

# 蒲石河抽水蓄能电站枢纽布置简介

王广福<sup>1</sup> 郑光伟<sup>1</sup> 张泽明<sup>2</sup> 张东<sup>2</sup> 马龙彪<sup>2</sup>

(1. 中水东北勘测设计研究有限责任公司 2. 辽宁蒲石河抽水蓄能有限公司)

[摘要]介绍蒲石河抽水蓄能电站枢纽布置情况。

## 1. 工程概况及自然条件

### (1) 工程概况

辽宁蒲石河抽水蓄能电站位于辽宁省宽甸满族自治县境内，距丹东市约 60km，该电站是我国东北地区第一座大型纯抽水蓄能电站。电站安装 4 台 300MW 机组，总装机容量 1200MW，年平均发电量 18.6 亿 kW.h，年平均抽水电量 24.09 亿 kW.h，为日调节的抽水蓄能电站。它以一回 500kV 出线接至五龙背 500kV 变电所，将在东北电网中担任调峰、填谷、调频和事故备用。

电站工程枢纽建筑物主要由下水库及水库泄洪排沙闸坝，上水库及上水库钢筋混凝土面板堆石坝、上、下水库进水口、地下厂房洞室系统、地下输水洞室系统及 500kv 地面开关站等地面附属建筑物组成。

### (2) 站址自然条件

电站下水库位于中朝界河鸭绿江右岸支流蒲石河干流下游，坝址在鼓楼子乡王家街村。上水库位于长甸镇东洋河村泉眼沟沟首，在泉眼沟沟口筑坝成库。

上、下水库间直线平面距离约为 2.5km，上下库坝址处库底高差约 280m，筑坝形成水库后额定水头 308m，最大发电净水头 327.5m，水泵最大动扬程 333.9m，最小动扬程 296.9m。

下水库站址区年平均降水量 1134.6mm，多年平均径流量 76.2 万 m<sup>3</sup>。百年一遇洪水为 8250m<sup>3</sup>，千年一遇洪水为 12400m<sup>3</sup>。站址多年平均气温 6.6℃。上水库坝止以上集水面积仅 1.12km<sup>2</sup>，无径流来源。

电站枢纽所在区域的地层岩性主要为：下元古界辽河变质岩系，早元古代混合花岗岩和混合岩、后期有元古代和晚侏罗世侵入岩及岩脉，上覆新生界第四系松散堆积层等。站址区地质构造较为简单，深部构造较平稳，稳定性较好，为相对稳定地块。工程区地震基本烈度为 vi 度。

## 2. 上水库

上水库为钢筋混凝土面板堆石坝，坝顶长 714m，最大坝高 78.5m，上游坡比 1：1.4，下游坡比 1：1.5。钢筋混凝土面板厚度为 0.3 m。面板下设砂砾石垫层和过渡层，其水平宽度均为 3.0 m。坝体为堆石。

坝址处库水位变化频繁，而且变化幅度大，最大变幅为 32m，水位升降速率为 5.33m/h。由于这种水位变化特点，加之地处寒冷地区，水库运行过程中是否会出现库水位骤降时垫层内产生对混凝土面板的反向水压力和垫层冻结时产生对面板的冻胀力及其大小，是值得重视和研究的问题。

对于面板坝垫层料的级配、细粒含量和渗透系数对面板冻胀破坏和浮托力作用问题，在收集资料，调查寒冷地区混凝土面板坝运行状况的基础上，通过室内垫层试验以及分析计算，确定了满足各项物理力学指标和排水、抗冻胀要求的合理级配的技术路线，并进行了一系列试验研究工作。

上水库库周防护采用挖除库周覆盖层至全风化岩石，然后砌筑干砌块石（厚度为 40cm）的方式保护。

技施设计阶段，对砌石护坡在波浪压力作用下所需平均粒径和厚度进行了计算，得到干砌块石单层厚度 30cm 即可满足要求的结果，因此将原干砌块石厚度由 40cm 调整为 30cm。根据库周及石料场现场实际开挖情况，考虑工程美观、运行维护方便等，根据咨询专家意见，同时参考国内类似已建工程库周防护措施，考虑采用网格梁干砌石护坡，其下铺设 15cm 碎石反滤垫层(后改为 10cm 碎石垫层)。

具体方法为：先清除护坡范围内的所有覆盖层至全风化岩，然后铺设钢筋混凝土网格梁（网格中心线最大间距为 12m），梁宽 0.3m，高 0.5m，纵横梁交叉处设有高 0.5m 的抗滑梁墩，纵梁底部设置长 0.5m、高 1m 的混凝土阻滑墩；网格内采用 30cm 厚的干砌块石（单层），其下铺筑一层 10cm 厚的反滤垫层；从经济实用考虑，对缓于 1:3 的库岸边坡（大部都在 370m 以下的低高程部位），取消网格梁，仅保留 10cm 厚的反滤垫层及 30cm 厚干砌块石。同时，为解决暴雨汇流对库岸防护工程的冲刷问题，在库周冲沟布设了 7 条排水沟。

为便于工程投入运行后的检修与维护，结合目前上水库内的临时施工道路，在左、右岸分别保留 2 条永久运行道路。

### 3. 下水库

下水库坝址位于鸭绿江右岸支流蒲石河下游的王家街处。下水库大坝由挡水坝、泄洪排沙闸、小电站引水坝段组成，其主要作用是控制坝前水位和泄洪排沙。大坝为混凝土重力坝，最大坝高为 34.1m，坝顶全长 336m。挡水坝段、引水坝段坝顶宽度 9.5m，泄洪排沙闸及门库挡水坝段坝顶宽度 16.5m。整个大坝共分 19 个坝段，其下游坝坡为 1:0.75。

为减少运行期水量变化对下游环境的影响，根据东北电网公司的意见与要求，在电站招标设计阶段，取消了可研阶段设置的下水库单孔溢流坝，增设引水坝段，建设常规小水电站。为了充分利用水力资源，同时又能为蒲石河抽水蓄能电站提供厂用电源，经过论证，小电站总装机为 5200kW。

下水库设计最高水位 66m，相应库容 2905 万  $m^3$ ；设计死水位 62m，相应库容 1621 万  $m^3$ 。正常运行时水位日变幅 4m。

下水库进/出水口由引水明渠、进口段、闸门段、及闸后渐变段组成。为防止污物、泥沙流入进水口，设有拦沙坝及排沙泄洪洞。同时在引水明渠中部设有形拦沙坎，用于拦截较粗颗粒的泥沙和淤积物进入进水口。

### 4. 输水系统

输水系统连接上、下水库，两条引水系统由上水库进/出水口、事故检修闸门及拦污栅、引水隧洞上平段、引水隧洞斜洞段、引水隧洞下平段、引水高压岔管和压力钢管组成。一条

尾水系统由尾闸室、尾水隧洞支洞、尾水岔管、尾水调压井、尾水隧洞主洞、下水库进/出水口、事故检修闸门及拦污栅组成。

上水库每个进/出水口连接一条内径 8.1m 的钢筋混凝土衬砌的引水隧洞，由闸门井后渐变段至斜洞段为低压引水隧洞段，全长 148.11m。从斜井至引水岔管为高压引水隧洞段。其中斜井段长度 427.13m，水平段长度 220.28m。从岔管渐变段后至厂房为压力钢管段，由分岔点到机组中心线长 120.0m，内直径 5.0m，至厂房前设渐变段与蜗壳进口连接。厂房上游侧受洞室开挖影响的部分按明管设计，其余按埋藏管设计，承担内水压力 480.0m 水柱。

尾水发电系统的尾闸室位于厂房下游侧，距机组中心线 84.75m。四条尾水支洞在其下部通过，每条支洞分设一扇 5.0x5.0m 顶盖密封的事故检修闸门。四条尾水支洞经岔管并入一条尾水隧洞，其主洞全长 1255.48m，内径为 11.5m。支洞内径为 5.0m。

尾水主洞设阻抗式调压井，井底高程 22.0m，距机组中心线 212.81m。经计算最低涌浪高程 40m，最高涌浪高程 106m。顶拱高程 111.0m。调压井升管内直径 7.5m，大井直径 20.0m。

## 5. 地下厂房和 500kV 开关站

地下厂房洞室群包括主副厂房、主变洞、母线洞、尾闸室、500kV 高压电缆洞及通风竖井、通风洞、交通洞等，地下厂房洞室群均位于新鲜、较完整、透水性较弱的混合花岗岩体中。

主副厂房和安装间长 165.8m，宽 22.7m，高 54.1m。厂房从右到左依次为主机间、安装间、副厂房和通风机室。1 号机组段长 25.8m，2-3 号机组均为 24.8m。4 号机组为厂房端头机组段，为满足吊球阀的要求，所以为 28.8m。安装间长 36m，副厂房长 25.6m，主厂房设岩壁吊车梁。主变室、尾闸室布置在主厂房下游侧，主厂房和主变室间岩体厚度为 29.8m，主变洞和尾闸室间岩体厚度为 20.55m，主厂房与主变洞通过 4 条母线洞和 1 条主变运输洞相连。地下洞室大部分采用喷锚支护，局部采用锚杆、挂网喷锚。

电站安装 4 台立轴、单级可逆混流式水泵水轮机，水轮机工况额定水头 308m，单机额定出力 306MW，最大出力 321MW 水泵工况最大入力 322MW。

发电电动机为立轴、半伞式、密闭空冷、可逆式同步发电电动机。发电工况和电动工况的额定容量分别为 334MVA 和 322MW。机组采用自并激晶闸管静止整流励磁系统。水泵工况启动采用静止变频启动装置为主，背靠背启动为辅。

电站选用 4 台 500KV、360KVA 三相双线圈强迫油循环水冷铜绕组升压/降压电力变压器，发电机与变压器组合为两组机—变联合单元接线，500kV 侧为三角形接线，2 台高压厂用变分别取自 1#和 3#，2#和 4#。

500kV 开关站包括 500kV GIS 配电装置和户外出线场两部分，布置在厂房西南侧 216m 高程的地面。开关站面积为 70.4m×61.3m，四周设有环形通道并与厂区公路相连接。

地面户内 500kV GIS 配电装置按三角形接线对应布置，GIS 共有三个进、出线间隔。面积为 46.2 m×24.1 m，并同时布置有消防、直流、蓄电池、保护等房间。

户外出线场间隔宽度 30.0m，相间距 8m，边相间距构架 7m。出线场的横向尺寸 21.9m，布置设备依次为 GIS 出线套管、阻波器、电容式电压互感器、避雷器等。

## 6. 机电设备布置

水泵水轮机-发电电动机及其附属设备布置在主厂房内。其中，机旁动力盘、机组控制保护设备、发变组保护屏及 LCU 控制屏、测温盘等布置在发电电动机层(EL.13.2)；发电机主引出线、中性点设备、自用变、励磁盘等布置在母线层(EL.7.5)；调速器、进水阀操作柜及其油压装置布置在水泵水轮机层(EL.1.0)；进水阀、机组供排水系统设备等布置在蜗壳层(EL.-7.0)；中、低压空压机布置在安装间下副厂房内(EL.8.2)。

机组采用斜向 60°(顺时针)的进水方式。发电电动机主引出线从-Y 轴引出，中性点出线从+Y 轴引出。中性点电流互感器和接地变压器柜布置在中性点引出线下方风洞内、外的机墩旁。

连接发电电动机和主变压器的主回路离相封闭母线及其分支、电流互感器、电压互感器柜、发电机断路器、换相隔离开关、电制动开关柜、励磁变压器柜、起动回路隔离开关、高压厂用变压器等布置在母线洞内。

主变压器和变频起动装置及其附属设备布置在主变洞内。其中主变压器、起动回路电抗器、断路器、起动回路离相封闭母线等布置在主变层(EL.13.2)；500kV 地下 GIS、变频起动装置及其附属设备等布置在 GIS 层(EL.24.2)。

中控室布置在地面交通洞口外，在地下副厂房设有继电保护室。

主厂房内设 1 台 2×300t/50t/10t 电动双钩桥式起重机，主变洞 GIS 室内设 1 台 10t 电动桥式起重机，开关站内设 1 台 5t 电动桥式起重机。