

老挝南立 1-2 水电站面板堆石坝填筑施工技术

隆运国, 刘洪

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 都江堰 611830)

摘要:介绍了老挝南立 1-2 水电站面板堆石坝的施工过程,详细阐述了填筑施工中所采用的材料特性、分层填筑碾压施工技术,重点分析了施工中应注意的各种细节和技术、质量、安全保证措施,通过选择合理的填筑方案及碾压参数,较好地解决了填筑施工中各工序之间的相互干扰,加快了施工进度,大大降低了坝体沉降量,质量达到了预期的效果。

关键词:材料;填筑;碾压;质量;沉降;南立 1-2 水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV512;TV53

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)05-0079-04

1 工程概述

南立 1-2 水电站位于老挝人民民主共和国中部、湄公河左岸一级支流南俄河的支流南立河上,距老挝首都万象公路里程约 133 km。该工程是以发电为目的的水利枢纽工程,工程等别为一大(1)型。水库为多年调节,总库容 $9.23 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中调节库容 $5.41 \times 10^8 \text{ m}^3$,总装机容量为 $2 \times 50 \text{ MW}$ 。

大坝为混凝土面板堆石坝,最大坝高 103 m,最大坝底宽度为 288.7 m,坝顶轴线长 351 m,坝顶宽 8 m。坝顶上游侧设 4 m 高的“L”型混凝土挡墙作为防浪墙,其底部与混凝土面板相接。上游坡比为 1:1.4,下游坡比为 1:1.35。

2 水文及工程地质条件

老挝属热带季风型气候,降水丰沛,气温终年常热,分雨、旱两个季节。南立河流域多年平均年降水量为 1 745 mm,降水年内分配不均,主要集中在雨季,5~10 月降水量约占全年降水量的 90%,旱季 11~次年 4 月份仅占 10%。流域多年平均气温为 25.4℃,气温最高、最低值均出现在旱季。

南立 1-2 水电站坝址位于那省村上游约 1 km,南立河从中低山峡谷地形区流入班登山间小盆地区的出口段。该段峡谷长约 740 m,河道较顺直,河谷呈“V”字形,谷底狭窄。枢纽区主要出露地层有二叠系火山喷出岩与同期沉积的火山碎屑岩,主要为英安岩、火山角砾岩、火山碎屑岩~沉积岩、白云岩夹灰质白云岩和第四系松散堆积

层等。河床内覆盖层浅,厚度一般小于 4 m,残、坡积物分布于两岸山坡上,厚度为 0.5~4 m。

3 材料分区与料源特性

3.1 大坝分区

南立 1-2 水电站面板堆石坝由 7 个分区、8 种料源组成,分别是盖重区的 1B 料、粉细砂盖重区的 1A 料、周边缝下特殊垫层区的 2B 料、垫层区的 2A 料、过渡区的 3A 料、主堆石区的 3B 料、次堆石区的 3C 料和下游堆石区的 3D 料。大坝分区情况见图 1。

3.2 料源特性

各填筑料料源、材料特性见表 1。

4 地基处理

4.1 开挖

坝基河床冲积层厚度较薄,仅 4 m 左右,属散体结构,局部存在的粉砂或淤泥夹层承载力偏低,抗变形和抗渗能力弱,不宜作为坝基基础,故予以全部清除。岸坡部位基础清理标准:坝轴线上游的堆石体基础要求挖除覆盖层(植被、坡积层、松散堆积体等)及全风化岩体中上部或裸露的强风化表部岩体,基础置于全风化岩体下部或强风化岩体。坝轴线下游堆石体基础仅要求挖除覆盖层(植被、坡积层、松散堆积体等),基础可置于全风化岩体。

4.2 倒坡及探洞的处理

为便于坝体填筑碾压,开挖面上不允许存在任何倒悬岩体、陡坎或倒坡,应将其削至不陡于 1:0.3(垂直:水平)的最终坡度,或者采用浆砌石补成顺坡。趾板范围的探洞用 C15 混凝土回填,

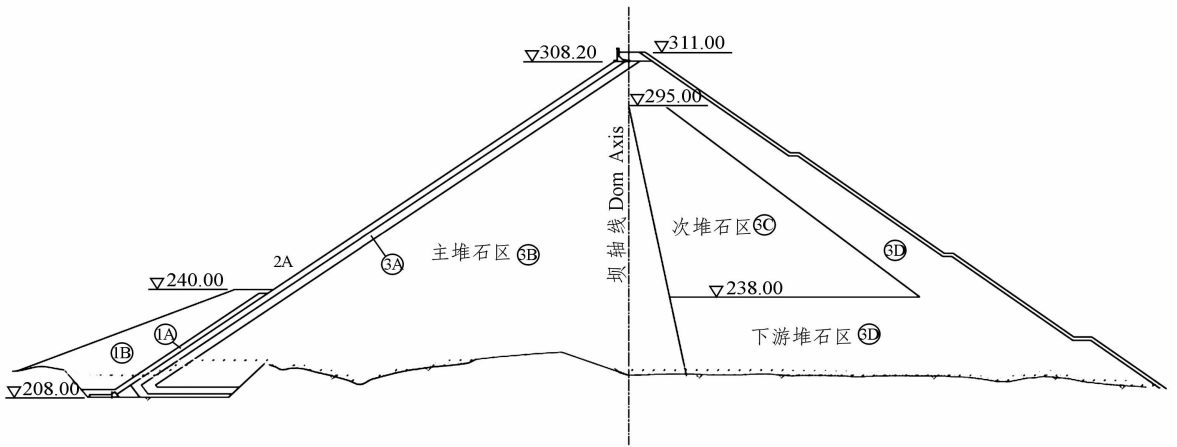


图 1 大坝填筑材料分区示意图

表 1 各填筑料来源、材料特性表

大坝分区	岩石类别	填料来源	级配要求			干密度 /g · cm ⁻³	空隙率 /%	含泥量 /%
			最大粒径 /mm	粒径 ≤5 mm /%	粒径 <1 mm			
1A		砂石加工厂	1					
1B		左岸趾板开挖料	600					
2A	白云岩	料场开采料 轧制	80	30 ~ 50		2.37	15.2	≤8
2B	白云岩	料场开采料 轧制	40	30 ~ 50		2.37	15.3	≤8
3A	白云岩	料场开采料	300		≤5	2.27	18.8	
3B	白云岩 英安岩	料场开采料、导流洞 开挖料、厂房二期开 挖料、溢洪洞开挖料 厂房一期开挖料、溢洪	800	≤20		2.25	19.2	≤5
3C	英安岩	洞上部开挖料、 引水洞开挖料	800	≤20		2.23	20.1	≤5
3D	灰质 白云岩	料场开挖料	1200	≤20		2.21	21	≤5
坝坡砌石			1 000					

坝轴线上游的探洞用浆砌石回填,坝轴线下游的探洞洞口 10 m 范围用浆砌石回填。

5 填筑施工

坝体填筑施工根据大坝填筑强度、道路布置、面板施工以及渡汛要求分三期进行填筑施工。

5.1 施工准备

5.1.1 生产性试验

为取得南立 1-2 水电站面板堆石坝施工工艺的最优参数,正式填筑之前,进行了生产性碾压试验,对大坝填筑 2A、2B、3A、3B、3C、3D 六种料型、5 个料场的填筑料进行了碾压试验。对不同坝料进行了 10% ~ 20% 的洒水量,20 t 自行式振动碾,6、8、10 遍碾压遍数等多种试验参数组合的碾压试验,取得了大坝堆石填筑施工参数。

5.1.2 填筑碾压参数

根据大坝填筑料的压实标准及现场生产性碾压试验,最终确定的大坝填筑料碾压参数见表 2。

5.1.3 施工道路

为满足大坝填筑施工需要,修建左岸低线公路、中线公路、高线公路和右岸高线公路四条道路作为坝料运输道路。其中坝体高程 250 ~ 275 m 和高程 275 ~ 311 m 范围随着坝体上升在坝体下游侧预留公路,坝内公路宽度为 15 m,坡度控制在 10% 以内作为坝体填筑的上坝公路。

5.2 填筑施工

5.2.1 挤压边墙与垫层料、过渡料填筑施工顺序

坝体前面采用挤压边墙固坡技术,挤压边墙与垫层料、过渡料填筑摊铺顺序见图 2。

表2 大坝填筑碾压参数表

填筑料	铺料厚度/cm	碾压遍数(静+振)/n	加水量/%	行车速度/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	碾压机械	铺料方法	搭接宽度/cm
垫层料(2A)	44	2+8	3~6	1.5~2	YZ20H 振动碾	后退法	30~50
特殊垫层料(2B)	22	0+10	自身含水量(3~5)	0.5~0.8	立式 冲击夯	后退法 人工法	5~10
过渡料(3A)	44	2+8	15~20	1.5~2	YZ20H 振动碾	后退法	30~50
主堆石料(3B)	88	0+8	15~20	1.5~2	YZ20H 振动碾	进占法	30~50
次堆石料(3C)	88	0+8	15~20	1.5~2	YZ20H 振动碾	进占法	30~50
下游堆石料(3D)	132	0+8	15~20	1.5~2	YZ20H 振动碾	进占法	30~50

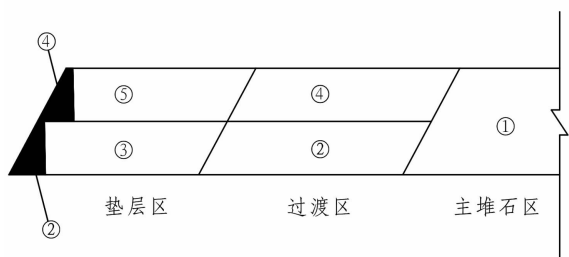


图2 挤压边墙与垫层料、过渡料施工顺序图

5.2.2 特殊垫层料(2B)的填筑

特殊垫层料(2B)填筑宽度为4 m,高2 m,下游侧坡比为1:1,特殊垫层料在砂石厂加工完成后运输堆放在拌和楼储料场,自卸车运输至填筑工作面处采用后退法卸料,与垫层料同时摊铺和碾压。周边缝下边角部位的特殊垫层料采用立式冲击夯夯实,分层厚度为20 cm。在铺筑过程中,确保垫层料的边线不能侵占特殊垫层料的结构线。

5.2.3 垫层料(2A)的填筑

垫层料(2A)填筑范围为坝前宽3 m,两岸坡水平宽1 m、长度按坝高的1/3控制,层厚40 cm。回填时先施工挤压边墙,清除已铺筑的3A料和2A料交接面上粒径大于8 cm的块石,再摊铺2A料。自卸车运料上坝至垫层区,采用后退法卸料,推土机平仓并辅以人工整平。采用20 t光面振动碾顺坝轴线方向碾压,每层碾压8遍。为了保证垫层料与过渡料的紧密结合,垫层料与过渡料平起上升与碾压。将振动碾在碾压过程中的速度控制在2 km/h以内。

5.2.4 过渡料(3A)的填筑

过渡料(3A)填筑范围为坝前宽4 m,两岸坡水平宽2 m、长度按坝高的1/3控制,层厚40 cm。

自卸汽车运料至填筑点,后退法卸料,推土机平仓整平,人工配合反铲处理边角粗料集中部位,剔除粒径大于300 mm的块石到主堆石区。采用20 t光面振动碾顺坝轴线方向碾压8遍。过渡料与垫层料平起上升填筑与碾压,当过渡料铺筑两层完成后,进行结合部位的主堆石料填筑施工。

5.2.5 主堆石区(3B)的填筑

主堆石料(3B)采用进占法卸料,推土机平仓,层面搭接宽度为2 m,对于搭接面上粒径大于50 cm的块石要予以清除。回填时先摊铺两岸边的接触带料,再回填主堆石料。主堆石料上游侧按一定的宽度与过渡料一起上升,高差不超过40 cm,具体情况见图2。

5.2.6 次堆石区(3C)的填筑

次堆石料(3C)的填筑与上游主堆石料施工程序和碾压参数一致。

5.2.7 下游堆石区(3D)的填筑

大坝下游堆石区料(3D)回填范围随坝体增高而回填范围逐渐缩小,层厚1.2 m。由于受坝坡干砌石施工进度影响,下游堆石区施工落后于次堆石区,随次堆石区逐层上升,回填方法与3B、3C大体相同。

5.2.8 坝坡干砌石施工

大坝下游坡面设计为1 m厚的大块石护坡,块石最大料径为1 m。在高程225 m、251 m、281 m处分别设置有不同宽度的马道。在下游堆石料填筑过程中,随着下游坝体上升逐层进行护坡块石支砌。在帕登山采料场挑选质地坚硬、块径为40~100 cm的石料运至每一填层上,沿着靠近坝坡的边缘堆成条带状,人工配合反铲分层支砌,块

石大面朝下,用拉线法控制坡面的平整度。

5.3 施工技术措施

5.3.1 坝料加水

坝料加水采用坝面加水的方式,洒水量按填筑工程量的 15% ~ 20% 进行控制。根据现场地形条件,在左右岸高程 311 m 处各修建了一个高位水池,采用 4 in (1 in = 2.54 cm) 水管沿左右岸坡面引至适当位置,下接胶管进行洒水。为准确控制每层的洒水量,在水管上安装水表,由专人记录和控制。碾压过程中,根据需要采用 2 台 20 t 洒水车补洒水。

5.3.2 坝料的运输

坝料运输主要以 15 ~ 25 t 自卸汽车为主,回填作业面用白灰划好料区分界线,由专人指挥运输材料车辆到指定地点卸料。

5.3.3 摊铺施工

3B、3C、3D 料主要采用进占法卸料,推土机平整。2B、2A、3A 料采用后退法卸料,人工配合机械进行平整。摊铺厚度按压实厚度加 10% 控制,经碾压后达到设计厚度。层厚的控制方法采用在填筑面两侧和前进方向每 30 m 放置一根标志杆以控制铺料厚度;在填筑施工中,由专人负责移动标志杆。对坝面超径石采用液压锤进行解小。

5.3.4 坝料中含泥量的控制

根据帕登山料场灰质白云岩层间夹泥较多的情况,施工中为降低坝料含泥量,专门制定了多项措施来控制坝料中的含泥量:装车时注意筛选,不允许将泥团装车;坝面安排专人捡表面出露的泥团;保持车辆相对固定,并保持车厢、轮胎的清洁,防止将残留在车厢和轮胎上的泥土带入填筑区。

6 质量控制

在填筑施工中,采用控制施工参数与“挖坑”取样检测的双控措施,建立由作业队自检、施工员复检、质检员终检的三级质检制度,严格执行“上道工序未验收,下道工序不准开工”的原则。层

层把关,切实做到每个环节都处于受控状态,确保了大坝填筑质量。施工中主要分以下两个方面进行控制。

6.1 料场质量控制

首先剥离表层的无用料,经监理、业主、设计及施工单位共同验收合格后再进行上坝料的开采。正式开采前,按拟定的爆破参数进行爆破试验及爆破料级配试验,待确定合理的爆破参数后,再进行大规模开采。对于超径石在料场就地解小。对于加工好的垫层料、特殊垫层料单独存放,避免与其它料混杂,按要求进行堆放存料。

6.2 坝面质量控制

为便于坝面卸料的指挥,避免发生不同分区的坝料相混淆,运输上坝料的自卸汽车贴有醒目的分区料标示。每种料的运输根据现场情况分车装运。现场施工技术、质检人员、试验人员在现场跟踪并监控上坝料的质量、碾压参数、施工工艺。同时,注意观察碾压机械的工况,对于工况不好的应及时更换。

7 结 语

老挝南立 1-2 水电站堆石填筑施工中,通过采用细料(主堆石区最大粒径 60 cm)、薄层碾压、增加碾压遍数,采用重型振动碾碾压的方式,经试验取样检测得知主、次堆石区的干密度均大于设计值,空隙率平均值为 15.2%,远小于设计规定值 22%。坝体最大沉降量为 22.5 cm,为坝高的 0.22%,远远小于其 1% 的要求。因此,老挝南立 1-2 水电站面板堆石坝的工程质量受到国内外专家的高度评价,被评为“2012 年度四川省建设工程天府杯金奖”。

作者简介:

隆运国(1973-),男,重庆市人,项目副经理,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作的;

刘洪(1968-),男,四川简阳人,国际公司总工程师,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作的。

(责任编辑:李燕辉)

大渡河枕头坝一级水电站 3 号机组投产发电

近日,枕头坝一级水电站 3 号机组顺利通过 72 小时试运行阶段,成功转入商业运行,正式投产发电。3 号机组是枕头坝一级水电站投产发电的第二台机组,于 7 月 21 日通过启动验收,8 月 8 日 12 时 56 分首次并网成功,8 月 9 日 10 时 17 分正式进入 72 小时试运行。期间机组运转稳定,各项运行参数指标满足要求。枕头坝一级水电站其余两台机组正在进行紧张的安装和调试工作,2 号机组于 8 月底实现投产发电目标,1 号机组计划于年内实现投产发电。