

长河坝水电站坝体砾石土心墙料掺拌试验探讨

杨永林, 杨玉银

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:长河坝水电站大坝砾石土心墙需填筑砾石土 428 万 m³, 但部分现场开挖土石料级配不能满足设计要求。通过将现场取得的粗、细两种级配砾石料按一定比例进行掺拌试验, 取得了满足设计要求的粘土心墙砾石料, 其掺拌工艺可供同类工程借鉴。

关键词:砾石土料; 掺拌; 工艺试验; 长河坝水电站

中图分类号: TV7; TV41; TV641.4

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2013)01-0057-03

1 工程概况

长河坝水电站位于甘孜藏族自治州康定县境内, 为大渡河干流水电梯级开发的第 10 级电站, 大坝坝型为砾石土心墙堆石坝, 心墙顶宽 6 m, 上、下游坡度均为 1:0.25, 心墙底宽为 125.7 m, 最大坝高 240 m, 为目前国内在建的最高砾石土心墙堆石坝。坝体总填筑方量 3 417 万 m³, 其中心墙砾石土填筑方量约 428 万 m³。

汤坝土料场是长河坝水电站心墙土料的主要供料场, 位于坝区上游金汤河左岸与汤坝沟之间的边坡上, 距坝址约 22 km。该料场地层自上而下、沿金汤河自上游向下游颗粒有逐渐变粗的趋势, 土料质量分布不均匀。料场总面积约 49 万 m², 有用层厚度为 1.1 ~ 18.78 m, 平均厚 10.82 m, 总储量为 464.2 万 m³。根据揭示土料性质的不同, 分为直接开采上坝区、细料区、粗料区、弃料区四大区域。细料区位于料场下游侧中上部, 开采平均厚度为 7 m, 采区面积 86 000 m², 储量为 60 万 m³, 无超径石, 细料集中区域粒径大于 5 mm 的土料含量占 12% ~ 32%, 在冲沟沟口部位粒径大于 5 mm 的土料含量占 42% ~ 50%。粗料区位于料场上游侧中上部, 表层为可直接开采上坝的土料; 下部土料粒径大于 5 mm 的土料含量占 50% ~ 70%, 平均厚度为 7 m, 储量为 46 万 m³, 含少量超径石。

2 土料掺拌试验的提出

汤坝土料场经前期现场查勘得知料场料源分布复杂, 存在大量粒径偏大料和粒径偏小料, 导致其无法直接投入料场使用。为提高土料利用率,

需要将粗土料、细土料按一定比例重新掺配, 以使土料指标满足设计要求。

3 试验的目的

- (1) 根据试验成果, 确定最优粗、细料掺拌比例, 取得满足设计要求的掺拌混合料。
- (2) 根据试验结果确定粗、细土料的铺料厚度。
- (3) 提高土料的利用率, 减少开挖弃料, 降低施工成本。
- (4) 为长河坝水电站其它料场超标砾石料提供参考掺配数据。

4 掺拌试验

4.1 心墙砾石土指标要求

用于心墙防渗料的砾石土应符合以下条件:

- (1) 填筑料最大粒径不大于 200 mm 或铺土厚度的 2/3。
- (2) 粒径大于 5 mm 的颗粒含量不超过 50%、不低于 20%; 粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量应大于 15%; 粒径小于 0.005 mm 的颗粒含量应大于 5%。
- (3) 心墙防渗土料的塑限指数宜大于 8, 小于 15。
- (4) 汤坝心墙防渗土料全料填筑含水率应为 $W_0 - 1\% \leq W \leq W_0 + 3\%$ 。

4.2 试验土料情况

本次试验选取汤坝料场上游中部原 9#探坑部位粒径大于 5 mm 的粗土料, 含量 72% 左右; 料场下游顶部粒径大于 5 mm 的细土料, 含量 15% 左右。现场已查明超标粗土料储量在 3 ~ 5 万 m³ 左右, 超标细土料在 5 ~ 7 万 m³ 左右, 两种土料掺

收稿日期: 2012-12-07

拌可增加土料开采、利用 8~12 万 m³。

4.3 掺拌前土料级配

掺拌试验前,对超标粗、细土料进行了取样检测,平均检测结果见表 1。

表 1 掺拌试验前粗、细料颗粒分析检测结果表

项目	粒 径 /mm																			
	200	100	80	60	40	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.075	0.05	0.03	0.01	0.005	0.001	8	
小于该孔径重量百分数/%	粗土料	100	98.4	94.6	79.8	61.8	44.2	32.8	27.1	21.4	19.8	16.9	15.1	12.6	10.4	7.3	4.7	2.5	0.9	
	细土料	100	100	99.1	97.8	93.4	86	80.0	76.3	67.1	64.6	59.1	55.4	48.7	42.4	30.3	18.2	10	4.2	

从表 1 可以看出,粗土料无超径石,粒径大于 5 mm 的颗粒含量为 72.9%,粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量为 12.6%,粒径小于 0.005 mm 的颗粒含量为 2.5%;粒径大于 5 mm 的颗粒含量偏大,粒径小于 0.075 mm 的粉粒含量满足要求,粒径小于 0.005 mm 的粘粒含量不满足技术指标要求。

细土料无超径石,粒径大于 5 mm 的颗粒含量为 23.7%,粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量为 48.7%,粒径小于 0.005 mm 的颗粒含量为 10%;粒径大于 5 mm 的颗粒含量偏小,粒径小于 0.075 mm 的粉粒含量和粒径小于 0.005 mm 的粘粒含量均满足砾石土心墙料的技术指标要求。

在粗、细料掺拌前,现场对土料干密度进行了检测,粗料实测干密度为 1.86 g/cm³,细料实测干密度为 1.37 g/cm³。

4.4 掺拌比例的选取

根据掺拌前对土料场粗、细料取样获得的天然级配及实测干密度,结合粒径大于 5 mm 的土料设计包络线,初步拟定粗、细料掺拌比例(重量比)为 1:1、1:1.5、1:2 三种。

4.5 掺拌方法

(1) 土料开采装运。

装车前,试验人员需对取料点粒径大于 5 mm 的土料含量进行检测。由于粗料中超径石含量较多,粗料在料场装运过程中先将铲斗距离地面 4~5 m,然后将土料倒下,多次反复使超径石充分分离后再进行装运。运输采用 20 t 自卸汽车运料。运输过程中,采用彩条布对土料进行保护,避免了含水率损失或增加。

(2) 料的摊铺。

土料运输至掺拌场地后,按照先粗后细的顺序进行铺料(共 2 层),由专人指挥卸料,铺料过程中用钢卷尺时刻对铺料厚度进行检测,用 ZL50 装载机粗平,人工配合反铲进行精平。在精平过

程中,人工剔除超径石。试验人员完成对粗料的取样检测后,在粗料上部铺细料。

(3) 土料掺拌。

按设计厚度将土料分层摊铺后,使用 ZXL-450 反铲进行立面掺拌,掺拌时按设计铺土厚度将两种不同土料一次掺和,用反铲在掺拌场原地倒运反复掺拌 4 次以上,然后将其倒入堆料区。根据现场情况,每次掺和范围宽度为 3~6 m,长度为 2~4 m。掺拌过程中,超径石自然分离至料堆底部边缘,由人工配合机械剔除。在掺拌过程中,为了防止粗料分离,铲斗离掺拌料垂直高度不应过高。

(4) 超径石剔除及试验取样。

粗、细料掺拌完成后,人工对现场超径石进行剔除。然后由试验人员对每个区域进行 5 组颗粒级配检测。

(5) 防雨及防晒。

① 掺砾石土料主要在旱季进行。

② 掺拌场每一个备料仓完成备料后应铺设塑料薄膜,防止降雨时土料被雨水冲刷和污染,同时亦可防止土料曝晒,水分散失。

③ 掺砾石土料的料仓表面应形成不小于 2% 的坡度,以便雨水排泄畅通,防止表面积水过多。

4.6 试验的具体要求

(1) 确保粗、细料铺土厚度满足设计厚度。

(2) 确保土料进行反复 4 次以上的掺拌,使土料整体均匀,人工配合机械剔除掺拌过程中自然分离至料堆底部的超径石。

(3) 掺拌试验过程中对各项检测数据指标需及时检测并按实际检测数据调整相关的施工参数。

(4) 试验采取的施工工艺应尽可能与施工保持一致。

5 掺拌后的土料级配分析

5.1 掺拌后的土料级配情况

掺拌完成后,对每种掺拌料进行了颗粒分析试验,其掺拌前后颗粒级配情况见表2。

掺拌后土料级配曲线与设计级配曲线的对比见图1。

5.2 掺拌后土料级配曲线与设计级配曲线的对比

5.3 掺拌后的主要技术指标

表2 掺拌后土料颗粒分析检测结果表

项 目	粒 径 /mm																		
	200	100	80	60	40	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.075	0.05	0.03	0.01	0.005	0.0018	
小于该孔径重量百分数/%	1:1	/	100	95.5	89.7	78.7	66.7	59	54.6	46.6	44.6	40.8	38.3	33.8	27.1	18.1	10.8	5.1	1.8
	1:1.5	/	100	97.7	92.2	83	73.3	65.4	60.9	53.5	51.7	47.4	44.5	39.2	32.7	23.0	14.6	8.9	2.1
	1:2	/	100	100	94.4	88	79.3	71.2	66.2	59.6	56.8	51.1	47.5	41.7	34.8	23.7	14.9	10.1	2.2

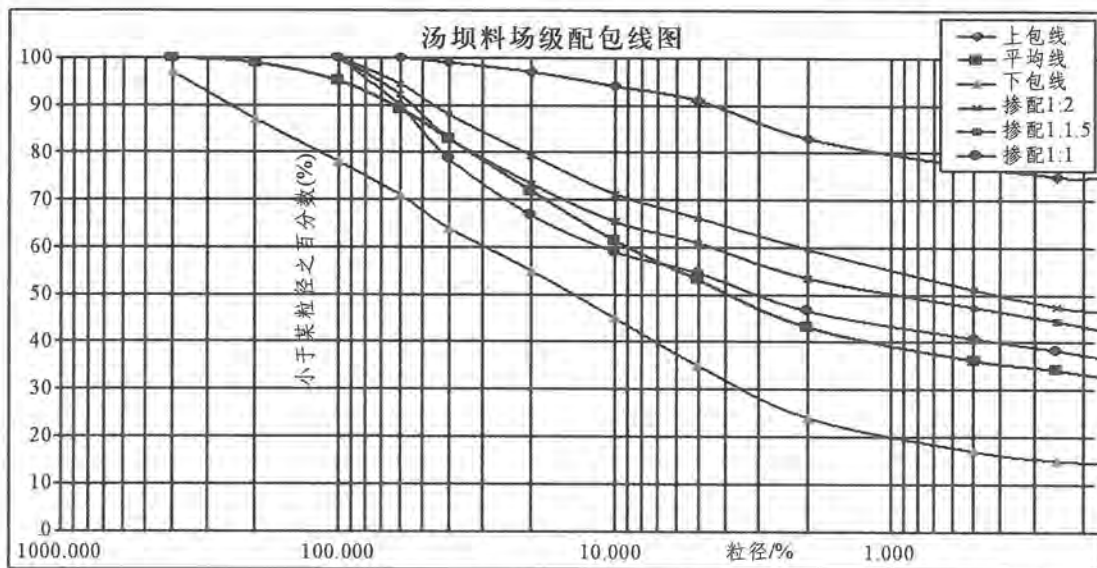


图1 掺拌后的土料级配曲线与设计级配曲线对比图

根据表2,将粗料粒径大于5 mm的土料含量为72.9%、细料中粒径大于5 mm的土料含量为23.7%的两种土料按上述比例掺拌后,其主要技术指标见表3。

表3 按比例掺拌后的土料主要技术指标表 /%

掺拌比例	粒径 >5 mm	粒径 <0.075 mm	粒径 <0.005 mm
1:1	45.4	33.8	5.1
1:1.5	39.1	39.2	8.9
1:2	33.8	41.7	8.5

5.4 掺配比例的确定

心墙砾石土要求粒径大于5 mm的颗粒含量不超过50%、不低于20%;粒径小于0.075 mm的颗粒含量应大于15%;粒径小于0.005 mm的颗粒含量应大于5%。从表3的试验结果可以看出:三种掺配比例试验结果均满足设计要求;从图1中掺拌后的土料级配曲线与设计级配曲线对比情况可以看出:重量比为1:1时的级配曲线最接近设计平均级配曲线,故选定掺配比例为1:1。

5.5 确定铺层厚度

掺拌料粗、细料的铺层厚度根据便于控制铺料厚度和便于掺拌的原则确定。粗料铺层厚度根据以往经验,以40~70 cm为宜。本工程粗料铺层厚度取0.7 m,

细料铺层厚度根据下式计算:

$$h_{细} = h_{粗} (\gamma_{粗} / \gamma_{细}) n$$

式中 $h_{细}$ 为细料铺料厚度,cm; $h_{粗}$ 为粗料铺料厚度,cm; $\gamma_{粗}$ 为粗料松铺实测干密度, g/cm^3 ; $\gamma_{细}$ 为粗料松铺实测干密度, g/cm^3 ; n 为细料与粗料的掺拌重量比。

$h_{细} = 70 \times (1.86 / 1.37) \times 1 = 95.2 (cm)$, 取细土料摊铺厚度 $h_{细} = 100 cm$ 。考虑到掺拌混合料粒径小于0.005 mm的颗粒含量偏小(略接近设计最小值),实际掺拌时粗土料铺料厚度可按0.5~0.7 m、细土料铺料厚度可按1~1.2 m进行控制。

6 试验成果应用情况

(下转第63页)

表8 大坝混凝土耐久性能表

混凝土等级	抗渗等级		抗冻等级	
	28 d	90 d	28 d	90 d
C ₉₀ 10W6F50	W6	≥ W8	F25	≥ F50
C ₉₀ 15W6F50	W6	≥ W8	F25	≥ F50
C ₉₀ 20W6F50	W6	≥ W8	F25	≥ F50

表9 大坝混凝土热学性能表

混凝土等级	导温系数 /m ² ·h ⁻¹	导热系数 (kJ/m·h·℃)	比热系数 (kJ/kg·℃)	线膨胀系数 (10 ⁻⁶ /℃)	绝热温升 /℃
C ₉₀ 10W6F50	0.003 2	8.02	1.12	11.73	29
C ₉₀ 15W6F50	0.003 1	7.76	1.1	/	30.1
C ₉₀ 20W6F50	0.003 1	7.76	1.08	11.66	32.4

土等级的增加,混凝土绝热温升值也随之增高。

4 结 语

(1)采用瀑布料场砂岩料加工的人工骨料具有饱和面干、表观密度小、吸水率和坚固性质量损失大、微粒含量多等特点,在混凝土配合比设计时应加以重视。

(2)鉴于采用瀑布料场砂岩骨料配制的混凝土存在用水量大、胶凝材料多和混凝土干缩、湿胀变形较大等缺陷,同时使用该砂岩人工骨料配制的混凝土具有低弹和高极限拉伸值的特性,因此,

工地现场在使用硅酸盐水泥(当时柬埔寨国内没有中热水泥生产厂家)进行混凝土配合比设计的同时,建议采用减水率更高的缓凝高效减水剂;同时,还应加大粉煤灰掺量,以达到抑制骨料碱硅酸反应,减少混凝土胶凝材料用量,降低混凝土水化热温升,减少混凝土的收缩变形,提高混凝土的抗裂性能和耐久性能。

作者简介:

邓长军(1977-),男,四川广安人,工程师,学士,从事水工混凝土试验研究工作。(责任编辑:胡友权)

(上接第56页)

参考文献:

[1] 余文畴,卢金友.长江河道崩岸与护岸[M].北京:中国水利水电出版社,2008.
 [2] 唐洪武,李福田,肖 洋,等.四面体框架群护岸型式防冲促淤效果试验研究[J].水运工程,2002,344(9):25-28.

作者简介:

黄卫东(1981-),男,湖南会同人,工程师,硕士,从事泥沙基本理论、长江中下游河道演变及整治、河工模型试验等相关工

(上接第59页)

该项试验工作已于2012年11月初完成,试验成果已经通过业主、设计、监理审批。目前长河坝项目正在按照试验确定的粗料厚度0.5~0.7m、细料厚度1~1.2m进行备料。但应注意在备料过程中根据开采区粗、细土料级配变化及掺拌料取样级配试验结果及时进行调整。

7 结 语

通过汤坝土料场粗、细料掺拌试验,取得了满足设计要求的掺拌混合料及最优掺拌配比,确定了合理的掺拌粗、细土料铺料厚度,大大提高了土

作;

沈之平(1959-),男,浙江嵊州人,高级工程师,学士,从事泥沙基本理论、长江中下游河道演变及整治、河工模型试验等相关工作;

廖小永(1975-),男,江西新余人,高级工程师,硕士,从事泥沙基本理论、长江中下游河道演变及整治、河工模型试验等相关工作。

(责任编辑:胡友权)

料开挖的利用率,减少了开挖弃料,降低了施工成本,为电站其它料场超标骨料掺配提供了参考经验。

参考文献:

[1] 康世荣,陈东山.水利水电施工组织设计手册(2)施工技术[M].北京:水利电力出版社,1990.

作者简介:

杨永林(1982-),男,甘肃天水人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

杨玉银(1968-),男,河北遵化人,副主任,教授级高工,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:胡友权)