

预制梁在河床式水电站坝顶施工中的应用

陈 维

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘要: 旬阳水电站坝顶梁因多种原因影响无法形成运输通道而造成原施工计划无法实施。项目部经研究后针对左五孔泄洪冲沙闸坝顶门机及交通梁采用预制梁吊装技术提前安装就位, 解决了坝顶施工通道问题, 取得了较好的效果。阐述了对预制梁在河床式水电站坝顶施工中的应用进行的研究。

关键词: 预制梁; 旬阳水电站; 坝顶施工

中图分类号: TV7; TV52; TV735

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2024)03-0019-03

Application of Precast Beams in Dam Crest Construction of Riverbed Hydropower Station

CHEN Wei

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Dujiangyan Sichuan 611830)

Abstract: The dam crest beams of Xunyang Hydropower Station cannot form a transportation channel due to many reasons, making the original construction plan unable to be implemented. After research, the project department adopted precast beam hoisting technology to install in advance, which achieved good results solved the problem of dam roof construction channel. This paper describes the research on the application of precast beams in dam crest construction of riverbed hydropower stations.

Keywords: Precast beam; Xunyang Hydropower station; Dam crest construction

1 概 述

旬阳水电站位于陕西省旬阳县城南约 2 km 处, 为汉江上游陕西境内干流规划的第五个梯级水电站, 上距安康水电站约 57 km, 下距蜀河水电站、丹江口水电站分别为 55 km 和 255 km。旬阳水电站的开发任务以发电为主, 兼顾航运并促进地方经济社会发展。

电站枢纽自左至右依次布置为安装间、装卸间、主机间、左导墙、左五孔泄洪冲沙闸、右导墙、右七孔泄洪冲沙闸、右岸非溢流坝段等。

鉴于厂房坝段现场施工进度受多方面因素影响严重滞后等实际情况而无法形成坝顶施工通道, 又因左五孔泄洪冲沙闸坝段坝顶门机及交通梁等设计采用的是预制梁结构型式, 不能够按照原计划采用架桥机从左岸向右岸进行预制梁的安装。为保证右岸七孔泄洪冲沙闸坝段的施工, 左五孔泄洪冲沙闸坝段坝顶梁的形成成为交通通道的关键。该泄洪冲沙闸坝段的闸墩高 40 m, 梁片的最大长度为 18.22 m, 最大重量为 66 t。

项目部结合厂房工程的结构布置型式及现场

的周边条件等进行了综合考虑, 将泄洪冲沙闸坝段的坝顶预制梁场布置在该坝段上、下游可利用的平台上。将上游预制梁场分别布置在右导墙上延段、右导墙、拦沙坎与厂房上游结构线间的门机轨道平台; 将下游预制梁场布置在消力池拦沙坎与闸墩间的消力池底板平台。

2 预制梁混凝土施工

2.1 模板施工

预制梁模板采用标准钢模和木模组合支立, 背楞采用 $\Phi 48$ 钢管、对拉螺杆或脚手架管支撑固定; 预制梁上部的现浇混凝土采用 1.2 cm 厚的木工板支立, 背楞采用 4 cm $\times$ 5 cm 的木枋、对拉螺栓固定。现浇翼缘板的模板采用内拉悬吊模板支撑结构。

2.2 钢筋施工

按照设计要求并结合分层高度、接头形式进行钢筋加工。钢筋的表面应洁净、无损伤, 使用前需将其表面的污渍、锈皮、鳞锈等清除干净, 对于钢筋表面的水锈和色锈可以不进行专门处理。在加工场提前制作钢筋完成后, 按编号种类分类堆放并做出标识, 将其置放于垫块上并用彩条布遮盖以避免钢筋锈蚀。用 10 t 平板车运输, 起重机

吊送钢筋至工作面^[1]。

2.3 混凝土施工

采用搅拌车运输混凝土。对于右导墙上延段、右导墙、厂房坝段上游门机轨道平台预制梁的混凝土采用门机吊罐入仓;左五孔下游消力池预制梁的混凝土采用塔机或 25 t 汽车吊吊罐入仓。采用 Φ25 或 Φ30 振捣棒插入混凝土振捣。混凝土的浇筑顺序为纵向先从梁的一端向另一端、以 45° 的倾角向前推进。必须控制好振捣时间,其不宜过长且不能漏振,以防止出现水纹和空洞,直至混凝土表面停止下沉、呈现平坦状且不出出现显著气泡为准,表明其已经振捣到位。对于振捣到位的混凝土,再用橡皮锤轻击其外侧模板,浇筑结束后及时收光拉毛,拉毛后立即覆盖土工布进行洒水养护,防止混凝土因泌水过快而产生收缩裂缝^[2]。

混凝土浇筑结束 24 h 后拆除侧模。拆完后立即喷洒水养护并始终保持构件顶部潮湿,其养护时间一般为 28 d。待模板拆完后、混凝土达到一定强度时,对后续混凝土结合面进行凿毛处理。

3 预制梁的安装

3.1 安装方案的确定

原计划将预制梁场布置在高程 247.0 m 平台及左导墙顶,预制梁的安装采用 100 t 的架桥机架设。但受厂房座环、尾水闸门提前安装等多个因素影响,厂房坝段的施工进度严重滞后,厂房坝段施工至坝顶高程后才能形成预制梁运输通道,故其不能满足左五孔坝段相关后续工作开展的需要;另外,左五孔坝顶梁按照汽-60 荷载设计,而坝顶梁的最大重量约为 70 t,故其不能满足预制梁运输的要求。综上所述并结合泄洪冲沙闸坝段的结构体型,其安装方案需调整变更为采用 400 t 履带起重机分别布置在泄洪冲沙闸坝段上、下游基础面上并进行安装。

3.2 安装顺序

(1)上游闸墩段按照自下游向上游方向的顺序依次安装。

(2)下游闸墩段按照自上游向下游方向的顺序依次安装。

3.3 安装前的准备工作

预制梁吊装就位前,首先对闸墩上预留梁槽的宽度、高度、预埋钢板的尺寸、高程等进行检查,以确保梁槽尺寸满足预制梁能够精准安装就位。预制梁安装前,在梁槽及预制梁两端的顶部标示出梁的中心线以使其精准就位。

3.4 安装设备的选择

根据预制梁的吊装高度、距离等参数最终选择了 QUY400 履带式起重机,选用超起平衡重量 80 t 工况即可满足预制梁的吊装要求。预制梁的安装就位需要选择的履带式起重机的工作幅度为 18~24 m,则右导墙及其延长段预制梁采用履带式起重机移位时的最大工作幅度为 32 m^[3]。

3.5 运输设备

对于右导墙及其上延段、消力池部位预制梁场等坝顶梁的吊装设备,采用 QUY400 履带式起重机直接从预制梁场转移就位;对于厂房坝段上游平台预制梁场的坝顶梁则采用 2 台 75 t 汽车起重机抬梁,100 t 运梁炮车转运。

3.6 吊具

(1)履带式起重机起吊钢丝绳的选择。按照预制梁最大重量 66 t 设计钢丝绳,钢丝绳按照安全系数不小于所承受内力的 6 倍进行选择,采用单根一弯两股,钢丝绳的夹角分别为 60°、81°,挂接系数为 0.782。吊装情况见图 1。

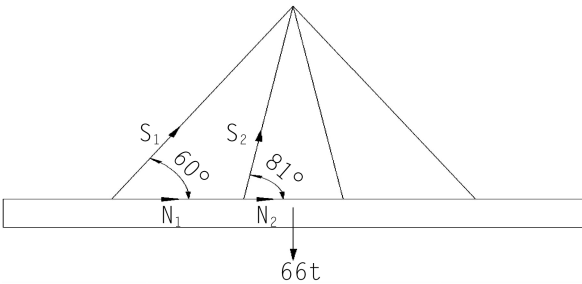


图 1 吊装示意图

单根钢丝绳承受的内力:

$$S_1 = 1/2 \left(\frac{Q}{n} \times \frac{1}{\sin \alpha} \right) = 66 \times 9.8/4 \times (1/\sin 60^\circ) = 186.72 \text{ kN}$$
$$S_2 = 1/2 \left(\frac{Q}{n} \times \frac{1}{\sin \alpha} \right) = 66 \times 9.8/4 \times (1/\sin 81^\circ) = 163.72 \text{ kN}$$

式中: S₁ 为图 1 中外侧钢丝绳的拉力; S₂ 为图 1 中内侧钢丝绳的拉力; Q 为预制梁的重力; n 为吊点数。

钢丝绳吊点处对预制梁构件的水平压力:

$$N_1 = S_1 \cos \alpha = 93.36 \text{ kN}$$
$$N_2 = S_2 \cos \alpha = 25.26 \text{ kN}$$

式中: N₁ 为图 1 中外侧钢丝绳吊点处对预制梁的水平压力; N₂ 为图 1 中内侧钢丝绳吊点处对预制梁的水平压力。

取钢丝绳的最大承受内力 S₁ 进行计算,则

钢丝绳破断拉力=186.72×6=1 120.32 kN。

按照《重要用途钢丝绳标准》GB 8918—2006，钢丝绳公称抗拉强度 1 670 MPa 取值，选取 6×37—Φ52 纤维芯，一弯两股钢丝绳，系数为 0.782，破断拉力为 1 490 kN×0.782=1 165.2 kN>1 120.32 kN，安全^[4]。

选用 2 根长 27 m，6×37 纤维芯的 Φ52 钢丝绳，4 件 35 t 的弓型卸扣。

(2) 厂房上游梁场汽车起重机起吊钢丝绳的选择。按照预制梁的最大重量 66 t 设计钢丝绳，采用两台汽车起重机抬吊。

计算方法同上，选用 2 根长 11 m，6×37 纤维芯的 Φ52 钢丝绳，4 件 35 t 的弓型卸扣。

4 吊装设备基础承载力的验算

4.1 荷载参数

450 t 履带吊自重 425 t，预制梁重 66 t；
总重量：425 t+66 t=491 t，则总荷载为 4 910 kN。

4.2 静荷载验算

履带宽度为 1.2 m，履带的接地长度为 9.4 m，则其接地面积 $S=1.2\times9.4=11.28\text{ m}^2$ 。

根据压强计算公式 $P=F/S$ (式中： P 为压强； S 为受力面积； F 为压力)，履带吊满荷载时对地面产生的压强为： $4\,910\text{ kN}\div11.28\text{ m}^2\approx0.435\text{ MPa}$ 。

一般常态混凝土 7 d 强度为设计标准强度的 70% 以上，而 C20 基础混凝土的设计标准强度为 20 MPa，其在浇筑后 7 d 能够达到的抗压强度约为 14 MPa>0.435 MPa，故泄洪冲沙闸 C20 混凝土底板能够满足设计承载力要求。

4.3 混凝土极限承载力计算

C20 混凝土轴心抗拉应力为 1.54 MPa，通行极限承载力为：

$$F_{cd}=0.7\cdot\beta h\cdot F_{td}\cdot Um\cdot H=0.7\times1\times1.54\times1\,000\times[2\times(1.2+9.4)+4\times0.25]\times0.25=5\,982.9\text{ kN}$$

式中： F_{cd} 为混凝土最大集中返力； βh 为对于混凝土厚度小于 300 mm 时，取为 1； F_{td} 为轴心抗拉应力；高度换算比 $Um=2\times(a+b)+4\,H$ ，其中 $a=1.22\text{ m}$ ， $b=8.06\text{ m}$ (a 、 b 分别为履带的宽度和长度)； H 为混凝土厚度，25 cm。

则厚度为 25 cm 的 C20 混凝土强度能够承受设备通行重量 598.3 t>491 t，C20 混凝土基础能够满足 400 t 履带吊的通行条件^[5]。

5 结 语

该工程因受诸多因素影响导致多次停工，造成工期极为紧张。二期右岸七孔泄洪冲沙闸坝段的施工工期在很大程度上受制于左岸厂房坝段及左五孔泄洪冲沙闸坝段坝顶交通通道的形成，而左岸厂房及左五孔泄洪冲沙闸坝段坝顶结构相互穿插施工导致施工难度大，安全风险高。对此，项目部根据实际情况研究决定，对左五孔泄洪冲沙闸的坝顶梁采用将吊装设备布置在泄洪冲沙闸底板上，提前将预制梁安装就位的方案，解决了枢纽结构多部位同时施工出现的交通通道难题，加快了施工进度，降低了安全风险，所取得的经验对其他类似工程具有一定的借鉴意义。

参考文献：

[1] 水工混凝土钢筋施工规范：DL/T 5169-2013[S].

[2] 水工混凝土施工规范：DL/T 5144-2015[S].

[3] 起重机械安全规程：GB 6067-2010[S].

[4] 重要用途钢丝绳：GB 8918-2006[S].

[5] 混凝土结构设计规范：GB 50010-2010[S].

作者简介：

陈 维(1986-)，男，湖北京山人，副高级工程师，从事水利水电工程施工技术与管理工

(编辑：李燕辉)

(上接第 18 页)

[2] 张文康. 龙门山石灰石矿云中寺排土场泥石流地质灾害的治理[J]. 矿业快报, 2006, 26(4): 48-49.

[3] 王培武. 露天矿排土场堆排方式探析[J]. 黄金, 2012, 33(1): 28-31.

[4] 刘志强. 德兴铜矿富家坞采区高段排土安全管理[J]. 铜业工程, 2008, 25(1): 21-22.

[5] 程志平. 德兴铜矿富家坞采区排土方案优化研究[J]. 铜业工程, 2017, 24(4): 36-38, 56.

[6] 贺宇霆. 绿水青山就是金山银山——探讨新时代下绿色矿山建设模式[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022, 40(12): 181-183.

[7] 有色金属矿山排土场设计标准：GB 50421-2018[S].

[8] 宋自平, 李健, 周菊兰, 等. 矿山排土场的分类分区排放断面探讨[J]. 四川水力发电, 2023, 42(4): 1-4, 31.

作者简介：

孟怀秀(1986-)，女，重庆江津人，副高级工程师，从事土木工程施工技术与管理工
宋自平(1979-)，男，四川威远人，正高级工程师，一级建造师，从事土木工程施工技术与管理工
马松华(1982-)，男，湖南株洲人，工程师，硕士，从事矿产勘查和
矿山开采技术与管理工
雷国强(1984-)，男，陕西合阳人，副高级工程师，从事土木工程施工技术与管理工

(编辑：李燕辉)