

推力轴承外循环冷却方式在实际应用中具有的优缺点

鄢天留¹, 刘旭东²

(1. 中国水电建设集团圣达水电有限公司, 四川 乐山 614013; 2. 四川美姑河水电开发有限公司, 四川 成都 611130)

摘要:随着科技水平的不断发展进步和制造加工工艺的提高,水轮发电机组结构形式打破了传统的设计理念,利用推力轴承中镜板转动的离心力及泵原理、冷却器外置、外循环冷却技术在水轮发电机中得到了广泛应用。以两台结构形式和技术参数相近的机组为例,通过运行数据统计以及维护检修实例,分析总结出外循环冷却方式在实际应用中具有的优缺点,对可以改进的地方提出了建议,期望对同行业电力设计单位和生产单位选型或技术改造提供参考和借鉴。

关键词:推力轴承;水轮发电机组;外循环;冷却器;改进;水电站

中图分类号:TV7;TV735;TV734

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)01-0025-03

推力轴承是水轮发电机组的重要组成部分,起承受整个转动部分重量和轴向水推力的作用,当机组运行时,推力轴承镜板与推力瓦之间不断摩擦产生热量,通过储存于推力油槽内的透平油与推力冷却器的热量交换建立动态平衡,使推力瓦温保持在正常运行范围内,保证机组的稳定运行。因此,推力轴承透平油的冷却至关重要。笔者介绍了大渡河流域下游沙湾水电站、安谷水电站机组的技术参数、推力轴承结构形式以及采取的冷却方式,并对两种推力轴承冷却方式在实际应用中的冷却效果进行了比较,总结了两种冷却方式各自具有的优缺点和采取的改进措施。

1 两座电站采用的推力轴承冷却型式

沙湾水电站是大渡河干流梯级开发中的下游电站,与最后一级开发的安谷水电站相毗邻,属河床式电站,安装4×120 MW半伞式轴流转桨式水轮发电机组,推力轴承采用内循环冷却方式:由18个抽屉式冷却器镶嵌在推力油槽四周,推力轴承内注有一定量的润滑油(透平油),其油位高于冷却器上端面,冷却器铜管浸泡于推力润滑油内。推力轴承冷却原理见图1:当机组运行时,随发电机组大轴旋转的推力镜板与固定的推力瓦不断摩擦产生热量,由于两部件均位于润滑油液面以下,将推力镜板和推力瓦的热量传递给润滑油,同时,带有一定压力的机组冷却水经冷却水管路流入推力冷却器,随冷却器内环形布置、紧密排列的冷却铜管往复流动,与冷却铜管外的润滑油产生充分

地热量交换,再由冷却器出水管流出,降低润滑油温度,达到冷却推力轴承的效果。

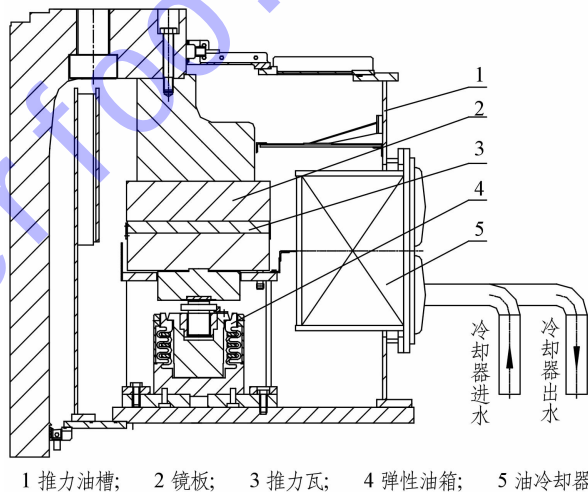


图1 推力轴承冷却原理图

安谷水电站安装4×190 MW全伞式轴流转桨式水轮发电机组和一台单机容量为12 MW轴流转桨式生态机组。笔者以大机组为例予以介绍。机组推力轴承采用外循环冷却方式:推力镜板内部开有由内向外的径向油孔,镜板外立面装配有与之紧密配合的“U”型油室,间隙约为0.4 mm,油室外侧接有油管路,将热油引至外置冷却器,其冷却原理见图2。机组运行时,推力镜板随发电机旋转,通孔内的积油在离心力作用下向外侧甩出,同时油槽内的润滑油不断流入镜板内侧油孔,往复循环,产生泵效应,称为镜板泵。镜板泵将甩出的、带有一定压力的润滑油聚集于油室内,由于油室内侧与镜板外立面间隙很小,大部分

压力油流入外接管路中,经油过滤器输送到外罩式冷却器,在冷却器内产生热交换冷却后回流到油槽底部,使油槽润滑油实现循环冷却。

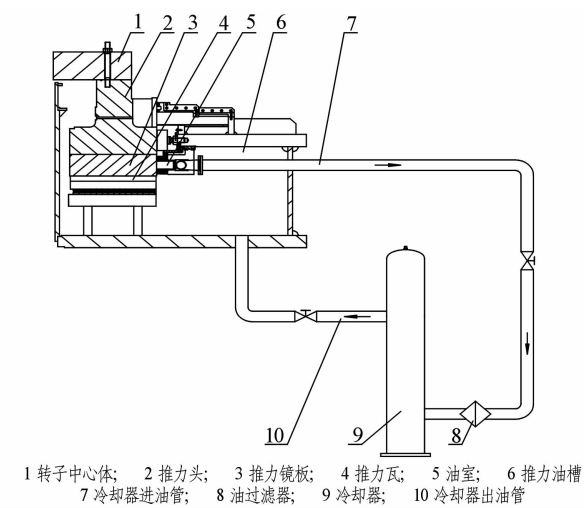


图2 外置冷却器冷却原理图

2 机组参数及产热量比较

安谷水电站位于四川省乐山市大渡河下游,系大渡河流域开发的最后一级电站,与上游相邻的沙湾水电站同属河床式水电站,同为轴流转桨式机组,水文参数、结构尺寸基本相似,具体参数见表 1。

表 1 沙湾及安谷水电站机组技术参数表

沙湾水电站机组参数		安谷水电站机组参数	
水轮机型号	ZZD345E - LH - 850	水轮机型号	ZZD706 - LH - 865
发电机型号	SF120 - 78/13200	发电机型号	SF190 - 68/14000
额定水头	24.5 m	额定水头	33 m
额定功率	120 MW	额定功率	190 MW
额定转速	76.9 r/min	额定转速	88.2 r/min
推力轴承负荷	2 350 t	推力轴承负荷	2 974 t
推力瓦内径	2 350 mm	推力瓦内径	2 120 mm
推力瓦外径	3 800 mm	推力瓦外径	3 870 mm
推力冷却器用水量	394 m ³ /h	推力冷却器用水量	1 500 L/min
冷却器水压	0.2 ~ 0.4 MPa	冷却器水压	0.2 ~ 0.4 MPa
推力瓦材质	弹性金属塑料瓦	推力瓦材质	巴氏合金瓦

机组运行时推力轴承镜板在推力瓦上旋转,产生滑动摩擦,进而产生摩擦热,产生热量的多少

与滑动摩擦力的大小和相对滑动的距离有关,根据滑动摩擦热量计算公式:

$$Q = FS$$

式中 F 为滑动摩擦力; S 为一个物体在另一个物体上滑动的距离。

$$\text{又有: } S = vt = \omega rt$$

镜板各质点速度 v 为镜板旋转的角速度 ω 与半径 r 的乘积,由于两电站推力轴承瓦内经、外径尺寸基本相同,故可初约认为:

$$\text{可得: } S_{\text{沙}}:S_{\text{安}} = \omega_{\text{沙}}:\omega_{\text{安}} \approx 0.87$$

另一影响机组热量产生的因素则为 F ,根据滑动摩擦力 F 的大小跟正压力成正比,即:

$$F = \mu N$$

式中 μ 为动摩擦因数,与接触面的材料、粗糙程度有关;查阅相关资料,在同等条件下,塑料瓦比巴氏合金瓦的摩擦损耗降低 5% ~ 7%,此处取 6%,巴氏合金瓦的滑动摩擦系数为 0.005; N 为机组推力负荷的重力。

由此可以计算出沙湾水电站、安谷水电站机组满负荷运行时推力轴承产生的热量:

$$F_{\text{沙}} = \mu N = 0.0047 \times 2\,350 \times 1\,000 \times 9.81 = 108.35 \text{ (kN)}$$

$$F_{\text{安}} = \mu N = 0.005 \times 2\,974 \times 1\,000 \times 9.81 = 145.87 \text{ (kN)}$$

$$Q_{\text{沙}}:Q_{\text{安}} = (F_{\text{沙}} \times S_{\text{沙}}):(F_{\text{安}} \times S_{\text{安}}) \approx 0.64$$

即沙湾水电站机组推力轴承产生的热量约为安谷水电站推力轴承产生热量的 0.64 倍。

3 运行情况分析

2015 年 3 ~ 6 月,我们连续 3 个月对两电站机组额定负荷运行时的推力轴承瓦温、油温、冷却水压进行了统计,其数据见表 2。

从表 3 中的数据可以看出:两电站机组在额定负荷、推力轴承冷却基本相同的情况下,安谷水电站机组推力轴承瓦温维持在 61℃ 左右,较沙湾水电站机组推力瓦温 35℃ 高出约 26℃;推力轴承油温为 27℃ 左右,高出沙湾水电站机组推力瓦温 26℃ 约 1℃。考虑到推力轴承冷却的原理是冷却水与油水质、水压槽内润滑油产生的热量进行交换,沙湾水电站推力轴承产热量小,冷却器用水量多,而安谷水电站推力轴承产热量大,冷却器用水量少,推力轴承油温约高于沙湾水电站推力

表 3 沙湾水电站、安谷水电站运行参数表

项目	沙湾水电站			项目	安谷水电站		
	4 月	5 月	6 月		4 月	5 月	6 月
推力轴承瓦温	34 ℃	35 ℃	35.2 ℃	推力轴承瓦温	61.3 ℃	61.6 ℃	61.7 ℃
推力轴承油温	25.8 ℃	26.2 ℃	26.4 ℃	推力轴承油温	27.3 ℃	27.2 ℃	27.7 ℃
冷却水压力	0.21 MPa	0.22 MPa	0.21 MPa	冷却水压力	0.25 MPa	0.24 MPa	0.24 MPa

轴承的瓦温属正常现象,所以,可以认为采用内循环冷却方式的沙湾水电站机组推力轴承和采用外循环冷却方式的安谷水电站机组推力轴承冷却效果基本相同。

另外,由于推力瓦材质不同,导热能力不同,以及测温元件安装位置不同而导致两类型推力瓦瓦温相差较大,推力瓦温的高低对推力轴承的冷却效果参考意义不大。

4 两种冷却方式具有的优缺点

(1)内循环冷却方式具有的优点:轴承的普通内循环即自然循环,利用轴承自身的循环动力而无需外力,总损耗小,没有外循环油泵事故之忧;内循环系统管路部件少,装置相对集中,无附加备用设备,节省设备投资;内循环系统冷却器镶入油槽,与润滑油充分接触,热交换充分;轴承内部镜板外无镜泵积油室,安装方便,密封简单,运行维护简单、可靠。

缺点:油冷却器装设在油槽内,冷却油路循环相对复杂,拆卸推力瓦需先拆卸冷却器。冷却器数量多,一旦有冷却器出现渗漏时排查困难;油槽内部结构紧密,不便于检修、清扫。

(2)外循环冷却方式具有的优点:油槽小,方便结构布置,拆卸推力瓦不需拆卸冷却器;冷却器用水量少,节约冷却水,节省技术供水系统费用;冷却器放置在机坑外,空间大,冷却器、推力轴承检修和技术改造相对便利,单个冷却器可拆卸维

修,不影响其它冷却器的使用。

缺点:冷却器装设在油槽外,有油循环的动力设备,如镜板泵或外加油泵、油循环的控制设备、管路连接头及阀门等,结构复杂,增加了油的渗漏点,出现故障的概率高;外部循环系统设备投资比内循环大。

5 结 语

水轮发电机推力轴承外置式冷却器如今已得到广泛应用,从沙湾水电站和安谷水电站推力轴承两种冷却方式的比较中可见:巴氏合金推力瓦温大大高于金属塑料推力瓦;两种冷却方式冷却效果基本相同;但瓦温的高低与材质的热容量、导热性、测温元件安装位置等因素有一定的关系,安谷水电站可考虑更换新型材质推力瓦,增加推力镜板甩油通孔,增加热油循环,降低镜板温度等方式降低推力瓦温。同时,可根据推力轴承油温变化情况适当调整冷却水压,必要时可增设抽油泵、加速热油循环。

抽屉式内循环冷却和镜板泵外循环冷却均具有一定的优点,它们都是大型水轮发电机推力轴承可靠的润滑冷却方式之一,各电站可根据推力轴承的大小、转速高低等综合情况进行选择。

作者简介:
鄢天留(1983-),男,四川乐山人,工程师,从事水电站动力设备技术与管理工作;
刘旭东(1969-),男,重庆荣昌人,工程师,从事水电站生产技术管理工作。
(责任编辑:李燕辉)

长河坝水电站全面投产发电

2017 年 12 月 1 日下午 15 时,由水电五局公司承建的长河坝水电站 1 号机组通过 72 小时试运行投入商业运行,至此,长河坝水电站 4 台 65 万千瓦机组全部投产运行。水电五局公司承建了该电站 1 号、2 号机组的安装及深厚覆盖层 240 米世界最高土石坝的建设任务。2005 年 11 月,长河坝电站进场交通隧道开工,拉开了深厚覆盖层上世界最高坝电站建设的序幕。2010 年 10 月 22 日,长河坝电站成功实现大江截流。2011 年 5 月 28 日,长河坝电站建设者们仅用 45 天完成了 54 米高、总填筑量约为 78 万立方米的土工膜心墙填筑。2016 年 9 月 11 日,大坝填筑至设计高程 1 697 米,提前合同工期 4 个月填筑到顶。长河坝水电站是大渡河干流“三库 22 级”中的第 10 级电站,电站安装四台单机容量 65 万千瓦的水轮发电机组,总装机容量 260 万千瓦,设计拦河大坝最大坝高 240 米,年发电量 107.9 亿千瓦时。工程具有超高边坡、超高土石坝、高地应力洞室群、强震区高进水塔、高流速大功率泄洪、高强度大型复杂洞室交通等特点。