

# 某水电站尾水水位变化对机组技术供水系统流量的影响分析

甘鑫, 赵传啸

(雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都 610051)

**摘要:** 机组技术供水系统是水电站机组的一个重要组成部分, 其主要作用是对水电站中运行的各种机电设备进行冷却, 对于确保水电站各机组的安全稳定运行有着十分重要的意义。某水电站机组技术供水系统在运行期间, 多次发生导轴承冷却水流量低报警事件。本文针对导轴承冷却水流量低报警事件进行了故障原因的分析 and 排查, 最终确定是由尾水水位变化导致, 并提出了避免此类事件发生的应对策略以及发生后的处置措施, 为保障机组安全稳定运行提供了建议和思路, 为同类型水电站提供了检修维护参考。

**关键词:** 技术供水; 冷却水; 尾水水位

**中图分类号:** TK730.4

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2023)增 1-0087-03

## Analysis of the Influence of Tailwater Level Change of a Hydropower Station on the Flow Rate of the Technical Water Supply System of Units

GAN Xin, ZHAO Chuanxiao

(Yalong River Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610051)

**Abstract:** The technical water supply system is an important component of the units of the hydropower station, and its main function is to cool various mechanical and electrical equipment. It is of great significance to ensure the safe and stable operation of each unit in the hydropower station. During the operation of the technical water supply system of the units of a hydropower station, there were multiple low cooling water flow alarm events for the guide bearing. Therefore, this article analyzed and investigated the cause of the low cooling water flow alarm event for the guide bearing, and ultimately determined that it was caused by changes in the tailwater level. It also proposed response strategies to avoid such events and disposal measures after their occurrence, providing suggestions and ideas for ensuring the safe and stable operation of the units, and also providing reference for maintenance and repair of similar hydropower stations.

**Keywords:** Technical water supply; Cooling water; Tailwater level

## 0 引言

某水电站共有 4 套技术供水系统, 每套系统均有 1 台进水电动球阀、2 台全自动滤水器、2 台主轴密封电动球阀、2 台全自动主轴密封滤水器、2 个机组供水减压阀以及管路、阀门等组成。机组技术供水系统采用自流减压供水方式, 供水采用二路供水, 一主一备, 主用水源取自每台机组的蜗壳进口段压力钢管, 备用水源引自全厂设置的一根 DN450 全厂公共供水总管, 供发电机空冷器、上导油槽冷却器、下导油槽冷却器、推力油槽冷却器、水导油槽冷却器、主轴密封用水。机组冷

却供水采用双向供水, 可实现反向冲洗。

## 1 3 号机组水导冷却水流量低报警事件

2023 年 4 月 26 日, 该电站 3 号机组运行过程中, CCS 上报 3 号机组水导冷却水流量低报警, 通过检查发现由于 3 号机组水导冷却水进口流量低于其一级报警值  $18 \text{ m}^3/\text{h}$ , 导致出现该报警信号。在现地检查无异常后通过小幅度增加 3 号机水导冷却器节流阀 4240-3 阀门开度使 3 号机组水导冷却水进口流量恢复至正常值  $24 \text{ m}^3/\text{h}$ , 报警信号复归。

## 2 机组技术供水系统流量变化曲线分析

随后通过查看机组技术供水系统在一段时间

收稿日期: 2023-07-06

内的流量变化曲线发现,各机组技术供水系统中空冷器和导轴承冷却器进口流量在长时间存在缓慢下降趋势。于是在 CCS 上的操作员站调取了 4 月 23 日至 5 月 1 日全厂总有功变化曲线、发电尾水位变化曲线以及各机组导轴承和空冷器冷却水进口流量变化曲线,通过分析发现以下规律:

(1)如图 1、图 2 所示,在不考虑如泄洪等其他因素影响的情况下,当全厂总有功增加时,过机流量增加,发电尾水位增加。当全厂总有功减少时,过机流量减少,发电尾水位减少。由此可知,在不考虑如泄洪等其他因素影响的情况下,发电尾水位与全厂总有功成正比,即全厂总有功增加/减少时,发电尾水位增加/减少。

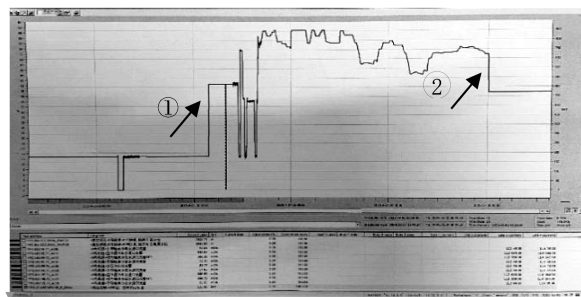


图 1 全厂总有功变化曲线

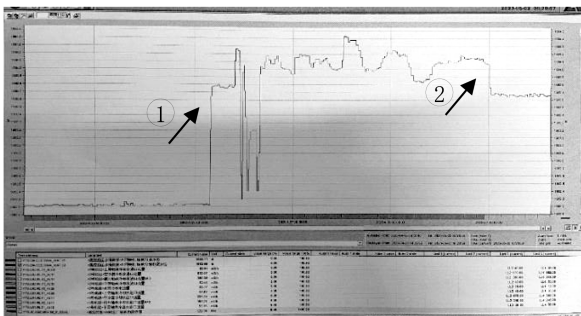


图 2 发电尾水位变化曲线

(2)结合 2 号机组空冷器和导轴承冷却器进口流量变化曲线可知,2 号机组上导轴承、空冷器、推力轴承、下导轴承、水导冷却水进口流量在图中箭头①处均出现一个短时明显的下降趋势,此时全厂总有功在短时间内大幅度增加,尾水水位快速上涨。2 号机组上导轴承、空冷器、推力轴承、下导轴承、水导冷却水进口流量在图中箭头②处均出现一个短时上升趋势,此时当全厂总有功短时间内大幅度减少,尾水水位快速下降,其他机组亦是如此。2 号机组空冷器和导轴承冷却器进口流量变化曲线见图 3 至图 7。

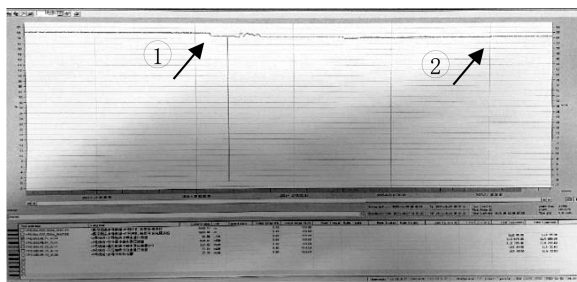


图 3 2 号机上导轴承冷却水进口流量

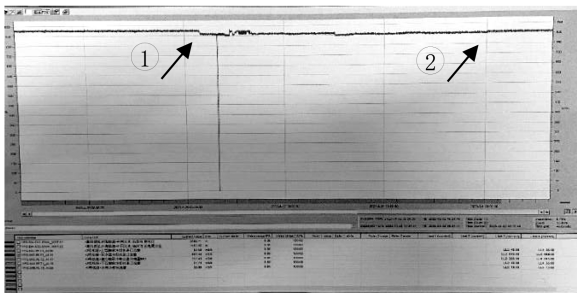


图 4 2 号机空冷器冷却水进口流量

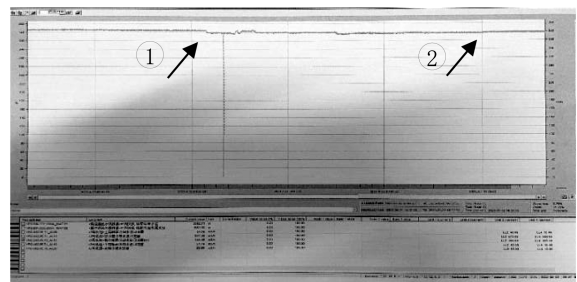


图 5 2 号机推力轴承冷却水进口流量

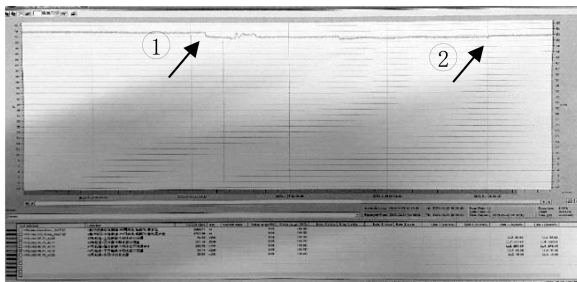


图 6 2 号机下导轴承冷却水进口流量

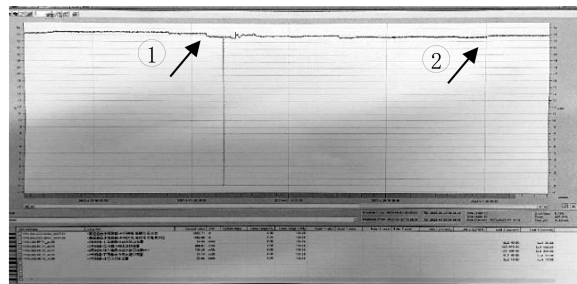


图 7 2 号机水导冷却水进口流量

由此可知,当全厂总有功短时间内大幅度增加,尾水水位快速上涨时,会导致机组上导轴承、空冷器、推力轴承、下导轴承、水导冷却水进口流量短时小幅度下降。当全厂总有功短时间内大幅度减少,尾水水位快速下降时,会导致机组上导轴承、空冷器、推力轴承、下导轴承、水导冷却水进口流量短时小幅度上升。

### 3 尾水水位变化对机组技术供水系统流量的影响

由以上分析结合图 8 所示:机组技术供水系统可知,机组技术供水系统冷却水进口处设有减压阀(通过调节,将进口压力减至某一需要的出口压力,并依靠介质本身的能量,使出口压力自动保持稳定<sup>[1]</sup>),冷却水进口压力恒定。机组技术供水系统冷却水排至尾水管,冷却水出口压力受尾水管尾水水位的影响。当全厂总有功短时间内大幅度增加导致发电尾水位快速上升时,冷却水进出口压差快速减少,减压阀出现压力波动,导致机组上导轴承、空冷器、推力轴承、下导轴承、水导冷却水进口流量突然短时下降。同理,当全厂总有功短时间内大幅度减少导致发电尾水位快速下降时,冷却水进出口压差快速增大,减压阀出现压力波动,导致机组上导轴承、空冷器、推力轴承、下导轴承、水导冷却水进口流量突然短时上升。

经过分析我们可以确定,造成技术供水冷却水进口流量变化的主要原因为尾水水位快速变化导致冷却水进出口压差快速变化,减压阀出现压力波动,冷却水进口流量出现一个短时变化。

### 4 机组技术供水系统流量低应对策略及故障处置

为了保证机组的安全稳定运行,在后续机组的运行过程中需注意以下几点:

(1)通过计划曲线发现全厂总有功变化较大(一般超过 200 MW)或执行泄洪等导致尾水水位短时快速变化的操作时(可能会伴随收到水库水位未来 24 h 内变幅将达 1.5 m 及以上信息),应注意加强对机组技术供水系统中空冷器和各导轴承冷却水流量的监视。

(2)由于正常情况下水导冷却器进口流量与其一级报警值最为接近(4 台机组中差值最小仅为 3 m<sup>3</sup>/h),故尾水水位变化对水导轴承冷却水流量影响最大,其最易达到报警值,故平时应多加

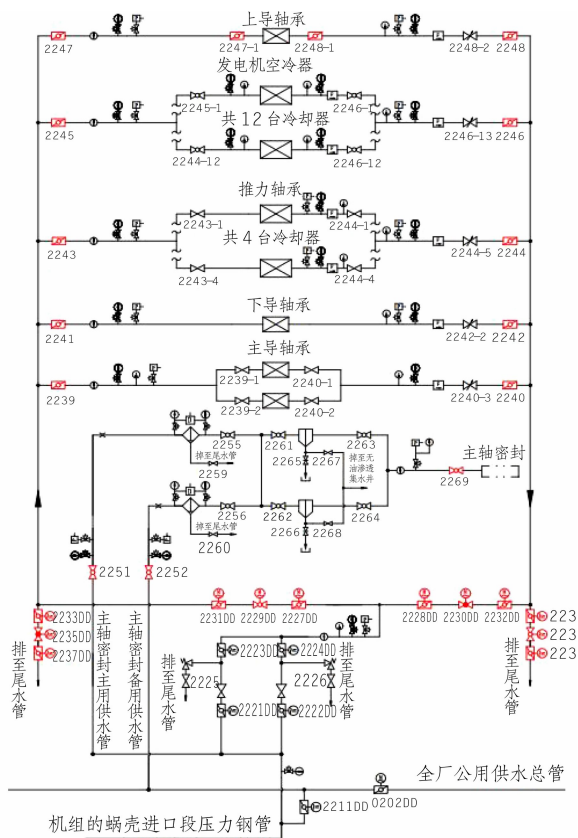


图 8 机组技术供水系统图

强对水导轴承冷却水流量的监视。机组技术供水系统流量报警值见表 1。

(3)若白班 CCS 上报冷却水流量低报警信号,现地检查无异常后可以通知检修人员通过增加对应的节流阀开度使流量恢复至正常范围,夜班紧急情况下运行人员也可自行操作。

(4)出现报警信号后,监盘员应关注其流量变化趋势,加强对报警机组各部温度的监视,温度异常升高立即汇报并作出相应的保证机组正常运行的措施。

(5)机组振动较大时,在巡检时应注意对节流阀开度进行巡视,避免阀门开度值漂移。

(6)监盘员定期拉取技术供水系统冷却水出口流量及机组各部分轴瓦、油温曲线进行分析,发现异常及时反馈讨论,确保机组正常运行。

### 5 结语

技术供水系统作为水轮发电机组的重要辅助设备,是机组运行过程中不可或缺的一部分<sup>[2]</sup>。为了保证机组的安全稳定运行,机组在运行过程

(下转第 119 页)

(2) 对主厂房、副厂房、主变洞等按防火分区的原则设置通风空调系统,有利于地下厂房的防火、防烟和排烟。

(3) 充分利用现有进风道通道的自然降温去湿效应(夏季),以降低厂房空调电负荷。

(4) 利用机组尾水管低温水作为末端空调器的冷却水或采用库水直接冷却。

(5) 通风气流组织应考虑地下厂房火灾时烟气的流动规律,在火灾事故时能控制烟雾流向,尽快排除烟雾,使人员安全疏散,减少火灾事故的危害。

(6) 对深埋地下厂房应采用可靠、有效的防潮和除湿措施,使厂房相对湿度较大的部位,能够进行湿度控制。

(7) 由于地下洞室在冬季具有明显温升的效果,加上电气设备等本身的散热量,根据类似工程经验,本电站地下厂房在冬季不考虑采暖措施。

该站通风空调系统基本满足站内通风除湿需求,同时考虑了岩体吸、放热的过程,地下厂房由于在地底深处,受外借大气环境影响较小,但岩体对厂房温度影响不可小觑,因此该站通风空调系统设计充分考虑了岩体影响,将岩体吸、放热量做为设计安全余量考虑<sup>[5]</sup>,为电站的良好运行做充

(上接第 89 页)

中产生的大量热量需要通过技术供水系统将热

表 1 机组技术供水系统流量报警值

序号	描述	单位	一级报警值	二级报警值
1	发电机上导轴承冷却水进口流量监测	m <sup>3</sup> /s	≤40	≤35
2	发电机下导轴承冷却水进口流量监测	m <sup>3</sup> /s	≤40	≤35
3	发电机空冷器冷却水进口流量监测	m <sup>3</sup> /s	≤670	≤588
4	推力轴承冷却水进口流量监测	m <sup>3</sup> /s	≤280	≤245
5	水导轴承冷却水进口流量监测	m <sup>3</sup> /s	≤18.0	≤12.0

量带走。若机组冷却水中断,技术供水系统运行异常,机组轴承瓦温、油温会不断上升,当温度过高时会导致机组非计划停运,直接影响电站的安全运行和经济效益,给企业造成不可挽回的损失<sup>[3]</sup>。本文通过对机组多次发生的导轴承冷却水流量低报警事件进行分析,查明了其报警原因,并给出了后续

分准备,同时也为后续同类型地下厂房建设提供了一个较好的范本。

参考文献:

[1] 陈军,盘晓红,徐蒯东,等.白鹤滩水电站通风空调系统设计[J].暖通空调,2022,52(10):129-134. DOI:10.19991/j.hvac1971.2022.10.19.

[2] 丁宇.某抽水蓄能电站地下厂房热环境通风调控试验研究[D].重庆大学,2018.

[3] 王树国,朱述友.基于一种新型高速泄压技术的油浸变压器防爆防火方案研究[J].电气应用,2022,41(12):51-57.

[4] 刘石磊,童谣,王树刚.隧道施工通风系统中竖井风量及影响因素分析[J].隧道建设(中英文),2022,42(S1):104-111.

[5] 王淑莹.不良地质段地下厂房岩锚梁开挖技术探究[J].水利建设与管理,2022,42(10):57-61+69. DOI:10.16616/j.cnki.11-4446/TV.2022.10.11.

作者简介:

黄河锦(1999-),男,湖南常德人,工程学士,从事水利水电工程工作;

秦福兴(1993-),男,四川成都人,电气工程助理工程师,工程学士,从事水利水电工程工作;

王命福(1992-),男,福建福清人,电气工程师,工程学士,从事水利水电工程工作;

李伟(1995-),男,吉林德惠人,电气工程助理工程师,工程学士,从事水利水电工程工作;

杨扬(1998-),男,云南寻甸人,电气工程助理工程师,工程学士,从事水利水电工程工作。

(责任编辑:吴永红)

解决方案,对于后续机组发生类似事件如何进行分析和处置具有一定的指导意义。同时该事件也表面在后续分析报警信号时不能只考虑设备因素,自然环境因素的改变也应该引起重视<sup>[4]</sup>。

参考文献:

[1] 金波.阿海水电站技术供水系统运行优化[J].云南水力发电,2022,38(12):319-321.

[2] 黄茵.右江水电厂技术供水减压阀故障分析及其处理[J].广西水利水电,2022,(01):102-104.

[3] 喻建波.技术供水冷却水流量低引起事故停机的分析[J].水电站机电技术,2005(05):51-54.

[4] 许修乐,陈磊,肖维宝.琅琊山抽水蓄能电站技术供水出口压力低原因分析及处理[C]//中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会.抽水蓄能电站工程建设文集 2021.中国水利水电出版社,2021:384-388. DOI:10.26914/c.cnkihy.2021.038154.

作者简介:

甘鑫(1996-),男,河南南阳人,助理工程师,工学学士,从事水电站运行工作;

赵传啸(1986-),男,四川成都人,高级工程师,硕士,从事水电站运行工作。

(责任编辑:史心雨)