

# 现代混凝土面板堆石坝施工质量检测控制要点

张泽阳<sup>1</sup>, 刘珊珊<sup>2</sup>, 刘征<sup>3</sup>

(1. 青岛汉河集团股份有限公司, 山东 青岛 266102; 2. 山东黄河河务局山东黄河信息中心, 山东 济南 250013;  
3. 山东省水利科学研究院, 山东 济南 250014)

**【摘要】**文章以青岛市崂山风景区泉心河水库大坝为例, 从检测方角度对混凝土面板堆石坝施工过程中的原材料、坝基及岸坡处理、堆石坝体填筑和面板、趾板混凝土浇筑、止水安装等重要环节的质量控制要点进行了介绍, 可为其他水利工程检测提供借鉴。

**【关键词】**混凝土面板堆石坝; 碾压试验; 探坑灌水法; 质量检测

**【中图分类号】** TU755.8

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1009-6159(2025)-10-0027-02

## Modern Concrete Face Rockfill Dam Construction Quality Inspection and Control Points

ZHANG Zeyang<sup>1</sup>, LIU Shanshan<sup>2</sup>, LIU Zheng<sup>3</sup>

(1. Qingdao Hanhe Cable Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266102, China;

2. Shandong Yellow River Information Center of Shandong Yellow River Administration Bureau, Jinan, Shandong 250013, China;

3. Water Resources Research Institute of Shandong Province, Jinan, Shandong 250014, China)

**Abstract:** Taking the dam of Quan Xinhe Reservoir in Laoshan Scenic Area of Qingdao Municipality as an example, this paper introduces the quality control points of key links in the construction process of concrete face rockfill dams from the perspective of inspectors, including raw materials, dam foundation and bank slope treatment, rockfill dam body filling, face slab and toe slab concrete pouring, water stop installation, etc. It provides a reference for the inspection of other water resources projects.

**Key words:** Concrete face rockfill dam; Rolling test; Pit irrigation method; Quality inspection

山东省水库大坝以土石坝为主, 现代混凝土面板堆石坝数量较少, 目前已建成和在建的有泰安抽蓄电站大坝和文登抽蓄电站大坝。青岛市崂山风景区泉心河水库大坝经论证后需进行重建, 建成后可为当地提供灭火、灌溉、居民生活和游览设施用水。由于景区内对工程的景观和环保要求较高, 设计采用混凝土面板堆石坝型式, 该坝型可与坝趾附近地形地貌相协调, 最大程度地减少对景观的影响, 而且主要建设材料包括混凝土骨料、上坝堆石料和块石也可就地取材, 可节约投资而且节能环保。该水库库容虽然较小, 水库规模为小(1)型, 但坝体体积和坝高较大, 大坝坝长 338 m, 坝顶宽度 7.8 m, 最大坝高超过 90 m, 堆石料填筑方量达 232 万 m<sup>3</sup>, 坝基岩石进行灌浆处理。该坝的建成可为山东省混凝土面板堆石坝

的建设积累宝贵经验。

## 1 质量检测控制要点

### 1.1 原材料质量检测控制要点

该水库整体坐落于花岗岩基座上, 料场位于水库库区内, 既可水库扩容, 又可作为料场。料场表层覆盖薄层第四系松散崩坡积堆积物, 厚度约 2~18 m, 平均厚度约 6 m, 其下为新鲜花岗岩, 是良好的天然建筑材料。受自然地理条件影响, 库区及其附近天然建筑材料缺乏, 工程所需要的混凝土骨料、坝体堆石料均靠就地取材。开采堆石坝建设中所需的原材料, 在抽样检测过程中, 须科学控制混凝土用粗细骨料和上坝堆石料质

收稿日期: 2025-02-17

作者简介: 张泽阳(1985—), 男, 工程师

量。其中细骨料的含泥量、泥块含量、细度模数等指标,粗骨料的含泥量、泥块含量、级配等指标,堆石料的颗粒级配、岩性、含水量、含泥量等必须满足规范和设计技术要求才能使用,否则应进行进一步加工处理。

## 1.2 坝基以及岸坡处理质量检测控制要点

趾板基础灌浆是混凝土面板堆石坝防渗体系的重要组成部分,由帷幕灌浆和浅层固结灌浆两部分组成。固结灌浆施工应在相应部位的混凝土达到 50%设计强度后开始灌浆,帷幕灌浆在同一地段固结灌浆完成并经检查合格后才能进行帷幕灌浆。施工应严格按照设计要求的孔位、孔深、灌浆压力等指标进行,如长时间达不到停灌标准时,应及时采取相应的处理措施。施工过程中重点抽检钻孔深度、孔斜率、灌浆压力、浆液比重、结束标准等指标是否满足要求,灌浆应采用

强度不低于 42.5 的普通硅酸盐水泥或超细硅酸盐水泥。灌浆质量检测采用以分析灌浆孔钻孔取芯以及钻孔孔压水试验为主,以测量岩体波速为辅的方法进行综合评定。在固结灌浆结束 3~7 d、帷幕灌浆结束 14 d 后,进行压水试验。

## 1.3 坝体填筑质量控制要点

该混凝土面板堆石坝堆石料共分 8 个区,从上游向下游依次为面板上游黏性土铺盖(1A)及其盖重区(1B)、垫层区(2A)、特殊垫层区(2B)、过渡层区(3A)、主堆石区(3B)、下游堆石区(3C)、下游护坡(P)。主要分区填筑料设计标准见表 1。

在坝体填筑碾压之前,应结合石料开采情况,做好各区堆石料的碾压试验,得出最佳碾压参数用于指导坝体填筑碾压工作,碾压参数包括上坝料分层铺料厚度、洒水量、碾压机械型号及碾压遍数等指标。

表 1 坝体主要分区填筑料设计标准表

分区	料物名称	压实要求及指标			
		级配要求	孔隙率/%	压实干密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	渗透系数/(cm·s <sup>-1</sup> )
2A	垫层料	垫层料(2A)的最大粒径为 80 mm,小于 5 mm 颗粒含量 35%~45%,小于 0.075 mm 颗粒含量≤4%,级配连续	15~17	≥2.24	1×10 <sup>-4</sup> ~1×10 <sup>-3</sup>
2B	特殊垫层料填筑	紧靠面板部分为 D <sub>max</sub> ≤20 mm 良好级配料(A2 料);远离面板部分为 D <sub>max</sub> ≤40 mm 良好级配料(A1 料),A1、A2 料均由垫层料剔除超径碎石制备,其填筑层厚均为 20 cm	≤15	≥2.25	/
3A	过渡料	过渡料的最大粒径为 300 mm,小于 5 mm 颗粒含量<15%,小于 0.075 mm 颗粒含量<5%,且级配连续	18~19	≥2.17	1×10 <sup>-2</sup> ~1×10 <sup>-1</sup>
3B	主堆石料	主堆石料最大粒径均不超过 800 mm,小于 5 mm 的颗粒含量主堆石料<20%,小于 0.075 mm 的颗粒含量主堆石料<5%	20~21	≥2.12	1×10 <sup>-1</sup>
3C	次堆石料	次堆石料最大粒径均不超过 1 000 mm,小于 5 mm 的颗粒含量<15%,小于 0.075 mm 颗粒含量<5%	21~23	≥2.08	1×10 <sup>-1</sup>

上坝堆石料质量主要控制坝料的级配、超径石和细颗粒含量,级配分析采用挖探坑筛析法。碾压质量依据规范要求采用碾压参数和孔隙率双控制,并以控制碾压参数为主的原则进行。严格按照批准的碾压试验成果,分层铺堆石料、洒水和碾压。然后分层、分区抽样做孔隙率和渗透系数试验。达不到设计和规范要求的,须进行返工。

堆石料碾压质量采用探坑灌水法测干密度,并根据其表观密度计算孔隙率,辅以附加质量法、面波仪、核子密度计等无损检测干密度。当干密度和孔隙率满足设计要求后,采用注水试验法进行渗透试验(堆石区及过渡区填筑料采用单环法,垫层区及特殊垫层区填筑料采用双环法)。各区堆石料碾压后实测干密度特征值均应满足设

计和规范要求,级配和渗透系数应基本满足设计和规范要求。为保证填筑质量,雨天堆石料填筑应停止施工,冬季低温在结冰状态时进行填筑的应采用薄层、不洒水、增加碾压遍数的方法施工。

## 1.4 混凝土面板、趾板质量检测控制要点

趾板、地基二者紧密联系,趾板用锚杆与基岩连接,锚杆顶部以 90°弯钩与趾板面层钢筋相连接。地基处理结束后,在坝肩和坝基开挖完成后进行锚杆施工,然后进行趾板混凝土施工,面板混凝土则在大坝填筑至设计高程、坝体沉降约 3 个月相对稳定后浇筑。趾板锚杆的施工质量可采用锚杆无损检测仪检测锚杆长度和砂浆饱和度,抽检样本中 80%以上应达 II 级及以上,且无 IV 级锚杆。(下转第 36 页)

工程人员需要不断优化和完善灌浆技术方案,提高施工质量和效率,为水利工程的安全运行和可持续发展提供更加坚实的技术支撑。

### 2.3 嵌缝法

嵌缝法是在裂缝处凿出一定宽度和深度的槽口,然后在槽口中嵌填塑性或刚性止水材料(如聚氯乙烯胶泥、聚氨酯密封胶、聚合物水泥砂浆等),以达到封闭裂缝和阻止水分渗透的目的。该方法适用于裂缝宽度较大、深度较深且需要防水的情况。在嵌缝施工过程中,施工人员需遵循严格的操作规程,确保嵌填材料能够充分填充缝隙,并与周围结构紧密结合,形成有效的防水屏障。并且通过质量检查环节对嵌缝效果进行全面评估,确保施工质量符合设计要求和相关标准。嵌缝法也为水利工程的日常维护与保养提供了便利,使得维修工作更加高效、精准。

除了以上几种修补方法外,还有一些如电化学保护法、结构加固法等极少选用的修补方法。水工混凝土裂缝的修补需要根据具体情况选择合适的修补方法和辅助措施,综合性强且技术复

杂。通过科学的修补和有效的预防措施,可以确保混凝土结构的安全性和耐久性。

## 3 结语

随着水利工程建设的不断发展,混凝土结构的裂缝问题日益凸显。裂缝不仅影响结构的外观质量,更可能导致结构的承载能力下降和耐久性降低,甚至引发安全事故。因此,深入研究混凝土裂缝的成因和修补方法,选择合适的修补方法来提高修补效果,对于保障水利工程的安全运行具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 任致贤,赵靖丹,刘庆源,等.水工混凝土缺陷处理技术应用[J].内蒙古水利,2024,(1):38-39.
- [2] 刘付.某电站高速水流过流面混凝土缺陷修补技术应用[J].四川水利,2023,44(6):105-109,190.
- [3] 李浪,字林,李剑寒,等.大华桥水电站引水渠道混凝土缺陷修补技术[J].云南水力发电,2022,38(1):137-140.
- [4] 王进军,李禄禄,牛政.混凝土裂缝修补及监测技术研究进展[J].现代盐化工,2024,51(2):36-37,51.

(责任编辑 迟明春)

(上接第 28 页)

混凝土面板及趾板是坝体最重要的防渗结构,该坝面板从顶部厚度 0.3 m 渐变至底部厚度 0.53 m,垂直缝间距 12 m,缝长超百米,这就要求面板混凝土必须具有较高的强度、耐久性和抗裂性,因此混凝土设计抗压强度等级 C30,抗渗等级 W10,抗冻等级 F200。同时,配合比设计选用均匀性和稳定性较好的常规优质原材料、尽量降低混凝土凝固过程中的温度应力,掺加高效引气减水剂、粉煤灰等掺合料,采用较低水胶比,优化胶凝材料用量,并改善混凝土拌合物和易性,减少自身收缩。

### 1.5 止水安装质量检测控制要点

混凝土面板堆石坝的防渗体系由趾板、面板、防浪墙构成,接触部位接缝型式包括趾板缝、面板周边缝和垂直缝、防浪墙水平缝和结构缝,分缝止水主要由缝顶国标塑性填料加缝底止水铜片组成。止水安装质量要查验每道工序,其中铜止水焊接,是施工检验的重点项目。焊接完成后首先进行焊缝外观检查,确保焊缝压缝均匀、

顺直,无夹渣、无气孔,搭接长度和轴线对接误差必须满足规范和技术要求;然后抽样进行煤油渗透试验,确保无渗漏;必要时进行强度检查,焊缝抗拉强度不应低于母材强度的 80%。检测中发现问题应及时进行补焊处理。

## 2 结语

随着山东省水利工程建设的快速发展,优势明显的混凝土面板堆石坝必将得到进一步发展和广泛应用。本文所述的混凝土面板堆石坝的建设得到了参建各方的高度重视,为确保施工质量,前期进行了大量的试验性研究和准备工作,并形成了程序化、规范化、标准化的质量管理体系。科学管理,严格控制进场原材料,严格按照设计和规范要求施工,及时排除各种不利因素。由于该工程位于崂山风景区,建设过程中克服了安全文明施工及环保要求严格、施工场地狭窄,施工布置及规划困难等难题,有效控制好各个施工环节质量,工程实体质量较好。

(责任编辑 崔春梅)