

某水电站 4 号机组推力瓦烧瓦分析与研究

陈磊

新华(布尔津)抽水蓄能发电有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6360

[摘要] 某水电站4号机组于某年3月22日并网发电,次日因推力轴承温度达60℃停机。此前带负荷运行时瓦温稳定在42.2℃左右,后温度上升。本文对某水电站4号机组推力瓦烧瓦事件展开分析,经分析,排除油质、绝缘、冷却水等因素,发现镜板呈“弓形”变形(变形量1.4–1.5mm),致推力瓦偏磨、油膜破坏,是烧瓦直接原因。改进措施为镜板返厂加工(厚度由135mm至131.77mm)、更换推力瓦及加工间隔块,处理后机组试验正常。

[关键词] 推力轴承; 推力瓦; 油质; 绝缘; 冷却水水压; 镜板; 烧瓦现象

中图分类号: U664.81+4 **文献标识码:** A

Analysis and study of thrust plate burning in unit 4 of a hydropower station

Lei Chen

Xinhua (Buljin) Pumped storage Power Generation Co., LTD.

[Abstract] Unit 4 of a hydropower station was connected to the grid for power generation on March 22 of a certain year. The next day, it shut down due to the thrust bearing temperature reaching 60℃. Prior to this, during load operation, the bearing temperature stabilized at around 42.2℃, but then increased. This paper analyzes the event of thrust bearing seizure in Unit 4 of a hydropower station. After analysis, factors such as oil quality, insulation, and cooling water were ruled out, and it was found that the mirror plate had a "bow-shaped" deformation (deformation amount 1.4–1.5mm), causing the thrust bearing to wear unevenly and the oil film to be damaged, which is the direct cause of the seizure. The improvement measures include returning the mirror plate for processing (thickened from 135mm to 131.77mm), replacing the thrust bearing, and processing the spacer blocks. After these treatments, the unit passed the test normally.

[Key words] thrust bearing; thrust plate; oil quality; insulation; cooling water pressure; mirror plate; burning phenomenon

引言

某水电站装机容量4×45MW, 1#、2#机组由湖南某公司生产, 3#、4#机组由重庆某公司生产。发生推力瓦烧瓦事件的机组为4号机组。4号机组发电机型号SF45-36/6900, 水轮机型号HLA904a-LJ-350, 机组为半伞式结构, 额定水头54m, 额定转速166.7r/min。推力轴承和下导轴承均布置在下机架油槽内, 推力瓦共12块, 为塑料瓦。某年3月8日, 4号机组完成在空转状态下考验瓦温试验, 试验持续时间5小时, 各部轴承温度正常, 机组各部位振动摆度参数正常。相继顺利完成了短路升流试验、升压试验、调速器试验、过速试验、励磁装置试验, 试验结果均符合要求。3月22日凌晨2点13分4号机组成功并网发电。

1 发电过程中出现的问题及现象

某年3月22日14:20, 4号机组上位机开机带负荷运行, 所带有功为35MW, 次日凌晨2:15分, 推力轴承温度开始出现上升现象, 04:05分, 因推力轴承温度达到60℃, 发电机保护动作停机。

4号机组带负荷运行12个小时之内, 推力瓦温度始终稳定在42.2℃(各瓦温均值)运行, 最高一块推力瓦T20温度为43.6℃, 最低一块推力瓦T19温度为40.7℃, 最高瓦温与最低瓦温温差为2.9℃。自4号机组带负荷运行至非正常停机时推力瓦温升趋势如图1所示:

2 原因分析及检查判断

2.1 分析阶段

某水电站4号机组推力瓦烧瓦后分析了诸多可能导致烧瓦的因素, 如油质问题、轴承绝缘问题、冷却水、推力瓦本身因素、推力瓦托盘、安装工艺、镜板变形、间隔块。

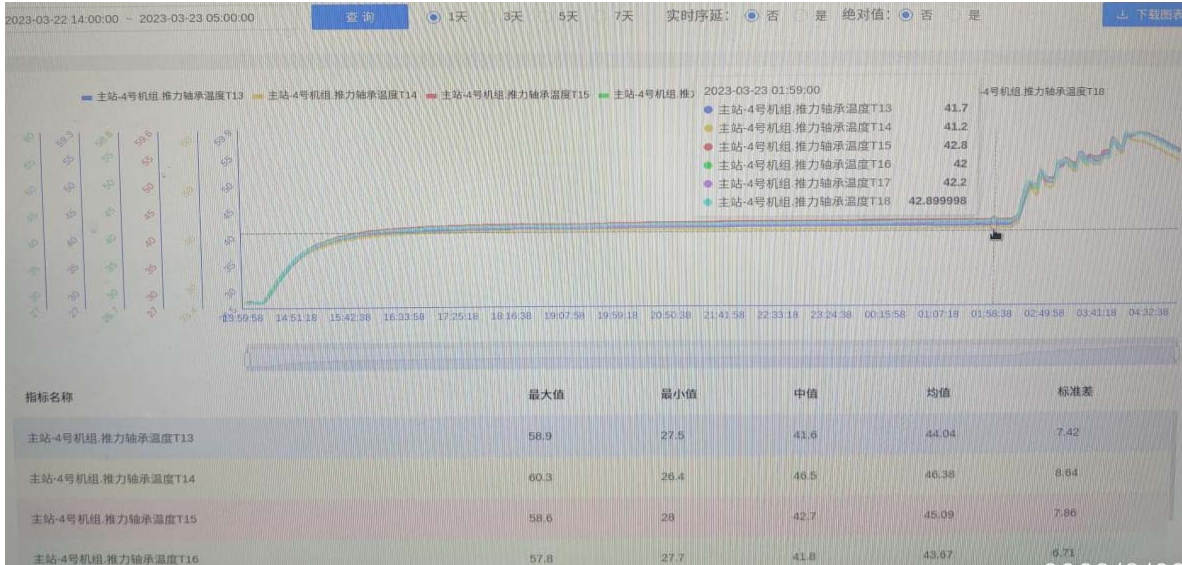


图 1 4 号机组推力瓦温升趋势图(2023 年 3 月 22 日 14:00—3 月 23 日 05:00)

2. 1. 1油质分析

透平油存在导电物质会产生轴电流,轴电流可使透平油电解,透平油润滑能力降低,瓦面与镜板间摩擦系数增大,引起烧瓦现象。

2. 1. 2推力轴承绝缘破损

推力轴承引起轴电流的首要条件即是绝缘破损,绝缘破损可能是绝缘垫、定位螺栓绝缘套、定位销绝缘套破损,从而产生轴电流引发后续一系列问题。

3. 1. 3冷却水水压过低

冷却水水压过低或无冷却水的状态下,瓦温和油温不能进行有效的热量交换,从而引起瓦温、油温持续上升,最后导致推力瓦烧瓦。

2. 1. 4推力瓦本身因素

瓦衬刚度及瓦面的材质选择不当,推力瓦周向偏心率选取不当,均会导致推力温度过高,造成烧瓦。

2. 1. 5推力瓦托盘因素

推力瓦托盘底部磨损,导致推力瓦受力不均,受力较大的推力瓦随着负荷的增加破坏油膜,造成烧瓦。

2. 1. 6镜板变形

镜板变形较大,会使推力瓦局部接触面减少,局部负荷增加破坏油膜,造成烧瓦。

2. 2检查判断阶段

对某水电站4号机组推力轴承冷却水管路压力进行检查,冷却水管路进、出水压力正常,示流信号器流量指示灯显示正常。对推力轴承冷却水主管路进行拆卸检查,管路内无杂物。拆除推力轴承油冷却器端盖对冷却器管路进行检查,发现一个小石头和少量焊渣,其余无异常。

拆除推力轴承油槽盖对油位进行检查,油位正常,未发生变化。油内有白色粉末状塑料杂质。排放推力轴承润滑油,过程中

滤油机油路流通不畅,拆除滤油机过滤器进行检查,滤网上有白色粉末状塑料。

推力轴承润滑油排放完后,拆除推力轴承冷却器,对推力瓦进行检查,推力瓦外侧塑料有承受高温后烧瓦的现象,外侧塑料因为高温后被挤出。对镜板镜面进行检查,镜板镜面有明显划痕。

转子吊出后,拆出镜板,对镜板镜面进行检查,镜板镜面有烧伤痕迹,烧伤的严重程度为由内到外由轻变重,内圈无烧伤痕迹。

对推力瓦间隔块间隙进行了检查,发现部分间隔块与推力瓦的间隙与设计图纸存在偏差。

对推力瓦的活动程度进行了检查,推力瓦均能活动。

推力瓦拆出后,对推力瓦进行了检查,推力瓦有烧伤痕迹,推力瓦有磨偏现象,外圈磨损严重,靠近内侧无明显磨损。对推力瓦内侧和外侧的厚度进行了测量,推力瓦磨偏现象比较严重。

对推力瓦托盘背面进行了检查,发现推力瓦托盘背面与支柱螺钉接触面有凹坑现象。

2. 2. 1对推力轴承绝缘及油质进行检查判断

某水电站推力轴承绝缘方式是在推力头与镜板间设绝缘垫,镜板固定螺栓和定位销加装绝缘套。将推力头与镜板连接螺栓和定位销拆除,对绝缘套外观进行检查,未发现绝缘套有损伤,对绝缘垫进行检查,未发现绝缘垫有损伤。推力轴承回装后,对推力轴承对地绝缘电阻进行测量,符合设计要求,由此确定绝缘材料完好。

对同一批到货的透平油进行了化验,透平油水分含量符合规范要求,因此油质问题排除。

2. 2. 2冷却水压检查

4号机组因推力轴承温度高非正常停机以后,在运行中控室调出上位机数据查看,推力轴承冷却水未出现中断报警或者压力低报警。在技术供水室现地投入4号机组技术供水,推力轴承

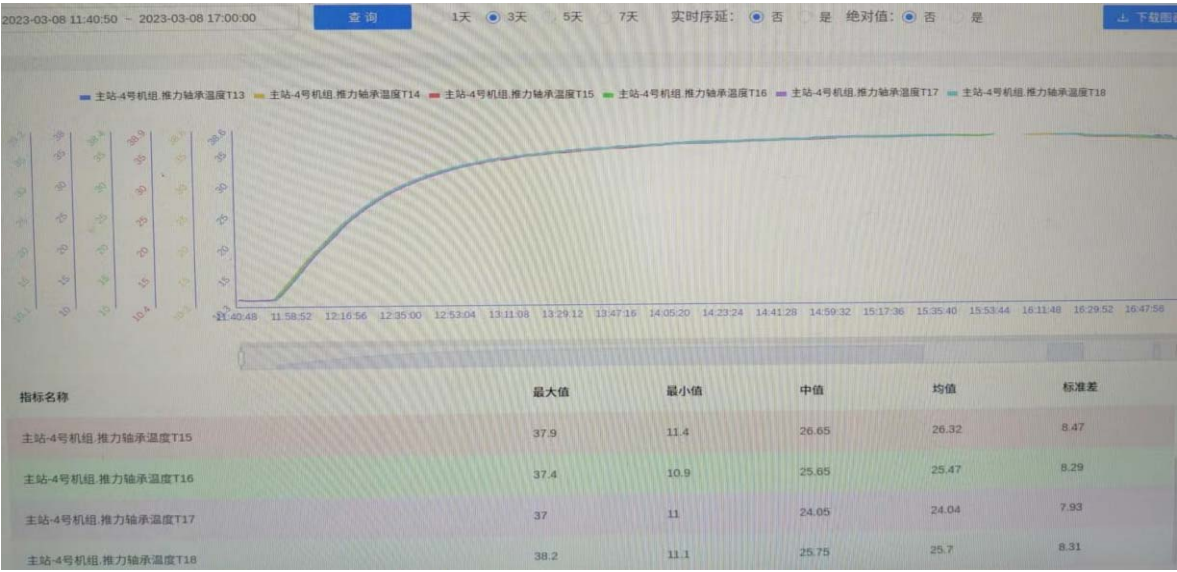


图 2 4 号机组空转状态推力轴承温升曲线

进、出水压力正常,示流信号器指示灯正常。对技术供水主管路、推力轴承冷却水管路进行拆开检查,未发现异物。对推力轴承冷却器端盖拆除,对推力轴承冷却器管路进行检查,发现其中一个冷却器端盖内有一个小石子和少量的焊渣,这并未造成推力轴承冷却水中断或冷却水的进出水压力降低,因此排除冷却水因素导致烧瓦。

2.2.3 推力轴承油位检查

4号机组停机后,对推力轴承油位计进行检查,与初始油位一致,拆除油槽盖后检查推力轴承油面,处于设计要求位置,因此排除油位过低因素。

2.2.4 安装工艺验证判断

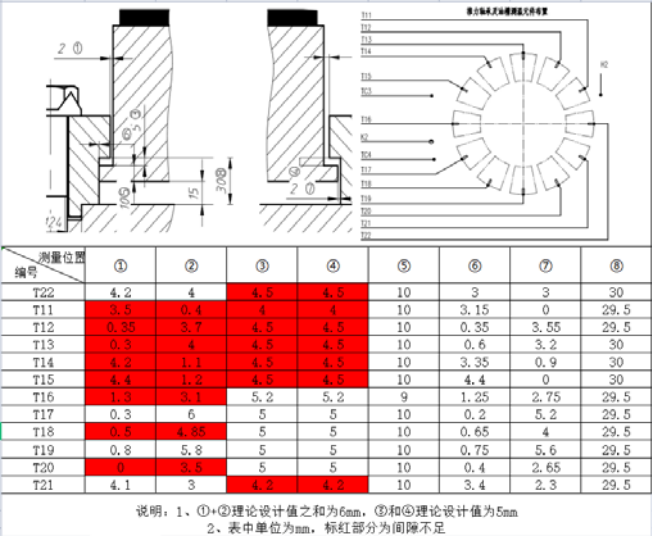
4号机组盘车前、后,对推力瓦受力进行了受力调整,在盘车过程中对镜板动态水平进行测量,水平度在0.02mm/m以内。通过机械盘车的方法,对机组轴线进行了检查、调整,机组盘车数据符合规范要求。机组动态调试以来,4号机组通过了空转考验瓦温试验、过速试验、调速器试验、发电机短路升流试验、发电机升压试验、带负荷试验等,试验过程中各部轴承温度正常,推力瓦受力均匀,推力轴承温度正常。空转状态考验瓦温时,推力轴承温升曲线如图2所示。推力瓦最高温度T18: 38.2℃,推力瓦最低温度T17: 37.2℃,最高与最低温差1℃,排除了推力瓦因受力不均匀而产生过热的因素。

2.2.5 推力瓦间隔块间隙和推力瓦活动情况检查

在4号机组镜板拆除后,对推力瓦的活动情况进行了检查,12块推力瓦均能活动自如,未发现“死瓦”情况。对12块间隔块与各推力瓦的间隙进行了测量,测量数据如表1。根据测量数据分析,有8块推力瓦两侧间隙之和与设计值相比有所偏小,有7块推力瓦与间隔块的轴向间隙偏小,现场检查了推力瓦的活动情况,12块推力瓦均能活动,推力瓦与间隔块之间的间隙偏小

虽然影响推力瓦的活动幅度,但是影响不大,因此分析间隔块不是导致推力瓦烧瓦的直接原因。

表1 间隔块与各推力瓦的间隙测量数据表



2.2.6 推力瓦自身检查判断

4号机组与1号、2号和3号的推力瓦设计图纸相同,均由同一厂家制作,1号至3号机组推力轴承未发生烧瓦事故,因此排除推力瓦自身因素。

对4号机组推力瓦面进行了检查,瓦面偏磨现象严重,推力瓦外侧烧毁磨损严重,越往内侧,烧毁程度越轻,内侧几乎无烧毁现象。对推力瓦的内外侧磨损程度进行了测量,通过测量数据分析推力瓦偏磨量有1.1mm~1.6mm,磨损测量数据如表2:

根据推力瓦的偏磨情况分析,是镜板发生变形造成的推力瓦偏磨,镜板产生了“弓形”变形,内圈高,外圈低,这是造成推力瓦偏磨的原因,也是造成推力瓦烧瓦的直接原因。

表2 推力瓦磨损测量数据表

编号	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22
内侧	84.9	85.2	85.2	85.3	85.4	85.0	85.3	84.9	85.3	85.6	84.9	85.4
外侧	83.7	83.8	84.1	84.1	84.1	83.6	84.0	83.3	83.8	84	83.8	84.0
内外之差	1.2	1.4	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3	1.6	1.5	1.6	1.1	1.4

2.2.7 推力瓦托盘检查判断

根据以往同类型、相近容量机组安装经验,一般在推力瓦托盘底部设置铬钢垫,以增加推力瓦托盘底部的刚性,防止因机组长时间运行推力瓦托盘底部产生磨损和变形。因3号、4号机组未设置铬钢垫,因此对4号机组推力瓦托盘底部的变形、磨损情况进行了测量,发现有7个(T12、T13、T17、T18、T19、T21、T22)推力瓦托盘底部有凹坑现象,其余的推力瓦托盘底部0.05mm塞尺通不过,测量数据见表3。

表3 推力瓦托盘底部变形量测量数据表

编号	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22
变形量	<	0.07	0.16	<	<	<	0.05	0.08	0.11	<	0.07	0.13
(mm)	0.05			0.05	0.05	0.05				0.05		

根据推力瓦烧瓦前的温升曲线分析,各推力瓦之间的温差并未产生明显的加大现象,而且3号机组推力轴承设计形式与4号机组一样,因此排除推力瓦托盘变形的因素。

2.2.8 镜板变形检查判断

4号机组推力轴承镜板拆除后,对镜板镜面进行了外观检查,发现镜板镜面上有划痕,有烧伤的痕迹。镜板返厂后镜板修复之前,镜板上床子后架设百分表,对镜板变形情况进行测量,发现镜板产生了“弓形”变形,变形量为1.4mm~1.5mm,这就造成了推力瓦的偏磨现象,因为镜板变形较大,这就造成了推力瓦与镜板的接触面积减小,靠近推力瓦外侧负荷增加,推力瓦内侧负荷减小,油膜遭到了破坏,推力瓦与镜板干摩擦,推力瓦外侧温度上升加快,进而导致推力瓦烧瓦磨损,外侧塑料承受高温软化后被

挤出,推力瓦瓦面塑料被磨成碎末状,划伤了镜板的工作镜面。

由上分析判断,镜板产生“蝶形”(弓形)变形是造成本次推力瓦烧瓦的直接原因。

推力轴承镜板材质为45#钢,为锻件加工而成,镜板粗加工后要求进行热处理,待锻件内部应力释放完全后再进行精加工。某水电站4台机组镜板均来自同一厂家,1号、2号机组镜板到货前,1号、2号机组镜板出现过变形现象,厂家对1号、2号机组镜板在厂内进行了热处理,并把镜板再次进行了加工,消除了镜板的变形量,因此1号、2号机组自投运以来,推力轴承运行情况正常。

综合以上情况分析,4号机组推力瓦烧瓦事件的发生是因为4号机组在运行过程中因镜板内部应力释放造成镜板产生弓形变形引起的推力轴承烧瓦事件。

3 改进方案及结果

将镜板进行返厂处理,处理方法是镜板上床子进一步加工,消除镜板的变形量,镜板设计厚度135mm,镜板处理以后厚度为131.77mm。同时对烧毁磨损的12块推力瓦全部更换为新瓦。根据推力瓦与间隔块的间隙实测值,对不符合设计要求的,把间隔块进行了再次加工。4号机组重新安装后,对4号机组进行了空转状态下的瓦温考验试验、机组甩负荷试验和带负荷试运行,推力瓦温度正常。

[参考文献]

[1]江志满,武中德.水轮发电机组推力轴承烧瓦原因分析及改进措施[J].水电站机电技术,1994,(1):13-17.

[2]付蕾.水轮发电机组轴承瓦温高的原因分析及改进措施[J].科技创新与应用,2012,(27):134.

[3]程明,袁博,黄昌华.大型水轮发电机组推力轴承瓦温升高综合分析法[J].水电站机电技术,2024,47(3):22-25.

作者简介:

陈磊(1985—),男,汉族,河北省保定市人,本科,工程师,研究方向:热能与动力工程(水动方向)。