

①  
77-79

# 百龙滩水电站一期导流工程堆石围堰快速施工 The Quickening Construction of the First-stage Rockfill Cofferddam of the Bailongtan Hydropower Station

周英  
Zhou Ying

TV 551.3

(广西水电工程局第一工程处 大化县 530800)  
(Guangxi Hydroelectric Construction Bureau, Dahua County, 530800)

**A** 摘要 认为将原设计的砂壤土心墙不过水土石围堰改为不过水的堆石体复合土工膜围堰是围堰按期完成的关键决策。将传统的先岸坡后河床、自上而下逐层开挖方案改为先挖河道中的岩层部分,再根据围堰施工进度,挖船闸岸坡覆盖土方用于土堤填筑,石方开挖从坝轴线附近拉槽创造工作面的方法解决了临建工程与主体工程同时进行的石料的来源。根据工程情况因地制宜、优化施工组织设计和措施方案,加强现场管理的经验值得推广应用。

关键词 堆石围堰 土工膜 快速施工

水电站 导流工程 围堰

Abstract The first-stage rockfill cofferdam of Bailongtan hydropower station can be achieved on time, the most important decision is to replace the rockfill clay core cofferdam with rockfill cofferdam with geomembrane filter. In construction, the traditional excavation method of "first bank then bottom, from up to down, layer by layer" has been innovated. First, rock in the bottom was excavated, along with the construction progress, clay covering layer of the navigation was quarried for earthfill. The experiences of construction, optimal design and strengthening the construction management are successful and are worth to be extended.

Key words Rockfill cofferdam, geomembrane filter, quickening construction

百龙滩水电站位于红水河中游,是红水河10个梯级水电站中第7个梯级电站,装机 $6 \times 320$  MW贯流式机组,是全国最大的贯流式电站,电站施工分两期进行,一期围堰为厂房船闸施工围堰,使用期2年,设计标准按全年五年一遇洪水,流量 $Q=16100 \text{ m}^3/\text{s}$ 。上游围堰堰顶高程148.16 m,围堰最大高度29.4 m,堰顶长度371.19 m。下游围堰堰顶高程147.30 m,围堰最大高度29.3 m,堰顶长度350.13 m。围堰从1993年2月开始施工,需于1993年汛期到来前,全断面达到设计高程,具备安全渡汛条件。

围堰,横向围堰断面见图1。

纵向围堰两侧设置浆砌石挡墙,高3 m。工程量见表1,其中,碎石渣填筑量 $1.68 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

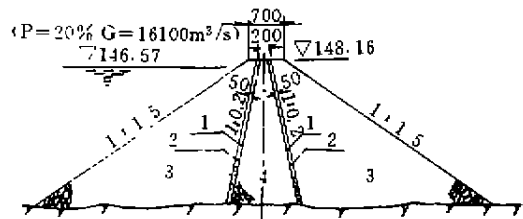


图1 堆石粘土心墙围堰

Fig.1 Rockfill clayey core cofferdam

1. 复合土工膜 Geomembrane filter; 2. 碎石渣过渡层 Gravel transition layer; 3. 堆石 Rock fill; 4. 粘土 Clay

## 1 围堰型式的选择

### 1.1 围堰结构设计的修改

原设计围堰结构型式为砂壤土心墙不过水土石

百龙滩水电站建设没有施工准备期,三通一平,临建工程与主体工程同步进行。当时,砂石料系统尚未安装,很难在围堰施工时提供所需要的碎石料。假若仍按照这种围堰结构型式,施工工序多,各工序之

1996-04-29 收稿, 1996-07-04 修回。

间交叉施工困难,所占直线工期较长。同时,围堰上施工机械配置多,相互干扰大,在短短的4个多月内不可能如期完成围堰施工任务。为保证工期,由广西水电工程局提出修改方案,经建设、设计、监理单位共同论证通过:围堰采用不过水堆石围堰,典型断面见图2。

表1 粘土心墙土石围堰工程量

Table 1 Quantities of rockfill clayey core cofferdam

部位 Location	填筑量 Filling quantity ( $\times 10^4 \text{m}^3$ )			复合土工膜 Geomembrance filter ( $10^4 \text{m}^2$ )
	粘土 Clay	堆石 Filled rock	碎石渣 Gravel	
上游围堰 Upstream cofferdam	6.86	32.14	0.94	0.92
下游围堰 Lowstream cofferdam	5.18	26.46	0.74	0.78

表2 不过水堆石围堰工程量

Table 2 Quantities of non-overtopped rockfill cofferdam

部位 Location	填筑量 Filling quantity ( $\times 10^4 \text{m}^3$ )				水泥砖 Concrete block (块) ( $\times 10^4$ )	土工膜 Geomem- brance ( $\times 10^4 \text{m}^2$ )
	土料 Clay	堆石 Filled rock	浆砌石 Mortar laid stone	干砌石 Immortar laid stone		
上游围堰 Upstream cofferdam	1.36	32.82	2.26	0.55	112090	1.467
下游围堰 Lowstream cofferdam	0.89	26.63	1.28	0.48	102250	1.285
合计 Total	2.25	59.45	3.54	1.03	214340	2.752

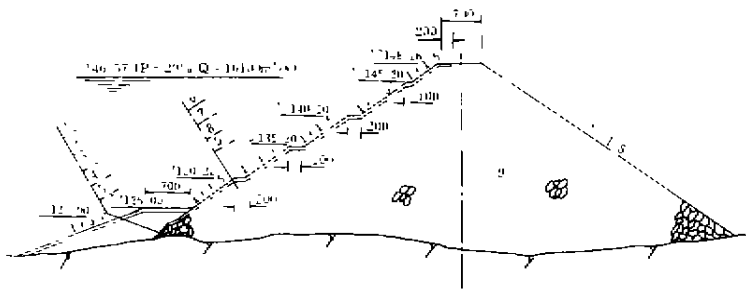


图2 堆石体复合土工膜围堰

Fig. 2 Rockfill cofferdam with geomembrance filter

1. 块石护面厚 30 cm Thickness of block revetment is 30 cm;
2. 碎石渣垫层 Gravel cushion;
3. 填土 Earth-fill;
4. 石渣反滤层 Gravel filter layer;
5. 堆石体 Rock-fill;
6. 水泥砖 Concrete block;
7. 复合土工膜 Geomembrance filter;
8. 干砌块石厚 40 cm Thickness of immortar laid stone is 40 cm;
9. 堆石 Rock-fill

横向堆石围堰迎水面坡脚设斜墙式土堤,迎水边坡干砌,坡面铺设复合土工膜防渗材料(二布一膜),用水泥预制砖压面。纵向围堰挡水面为浆砌石,顶宽 2.0 m,内外侧边坡 1:0.2。背水为堆石体。围堰工程量见表 2。

两种堰型堆石量接近,现方案却减少了 10 万  $\text{m}^3$  粘土和 1.68 万  $\text{m}^3$  碎石渣的填筑量,既解决了南方多雨期粘土填筑,又省略了反滤料填筑的施工工序,仅增加了部分砌石工程量和预制水泥砖及复合土工膜的用量,但它有利于大规模机械化作业,又避免了施工干扰。尽管二种堰型所耗资金接近,但保证了工期需要和防汛要求,加速了整个工程的建设进度。

## 1.2 施工技术要求

围堰清基迎水坡土堤基础所有砂层、淤泥、树根、杂草、乱石等全部清除,堆石体与右岸接头处清至砂壤土层。堆石料来自厂房、船闸基础开挖石渣。从低到高,从右岸往左岸方向分层摊平,层厚 1.0 m 左右,用推土机来回碾压 4 遍。碾压后干容重达到 1.8  $\text{t}/\text{m}^3$ 。围堰每上升 5.0 m,上下游堰体各测 3~4 点容重、孔隙率试验。土堤所需土料来自船闸开挖的冲积层砂壤土。由低而高填筑,从右岸往左岸方向分层摊平碾压,层厚 0.6 m,碾压后干容重 1.5  $\text{t}/\text{m}^3$ ,湿容重 1.7  $\text{t}/\text{m}^3$ 。上下游土堤每两层各测 2~3 点容重试验。由百龙滩承包总公司科研所取样分析。

## 2 围堰施工

围堰施工期仅 4 个多月,工程量浩大。施工单位拥有充足的大型配套机械设备:4.0  $\text{m}^3$  电铲 2 台,5.6  $\text{m}^3$  装载机 1 台,1.9  $\text{m}^3$  液压反铲 1 台,32 t 自卸汽车 12 台,20 t 自卸汽车 10 台,235 KW 推土机 1 台,162 KW 推土机 3 台,压风机及钻孔机械。但围堰内基坑面积仅  $7.5 \times 10^4 \text{m}^2$ ,可挖面积小。机械施工与人工作业同时进行,加上南方雨水多,汽车容易打滑,围堰填筑质量要求高,因此,如何优质、快速完成围堰堆石体填筑是整个围堰快速施工的关键。

### 2.1 革新传统开挖法,解决了石料来源

围堰开始填筑即需要石料,而堆石料都来自厂房、船闸开挖石渣。我们根据砂石料场未投产和利用弃渣作为堆石料等工程情况,决定改变以往基坑开挖:先岸坡后河床,自上而下逐层开挖的传统方案,采用先挖河道

中的岩层部分,再根据围堰施工进度,挖船闸岸坡覆盖土方用于土堤填筑,石方开挖从坝轴线附近拉槽创造工作面。上下游同时钻孔,以利爆破后石碴分别往上下游围堰出碴填筑。基坑石方爆破开挖的顺利进行,为围堰填筑提供了充足的石料来源。

## 2.2 优化运输布局

一期围堰基坑面积小;厂房基础开挖最低至 $\nabla 88.0$  m 高程,堰顶 $\nabla 148.16$  m,高差达 60.16 m;出碴与填筑强度大,施工中为保证运输车辆的出碴速度,上围堰道路的合理布置成为控制施工进度的关键。百龙滩水电站围堰填筑运输机械以 32 t 进口自卸汽车为主,以 20 t 国产自卸汽车为辅,根据运输机械性能,设计上堰道路结合基坑上下游出碴公路,每 5 米高差开一叉路通向围堰填筑工作面,路基宽 14 m,转弯半径  $R > 15$  m,坡度控制在 10%~12%。在施工中,结合现场实际情况,在每一层填筑前,先用推土机推出下一层填筑的施工道路,做好通车准备,同时,派专人维护路面,保证施工的连续进行。

## 2.3 车道各别,石料分流

围堰施工中不仅有机械化程度较高的堆石填筑,还有人海战术浆砌石围堰施工及堆石体边坡干砌石、防渗材料铺设施工。砌石施工雇用民工捡块石,1 t 农用车拉运至工作面。在施工初期,由于缺乏管理曾出现民工不顾安全,在挖掘装车点及倒碴处捡石,农用车由于车况不好,阻碍自卸汽车行驶。为保证围堰填筑速度,在施工中加强管理和协调,采取上下游横向围堰上升速度快于浆砌石围堰 2 m 左右。推土机在堆石围堰非填筑点推出农用车专用道路,并推送部分适合砌石用的块石料至非填筑点。干砌石施工及防渗材料铺设采用上下游围堰交替施工与分段施工相结合的方法,保证质量和进度。良好的现场管理,减少了人员车辆对堆石围堰填筑、施工道路、基坑出碴工作面的干扰,大大提高了施工机械调和的生产效率,同时,也保证了施工的安全进行,在整个围堰填筑过程中无一例伤亡事故发生。

## 2.4 填筑速率

本工程实际用了 133 d,全部完成上下游围堰填筑任务。其中填石量  $58.93 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。创造了最高月填筑量  $16.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,月平均填筑量  $13.61 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,最高日填筑量 9 888  $\text{m}^3$  (实方) 的新记录。

## 2.5 质量监控

在堆石围堰填筑过程中,组织成立各种 QC 小组进行填筑质量课题攻关,从一条龙生产各环节加强质量管理,并通过试验和反馈为施工提供质量决策依据。针对以往围堰填筑质量达不到设计要求的问题,施工单位从石料开采开始控制,采用大孔距小排距的钻孔参数,并根据岩石风化程度和爆区不同情况,采用不同的爆破参数和爆破方式,以确保岩石破碎均匀和粒度大小,满足堆石围堰的用料要求。堆石填筑分层厚度控制在 1.0 m 左右,最厚不超过 1.5 m,坡面 10 m 范围内推土机推平及碾压中与轴线平行作业,来回碾压 4 次,中间部位来回碾压 3 次,辅以 32 t 载重汽车的碾压,填筑质量能满足堆石体干容重  $1.8 \text{ t/m}^3$  的技术要求。经研究所取样试验,堆石体填筑干容重一般在  $2.0 \text{ t/m}^3 \sim 2.15 \text{ t/m}^3$  之间,最高达到  $2.26 \text{ t/m}^3$ ,最低为  $1.95 \text{ t/m}^3$ 。围堰在运行过程中,经沉降变形观测,沉降量小于 6 cm。填筑合格率 100%,质量优良。该围堰经过 1993 年度特大洪水及 1994 年 6 月 17 日  $Q=16\ 200 \text{ m}^3/\text{s}$  超标洪水考验,堰体保持稳定,保证了围堰内施工的顺利进行。

## 3 小结

围堰堰体结构型式的设计修改,是围堰按期完成的关键决策。建议今后临建工程的设计由设计与施工单位共同完成。施工单位根据自己的施工能力和机械设备生产能力及丰富的施工经验可使设计成果更加完善。

根据工程情况,因时因地制宜,优化施工组织设计和措施方案,加强现场管理,加快施工进度。同时,在生产中成立各种 QC 小组开展活动,降低成本消耗,提高工程质量。这些快速施工的成功经验可供推广应用。

(责任编辑:蒋汉明 邓大玉)