

浅析廖坊水电站厂房设计及施工

吴小毛¹,秦根泉²

(1.江西省河道湖泊管理局,江西 南昌 330009; 2.江西省水利规划设计研究院,江西 南昌 330029)

摘要:灯泡贯流式发电机组具有能源利用率高、适用水头范围广、发电流量大、结构紧凑等优点,是平原丘陵地区水电开发中常用的一种机型。本文通过介绍廖坊水电站厂房的结构设计和施工过程,对一些关键性问题进行了论述分析,研究成果可为今后灯泡贯流式机组发电厂房的设计与施工提供参考。

关键词:灯泡贯流式机组;廖坊水电站;结构设计;厂房施工

中图分类号: TV731

文献标识码: B

文章编号: 1004-4701(2015)04-0298-04

0 引言

水电站厂房是指水电站中安装水轮机、水轮发电机和各种辅助设备的建筑物,由水电站主厂房和水电站副厂房两部分组成。它是水工建筑物、机械和电气设备的综合体,又是运行人员从事生产活动的场所,其中包含了水流系统、电流系统、电气控制设备系统、机械控制设备系统、辅助设备系统5大系统。水电站厂房结构空间功能分区多,且相互连通,往往是水利枢纽工程设计和施工中最为复杂的部分^[1]。灯泡贯流式发电机组是平原、丘陵地区水电开发中常用的一种机型,本文依托廖坊水利枢纽工程,介绍了灯泡贯流式发电厂房的布置方案及结构设计思路,并对厂房施工过程中应该注意的安全问题提出了建议。

1 工程概况

廖坊水利枢纽工程位于江西省抚州市,是省内第二大河流——抚河治理开发的关键性工程,是以防洪、灌溉为主,兼顾发电、供水和航运等综合利用的大(2)型水利枢纽工程。枢纽工程主要由主、副坝两部分组成。主坝为混凝土闸坝,全长298.00 m,正常蓄水位65.00 m(黄海高程,下同),坝顶高程70.50 m,最大坝高41.50 m。其枢纽布置顺坝轴线自左至右依次为左岸非溢流坝段、表孔溢流坝段(7孔)、低孔溢流坝段(3孔)、

连接坝段、厂房坝段、右岸非溢流坝段。通航建筑物在左岸坝头预留位置,西岸灌溉进水闸布置在左岸非溢流坝段。距主坝上游约2.0 km的右岸有3处垭口,设有3座副坝,均为均质土坝,坝顶高程为70.50 m。其中I号副坝右坝头布置东岸灌溉进水闸。廖坊水电站采用灯泡贯流式机组,电站总装机容量49.50 MW,工程现已建成发电,工程实景见照片1。



枢纽整体外观



厂房内景

图1 廖坊水电站实景照片

收稿日期: 2015-07-01

作者简介: 吴小毛(1975-),男,大学本科,助理工程师。

2 发电厂房布置

发电厂房的厂址需根据枢纽布置的总体安排,从工程造价、水流条件、地形地质条件、施工组织设计和运行管理等多个方面进行综合比较后确定。厂址选定后,再根据水能及发电水头确定机组型式和装机台数,并进行厂房结构设计。厂房结构布置涉及多种专业,结构复杂,从平面上可划分为主机室+安装间,主机室用于布置水轮发电机组及辅助设备,是运行和管理的主要场所;安装间是水电站机电设备卸货、拆箱、组装、检修时使用的场地。从垂直面上可划分为上部结构+下部结构(以发电机层楼板面为界),上部结构与工业厂房基本相似,基本上是板、梁、柱结构系统;下部结构是大体积混凝土结构,布置过流系统,是厂房的基础^[2]。廖坊发电厂房布置在河床右岸,河道主流区,基础位于熔结凝灰岩地基之上,工程地质条件较好,采用3台灯泡贯流式机组,厂房具体布置方案如下。

2.1 电站主厂房布置

在电站主厂房内安装有3台单机容量为16.5 MW的贯流式水轮发电机组^[3],电站总装机容量49.50 MW。河床电站主厂房的轮廓尺寸为56.84 m×46.38 m×41.50 m(长×宽×高),在2#机组与3#机组段间设一道横缝。

主厂房机组段大面积建基高程为32.00 m,坝前灌浆廊道底板建基高程为29.00 m。水轮机安装高程41.18 m,电站进水口流道底板高程35.82 m,主厂房运行层高程50.90 m,在运行层靠上游侧布置有调速器及其油压装置和进入下一层的楼梯间等,在其下游侧布置有机旁盘、励磁盘和其他控制操作盘等。在主厂房内安装

有1台80 t/20电动桥式起重机,用以进行机组安装或检修时的设备提吊和运输,吊车梁轨顶高程68.60 m,厂顶高程74.70 m。

在机组段的进水口内设有拦污栅和事故检修闸门^[4],拦污栅的孔口尺寸为5.00 m×22.00 m(宽×高),事故检修门的孔口尺寸为9.58 m×10.72 m(宽×高),拦污栅和事故门均由布置在坝顶的门式起重机进行操作。在尾水管出口处设有尾水闸门,门孔尺寸9.33 m×6.86 m(宽×高),尾水管检修闸门是由布置在尾水平台上的固定式起重机进行操作,发电尾水出尾水管后流入尾水渠内,尾水渠底板以1:9.7的反坡至下游河床与天然河床相接,尾水渠宽46.35 m。尾水渠右侧挡墙^[6]后平台为电站厂区,高程为59.20 m。

安装间及部分副厂房位于主厂房右侧,其轮廓尺寸为29.40 m×31.20 m×25.30 m(长×宽×高)。安装间净长21.29 m,宽度与主厂房同为16.0 m,地面高程为55.80 m,在安装间右侧设有高程为59.30 m的装卸平台和进厂大门。

生产副厂房布置在主机间的下游侧,共分3层,第一层为电缆夹层,地面高程47.70 m,发电机电缆从电缆廊道引出后先进入电缆夹层,然后再通过母线井进入第二层,第二层与主机间运行层同高,地面高程为50.90 m,在第二层内主要布置有高压开关室和励磁变室等。第三层地面高程55.80 m,在第三层内主要布置有低压开关室、厂用变室和电器试验室等。10 kV母线通过母线廊道进入位于右岸下游侧的开关站内,经变电升压后送入电力系统。

发电厂房典型设计断面见图2。

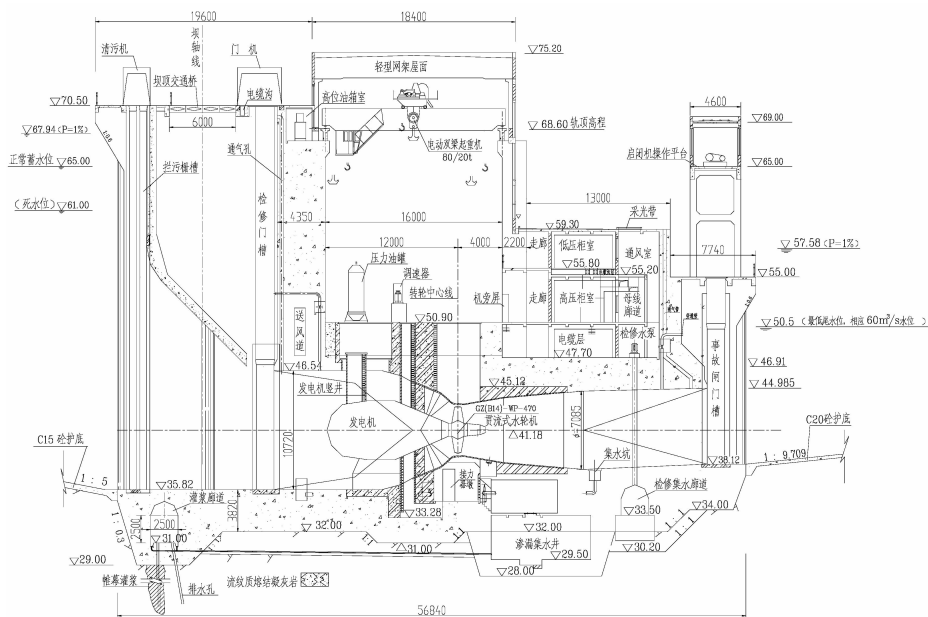


图2 发电厂房横断面图

2.2 辅助副厂房

发电厂房辅助副厂房利用右岸紧邻的的安装间坝段及下游场地布置。右岸副厂房设在安装间坝段,共分两层,第一层地面高程为50.90 m,在该层内主要布置有储油罐室、油处理室、空压机室、供水泵室和配电盘室等;第二层地面高程为55.90 m,在该层内主要有进入中控室和开关站的电缆廊道和母线廊道。

本电站的调度控制中心楼^[6],位于安装间右侧和1、2坝段的下游侧,共3层。在该楼除布置有中央控制室外,水情测报中心、大坝安全监测中心、计算机监控中心、资料室、办公室和会议室等均布置在其中。

2.3 升压开关站

升压开关站宜靠近发电厂房,以减少母线及电缆的长度。本工程升压开关站位于右岸非溢流坝下游约50 m处,地面高程59.20 m,平面尺寸为46.50 m×20.00 m(长×宽),依次布置两台主变压器、SF6 GIS开关站和出线构架场等。110kV出线两回。

2.4 进厂交通

根据电站的对外交通情况及厂房位置进行进厂交通设计。进厂交通线布置在左岸,进、出厂交通由左岸坝后对外公路通过坝顶绕向右岸坝后厂前区,进入主、副厂房和开关站。

3 厂房结构设计

合理的厂房结构尺寸是顺利进行结构配筋计算的前提。结构尺寸设计偏大,不仅增加了工程量,而且会挤占掉功能空间尺寸,影响运行使用;结构尺寸设计偏小,为满足荷载计算要求,配筋所用含钢率势必增加,并且可能会带来结构变形或振动等安全隐患。在进行结构设计时,选择结构尺寸和调整配筋方案这两种手段往往是一并考虑使用的。

3.1 厂房进水口及流道结构设计

厂房进水口流道两侧为平直进口、顶曲线采用半径为4.50 m的八分之一圆弧接直线。每台机进水口为2孔,每孔宽度为5.40 m,进水口中部的中隔墩厚1.20 m。机组由流道自检修门槽后方变圆形灯泡机组段、圆断面尾水管钢衬段、电站出口为圆变方渐变段组成。电站进口设一道拦污栅槽,一道进水口事故检修闸门门槽(与第二道拦污栅共用),尾水设一道检修闸门门槽。

在电站挡水发电和上部结构的荷载作用下,流道及其他孔洞周边应力状态较为复杂。结构计算时,对流道结构采取沿垂直水流方向切取作为平面框架结构进行内力计算,再根据内力计算结果,按大偏心受压构件

进行配筋计算。

3.2 厂房上部结构设计

厂房上部主要建筑物均为常规框架式钢筋混凝土结构。厂房上部的板、梁、柱均通过框架内力的计算来配筋。

3.3 厂房构造设计

3.3.1 厂房止水设计

厂房上游坝面的横缝止水采用两道止水片,第一道为铜片,第二道为塑料片。下游坝面高程60.00 m以下的横缝采用一道铜片止水。止水片埋入基岩内的深度为0.3 m。

3.3.2 坝基排水设计

为排除经过帷幕的渗水和基岩裂隙中潜水,降低基底扬压力,结合枢纽建筑物布置在上游的灌浆排水廊道内设置坝基排水孔。帷幕灌浆孔和坝基排水孔形成完整的坝基防渗排水系统。

灌浆排水廊道贯穿整个厂房坝段,排水孔沿灌浆排水廊道纵向全坝段布设,在1#、2#机组坝段下游设渗漏集水井,廊道内的渗水由2根直径为100 mm的钢管排至渗漏集水井,再由水泵将渗透水抽排至下游河道。

3.3.3 检修排水

所有的检修排水通过排水管排至厂内检修排水廊道,检修排水廊道设置在33.50 m高程,排水廊道贯穿全部厂房坝段至1#、2#机组坝段左侧的检修集水井,检修集水井底部高程为31.2 m,设有检修排水泵2台。

3.3.4 坝体混凝土分区

坝体混凝土强度等级分区如下:上游进口拦沙坎,上游进口护底、护岸,下游尾水渠护底混凝土为C15,主厂房底板、流道顶板、墩、墙及尾水渠挡墙混凝土为C20,主机间上、下游水位变动区混凝土、二期混凝土及板梁柱混凝土为C25,厂房排架柱、吊车梁混凝土为C30。混凝土抗渗等级大于W4,抗冻等级为F50。

4 厂房施工

廖坊水利枢纽工程共分两期施工,发电厂房安排在一期施工。一期汛期及二期工程施工时,利用厂房前面的检修闸门和尾水事故闸门挡水,进行厂中机电设备的安装及剩余土建和装修工程的施工^[7,8]。

4.1 厂房混凝土施工方案

厂房混凝土施工普通模板采用150 cm×90 cm组合钢模板,φ50钢管围檩,φ14拉筋固定;流道等异型模板采用木(竹)质复合板加工厂制作,现场拼装。模板架立采用φ25钢筋焊接模板支架定位模板,φ14钢筋做拉筋

固定,内侧 $\phi 50$ 钢管搭设固定排架支撑固定,上部用钢筋搭设排架,铺卧木架立模板固定。钢筋在钢筋加工厂制作,汽车运至坝头,缆机吊运至各仓位,人工安装,搭接采用气压对焊,手工电焊焊接。混凝土运输入仓采用20 t缆机吊运,小仓号采用搭设集料斗串桶入仓。人工手持方锹平仓, $\phi 100$ 、 $\phi 70$ 型插入式振捣器振捣。模板周边用 $\phi 50$ 型插入式振捣器振捣,以防模板跑模。混凝土施工缝采用人工凿毛处理。冬季覆盖麻袋及彩条布保温,高温季节不间断洒水养护。

拦砂坎、尾水挡墙及底板施工,迎水面采用组合钢模板,扶臂采用木模,混凝土运输采用6 m³混凝土罐车运输至现场,入集料斗反铲(PC-220型长臂反铲)入仓,25 t吊车吊0.1 m³卧罐辅助。后期采用60型混凝土输送泵入仓,人工持方锹平仓, $\phi 50$ 型插入式振捣棒振捣。钢筋在钢筋加工厂制作,汽车运至工作面,人工安装,钢筋搭接采用手工电焊焊接。底板采用长臂反铲入仓,人工抹面、压光,浆砌石采用自卸汽车运输块石至施工场地,人工拌和砂浆,人工砌筑。

4.2 施工中应注意的问题

河床式发电厂房在分期施工中往往放在前期,这样可以在后期工程施工时进行厂内机电设备的安装,以缩短工期,尽早发挥效益。有时为度汛,会把进、出水口部分先施工到设计要求高程,下放闸门挡水,在后期进行厂中土建剩余部分的施工。灯泡贯流式发电机厂房的结构特点是上下游为闸坝式大体积混凝土,厂中为廊道式板梁混凝土,如出现以上情况,需验算厂中结构在汛期挡水后的顺水流方向的强度,如不能达到要求,可采取处理措施,如抢厂中主机段部分的施工进

度,使其结构尺寸满足强度的要求或在厂中设置后浇带等。同时,新老混凝土的浇筑相隔时间不宜过长,以免因先浇混凝土弹性模量过大,约束后浇混凝土硬化,产生裂缝。

5 结语

廖坊水利枢纽工程采用的灯泡贯流式发电机组厂房形式,结构简洁,水流顺畅,布置紧凑,设计方案能较好的满足发电运行的要求,在灯泡贯流式机组厂房设计中具有一定的代表性。发电厂房施工所采取的施工方

参考文献:

- [1] SL 319-2005. 混凝土重力坝设计规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [2] SL266-2001. 水电站厂房设计规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [3] 万良牯. 廖坊水利枢纽电站机组机型及参数选择[J]. 水利技术监督, 2001, 9(4): 18-22.
- [4] 勒兆岚, 饶英定, 仪彤. 江西廖坊水利枢纽拦污浮排设计[J]. 人民长江, 2012, 43(2): 27-31.
- [5] 周亚平. 廖坊水利枢纽电气二次系统设计及探讨[J]. 小水电, 2008, (1): 17-20.
- [6] SL 379-2007. 水工挡土墙设计规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [7] NT/T 35006-2013. 水电工程围堰设计导则[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [8] SL 303-2004. 水利水电工程施工组织设计规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.

Brief introduction of design and construction of the plant of Liaofang Hydropower Station

WU Xiaomao¹, QIN Genquan²

(1.Jiangxi Provincial Channel and Lake Administration, Nanchang 330009, China; 2.Jiangxi Provincial Water Conservancy Planning and Designing Institute, Nanchang 330029, China)

Abstract: The bulb tubular turbine generating set has the advantages such as high efficiency, wide applicable range of water head, large power flow and compact structure. It is often used in hydropower development of plain and hilly regions. In this paper, through introducing the structure design and construction process of the plant of Liaofang Hydropower Station, some key problem are discussed and analyzed. The research results can be referred for the design and construction of the plant of bulb tubular turbine generating set in the future.

Key words: Bulb tubular turbine generating set; Liaofang Hydropower Station; Structure design; Plant construction

编辑: 张绍付