

# 胜利水电站厂房结构大二期施工技术研究

石 桥, 曾 建, 仵 凌 丰

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610037)

**摘 要:**胜利水电站厂房为半地面式厂房,受地形条件的约束,其肘管、蜗壳等大型设备的安装通道是该工程能否实现发电目标的重难点。从关键施工技术及质量控制要点等方面详细阐述了厂房结构大二期施工技术成功应用。

**关键词:**胜利水电站;大二期;施工技术;厂房结构;研究

中图分类号:TV7;TV52;TV731

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)05-0057-04

## Study on the Second Stage Construction of Powerhouse Structure of Shengli Hydropower Station

SHI Qiao, ZENG Jian, WU Lingfeng

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Chengdu, Sichuan, 610037)

**Abstract:** The semi-ground powerhouse of Shengli Hydropower Station is restricted by terrain conditions. Therefore, the installation channel of elbow tube, volute and other large equipment is the key point to achieve the goal of power generation for this project. In this paper, the successful application of construction technology in the second phase of powerhouse structure is described in detail from the aspects of key construction technology and essential points of quality control.

**Key words:** Shengli Hydropower Station; phase II; construction technology; powerhouse structure

### 1 概 述

胜利水电站的新建厂房位于天全县下寺沟右岸已建厂区枢纽左侧的一级阶地上,总装机容量为 $2 \times 20$  MW。电站厂房轴线为 $N32^{\circ}24'4''W$ ,其安装间布置于主机间右侧,副厂房布置于主厂房下游侧。主机间尺寸为 $31.5 \text{ m} \times 18.9 \text{ m} \times 37.63 \text{ m}$ ,机组安装高程为 $673.5 \text{ m}$ 。主机间分三层布置:底层为蝶阀层,地面高程为 $670.1 \text{ m}$ ;中间一层为水轮机层,地面高程为 $676 \text{ m}$ ;上层为发电机层,地面高程为 $683.1 \text{ m}$ 。安装间布置在主主机间右侧,平面尺寸为 $15 \text{ m} \times 18.9 \text{ m} \times 23.15 \text{ m}$ ,新老电站室外地面高程一致,均为 $686.5 \text{ m}$ ,共用一个回车场,安装间地面高程高于发电机层,为 $686.7 \text{ m}$ 。副厂房位于主厂房下游尾水流道上方,尺寸为 $31.5 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 19 \text{ m}$ 。进厂道路从下游原进厂公路进入,该公路跨尾水暗渠。

### 2 工程难点与施工方案的研究

新电站厂房设计方案中的岩石开挖坡比较陡(均为 $1:0.1 \sim 1:0.3$ ),且前期设计工作中的地

勘深度不够,支护形式较为薄弱,加之该工程地处的天全县雨水丰沛,年均降雨天数达 $300 \text{ d}$ 以上。在这种恶劣的气候条件下,厂房基坑若继续下挖,边坡很可能经受不住雨水的浸润及冲刷而产生塌方,对厂房的下一步施工安全是严峻的考验。2016年11月底,厂房施工在采取“不爆破,勤支护”的前提下其上游边坡仍在刚开挖至 $671 \text{ m}$ 高程后,还未来得及支护的情况下产生了大塌方,随后对厂房上游边坡实施的垮塌处理占用了关键施工线路上的工期2个月,这对首台机组发电目标的实现无疑是雪上加霜。因此,如何在确保厂房安全施工前提的同时按期完成首台机组发电的目标成为该工程的难点之一。

鉴于新建厂房布置的较为紧凑,基坑上、左、右三边均为高陡边坡,坡顶不具备形成大型设备的安装场地,厂房开挖完成后原作为唯一施工道路的跨尾水渠进场公路将被挖断且渠顶两岸的场地受限,不具备架桥施工的条件,导致肘管、蜗壳等大型设备安装通道只有从下游侧的尾水渠内进

收稿日期:2022-07-10

入。但尾水渠反坡段底板坡比为 1 : 4.11,坡长为 30 m,不具备大型设备直接运输进入基坑安装的条件,需采用分块、多次转运进入厂房现场拼接安装的方式,这对设备安装质量的控制极为不利;另外,由于尾水渠暗涵结构施工既是恢复进场公路用于桥机安装的必要条件,也是老电站机组恢复发电的先决条件。同时,由于肘管、蜗壳等大型设备的安装通道同暗涵的结构施工及雨季快速的稳固边坡方案存在冲突,因此,如何解决肘管、蜗壳等的安装通道是该工程遇到的又一个难点。

项目部针对以上施工难点进行研究分析后最终决定将胜利水电站新建厂房结构施工方案调整为大二期结构方式施工,通过这种结构施工方式,可以有效解决狭窄地形条件下厂房结构的施工难点;同时其质量、安全的控制也能得到充分保障,且较常规结构方式施工工期至少可以提前 1~2 个月。

### 3 厂房大二期结构采用的关键施工技术

#### 3.1 施工方案的调整

该厂房于 2017 年 5 月下旬开挖完成后,厂房及尾水渠边坡出现发育程度、深度不同的多组裂隙;同时,毗邻新建厂房的老厂房 2 号机旁的沉降缝正处于初期发育阶段,老厂房左侧岩石边坡坡体内的卸荷裂隙深度较大。

面临即将到来的雨季,如何快速稳固新、老厂房及尾水渠边坡,在保证安全的前提下进行新厂房结构的施工,同时确保老电站的安全稳定运行是新厂房施工方案首先需要考虑的重点问题。

基于现状,项目部及时同参建各方沟通,将厂房由常规逐层上升的结构施工方案调整为大二期结构的施工方案:利用快速上升的厂房周边框架结构稳固边坡,同时优先打通进入安装间的通道,为桥机的安装提供便利,这样实施既可以保证安全,同时又解决了肘管、蜗壳、桥机等大型设备的运输及安装通道问题,进而为下一步机组设备的安装提供了充足的工期保障。

#### 3.2 新增设厂房结构施工通道

由于施工方案的调整,原尾水渠内的下基坑施工道路将无法使用。经现场踏勘,最后选定在下寺沟冲沟左岸修建道路、跨钢结构桥至厂房上游边坡同左侧边坡交角处的坡顶旁滩地上,最后

回填土石作为厂房结构施工期间的通道。同时,将 TC6013 塔机改设在下寺沟右岸滩地的回填体上,以便于厂房结构施工材料的垂直运输。

#### 3.3 蝶阀室增设下游墙

由于厂房四周墙设计为双层钢筋混凝土结构,墙高 22.2 m,其厚度最薄弱处仅为 1.2 m。经设计验算,单独的墙体上升无法确保一期结构及边坡的安全稳定,需要在薄弱处的墙体中下部加设墙板结构才能满足厂房四周墙的安全稳定。对此,项目部会同参建各方进行商议并经设计人员研究计算后确定了以下方案:在蝶阀室的下游增设了一道 40 cm 厚的双层钢筋网混凝土墙与蝶阀室顶板及厂房上游墙连接形成整体式框架结构;左右边墙在满足后期机组安装的前提下形成台阶形式的墩墙,而下游的尾水闸墩按原设计方案同步浇筑上升,封闭成环,最终确保了厂房四周墙及边坡的安全稳定性。

#### 3.4 混凝土施工

胜利水电站厂房混凝土水平运输主要采用三辆 8 m<sup>3</sup> 混凝土罐车从集中布置的搅拌站经由厂房新增设的结构施工通道运输至厂房上、左侧边坡交界处的平台上。混凝土的垂直运输采用泵车泵送入仓,对于局部边角及泵车无法企及的部位辅以缓降溜桶和塔机入仓。

厂房结构施工总体上按 3~4.5 m 分层,自下而上进行施工,先底板、后四周墙,然后为排架柱及吊车梁,最后施工大二期基坑部位的大体积混凝土及发电机层板、梁、柱等。四周墙的框架呈整体上升,先后施工的墙体在不侵占结构的前提下错台错缝。厂房大二期混凝土施工情况见图 1。

#### 3.5 主机间下游墙采用的施工技术

预留大二期结构的施工方式为先浇筑厂房的四周框架体,中间机组部位的混凝土浇筑待相应的机组设备安装完成后再进行。由于在电站机组后期运行时蜗壳、肘管内的水头压力较大,对水轮机层以下一、二期混凝土结构的施工缝面及钢肘管与混凝土结构的尾水扩散段结合处的处理尤为关键,一旦处理不好,将会造成水轮机层的机组设备被渗水侵蚀。

项目部技术人员在仔细分析和研究了多种方案后,最终决定采取以下几种方案对一、二期混凝

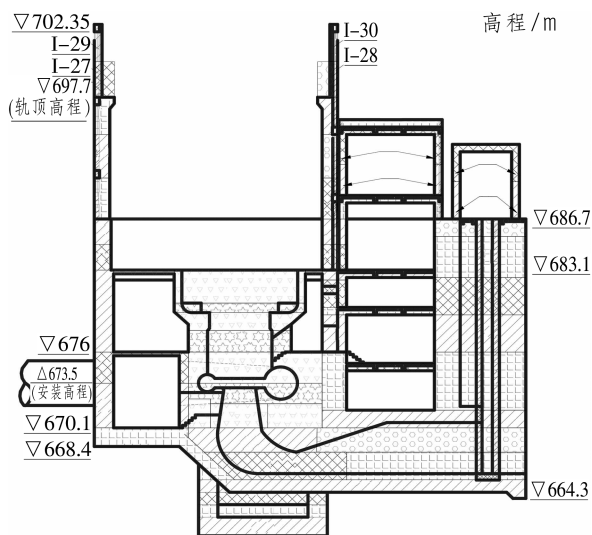


图 1 厂房大二期混凝土施工图

土结构施工缝面进行加强处理:(1)主机间下游墙逐层上升时,对水轮机层及以下施工缝面采用台阶形式上升;(2)所有的施工纵缝不允许设置通缝,而将其设置为齿槽的形状,且在混凝土立面及平面设置  $\Phi 22$  mm 钢筋作为过缝钢筋,间排距为  $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ ,梅花形布置;(3)在主机间下游墙内设置垂直梯形状键槽,键槽内同样设置过缝钢筋,并在钢肘管与混凝土尾水扩散段结合处增设膨胀止水条及加强钢筋<sup>[1]</sup>; (4)在一、二期混凝土结合部位预先埋设灌浆花管,以备在渗水的情况下进行灌浆处理<sup>[2]</sup>。

由于对混凝土施工缝面采用的处理方案较为全面,老电站恢复发电后,既使新老电站尾水渠交汇处的水位壅高至 676 m 高程,厂房水轮机层以下的混凝土结构亦未出现渗水情况。

### 3.6 肘管及蜗壳的安装施工

进入安装间的施工通道形成后,在桥机安装准备、安装施工期间,采用 100 t 汽车吊将 1 号机肘管分两节吊至预先在主机间底板上安装的自制小车上,然后利用 50 t 卷扬机牵引就位。行走轨道采用工字钢、槽钢沿主机间纵横轴线两侧对称布设,待 1 号机肘管定位安装完成后将其拆除。2 号机肘管及 1、2 号机的蜗壳安装施工待桥机形成后进行安装定位。

为确保蜗壳的安装精度,避免混凝土温度应力造成锥管与座环之间的偏差过大,需要采用小结构的混凝土座环支墩作为蜗壳精准定位的基

础。待座环精准定位及安装完成后,先浇筑锥管外围的混凝土,然后再进行锥管的定位安装,最后浇筑锥管层的外包混凝土。

### 3.7 厂房四周框架的脚手架搭设

由于厂房一期混凝土结构为先施工四周框架,故其搭设的脚手架高度最高达到 38.05 m。而经计算得知,厂房基坑内无法预留足够的宽度作为落地式脚手架的搭设基础平台。为确保水轮机层以上厂房四周墙体、排架柱、连系梁及吊车梁的正常施工,项目部在 683.1 m 高程附近预埋了一圈 I18 工字钢并与墙内的双层钢筋网进行焊接,间距 2 m,内外侧外露长度均为 2 m,工字钢下部设置 I18 工字钢抗剪支撑作为厂房上部脚手架的搭设平台,待厂房混凝土结构浇筑至发电机层后再进行拆除<sup>[3]</sup>。

由于厂房施工的立面、平面均存在交叉作业,特别是上、下施工的安全必须得到保障,项目部在脚手架的临边侧均设置了安全防护网及防高空坠落的水平网,同时在脚手架搭设平台外侧及底面设置了木工板、8 cm 厚的木板、 $\Phi 25\text{ mm} @ 20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$  钢筋网的三层安全防护,达到了预期的安全目标。

### 3.8 质量控制要点

(1)仓面的清理与准备。对于拟浇筑仓面内的积水应及时排除,对地表水、地下水应妥善引排,将排水管的出口设置为单向阀,留待后期集中进行灌浆处理。

(2)模板施工。为确保混凝土层间缝整齐美观,不出现吊帘、错缝等质量缺陷,在模板上口贴紧靠放 2 cm 宽的角钢作为分缝线止浆条,采用铁丝穿模板缝进行固定,在上层混凝土拆模时拆除。止浆条拆除后人工调制同标号砂浆勾缝<sup>[4]</sup>。

(3)钢筋制安。由于一、二期混凝土结构施工间隔时间较长,钢筋易锈蚀或被洒落的混凝土污染,对于预埋钢筋需严格按照图纸要求实施;对于钢筋出露的部位需采用防水材料包扎。钢筋表面应洁净、无损伤,油漆污染和铁锈等应在使用前清除干净;对于带有颗粒状或片状老锈的钢筋不得使用<sup>[5]</sup>。

(4)预埋件安装。水下部位的预埋件在机组充水运行后若其表面的铁锈未处理好、预埋件的

焊接质量不过关,极易产生渗水现象,因此需要在混凝土浇筑前将穿过结构部位的预埋件包裹一圈膨胀止水条用于防水。

#### 4 结 语

以上措施的实施,使厂房大二期结构施工的安全风险系数大大增加。为确保厂房大二期方案的安全顺利实施,项目部在加大安全投入的同时做到了全方位、无死角的现场安全监管以及变经常性教育为日常教育,最终使厂房结构安全顺利完成。

厂房第一仓混凝土浇筑自2017年5月底开始,至2017年11月中旬完成了厂房一期四周框架混凝土的浇筑,历时五个半月。在保质保量的情况下,提前一个月完成了业主既定的首台机组发电目标,为后期的机组安装及调试提供了充足的时间保障,获得了业主、设计、监理的一致好评。所采用的厂房结构大二期施工技术可供类似工程

(上接第56页)

100 000元;施工人员进出场费为30 000元;施工工期按2.5个月计算,施工人工工资5人 $\times$ 2.5月 $\times$ 10 000元(月工资)=12 500元;设备租赁费1套 $\times$ 2.5个月 $\times$ 30 000元/月=75 000元;假设两种施工设备总功率均为120 kW,每天工作8 h,电费单价实际为0.9元/kW $\cdot$ h,则水泥搅拌桩施工多增加电费约24 200元;水泥搅拌桩施工多增加上下班接送车辆租赁费为10 000元。即采用水泥搅拌桩施工除材料费外初步发生成本为100 000+30 000+125 000+75 000+24 200+10 000=364 200(元)。

综上所述,采用高压旋喷桩施工节约工期28 d,在不计算材料消耗的前提下可初步节约施工成本291 700元。该工程相比原设计方案深层水泥搅拌桩施工,采用高压旋喷桩施工能够保证相同的施工质量并可降低施工成本。

#### 6 结 语

阐述了针对铁路路基工程软基采取高压旋喷桩进行改良加固处理的过程,实施效果表明:经过改良加固处理的铁路路基软土基础的承载力大幅度提升,满足设计要求;同时证明高压旋喷桩施工技术具有加固质量均匀、挤密效果好、对环境污染小、施工速度快、节约工期、工程造价低等优势。

参考。

#### 参考文献:

- [1] 陈均,虞伟良,陈拓.高层建筑地下室渗水防治施工技术探讨[J].施工技术,2016,45(增刊):237-239.
- [2] 廖成林,朱海亚.橡胶止水塞的制作[J].四川水力发电,2010,29(6):151-155.
- [3] 余奎.超高层建筑附着升降脚手架施工技术性能的分析[J].低碳世界,2018,57(4):170-171.
- [4] 林贵.探析建筑施工中现浇梁板模板的施工工艺[J].建筑建材装饰,2016,43(19):84-85.
- [5] 王新明.建筑工程中钢筋工程施工工艺分析[J].民营科技,2016,13(2):165.

#### 作者简介:

石 桥(1981-),男,湖北宜昌人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

曾 建(1976-),男,四川都江堰人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

作凌丰(1986-),男,河南南阳人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

#### 参考文献:

- [1] 张鑫.高压旋喷桩在高速公路软弱地基中的应用研究[D].西安:西安科技大学,2007.
- [2] Hoco. Analysis of deep jet grouting field trial in clay[C]. Contemporary Topics in Ground Modification, Problem Soils, and Geo-Support, ASCE, Florida, 2009:233-240.
- [3] 李小杰.高压旋喷桩复合地基承载力与沉降计算方法分析[J].岩土力学,2004,25(9):1499-1502.
- [4] 石建磊,张杰,唐世杰.高压旋喷桩在软基加固中的若干问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,53(1):52-54.
- [5] 吕若冰,孔纲强,沈扬,等.高压旋喷桩法在既有高速公路路基治理中的应用[J].建筑机械化,2015,36(10):70-73.
- [6] 李相然,贺可强.高压喷射注浆技术与应用[M].北京:中国建材工业出版社,2007.
- [7] 龚晓南.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [8] 张玉广,朱吉斌.高压旋喷桩在软土路基加固处理中的应用[J].交通世界,2020,27(35):84-85.
- [9] 铁路路基工程施工质量验收标准,TB 10414-2018[S].

#### 作者简介:

杨小军(1991-),男,贵州遵义人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

李 杰(1993-),男,四川德阳人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

杨璐铭(1990-),男,四川资阳人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

王 勇(1990-),男,河南安阳人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)