

西霞院电站水轮机主轴密封水中断判断逻辑改造

张鹏飞 杨淇帆

黄河水利水电开发集团有限公司, 中国·河南 济源 459000

摘要: 针对西霞院水电站水轮机组原主轴密封供水存在的问题, 分析原因及提出改造方案, 从逻辑控制方面介绍了主轴密封改造的措施及效果。改造后主轴密封未发生异常, 再通过机组检修的实践证明, 主轴密封水中断启动事故停机流程得到了优化, 取得了预期效果, 提高了水轮机组运行的可靠性。

关键词: 西霞院水电站; 主轴密封水; 逻辑判断; 改造

Logic Transformation for Judging the Interruption of Sealing Water in the Main Shaft of the Turbine at Xixiayuan Power Station

Pengfei Zhang Qifan Yang

Yellow River Water Conservancy and Hydropower Development Group Co., Ltd., Jiyuan, Henan, 459000, China

Abstract: In response to the problems with the original main shaft seal water supply of the Xixiayuan hydropower station, this paper analyzes the reasons and proposes a renovation plan. From the perspective of logical control, the measures and effects of the main shaft seal renovation are introduced. After the transformation, there were no abnormalities in the main shaft seal. Through the practice of unit maintenance, it has been proven that the shutdown process of the main shaft seal water interruption startup accident has been optimized, achieving the expected effect and improving the reliability of the operation of the water turbine unit.

Keywords: Xixiayuan hydropower station; main shaft sealing water; logical judgment; reform

0 前言

西霞院工程位于小浪底坝址下游 16 公里处的黄河干流上, 水库的任务是以反调节为主, 结合发电, 兼顾灌溉、供水等综合利用, 河床式发电厂房内安装 4 台单机容量 3.5 万千瓦竖轴轴流转浆式水轮发电机组, 多年平均发电量 5.83 亿度。西霞院水库通过对小浪底水电站调峰发电的不稳定水流进行再调节, 使下泄水流均匀稳定。

基于黄河水质在汛期与非汛期浑浊度差异较大的原因, 为满足机组正常运转用水需要, 西霞院工程技术供水在不同时期采用不同供水方式。在非汛期采用坝前取水供水方式, 通过坝前取水水泵抽水供机组全部冷却器使用, 并取用清水池水供主轴密封, 当清水供水停用时, 也可用坝前取水直接供主轴密封使用。汛期采用循环供水方式, 通过循环水泵抽取循环供水池水供机组全部冷却器和主轴密封用水。两种供水方式相互补充, 互为备用。

1 机组主轴密封水作用

西霞院工程水轮机主轴密封设备由安德里茨水电公司(中国)设计生产, 主要由五大部件构成, 即空气围带、主轴密封基座、支持环、密封盘根和支持环压盖, 为填料式密封, 密封盘根为石墨复合盘根, 检修密封为开放式气体压紧式围带, 以往检修密封均存在漏水现象。石墨盘根为磨损部

件, 当盘根出现严重磨损时须更换, 而检修密封不严导致每次更换石墨盘根时需要机组排水, 增加了停机检修时间。盘根正常每年更换一次, 遇到机组运行工况不稳定时, 可能会增加盘根磨损程度, 甚至造成盘根烧毁的情况。

西霞院机组正常运行时, 主轴密封水需连续供应, 起到对主轴密封泵润滑、冷却的效果, 以避免机组的主轴密封烧损, 水轮机主轴密封又可分为停机状态密封(又称“检修密封”)和运行状态密封(又称“工作密封”)两种。当机组运行时, 独立供给的压力水进入压力水槽内, 将橡胶密封盘根向上顶起, 与转动环的抗磨面贴紧, 有效阻止了顶盖下的水沿大轴向上窜导致外漏。若额定水压下不能将橡胶密封盘根顶起到位, 主轴密封就不能正常封水, 将造成大量渗漏水从主轴与顶盖之间涌出来, 从而淹没水导轴承, 破坏水导轴承的正常工作, 影响机组的安全稳定运行。因此, 机组运行期间如果出现主轴密封水中断, 监控系统需启动停机流程将机组停机至稳态, 以保证主轴密封设备的安全。主轴密封结构图见图 1。

2 主轴密封水存在的问题及原因分析

西霞院机组的技术供水方式为坝前取水与清水供水共存, 且相互补充的供水方式。本电站的技术供水主水源采用循环供水方式供水, 是机组技术供水系统可靠的供水水源, 每两台机为一个供水单元, 每单元设置三台循环深井水泵,



图 1 西霞院主轴密封结构图

其中两台工作一台备用，共设两个供水单元。备用水源取自坝前，设三台离心水泵，其中两台工作一台备用。备用水源仅在非汛期需要的情况下投入使用，全厂备用率为 100%。备用水源供水设 1 套控制系统，包括 1 面备用水源供水泵及阀门 PLC 屏、3 面备用水源供水泵控制屏。布置在水轮机层 122.60m。循环供水系统主要由供水水泵、循环水冷却器、循环水池、机组冷却器、阀门、管路、表计以及控制系统等组成。循环供水系统设一套集中控制水泵的可编程 PLC 电控柜。电站 4 台机组循环冷却供水分为 2 个独立的系统单元，每 2 台机组为一个单元，每个单元由 1 个循环水池、3 台供水水泵，其中两台为主用、一台备用、4 组循环水冷却器及 1 台电控柜组成。供水水泵从循环水池中抽取循环水进入供水管，通过安装在机组尾水出口闸墩之间横梁上的循环水冷却器将水冷却，然后经供水管送入机组各冷却器，最后通过回水管送回到循环水池。供水水泵设在厂房 114.60m 层，循环水池设在厂房 109.60m 层，循环水冷却器放置在尾水出口闸墩之间的横梁上。单台机组技术供水量约 245m³/h，

机组冷却器进水入口压力 0.2~0.5MPa。循环冷却器布置在循环冷却器支撑大梁上，支撑大梁位于尾水管上方，高程为 114.03m，尾水冷却器进出水管预埋管高程为 118.00，管径为 DN200mm，尾水冷却器进出口法兰，及上支撑位于最低水位 120.05m 高程以上，检修时可不用潜水工。

西霞院机组主轴密封水投入或者退出是根据主轴密封水的压力进行判断，压力设定值为 0.15MPa，当主轴密封水压力大于 0.15MPa 时，压力传感器内部接点动作，向机组 LCU 送出主轴密封水压力投入信号；当主轴密封水压力小于 0.15MPa 时，压力传感器内部接点动作，向机组 LCU 送出主轴密封水压力过低信号。

目前，西霞院机组主轴密封水中断导致事故停机的判断条件为：如果机组不在停机稳态，即导叶在空载开度以上，此时若发生主轴密封水电动阀关闭或者主轴密封水供水能力不足，导致主轴密封水压力小于 0.15MPa 时，监控系统会报出“主轴密封水中断信号”报警，PLC 程序将延时 20 分钟启动事故停机流程。回路示意图见图 2。

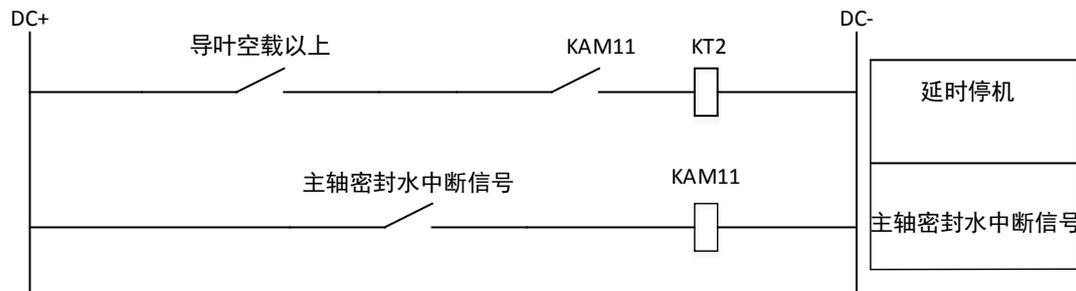


图 2 改造前主轴密封中断判断逻辑图

当西霞院机组进行检修时，运行人员做机械部分安全措施时，会把机组导叶放在全开位置，便于对导水机构进行全面检查。此时机组是在检修状态，且导叶在全开位置，主轴密封水电动阀门在全关状态，主轴密封压力低于 0.15MPa，此时监控系统会认为主轴密封水中断的 3 个判断条件均已满足，将延时 20 分钟后启动事故停机流程。这样就会导致机

组导叶全关，影响机组检修工作，甚至会影响检修人员的人身安全。机组做调速器静态特性试验时，也是在未充水的状态下进行多次试验。这两种情况下，机组都未转动，而满足主轴密封水中断的判断条件。因此，我们可以认为当前监控系统启动事故停机流程的判断逻辑不合理，为保障机组检修作业期间人员及设备的安全，必须对主轴密封水中断启动事

故停机流程的判断条件进行改造。

3 主轴密封水的改造及效果

对机组监控系统程序进行优化，增加主轴密封水中断事故停机判断条件，在原来的机组不在停机态（导叶空载以上）、主轴密封水压力小于 0.15MPa 这两个判断条件的基

础上，再增加一个判断条件为机组转速大于 0。这样改造完成后，主轴密封中断事故停机判断条件变为 3 个：机组不在停机态（导叶空载以上）、主轴密封水压力小于 0.15MPa、机组转速大于 0。当以上所有条件同时满足，机组延时 20 分钟启动事故停机流程。

改造后判断逻辑示意图见图 3。

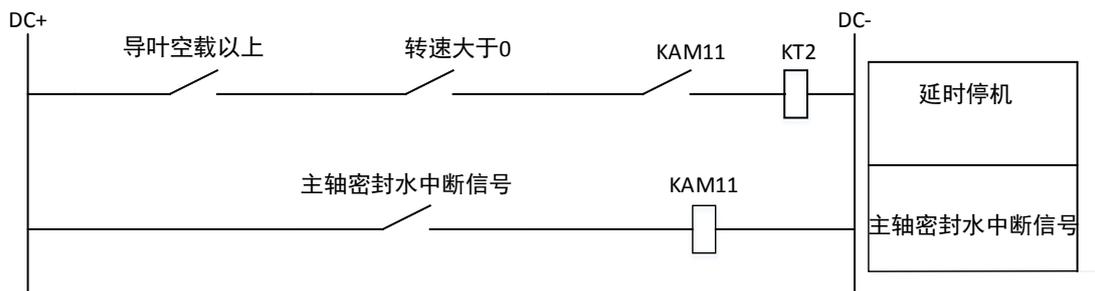


图 3 改造后主轴密封中断判断逻辑图

改造后，机组在正常运行时，当主轴密封水压力低于 0.15MPa 时，压力传感器内部接点动作，则监控系统判断主轴密封水中断，发出“主轴密封水中断”的报警信号，延时 20 分钟后启动事故停机流程。机组在检修过程中，由于此时机组转速为 0，无法满足主轴密封水中断延时跳机的所有条件，机组也就不会启动事故停机流程，从而保证导叶不会自动关闭，确保检修试验工作的顺利进行和检修人员的人身安全。

4 结语

针对西霞院水电站机组主轴密封供水存在的问题，分析原因并提出了解决方法，对监控程序中主轴密封水中断逻辑的判断条件进行了改造。改造后，未再出现过机组检修过程中导叶全关的异常现象。实践证明，改造后效果较好，提

高了水轮发电机整体运行的稳定性。

参考文献：

- [1] 赵志民.西霞院电站水轮机主轴密封供水改造[J].水电能源科学, 2011,29(10):110-112.
- [2] 廖新建.浅谈水电站水轮机调速器的检修与维护[J].水电站机电技术,2020,43(9):34-36.
- [3] 刘焕虎,李亚洲,刘钢钢.小浪底水轮机主轴密封技术改造及效益分析[J].人民黄河,2019,41(增刊1):126-127.
- [4] 刘焕虎,陈伟,郑民生.西霞院工程水轮机主轴密封技术改造及效益分析[J].人民黄河,2024,46(1):179-181.

作者简介: 张鹏飞(1986-),男,中国山西运城人,本科,工程师,从事发供电设备及水工金结电气的运行维护研究。