

# 面板堆石坝预填筑技术在某水库中的应用

于洋

中国水利水电第十二工程局有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

**摘要:** 本文以浙江某水库为例, 介绍因导截流项目延误, 进而影响大坝填筑及年度度汛目标的实现, 项目通过预填筑施工技术, 针对大坝地理位置及自然环境、气候等的特殊性, 在复杂周边环境下运用科学的施工方法及组织管理措施, 通过利用宽阔滩地及阶地先行填筑坝体, 结合原河床导流, 优化施工时序与空间布局, 最终实现大坝安全度汛面貌, 对以后类似工程的施工提供一定的参考价值。

**关键词:** 预填筑; 面板堆石坝; 复杂地质; 施工导流

## Application of Pre-filling Technology of Concrete Face Rockfill Dam in a Reservoir

Yu Yang

Sinohydro Bureau 12 Co., Ltd., China Zhejiang Hangzhou 310000

**Abstract:** Taking a reservoir in Zhejiang Province as an example, this paper introduces that the delay of river diversion and closure project has affected the dam filling and the achievement of annual flood control target. Adopting the pre-filling construction technology in view of the particularity of the dam's geographical location, natural environment and climate conditions, the project adopts scientific construction methods and organizational management measures under complex surrounding conditions. The dam body is pre-filled by utilizing the wide beach land and terraces, combined with the original river channel for diversion, and the construction time sequence and spatial layout are optimized. Finally, the dam meets the requirements of safe flood passage, which provides a certain reference for the construction of similar projects in the future.

**Keywords:** Pre-filling; Concrete face rockfill dam; Complex geology; Construction diversion

## 0 引言

浙江某水库坝型为混凝土面板堆石坝, 大坝最大坝高 118.20m, 坝顶长度 542m, 坝顶宽度 10.0m。坝体上游面坡比为 1:1.4。下游面坡比为 1:1.3, 考虑 6.5m 宽坝后公路, 坝后综合坡比约为 1:1.4。

工程河谷狭窄, 但坝基段相对较对较宽, 坝基处于“S”形弯曲狭窄河道, 坝体右岸突出的山脊地形和左岸凹陷的山谷地形、非对称河谷及山体侵入。工程面板堆石坝填筑设计标准高、填筑量大、施工强度高, 年度填筑任务压力巨大。因征地审批及导流洞地质等多种因素, 导流洞导流时间延后, 严重影响 2024 年度汛目标, 为保证 2024 年度汛目标的实现, 需在汛期进行大坝预填筑。

## 1 大坝预填筑总体规划

### 1.1 填筑道路规划

为确保大坝填筑上、下交通运输衔接, 同时考虑坝址地形条件、枢纽布置、填筑料源及填筑强度等条件对填筑道路布置方案进行比较, 大坝预填筑期通过右岸跨河床趾板桥下道路(右岸下基坑高程 188m~高程 161m 道路)通行。该道路从原花木线沿河道内道路进入大坝高程 161m

高程。该道路路宽 7m, 坡降控制在 4.0% 以内, 道路总长约 0.67km, 泥结石路面。

规划功能: 利用该道路通过料场右 7# 路—花木线—河床段跨趾板桥下道路进入坝体内部进行高程 161m~高程 180m 之间的堆石体填筑。

### 1.2 大坝填筑工期规划

(1) 大坝填筑总体规划:

根据料场规划、大坝填筑度汛目标及填筑总工期, 按截流前和年度进行分期, 大坝填筑共分成四期, I 期(2023 年 7 月 15 日截流前)大坝下游左岸填筑至 169m 高程, II 期(2023 年 7 月 15 日~2023 年 12 月 31 日)大坝全断面填筑到 195m 高程, III 期(2024 年 1 月 1 日~2024 年 12 月 31 日)大坝全断面填筑到 255m 高程, IV 期(2025 年 1 月 1 日~2025 年 3 月 31 日)大坝全断面填筑到坝顶。

(2) 预填筑规划:

本工程预填筑主要是 I 期大坝下游左岸 169m 高程以下填筑, 其中主堆区填筑量约 31.9 万  $m^3$ , 过渡区填筑量约 0.1 万  $m^3$ , 总计约 32 万  $m^3$ 。

### 1.3 预填筑接合部

在上坝填筑施工过程中,针对坝前临时斜坡道和坝体预留斜坡道存在的半压实松散料,采取分层削坡处理工艺:在后填筑区每层填筑时,先在先填筑体边坡处预留沟槽,由推土机对上层新填筑料进行削坡(削坡宽度1.0~2.0m),将松散料清除至沟槽并补充细料,随后采用压路机顺边坡方向骑缝碾压接合部;该工序随填筑升高逐层实施,形成“边削坡、边填筑、边碾压”的循环作业。对施工形成的临时坡面,控制接缝坡度缓于1:3,石料接缝经推土机挖除未压实层后与新填筑层同步碾压,并对所有新老交界面实施搭接碾压处理。

### 1.4 预填筑阶段施工导流安排

从大坝左岸填筑至工程截流期间为预填筑导流,主要由左岸坝体临时断面挡水,右岸预留15m河道利用原河床导流。根据填筑断面及全年十年一遇洪水流量 $351\text{m}^3/\text{s}$ ,河道流速根据全年十年一遇洪水流速 $5\text{m}/\text{s}$ 计算,计算洪水断面面积为 $70.2\text{m}^2$ ,预填筑至高程164.2m高程断面面积为 $70.8\text{m}^2$ ;按过流断面面积 $248.8\text{m}^2$ ,洪水流速 $5\text{m}/\text{s}$ ,计算得断面洪水流量为 $1244\text{m}^3/\text{s}$ ,满足截流前度汛过流要求。本阶段利用宽阔滩地、阶地先行填筑坝体。

## 2 大坝预填筑施工工艺

### 2.1 预填筑概述

在河床趾板下游30m至坝体边界区域设置临河床预填筑区,右侧保留15m宽河道用于导流,填筑高程控制在161m至169m之间。施工采用阶梯式收坡工艺,每级台阶宽度 $\geq 3\text{m}$ 。为防止水流侵蚀,临水侧防护结构自内向外分层设置:先铺设 $350\text{g}/\text{m}^2$ 土工布,再覆盖15cm碎石垫层,最外侧为 $\geq 50\text{cm}$ 块石护面。接坡处理时需先清除表层大粒径块石及松散物料,修整边坡至1:2以下的坡度并经验收合格后,方可进行后续填料摊铺,同时采用振动碾沿修整面实施贴边压实作业。具体见图1。

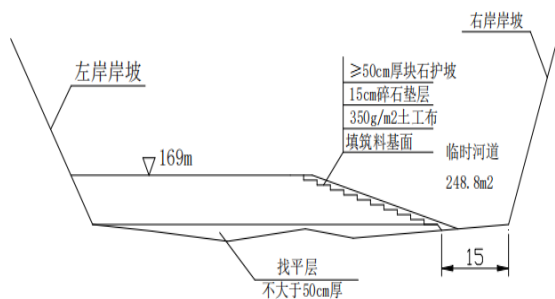


图1 预填筑区填筑断面图

### 2.2 预填筑工艺要求

坝体填筑施工采取分区流水的作业途径:过渡区依照

轴线方向划分成连续作业段,主堆石区凭借不同高程平面面积进行控制操作,每2万平方米就划分出独立施工单元,重点施工流程为:先开展测量定线,之后划分填筑区域,接着依次开展石料的开挖与装运、分层铺料并整平、加水湿润、机械压实以及最后的质量检验等一系列工序。

#### (1) 测量放样:

坝基验收合格后按设计图纸进行填筑区测量放样,使用石灰粉标出边界线,垫层区临水侧采用竹桩铅垂线定位,两岸岩壁用喷漆标注高程和桩号。垫层区每新起一层时要重新测设上游边界,主堆石区和下游堆石区按层复核边界。

#### (2) 坝料挖装:

料场取料采用反铲挖掘机装车,专人负责现场调度。装运时严格控制石料质量,超径料在料场破碎处理,及时清除含泥废料和超限块石,严禁不合格材料上坝。

#### (3) 坝料运输:

利用25吨自卸汽车进行石料运输,运输车辆上坝前需进行轮胎清洗。按施工高峰强度配置车辆并预留10%备用,实行专车专用管理。

#### (4) 卸料摊铺与整平:

在做好测量控制及标记的前提下,严格控制铺料厚度,采用红油漆标注填筑层厚的控制线,铺料过程中,前进方向用移动高度标志杆来控制推土机平料厚度,并用测量仪器校核,现场有施工人员指挥,质检人员巡视检查,出现偏差随时调整。过渡料采用后退法填筑,由反铲挖掘机摊铺整平,辅以人工修直边线;主堆区采用自卸车卸料,进占法填筑,并由推土机推平使填筑层厚满足施工要求。

#### (5) 洒水:

碾压之前先洒水。由左右岸坝头布置的供水系统接下供水管路配合人工进行洒水,洒水量由安装在工作面上的流量计控制,实际洒水量需按碾压试验结果洒水;左右坝肩供水系统未完成前采用10t洒水车洒水。

#### (6) 碾压:

坝体压实采用错距碾压工艺,碾压设备采用33吨和26吨振动压路机,边角部位配合平板夯辅助压实。GPS监控系统实时跟踪碾压轨迹,不同填料区交界处需保证1米以上重叠碾压宽度,同区段内搭接宽度不小于1米。严格控制碾压遍数,保持振动功能开启,定期检测设备性能。岸坡区域选用小粒径级配优良石料,沟槽部位采用过渡料配合手扶式振动碾压实。

## 3 预填筑质量管理

#### (1) 填筑料料源级配控制:

按《水库大坝堆石料开挖爆破试验方案》对开挖料进行爆破生产性试验,特别是堆石料和过渡料的爆破料级配试验,采用V型微差挤压爆破技术,使堆石料的级配连续、良好、满足设计要求;爆破试验完成后上报《水库大坝堆石料开挖爆破试验报告》,施工过程中必须完全遵循监理审批确认的爆破技术参数执行作业。

#### (2) 过渡料与堆石料充分湿化措施:

为确保坝体沉降量控制在设计范围内,必须做好过渡料与堆石料的加水处理。具体实施时,应结合施工进度安排,在新填筑层摊铺压实前,采用人工配合洒水设备对作业面进行洒水,确保填料达到最优含水状态。

#### (3) 加强坝体岸坡接触带施工管理:

堆石材料与岸坡接触带部位设置水平宽度2.0m的过渡区,大坝与岸坡接触部位的填筑易出大块石集中、架空现象,且振动碾很难碾压到位,处理不当对大坝及周边缝的变形有较大的影响。坝基开挖后在大坝填筑前对坝基进行认真处理,对于该部位的填筑做到精工细作,岸坡接触带的填筑由技术人员跟班作业,大块石料采用挖机清除干净后回填过渡料,碾压设备尽量沿岸坡方向碾压,压不到的局部地带,使用液压平板夯或薄层人工夯实,同时填筑过程中多洒水,保证碾压质量。

#### (4) 加强坝体各区料的界面施工管理:

大坝填筑各区料的交接界面防止大块石集中,特别是垫层料与过渡料之间、过渡料与主堆石料之间,填筑料的粒径差距较大,采用后退法卸料,填筑时不能有超径石集中。界面上有大块石时,及时采用 $1\text{m}^3$ 反铲清除,做到随倒随清,保证主堆石区不侵占过渡区、过渡区不侵占垫层区。

## 4 预填筑变形控制

坝体沉降特性与填筑料的物理参数密切相关。研究表明,当干密度提高、孔隙比降低时,材料的压缩模量相应增大,可显著减小堆石体的变形幅度;反之则会导致较大沉降。通过改进爆破开采工艺和优化压实参数,确保填筑质量全面达到设计标准,这是控制坝体后期变形的关键措施。

做好各区填筑料的爆破碾压试验,采用大型碾压设备进行碾压。坝体压实作业按材料分区配置专用设备:主堆石区选用33吨自行式振动碾,过渡层采用26吨同类型设备,对于碾压机械无法完全覆盖的边角区域,使用22吨振

动平板夯进行补压,从而保证全断面压实质量达标。

施工过程中加强填筑碾压施工质量管理,严格控制堆石料的级配、铺料厚度、洒水量和碾压遍数,严格按照填筑碾压试验参数进行施工,特别是做好坝体分期填筑接合部的处理、坝体垫层区与过渡层区以及过渡层区与堆石区的界面处理;坝体分期填筑接合部位必须进行骑缝碾压。

## 5 结语

经过大坝预填筑施工,使本工程如期完成节点目标,顺利实现2024年年度度汛目标。施工期间通过科学规划作业流程,采取分区、分段阶梯式推进方案,实施精细化坝面管控,确保各填筑区域界面清晰、层级分明,实现坝体全断面同步填筑施工。截至2024年底监测数据显示,电磁沉降测斜管测得最大累计沉降量315.50mm(INESDB-1),累计沉降率1.22%;最大分层压缩量162.50mm(INESDB-1),分层累计压缩率3.34%,监测结果符合预期,坝体沉降处于正常范围。

预填筑技术对削减高峰期施工强度有重要意义。原投标最高峰期施工强度约36.7万 $\text{m}^3/\text{月}$ ,大坝预填筑后,最高峰强度约34.6万 $\text{m}^3/\text{月}$ ,施工强度减少2.1万 $\text{m}^3/\text{月}$ 。项目只有一个料场,且料场较高,取料困难且无暂存场,预填筑技术消峰更有利于料场开挖强度与整体施工组织协调。

## 参考文献:

- [1] 碾压式土石坝设计规范(SL 274-2020) [S].
- [2] 《混凝土面板堆石坝施工规范》(SL49-2015) [S].
- [3] 《混凝土面板堆石坝设计规范》SL 228-2013[S].
- [4] 贾会民, 马俊民, 高占辽. 坝体填筑施工技术[J]. 河南水利与南水北调, 2012(10):47-48.
- [5] 陈张华. 以某抽水蓄能电站面板堆石坝为例浅谈坝体填筑施工[A]. 中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会, 抽水蓄能电站工程建设文集 2016[C]. 重庆蟠龙抽水蓄能电站有限公司; 中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会, 2016: 454-457.
- [6] 刘存福. 浅析大中型水库建设中土石坝施工及管理措施[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(35):3302,2884.
- [7] 马文华. 水库大坝工程填筑施工技术探析[J]. 黑龙江水利科技, 2012, 40(8):250-251.

作者简介:于洋(1995.10.23),女,汉族,黑龙江省齐齐哈尔市,本科,中国水利水电第十二工程局有限公司工程师,研究方向:主要从事水利水电工程施工工作。