水轮发电机推力轴承烧瓦分析及处理

李锦志
（浙江国贸集团东方机电工程股份有限公司 浙江 杭州 310016）

摘要：水轮发电机是水电站生产电能的主要动力设备。推力轴承是水轮发电机最重要部件之一，设计、制造、安装及运行等因素，都会影响到其稳定运行乃至机组运行的可靠性。本文介绍了由于推力轴承的结构及刮瓦方式差异，造成推力轴承瓦温报警导致的紧急停机事故，并提出了相应的处理方法。

关键词：水轮发电机；推力轴承；推力瓦；烧瓦处理

1 项目介绍

水轮发电机是指以水轮机为原动机将水能转化为电能的发电机。水流经过水轮机时，将水能转换成机械能，水轮机的转轴又带动发电机的转子，将机械能转换成电能输出。某发电厂安装有 2 台单机为 1341kW 的卧式水轮发电机组。机组采用两点滑动轴承支撑。水轮机主要由蜗壳、导水机构、转轮、尾水部分、调速机构、主轴密封、辅助部分等组成；发电机主要由定子、转子、Φ200 径向座式导轴承、Φ220 径向推力轴承、地板等部件组成。定子与轴承布置于地板上，地板与地基浇筑为一体；转子由前后轴承支撑，前端轴伸锥度部分与水轮机相连，后端装有飞轮和集电环。推力瓦及导轴承瓦均为传统的巴氏合金瓦。

径向导瓦和推力瓦内都装有测温用的铂热电阻。两轴承冷却方式均采用内循环冷却方式。两轴承座与地板间设置有绝缘垫片，同时前端轴承端还装有接地碳刷，以防止轴电流烧瓦。

水轮机主要技术参数见表 1。

2 事故介绍

2 台机组安装完毕后，无水调试结束，在进行有水调试过程中，机组达到额定转速后，不到 5min 时间，推力轴承瓦温超过 60℃出现报警，瓦温随即快速上升，机组紧急停机。

3 瓦温异常原因分析

3.1 推力轴承瓦温过高或烧瓦主要原因

推力轴承瓦温过高或烧瓦，主要有以下原因：

（1）润滑油不干净，混有杂质或水分；

（2）瓦面乌金开裂或脱落；

（3）瓦面机械变现或热变形；

（4）瓦面研刮不到位或不合理；

（5）推力瓦受力调整不到位；

（6）润滑油位偏低、轴电流等。

机组停机后，检查 2 台机组轴承润滑油油位，一切正常，未发现任何变化，其油位高度也完全满足设计要求；将润滑油彻底排干，在油中未发现任何杂质或水分。

彻底解体 2 台机组推力轴承及径向导轴承装配，对各部件进行全面检查。

镜板表面未发现任何刮痕，一切正常；推力瓦表面未发现开裂或脱层情况，也未发现明显的烧伤痕迹；弹性橡胶板未发现明显变形及损伤情况；径向轴瓦一切正常，未发现任何刮伤痕迹。

对机组的安装轴线、中心及水平等进行全面复测，未发现任何变化，一切满足相关标准要求。

复测轴承座与地板间的绝缘良好，接地碳刷接触良好。

复测定子与转子之间的空气间隙未发现任何变化，一切正常。

该机组为卧式结构，推力轴承为刚性支撑，推力瓦的受力无法像立式机组那样通过支柱螺栓来进行调整，也无弹

表 1 水轮机主要参数

项目	参数
水轮机型号	HLA630-WJ-71
设计水头	51.59m
流量	3m^3/s
额定出力	1412kW
额定转速	750r/min
飞逸转速	1187.3r/min

表 2 发电机主要参数

项目	参数
发电机型号	SFW1341-8/1430
额定容量	1577.6kVA
额定功率	1341kW
额定电压	6300V
额定电流	144.6A
额定频率	50Hz
功率因数	0.85（滞后）
额定效率	⩾ 95.5%
相数	3
额定转速	750r/min
飞逸转速	1187.3r/min
飞轮力矩	⩾ 2t.m2
绝缘等级	F/F
旋转方向	从非传动端看为顺时针
定子绕组接法	Y
励磁方式	可控硅静止励磁

68-96 综合 8月中 第23期 .indd 93 2022/2/8 10:55:37

簧束进行自动调整。在推力瓦与轴承座之间加有一块厚度为5mm 的橡胶板作为弹性支撑（见图 1），以达到各瓦的自身调节。

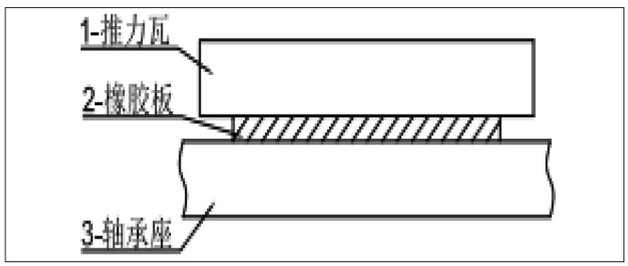

图 1 推力轴承示意图

推力瓦彻底清洗后，发现推力瓦表面分布若干刮瓦时留下的研刮凹坑（见图 2）

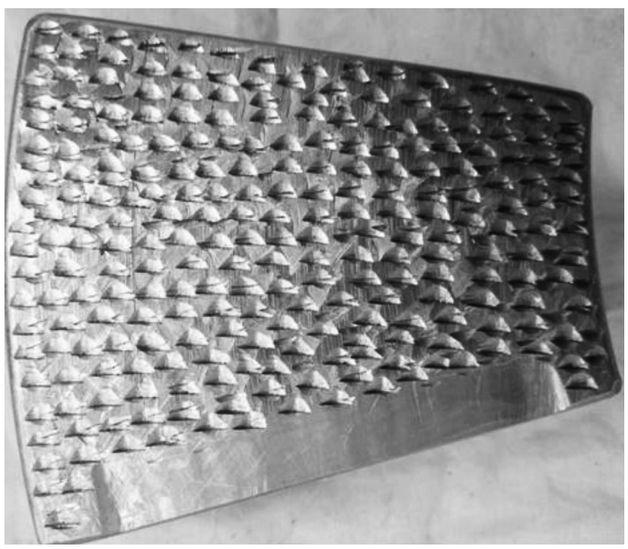

图 2 事故机组推力瓦研刮表面

3.2 瓦温过高主要原因

根据以上具体情况，初步判断该推力瓦温过高，主要由以下两点原因造成：

第一是推力轴承座与推力瓦之间的弹性橡胶板。

设计原理是依靠弹性支撑垫吸收瓦的不均匀负荷，并使瓦倾斜形成动压承载油楔。弹性垫为扇形薄板，由 5mm 厚的耐油橡胶板制成，其几何尺寸比瓦略小。在径向支撑轴上有 2 个销孔，用以限制瓦的位置，防止推力瓦在运行过程中窜动。

从目前情况看，国内外很少采用此结构。橡胶板长时间浸泡在高温油中，很容易变形或老化，造成破裂、脱落等，并随润滑油的旋转和搅动，造成润滑油污染，降低油膜的承载能力，从而造成推力瓦烧瓦。另外，橡胶板的承载能力较差，盘车研刮瓦时的状态与机组带负荷运行时的状态存在一定的差异，当机组带负荷运行时，打破了各瓦盘车时的受力平衡，各推力瓦平衡调节能力降低，使得各瓦的受力不均匀，造成推力瓦面与镜板面直接刚性接触摩擦，引起瓦温快速上升甚至烧瓦。

第二是推力瓦面研刮不合理。

推力轴承能够安全稳定运行，主要是机组运转过程中，在推力瓦与镜板之间能够形成一层薄薄的高压油膜，这个油膜能否形成并保持一定厚度，必须要求推力瓦面具有良好的平面性，这样才能与镜板良好接触。

从图 2 中的推力瓦面可以看出，该推力瓦面研刮点较深，有明显的凹坑。在机组运行时，这些凹坑内就会储存大量的润滑油，大大降低了负荷承载能力，造成推力瓦表面与镜板表面直接刚性接触摩擦，引起瓦温快速上升，甚至烧瓦。

3.3 处理方案

3.3.1 将推力轴承座与推力瓦之间的弹性橡胶板更换成相应尺寸铜板（见图 3、图 4）

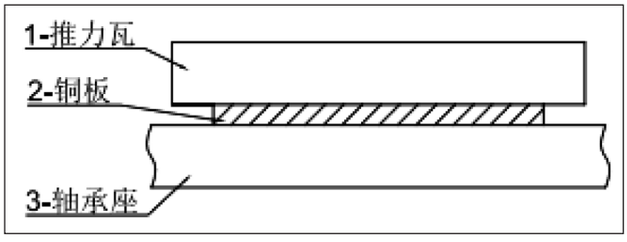

图 3 改进后的推力轴承示意图

图 4 推力轴承座与推力瓦之间的铜板

3.3.2 重新研刮推力瓦面（见图 5）

将拆下的推力瓦首先进行初刮。使用宽形平板刮刀，把瓦面相对于凹坑突出部分进行刮削。刮刀的端部需要平，刮出的刀迹要宽，一般在 10mm 以上，刀的行程可在 15mm 左右，每次刀迹深度控制在 0.05mm 左右，同时刀迹要连成一片，刀迹不得重复。如此反复进行刮削，直到瓦面看不到明显原来留下的刮削凹坑为止。

由于该推力轴承结构为刚性支撑，无法进行各瓦的受力调整，因此，在推力轴承底座上，安装瓦的位置进行相应的编号，对各铜板和推力瓦也进行相应的编号，使其三个部

68-96 综合 8月中 第23期 .indd 94 2022/2/8 10:55:38

件一一对号。

用酒精将推力轴承底座、铜板、推力瓦及镜板彻底清洗干净，并按照对应编号，重新进行装配，注意所有的铜板和推力瓦都必须全部按照对应的编号装配上，与镜板一起进行盘车检查。通过这样的刚性盘车，找出推力瓦面与镜板表面磨出的高点，用刮刀刮去。刮刀的的刃部需要锋利和光滑，防止刮削时瓦表面出现丝纹；刀迹按照接触点分布情况，按照一定方向进行刮削，连续两刀之间，不必抬起刀头，连续两次刮削方向交叉为 90° ；刮削时压力不宜大，刀迹宽度约为 5mm，刀的行程约为 5mm。经过上述方法反复盘车与研刮，直到所有推力瓦表面满足如下要求为止。

（1）推力瓦瓦面上达到每平方厘米 2 ～ 3 个接触点，并且要求接触点均匀；

（2）瓦面局部不接触面积，每处不应大于轴瓦面积的 2%，但最大不超过 16cm^2，其总和不超过轴瓦面积的 5% ；

（3）瓦面可有刀花，但不得有明显的凹坑；

（4）推力瓦进油边按照厂家要求刮削。

4 处理结果

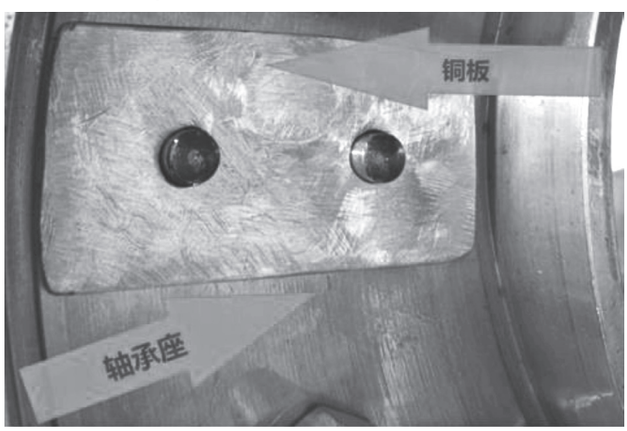

图 5 重新研刮后的推力瓦表面

表 3 轴承瓦温记录

运行时间（min）	1# 机组		2# 机组		负荷 kW
	推力瓦 /℃	导轴瓦 /℃	推力瓦 /℃	导轴瓦 /℃	
0	13.8	13.5	14.2	13.9	0
1	15.3	15.4	15.9	15.7	0
5	21.8	23.9	22.3	25.1	0
10	25.1	29.1	25.7	30.4	0
30	34.6	41.2	33.3	41.6	0
60	35.8	42.8	34.3	43.1	500
90	39.6	44.5	37.8	44.3	1000
120	41.5	46.1	39.9	47.1	1370
180	43.5	47.8	41.7	48.3	1370
240	43.2	48.9	41.3	49.1	1370
300	43.4	48.7	41.5	48.9	1370

推力瓦研刮合格后，彻底清理轴承座、推力瓦、镜板、油槽等各个部件，按照事先的编号，回装推力轴承及其他部件。装配完成后，对机组进行全面清理检查，然后再次开机，进行有水试验，重新考核推力轴承及导轴承瓦温。2 台机组推力轴承及导轴承瓦温情况见表 3。根据表中的数据可以看出，此次推力轴承瓦温事故的分析处理是客观的、正确的，完全达到了设计要求。

5 结语

水轮发电机推力轴承是发电机设计、制造过程中要求精度最高的部件。材料、制造工艺、安装和运行维护等方面的水平也直接影响到推力轴承性能的发挥，需要从设计、制造、安装及运行维护等各个环节全程严格控制，尽量避免推力轴承事故的发生，确保机组安全稳定运行。

参考文献：

[1] 武中德，吴军令，王建刚．水轮发电机推力轴承事故分析 [J]. 大电机技术，2015(7).

[2] 白延年．水轮发电机设计与计算 [M]. 北京：机械工业出版社，1982.

作者简介：李锦志（1970.10-），男，汉族，四川巴中人，本科，工程师，研究方向：水轮发电机安装指导及问题分析处理。

68-96 综合 8月中 第23期 .indd 95 2022/2/8 10:55:38