

浅谈小型牵引电机定子接地 原因分析及改善方案

黄霖

(南非中车永济电机有限公司,陕西 西安 710016)

摘要 交流牵引电机的定子接地是电机产品运行的常见故障,本文通过从一种小型交流牵引电机的定子装配、返修等方面,对小型定子接地的原因进行了全面分析,并提出了整改措施,旨在通过电流、电压和数据分析及绝缘改进,来提供一种解决牵引电机定子接地的故障解决思路。

关键词 电机 定子 接地 故障 分析

0 引言

电机定子接地是指定子绕组与铁芯或机座绝缘破而造成的接地,一般来说会出现机座带电、控制线路失控、绕组线路发热致使电机无法正常运行。为了解决某型号交流牵引电机定子接地问题,保证后续产品在线运行质量稳定,对故障电机进行了拆解分析,通过电机定子接线盒内联线和定子三相引线端的绝缘能力检测,对绝缘材料和绝缘结构等方面进行了调整加强,来降低此类电机在湿热环境下运行时的定子接地故障率。

1 电机定子接地的常见原因

根据现场实践经验,针对售后返修过程中所存在的此类交流电机定子接地的现象进行了原因归纳后发现,引起电机接地的主要故障原因有以下几种:

- (1) 绕组受潮使绝缘电阻下降;
- (2) 电动机长期过载运行;
- (3) 电机绝缘经外部有害气体腐蚀;
- (4) 金属异物侵入绕组内部损害绝缘;
- (5) 受振动影响,与部件摩擦引起绝缘受损;
- (6) 过电压使绝缘击穿。

2 电机接地原因分析

绕组与铁心或机壳绝缘破坏造成的接地后,会引起机壳带电、控制线路失控、绕组短路发热,致使电动机无法正常运行。

一般来说主要通过以下几种方法来检查电机接地点。

(1) 观察法。通过目测绕组端部及线槽内绝缘物观察有无损伤和焦黑的痕迹,如有就是接地点。

(2) 万用表检查法。用万用表低阻档检查,读数很小,则为接地。

(3) 兆欧表法。根据不同的等级选用不同的兆欧表测量每组电阻的绝缘电阻,若读数为零,则表示该项绕组接地,但对电机绝缘受潮或因事故而击穿,需依据经验判定,一般说来指针在“0”处摇摆不定时,可认为其具有一定的电阻值。

(4) 试灯法。如果试灯亮,说明绕组接地,若发现某处伴有火花或冒烟,则该处为绕组接地故障点。若灯微亮则绝缘有接地击穿。若灯不亮,但测试棒接地时也出现火花,说明绕组尚未击穿,只是严重受潮。也可用硬木在外壳的止口边缘轻敲,敲到某一处灯一灭一亮时,说明电流时通时断,则该处就是接地点。

(5) 电流穿越法。用一台调压变压器,接上电源后,接地点很快发热,绝缘物冒烟处即为接地点。应特别注意小型电机不得超过额定电流的两倍,时间不超过半分钟;大电机为额定电流的20%~50%或逐步增大电流,到接地点刚冒烟时立即断电。

(6) 此外,还有高压试验法、磁针探索法、工频振动法等。

此次验证过程中,主要抽取4台故障电机样本,通过前3种检查方法进行对比检测,随后通过以下思路进行改进方案的验证。

(1) 绕组受潮引起接地的进行烘干,当冷却到60~70℃左右时,浇上绝缘漆后再烘干。

(2) 绕组端部绝缘损坏,在接地处重新进行绝缘处理,涂漆,再烘干。

(3) 绕组接地点在槽内或相关部位,重绕绕组或更换部分绕组元件。

就电机的运行工况来说,该类型电机在东北地

区长期运行,东北地区冬天天气寒冷,雨雪较多,而此电机装配在低地板车底部,长期处于潮湿环境运行工况,潮湿水分很容易渗入定子接线盒内,同时此电机的定子接线盒内绝缘板材质为2层胶木板,水分渗入夹层后,有可能会引起胶木板绝缘性降低,绝缘板碳化,与机座导通,与此同时,电机定子浸漆结束后,装配定子三项引出线时,由于引出线位置绝缘漆膜已凝固,而焊接过程、绝缘包扎过程及引出线装配过程存在线头重复折弯的可能,多次折弯后,该部位漆膜厚度减少甚至消失,而引线折弯部位与电机机座距离极近,在湿热环境下运行时,薄弱部位的绝缘性能逐渐降低,也存在引起定子接地的风险。

针对以上运营工况分析,现场将4台电机进行了拆解分析,具体的验证过程如下。

2.1 电机定子接线盒绝缘板绝缘强度分析

针对4台接地故障电机,进行拆解对比分析,其编号分别为①、②、③、④。

其入厂外观状态均如下:

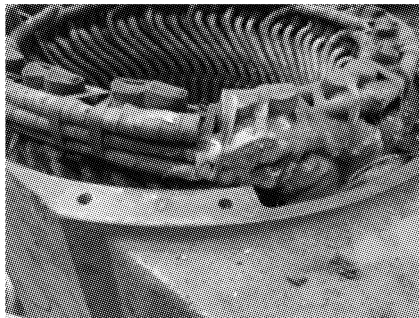


图1 定子联线端状态



图2 定子联线端近照

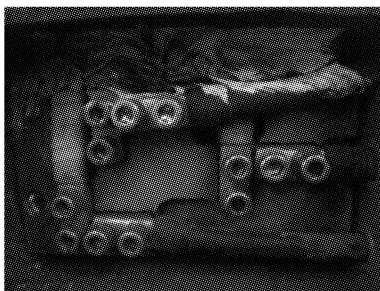


图3 接线盒内状态

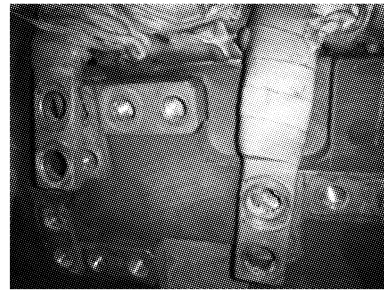


图4 联线断开后接线盒状态

解体后对这4台电机进行定子对地绝缘电阻检测。其检测结果如下:

(1)电机解体前,检测三相电缆对地绝缘电阻

①、②、③、④电机绝缘均为 $0\text{M}\Omega$ 。

(2)拆除三相电缆线后,检测对地绝缘

①、②、③、④电机绝缘均为 $0\text{M}\Omega$ 。

(3)断开接线板与三相引线后,测量对地绝缘 a:测量三相引线对地绝缘

其中 $R_{①} = 106\text{M}\Omega$; $R_{②} = 714\text{M}\Omega$; $R_{③} = 454\text{M}\Omega$; $R_{④} = 780\text{M}\Omega$ 。

2、测量接线板对地绝缘(单位 $\text{M}\Omega$),其中

①号 $R_U = 0.3$ $R_V = 8.4$ $R_W = 30$; ②号 $R_U = 0$

$R_V = 30$ $R_W = 10$; ③号 $R_U = 25$ $R_V = 20$ $R_W = 300$; ④号 $R_U = 35$ $R_V = 0$ $R_W = 27$ 。

随后,拆除返厂①、②、③、④号电机定子接线板,进一步查找定子接地原因,其状态如下:

(1)④号定子接线板V相处碳化严重,该相金属部位与V项引线连接部位有明显熏黑痕迹。

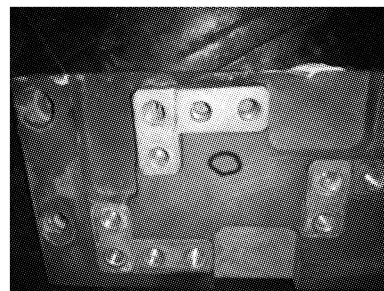


图5 接线板状态

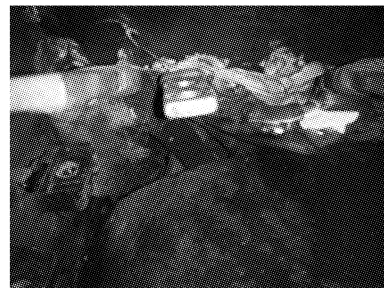


图6 拆除接线板后引线状态

(2) 定子接线板结构为 2 层胶木板叠成, 拆解后②号接线板开裂, 上下层分离, 其中, 上层(与引线连接层)有熏黑现象, 下层外观良好。

(3) ①、③号定子接线板外观上无明显熏黑痕迹, 但三项引线头部分位置绝缘发白, 部分部位有漆膜脱离现象。

由此可见, 此电机定子接地的主要原因为: 电机在运行过程中, 长期处于潮湿环境, 而定子接线板材质为 2 层胶木板, 水分渗入夹层后, 引起胶木板绝缘性能降低, 绝缘板碳化, 与机座导通, 从而定子接地。与此同时, 电机在制造过程中, 三项引线头在浸漆后焊接及装配过程中折弯晃动和振动, 导致漆膜厚度减少甚至脱落, 形成绝缘薄弱点, 最后在湿热环境下运行, 导致电机定子绝缘性能下降。

2.2 电机三相引线绝缘强度分析

针对电机装配焊接过程引起引线头绝缘性能降低的问题, 在按照以上结论进行①号定子样机接线板拆解、更换试验验证时发现:

(1) 定子三相引线部位需折弯, 才能进行接线板拆解工作, 此操作会导致引线折弯部位绝缘强度受损。

(2) 三相引线折弯后, 晃动线头时, 焊接部位有轻微晃动现象, 存在潜在风险。

(3) 更换接线板后, 接线板与接线盒内部仍存在较大间隙, 异物或水汽可通过间隙和三相引线, 渗入电机联线端部, 引起此部分绝缘强度降低。

2.3 电机定子绕组端部绝缘强度验证

同时, 为验证原始状态下, 电机定子端部绕组受潮湿环境影响, 对另一台未在线运行的电机样品 A 进行淋水试验, 模拟线上运行工况, 检测其绝缘电阻变化。

其检测数据如下:

(1) 未淋水前, 检测三相电阻对地绝缘

1000V, 1min 绝缘检测, 7S 后绝缘电阻超量程最大值(2GΩ)。

(2) 定子非联线端淋水, 放置 5min 后检测

1000V, 1min 绝缘检测, 25S 后绝缘电阻超量程最大值(2GΩ)。

(3) 定子联线端淋水, 放置 5min 后检测

1000V, 1min 绝缘检测, 1min 后绝缘电阻超量程最大值(2GΩ)。

(4) 定子联线端淋水, 放置 30min 后检测

1000V, 1min 绝缘检测, 1min 后绝缘电阻为 0.3MΩ。此时电压为 200V。

因此, 在模拟工况测量绝缘电阻时, 样品 A 定子受环境湿度影响大, 绝缘电阻变化明显, 在长期潮湿环境下运行时, 极易出现绝缘电阻过低, 电机无法启动等质量问题。

随后, 将样品 A 清理残留水渍后, 送烘箱烘潮(140℃, 4h), 完成后将进行绝缘电阻检测。出烘箱后, 检测其热态绝缘电阻恢复正常, 测量结果为: 1000V, 1min 对地绝缘阻值 R110℃ 超出量程(2GΩ)。

3 修复改进方案

根据以上情况, 针对定子接地的各类原因, 制定了以下解决方案:

(1) 将定子接线板由旧版(黄色)更换为新版(暗红色)一体化抗腐蚀防老化型绝缘板, 安装后使用硅橡胶 906W 对接线盒内进行填充密封。

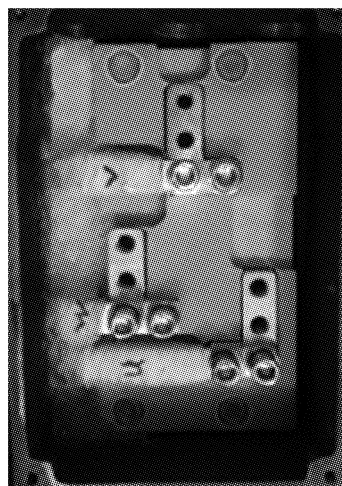


图 7 改制前接线盒内状态

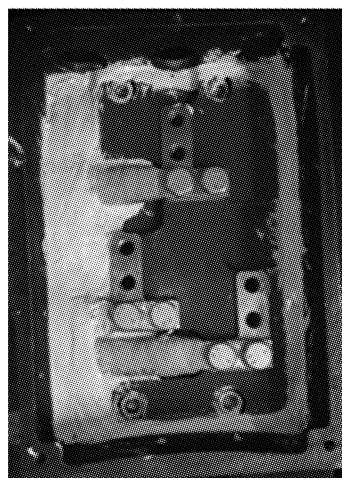


图 8 改制后接线盒内状态

(2)对定子连线端填充 RTV106 型红色硅橡胶,填充范围为:整个引出线从线圈 U 相引线头根部至 V 相引线头根部并向两侧延伸 50mm,覆盖厚度 $\geq 2\text{mm}$ 。



图9 联线引线硅橡胶填充(正)

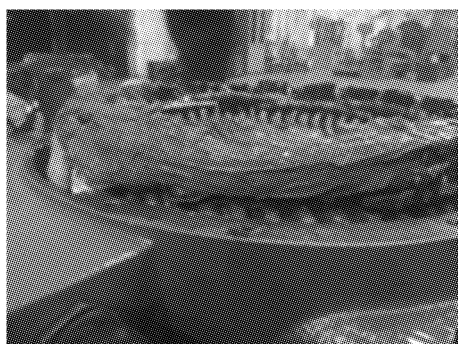


图10 引线硅橡胶填充(侧)

(3)对定子联线端使用防腐防潮耐老化氟硅涂料浸胶,浸胶时间 30min,浸胶深度与机座端面距离 30mm。

随后在①号电机进行以上处理后,其淋水试验后的绝缘强度检测结果如下:

A、未淋水前,检测三相电阻对地绝缘:

1000V,1min 绝缘检测,1s 后绝缘电阻超量程最大值($2\text{G}\Omega$)。

B、联线端淋水,放置 5min 后检测

1000V,1min 绝缘检测,2s 后绝缘电阻超量程最大值($2\text{G}\Omega$)。

C、联线端淋水,放置 30 min 后检测:

1000V,1min 绝缘检测,10s 后绝缘电阻超量程最大值($2\text{G}\Omega$)。

以上可见,此整体改造方案效果良好,可作为后续因定子绕组连线段引线绝缘薄弱引起的定子接地修复、加强方案。

4 检修结果

修复后的定子通过交流电压 1500kv 试验 1min

的耐压试验,绝缘电阻为 $5000\text{M}\Omega$,改进后的电机运行至今工况良好,在对部分电机进行二次抽查时,电机定子接线盒内无锈蚀现象、定子绝缘接线板和定子联线端端头均状态良好,电机整体无绝缘强度降低现象,质量可靠,证明该修复、加强工艺的成熟可靠性。

5 结束语

对低地板城轨车配套牵引电机定子而言,定子的绝缘结构是电机能否正常稳定运行的关键,因此,对电机定子接线盒、定子联线端头等的绝缘结构、绝缘材料,采取可靠性更高的工艺是关键。随着当今科学技术的不断发展,材料质地的提升和生产装配工艺的改进,定子的绝缘强度还将不断提高,这对于运行多年的电机定子部分来说,无疑是有很大的益处。

参考文献

- [1]王正茂,崔新艺.电机学西安交通大学出版社,2001.
- [2]戴文进,张景明.电机设计清华大学出版社,2010.
- [3]毕大强.发电机定子绕组接地故障的定位方法.电力系统自动化,2004.第22期.
- [4]江国梁.电机修理陕西科学技术出版社,2005.