

# 深圳抽水蓄能电站水力机械辅助系统设计

苏浩<sup>1</sup>, 苏丛<sup>2</sup>

(1. 广东省水利电力勘测设计研究院, 广东 广州 510635;

2. 安徽绩溪抽水蓄能有限公司, 安徽 宣城 245300)

**摘要:** 阐述了深圳抽水蓄能电站水力机械辅助系统设计, 并指出本电站与其他电站设计的不同之处以及机组调试过程中出现的一些问题, 目前本电站的2台机组已投商业运行, 辅助设备运行良好, 辅助系统设计能满足机组稳定运行要求, 可为同类型的电站设计提供借鉴和参考。

**关键词:** 水力机械; 辅助系统; 抽水蓄能电站

**中图分类号:** TV743; TV735 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-0112(2018)06-0019-03

## 1 工程概况

深圳抽水蓄能电站位于广东省深圳市盐田区和龙岗区交界处, 距深圳市中心约20 km, 毗邻香港特别行政区。电站为日调节纯抽水蓄能电站, 安装4台30万kW的立轴单级可逆混流式机组。电站枢纽由上水库、下水库、输水发电系统、地下厂房洞室群和地面开关站等建筑物组成<sup>[1]</sup>。

## 2 辅助系统

### 2.1 桥机

根据主机厂资料, 机组最重起重件为转子, 约450 t, 因此, 选择起吊重量为500 t的起重设备。考虑到本电站施工期较紧, 并且连续安装, 厂房天车作业强度大; 另一方面, 为了加快土建施工进度, 厂房土建施工期间也需要起吊设备, 因此, 增设辅助起重设备是必要的。综合上述情况, 选用2×2 500 kN/500 kN/100 kN双小车电动双梁桥式起重机和300/50 kN电动双梁桥式起重机各1台, 跨度均为23.5 m, 布置在21.6 m高程的同一轨道上。

### 2.2 技术供水系统

根据技术供水各用户的运行方式, 技术供水系统由机组技术供水系统、公共供水系统和主轴密封供水系统三部分组成。

#### 2.2.1 机组技术供水系统

机组技术供水系统的主要供水用户: 机组上导轴承油冷却器、发电机空气冷却器、推力及下导轴承油冷却器、水导轴承油冷却器、机组上下止漏环、调速

器油冷却器、主变压器负载冷却器等。

机组技术供水系统采用水泵单元供水方式, 即每台机组为1个单元, 每个单元设2台立式离心泵(额定流量为1 640 m<sup>3</sup>/h, 扬程为40 m), 1台主用, 1台备用, 各单元设1根排水总管。取水口设置在每台机组尾水管扩散段中部, 排水口设置在尾水支管末端(靠近尾闸内侧)。

#### 2.2.2 公共供水系统

公共供水系统的主要供水用户: 主变空载冷却水、SFC独立空调、主变消防、建筑消防及空气压缩机等。

供水采用尾水自流方式供水, 水源取自2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>机组的尾水事故闸门外侧, 经两个滤水器供水。尾水隧洞检修时, 消防从探洞消防备用水池和交通洞口的备用水池取水。

#### 2.2.3 主轴密封供水系统

本电站的主轴密封结构不同于其他电站, 停机时也要进行供水, 防止尾水杂质进入轴承。因此, 主轴密封供水不能依靠技术供水泵, 而是取自进水阀前压力钢管, 经减压盘管和两级滤水器进行供水。主轴密封入口处所需流量为15.2 m<sup>3</sup>/h, 压力不低于1.7 MPa。监控设置的主轴密封供水事故停机值: 供水流量低于7.6 m<sup>3</sup>/h或者供水压力低于1.4 MPa。

#### 2.2.4 本电站与其他电站的不同之处

1) 主轴密封供水的水质要求较高, 一般均采用两级过滤(先粗滤再精滤)。其他电站较多采用水力旋流器作为粗滤, 自动滤水器作为精滤。本电站的粗滤不

再采用水力旋流器,两级过滤都采用自动滤水器,粗滤精度为 $300\ \mu\text{m}$ ,精滤精度为 $100\ \mu\text{m}$ 。从使用效果来看,耗水量、噪声等明显较小,优势明显。

2) 国内多数蓄能电站的主变空载冷却水采用水泵供水<sup>[2]</sup>,本电站采用尾水自流供水(备用水源来自市政水),用后排至集水廊道。优点是尾水供水可靠,不设专门的水泵,运行管理和检修维护方便。

### 2.3 排水系统

排水系统由3部分组成,渗漏排水系统、检修排水系统和污水排水系统。本电站的下水库为铜锣径水库,深圳市一级饮用水源,对环保要求极高,因此,本电站采用清污分排方案<sup>[3]</sup>。清洁水包括水道检修排水、洞室围岩渗水以及主变空载水等;污水包括各层楼板的排水沟水、各机组顶盖排水、设备漏水、管道的冷凝水、楼面设备检修用水、主变油水分离池水(事故时)和交通路面水等。污水单独排至污水池,经油处理合格后方可排放。

#### 2.3.1 渗漏排水系统

渗漏排水系统的任务是排出地下厂房围岩渗水、部分辅助设备冷却水、主变空载水等。渗漏排水系统分2组,分别位于1<sup>#</sup>机组侧和4<sup>#</sup>机组侧的集水井内。每组共设4台潜水泵(额定流量为 $400\ \text{m}^3/\text{h}$ ,扬程为 $120\ \text{m}$ ,功率为 $200\ \text{kW}$ ),分别汇成1根DN600排水总管,抽排至地质探洞内的消防备用水池,最后自流到下水库。

#### 2.3.2 机组检修排水系统

检修排水系统的任务是进行机组检修排水、引水隧洞、压力管道、尾水隧洞、进水阀、尾水事故闸门的检修排水。机组检修排水系统在厂房管道廊道层两端各设2台立式离心泵(额定流量为 $400\ \text{m}^3/\text{h}$ ,扬程为 $120\ \text{m}$ ,功率为 $200\ \text{kW}$ ),共4台,用于机组检修时排除机组进水球阀和尾水闸门之间流道和尾水隧洞内的积水,以及检修期间尾水闸门的漏水。

#### 2.3.3 污水排水系统

污水排水系统的任务是排出全厂污水,以及火灾时消防的排水,污水经过油处理合格后排。在1<sup>#</sup>机组侧集水井旁边设置1个 $80\ \text{m}^3$ 的污水池,设3台潜水泵(额定流量为 $32\ \text{m}^3/\text{h}$ ,扬程为 $132\ \text{m}$ ,功率为 $22\ \text{kW}$ )。

#### 2.3.4 本电站与其他电站的不同之处

1) 本电站采用清污分排方案,避免对铜锣径水库的污染,同时,有利于厂内清洁排水的回收利用,不会造成水资源浪费。

2) 本电站无自流排水洞,为了增大排水能力,防止水淹厂房,检修排水泵在集水廊道设2个吸水口(装底阀),作为事故排水的备用泵,并在相关的位置设置监视和事故报警设备。

### 2.4 中压气系统

#### 2.4.1 中压气系统构成

中压气系统的任务是实现水泵水轮机在水泵工况启动和调相时压水用气、转轮在空气中旋转的漏损补气、调速器压力油罐补充用气和机组制动用气。

中压气系统设置4台多级、水冷、活塞往复式空压机( $Q=8\ \text{m}^3/\text{min}$ , $P=10\ \text{MPa}$ ),在空压机室布置调速器压力油罐补气贮气罐(工作压力为 $7.4\ \text{MPa}$ ,容积为 $4\ \text{m}^3$ 的立式贮气罐)、压水平衡气罐(工作压力为 $7.4\ \text{MPa}$ ,容积为 $8\ \text{m}^3$ 的立式贮气罐)和机组制动贮气罐(工作压力为 $0.8\ \text{MPa}$ ,容积为 $4\ \text{m}^3$ 的立式贮气罐)。在每台机组的蜗壳层机墩旁布置2个压水气罐(工作压力为 $7.4\ \text{MPa}$ ,容积为 $8\ \text{m}^3$ 的立式贮气罐)。其中,制动用气贮气罐是通过压水平衡气罐减压获得,由 $7.4\ \text{MPa}$ 减压至 $0.8\ \text{MPa}$ ,工作压力范围在 $0.5\sim 0.8\ \text{MPa}$ 之间。

#### 2.4.2 本电站与其他电站的不同之处

其他电站基本都会专门设置1套低压气系统,设置2台低压空压机给机组制动气罐补气。但本电站不采用低压空压机补气,而是采用平衡气罐减压供气的方式(由 $7.4\ \text{MPa}$ 减压至 $0.8\ \text{MPa}$ )。

### 2.5 油系统

本电站仅设厂内透平油系统,不设厂外透平油和绝缘油系统。厂内透平油系统设置在厂房油罐室内。厂内透平油系统用户为机组各轴承及调速系统。

透平油系统由检修用集油箱( $20\ \text{m}^3$ 、 $10\ \text{m}^3$ )、齿轮油泵(输油量为 $20\ \text{m}^3/\text{h}$ ,扬程为 $60\ \text{m}$ )、压力滤油机(型号PFC 8314—100)、透平油滤油机(型号HVP 100)、各类仪表、阀门、管路等组成。

### 2.6 水力测量系统

包括全厂性测量和机组段测量两部分。全厂性测量项目包括:水库进出水口水位、水库水温测量和调压井水位测量等。机组段测量项目主要包括:压力钢管压力、蜗壳进口压力、转轮与导叶之间的压力、止漏环进出口压力、转轮与顶盖之间的压力、尾水管压力、水泵水轮机水头或扬程、水轮机工况流量、水泵工况流量、导叶漏水量、水泵水轮机效率、顶盖振动、各轴承振动和主轴振动摆度等。

### 3 调试过程中的问题

#### 3.1 全自动滤水器反冲洗时对主轴密封供水的影响

1#机组抽水工况调试时,出现过主轴密封供水压力过低导致事故停机事件,分析原因是全自动滤水器在自动反冲洗时(滤芯压差超过0.5 bar)供水压力及流量均下降,低于停机值(供水压力低于1.4 MPa)。

解决方法:一是适当降低停机值至1.2 MPa;二是修改滤水器的反冲洗控制逻辑(机组运转的时候,屏蔽滤水器反冲洗信号;停机后,监控发令给滤水器,逐台进行反冲洗)。

#### 3.2 液压控制阀的选型

液压控制阀属于中压气系统的设备,安装在调相压水管路上。液压控制阀由液压缸和阀体组成,利用两位四通电磁阀切换油路,实现液压控制阀的打开和关闭。

液压控制阀原本供货为液压针型阀结构,且为金属密封副。如果液压缸的关闭腔无油压,则会被高压气顶起。分析原因是金属密封副存在漏气,经过长时间漏气,低压侧压力逐步上升,破坏针型阀自密封功能,克服活塞重力,顶起阀芯。

解决方法:更换液压针型阀为液压球阀,同时要求采用非金属密封副,实际使用效果很好。

### 4 结语

本文系统的介绍了深圳抽水蓄能电站的水力机械辅助系统设计,包括桥机、技术供水系统、排水系统、中压气系统、油系统和水力测量系统,并指出本电站与其他电站设计不同之处,也总结了机组调试过程中出现的一些问题。本电站2台机组都已投入商业运行,且运行状态良好,因此,本电站的水力机械辅助系统设计是科学、合理的,可为同类型电站提供参考和借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 刘红宇,吴新平.深圳抽水蓄能电站工程可行性研究报告[R].广州:广东省水利电力勘测设计研究院,2015.
- [2] 方杰,李胜兵.白鹤滩水电站水力机械设计主要特点[C]//第20次中国水电设备学术讨论会论文集,2015.
- [3] 何平,刘红宇,梁春美,等.深圳抽水蓄能电站招标施工图阶段地下厂房排水方案比较复核专题报告[R].广州:广东省水利电力勘测设计研究院,2014.

(本文责任编辑 王瑞兰)

## Design of Hydraulic Machinery Auxiliary System for Shenzhen Pumped Storage Power Station

SU Hao<sup>1</sup>, SU Cong<sup>2</sup>

(1. Guangdong Hydropower Planning & Design Institute, Guangzhou 510635, China;

2. Anhui Jixi Pumped Storage Power Co., Ltd., State Grid Xinyuan Company, Xuancheng 245300, China)

**Abstract:** In order to provide reference for the design of the same type of power station, this paper introduces the design of the hydraulic machinery auxiliary system of Shenzhen pumped storage power station, and points out the differences between the design of the power station and other power stations, and also summarizes some problems in the process of the unit debugging. Two units in the power station have been run commercial operation. According to the current operating conditions, the auxiliary equipment runs well, and the auxiliary system design can meet the requirements of the stable operation of the unit.

**Keywords:** hydraulic machinery; auxiliary system; pumped storage power station