

双江口水电站大坝反滤料生产及填筑质量控制探讨

胡 建 立 ， 李 世 春 ， 李 进 伟
(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 611730)

摘 要:反滤料的生产及填筑质量对砾石土心墙坝的安全运行起着至关重要的作用。阐述了依托双江口水电站大坝工程,通过对反滤料两年来生产及填筑过程中出现的问题进行总结与提炼,提出了反滤料生产及填筑过程中的质量控制要点并付诸实施,有效的控制了反滤料生产和填筑质量。
关键词:双江口水电站;反滤料;质量控制;碾压工艺;颗粒级配
中图分类号:TV541;TV523;TV223;TV7 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2022)02-0094-03

Discussion on Quality Control in Production and Backfilling of Filter Material for the Dam of Shuangjiangkou Hydropower Station

HU Jianli, LI Shichun, LI Jinwei
(Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 611730)

Abstract: The quality of filter material both during production and backfilling is important for the safe operation of rock-filled dam with gravel soil core. Based on Shuangjiangkou Hydropower Station, this paper summarizes and refines the problems that have occurred in the production and filling process of the filter material in the past two years, and puts forward the key points of quality control of the production and filling of the filter material. The quality of filter material both during production and backfilling has been controlled effectively.
Key words: Shuangjiangkou Hydropower Station; filter material; quality control; roller compacted technology; grain gradation

1 概 述

双江口水电站是大渡河流域水电梯级开发的上游控制性水库,装机容量为 2 000 MW,水库正常蓄水位高程 2 500 m,为一等大(1)型工程。拦河大坝为砾石土心墙堆石坝,坝顶高程 2 510 m,最大坝高 315 m,坝顶宽 16 m,坝顶长 639 m,属 300 m 级超高型土石坝。坝体由心墙防渗料区、上下游反滤料区、上下游过渡料区、上下游堆石料区等组成。坝体填筑总量约 4 700 万 m³,其中反滤料约 221 万 m³。反滤料在坝体中起防止心墙区细粒土料被渗透水流带走的作用,一旦心墙发生裂缝,在反滤料的保护下,坍塌的土颗粒不会被水流带走,从而使心墙土料达到自愈。

设计对反滤料的要求:反滤料级配应连续,最大粒径应满足设计技术指标要求;级配曲线应控制在设计上、下包线范围内,级配曲线宜连续、光

滑、平顺。双江口水电站反滤料使用的毛料目前采用该电站地下厂房及泄洪洞室开挖料,岩性主要为微、弱风化或新鲜燕山早期似斑状黑云钾长花岗岩,岩石结晶粗大,云母含量较高,碾后具有破碎率大,石料表面易起粉、石粉含量高的特性。

根据设计报告中的坝体填筑分区,在心墙上下游设有反滤料Ⅰ和反滤料Ⅱ。采用相对密度对其填筑质量进行控制,反滤料Ⅰ的最大粒径为 20 mm,反滤料Ⅱ的最大粒径为 80 mm,设计报告同时对 D85、D60、D15、粒径<0.075 mm 的含量范围提出了控制标准。反滤料Ⅰ和反滤料Ⅱ设计颗粒级配曲线及控制指标见表 1、2。

2 反滤料生产过程质量控制

2.1 反滤料生产工艺流程

反滤料加工系统布置^[1]在飞水岩料场上游侧的飞水岩沟内,系统设计毛料处理能力为 500 t/h,成品处理能力为 450 t/h。鉴于反滤料生产系

表 1 反滤料设计颗粒级配表

材料名称	包线名称	小于某粒径颗粒占总土质量百分数 /%										
		粒径 /mm										
		80	60	40	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.075
反滤料Ⅰ	上包线				100	98	94	85	70	50	27	5
	下包线				100	90	76	51	30	15	7.5	0
反滤料Ⅱ (碾前)	上包线			100	85	65	41	18	11	7	5	
	下包线	100	95	85	60	37	20	5	0			
反滤料Ⅱ (碾后)	上包线			100	85	65	41	21	13	9	5	
	下包线	100	95	85	60	39	23	9	4			

表 2 反滤料设计控制指标表

材料名称	最大粒径 /mm	D_{15} /mm	D_{60} /mm	D_{85} /mm	粒径<0.075 mm 含量 /%	相对密度	渗透系数 / $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$
反滤料Ⅰ	<20	0.13~0.5	0.7~1.4	2~7.6	<5	≥ 0.8	$\geq 1 \times 10^{-4}$
反滤料Ⅱ	<80	1.6~3.9	8.6~20	20~48.7	/	≥ 0.85	$\geq 5 \times 10^{-3}$

统场地狭窄,面积较小,故其加工系统仅布置了半成品区(粗碎后半成品料源)和单级配堆存区。单级配堆存区分为粒径 80~20 mm、20~5 mm、5~2 mm、2~0.075 mm 四个区域,各个单级配料堆之间采用混凝土隔墙隔离以防止不同粒径单级配料混仓。单级配料堆下设地垄皮带,每个料堆下设 3 个下料口至地垄皮带。反滤料加工系统生产工艺流程见图 1。

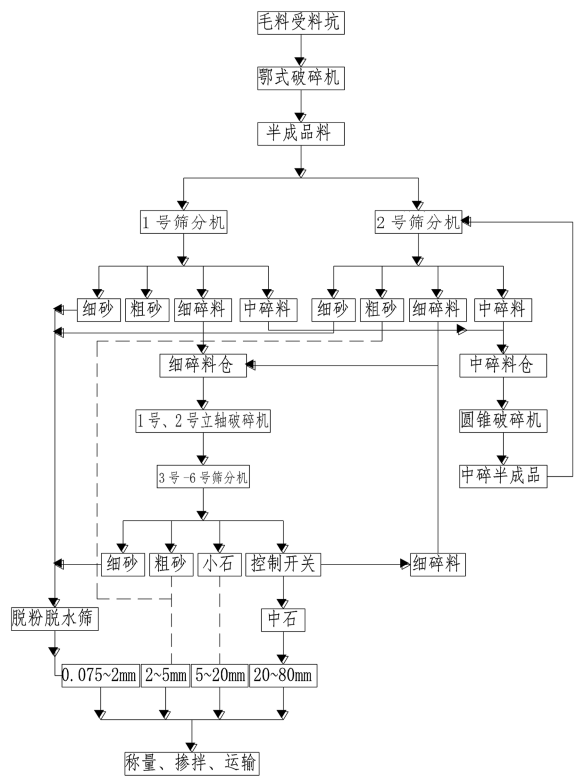


图 1 反滤料加工系统生产工艺流程图

2.2 反滤料调试生产过程存在的问题

在反滤料生产过程中,其主要控制指标为颗粒级配、最大粒径、细料(石粉)含量。为控制反滤料级配,采用设计上、下包线之间的平均线作为控制标准。反滤料调试生产过程中存在的主要问题为:(1)最大粒径超出设计技术指标要求。(2)细料(石粉)含量超出设计技术指标要求,特别是反滤料Ⅰ粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量超标较多。

2.3 反滤料调试生产过程采取的改进措施

在调试生产过程中不断调整生产工艺并进行优化改进,历时 3 个月调试生产完成,生产出质量满足设计技术指标要求的反滤料。在调试生产过程中采取的技术路线及改进措施为:

(1)制订单级配半成品料级配控制标准。为准确控制掺配后反滤料成品料级配,需对各种单级配半成品质量进行控制,参照混凝土用砂石骨料标准^[2]并结合反滤料设计技术指标要求,制订了单级配半成品料内部质量控制标准。各单级配内部控制标准:粒径 80~20 mm、20~5 mm 单级配不允许有超径,逊径含量不大于 10%;粒径 5~2 mm 超径不大于 5%,逊径不大于 10%;粒径 2~0.075 mm 超径不大于 5%,粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量不大于 4%。

(2)从严控制粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量。在调试生产过程中采用“水洗法”检测粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量。

(3)通过调整各级筛网的筛孔尺寸,选择合适

的筛孔尺寸。

(4)通过调整细砂的脱粉脱水筛参数,选择合适的振动频率和振幅^[3]。

2.4 反滤料生产检测结果

通过在调试生产过程中持续改进,反滤料级配曲线在设计上、下包线范围内,其最大粒径、细料(石粉)含量均处于受控状态。

从开工至今,对飞水岩系统生产的成品料进行了多次抽样检测。反滤料 I 抽检 181 组,最大粒径为 12~30 mm,平均值为 16.7 mm,合格率为 99.45%;粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量为 0.7%~4.8%,平均值为 3.5%,合格率为 100%。反滤料 II 抽检 146 组,最大粒径为 46~68 mm,平均值为 53.1 mm,合格率为 100%;粒径小于 0.5 mm 的颗粒含量为 3.1%~6.9%,平均值为 5.4%,合格率为 100%。

3 反滤料填筑质量控制

3.1 碾压试验及复核试验存在的问题

反滤料碾压试验^[4]及复核试验的目的主要是考察设备与施工工艺的符合性,并对设计指标进行验证。碾后检测颗粒级配、相对密度、渗透系数等指标是否满足设计要求。碾压试验及复核试验主要存在以下问题:

(1)反滤料 I 的铺料厚度为 30 cm,振动碾压 8 遍,破碎率达到 4.5%,粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量增加了 1.5%;反滤料 II 的铺料厚度为 30 cm,振动碾压 8 遍,破碎率达到 5.9%,粒径小于 0.5 mm 的颗粒含量增加了 1.8%。在采用相同工艺进行生产性复核试验时,反滤料 I 和反滤料 II 破碎率仍然偏大,细料(石粉)含量增加较多。

(2)通过不同加水量试验得知反滤料含水率在最大干密度谷点^[5],相对密度降低,不能满足设计要求。

(3)低温季节对已结冰的反滤料进行复核试验得知,其相对密度大幅度降低,在 0.64~0.73 之间,不能满足设计要求。

3.2 反滤料填筑采取的改进措施

在前期反滤料填筑过程中,通过多次工艺试验调整了反滤料施工参数,碾压后的反滤料技术指标符合设计要求,能够保证填筑质量。所采取的改进措施包括:

(1)通过生产试验,调整了碾压施工参数,降

低了碾后破碎率和细粒含量增加量。反滤料 I 采用铺料厚度 30 cm,静压 8 遍+振压 2 遍的施工工艺,破碎率为 1.2%,粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量增加 0.4%;反滤料 II 采用静压 2 遍+振压 2 遍+静压 4 遍的施工工艺,破碎率达 1.4%,粒径小于 0.5 mm 的颗粒含量增加 0.6%。

(2)通过室内及现场试验确定最大干密度谷点含水率,填筑时应避开谷点含水率。由试验得知:反滤料 I 和反滤料 II 的谷点含水率分别为 4.4%、2.1%。

(3)低温季节填筑时反滤料应不结冰且在正温时段施工,对已填筑的反滤料在负温时段应采取保温措施。

(4)反滤料填筑时应防止骨料分离,对已分离的骨料应进行处理。

3.3 反滤料填筑检测结果

从开工至今,对大坝填筑的反滤料进行抽样检测取得的结果表明:反滤料填筑质量处于受控状态。反滤料 I 抽检 345 组,最大粒径为 12~28 mm,平均值为 17.3 mm,合格率为 99.42%;粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量为 1.1%~6%,平均值为 3.6 mm,合格率为 98.84%;相对密度为 0.81~0.98,平均值为 0.89,合格率为 100%;渗透系数为 $6.14 \times 10^{-3} \sim 3.83 \times 10^{-3}$ cm/s,平均值为 5.04×10^{-3} cm/s,合格率为 100%。反滤料 II 抽检 292 组,最大粒径为 43~76 mm,平均值为 53 mm,合格率为 100%;粒径小于 0.25 mm 的颗粒含量为 1.6%~5.6%,平均值为 3.6%,合格率为 98.97%;相对密度为 0.85~1,平均值为 0.93,合格率为 100%;渗透系数为 $8.42 \times 10^{-3} \sim 1.13 \times 10^{-1}$ cm/s,平均值为 4.36×10^{-2} cm/s,合格率为 100%。

4 结 语

(1)双江口水电站反滤料采用生产单级配半成品料、按比例掺拌生产合格成品料的工艺。通过控制单级配半成品料的超逊径含量及石粉,能够准确配制出设计需要级配的反滤料,具有生产质量稳定、波动性小的特点。

(2)双江口水电站反滤料具有碾压后破碎率大、表面石粉多的特性。通过试验,采用合适的碾压工艺能够有效的降低碾压后的破碎率和细料(石粉)含量。

(下转第 104 页)

采用 srtp 管材作为测斜管的优点:

(1)srtp 管的强度、刚性、抗冲击性高,能够适当抵抗施工过程中大型施工机械的碾压及撞击破坏。

(2)srtp 管的柔韧性较好,不会因其钢度过大而导致测斜管无法取得大坝的水平变形。

(3)srt_p 管的安装方便,其管道连接采用电热熔连接和法兰连接,连接技术成熟可靠,管件品种规格齐全。

(4)施工过程中孔口保护便利。在孔口出露端可采用法兰盘进行密封,现场闲杂人员无专用工具无法打开,进而减少了人为破坏的可能。

4 结 语

实践证明:两河口水电站测斜管及电磁沉降管的总体设计思路是成功的。但在实际应用中发现:工程后期的电磁沉降管和测斜管应该分管安装,这样实施更有利于管路材料的选择。鉴于测

[illegible]

(上接第 96 页)

(3)反滤料填筑时,含水率应避免在谷点附近碾压,否则反滤料将无法压实且起不到保护心墙的效果。

(4)对双江口水电站反滤料生产及填筑检测结果进行评定得知:各项指标检测结果合格率较高,反滤料质量总体处于良好的受控状态。

参考文献:

[1] 任玉勇,张建国.瀑布沟水电站反滤料加工系统的设计与改进[J].水利水电技术,2009,40(10):21-24.

[2] 水工混凝土施工规范,DL/T 5144-2015[S].

水电十局三分局向家坝灌区第一洞(上地磅隧洞)二衬首仓开盘

2022年4月22日,由水电十局三分局承建的向家坝灌区喜捷真溪支渠标北总干渠上地磅隧道二衬首仓混凝土顺利开盘浇筑,为项目的平稳推进奠定了坚实基础。上地磅隧洞是向家坝灌区渠首出来的第一座隧洞,也是项目规模最大的一座隧洞,被称为“万里灌区第一洞”。在首仓开盘之前,项目部技术先行、样板先行、逐步推广,保证了首仓各道工序正常运行。浇筑前,对队伍进行了技术交底、技能培训、质量控制要点、安全注意事项等培训。现场浇筑时,技术员、试验员及领导班子在现场值守,带头夜间巡查,确保一切正常。

上地磅隧洞位于总干渠第二、三流量段,全长 520.62 米,设计流量为 95.93 立方米每秒,成型后隧洞直径为 8.5 米。在洞内进口 83 米处设置真溪支渠分水口。洞内围岩以砂岩、粉砂质泥岩为主,地下水比较丰富,洞室围岩遇水易软化、泥化。地质条件复杂,施工难度大,安全风险高。

项目部计划于6月份二衬全部完成,达到通水条件。在下一步施工中,项目部将继续发扬特别能吃苦、特别能战斗的优良传统,在保证质量安全的前提下加快工程进度,全力冲刺年度任务目标。

(供稿:水电十局)

(供稿:水电十局)

斜管对管路变形的要求较高,如在施工中因碾压等因素造成变形过大易将活动测斜仪探头卡住而造成大坝沉降数据无法获取、后果将非常严重。文中提出的粗浅想法,希望能为后续超高土石坝监测工程测斜管及电磁沉降管的设计和安装提供借鉴。

参考文献:

- [1] 张坤、彭巨为. 柔性测斜仪在 300 m 级高砾石土心墙坝沉降监测中的应用研究[J]. 大坝与安全, 2018, 31(3): 47-53.
- [2] 大坝监测仪器 沉降仪 第 2 部分: 电磁式沉降仪, GB/T 21440. 2-2008[S].
- [3] 土石坝安全监测技术规范, SL551-2012[S].
- [4] 给水用钢丝网增强聚乙烯复合管道, GB/T 32439-2015[S].
- [5] 张恒, 纪麟. 浅谈钢丝网骨架聚乙烯复合管在城市供水工程中的应用[J]. 科技资讯, 2019, 16(10): 45-46.

作者简介：

孙 全(1985-),男,吉林和龙人,工程师,学士,从事安全监测设计与施工技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

[illegible]

[3] 阮光华. 混凝土骨料制备工程[M]. 北京: 中国电力出版社, 2014.

[4] 碾压式土石坝施工规范, DL/T 5129-2013[S].

[5] 保华富, 杨萍, 庞桂, 等. 长河坝水电站大坝反滤料填筑质量检测及成果分析[J]. 云南水力发电, 2018, 34(2): 44-50.

作者简介：

胡建立(1973-),男,四川广安人,高级工程师,从事水利水电工程
试验检测技术工作:

李世春(1975-),男,四川南充人,高级工程师,从事水利水电工程砂石加工及混凝土生产制备工作;

李进伟(1988-),男,重庆涪陵人,助理工程师,从事水利水电工程
试验检测技术工作。(责任编辑:李燕辉)

(责任编辑:李燕辉)