

# 双江口水电站碾压试验掺砾土料研究

张倚铭, 姚志辉, 周孝华

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**按照设计方案,双江口水电站掺砾土料的生产采用系统生产的方式,但由于目前系统尚未完建,经参建各方商讨采用平铺立采的方式生产供碾压试验用的掺砾土料。正式生产前,分别进行室外掺合试验 2 次,室内掺合试验 1 次,确定掺配遍数按 4 遍控制,掺配比例则根据掺合试验结果及上一批次掺砾土料掺配结果适时调整。通过掺砾土料的生产可知,在掺砾土料的平铺立采生产过程中,为取得更优的掺配效果,需根据土料及砾石料的级配检测结果适时调整掺配比例。

**关键词:**双江口水电站;碾压试验;掺砾土料;试验结果;土料生产

**中图分类号:**TV741;TV641.2+1;P619.22+8

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2019)增 2-0138-05

## Study on Gravel Soil Material for Rolling Test at Shuangjiangkou Hydropower Station

ZHANG Yiming, YAO Zhihui, ZHOU Xiaohua

(Chengdu Engineering Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

**Abstract:** According to the design scheme, the production of gravel soil at Shuangjiangkou Hydropower Station adopts the system production method. However, since the system has not been completed at present, the parties involved in the construction discuss to use the method of horizontal paving and vertical mining to produce gravel soil material for rolling test. Before formal production, outdoor mixing test shall be carried out twice and indoor mixing test shall be carried out once, and the mixing times shall be determined to be four times. The mixing proportion shall be adjusted timely according to the mixing test results and the mixing results of the last gravel soil materials. It can be seen from the production of gravel soil material that in order to achieve better mixing effect during the process of horizontal paving and vertical mining of, the mixing proportion should be adjusted timely according to the grading test results of soil and gravel material.

**Key words:** Shuangjiangkou Hydropower Station; rolling test; gravel soil material; test result; soil material production

## 1 研究背景

双江口水电站位于四川省阿坝州马尔康市、金川县境内的大渡河上游足木足河与绰斯甲河汇口以下约 2 km 河段,开发任务主要为发电,是大渡河流域梯级电站开发的关键项目之一。电站装机容量 2 000 MW,多年平均年发电量约 77.07 亿 kWh。

双江口水电站枢纽工程由拦河大坝、泄洪建筑物、引水发电系统等组成。拦河土质心墙堆石坝,最大坝高 312 m,坝顶高程 2 510 m,大坝填筑约 4 500 万 m<sup>3</sup>,其中防渗心墙填筑约 492 万 m<sup>3</sup>(包括掺砾土料、接触性黏土料)。

按照设计方案,双江口水电站掺砾土料的生产采用系统生产的方式,但由于目前系统尚未完建,而按照工程总体工期要求,掺砾土料的碾压试验工作必须提前启动,故经参建各方商讨后决定采用平铺立采的方式生产供碾压试验用的掺砾土料。总生产方量约为 1 200 m<sup>3</sup>(松方)。

## 2 掺砾土料生产方案

### 2.1 土料及砾石料来源

土料来源于当卡土料场,砾石料来源于双江口水电站 1 号砂石系统。

### 2.2 掺砾土料生产工艺

#### 2.2.1 掺配比例及掺配遍数的选择

土料及砾石料的掺配比例初拟按照 55 : 45

收稿日期:2019-11-15

(干质量比,后同),掺配遍数分别按照3遍、4遍、5遍进行第一次室外掺合试验确定最优掺配遍数。

通过第二次室外掺合试验及室内掺合试验确定第一批掺砾土料生产的掺配比例。

通过第一批掺砾土料的掺配结果适时调整掺配比例进行第二批掺砾土料的生产。

### 2.2.2 铺料厚度计算

按照平铺立采的传统施工方法,为保证掺合料的质量,采用土—石—土—石的铺土顺序,初拟土料厚度按固定值50 cm考虑,在此基础上根据重量比计算出砾石料的铺料厚度。

砾石铺料厚度计算公式为:

$$H_{\text{砾}} = 45 \times H_{\text{土}} \times \rho_{\text{土}(\text{干})} / 55 \times \rho_{\text{砾}(\text{干})}$$

式中  $H_{\text{砾}}$  为砾石铺料厚度;  $H_{\text{土}}$  为土料铺料厚度;  $\rho_{\text{砾}(\text{干})}$  为砾石料干密度;  $\rho_{\text{土}(\text{干})}$  为土料干密度。

若掺配比例调整,则上述计算公式相应调整。

### 2.2.4 掺配工艺流程

#### 2.2.4.1 掺配试验参数

- (1) 土料铺料厚度 0.5 m;
- (2) 掺配遍数按 3 遍、4 遍、5 遍进行;
- (3) 掺配以 3 m<sup>3</sup> 装载机为主, 2 m<sup>3</sup> 反铲作为特殊情况下的应急补充设备使用;
- (4) 根据选用的设备确定合理的总铺料高度。

#### 2.2.4.2 铺料厚度控制

为确保掺配试验的准确性,铺筑过程中采用 5 m × 5 m 的方格网进行铺料厚度控制,发现超厚或厚度不足的现象及时进行处理,以确保掺配试验的准确性。

#### 2.2.4.3 铺料过程中的取样检测

土料、砾石料分层铺筑完成后应分别进行含水率、干密度及颗粒级配检测,土料检测完成后计算确定砾石料铺料厚度。

#### 2.2.4.4 掺配及试验检测

料堆铺筑完成后采用装载机进行立采掺混,掺合采用 3 m<sup>3</sup> 装载机为主, 2 m<sup>3</sup> 反铲作为特殊情况下的应急补充设备使用。装载机从料堆底面展开工作线,自下而上挖料,每次挖料要切透所有铺料层(切土厚度为 0.4 m),将料举高后开斗自然抛落,同一斗料抛落 1 次即为掺拌 1 遍。

检测项目为含水率及颗粒级配。

## 3 掺配试验结果

### 3.1 第一次掺配试验结果(室外)

第一次掺配试验按照 55:45 的掺配比例,分别掺配 3 遍、4 遍、5 遍进行。

#### 3.1.1 砾石料级配检测结果

掺配前取样 3 组进行级配检测,检测结果如图 1 所示:

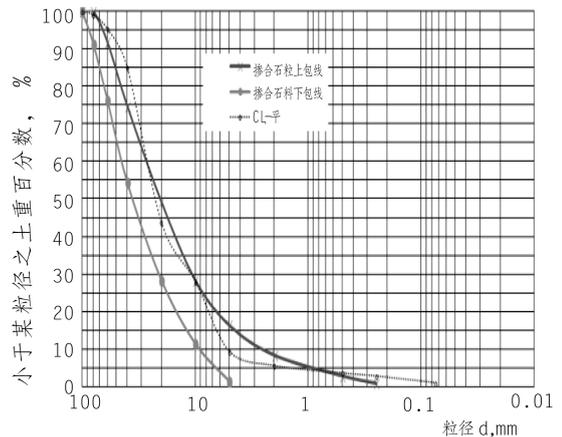


图 1 砾石料检测结果

从检测结果可知:砾石料小于 60 mm、40 mm、0.5 mm、0.25 mm 颗粒含量超出设计上包线。

#### 3.1.2 土料级配检测结果

掺配前取样 5 组进行级配检测,检测结果如图 2 所示:

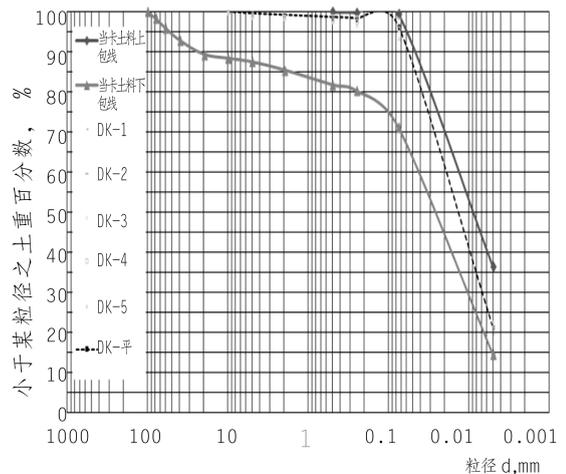


图 2 土料检测结果

从检测结果可知:土料级配曲线偏于上包线,土料较细。

#### 3.1.3 掺砾土料检测结果

分别按照掺配 3 遍、4 遍、5 遍进行掺合,掺砾

土料检测结果见图 3:

从检测结果可知:

(1) 由于砾石级配曲线超出设计上包线, 导致掺配 3 遍、4 遍、5 遍的掺砾土料级配曲线均超出设计上包线;

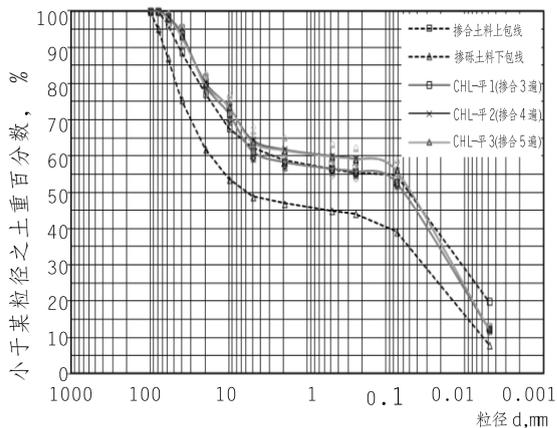


图 3 掺砾土料检测结果(掺配 3、4、5 遍)

(2) 掺配 3 遍、4 遍、5 遍后的颗粒级配差别较小, 特别是掺配 4 遍、5 遍差别极小, 说明掺配 4 遍后已趋于均匀;

(3) 根据掺配试验成果, 后期掺合遍数采用 4 遍。

### 3.2 第二次掺配试验结果(室外)

第二次掺配试验按照 55:45 的掺配比例, 掺配 4 遍进行, 相比第一次试验, 对砾石级配进行了调整。

#### 3.2.1 砾石料级配检测结果

掺配前取样 3 组进行级配检测, 检测结果如图 4 所示:

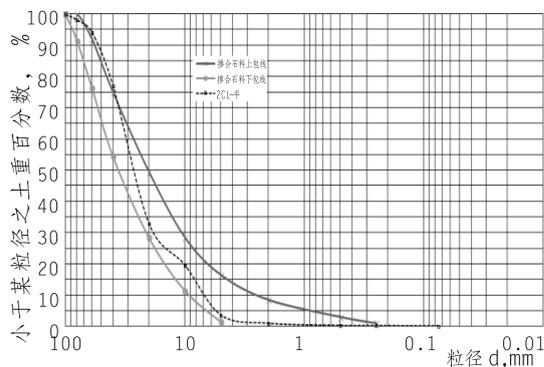


图 4 砾石料检测结果

从检测结果可知: 砾石料级配曲线基本在设计包络线内, 仅小于 60 mm、40 mm 颗粒含量略

超设计上包线。

#### 3.2.2 土料级配检测结果

掺配前取样 3 组进行级配检测, 检测结果与第一次试验相近, 土料级配曲线偏于上包线, 土料较细。

#### 3.2.3 掺砾土料检测结果

按照掺配 4 遍进行掺合, 掺砾土料检测结果如图 5 所示:

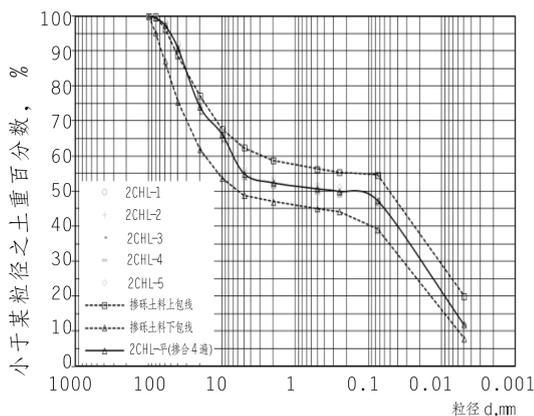


图 5 掺砾土料检测结果

从检测结果可知:

(1) 掺砾土料级配曲线基本在设计包络线内, 仅局部略超设计上包线;

(2) 小于 60 mm、40 mm 颗粒含量分别超设计上包线 1.0% 和 2.2%;

(3) 掺砾土料级配曲线略超上包线的原因在于砾石料 20~40 mm 颗粒含量平均值为 44.2%, 超出设计要求的 25%~26%, 导致小于 40 mm 颗粒含量急剧增大, 从而导致掺砾土料级配曲线超出设计上包线。

### 3.3 第三次掺配试验结果(室内)

第三次掺配试验在室内进行, 分别按照土:砾石=52:48、土:砾石=50:50 两种掺配比例进行掺合试验。

#### 3.3.1 砾石料级配检测结果

掺配前取样 3 组进行级配检测, 检测结果如图 6 所示:

从检测结果可知:

砾石料级配曲线基本在设计包络线内, 仅局部略超上包线, 其中, 小于 60 mm 颗粒含量超上包线 2.2%、小于 40 mm 颗粒含量超上包线 2%。

#### 3.3.2 土料级配检测结果

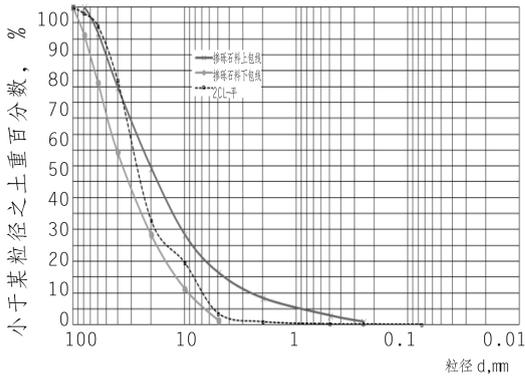


图6 砾石料检测结果

掺配前取样3组进行级配检测,检测结果与第一、二次试验相近,土料级配曲线偏于上包线,土料较细。

### 3.3.3 掺砾土料检测结果

分别按照50:50以及52:48的掺配比例,均掺配4遍进行掺合,掺砾土料检测结果见图7~图8:

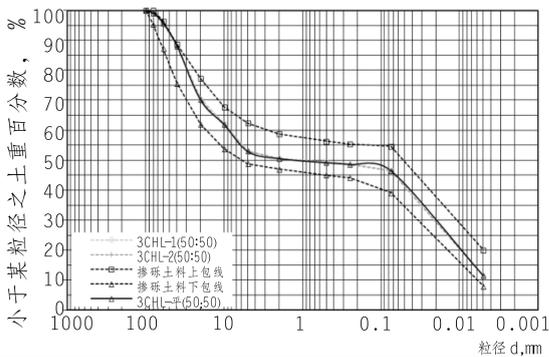


图7 人工掺配4遍(50:50)

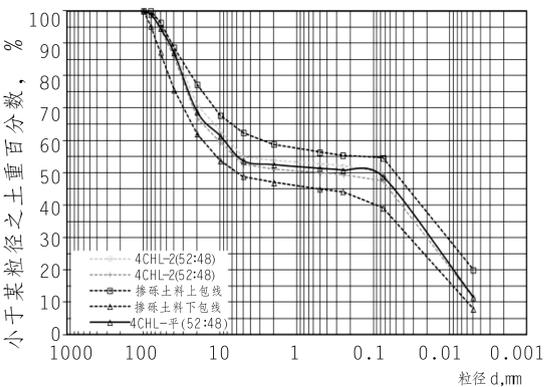


图8 人工掺配4遍(52:48)

从检测结果可知:

(1)采用50:50的掺配比例,掺砾土料级配曲线在设计包络线内,但略靠近上包线,小于60

mm颗粒含量位于上包线下0.6%处,小于40mm颗粒含量位于上包线下0.7%处,小于5mm颗粒含量为53%;

(2)采用52:48的掺配比例,掺砾土级配曲线在设计包络线内,但略靠近上包线,小于60mm颗粒含量位于上包线下1.8%处,小于40mm颗粒含量位于上包线下1.8%处,小于5mm颗粒含量为53.7%;

(3)采用52:48的掺配比例较50:50的掺配比例更优,从而确定第一批掺砾土料的生产采用52:48的掺配比例,掺配4遍进行。

## 4 掺砾土料生产

### 4.1 第一批掺砾土料生产

第一批掺砾土料生产共计500 m<sup>3</sup>(松方),按照52:48的掺配比例,掺4遍进行。

#### 4.1.1 砾石料级配检测结果

掺配前取样3组进行级配检测,检测结果如图9所示:

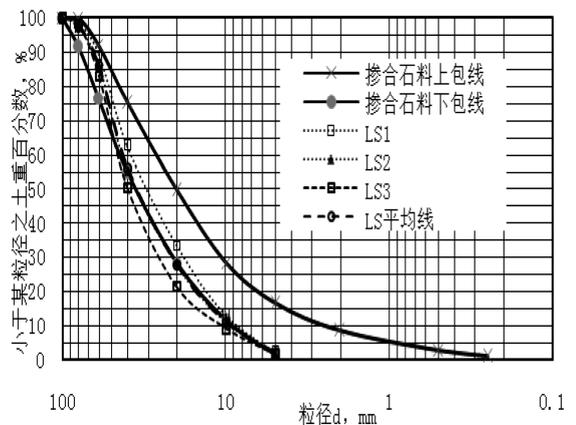


图9 砾石料检测结果

从检测结果可知:

砾石料小于40mm、小于20mm颗粒含量均超设计下包线。

#### 4.1.2 土料级配检测结果

检测结果与三次掺配试验相近,土料级配曲线偏于上包线,土料较细。

(3)掺砾土料检测结果

掺砾土料检测结果如图10所示:

从检测结果可知:

(1)掺砾土料级配曲线位于设计包络线内;

(2)由于砾石料级配曲线局部超出设计下包线,导致掺砾土料级配曲线略靠近设计下包线;

(3)第二批掺砾土料的生产将掺配比例调整为55:45。

#### 4.2 第二批掺砾土料生产

第二批掺砾土料生产共计700 m<sup>3</sup>(松方),按照55:45的掺配比例,掺4遍进行。

##### 4.2.1 砾石料级配检测结果

本次采用的砾石与第一批生产时的砾石同批,未另外检测。

##### 4.2.2 土料级配检测结果

本次采用的土料与第一批生产时的土料同批,未另外检测。

##### 4.2.3 掺砾土料检测结果

掺砾土料检测结果见图11所示:

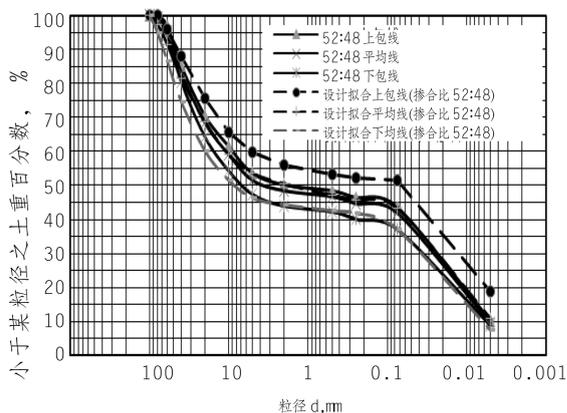


图10 掺砾土料检测结果

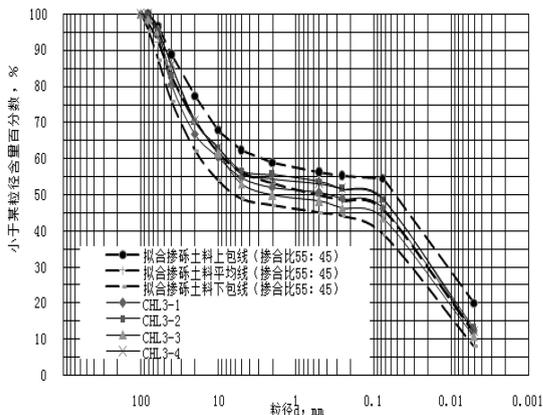


图11 掺砾土料检测结果

从检测结果可知:

(1)掺砾土料级配曲线位于设计包络线内;

(2)按照55:45的掺配比例与52:48的掺配比例比较,前者掺配效果更优,说明调整掺配比例是合理的。

## 5 结语

第一次掺合试验由于砾石料级配超设计包络线较多,导致掺合3遍、4遍、5遍的掺砾土料级配曲线均不满足设计包络线要求,但通过试验,确定最优掺配遍数为4遍。第二次掺合试验对砾石料级配进行了调整,砾石料级配曲线基本位于设计包络线内,仅局部略超上包线,从而掺砾土料的级配曲线也基本位于设计包络线内,仅局部略超上包线。第三次掺合试验砾石料级配基本位于设计包络线内,分别采用50:50及52:48的掺配比例进行室内掺合,结果表明52:48的掺配比例更优。

第一批掺砾土料生产由于砾石料级配曲线局部超出设计下包线较多,导致掺砾土料虽满足设计包络线要求但略偏下包线。根据第一批掺砾土料的检测结果,对第二批掺砾土料的掺配比例进行了适时调整,第二批掺配比例调整为55:45,掺配结果显示,掺砾土料级配优于第一批。调整是合理的。

通过本次掺砾土料的生产可知,在掺砾土料的平铺立采生产过程中,为取得更优的掺配效果,需根据土料及砾石料的级配检测结果适时调整掺配比例。

#### 参考文献:

- [1] 马洪琪,赵川.糯扎渡水电站掺砾黏土心墙堆石坝基础理论与关键技术研究[J].水力发电学报,2013,32(2):208-212.
- [2] 温家林,张发瑜,等.糯扎渡水电站坝体心墙掺砾工艺研究[J].云南水力发电,1006-3951(2014)06-0016-02.
- [3] 熊亮,魏陈,等.大坝心墙砾石土料“平铺立采法”掺配工艺试验[J].四川水力发电,2015(3).
- [4] 边晓明,刘小翠,等.砾石土心墙堆石坝防渗料掺合工艺研究[J].水电与新能源,2011(3).
- [5] 唐茂颖,黄润秋,等.高土石坝心墙砾石土料自动掺合系统研究[J].水利水电技术,2017(11).

#### 作者简介:

张倚铭(1982-),男,土家族,重庆酉阳人,工学硕士,高级工程师,主要从事工程总承包工作;

姚志辉(1974-),男,四川仁寿人,工学学士,高级工程师,主要从事工程总承包工作;

周孝华(1989-),男,四川自贡人,工程师,主要从事工程总承包工作。

(责任编辑:卓政昌)