

会兰庞雅水电站土石坝的设计与施工

金志斌

(葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

摘要:粘土心墙土石坝具有建筑材料简单、可就地取材、造价低、施工工艺简单等优点,近年来得到了广泛应用。结合实际,针对土石坝的设计与施工工作一简要阐述。

关键词:土石坝;设计;施工

中图分类号:TV641;TV22;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2013)02-0007-03

Houay Lamphan Gnai 水电站位于老挝南部 Bolaven 高原的 Houay Lamphan Gnai 河流上。水电站利用高原顶部和底部在相对短的距离内形成的 600 m 水头落差发电。

电站的主要建筑物有粘土心墙堆石坝、溢洪道、入库引流系统、引水系统、电站厂房及输变线路等。水库正常蓄水位高程 820 m,死水位高程 795 m,最大库容约 1.41 亿 m^3 ,粘土心墙堆石坝最大坝高 75.6 m。厂房内装有 2 台冲击式水轮发电机组,采用两机一管联合供水,单机容量 44 MW,电站装机容量为 88 MW,其主要任务是发电,以提高老挝南部地区的供电率,减少枯水期从邻国进口的电量,增加丰水期对邻国电量的出口。

1 坝体设计

1.1 坝型选择

坝址左岸覆盖土层厚度为 6~38 m,下部弱风化岩层顶面埋深 6~38 m,土体工程性状较差;河床及右岸强风化岩体顶面埋深 4~13 m,弱风化岩体顶面埋深 10~33 m。鉴于混凝土坝属于刚性坝,对地基强度要求较高,需要置于弱风化岩体上,因此,坝基开挖工程量较大,形成的人工边坡较高。而土石坝属于柔性坝,底面积宽,对坝基强度要求较低,强风化岩体可作为坝基持力层,覆盖土层可作为低矮坝段的坝基持力层,因此,坝基开挖工程量较小,形成的人工边坡较低矮。

考虑到该电站坝址河床及右岸砂、泥岩岩层产状水平,强~弱风化岩体中局部有泥化夹层,泥化夹层在水位以下呈软塑状,对坝基抗滑稳定不利。如选择混凝土坝,坝基抗滑稳定问题较突出;

而土石坝坝体宽大,坝基抗滑稳定问题较小。

又因坝址区附近天然砂砾料贫乏,无充足的混凝土骨料场料源。两岸山坡上的基岩为白垩系中~上统细砂岩夹泥岩,上第三系(N2)玄武岩分布于低洼地段。细砂岩强度较高,可作为混凝土骨料,但泥岩强度低,不能作为混凝土骨料且分选困难;而玄武岩岩石坚硬,可作为混凝土骨料,但玄武岩分布于低洼地段,厚度较小且上覆土层较厚,不易开采。

通过对各种不同坝型进行定性分析,综合考虑地形地质条件、建筑材料、施工条件、综合效益等因素,最终选择土石坝方案是合适的。

1.2 挡水及泄水建筑物

(1) 挡水建筑物。

根据坝址附近料源分布情况,土石坝选用粘土心墙堆石坝。

(2) 泄水建筑物。

溢洪道布置于右岸坝肩,由引水渠、控制段、泄槽段、消能防冲段组成。

1.3 坝体设计

堆石坝坝体主要由坝壳、防渗体、反滤过渡区、排水体以及护坡等组成。坝顶防浪墙顶高程为 823.6 m,坝顶高程为 822.4 m,最大坝高为 75.6 m,坝顶总长 577.3 m,坝顶宽度为 10 m。

上游坝坡坡比为 1:1.7;下游坝坡坡比为 1:1.6。在高程为 800 m 和 780 m 处各设一级马道,马道宽度为 2 m。

大坝上游施工围堰与坝体结合,下游围堰在大坝竣工后改建为量水堰。

收稿日期:2013-04-01

2 筑坝材料

2.1 粘土心墙

根据土料的分布选取了3个土料场作为心墙粘土料源:左岸坝上游土料场的土料为玄武岩残积土,具有天然密度小、孔隙比大、液限高的特点与典型的红土特征。土浸水饱和后粘聚力降幅较大,而且土的粘粒含量、塑性指数、天然含水量等均偏高,质量欠佳,采用时需经晾晒处理,宜掺合碎石以改良土性,作为备用料场;左岸砂岩区土料场和右岸山坡土料场的土料为砂泥岩残积土,除PH值偏低、天然含水量略偏高外,其余各项指标满足规范要求,质量较好。其天然密度平均值约为 1.66 g/cm^3 ,粘土粘粒含量为34%~36%,渗透系数为 $1.73 \times 10^{-5} \sim 1.91 \times 10^{-7}\text{ cm/s}$,天然含水率为11.6%~25.1%,土的结构较密实,故将其作为土石坝体粘土心墙主料源。

粘土心墙填筑层厚为400 mm,压实度为98%。心墙底部设混凝土或喷混凝土保护层,将基岩与土质防渗体分开,以防止接触冲刷并兼作灌浆盖板。

2.2 反滤层

反滤层位于过渡层和粘土心墙防渗体之间,用于防止防渗土料在渗透水流作用下流失而导致渗透破坏。反滤料可通过筛分获得,填筑层厚度为400 mm。

2.3 过渡料

过渡料位于反滤层和粗堆石之间,用于防止反滤层中的细料在渗透水流作用下流失而导致渗透破坏。过渡料可直接由开挖料中选取,填筑层厚度为400 mm。

2.4 上、下游堆石料

上、下游主堆石料采用弱~微风化细砂岩料或玄武岩,粗堆石料的最大粒径采用800 mm,孔隙率不大于20%,填筑层厚度为800 mm。

2.5 护坡及下游排水棱体

上游护坡采用微风化细砂岩料或玄武岩干砌石,下游面不设置护坡。

下游排水棱体采用弱~微风化细砂岩料或玄武岩,石料的粒径大于1300 mm。

3 土石坝施工

为确保土石坝质量安全及顺利填筑,坝体正

式填筑之前,进行了大量的室内物理性能及室外碾压试验,优化了填筑工艺及相关参数,为大坝填筑工作全面展开提供了可靠的依据。

3.1 施工导流

根据坝址的地形地质条件及主要建筑物的布置,施工导流采用河床一次断流的隧洞导流方式。导流隧洞在进口预留岩土坎的保护下全年施工,导流隧洞完成后修建土石围堰截流,通过导流隧洞导流,然后进行粘土心墙堆石坝的施工。

3.2 基础处理

(1)帷幕灌浆:本工程采用帷幕灌浆进行基础防渗处理。防渗帷幕深度以岩石透水率 $q \leq 3\text{ Lu}$ 作为相对不透水层,帷幕灌浆深度深入相对不透水层以下5 m。防渗灌浆在坝体部分沿坝轴线连续布置。

(2)固结灌浆:为防止心墙底部产生渗流接触冲刷破坏、增强岩体的抗渗性、改善岩体的物理力学性能,对心墙混凝土岩石地基进行了固结灌浆处理。固结灌浆共2排,分别布置于帷幕灌浆线的上、下游2 m处,孔距为3 m,孔深为6 m。在断层破坏带和裂隙密集区等地质缺陷部位视具体情况加密和加深灌浆孔。

3.3 土石坝施工

3.3.1 施工准备

按照施工图纸进行测量放样,施工人员熟悉图纸,做好技术交底、临时供电、供水、施工道路等。

3.3.2 坝基的清理及开挖

将坝基范围内的草皮、树木、乱石、淤泥、有机质彻底清除,开始坝基开挖。

(1)左岸坝段:对坝高较矮、土层较厚的坝段,可考虑将坝基置于⑦层或⑧层上,在进行承载力、沉降变形和抗滑稳定验算后可作为堆石坝基持力层。

(2)河床坝段:强风化岩体满足坝基强度要求,可作为堆石坝基持力层。

(3)右岸坝段:强风化岩体强度满足坝壳持力层要求,可作为坝壳持力层。

3.3.3 土石坝填筑

清基完成后,从最低洼处开始坝体的填筑工作。先将坝面填平,再将坝面划分为几个区段进

行流水作业施工。坝体分层进行填筑,坝料用自卸汽车运至坝面后,经过铺料、平料、压实、检测等主要工序,完成一个填筑层施工。

3.3.3.1 心墙填筑

土料运输与料场开采、装料和坝面卸料、铺料等工序持续并连贯进行,以免周转过多而导致含水率产生过大变化,影响碾压质量。

(1)铺土:铺土沿坝轴线方向进行,土料铺填均匀以减少平土工作量。把超径不合格的土块打碎,石块树根等杂物剔除。为防止土料超过压实功而发生剪切破坏,铺土用进占法倒退铺土。在坝面上每隔50 m左右设专用道口,每填筑二、三层换一次道口位置,以免汽车因穿越反滤层将反滤料带入防渗体内造成土料反滤料边线混淆而影响坝体质量。为了保证设计断面,在上下游边坡铺土时,预留1 m左右的富裕宽度。

(2)平土:平土按设计厚度采用推土机分层进行平整。粘土心墙坝铺筑面向上游倾斜1%~2%的坡度,以利施工期间的雨水排泄。铺填的土层应平整好,以免雨后积水影响施工。

(3)压实:检查厚度符合设计要求后采用振动碾压实。振动碾的开行方向平行于坝轴线,碾压遍数应严格控制,避免漏压或过压。对于已经发生剪切破坏的“橡皮土”,将其全部清除后重新铺填压实。分段碾压,顺碾压方向的搭接长度不小于0.3~0.5 m。坝面边缘地带与混凝土和岸坡接合部位采用小型碾压机压实。

(4)洒水及刨毛:当粘土含水量偏低或偏高时,要进行洒水或晾晒。洒水或晾晒的工作主要在料场或坝面内进行。坝面加水时,为了使水分能尽快分布到填筑土层的填筑厚度内,在铺土时洒1/3的水量,其余2/3待铺好后洒。洒水后停歇一段时间,使水分在土层中均匀分布后再碾压。汽车上坝或振动碾压实后的土料表层形成的光面进行凸块碾压或刨毛处理,以确保层间结合良好。

3.3.3.2 反滤料填筑

粘土心墙同上、下游反滤料及部分坝壳料平起填筑,跨缝碾压。

(1)先放样确定反滤料位置,铺料时挖掘机配合人工,呈梯形后退法铺设。先骑缝碾压反滤料和附近的土料,再碾压土或滤料。心墙施工时,

心墙与滤料平衡上升。心墙上升太快,易干裂影响质量;滤料上升太快,则增加施工难度。

(2)防渗体土料与反滤料每次填压的层厚不同,因此需采取一定的措施以保证其平起施工。本项目采用土砂平起施工法,根据土料与反滤料填筑的先后顺序不同,土砂平起施工法分为先土后砂和先砂后土法。

3.3.3.3 接缝处理。

坝体分段分期施工时,坝体内将出现横向和纵向施工接缝。对接缝面要认真进行处理,以保证其结合良好,防止形成渗水通道和因坝体不均匀沉降导致开裂。

3.3.4 坝体质量检查

粘土料场应经常检查所取土料的土质情况、颗粒级配、含水量和杂质含量是否符合填筑要求。当粘土含水量较大时,则采取截水、排水和翻晒等措施;当含水量偏低时,则考虑在料场或坝面加水以提高其含水量。同时,对坝面、坝基、削坡、坝肩接合部、与刚性建筑物连接处以及各种土料的过渡带进行检查。对土层层间结合处是否出现光面和剪力破坏认真进行检查。

石料场要经常检查石质、风化程度、块径及级配等是否符合填筑要求

在土料填筑过程中,对铺土厚度、粘土颗粒、含水量、杂质含量及压实后的干密度等进行检查。取样时,每个土样应代表一定的部位和方量。当土料出现含水量高、土质欠佳、碾压不足、铺土超厚等现象时,对应特征部位要增加取样数量。对堆石体中堆石的级配、空隙率进行分层分段取样检查,并对所有质量检查的记录随时整理归档。在检查时若出现质量偏差,必须查明原因、及时处理,直至符合设计及规范要求。

4 结 语

土石坝在中、小型水利水电工程中被越来越广泛地应用,按现代技术精心设计、施工的土石坝安全可靠且寿命长久。由于土石坝具有就地取材、得天独厚的特性,其工程的综合性指标比混凝土重力坝优越。

作者简介:

金志斌(1966-),男,湖北武汉人,项目经理,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)