

# 溪洛渡电站机组主轴中心补气系统漏水监测

魏学锋,郭 锐,孙长江,宋国林,刘林林

(溪洛渡水力发电厂,云南 永善 657300)

**摘要:**溪洛渡电站安装的由福伊特制造的水力机组,采用的是主轴中心自然补气装置,补气阀安装高程低于尾水位,这样,在运行过程中,可能由于机组振动以及密封圈老化等因素,致使主轴中心补气系统漏水风险。当主轴内蓄积一定量的水时,会增加转动惯量、危及转子绝缘,水量过多时还会通过中心体流入定子、转子,造成水淹机组的事故。因此,提出采用无线水位报警系统对主轴与中心补气管之间漏水进行监测,以保障机组安全、稳定运行。

**关键词:**主轴中心补气;水位报警;混流式水轮机;溪洛渡电站

中图法分类号:TK731

文献标志码:A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.07.025

溪洛渡电站装设有 18 台水轮发电机组,单机容量 770 MW,最大水头 229.4 m,其中 7、8、9 号机组为福伊特生产的机组。对于巨型机组而言,在高水头、部分负荷工况下,最容易引起不稳定运行<sup>[1]</sup>,而补气是消除压力脉动,减弱旋转涡带强度,抑制空化,降低噪声和机组振动非常有效的方法之一<sup>[2]</sup>。溪洛渡电站由福伊特生产的机组采用大轴中心自然补气装置,补气阀安装于发电机的顶部,而该安装高程低于尾水位,因此水淹机组的危险性较大。经过慎重的分析研究,提出了采用无线水位报警系统对大轴与补气管之间的漏水状况进行监测<sup>[3-4]</sup>。

## 1 机组主轴中心补气系统结构

福伊特机组采用主轴中心自然补气系统,由中心补气管、检修蝶阀、浮球阀和补气阀、消音器等组成。详细结构见图 1。

补气阀正常情况下处于关闭状态,当负荷变化时,转轮出口形成真空,补气阀自动打开进行补气,补气完成后自动关闭。补气阀安装于发电机顶部,由于安装高程低于尾水位,因此在补气阀下方加设有浮球阀,浮球阀依靠江水的浮力与全关位置的密封紧密接触,以达到密封的效果。补气时,浮球阀落到其底座上,以免影响补气。检修蝶阀在用于蜗壳、尾水不排水的情况

下时,为全关闭状态,以对补气阀进行检修。

由于水头、尾水位较高,对中心补气管密封要求较高。中心补气管采用分段结构,共 5 段;密封按功能分为中心补气管与主轴之间的密封,以及补气管与补气管连接段的密封两类。

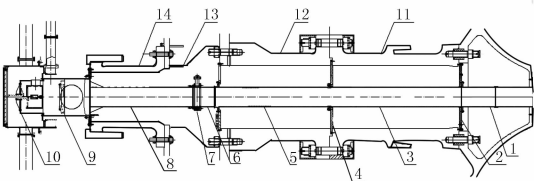


图 1 大轴补气装置布置

1. 补气管 1; 2. 法兰 1; 3. 补气管 2; 4. 法兰 2; 5. 补气管 3; 6. 补气管 4; 7. 检修蝶阀; 8. 补气管 5; 9. 浮球阀; 10. 补气阀; 11. 水轮机轴; 12. 发电机轴; 13. 转子; 14. 上端轴

### 1.1 中心补气管与主轴之间的密封

中心补气管与主轴之间的密封共有 3 处。

(1) 转轮下法兰处与补气管连接部位,为平面静止式密封结构。

(2) 水轮机轴与转轮连接处设置密封法兰 1,补气管 1 与法兰 1 采用径向密封,补气管 2 与法兰 1 采用平面静止式密封(见图 2)。

(3) 水、发联轴器处设置密封法兰 2,补气管 2 与法兰 2 采用径向密封,补气管 3 与法兰 2 采用径向密封

与带压盖式组合密封相结合的密封结构(见图3)。

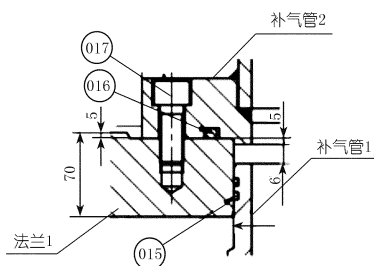


图2 水轮机轴与转轮联轴处密封结构

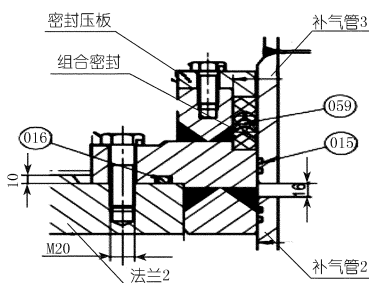


图3 水、发联轴处密封结构

## 1.2 补气管相互之间的密封

补气管与补气管连接段的密封措施如下。

- (1) 补气管1、2通过法兰1连接。
- (2) 补气管2、3通过法兰2连接。
- (3) 补气管3直接把合在转子中心体下法兰上,补气管3、4采用径向密封与带压盖式组合密封相结合的连接。
- (4) 补气管4、5通过检修蝶阀连接。
- (5) 补气管5直接把合在上端轴上。

## 2 系统漏水风险与监测设施

由于机组的振动、密封圈的老化等因素,经过较长时间的运行后,会出现漏水的现象。主轴中心补气系统漏水可分为中心补气管连接部位的漏水和中心补气管与大轴之间的漏水两类。

主轴中心补气系统漏出的水主要流到中心补气管与大轴之间,水轮机轴与转轮联轴以下的水主要储存在转轮腔内;水、发联轴以下的水主要储存在水轮机轴与中心补气管之间,由于水轮机轴上、下均有密封,无法漏出;水、发联轴以上的水主要储存在发电机轴、转子中心体与上端轴内。

水、发联轴以下的水主要储存在水轮机轴与转轮腔内,无法排除,这将引起发电机组转动部分重量增加以及转动惯量增大,不利于机组运行。由于水、发联轴以上再无密封装置,水发联轴以上漏出的水就会流到发电机轴、转子中心体内;如果流量足够大,可能会通

过上端轴流出,这样就会引起机组励磁绝缘降低、转子中心体进水、水淹机组等严重事故,对机组的安全、稳定运行造成较大的影响。此外,由于溪洛渡电站尾水位高于补气阀的安装高程,如果中心补气管内长期存在有压的江水,那么将使主轴中心补气系统的漏水可能性更为加大。

然而,在机组运行过程中,主轴中心补气系统漏水的监测设施仅有位于水、发联轴处一小孔,由此可以观察到发电机轴内甩出的水;在停机检修的状态下,通过转子中心体内的进人门也可以观察到转子中心体内是否有水。此外,在补气阀内装有水位监测装置,但是仅可以监测到中心补气管是否有反水的现象,而由于球阀的存在,此处反水的可能较小。

## 3 无线水位报警系统

### 3.1 原理

由于中心补气管与主轴之间位置封闭、狭窄,难以观察,更换密封程序复杂、困难,而且属于转动部分,因此,除了通过在大轴上预留的观察孔进行检查外,需要其他更为有效的监测设施与手段。

大轴与补气管属于转动部件,在正常情况下其相互之间应该没有水的。如果采用水位传感器进行监测,则线路的铺设比较困难;如果采用无线传感器,则由于发射信号频繁会导致电池寿命较短,而且更换不方便。因此,提出采用无线水位报警系统对大轴与补气管之间的漏水进行监测。其原理是在主轴与中心补气管之间布置一对电极,在无水的情况下,处于待机状态,电路不接通,在有水的情况下,电路接通,发出报警信号。在待机状态下,电量损耗为零,这样即使是普通电池待机时间也能长达1a。报警信号发出后,通过主机来接收,然后通过无线信号放大器,可以将报警的信号发送至目的地进行报警。

### 3.2 主要组成

无线水位报警系统由无线水位报警器分机、接收主机和无线信号放大器组成。采用不锈钢检测传感器监测水位。

### 3.3 系统布置

水轮机轴内,不锈钢检测传感器可以布置在主轴与中心补气管之间,固定于管壁,线路可以先通过水、发联轴处法兰2进入孔中央的堵头孔,然后再通过漏水观察孔穿出至主轴外侧。发电机轴以上,线路可以直接从漏水观察孔穿出到主轴外侧。无线水位报警分机及电源可以布置于发电机轴上的法兰面。接收主机布置于水车室。通过布置信号放大器,将信号传输到

目的地实现报警。

在主轴不同部位安装不锈钢检测传感器,可以及时发现主轴补气系统漏水的部位与程度,正确判断漏水量与漏水部位,确定是否需要进行检修。由于主轴中心补气系统密封更换复杂,可以减少检修工作量。

4 结 语

采用无线水位报警系统,可以对溪洛渡电站机组主轴中心补气系统的漏水情况实施自动监测。该系统安装方便、原理和结构简单,解决了在大轴与补气管之间无法进行自动监测的问题,为机组的安全稳定运行

提供了更为有力的技术保障。

参考文献:

[1] 李修树,胡铁松,杨进,等. 巨型机组补气系统研究[J]. 水力发电学报,2005,10(5).  
[2] 廖伟丽,姬晋廷,逯鹏,等. 水轮机主轴中心补气对尾水管内部流态的影响[J]. 水利学报,2008,39(8).  
[3] 姜德政. 三峡 ALSTOM 水轮发电机组大轴补气阀的改进[J]. 水电与新能源,2010,88(2).  
[4] 孙建平,熊浩,敖建平,等. 补气对三峡左岸机组低水头运行稳定性的影响[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2006,34(9).

(编辑:赵秋云)

Discussion on water leakage monitoring of air admission system of turbine shaft of Xiluodu Hydropower Station

WEI Xuefeng, GUO Rui, SUN Changjiang, SONG Guolin, LIU Linlin  
(Xiluodu Hydropower Plant, Yongshan 657300, China)

**Abstract:** As the natural air admission device is employed in the shaft of Voith turbines in Xiluodu Hydropower Station, the installation elevation of air admission valve is lower than the tail water level. Water leakage may occur in the air admission system due to the turbines vibration, aging of shaft seal rings and other factors. When the water in the shaft reaches a certain amount, it will increase the moment of inertia and endanger the rotor insulation. Excessive water will flow into the stator and the rotor through the shaft, and consequently submerge the turbine unit. However, except for the observation hole preinstalled on the shaft, there is no other effective water leakage monitoring devices or methods. Therefore, a wireless water level alarm system for monitoring water leakage in the space between the shaft and the central air admission pipeline was designed to guarantee the safe and stable operation of the hydro – generator unit.

**Key words:** air admission for turbine shaft; water level alarm; Francis turbine; Xiluodu Hydropower Station

(上接第 94 页)

Application research of power plant ash and slug in roller compacted concrete of hydropower station construction

ZHANG Hong, YE Xin, DONG Haiying, WU Ling  
(Powerchina Kunming Engineering Corporation Limited, Kunming 650033, China)

**Abstract:** In order to make full use of the power plant ash and slug, it is considered to use the power plant ash and slug as the concrete admixture in the construction of hydropower projects. In the tests, the fineness of ash and slug was firstly optimized, and then the properties of the roller compacted concrete mixed with fine ash and slug were analyzed, including the mechanical property, deformation, durability and thermal behavior etc, which was compared with the performance of the concrete mixed with normal fly ash. The analysis results indicate that the optimized fine ash and slug can meet the requirements of various technical indicators of concrete admixture. In the practical engineering, the application of power plant ash and slug can reduce the construction cost and the slug disposal space, which is beneficial to environmental protection.

**Key words:** power plant ash and slug; fly ash; roller compacted concrete; hydropower project