

冶勒水电站水斗式水轮机推力轴承瓦温超限问题处理

何定全¹,程云山²

(1.中国水利水电第七工程局机电安装分局,四川 彭山 620860;2.河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098)

摘要 冶勒水电站 1 号机组在试运行过程中推力轴承瓦温超过设计的报警温度,无法继续运行。停机分析后认为,可能是推力瓦受力不均、热交换量不够、冷却系统本体存在缺陷等所致。采取的措施有 ①在推力瓦盖上增加 12 个直径为 40 mm 的通油孔,使油流畅通,增加推力瓦面的油流速度,增大热交换量;②取消冷却器套管,使油流更自由,油和水的热交换更充分;③增加 6 个冷却器,并在原管路的对称方向增加一套冷却供排水管路。通过这样的处理和改造,使推力轴承瓦温恢复正常,保证了机组的安全稳定运行。

关键词 冶勒水电站 水轮发电机组 推力瓦 温度异常 水冷却

中图分类号 :TK730.3+22 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2006)05-0062-02

Dealing with problem of over-limit temperature of thrust bearing pad in scoop-type water-turbine generator set at Yele Hydropower Plant//HE Ding-quan¹, CHENG Yun-shan²(1. The Mechanical & Electrical Erection Company of the Seventh Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau of China, Pengshan 620860, China; 2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract :That the temperature of thrust bearing pad exceeds the alarm temperature designed for unit No.1 at Yele Hydropower Plant impedes the normal operation of the unit. Shutdown analysis shows that nonuniform stress distribution in the bearing pad, the poor heat exchange, the inherent drawback of the cooling system, etc. are the main causes. Some measures are taken to deal with the above problems, including adding of 12 pores with the diameter of 40mm on the bearing pad to make the oil stream flow more smoothly and rapidly and to increase the amount of heat exchange; canceling of casing tube in cooling apparatus to make the heat exchange between oil and water more sufficiently; adding of 6 coolers and a set of pipeline for water supply and discharge at the symmetrical side of the original pipes. Through the adoption of the measures and reformation of the device, the temperature of the bearing pad returns to its normal value, and the safe and stable operation of the unit is realized.

Key words :Yele Hydropower Plant; water-turbine generator set; thrust bearing pad; abnormity of temperature; water cooling

冶勒水电站安装两台 120 MW 水斗式水轮发电机组,发电机为悬吊式结构,轴系为发电机轴和水轮机轴两段轴,推力头现场热套。推力轴承和上导轴承共用一个油槽,冷却方式为内循环水冷,冷却水取自地下厂房的机组尾水流道,水温 7~14℃。原设计安装 14 个立式冷却器。推力瓦面设有高压油润滑系统,在机组开停机过程中转速低于 75% 额定转速时高质油润滑系统投入运行。推力轴承采用刚性球面支撑结构,该支撑结构可以根据实际转速自动调整所需的润滑间隙,同时也能够在运行过程中自动补偿各推力瓦之间的微量偏差。推力轴承整体结构见图 1。

1 推力轴承温度异常现象及原因分析

在 1 号机组试运行过程中,在机组充水启动后,

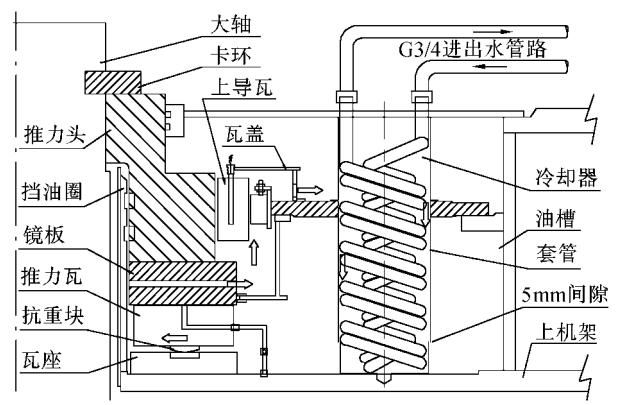


图 1 推力轴承结构

推力瓦温度呈直线上升,无法稳定。机组推力瓦温度设计为 65℃ 报警,70℃ 自动停机,当推力瓦温度达到 68℃ 时被迫停机终止试运行。此时上导瓦温度为 56℃,油温为 51.5℃,冷却水进水温度为 9℃,

作者简介 何定全(1974—),男,四川营山人,工程师,从事水电站机电安装施工技术与管理工。E-mail :dqhe@163.com

出水温度为 10℃。各推力瓦温度比较均匀,最高温度为 68.92℃,最低温度为 62.3℃,平均为 67.2℃,并且此时高压润滑油系统尚没有被切除。

造成推力瓦温度异常的主要影响因素可能有推力瓦的受力不均、热交换量不够和冷却系统本体缺陷等。推力瓦的受力不均分为每块瓦的受力是否均匀和瓦面单位受力是否超载两种情况。从前期的施工情况分析,镜板的水平依靠油槽底座的水平来保证,推力瓦的受力通过研磨抗重块来实现,最后检查受力是通过在镜板和推力瓦之间加 0.02 mm 的不锈钢垫,手动抽拉检查其受力是否一样。根据测得的瓦温显示,所有推力瓦温度都高,而不是个别推力瓦急剧升高。因此可认为各推力瓦的受力是一致的。对瓦面单位荷载,根据实际计算,推力负荷约为 2520 kN,单位负荷强度为 3 MPa,推力瓦的设计最大承受载荷为 4 MPa,能满足要求。

热交换量不够可分为推力瓦和油的热交换量不够和油与冷却水的热交换量不够两种。假设冷却水流量和进出水温度差均为定值。根据热力学计算公式^[1] $\Delta Q = CM\Delta T$,且 $Q_{放} = Q_{吸}$ (忽略热损耗),即

$$C_1 M_1 (T_1 - T_2) = C_2 M_2 (T_2 - T_3) \quad (1)$$

式中: C_1 为被冷却体的比热容, J/(kg·K); C_2 为冷却液的比热容, J/(kg·K); M_1 为被冷却体的质量, kg; M_2 为冷却液的流通质量, kg; T_1 为被冷却体的初始温度, K; T_2 为热交换平衡后的共同温度, K; T_3 为冷却液的初始温度, K。

由式(1)可知,要降低推力瓦的温度,就意味着要减小 T_2 ,即增加 ΔQ ,这可以通过增加油的流通质量(M_2)来达到降低油温(T_2)。

推力瓦和油的热交换,可以通过增加油的流通质量来实现。根据推力轴承的结构进行分析,油从推力瓦的进油边进入推力瓦后,分成两路,一部分从出油边进入下一块推力瓦,一部分向外甩出推力瓦面回到油槽,在油槽底部形成小循环。因此增加流量可以采取改善油循环(流速)和加大推力瓦进油边(流通面积)的方式来实现。经过制造厂家 ALSTOM 公司校验,认为其设计的推力瓦进油边满足设计要求,不同意修改。要改变油的流速必须从推力轴承镜板泵的结构上进行修改,难度较大,因此只能想办法改善油循环,使油流畅通从而增加推力瓦面油流速。

通过油与冷却水的热交换,可以降低油温。假设冷却水流量和进出水温度差恒定,则降低油温就必须加大油在冷却器中的流通量。根据推力轴承的结构进行分析,推力油槽的油循环方式如图 1 中箭头所示:油槽底→两推力瓦之间空隙和推力瓦面→

挡油筒→上导瓦→上导瓦盖的出油孔→冷却器→冷却器套管间隙→油槽。热油和冷却水的热交换主要在冷却器套管中进行,套管内径 200 mm,间隙只有 5 mm,在镜板泵的流速一定时,可能由于间隙太小减少了流通面积,从而限制了油的流通量。

冷却系统本体缺陷分析可假定油的流通质量一定,主要目的是增加 ΔQ 即冷却器的吸热量,从而降低油温。可采取增加冷却水的流通质量(流量 q)和增加 ΔT (升高冷却水出水温度)两种方法来实现。

冷却水流量决定于流速和管径,计算公式^[2] 为

$$q = vs = C_V (2g\Delta h)^{1/2} s \quad (2)$$

式中: C_V 为流速系数; q 为流量, m³/s; Δh 为进出口水头差, m; s 为管路过流面积, m²。

由式(2)可知,要增加冷却水流量必须加大冷却水的水头差和管径。技术供水泵的扬程决定了进排水水压,更换泵的成本较高,因此可以选择降低出水压力来增大 Δh 。要达到这一目的,采取增加管径的办法比较容易实现。

2 推力轴承瓦温异常处理

根据以上分析,我们先从改变热交换的方向进行处理。由推力轴承结构可知,为防止油甩出,在上导瓦的上方设计有瓦盖,钻有 12 个直径为 40 mm 的过油孔。但电气设计的导瓦和大轴的等位线,也从该孔穿出,因此每个孔有 2 根直径为 20 mm 的电缆阻挡了油的通道,为扩大其通道,在瓦盖上增加 12 个直径为 40 mm 的通油孔,使油流畅通,从而增加推力瓦面的油流速。冷却器的外部设有 1 个套管,其作用是导流和保护冷却器,但间隙太小,是否可以将套管切割缩短,这样既不会影响其设计功能,又可加大出油通路。经过增加通油孔和缩短冷却器套管的处理后,机组开机再运行,测得推力瓦温度能在 68.26℃ 稳定下来,油温 45℃,进水温度 9℃,出水温度 10.2℃。推力瓦温有所改善,但仍然较高且高压润滑泵无法停止运行。后经过对冷却器的强度校核,认为可以不用套管,从而取消冷却器套管,使油流更自由,油和水的热交换更充分。经过这样第 2 次处理后,推力瓦的运行温度能稳定在 68.01℃,油温 41℃,进水温度不变,出水温度 10.5℃。高压润滑油系统也可在设计值即 75% 额定转速时切除。

改进冷却器本体,增加吸收热量 ΔQ ,通过降低油温来降低推力瓦的温度。原设计为 14 个立式冷却器,有 6 个备用孔(图 2 中位置 5, 6, 10, 15, 16, 20),可在这些位置增加 6 个冷却器。于是在原设计基础上增加了 6 个冷却器,并在原管路的对称方向增加 1 套冷却供排水管路。(下转第 68 页)

转移到跨界水污染的预防协商。这一层面的协商形式和内容多样,可以根据情况而定,协商的内容包括信息互通、排污督察、水质监测、防污技术交流等,通过水污染发生前的协商可以加强沟通,缓解矛盾,预防矛盾的激化,自我达成解决协议,将跨界水污染消灭在萌芽状态。

当跨界水污染纠纷发生时,地方层面的跨界水污染治理协商首先应及时控制事态发展,维护社会安定,然后使得各主体对于受损地区的经济补偿标准达成一致意见,纠纷中利益遭受损失的一方通常得到合理的补偿,并制定适当的治污方案、合理的水量分配方案等。

5 结 语

在长三角一体化的发展过程中,生态环境的保护已受到人们的高度关注,在国家科学和谐发展观的指导思想下,协商已成为跨界水污染治理的主要方法之一。跨界协商在以往的水污染治理中已取得一定的成果并积累了一定的经验,但从实践来看,现行的协商机制还不完善,存在着一定的局限性。由于我国社会经济处于转型之中,面对复杂的问题必

须采用现实的策略,在长三角跨界水污染治理中建立战略层面、管理层面、地方层面的多层次但相互支持的协商机制,并分别采取不同的协商组织方式,形成不同的协商内容框架。跨界水污染治理多层次协商机制能够搭建广泛利益相关者政治参与和表达的渠道,是一种合作解决和自我解决问题的模式,作为一种合作解决模式,它有利于满足各方的发展要求,作为一种自我解决模式,它又强化了参与主体的责任,体现公平与公正。

参考文献：

[1] 太湖流域水资源保护局.太湖流域省际边界重点地区水资源保护专项规划调查评价报告(征求意见稿)[R].上海:太湖流域管理局,2005.
[2] 高杰.江浙两省合作治污 建立三个机制,加强协调沟通[N].中国环境报,2002-09-13(3).
[3] 蔡守秋.论跨行政区域的水环境资源纠纷[J].江海学刊,2002(4):128-135.
[4] 王树功.跨区域河流水污染综合整治的设计研究[J].上海环境科学,2001(12):577-579.
[5] 赵来军,李怀祖.流域跨界水污染纠纷对策研究[J].中国人口·资源与环境,2003(6):49-53.

(收稿日期 2006-07-25 编辑 骆超)

(上接第 63 页)原供水管路为上游侧预埋 DN100 变径为 DN65,然后分三通变径为 DN50 的环管;后改为在 DN100 预埋管路处开三通,增加 1 套一样的供排水管路,到原供水管路的对称方向给冷却器环管供水,如图 2 所示。这是第 3 次处理。经过这 3 次处理,推力轴承瓦温已达到了设计值要求(见表 1)。

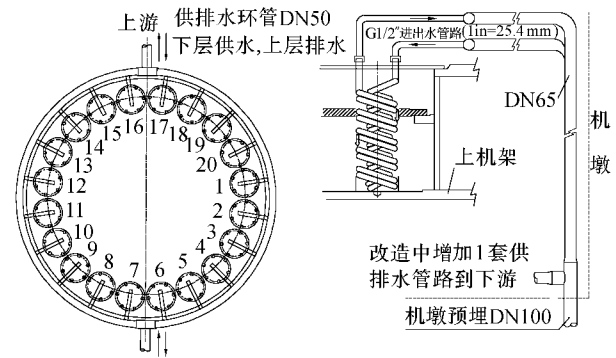


图 2 推力轴承冷却器及管路布置

表 1 处理前后的推力瓦冷却参数

处理状况	推力瓦温/℃	油温/℃	进水温度/℃	出水温度/℃	进水压力/MPa	出水压力/MPa	冷却水流量/(m³·h⁻¹)
处理前	68.92	51.5	9	10.0	0.16	0.05	35
第 1 次处理	68.26	45.0	9	10.2	0.16	0.05	35
第 2 次处理	68.01	41.0	9	10.5	0.16	0.05	35
第 3 次处理	64.20	36.5	9	12.0	0.16	0.02	38

3 结 语

a. 通过改造,冶勒水电站水斗式水轮发电机组推力轴承瓦温超限问题得到了解决,推力瓦的运行温度能保持在 64.2℃ 长期稳定运行。由表 1 可知,改造后的冷却效果更加明显,虽然总的冷却水流量没有大的变化,但增加了管路即增大了流通面积,降低了流速,增加了 6 个冷却器,使冷却器水与油的热交换更为充分。

b. 根据制造厂商的校核和试验,推力瓦材质成分 Sn 为 (90 ± 0.5)%, Sb 为 (6.5 ± 0.5)%, Cu 为 (3.5 ± 0.5)%, Pb 小于 0.2%,可以保证在 80℃ 以下安全运行。据此,将推力瓦的报警温度调整为 70℃,停机温度 75℃。因此,即使在夏季,地下厂房的冷却水进水温度最高为 14℃ 的情况下,也能保证推力轴承的长期安全运行。

参考文献：

[1] 张也影.流体力学[M].2 版.北京:高等教育出版社,1998:171.

(收稿日期 2006-03-09 编辑 马敏峰)