

定子下线中铁芯线棒局部受损原因分析及处理方法

周劲松

(浙江华东工程咨询有限公司,浙江杭州 311122)

摘要:对某水电站大型发电机定子下线安装过程中因采取方法不当、操作失误造成的定子铁芯、线棒局部受损情况进行了介绍及原因分析,总结了在现场对定子铁芯及线棒局部受损部位采取的处理方法及试验检验措施,提出了今后在定子下线安装工作中的操作注意事项及应采取的预防措施。

关键词:发电机;定子;铁芯;线棒;损伤;处理;原因分析;水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV738

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)增2-0136-04

1 概述

某水电站发电机型号为 SF600 - 66/17150;额定功率为 600 MW;额定转速为 90.9 r/min;额定电压为 20 kV;额定功率因数为 0.9;额定电流为 19 246 A。在定子下线过程中,发现定子铁芯与线棒存在局部受损的情况,笔者对受损情况进行分析,提出了具体的处理方法并予以实施,取得了较好的效果。

2 受损情况

(1) 定子铁芯 + Y 顺时针方向 342 槽第 7~10 小段铁芯端齿部受损,受损部位出现铁片变形和片间粘结现象,345 槽第 32 小段铁芯端齿部缺角;另有若干段铁芯端齿部存在局部轻微损伤。

(2) 定子铁芯表面多处绝缘漆受到不同程度的损伤。

(3) 定子 4 根线棒的表面绝缘层受到轻微损伤。

3 受损原因分析

3.1 铁芯受损原因分析

(1) 操作人员为了清除浇灌绝缘盒时溢出流挂到铁芯表面的环氧胶,未征得质量主管部门的意见,在擅自使用金属铲刀剔除已经固化的环氧胶时,因方法不当、加之操作力度过大、用力过猛,多处铁芯表面被铲出较深的铲痕(图 1)。

(2) 在定子线棒上端部绝缘盒浇灌环氧绝缘材料时,由于绝缘盒与线棒缝隙处密封不严而导致环氧绝缘材料溢出下流至线棒和铁芯上,操作人员未征得质量主管部门的意见,在擅自使用抛

收稿日期:2016-03-08

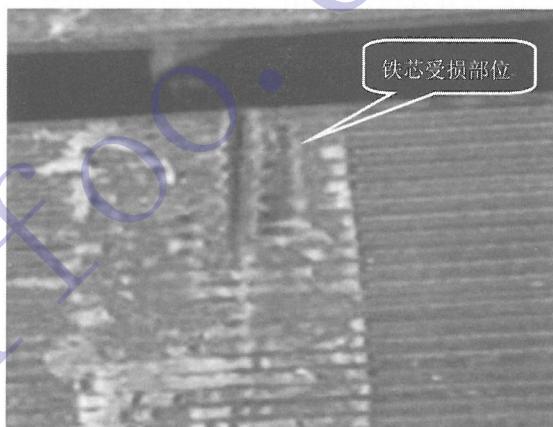


图 1 定子铁芯铲痕变形图

光机打磨定子铁芯表面流挂的、已经固化的环氧胶时,由于打磨力度过大而造成定子铁芯表面多处绝缘漆受到不同程度的损伤(图 2)。

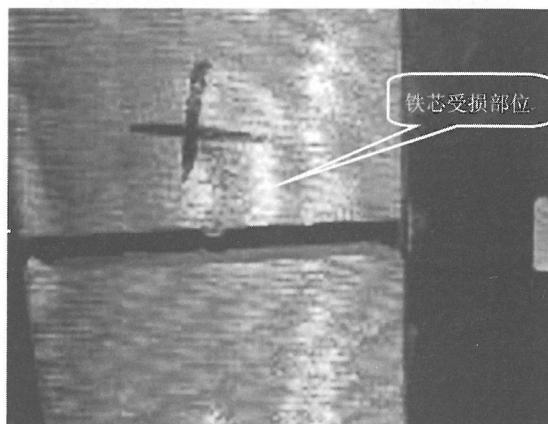


图 2 定子铁芯局部绝缘层受损情况图

3.2 线棒受损原因分析

下线人员在清理绝缘盒与线棒之间溢出的环

氧绝缘材料时,使用金属铲刀剔除环氧绝缘胶时因方法不当,加之力度过大而导致将4根线棒表面的绝缘层轻微损伤(图3、4)。

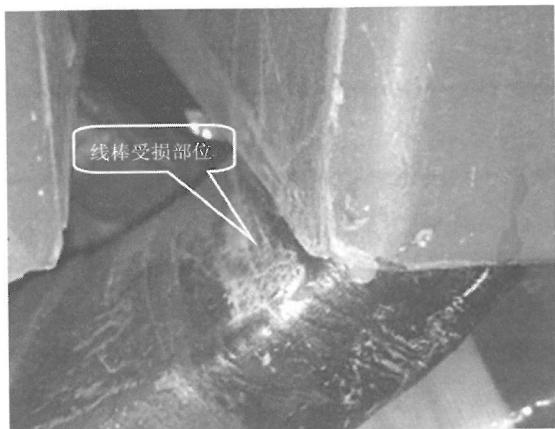


图3 线棒绝缘层受损情况图

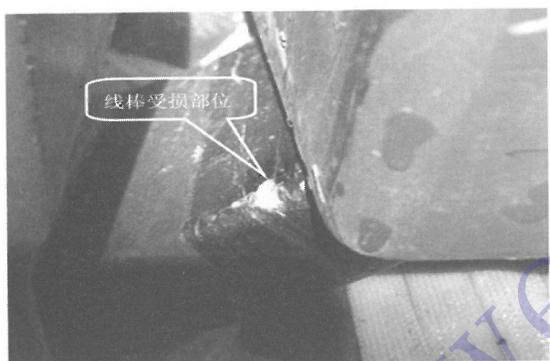


图4 线棒绝缘层受损情况图

3.3 受损原因

(1)由于现场质量管理人员在工作中离开了监督岗位,没有对整个定子下线工作进行全程旁站监督而造成受损情况的发生,但由于发现及时,从而使定子铁芯造成的局部损伤面积不大,线棒受损根数较少。

(2)造成上述问题出现的主要原因有以下三个方面:第一,在浇灌线棒上端绝缘盒时,没有仔细将绝缘盒与线棒之间的缝隙采用堵漏胶泥密封好,进而造成环氧绝缘胶顺缝隙下流;第二,在浇灌线棒上端绝缘盒时没有考虑环氧绝缘胶的溢出量,致使一次浇灌量太大、太满,进而造成其溢出后流挂到线棒和铁芯上;第三,准备工作不充分,环氧绝缘胶浇灌前没有在绝缘盒下部线棒上铺垫塑料薄膜,未作好防流挂保护措施。

(3)对溢出固化的环氧胶材料采用的处理方法不当,没有征得质量主管部门的意见,未能制定

有效的处理方案和保护措施,擅自按照想像的方法冒然进行处理。

4 处理方法

4.1 受损铁芯的处理方法

4.1.1 标记部位

(1)对铁芯表面绝缘漆受损的部位采用吸尘器配合毛刷清扫铁屑、漆皮的方法进行清理,边扫边吸,清理完毕对铁芯受损部位再次进行检查确认。

(2)采用吸尘器及毛刷清理后用记号笔做好标记,记录损伤所在的槽号及上下端的部位。

(3)对铲刀铲伤铁芯造成铲痕的部位,采用记号笔做好记号并记录其损伤所在的槽号及上下端的部位。

4.1.2 处理方法

(1)采用透明胶带,以标记好的处理部位为中心,将其向左向右约500 mm范围、自上而下的部位全部黏贴起来,防止在使用风动抛光机打磨时产生的铁屑伤及完好的铁芯叠片或钻进通风槽内。打磨时,将需要打磨部位的胶带撕破后进行打磨即可。

(2)对铁芯受损纹路不明显处的处理:用50倍放大镜进行检查,配合高强度的锋钢锯条刮刀划开铁芯叠片层间的金属连接,把叠片间的导电连接去除,同时用吸尘器把刮出的铁屑、漆皮清理掉,由质量管理部门和厂家代表验收并确认叠片层的纹路清晰后,再涂刷渗透绝缘漆。

(3)对铁芯受损铲痕的处理:先采用风动抛光机进行打磨,打磨时应一手握拳紧贴定子铁芯,另一手握紧抛光机靠在拳头上,使抛光机有一个支点,对铲痕进行多次轻微打磨,直至铲痕完全消除后再使用50倍放大镜进行检查,检查后按照4.1.1(2)中的方法由质量管理部门和厂家代表验收并确认叠片层间纹路清晰后,再涂刷渗透绝缘漆。

(4)对经过抛光机打磨处理后、采用50倍放大镜检查铁芯叠片纹路明显、受损轻微的部位,可直接涂刷渗透绝缘漆。

(5)处理完毕,电气试验人员对铁芯叠片层间表面绝缘层的绝缘情况进行检测。

(6)按照上述方法处理完毕并经质量主管部门和厂家代表检查确认后,必须采用高压风对铁

芯由外向内进行一遍彻底吹扫,然后再采用吸尘器配合毛刷从铁芯内逐槽清扫和吸尘,彻底清除通风槽内的残留铁屑和漆皮。

4.2 受损线棒的处理方法

4.2.1 准备工作

(1) 工具准备:①砂纸(百洁布);②吸尘器;③白布;④毛刷;⑤锋钢刀;⑥热风枪;⑦自制穿绑绳工具;⑧小铜锤;⑨作业防护用品等。

(2) 材料准备:①H-0410(AB);②云母带;③酒精;④丙酮;⑤无碱玻璃丝带;⑥云母粉;⑦聚四氟乙烯脱模带;⑧热收缩带。

(3) 配胶准备:为满足现场要求,作业前两天必须按照配比将环氧胶进行固化配比,然后将配比好的环氧胶在云母带上涂刷一部分并检查其固化情况;环氧胶与云母粉混合后的固化试验要确保其在可操作时间内能够使用并确保在 48 h 内可以完全固化。

(4) 检查确认:①检查绝缘盒是否出现发空情况,若有发空,需重新浇注绝缘盒,检查方法为采用小铜锤敲打听音判断;②检查定子线棒受损情况并在线棒明显位置标注、记录;③检查工器具是否准备齐全并确认其良好。

(5) 防护措施:采用塑料布盖好非作业区域,防止作业时将不需要处理的线棒污染;配备适量的清洁布、酒精,准备好吸尘器。

4.2.2 处理方法

(1) 将线棒受损部位用细砂纸或百洁布进行表面打磨处理,使绝缘部位表面光滑并将其周围清扫干净,无污染异物。处理前,为防止打磨的粉尘飞溅而污染相邻线棒,要及时用吸尘器吸除粉尘。

(2) 用吸尘器对打磨修复的部位进行吸尘,确保作业范围四周无污物。

(3) 用酒精擦拭打磨过的待修复部位,清除其表面的粉尘、油污。

(4) 根据线棒的不同受损情况,采用不同的处理方案进行修复。

4.2.2.1 绝缘表层轻微受损的处理方法

(1) 首先在线棒受损部位表面涂刷一层室温固化树脂,再包绕对应层数的云母带。云母带包绕时,应边包、边刷室温固化树脂,最后包扎一层无碱玻璃丝带。

(2) 无碱玻璃丝带包裹前应刷环氧胶并浸透,然后再包一层脱模带,在脱模带外层再包绕两层热收缩带,包扎完成后采用热风机加热使该热缩带收缩,待 48 h 固化后拆除热收缩带层及脱模带。

4.2.2.2 绝缘层损伤程度超过 1 mm 的处理方法

(1) 首先将清理干净的线棒绝缘破损部位用吸尘器再吸一边,然后用掺有云母粉的环氧胶(掺加云母粉的含量以环氧胶液态能流动为宜)将绝缘破损的凹坑填补平整,再在外层包绕两层云母带进行绝缘补强,包绕范围应超过凹坑点两侧各 30 mm 以上,边包边涂刷环氧室温固化树脂,最后包扎一层无碱玻璃丝带。

(2) 无碱玻璃丝带包裹方法同 4.2.2.1(2)所述的方法。

4.2.2.3 高阻末端受损的处理方法

(1) 检查高阻末端已经打磨光滑、无毛刺,然后涂刷高阻漆。对于高阻大面积受损且易于包绕高阻带的部位,采用包裹对应层数的高阻带,然后在外层包裹一层脱模带,在脱模带外层再包绕两层热收缩带,包扎完成后采用热风机加热使热缩带收缩,待 48 h 固化后,拆除热收缩带层及脱模带。

(2) 对末端高阻受损并有凹坑的部位,先用掺有云母粉的环氧胶(掺加云母粉含量以环氧胶液态能流动为宜)将绝缘破损的凹坑填补平整,再在外层包绕两层云母带进行绝缘补强,包绕范围以超过凹坑点两侧各 30 mm 以上为宜,边包边涂刷环氧室温固化树脂,最后包扎一层无碱玻璃丝带。

4.2.2.4 绑绳受损的处理方法

(1) 因目前绑绳已完全固化,拆除受损的绑绳会间接损坏已固化的绑绳及附近的高阻,故对于受损的绑绳不建议拆除。

(2) 在受损绑绳外层重新绑扎对应道数(厂家作业指导书要求 4 道)的绑绳;对于因相邻斜边垫块的干涉、局部区域无法平绑 4 道的部位,可以适当叠绕绑绳,但需刷环氧胶浸透,绑绳间不能留气息。

5 试验与验收

5.1 电气试验要求

(1) 所有试验均参照《立式水轮发电机检修技术规程》DL/T817-2014 定子检修要求进行。

(2) 受损铁芯处理完毕、按铁芯轮部磁通密度值取 0.8 T 进行铁芯磁化试验;试验时,需在中性点侧将全部线棒接地,所有测温元件需要有效接地;试验中用热成像仪对所有处理过的位置进行温度扫描,并与未处理的部位进行比较,检查对比其是否有明显的温度升高。若发现有温度异常的部位,需再次分析后进行处理。

(3) 为了确认在对受损定子铁芯及线棒处理修复过程中没有伤及其它线棒、检验修复处理的效果,必须对线棒进行直流、交流耐压确认试验。

(4) 试验前,需在线棒的中性点侧对所有线棒进行接地,对定子所有测温元件进行接地,对定子整体进行彻底吸尘并清扫,清除定子周边平台及隔离物件。

(5) 试验前,应测试定子绕组的绝缘电阻及

极化系数必须满足规范要求。

(6) 定子绕组的直流耐压值为额定电压的 2.3 倍,取 50 kV。试验电压按每级 0.5 倍额定电压分阶段升高,每阶段停留 1 min,并记录泄漏电流及其变化情况。

(7) 定子绕组的交流试验电压取 40 kV,交流耐压试验时间为 1 min。在 22 kV 时先观察线棒端部的起晕情况,确认有无起晕现象后再升压。

5.2 电气试验与数据分析

(1) 铁损试验的环境温度为 20 °C, 相对湿度为 56%, 试验结果见表 1。

(2) 绝缘电阻、吸收比与极化指数测量结果见表 2。

(3) 直流耐压与泄漏电流试验结果见表 3。

(4) 工频耐压试验结果见表 4。

表 1 试验结果表

项目	时间					
	21:08	21:18	21:28	21:38	21:48	21:58
$I_r(A)$ 一次值	84.2	84.2	84.7	85	85.6	86.7
$I_r(A)$ 二次值	1.37	1.38	1.4	1.42	1.43	1.44
$U_m(V)$ 感应测量值	149.5	149.8	149.6	149.2	149.2	149
P 测量(W)	81	81.2	81.5	81.5	81.7	82
$f(Hz)$	50	49.99	50.01	50.01	50.02	50
$B(T)$	0.877	0.876	0.874	0.872	0.872	0.871
平均值	$I_r(A)$ 一次 85.06	$I_r(A)$ 二次 1.41	$U_m(V)$ 149.4	P 测量(W) 81.48	$f(Hz)$ 50.01	$B(T)$ 0.873
铁芯温度值 /°C	最大温升	23.5	最低温升	20.7	温度差	2.8

表 2 绝缘电阻、吸收比与极化指数测量结果表

相别	绝缘电阻与吸收比			极化指数		
	R_{60s}/R_{15s}	K	R_{10min}/R_{1min}	K		
A	763	113.7	6.71	4 880	763	5.08
B	876	117.3	7.47	5 370	876	6.13
C	874	117.3	7.45	5 740	874	6.57

表 3 直流耐压与泄漏电流试验结果表

DC 电压 /kV	10 /min	20 /min	30 /min	40 /min	50 /min	绝缘电阻 /MΩ	
						试验前绝缘	试验后绝缘
A /μA	60	80	95	140	280	763	756
B /μA	65	100	115	160	270	876	860
C /μA	60	100	120	160	250	874	878

表 4 工频耐压试验结果表

相别	$U_{\text{试}}/kV$	起晕电压 /kV	I_{ex}/A	试验前绝缘 /MΩ	试验后绝缘 /MΩ
A	40	>22	15.9	765	749.5
B	40	>22	16.72	789	781
C	40	>22	15.92	835	845

结论:每相绕组分别施加工频电压 40 kV, 1 min 无异常。

对上述试验数据进行分析后得知, 各项指标

(下转第 143 页)

差均在允许范围内,未做任何后续处理即全部满足铁塔组立要求。该线路已于2015年9月全面投运,施工质量受到老挝国家电力公司的高度称赞,实践证明改进后的施工方法与工艺是成功的,值得总结与类似工程借鉴。

(上接第139页)

均满足设计与规范要求。

6 结语

(1)按照上述方法对定子铁芯和线棒局部受损情况进行处理后,遵循《立式水轮发电机检修技术规程》DL/T817-2014定子检修之规定进行了必要项的试验,截止目前,该机组运行情况良好。

(2)针对大型发电机定子铁芯和线棒局部受损情况,要认真分析问题产生的原因,由质量管理部制定出合理的处理方案和缜密的处理工艺,

作者简介:

李文(1978-),男,重庆潼南人,工程师,一级建造师,注册安全工程师,从事水利水电工程施工技术管理与监理工作;
张连顺(1984-),男,青海西宁人,工程师,从事水电工程地基与基础工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

在实施过程严格按照已制定的工艺措施进行质量控制是保证处理结果的前提条件。

参考文献:

- [1] 立式水轮发电机检修技术规程,DL/T817-2014[S].
- [2] 电气装置安装工程电气设备交接试验标准,GB50150-2006[S].
- [3] 水轮发电机定子现场装配工艺导则,DL/T5420-2009[S].

作者简介:

周劲松(1965-),男,浙江遂昌人,高级工程师,从事水电站机电设备安装施工技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

黑龙江阁山水库主体工程全面开工

6月6日,被国务院确定为全国172个节水供水重点项目之一的阁山水库主体工程全面开工建设。该工程总投资为38.52亿元,其中,中央投资安排21.72亿元,黑龙江省级匹配8.7亿元,地方配套8.1亿元,该工程为2016年黑龙江省投资最大的水利工程。

该项目位于绥棱县境内的呼兰河右岸支流诺敏河上游,是以农业灌溉、城镇供水为主,兼顾防洪、发电等综合利用的大(Ⅱ)型水利枢纽工程。水库占地7.65万亩,设计总库容4.04亿立方米,计划总工期为3年10个月,建成后,可灌溉农田143.84万亩,将使该地区摆脱旱灾困扰,增产粮食3.1亿斤,并有效保护沿岸植被,修复下游生态。

阁山水库与红兴水库、泥河水库联合调度,将为兰西县、绥棱县、绥化北林区等3个县区每年提供5671万立方米生产生活用水,年可发电945万千瓦时。还可以根治洪涝灾害,使下游防洪标准由10年一遇提高到20年一遇,对改善生态环境,拉动区域旅游和养殖业、餐饮业、商贸业发展意义重大。

青海省两项重点水利工程环评通过环保部审查

青海省引大济湟西干渠和湟水北干扶贫灌溉二期工程项目环境影响评价报告已于近日获得国家环保部技术审查,标志着两个项目前期工作取得了阶段性成果,为项目可行性研究报告通过国家审批奠定了坚实的基础。

西干渠工程是引大济湟工程的重要组成部分,位于青海省东部湟水流域,北起大通县黑泉水库,南至湟中县甘河工业园区,横跨大通和湟中两县,是以灌溉和工业供水为主,兼顾城镇生活用水的中型水利工程。工程干渠总长131.16千米,其他各类建筑物216座。湟水北干扶贫灌区二期工程是湟水北干渠的续建配套工程,主要解决半干旱地区城镇生活和农业灌溉用水并兼顾生态用水,为当地群众脱贫致富及改善生态环境创造条件的Ⅱ等大(2)型水利工程。工程控制灌溉面积40万亩,其中农田灌溉面积36.8万亩,林地灌溉面积3.2万亩。西干渠、湟水北干扶贫灌区二期工程项目建设对促进青海省和湟水流域经济社会发展,发挥引大济湟工程效益具有十分重要的作用。

水电占巴西总发电量比例超过70%

据美国能源信息管理局透露,巴西已经成为美洲地区第三大发电市场,仅次于美国和加拿大。其中,水电占巴西总发电量的70%以上。巴西当前在营水电站达到158座,累计装机容量超过89吉瓦,另外还有在建的水电站9座,批准建设的水电站项目26个。其中,装机容量达到11吉瓦的美丽山水电站项目一旦完工,将成为世界上第三大水电站。根据统计,到2024年,巴西水电站装机容量将增至112吉瓦。