

# 浅谈立式水轮发电机反向气压平衡技术

张杰, 曹红旺, 何军

(四川大川电力有限公司, 四川雅安 625605)

**摘要:**立式水轮发电机反向气压平衡技术,采用调压扇叶和加大呼吸管直径来消除发电机上导轴承固定油盆内外气压的不平衡,彻底解决了机组内甩油现象,且运行可靠,措施有效,既解决了生产中的实际问题,又满足了安全文明生产的需要。

**关键词:**内甩油原因;可行性论证;应用过程;成果验证

中图分类号:TM312;P424;O312.2

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)03-0130-03

## 1 设备概况

长石坝电站的2台机组为立式混流式风冷水轮发电机组。挡油圈结构为开放式,且各部位间隙值都较大,而挡油圈高出静止油面的高度较小,由于立式机组转子在运行中都存在着摆动现象,因此,主轴与上导油盆内挡油桶间隙也随之波动。加上转子上风扇吸风作用产生的负压区,引起发电机上导油盆内的油雾从挡油桶与主轴的间隙中逸出,传统的密封结构,在机组运行过程中,油槽内进出的循环油流处于紊流状态,油分子之间及动静部件与油之间碰撞冲击,均会使循环油雾化产生油雾,通过狭缝逸出,导致内甩油,给机组安全经济运行带来较大隐患。立式风冷发电机上导固定油盆所处的位置,一方面是风冷需要风量,一方面是固定油盆与发电机主轴之间必须设计一定的间隙(25 mm),以保证机组的正常运行。因此,采用风冷的立式发电机上导轴承固定油盆因其内外气压的不平衡,引起内甩油。

## 2 目前存在的问题

长石坝电站机组投运以来,在历年的运行及检修过程中,均发现上导固定油盆运行油位不断下降,特别是在检修时发现设备表面附着大量油污,通过设备运行情况表明,长石坝机组存在严重内甩油缺陷,如图1所示。定子线圈表面附着大量油污,严重影响发电机散热效果,存在腐蚀线圈绝缘,降低其绝缘强度及使用寿命。

## 3 内甩油原因分析

目前长石坝电站均为立式风冷混流式发电机组,其挡油桶均采用开放式结构。投运以来,陆续

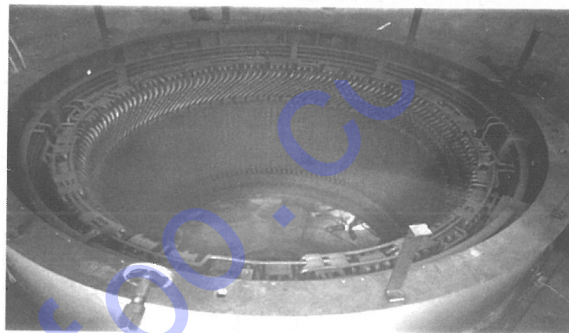


图1 内甩油情况

暴露出该挡油桶结构存在的问题,导致出现内甩油现象。从机组设计结构及历年来检修实际情况分析:一是受当时挡油桶设计高度不够。二是推力头的甩油平压孔没有起到理想的离心泵作用。三是制造原因导致挡油桶的不圆度,使转动部分与挡油桶处产生不均匀缝隙,产生不同程度的偏心,其间隙时大时小,使上导轴承各部分之间的油环很不均匀,在转速较高情况下,容易产生较高的压力脉动而向上串油。四是机组运行时,由于转子上风扇的吸风作用下,使得推力头内侧和油面之间产生负压区,引起发电机上导油盆内的油雾从挡油桶与主轴的间隙中逸出。五是轴承油盆内安装有导轴瓦、推力瓦、由冷却器及测温等不规则部件,在机组运行过程中,油槽内进出的循环油流处于紊流状态,油分子之间及动静部件与油之间碰撞冲击,均会使循环油雾化产生油雾,通过狭缝逸出,导致内甩油。

## 4 压平衡可行性论证

通过查阅、了解国内外有关各种立式风冷式水轮发电机组内甩油技术改造的实施情况,积极与相关厂家联系研讨,充分了解立式风冷式水轮

收稿日期:2017-04-15

发电机组设计结构,从中获得内甩油因素。针对现场实际情况和机组结构在上导轴承下端盖发电机主轴处安装调压扇叶向轴承油池补气,油池上部加大呼吸管直径来保持油循环稳定。通过实测方法获得机组导轴承固定油盆气压变化情况,通过试验,确定平衡风扇叶的大小及最佳角度和油池上部呼吸管的最佳直径。最终实现充分利用外加的调压风扇,对发电机导轴承固定油盆内外气压进行平衡,从根本上解决发电机固定油盆内甩油的缺陷。最终彻底杜绝了机组内甩油的情况,保证上导固定油池运行油位稳定,避免了因机组油位过低被迫停机的情况,确保了机组长周期安全稳定运行,从而降低运行成本、提高发电效益。

### 5 应用过程及方法

拆除上架以上各部件,在上导轴承下端盖发电机主轴处安装调压风扇,调整调压风扇与发电机主轴的同心度、水平度(如图2所示),调整调压风扇与上导轴承下端盖配合间隙,满足试运行,达到投运条件。要解决以上问题,我们经过多种实践、论证,并与水轮机发电机厂专家联系研讨,针对立式风冷式水轮发电机组设计结构和历年运行、检修情况,找出不平衡产生的原因,确定平压风扇的大小及最佳角度和油池上部呼吸管的最佳直径(如图3所示)。在上导轴承下端盖发电机主轴处安装调压扇叶,向轴承油池补气,将油池上部加大呼吸管直径来保持油循环稳定,从而达到平压效果。

### 6 成果验证

通过实测方法获得机组导轴承固定油盆气压变化情况,找出不平衡产生的原因,彻底解决因转子上风扇的吸风作用产生的负压区,利用平衡风扇使平压管试压片开启开度为2 mm,消除推力头内侧和油面之间产生负压区,从而消除机组内甩油现象(见效果验证表)。

通过上表数据比较可以看出,项目实施前由于转子上风扇的吸风作用下,使得推力头内侧和油面之间产生负压区,且在转速较高情况下,容易产生较高的压力脉动而向上串油,使得运行油位高出标准油位,并且平压管气流方向向下,从而引起发电机上导油盆内的油雾从挡油桶与主轴的间隙中逸出。经过安装平衡风扇并调整风扇叶角度至 $15^\circ$ 时,运行油位下降,平压管气流方向改变,

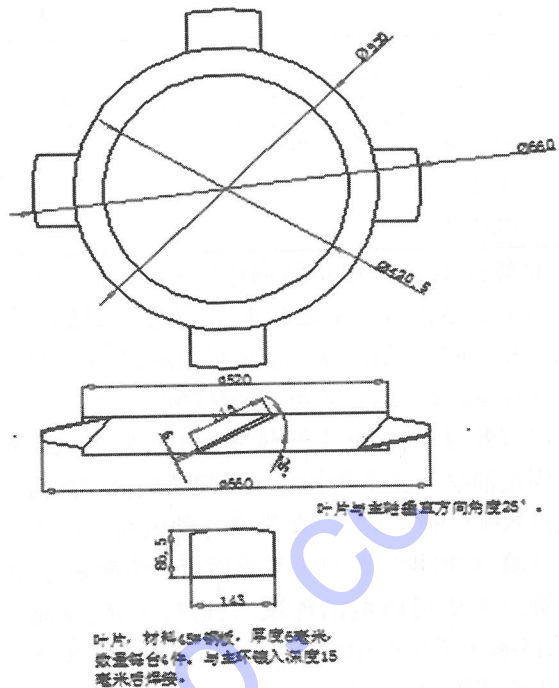


图2 平压风扇示意图

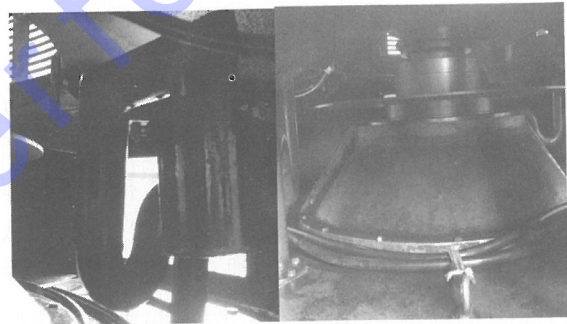


图3 安装平压呼吸管

平压管试压片打开,但未达到研究目的。因此,在有风扇叶角度调整至 $15^\circ$ 时的数据支撑后,说明研制方向、思路是正确的,并在试验过程中将风扇叶角度调整至 $25^\circ$ 进行试验,数据收集。在风扇叶角度调整至 $25^\circ$ 时,运行油位达到标准油位要求,平压管气流方向正确,平压管试压片打开开度符合项目研究标准的2 mm。因此,改变气流以达到气压平衡是可行的。

### 7 结语

本气压平衡技术的科技意义在于打破国内发电机厂家一直不太重视的发电机上导固定油盆内甩油问题,通过立式风冷式水轮发电机组轴瓦固定油盆气压平衡技术的应用,一方面改善了发电机导轴承固定油盆内甩油,消除发电机线圈受透

表1 效果验证表

状态	试验项目				
	标准油为(格)	运行油位(格)	平压管气流方向	平压管试压片打开开度/mm	测量记录时间
项目实施前	10	11	油盆流向电机	0	2014.10.15
风扇叶 15°	10	10.5	电机流向油盆	1	2016.03.03
风扇叶 25°	10	10	电机流向油盆	2	2016.03.05

平油腐蚀,保证发电机线圈绝缘水平。另一方面提高了上导轴承安全运行水平,防止上导轴瓦烧瓦事故。同时,消除水车室现场油渍,改善了现场工作环境,保证运行人员安全和降低油品损失,提高经济效益,同时此立式风冷式水轮发电机组轴瓦固定油盆气压平衡技术水平将达到国内同行业先进水平。投运以来,在机组各种负荷工况下进行试验,获得投运后机组各方面运行情况来看,彻底解决了机组内甩油现象,且运行可靠,措施有效,既解决了生产中的实际问题,又满足了安全文明生产的需要。

参考资料:

- [1] 李伟. 马槽河水电站立式混流机组甩油问题的分析与处理[J]. 贵州水力发电, 2009
- [2] 姚玉才. 推力轴承甩油的原因及处理方法[J]. 广西水利水电, 2008

作者简介:

张杰(1985-),男,四川都江堰人,毕业于四川电力职业技术学院电力系统自动化专业,从事水电生产安全运行及设备管理工作;  
曹红旺(1975-),男,内蒙古武川人,毕业于沈阳电力高等专科学校热工自动化专业,总工程师,高级工程师,从事水电生产管理管理工作;  
何军(1976-),男,四川芦山人,毕业于西安航空技术高等专科学校热能工程专业,工程师,从事水电安全生产管理工作.

(责任编辑:卓政昌)

(上接第119页)

加而增大;从动态开启过程中底板脉动压强均方根值的测量结果来看,当开度不超过2.5m,闸门开启过程中消力池底板脉动压强均方根与正常库水位泄洪时底板的脉动压强均方根相比较小;从闸门开启至某一开度给消力池充水过程中消力池内水流流态来看,当开度大于1m时,中间会出现表层水股直接冲击消力池尾坎的现象,而开度为0.5m时,不会出现直接冲击尾坎的现象。

实际工程运行中,泄水前消力池无水是可能遇到的一个情况,此时就涉及到消力池的冲水过程。从无水到最终形成完整稳定的水跃的过程中,池内可能形成各种复杂紊流的流态,这可能会对消力池底板或者尾坎造成一定的危害。针对消力池从无水状态到最终池内形成稳定完整的水跃形态的整个充水过程当中,池内出现的复杂多变

的流态的情况(这些情况造成的最直接后果就是消力池底板脉动压强增大或者消力池尾坎直接受冲等),通过系统研究分析,可采用如下运行方案:在消力池内无水的状态下,将表孔闸门在小开度下运行一段时间,直至消力池内有足够水垫后,再逐渐加大开度。

参考文献:

- [1] 吴持恭. 水力学(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2008.
- [2] 姜文超,梁兴蓉,应用紊流理论探讨脉动压力沿缝隙的传播规律,水利学报,1983,9,PP53-59.
- [3] 赵耀南,梁兴蓉,水流脉动压力沿缝隙的传播规律,天津大学学报,1988,3,PP55-65.

作者简介:

张浩(1988-),男,安徽宿州人,工程师,四川大学农业水利工程专业毕业,从事水利水电工程设计工作.

(责任编辑:卓政昌)

### 世界第一高坝双江口水电站完成围堰填筑

5月30日下午17:20,随着最后一车堆石料卸车碾压到位,成都院勘测设计的世界第一高坝双江口水电站全年围堰填筑完成。双江口水电站位于四川省阿坝州马尔康县和金川县境内,是大渡河流域水电梯级开发的上游控制性水库,具有“高海拔、高坝、高地应力、高流速、高边坡、高寒”的特点,为世界高坝工程,坝高314米。目前大渡河已经进入主汛期,围堰工程即将投运为大坝工程服务,成都院相关专业将进一步做好设计、设代工作,为双江口水电站工程主体工程施工创造更好的条件。