

浅析磨子水电站上导推力油槽结构优化

方戊强¹, 胥刚², 李俊文², 杨懿²

(1. 四川省紫坪铺开发有限责任公司, 四川 成都 610091; 2. 丹巴洁尔美水电开发有限公司, 四川 甘孜 626300)

摘要:磨子水电站在机组安装后烤瓦温时推力瓦温及油温均超过报警值, 通过对油槽结构及冷却器优化改进, 最终有效地控制了上导瓦、推力轴瓦温度及油槽油温, 此次处理过程思路及方法, 为同行业类似结构机组改造提供参考。

关键词:瓦温超限; 油循环; 结构改进; 冷却器

中图分类号: TV74; TE976; N945.15

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2022)05-0129-04

Analysis on Structural Improvement of Thrust Bearing Oil Tank in Mozi Hydropower Station

FANG Wuqiang¹, XU Gang², LI Junwen², YANG Yi²

(1. Sichuan Province Zipingpu Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610091;

2. Danba Jieermei Hydropower Development Co., Ltd. Ganzi Sichuan 626300)

Abstract: The thrust pad temperature and oil temperature of Mozi Hydropower Station exceed the alarm value in the time of baking pad temperature after unit installation. Through the optimization and improvement of the structure of the oil tank and the cooler, the temperature of the upper guide bush, thrust bearing bush and the oil temperature of the oil tank are effectively controlled. The treatment ideas and methods can provide reference for the renovation of units with similar structures in hydropower industry.

Key words: Bearing temperature out of limit; Oil circulation; Structural improvement; Cooler

1 概述

磨子水电站位于四川省甘孜州丹巴县境内, 2021 年投产, 为引水式电站, 装机容量 2×35 MW, 额定水头 396.0 m, 额定转速: 428.6 r/min。发电机采用 SF38-14/4200 型主轴悬垂型密闭循环空气冷却水轮发电机。发电机主轴同转子支架及滑转子、推力头热套成一体。上导轴承采用 8 块偏心瓦, 推力轴承采用 8 块扇形氟塑瓦。上导轴承、推力轴承共用一个油槽, 油槽有效容积 2.5 m^3 , 采用串片式冷却器, 设计冷却水工作压力 0.2~0.4 MPa, 设计冷却水流量 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

两台机组动平衡试验过程中, 都出现上导瓦、推力瓦温度异常升高情况。1 号机组第一次试机约 1.5 h, 推力瓦、上导瓦初始温度在 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右, 停机时推力轴瓦温 $55.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (报警温度 $55 \text{ }^\circ\text{C}$), 上导轴瓦温度 $56.9 \text{ }^\circ\text{C}$ (报警值 $60 \text{ }^\circ\text{C}$), 且瓦温均有明显上升趋势, 不符合标准要求, 机组投运前必须

解决该问题。通过对整体结构分析试验, 先后进行多次油槽结构优化改进, 最终有效控制瓦温、油温。

2 温度控制措施

发电机上导、推力轴承装配见图 1。机组瓦温及油温不仅受到冷却器的影响, 同时还受到油循环的影响, 针对上导瓦、推力瓦温度异常情况, 从冷却水、冷却器、轴瓦、油槽结构来检查。

2.1 检查冷却水是否正常

检查机组轴承冷却水是否通畅。启动 1 台技术供水泵向 1 号机组供水, 检查机组上导推力油槽冷却水情况, 冷却水流通正常。可排除冷却水中断是造成机组轴承瓦温过高的原因。

检查冷却水流量是否偏小。启动 2 台技术供水泵向 1 号机组供水, 并全开上导推力油槽冷却水进水阀开度, 将下导油槽、水导油槽、空气冷却器冷却水进水阀开度关至 50%, 这种情况下上导推力油槽冷却水流量远大于设计流量, 开机烤瓦

收稿日期: 2022-04-21

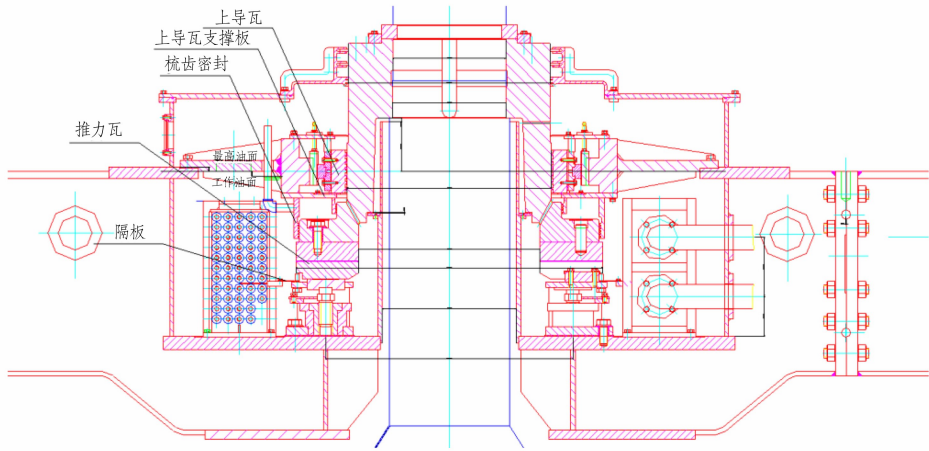


图1 发电机上导、推力轴承装配图

温推力瓦、上导瓦温度无明显下降。可排除冷却水流量小造成瓦温高的原因。

2.2 检查冷却器制造及安装问题是否正常

检查发现冷却器部分铜管翅片安装质量不好,经主机厂及冷却器厂检查确认该情况对冷却器效率影响不大。两台冷却器解体检查,冷却器端盖安装方向正确,端盖密封无损坏。

2.3 检查轴瓦及油槽结构是否可以优化改进

上导瓦采用偏心瓦(免刮瓦),检查发现:上导瓦进、出油边开口及坡度较小,对油循环有一定影响,从而影响瓦温^[1],增大瓦进、出油边开口,提高流入上导瓦间隙的透平油量,促进油循环。经分析后做以下处理:上导瓦进油边刮削出 0.5 mm × 60 mm 周向楔形渐变通道,出油边刮削出 0.5 mm × 35 mm 周向楔形渐变通道,刮削后的

进、出油边与轴瓦原加工面平滑过渡;将上导轴瓦单边间隙调大至 0.16 mm(初次安装间隙为 0.15 mm,设计间隙为 0.12~0.20 mm)。

由于冷却器顶部内圈未安装挡油板,导致部分上导轴承热油经排油孔后直接流入推力轴承热油区,一定程度上影响透平油冷却^[2]。对此采取引流措施,将上导轴承流出的热油引至冷却器外侧通道进行循环冷却;同时在冷却器顶部隔板对称增设四个 φ80 落油孔,径向位置与原有两处一致。推力轴承冷油区、热油区为设置分隔板与推力轴承座间隙较大。在推力轴承座上平面边缘,点焊一圈 φ10 圆钢,以减少热油自冷却器中间隔板间隙直接流入冷油区。

7月11日,1号机组空转烤瓦温4h,7月11日1号机组瓦温记录见表1。

表1 2021年7月11日1号机组瓦温记录

位置	时间	轴瓦编号								油温
		1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	
上导瓦温 /°C	14:12	19.6	19.4	19.7	19.5	19.5	19.6	19.7	19.3	17.6
	14:32	33.8	32.5	31.8	32.2	31.5	30.7	32.7	31.3	29.9
	15:12	51.3	51.7	51.7	51.5	50.7	50.1	54.3	50.0	45.2
	16:12	55.5	56.2	56.2	55.9	55.2	54.7	55.7	54.4	49.4
	17:53	58	58.4	58.4	57.9	57.4	57.1	56.9	56.9	51.6
推力瓦温 /°C	14:12	19.1	19.0	19.1	19.1	19.1	19.2	19.3	19.1	17.6
	14:32	24.3	25.1	26.7	27.5	24.7	25.8	25.2	26.4	29.9
	15:12	46.2	46.7	47.6	48.1	46.5	47.3	47.1	47.4	45.2
	16:12	52.1	52.1	52.9	53.2	52.2	52.7	52.6	52.5	49.4
	17:53	54.8	54.8	55.4	55.8	55.0	55.4	55.3	55.2	51.6

从表1可看出:机组空转4h,上导瓦温度未超出报警值,但推力瓦温度最高55.8℃,透平油

温度最高 51.9 °C,均超过报警值。《DL/T622—2012 立式水轮发电机弹性金属塑料瓦技术条件》规定:氟塑料瓦允许在 55 °C 以下长期运行,达 55 °C 报警,达 60 °C 时停机;油槽热油温度不超过 50 °C 时,允许塑料推力瓦可长期运行。若机组长期带负荷运行,温度可能继续上涨,需要进行处理。

联系使用该厂家同类机组的电厂,均未出现此类问题。联系发电机主设计师了解到:磨子水电站发电机组与同类机组相比,主要改动为缩短上架与转子间距离,以减小机组摆度。因此造成机组上导、推力油槽容积减小,设计的冷却器体积减小、换热容量减小^[3]。

在不更换冷却器的情况下,尝试减少油循环阻力来提高冷却器冷却效果。研究后决定,在推力轴承冷、热油区分隔板在冷却器两端盖处间断,此处增设分隔板,以减少热油、冷油混合;对冷却器内、外侧上层冷却管各拆除第二、第三根冷却管,并安装无翅片铜管,减少翅片对油循环的阻力;取消冷却器顶部外侧挡油板;增设冷却器顶部内侧挡油板,减少上导轴承热油直接落入推力轴承热油区;取消两冷却器端盖间上方挡油板。

7 月 16 日,1 号机组空转烤瓦温 4.5 h,上导瓦温度未超限(最高温度 58.8 °C)但仍有上升趋势,推力瓦温度已超报警温度(最高温度 56.0 °C)且仍有上升趋势,停机时油槽油温 54.2 °C,冷却水排水温度约 23 °C。

机组运转过程中,透过观察窗可看到,上导、推力油槽内油面波动无明显变化,说明油槽内透平油循环没有得到明显改善。此前两次处理方案,只是在不改动轴承装置主体结构上进行局部优化改动,根据机组运行情况来看,这些措施不能有效加强油槽内油循环。

从上导推力轴承结构上分析:推力头外有梳齿密封环包裹,推力头无法带动油循环,油槽内透平油仅靠镜板带动油循环;油槽内透平油仅靠镜板带动油循环^[4],由于油槽整体容积减小,导致内部透平油循环发生变化。

为不影响机组投产前试验,再次尝试优化油槽结构,若无法有效降温则定制新的冷却器。经分析后决定切除推力头外的梳齿密封环,露出推力头以增强油槽内透平油循环动力;在上导瓦支

承板上两上导瓦间加工出 36 mm×120 mm 孔,以促使支撑板下方透平油翻滚至上导轴承,提高透平油循环速度;刨除第一次处理时增设的流道,较少油循环阻力。

7 月 18 日,1 号机组推力头外的梳齿密封环切除、上导瓦支撑板加工后,开机空转考瓦温,机组运转过程中,透过观察窗可看到,上导、推力油槽内透平油翻滚剧烈,油循环速度加快。停机前推力瓦温度已经趋于稳定,上导瓦最高温度 57.0 °C,推力瓦最高温度 55.0 °C,油槽油温 51.1 °C。推力瓦温、油槽油温均在报警值边缘。在此时的瓦温油温情况下,通过不间断向技术供水循环水池补充河水(河水温度约 10 °C),使冷却水进水温度一直处于较低的温度,可保证并网试验继续进行。同时也表明通过继续优化油槽结构已无法大幅度降温,继续降温需要更换冷却器。推力头外的梳齿密封环切除前后见图 2,上导瓦支撑板钻孔前后见图 3。

2.4 冷却器优化改进

为确保更换新的冷却器后可有效降温,从增加冷却器热交换容量、优化冷却器结构、减小冷却器造成的油循环阻力方面考虑,对新的冷却器结构做以下改动:取消冷却器顶部外侧挡油板,增设冷却器顶部内侧挡油板,使油循环路线更合理;铜管间距由 45 mm 增大至 48 mm,减小油循环阻力;铜管层数由 9 层增至 11 层,增加两冷却器长度,两冷却器尾部端盖间距由 25 mm 减少至 10 mm,增大冷却器热交换容量^[5];重新制作冷却器中间分隔板,各分隔板中间无间隙,分隔板与推力轴承座间隙小于 5 mm,减少热油未经冷却直接流入冷油区;派专人驻厂严格要求冷却器制作工艺。

8 月 5 日,1 号机组更换新的冷却器后,并网带额定负荷运行,机组瓦温记录显示上导、推力轴承技改并更换冷却器后,上导瓦温、推力瓦温、油温均大幅度降低,8 月 5 日 1 号机组瓦温记录见表 2。

从表 2 可看出,1 号机组使用新的冷却器后,上导瓦、推力瓦、透平油温度均大幅度降低,瓦温及油温高处理思路及方法正确,取得良好的效果。

2 号机组参照 1 号机组处理方案进行结构优化改进后,于 8 月 12 日经 5 h 空转运行,瓦温、油温均与 1 号机组相近,正常投运。

3 结 语



图2 推力头外的梳齿密封环切除前后



图3 上导瓦支撑板钻孔前后

表2 2021年8月5日1号机组瓦温记录

位置	时间	轴瓦编号								油温
		1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	
上导瓦温 /℃	10:22	20.0	20.1	18.8	18.5	20.1	20.1	20.1	19.0	19.0
	11:10	37.9	34.5	35.9	35.4	37.0	37.2	34.6	37.3	23.5
	12:47	38.2	34.8	36.0	35.3	37.0	37.1	34.8	37.4	24.0
	15:19	38.5	35.1	36.0	35.4	37.2	37.1	34.8	37.4	24.0
推力瓦温 /℃	10:22	20.4	20.3	20.4	20.3	20.4	20.3	20.4	20.4	19.0
	11:10	28.8	28.4	28.1	29.0	28.3	28.5	28.6	28.3	23.5
	12:47	29.3	29.0	28.7	29.5	28.8	29.1	29.0	28.8	24.0
	15:19	29.6	29.4	29.0	29.9	29.0	29.5	29.5	29.2	24.0

磨子水电站调试期间,两台机组瓦温超限的情况,严重影响机组调试、并网试验进程。磨子水电站从机电安装、设备质量、机组结构、产品设计等方面研究分析,对新机型油槽结构及冷却器进一步优化改进,取得了良好的效果。同时,冷却器设计及制作工艺对轴承瓦温及油温影响巨大,在冷却器设计定型、设备验收方面也应重点关注。

目前机组稳定运行已超过半年,各瓦温及油温稳定。磨子水电站对上导、推力油槽结构的改进经验,可对同类结构机组技改提供参考借鉴。

参考文献:

- [1] 张诚,陈国庆. 水轮发电机组检修. [M]. 北京:中国电力出版社. 2011.
- [2] 刘云. 水轮发电机故障处理与检修. [M]. 北京:中国水利水电出版社. 2002.

[3] 王玲花. 水轮发电机安装与检修. [M]. 北京:中国水利水电出版社. 2012.

[4] 陈秀芝. 水轮发电机机械检修. [M]. 北京:中国电力出版社. 2003.

[5] 张扬,刘国峰,张维欢,等. 水轮发电机组推力轴承油槽内流动及传热特性研究[J]. 水力发电. 2021(5):57-62.

作者简介:

方戊强(1990-),男,河南开封人,工程师,学士,从事水电站机械

设备检修维护工作;

胥刚(1985-),男,四川成都人,大专学历,工程师,从事水电站

机电设备检修维护工作;

李俊文(1972-),男,四川眉山人,中专学历,从事水电站机电设备

检修维护工作;

杨懿(1992-),男,四川甘孜人,中专学历,从事水电站机电设备

检修维护工作.

(责任编辑:吴永红)