器的清洁和维护,定期使用细砂纸打磨换向器表面,清除油污和氧化层,并用无尘布擦拭,清除粉尘杂质,保持表面光洁,减小电刷的摩擦系数,延缓磨损,及时修复损伤的换向器。当换向器表面出现烧蚀坑、条槽时,要用砂轮修整或车床加工,恢复光滑表面,对磨损过度的换向器,应予以更换,避免引弧放电^[5]。

结语

SS4B型机车劈相机烧损是由多种因素引起的较为复杂的故障问题。因此必须从供电系统、触发电路、控制保护、绝缘性能、换向装置等方面,采取综合措施加以预防和解决。这不仅需要铁路部门加大资金投入,完善劈相机故障在线监测、备品备件管理等方面的条件,还需要广大铁路干部职工不断总结经验,创新劈相机维修保养的方法和手段。

参考文献

- [1]胡婉莹,曹猛,王晨晖,等.全氟己酮自动灭火系统在SS4B型电力机车的应用研究[J].中国设备工程,2022,(03):85-86.
- [2]武新龙.SS4B型电力机车LCU研究与应用[J].设备管理与维修,2022,(09):23-25.
- [3]吴昊,赵海生,刘康宁.SS4B型电力机车直流电源柜技术改进[J].电子技术与软件工程,2023,(06):71-74.
- [4]陈鸣.SS4B型电力机车主断路器检修保养措施分析[J].设备管理与维修,2022,(05):60-62.
- [5]王剑飞.SS4B型电力机车智能风压监测控制装置研究[J].中国高科技,2022,(15):83-85.

作者简介:赵富春(1982.2-)男,甘肃天水人,本科,助理工程师,研究方向:铁路机车检修。