

水布垭水电站右岸防淘墙护岸施工

李吉林

(山东电力工程咨询院,山东 济南 250100)

摘要 介绍水布垭水电站右岸防淘墙护岸工程概况、地质条件、施工特点及难点。围绕土石方开挖、锚杆施工、混凝土施工、排水孔施工等 4 个方面详细介绍该工程的施工方法及施工工艺。实践证明针对该工程设计的施工方案是可行的,工程施工顺利。

关键词 水布垭水电站 右岸防淘墙 护岸 施工方法

中图分类号 TV73 ;TV861 **文献标识码** B **文章编号** :1006-7647(2008)S1-0087-03

1 工程概况

水布垭水利枢纽位于清江中游河段的湖北省巴东县水布垭镇,是清江梯级开发龙头工程,具有发电、防洪以及其他综合效益。工程主要由混凝土面板堆石坝、左岸溢洪道、右岸地下电站厂房和放空洞等建筑物组成。面板坝最大坝高 233 m,水库正常蓄水位为 400 m,相应的库容为 43.12 亿 m³。电站装机容量为1 600 MW,多年平均年发电量为 39.20 亿 kW·h。

防淘墙位于溢洪道挑流鼻坎下游部位,沿左、右两侧岸坡和河床布置,由上游横向段、左岸段和右岸段三部分组成,总长度为 853.35 m,是溢洪道消能冲刷区防护的重要组成部分。右岸防淘墙布置在马崖高陡边坡坡脚下部,墙长 354.66 m,两侧墙底最低高程为 160 m,最大墙高约为 40 m。右岸防淘墙 R0~R3 段护岸混凝土(C25)厚度为 2 m,设置间排距为 3 m、梅花形布置的锚杆和排水孔。锚杆为普通砂浆锚杆,长度 6 m,为直径 $\varnothing$ 32 mm 的Ⅱ级普通螺纹钢筋。

主要施工项目包括:土石方开挖、砂浆锚杆、护岸混凝土浇筑。主要工程量见表 1。

表 1 护岸工程主要工程量

序号	项目	工程量
1	覆盖层土方开挖	16 000 m ³
2	岩石开挖	17 890 m ³
3	混凝土 C25(二级配)	18 580 m ³
4	沥青泡沫板伸缩缝	260 m ²
5	紫铜止水片	300 m
6	锚杆($\varnothing$ 32 mm, $L=6$ m)	1 500 根
7	排水孔钻孔($\varnothing$ 56 mm)	1 500 m
8	孔内保护($\varnothing$ 46 mm 的 PVC 排水管)	1 500 m

2 地质条件

消能冲刷区位于坝址峡谷出口处大崖沱深潭,河谷由 NE 向转为 EW 向的转弯处,深潭覆盖层较薄,一般为 1.5~9.4 m,基岩面高程为 178.3~185.5 m。该处河谷略宽缓,呈不对称的 U 形谷,其左岸为大崖高边坡和大岩淌滑坡,右岸为马崖高边坡。

溢洪道消能冲刷区所在的地层为二叠系下统马鞍山组(P_{1ma})、石炭系中统黄龙组(C_{2h})、泥盆系上统写经寺组(D_{3x})等岩性软弱地层。岩体完整性差,风化较强烈,P_{1ma}及 D_{3x}地层含有较多的页岩,浅表部处于强风化状态。D_{3x}强风化带水平深可达 30~45 m,最深达 60 m^[1]。与消能冲刷区有关的主要地层岩性见表 2。

消能冲刷区发育的主要断层有 F₃,F₂₄,F₁₅₈,F₁₆₀,F₂₀₅,F'及 F 等。

表 2 消能冲刷区主要地层岩性

地层	钻孔揭示厚度/m	岩性描述
二叠系下统 马鞍山组(P _{1ma})	0.3~10.08	上部为页岩夹煤层,下部为砂岩、粉砂岩,有 001 号夹层(剪切带)
石炭系中统 黄龙组(C _{2h})	16.05~32.15	上部灰岩夹少量炭质页岩,下部砂岩或白云岩夹多层泥质页岩,顶部偶见炭质页岩夹泥灰岩(缺失上下统)
泥盆系上统 写经寺组(D _{3x})	70.6	主要为泥灰岩与页岩互层,底部为砂岩与页岩互层,含赤铁矿

3 工程特点及难点

水布垭水电站防淘墙护岸混凝土工程量大,施

工难度高,该工程具有以下特点和难点^[2]:

a. 施工难度高。护岸工程位于清江河边的马崖高陡边坡坡脚下部,施工场地狭窄,施工布置十分困难。护岸下接防淘墙墙顶(200 m),上至 230 m 高程,高 30 m。由于护岸紧贴马崖高边坡,不具备溜槽入仓施工条件,要在 1 个月内完成近 2 万 m³ 的混凝土浇筑任务,施工难度非常大。

b. 施工干扰大。防淘墙护岸施工时,尾水段同时有 4 家单位在一个狭窄工作面施工,施工排水、岩石开挖爆破、交通运输等相互间干扰很大,安全问题十分突出。

c. 清江河属于山区河流,洪水迅猛、陡涨陡落、预报性差,给防汛度汛带来巨大困难。

d. 工期较紧,施工交叉作业较多。

e. 由于施工所处的马崖高边坡十分陡峭,部分接近 90°倾角,垂直高度接近 100 m,上方无施工道路通行,混凝土入仓困难。

4 施工方法及工艺

主要施工项目有土石方开挖、砂浆锚杆施工、排水孔施工和混凝土浇筑施工。

4.1 土石方开挖

a. 施工工艺。土石方开挖按以下顺序进行:施工准备→测量放样→场地清理→临时排水沟施工→覆盖层土方开挖→石方钻爆开挖→坡面清理→验收。

b. 施工方法。开挖前首先清理开挖工程区域内的废渣及其他有碍物,并延伸至开挖线 5 m 以外,同时,将开挖区域上部孤石、险石排除,较大块石用小炮清除。

c. 覆盖层开挖。覆盖层、坡积物、孤石、全风化岩层采用推土机配合反铲自上而下进行,由 8~10 t 自卸汽车运往弃渣场。

d. 石方开挖。石方开挖在覆盖层开挖完成后进行,由上至下分层开挖,基础建基面以上采取浅孔梯段微差爆破与光面爆破,坡面采取预裂爆破开挖;爆破开挖施工前,根据所开挖地段的地质情况在类似地段先进行爆破试验,确定各项爆破参数,开挖施工过程中不断修正爆破方案,以达到预期的爆破开挖效果。

e. 坡脚石方槽挖。坡脚石方槽挖采用手风钻钻孔爆破,边坡采用预裂爆破或光面爆破,爆破施工方法同石方明挖。坡脚槽挖上部石碴采用反铲装自卸车出渣,下部采用人工出渣。

4.2 锚杆施工

本标段锚杆为普通砂浆锚杆,长 6 m,直径 $\varnothing 32$ mm。

4.2.1 施工主材和机具

a. 主要材料。钢筋:锚杆选用 II 级普通螺纹钢。水泥:选用大厂 32.5 级普通硅酸盐水泥。砂:采用最大粒径小于 2.5 mm 的中细砂,其质地坚硬、清洁。砂浆:水泥砂浆的强度等级为 25 MPa。外加剂:品质不得含有对锚杆产生腐蚀作用的成分。

b. 主要机具。钻机:采用手持式气腿钻机造孔。注浆设备:锚杆孔内注浆采用 2SNS 型注浆机。

4.2.2 施工方法及要点

锚杆采用‘先插杆,后注浆’的方法施工,其施工程序为:施工准备→钻孔→冲洗孔道→锚杆制作、插杆→孔道注浆→拉拔检测。

a. 钻孔。采用全站仪进行孔位放线。钻孔孔位偏差不大于 10 cm,孔深偏差不大于 5 cm。造孔施工时进行成孔试验,以确定是否需要下套管。造孔在工作平台车或由型钢加工成的刚性移动排架上完成。

b. 锚杆的安装与注浆。钻孔完毕后用高压水冲洗孔内粉尘,并将污水清理干净,易泥化岩石用高压风冲洗。锚杆埋设采用‘先插锚杆,后注水泥砂浆的方法’施工,先将加工好的锚杆和灌浆管插入孔底,然后开启注浆机,边注浆边均匀抽出注浆管,保证注浆饱满,在孔口处将锚杆固定。

c. 加楔固定。注浆锚杆完成后立即在孔口加楔固定,并将孔口作临时性堵塞以确保锚杆插筋在孔内居中。锚杆施工完成后 3 d 内禁止敲击、碰撞拉拔和悬挂重物。

4.3 混凝土施工相关工序

4.3.1 拌和系统布置

根据本工程施工特点,利用设计生产能力为 50 m³/h 的拌和站承担本工程所有混凝土的拌制。由于现场工作面狭窄,并有多家施工单位同时施工,施工排水、岩石开挖爆破、交通运输等相互间干扰很大,拌和站设置在护岸中段一块地势较高场地,能较大可能地减小干扰和被洪水淹没的风险;混凝土拌和站与护岸的距离既要满足从拌和站搅拌好混凝土直接流入混凝土泵,混凝土泵能泵送入仓的有效距离,又要满足护岸岩石开挖爆破的安全距离。

4.3.2 原材料控制

所有原材料的技术参数必须符合有关规范要求,并经试验检验合格后才能用于施工。

4.3.3 混凝土施工

a. 施工工艺。混凝土施工工艺流程见图 1。

b. 混凝土分块。混凝土分块按设计要求确定,共分为 8 块。每块长度 15~20 m 不等。

c. 模板工程。模板工程包括模板设计、制作、安装及拆除。

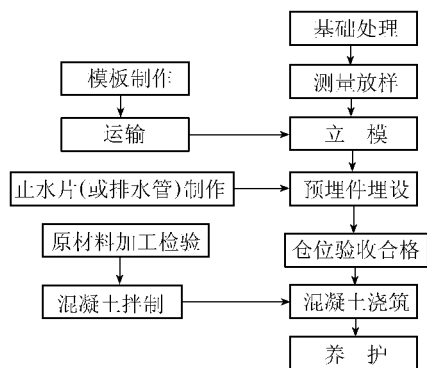


图1 混凝土浇筑施工工艺流程

模板设计与制作 本工程模板以 $30\text{ cm} \times 150\text{ cm}$ 和 $10\text{ cm} \times 150\text{ cm}$ 标准钢模板为主,对于建筑物的异形结构部位则采用木模板。模板的制作在木材加工厂内进行。模板的制作应满足施工图纸要求的建筑物结构和外形,并有足够的强度能够承受混凝土浇筑振捣时的侧压力和振动荷载,模板表面要光洁平整,接缝严密不漏浆。模板的制作允许误差满足规范要求。

模板的安装 ①安装前先按施工详图进行测量放样,重要结构多设控制点,以利于检查校正。②采用散装模板或异型模板立模时要注意模板的支撑与固定,预先在基岩或混凝土内设置锚环,拉条要平直且有足够的强度,以保证在浇筑过程中不走样变形。③模板表面涂刷脱模剂,安装完毕后要检查模板之间有无缝隙,进行堵漏,以保证混凝土浇筑时不漏浆,拆模后表面光滑平整。④模板采用钢管脚手架支撑或杉木杆支撑时,支撑间距应满足计算受力要求。⑤模板及支架上严禁堆放超过设计荷载的材料及设备。脚手架、人行道等不宜支承在模板及支架上,必须支承时模板结构应考虑其荷载。⑥混凝土浇筑过程中应有专人负责经常检查、调整模板的形状及位置。模板如有变形走样,应立即采取有效措施予以矫正,否则应停止混凝土浇筑。⑦混凝土浇筑完后,根据不同的部位,确定模板的拆除时间,拆下的模板及时清除表面残留砂浆,并修补整形以备下次使用。

模板的拆除 不承重的侧模板,在混凝土强度达到 2.5 MPa 以上、其表面及棱角不会因拆除而损坏时才允许拆除。

d. 预埋件埋设。 止水铜片安装完毕,进行下一道工序施工。混凝土浇筑前采用钢管、角钢或固定模板将止水片固定在设计位置上,不得变形移位或损坏。混凝土浇筑时止水片两侧回填细骨料混凝土,配专人进行人工辅助振捣,以防止大粒径骨料堆积在止水片附近造成架空。

e. 混凝土浇筑。 混凝土拌好后利用输送泵将其送入浇筑部位。浇筑过程中注意人工摆动泵管末端,以避免泵管末端混凝土堆积过高,给平仓振捣带来困难。混凝土入仓后,由下向上平仓。

f. 铺料及平仓。 混凝土入仓前先在待浇基岩层面上均匀地铺 $1\text{ 层 } 2 \sim 3\text{ cm}$ 厚、强度比所浇筑的混凝土标号高一级的水泥砂浆,其铺料宽度以混凝土覆盖前不产生初凝为准。混凝土卸入仓后立即用 $\varnothing 100$ 型振捣器平仓,平仓采用 2 台振捣器垂直插入料堆顶部,令料堆在振捣器作用下自动摊平至平仓厚度。

g. 振捣。 在已平仓的混凝土层面上采用 $2 \sim 3$ 台 $\varnothing 100$ 高频振捣器从已振捣好的混凝土层面搭接处有次序地振捣,振捣间距不大于振动半径的 1.5 倍,并插入下层混凝土 $5 \sim 10\text{ cm}$,以保证上下层混凝土能完整结合。振捣器快插慢拔,每一位置的振捣时间以混凝土不再明显下沉、不出现气泡并开始泛浆为止,同时避免超振。由于浇筑混凝土坡面较陡,应控制混凝土上升速度。

h. 施工缝面处理。 水平施工缝采用高压冲毛机冲毛,冲毛的标准使粗砂和骨料显露出来而不影响内部骨料为准。开始冲毛时间及使用的水压等根据现场试验确定。垂直施工缝采用人工凿毛。

i. 混凝土养护。 混凝土一般情况下采取洒水养护,通常从混凝土硬化至足以抵抗水的损坏时即开始进行连续的湿润养护。连续养护时间不小于 28 d ,或直至开始浇筑上层混凝土。养护期间保持混凝土表面处于湿润状态。冬季当气温低于 5°C 时停止洒水养护,必要时在混凝土表面覆盖塑料布保温。

4.4 排水孔施工

a. 施工程序。 排水孔施工程序按图 2 进行。

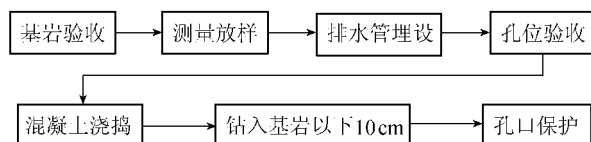


图2 排水孔施工程序

b. 施工方法。 根据测量放样,在混凝土中预埋 $\varnothing 56\text{ mm}$ 的塑料管以形成 $\varnothing 56\text{ mm}$ 的排水孔,塑料管安装时注意保持下倾 50° ,底端与山体侧岩石接触,加以固定,以免在混凝土浇筑过程中移位。当排水孔遇混凝土岸坡伸缩缝时,其位置作适当调整,使之与伸缩缝的距离不小于 15 cm 。混凝土初凝后采用手风钻 $\varnothing 56\text{ mm}$ 钻头进行造孔施工,钻入基岩面以下 10 cm 即可。造孔完毕后用高压水冲洗干净,以压力风吹干,然后在排水孔口预插突出混凝土面 0.5 m 的 $\varnothing 56\text{ mm}$ 的塑料管。(下转第 123 页)

放样和立模板的技术要求较高。

荣勋挡墙‘搭积木式’施工,简单方便,无需技术工人。荣勋挡排砌块砌体全部作业可以在填土一侧完成,工作面小,施工速度迅速,每延米挡墙是块石挡墙的5倍,劳动强度是块石挡墙的1/5,大大节约了劳动力、缩短了工期、降低了劳动强度。

5.2 施工质量

荣勋挡排砌块是工业化产品,并且砌体是外露结构,施工中不能偷工减料,有利于保证施工质量。

5.3 多功能效果

荣勋挡墙河道中,水生动物出入于生态孔中,密度明显高于现浇混凝土挡墙和浆砌块石挡墙的河道,生态孔中野生植物已在自然生长,生态、绿化效果优于干砌块石挡墙。荣勋挡墙攀爬方便,可以上下河道实施亲水活动,万一有人不慎落水,也可以沿荣勋挡墙攀爬自救。该工程很好地满足了绿化、休闲、水环境、景观等多功能需要。

5.4 造价低

与其他挡墙的河段相比,荣勋挡墙的河段实际造价较小,可降低造价10%。

6 结 语

a. 海潮河尾段的荣勋挡墙实现了绿化、休闲、

(上接第116页)而是为了使垫层满足阻渗及抗渗性要求,粒径小于5mm的颗粒质量分数是垫层设计的核心要求,尤其是粒径小于0.1mm的颗粒质量分数的要求在垫层设计中非常重要。

d. 垫层料应能对渠基土起到反滤保护作用,以防止淤堵垫层,造成垫层抗冻作用的失效。

e. 渠道垫层的设计要求与面板坝垫层有诸多不同之处,基于渠道的低水位、动水条件、断面小等情况下的垫层设计是一个值得研究的课题。从实际应用情况可以看出,渠道垫层的要求比面板坝垫层宽泛得多。

参考文献：

[1] 张展羽,吴玉柏.渠系改造[M].北京:中国水利水电出版社,2004,264-266.
[2] 蒋国澄,傅志安,凤家骥.混凝土面板坝工程[M].湖北:湖北科学技术出版社,1996,78-105.
[3] 金正浩,党连文,于振全,等.寒冷地区混凝土面板坝设计与施工[M].北京:中国水利水电出版社,1998,33-35.
[4] 宋永杰,袁辉.黑泉混凝土砂砾石坝设计[J].西北水电,1997(1):41-43.

水环境、景观等多种功能,是生态丽水建设中打造河道挡墙生态的成功实践。荣勋挡墙还体现了施工便捷、节省造价等许多优点,较之现有其他挡墙技术有明显的优越性,河道整治值得推广应用。

b. 荣勋挡墙一年的观测结果表明,挡墙安全可靠,说明设计是正确的。建议继续进行位移和沉降监测,为推广应用荣勋挡墙积累更多经验。

c. 在流速较大或有船形波冲刷的河道上,应采用荣勋挡墙中的进一步反滤保土方案,基脚设计要考虑防冲刷要求。

参考文献：

[1] 张庆明.土工格栅加筋设计强度的确定[C]//全国土工合成材料应用技术规范与产品质量研讨会论文集,http://www.cnhydro.com/hc/jswk/2004-01-08-06.htm.
[2] 汪荣勋.荣勋挡排砌块(RXP)及其挡土墙[J].建筑砌块与砌块建筑,2005(5):51-55.
[3] 章晓桦,孙从炎,汪荣勋.生态柔性挡墙现场检测及其结果分析[J].新型建筑材料,2005(11):50-52.
[4] 汪荣勋.荣勋生态挡墙设计和施工技术导则[J].深圳水务科技,2005.
[5] 汪荣勋.荣勋挡墙设计和施工技术[J].新型建筑材料,2005(12):12-14.

(收稿日期:2007-00-00 编辑:方宇彤)

[5] 杨得勇,雍莉.混凝土面板坝砂砾石垫层料过渡料渗流及渗透稳定性试验研究[J].西北水电,2002(1):47-50.

[6] 宋永杰.黑泉面板坝垫层设计[J].西北水电,1998(4):6-9.

(收稿日期:2007-10-10 编辑:方宇彤)

(上接第89页)

5 结 语

水布垭右岸防淘墙护岸工程量大,地质条件差,施工难度大,施工单位相互之间干扰大,通过采取有效的组织管理,不断地改进施工方案和施工技术措施,能确保工程顺利实施,实践证明其设计施工方案是可行的,尤其所采用的混凝土施工方案对今后类似工程施工具有很好的借鉴意义。

参考文献：

[1] 徐瑞春.水布垭水利枢纽可行性研究:第三篇工程地质[R].武汉:水利部长江水利委员会清江地质大队,1998.
[2] 张建辉.湖北清江水布垭水电站防淘墙施工专题研究[R].武汉:水利部长江水利委员会长江勘测规划设计研究院,2005.

(收稿日期:2007-11-23 编辑:高建群)