

# 200MW 汽轮发电机故障原因分析及预防研究

王晨华

华电能源股份有限公司富拉尔基发电厂电气车间 黑龙江 齐齐哈尔 161041

DOI: 10.18686/dljsyj.v1i3.1138

**【摘要】**汽轮发电机在电力系统中起到连接枢纽的作用,它的运行状态直接关系到整个电力系统的稳定与安全。所以对其保护的可靠性、安全性、灵敏性、快速性提出了更高的要求。本文就发电机故障以及原因进行分析,不断归纳总结先进经验,不断改进发电机组的设计,从而达到发电机相应防范措施。

**【关键词】**汽轮发电机;故障分析;预防措施;

近年来,随着国民经济的持续发展,电力工业开发力度的不断加强,我国将高参数火电厂分阶段引入,从而进入新的火力发电阶段。已并网发电的大型汽轮发电机组大部分能达到额定出力并持续运行,各项技术参数和性能也基本满足各种正常或非正常运行方式的要求。但是由于设计及工艺等原因,特别是制造加工工艺和质量检验等存在问题较多,导致汽轮发电机各类事故频繁发生,性质严重。由于检修周期长导致发电企业损失巨大。另外,发电机安装、检修质量及运行维护水平参差不齐,也常常导致事故的发生。

下面对富拉尔基发电厂汽轮发电机几个常见故障的成因进行分析并提出对应的防范措施。

## 1 汽轮发电机故障原因分析

富拉尔基发电厂的6台200MW均系哈尔滨电机厂产品,投产至今发生过以下几类重大故障。

### 1.1 定子端部绕组短路故障

2010~2019年,我厂200MW汽轮发电机(QFQS及QFSN型)发电机上发生了4次由端部线圈故障形成的相间短路事故造成了很大损失。短路事故的主要原因是端部固定结构设计不合理、绝缘工艺马虎、铜导体焊接工艺差、材料选用及检验不合格等。机内氢气湿度大,达不到标准要求,往往是事故发生的诱因。

短路故障易发生在引出线与水接头绝缘的短路故障和发生在渐开线部位,主要由于薄弱端不能承受油和水的长期腐蚀。故障部位的引线及过渡引线都是手包绝缘,水电接头绝缘是下线后包扎的,绝缘的整体性与槽部对地绝缘工艺相比,有很大差距。

在制造过程中,由于其不稳定性,也很容易降低该部件的绝缘质量。为了断开液压连接,通过一片聚酯玻璃将两相短路连接在一块覆盖有油和水分的聚酯玻璃上。高品质的绝缘材料可以承受油和水汽的侵蚀。如果油非常严重并且氢气的温度非常饱和,则腐蚀也会降低发动机的绝缘性。另外汽轮发电机短路的另一个原因是异物保持在故障位置,残留在渐开线中的残余电能被提供给线圈,引起振动,使得接地或绕组端部固定不紧,整体性差,导致发电机的定子端部绕组短路。

### 1.2 铁芯及线棒损故障

2018年6月在对富拉尔基发电厂五号机组大修定子交流耐压试验时发生击穿,抽转子后,进入膛内检查。发现第43和第44定子汽端约有40mm的宽度,受到磨损、断裂和塌陷(见图1),并且其损坏的内部长度约为100mm。第43相邻槽的槽中非故障点相邻区域及转子汽侧布满铁芯片磨损的粉末物,相邻的凹坑为2x60mm。相邻44槽上层线棒槽口处有轻微电弧灼伤。无法评估槽43和44中较低负载的损坏,或是在转子高速旋转和蒸汽结束时已损坏的大量断裂的铁芯碎片刮擦造成的表面损伤。由于其绝缘受到损伤,故在交流耐压试验中发生击穿。分析铁芯损伤的原因:长时间使用后,铁芯表面形成毛刺,经过涡流加热发生振动。而涡流引起的振动和加热会造成额外的损坏,最终形成整个段面的损伤。幸运的是发电机在正确的时间进行了维修,所以在运行期间没有造成更严重的事故。



图1 汽端43、44槽口阶梯段铁芯损伤点(黑圈部分)

### 1.3 内冷水含氢量超标故障

我厂200MW汽轮发电机采用水氢氢冷却方式。定子水内冷绕组渗漏水是一种常见故障。严重者往往导致接地和相间短路事故。这类事故发生的原因主要是设计、工艺及材质等问题。渗漏部位多为空心导线并头套封焊处,聚四氟乙烯绝缘管交叉碰磨处,或因空心铜线材质不好(有砂眼或裂隙)和在运行中断裂等。如渗漏部位系微细裂纹或孔洞,则压力较高的氢气往往渗入水中,并可在定子内冷水箱顶部发现氢气;渗漏部位的裂缝或孔洞较大时,则水渗出与氢渗入并存,极易造成定子接地事故。

研究2019年8月二号机组大修后风压试验,发电机风压试泄漏数据大于标准,检查发现由于发电机中的氢气压力超过冷水的内部压力,氢气进入内部冷水,使得冷水量超过常规,这表明发电机的冷水管线泄漏。为了检查密封性,发电机通过0.5MPa定子的完整液压试验进行检验。仔细检查后,确认线点C2外壳的外部端口泄漏,但泄漏点位于出口外部,并且未在上方的内部冷却器中产生氢气。将水压增加到0.6MPa,仔细检查管腔内的B2套管手包绝缘处有渗出的水滴,并将去除的绝缘物完全浸入水中(此情况正是B相定子绕组直流泄漏电流偏大的原因)。一旦所有背部绝缘层被移除,就会发现沙眼从冷却水的电连接到B2外壳侧的焊接泄漏,铜质材料上已有轻微水腐蚀形成的绿铜锈(见图2)。

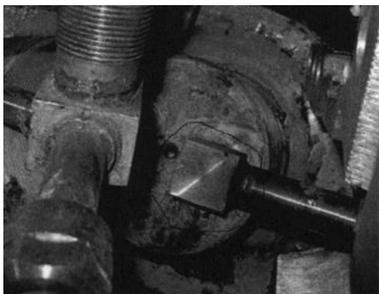


图2 B2出线套管水接头上的渗漏点(黑圈中)

## 2 汽轮发电机故障预防措施

### 2.1 汽轮发电机定子绕组短路故障的预防措施

为避免发电机定子绕组短路并在维护期间增加定子绕组末端的绝缘水平,线路的绝缘材料应具有介电强度和防油水侵蚀的性能。要有合适的层数和过渡,将层切成两半后,必须刷涂绝缘漆以确保绝缘层的连续性。包装后,要烘烤使其硬化。各引线之间及励侧引线与汇流管和轮胎之间需要足够的间隙。手包绝缘处消除了金属片的锋利边缘并防止芯片的排出。绝缘盒必须填充严实,密封良好,绝缘盒采用两道凸缘的绝缘盒,以防止油和水进入进入绝缘盒。应在延长线、内部和供水以及蒸汽侧电流上进行绝缘电位和漏电流测试,以形成敷料,确保包扎绝缘质量。定子绕组和电源线的端部是刚性的,必须添加端板和切向支撑板,以便拉伸每个负载的末端。齿板结构合理,与导线的接触面固定,焊盘与导线之间的导线增大,旁路导线固定,防止出现100Hz的固有频率,对支撑单薄的引线增设支撑梁,以加强固定。如果绝缘管与连接电缆之间的距离太小,请将其固定,防止电机定子泄漏。在维护过程中,必须增加液压联轴器的焊接数量,以确保焊接质量。此外,需要进行静水压力测试,以验证设备测试期间定子绕组水循环的耐久性。在静水压力测试中,应特别注意:(1)注意排水,使试验的所有定子绕组都充满水。(2)用于检查水压的控制仪表必须处于良好状态,并且管道要畅通。(3)按照制造商的说明,了解水压的量和持续时间。(4)应在发电机定子的两端监测增加水压应有专人守候监测,以确保每个部件没有偏差。(5)检查空心铜线、水和定子线圈之间的电气连接。

### 2.2 绝缘损伤线棒的修理方案

定子第43、44槽上层线棒绝缘已经损伤,决定用备用线棒更换。在从槽43和44中的顶板移除载荷之后,可以确认相邻的子层载荷的损坏,并且同时进一步确定隔离槽中的剩余张力杆。使用交流耐压试验来确认是否有故障,从而决定下一个处理步骤(如果需要在没有压力测试的情况下更换罐),工作量将增加几倍,并且构建时间将增加。

### 2.3 汽轮发电机漏氢及氢气湿度大的预防措施

避免汽轮发电机的氢气泄漏和壳体的表面处理

是非常重要的。底座和侧罩之间的粘合面积宽,难以密封,它是防止泄漏的薄弱因素。解决方案是使用5至6 mm厚的钢板将C型垫圈盖焊接到一体化表面。密封环片和端盖的垂直粘合表面是不含氢的粘合表面,所以防止氢泄漏的一种方法是增加密封和橡胶密封的强度,以便在不扩大密封的情况下提高粘合表面的粘合性。密封瓦与轴和瓦座的间隙要调整合格,在安装顶盖和底盖时,要保证水平接缝对齐,防止因错口不平使密封垫受力不均导致漏氢。防止氢气发生器中水分过多的预防措施;在发电机氢系统内加装高效能的冷凝式干燥器,从而达到干燥除湿的目的。

### 3 结语

换句话说,为了确保汽轮发电机的安全和稳定运行,发电机的密封板和氢、油和水的控制系统必须加强,根除油污污染,控制制氢装置及发电机中氢气湿度、控制机内冷却介质温度如定子绕组内冷水水温、冷氢的温度以及氢气冷却器的冷却水温等。

### 【参考文献】

- [1]张岳峰. 汽轮发电机组轴瓦振动故障诊断[J]. 设备管理与维修, 2019(10):154-155.
- [2]王宏琼. 300 MW 双水内冷汽轮发电机组振动故障处理浅谈[J]. 电站系统工程, 2018, 34(02):49-50+52.
- [3]张凯波. 300 MW 汽轮发电机组高压加热器故障原因分析探讨[J]. 科技创新导报, 2017, 14(17):87-89.
- [4]殷凤军, 蒋波, 林卫武. 1000MW 汽轮发电机转子振动故障诊断及处理[J]. 电力安全技术, 2017, 19(05):59-62.

针对大型发电机结构设计及运行特性等一系列新的特点,与其安全可靠运行密切相关的试验检查方法的内容及特点必须与之相适应。通过一系列设计、制造、试验、安装、检修及运行标准和规程全面的审核流程准确监控项目的质量,这是确保发电机可靠性的重要预防措施。

今后,将继续进行这项重要的技术基础工作。试验相关标准及方法也在根据新的技术信息和经验不断改进和补充。如有关绝缘试验方法正从破坏性试验向非破坏性试验过渡;发电机运行状态的监测也正从传统的离线方式向在线监测方式过渡,如局部放电监测、过热监测、定子绕组端部振动监测等等,使许多运行故障能被早期发现和处理。将来的发展是从传统的定期维修转变为预知维修。欲达此目的,要求发电机的制造质量及运行维护均需达较高水平。发电机具备实施预知维修条件后,对延长发电机平均无故障时间、缩短平均修理时间、减少检修与维护费用将十分有利和必要。