

# 黄丹水电站施工浅析

陈 茂

(中国水利水电第十工程局, 四川都江堰, 611830)

**摘 要** 黄丹电站枢纽布置集中, 为河床式电站。本文针对该工程混凝土浇筑强度高峰突出, 施工期雨水集中等特点, 分析总结了工程施工的成功经验。

**关键词** 黄丹电站 施工条件 导截流 进度措施

## 1 黄丹工程概述

黄丹水电站位于四川省沐川县黄丹镇下游 4 km 处, 系马边河中游河段上的一个低水头河床式电站, 下接已发电的坛罐窑水电站。黄丹水电站属四川省“八五”重点工程。该电站采用闸坝及河床式厂房壅水发电, 主体建筑物由左、右挡水坝段、厂房坝段和冲沙、泄洪闸坝段及升压变电站工程组成, 正常蓄水位高程 378.00 m, 总库容 2 280 万  $m^3$ 。具有周调节能力, 周调节库容 400 万  $m^3$ , 坝顶高程 387.50 m, 设计最大坝高 54.50 m (实际最大坝高 56.00 m), 坝顶全长 232.50 m, 电站设计水头 23 m, 引用流量 228.60  $m^3/s$ , 单机引用流量 76.2  $m^3/s$ , 单机容量 15 MW, 共装 3 台轴流转桨式水轮发电机组, 总装机容量  $3 \times 15$  MW, 保证出力 8.64 MW, 多年平均发电量 2.041 亿  $kW \cdot h$ 。

### 1.1 工程布置

枢纽建筑物从左至右挡水坝(0+007.50~0+031.50, 坝高 32.8 m), 安装间主厂房坝段(0+031.50~0+104.00, 坝高 49 m), 冲沙闸坝段(0+104.00~0+125.50, 闸室水流向长 36 m, 闸室净宽 2 m  $\times$  5.5 m, 护坦长 50.5 m, 坝高 48 m), 泄洪闸坝段(0+125.50~0+193.50, 闸室净宽 4 m  $\times$  12 m, 闸室水流长 41 m, 护坦长 37 m, 实际最大坝高 56 m), 右挡水坝段 10+193.50~0+224.50, 坝高 41.8 m。

左、右岸坝顶高程(387.50 m), 各设一 30 m 长灌浆廊道, 坝顶全长 232.50 m, 坝轴线为一直线, 各建筑物间设永久沉陷缝, 坝顶设 1 台 160 t 单向门机, 以便起吊各检修闸门和厂房进口拦污栅等。

### 1.2 主要工程量(实际完成量)及建安工作量

土方开挖 17 万  $m^3$ , 石方 46.4 万  $m^3$ , 混凝土 28.05 万  $m^3$ , 钢筋制安 5 992 t, 浆砌条石 6 265  $m^3$ ,

土石填筑 69 058  $m^3$ , 固结灌浆 6 768 m, 帷幕灌浆 5 224 m, 接触灌浆 4 880  $m^2$ , 接缝灌浆 200  $m^3$ 。1992 年 9 月至 1995 年 5 月共计完成建安工作量 9 159 万元, 开挖高峰强度 11 万  $m^3$ , 混凝土高峰强度 3.6 万  $m^3$ 。

### 1.3 合同工程计划

(1) 开工日期: 1992 年 9 月 15 日。

(2) 导流明渠(包括利用冲沙闸导流部分)完工日期: 1993 年 5 月 31 日。

(3) 主河道截流日期: 1993 年 11 月上旬。

(4) 厂房桥吊交付日期: 1994 年 10 月 15 日。

(5) 厂房交付机组埋件安装日期: 1994 年 11 月 1 日。

(6) 下闸蓄水日期: 1995 年 5 月 29 日。

(7) 第一台机组发电日期: 1995 年 6 月 1 日。

(8) 工程竣工日期: 1995 年 9 月 30 日。

从工程开工至第一台机组发电合同工期 32.5 个月, 至竣工日期历时 36.5 个月, 我局承担了电站枢纽土建及金属结构安装工程(含灌浆、观测设施)。

## 2 工程施工条件

电站属亚热带季风气候, 冬温夏热, 湿润多雨, 多年平均降雨量 1 183.1 mm, 最大一日降雨量为 180 mm, 多年平均雨日为 180 d。该河道属典型山区河流, 洪水主要由暴雨形成, 洪枯水位变幅大, 实测最大流量 6 970  $m^3/s$ , 多年平均流量 134  $m^3/s$ , 每年 6~9 月为主汛期, 洪峰多出现在 7~8 月, 10 月~翌年 5 月为枯水期。

该电站对外交通较为方便, 坝址距乐山 100.7 km, 距沐川 65.7 km, 距犍为 63.7 km, 距成昆线沙湾车站 61.7 km。

本工程属低山峡谷区, 海拔 500~1 000 m, 河

谷深切,两岸地形陡峭,谷坡呈阶梯状,河谷呈“U”型谷。按《水利水电枢纽工程项目建设工期定额》之规定,河谷形状系数 $R = H/L = 56/232.5 = 0.241 > 0.24$ ,因此黄丹电站坝址为峡谷河床。出露地层基岩为上三迭——下侏罗香溪群中下部河湖相沉积,岩性为中厚——巨厚长石砂岩,泥质粉砂岩与砂岩夹薄煤层,砂岩厚度一般为10~28 m,基岩上覆盖第四系河流冲积沙卵石层,厚1~12 m。

### 3 投标施工组织设计与实际施工比较

由于黄丹电站投标施工组织设计时间较短,对现场实际施工条件不够熟悉,施工难度估计不足,在一些大的施工措施方案上考虑不够周全,不能适应实际施工的需要,无法满足合同工期要求。因此,中标进场后,在原投标施工组织设计基础上,充分熟悉、理解有关技术文件,结合现场实际情况,重新补充,修改总体施工措施及方案。并分阶段,结合各施工时段的实际施工情况,作了进一步完善,以确保总体目标及各阶段目标的实现。客观地讲,能按合同工期完成黄丹电站建设,施工措施和方案的及时补充完善,以及几项重大合理化建议的提出,起到了决定性的作用。现就施工交通、施工导流、主要机械施工设备布置及有关施工措施等各个方面综述分析如下:

根据黄丹电站施工总体规划及各期施工特点,将整个黄丹电站主体工程施工期划分为五个阶段,即“三枯、二汛”

“一枯”从1992年10月至1993年5月;

“一汛”从1993年6月至1993年9月;

“二枯”从1993年10月至1994年5月;

“二汛”从1994年6月至1994年9月;

“三枯”从1994年10月至1995年5月。

在施工总体规划、设计的基础上,针对各时期施工特点作了更进一步的优化补充和完善。

#### 3.1 施工交通布置

由于黄丹电站坝区场地十分狭窄,左、右岸总宽不足200 m,并且按施工规划主体工程以冲沙闸导流明渠右导墙为界,分左右岸两期施工,最大开挖深度达20余 m,因此给整个工程施工的交通布置带来了极大困难。按原投标施工组织设计规划,利用左岸387.5 m高程的坝肩公路连接上、下游交通,从上、下游进入左岸基坑,拟在坝轴线下游470 m处建一座跨河临时施工贝雷桥,从下游进入右岸基坑施工。在“一枯”施工前期主要依靠上游施工公路

(354.00 m高程)和左岸坝肩公路,由于左岸坝肩公路建在左岸剥蚀台地的坡积体上,当基坑下部开挖后,整个坡积体整体下滑,致使坝肩公路全部中断,结合现场实际并考虑后期施工,及时调整公路布置,于1992年11月重新开通左岸370公路,一为减小因基坑下部开挖形成的高边坡威胁,二为沟通上下游交通联系,三为多开辟开挖工作面,四为后续施工创造有利条件。实践证明370公路的修建,为加快工程施工进度及后续施工的顺利进行起到了至关重要的乃至决定性的作用。

结合“二枯”右岸导流工程及主体工程施工考虑,改原下游跨河施工贝雷桥,上游跨明渠人行桥的交通布局为上、下游跨明渠钢结构施工交通桥,从而改变右岸二期上、下游戗堤及围堰进占、堆筑方向,以及主体工程开挖、混凝土浇筑单一从右岸下游进入基坑施工的方式,从实践看,此方案是经济可行的,既降低了施工成本(建桥费用,运距缩短1 km),又加快了施工进度,为右岸工程(泄洪闸、右挡水坝)后续施工创造了极为有利的条件,为工程目标的实现起到了重要的作用。并且在实际施工中,充分利用建成的临时工程(如一期纵向围堰、右岸二期上、下游围堰等)和主体工程部分作为施工临时通道,也为施工创造了许多有利条件。

#### 3.2 施工导截流工程

黄丹电站施工导流标准为五年一遇( $P = 20\%$ ),采用枯期分期导流,相应时段为当年10月~翌年5月。

导流设计流量: $Q_{导} = 783 \text{ m}^3/\text{s}$ ,

截流设计流量: $Q_{截} = 124 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

原施工导流规划:“一枯”导流,利用一期纵向围堰围冲沙闸以左的河槽,施工冲沙闸并向上、下游延伸形成导流明渠,同时对厂房、安装间、左挡水坝段进行施工,对左岸350.00 m高程以上进行开挖,利用右岸主河床过流。“二枯”导流,堆筑形成右岸上、下游围堰,施工泄洪闸至360.00 m高程,同时施工右挡水坝,利用一期形成的导流明渠过流,右岸未完工程亦要继续施工,厂房进出口进行封堵。“三枯”导流,上游利用右岸泄洪闸(360.00 m高程)挡水,下游利用二期过水围堰挡水,继续施工未完工程,河水经导流明渠通过。

在实际施工时,导流标准、导流方案维持原标准及方案,对一期纵向围堰,二期右岸上、下游围堰结构及布置作了较大调整。

原一期纵向围堰由设计院设计,结构为粘土心墙的土石围堰。在进行左岸基坑开挖及一期纵向围

堰施工时,发现原地面 354.00 m 高程以下原河床坡积体覆盖层结构相当密实,渗漏极小,只在上、下游冲沟部分有渗漏,另坡积体中有大孤石、粘土心墙需下挖 6 m,施工难度很大。根据这一情况,经认真分析研究,354.00 m 高程以下保持原状土,不予扰动,354.00~357.00 m (堰顶高程)高程范围堰体迎水面粘土斜墙及心墙防渗,并铺设竹笼卵石防冲,依据导流明渠缩短的合理化建议,相应将一期纵向围堰轴线缩短 44.5 m。

通过对二期右岸基坑施工措施及方案的研究,以及导流明渠上、下游各缩短 28 m 和 16.5 m,因此,将右岸二期上、下游围堰轴线作相应调整,压缩右岸基坑,另对投标时的围堰结构作了较大调整,改原粘土心墙土石围堰为混凝土墙土石围堰,主要基于以下几点考虑:

(a) 混凝土心墙防渗效果较好;

(b) 施工难度较小,可靠性高;

(c) 由于右岸泄洪闸,堰体右挡水坝未达 360.00 m 高程,“二汛”后,上、下游围堰均需恢复;

(d) 压缩围堰断面,减少工程量,使主基坑施工场地增大,实践证明这一修改方案是经济、合理、可行的,上、下游渗漏很小,减轻了主体工程施工压力。

为保证“二汛”厂房主体工程继续施工,并沟通“二枯”后期上游的左右岸交通,增加了左岸上游土石围堰。为“三枯”右岸上游围堰恢复及主体工程尽快投入施工,创造了极为有利的条件。由于交通布局的改变,改原右岸上、下游戗堤围堰从右至左进占填筑,为从左至右进占填筑,上、下游独立进行,减少了施工干扰,加快了戗堤及围堰施工进度,为主体工程施工争取了有效施工时间。

### 3.3 主要施工机械设备布置

在原投标施工总体规划布置的基础上,认真研究分析设计图纸,根据现场各方面施工条件,并结合各期施工特点以及施工标段衔接,对原主要施工机械设备布置方案作了较大调整。由于黄丹电站控制工期项目为发电工程,因此主要设备布置侧重于厂房安装间坝段。“一枯”期间由于施工场地限制以及建筑物施工特点,冲沙闸、导流明渠上下游战线较长,主要采用移动性能较好的 4 m<sup>3</sup> 吊车入仓。

“一汛”期间主要施工左岸水上部分工程,也是依靠 4 m<sup>3</sup> 吊车入仓。由于“二枯”、“三枯”施工时段是黄丹电站能否按期实现目标最关键的时段,施工强度高,左右岸同时施工,工作面较多,干扰较大,施工场地狭窄等,因此,施工措施、方案的优劣直接关

系到目标的实现,对原投标施工方案作了重大修改。

(a) 原 1 号圆筒式高架门机 (MQ 540/30) 顺水流方向布置于左坝肩 373.00 m 高程,此布置方案,门机覆盖面很小,死角较多,并受左岸渗漏集水井,左岸下游防洪墙以及左挡水坝背坡回填施工等制约,门机不能及早安装并投入使用。因此利用安装间上游和厂房进口实体混凝土部分,顺坝轴线方向在 (坝) 0+014.30 桩号,375.50 m 高程 (厂顶高程) 布置 1 号门机,轨道从左挡水坝延伸至 2 号机段,调整后 1 号门机可将厂房、安装间坝段几乎全部覆盖,死角很小,并且投入时间较早,为安装间、厂房坝段目标的实现起到至关重要的作用。

(b) 原计划冲沙闸左闸孔 362.00 m 高程安装 DMQ 540-30B 型高架门机,“三枯”期间拆至下游护坦 344.00 m 高程安装,由于厂家设备供货,安装条件等因素限制,并且按混凝土施工强度需要,须增加一台门机,因此及时调整总体安排,立即组织了一台 DMQ 540-30 矮架门机 (2 号门机) 进场,顺水流方向布置于冲沙闸右闸孔 362.00 m 高程,在“二枯”及“三枯”前期兼顾厂房和泄洪闸施工,“三枯”期间将 DMQ 540-30 矮架门机 (2 号门机) 移至坝顶 387.50 m 高程,顺坝轴线方向布置,中心桩号为 (坝) 0+003.35 桩号,在 3 号机段与冲沙闸坝段移动,以满足厂房、冲沙闸、泄洪闸后期工程施工的需要,对金属结构安装也起到关键的作用。

(c) 原计划“三枯”期间将冲沙闸上门机拆至下游护坦 344.00 m 高程安装,综合考虑建筑物结构,施工道路,混凝土施工强度,安装手段等各方面因素,利用冲沙闸上 DMQ 540-30 型门机将 DMQ 540-30B 高架门机 (3 号门机) 安装在泄洪闸上游 (坝) 0-007.50 桩号,顺坝轴线方面布置,控制了 8 个泄洪闸闸室及右挡水坝段部分,使得 3 号门机的安装拆除极为方便,并且缩短了混凝土运距,使原方案不能控制的部分全部得以覆盖,从实践看此实施方案是极为成功的。

## 4 加快施工进度的措施

### 4.1 加大临时工程投入及完善工程临时配套

从进场到主体工程开工时间不足一个月,准备工期极短,加之主体工程工期短,强度高。因此从 1992 年 9 月 15 日主体工程开工以来,在抢主体工程的同时,逐步形成和完善供风、供水、供电、交通及其它辅助生产系统和生活设施,尤其“一汛”、“二汛”期间,在主体工程方面开工较少的情况下,集

中力量形成,完善了 $3 \times 1.5 \text{ m}^3$ 拌和楼系统,木模钢筋加工厂(两套),增加了一个 $4 \times 0.8 \text{ m}^3$ 临时拌和站,改善交通条件,以确保主体工程施工顺利进行。加大临时工程投入,使之满足主体工程需要,因此临时工程费用比投标报价超出400余万元。

#### 4.2 合理调整仓号划分

从混凝土入仓强度、铺筑方式、温控以及仓号准备等方面入手,在满足施工规范的前提下,加大仓面和层高,最大仓面面积接近 $700 \text{ m}^2$ ,泄洪闸施工最大层高达 $6.5 \text{ m}$ (冲沙闸),使得工程进度明显加快。

#### 4.3 采取有效合理的入仓手段

在右岸泄洪闸堰体部分( $360.00 \text{ m}$ 高程以下)施工中,结合建筑物结构及现场交通和地形,采用端退法和端进法汽车直接入仓,减少混凝土周转环节,大大加快了施工进度。

#### 4.4 优化设计和施工方案

黄丹电站的几项重大合理化建议:(a)导流明渠上、下游各缩短 $28 \text{ m}$ 和 $16.5 \text{ m}$ ;(b)一期纵向围堰结构修改;(c)右岸下游导墙基础抬高 $12.5 \text{ m}$ ;(d)、泄洪闸护坦齿槽基础抬高 $4 \text{ m}$ 等,为黄丹电站几次渡汛和按时完工起到了决定性的作用。

从交通布局、施工导流及主要施工机构设备布置等诸方面,对原设计方案进行了补充、优化,也对黄丹电站总目标的实现起到了关键性的作用。

在具体施工方案上尽量采取快速、有效的施工方案也是必不可少的。

## 5 结 论

黄丹电站是为数不多的地处山区河流、狭窄地势的河床式电站之一,并且电站处于雨水集中区,水文、气候、场地等各方面施工条件很差,加上合同工期及有效施工时间很短,施工强度集中、高峰突出,建筑物布置集中,并且升压变电站布置在厂顶。由于

以上诸多因素,给施工造成了极大的困难。为了确保黄丹电站总体目标的实现,施工单位精心组织、精心施工,从各方面采取有力措施,在黄丹电站施工中,从组织机构的形式、机械设备的配置及管理、材料管理、内部经济政策、合同管理、施工措施及方案的选择、质量管理等诸多方面有许许多多经验和教训,值得认真总结,以免在今后施工中走弯路,以下几方面是我个人浅显的认识:

1. 组织机构和施工队伍的合理设置,充分发挥各级组织和部门的作用,确保指挥系统指挥灵活、协调有力。

2. 充分分析研究工程具体施工特点,合理、充分地配置机械设备,加强设备管理,确保机械设备正常运行,是工程顺利进展的关键。

3. 加大辅助生产系统的投入,使之与主体工程施工配套以确保主体工程目标的实现。

4. 在工程施工总体规划、布置的基础上,针对各阶段工程施工特点,及时合理地调整施工布局、施工措施、方案,以满足各阶段目标及总体目标的实现。

5. 优化设计,多提合理化建议,减少施工难度,加快施工进度,黄丹电站的几项合理化建议就充分说明了这一点。

6. 合理有效的经济激励机制,也是工程进展的关键。

7. 与建设方、监理工程师、设计工程师及其他各方关系的协调、密切配合,是工程顺利进展的关键。

8. 完善的、规范化的质量管理体系,并加大质量管理力度,是工程质量得以保证的关键。

9. 工程材料及合同管理的规范化和力度,对工程施工效益起着决定性的作用,黄丹电站在这方面有许多深刻的教训,值得认真总结和吸取。

作者简介

陈茂男 中国水利水电第十工程局三分局总工 高级工程师

(收稿日期:1998-05-11)

## 原电力部印发《水电工程水库移民监理规定》

3月19日,电力部以电综[1998]251号文发布了“关于印发《水电工程水库移民监理规定》的通知”。

该文件指出:我国水电建设的水库移民管理体制,经过多年的探索和实践,已形成政府负责制和投资包干制等制度。为适应社会主义市场经济的要求,加强和完善水库移民的管理体制,保证水库移民工作顺利实施,提高工程建设效益,有必要建立水库移民监理制度。根据《中华人民共和国建筑法》和《大中型水利水电工程建设征地补偿的移民安置条

例》及有关法规,特制定《水电工程水库移民监理规定》,并在新建大中型水电项目中试行。

文件指出“各单位要互相配合,及时总结经验,逐步建立具有中国特色的水库移民监理制度”。

《水电工程水库移民监理规定》共分5章21条。主要内容有:总则、水库移民监理的政府监督;水库移民监理的社会监督;水库移民监理的资质管理;附则。

(国家电力公司成勘院 李燕辉)