

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2009.06.022

# 复合土工膜在向家坝围堰工程中的应用

盛乐民 ,张朝金

(中国水电顾问集团中南勘测设计研究院 湖南 长沙 410014)

**摘要** :介绍向家坝工程中重要的临时建筑物一期和二期土石围堰工程的特点、围堰的平面布置、断面形式、结构及防渗体系的设计、施工与运行情况。应用结果表明 ,复合土工膜防渗性能和力学性能十分优越 ,适应性强 ,在向家坝围堰工程防渗中取得了良好的效果。

**关键词** :水工结构防渗 ;复合土工膜 ;向家坝水电站 ;土石围堰 ;复合土工膜心墙

中图分类号 :TV551.3+1      文献标识码 :B      文章编号 :1006-7647(2009)06-0086-04

**Application of composite geomembrane in Xiangjiaba earth-rock fill cofferdam**//SHENG Le-min , ZHANG Chao-jin( *HydroChina Zhongnan Engineering Corporation , Changsha 410014 , China* )

**Abstract** :The engineering characteristics , plane layout , sections , structure , and seepage prevention system earth-rock fill cofferdam in the first and second phase of the project are introduced. This is one of the most important temporary hydraulic structures of the Xiangjiaba Hydropower Station. The application results show that the anti-seepage capability and mechanical properties of composite geomembrane are extremely superior , and also have strong adaptability. The composite geomembrane has been used in the earth-rock fill cofferdam in the Xiangjiaba Hydropower Station , to good effect.

**Key words** :hydraulic structure seepage ; composite geomembrane ; Xiangjiaba Hydropower Station ; earth-rock fill cofferdam ; composite geomembrane core wall

向家坝水电站是金沙江梯级开发中的最后一个梯级电站 ,位于四川省与云南省交界处的金沙江下游河段 ,坝址左岸下距四川省宜宾县的安边镇 4 km、宜宾市 33 km ,右岸下距云南省的水富县城 1.5 km。

枢纽由拦河大坝、泄洪排沙建筑物、左岸坝后厂房、右岸地下厂房、左岸垂直升船机和两岸灌溉取水口组成。拦河大坝采用混凝土重力坝 ,坝顶高程为 384.00 m ,最大坝高为 162.00 m。泄水坝位于主河道 ,由 10 个中孔和 12 个表孔组成。左岸坝后厂房位于泄水坝左侧 ,右岸地下厂房位于右岸坝肩上游山体内部 ,两岸厂房各装机 4 台 ,机组单机容量为 800 MW。一级垂直升船机位于坝后厂房左侧 ,最大提升高度为 114.20 m。

工程施工采用分期导流方式 ,第一期围左岸 ,由一期土石围堰挡水 ,束窄后的右侧主河床泄流及通航。一期围堰为Ⅳ级建筑物 ,设计挡水标准选用全年 20 年一遇洪水 ,相应的流量为 28 200 m<sup>3</sup>/s。相应的上、下游水位分别为 289.13 m 和 288.29 m ,堰顶高

程为 290.50 ~ 288.80 m ,一期围堰堰顶轴线长 1 302.35 m ,围堰最大高度为 28.80 m。一期导流平面布置见图 1。一期土石围堰于 2006 年 5 月建成挡水 ,2008 年 11 月完成挡水使命并被顺利拆除。

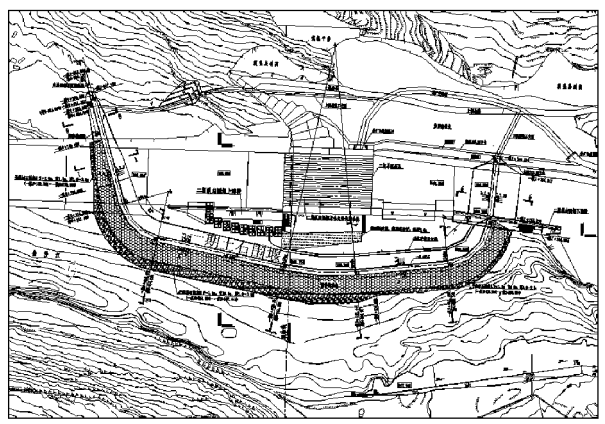


图 1 一期导流平面布置示意图

第二期围右岸 ,由上游横向土石围堰、下游横向土石围堰、纵向混凝土围堰及冲沙孔坝段联合挡水 ,6 个进口底板 10 m × 14 m(宽 × 高) ,高程 260.00 m 的

作者简介 :盛乐民(1962—)男 ,湖南长沙人 ,教授级高级工程师 ,从事施工组织设计工作。E-mail :slm621018@163.com

导流底孔和高程 280.00 m、宽 115 m 的缺口双层过流。二期围堰为Ⅲ级建筑物,设计挡水标准为全年 50 年一遇洪水,相应的洪峰流量为 32 000 m<sup>3</sup>/s。相应的上、下游水位分别为 303.56 m 和 289.23 m,堰顶高程分别为 305.00 m 和 291.00 m,轴线长分别为 378.00 m 和 530.00 m,围堰最大高度分别为 59.00 m 和 45.00 m。二期导流平面布置见图 2。二期土石围堰于 2009 年 6 月建成挡水,计划于 2011 年 5 月拆除。

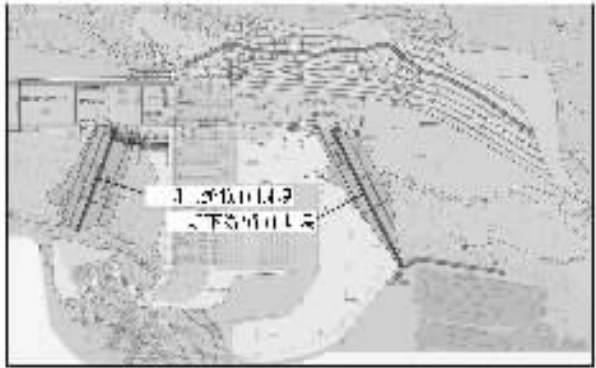


图 2 二期导流平面布置示意图

一、二期土石围堰堰体主要由堆石、砂卵石料、砂砾石过渡料、砂垫层料填筑而成。根据各围堰不同部位的地基条件、施工环境和结构特点,堰体采用了复合土工膜斜心墙和复合土工膜心墙防渗结构,堰基覆盖层采用塑性混凝土防渗墙接墙下防渗帷幕的防渗结构形式。一、二期土石围堰复合土工膜防渗最大设计挡水水头分别为 28.29 m 和 28.56 m,应用复合土工膜防渗总面积分别为 7.60 万 m<sup>2</sup> 和 5.40 万 m<sup>2</sup>。

1 围堰结构及防渗体系形式

一、二期土石围堰防渗体系形式基本相同,固仅以二期上游土石围堰为例介绍围堰堰体结构及防渗体系设计。

上游横向土石围堰堰顶高程为 305.00 m,宽为 10 m。堰体上游坡面设置 2 级平台,高程 290.00 m 的平台宽 3 m,高程 275.00 m 的平台宽 5 m;高程 275.00 m 以上坡比均为 1:1.75,高程 275.00 m 以下坡比为 1:2.00。堰体下游坡面高程 280.00 m 处设宽 3 m 的平台,平台上、下堰体坡比均为 1:1.75。高程 275.00 m 以下采用塑性混凝土防渗墙防渗和墙下帷幕灌浆防渗,高程 275.00 m 以上接复合土工膜斜心墙防渗。

二期上游横向土石围堰以复合土工膜斜心墙形式为主,受二期纵向围堰大坝上游柔性结构段拉接分布钢筋的影响,靠近纵向围堰的 70 m 长度段设计为复合土工膜心墙形式。复合土工膜心墙与复合土工膜斜心墙之间设置 13 m 长的过渡段。

复合土工膜斜心墙段,从防渗墙盖帽混凝土中引接复合土工膜,在高程 276.00 m 处设 10 m 长的水平段,并在此段中设置 3 个伸缩节,然后转折为坡比 1:0.50 的斜心墙。复合土工膜沿铺设轴线方向每 50 m 设 1 个伸缩节,上、下游各设 0.5 m 厚的砂垫层以及 1.0 m 厚的砂砾石过渡料<sup>[1]</sup>,复合土工膜翻折层高 80 cm、宽 40 cm,按“之”字形布置引至堰顶,见图 3。

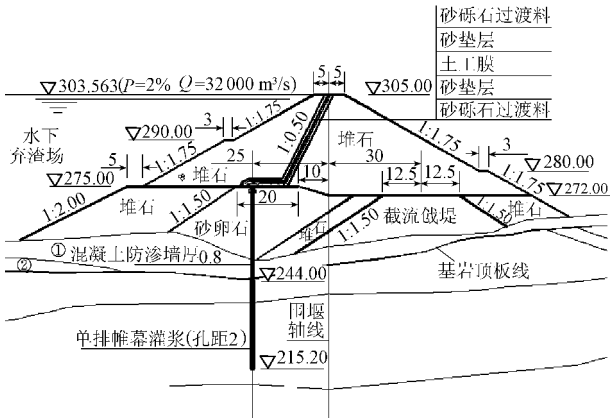


图 3 二期上游土石围堰复合土工膜斜心墙段典型剖面(单位: m)

复合土工膜心墙段从防渗墙盖帽混凝土中引接复合土工膜,在高程 275.00 m 处先按 1:1.6 的坡比向上游翻折,然后水平引至心墙位置。复合土工膜翻折层高 80 cm、宽 160 cm,其上、下游各设 0.5 m 厚的砂垫层,上、下砂砾石过渡料的坡比均为 1:0.20,堰顶砂砾石过渡料厚度为 1.0 m,见图 4。

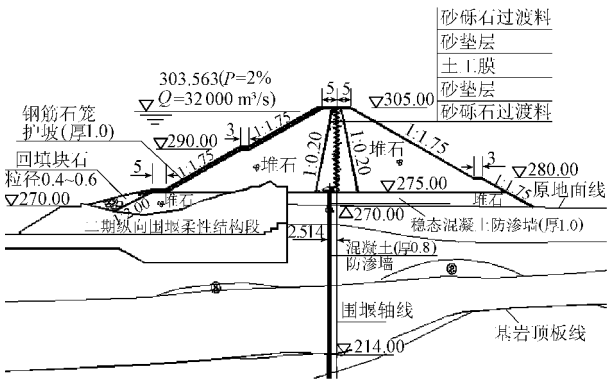


图 4 二期上游土石围堰复合土工膜心墙段典型剖面(单位: m)

复合土工膜选用两布一膜结构,规格为 350 g/0.5 mm/350 g,其主要指标要求如下<sup>[1-2]</sup>:①抗拉强度(经、纬向)大于或等于 20 kN/m;②主膜厚度大于或等于 0.5 mm;③渗透系数  $K = 10^{-11} \sim 10^{-12}$  cm/s;④伸长率  $\epsilon > 30\%$ 。

2 复合土工膜接头处理

2.1 与塑性混凝土墙接头

复合土工膜与塑性混凝土防渗墙的接头采用直

接嵌入方式。即待防渗墙施工完成后,挖除表层深度 0.5~1.0 m 的墙体,在墙顶刻 0.2 m×0.2 m 的槽口,将复合土工膜的主膜 0.2 m 长伸入槽口内,然后浇筑盖帽混凝土,将土工膜直接埋入盖帽混凝土内,并在其与盖帽混凝土分界处嵌入沥青,以改善土工膜的受力条件,见图 5。

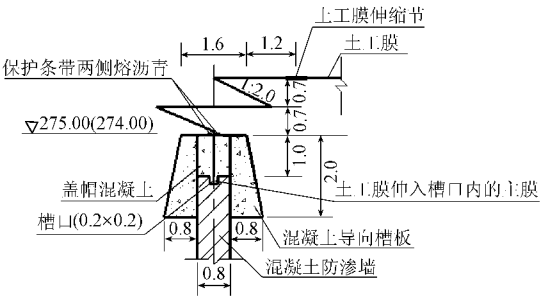


图 5 复合土工膜与塑性混凝土  
防渗墙接头剖面(单位:m)

2.2 与岸坡接头

复合土工膜与岸坡接头,采用将岸坡基岩开挖至弱风化带岩体,复合土工膜则直接嵌入岸坡的混凝土底座内,见图 6。

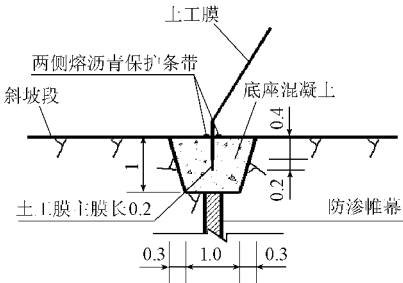


图 6 复合土工膜与岸坡相接剖面(单位:m)

2.3 与二期纵向混凝土围堰接头

复合土工膜与二期纵向混凝土围堰接头,采用在混凝土纵向围堰上预留的 0.6 m×0.5 m(宽×深)沟槽,浇筑二期混凝土时嵌入的方式。复合土工膜嵌入 0.4 m,主膜多嵌入 0.1 m,见图 7。

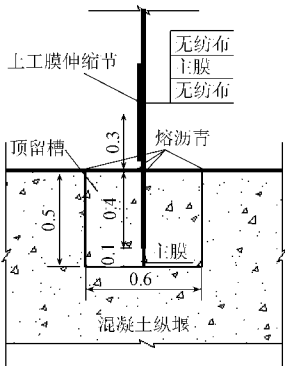


图 7 复合土工膜与混凝土纵堰相接剖面(单位:m)

2.4 自身连接

复合土工膜条幅宽应不小于 2 m,并要求产品单

面留边 10 cm(布与膜可轻易拉开),复合土工膜成品必须经过切边处理整齐。土工膜搭接施工前应将其摊开后用强光照射,检查是否有破损,发现破损则应立即修补或更换。各条幅间现场搭接宽度设计为 10 cm,并应保证最小宽度不小于 8 cm。土工膜接头检测合格后,才能缝合土工布,缝合采用高强纤维涤纶丝线,缝合针距在 6 mm 左右,连接面要求松紧适度、自然平顺,确保膜布联合受力。

3 复合土工膜质量控制与检测

3.1 原材料选择

根据工程应用要求选择合适的土工膜合成材料和合格的生产厂家。土工膜的选择涉及 2 个问题,一是选择何种原材料的土工膜,二是选用何种形式的土工膜(单膜或复合膜)。向家坝围堰工程根据防渗、堰体稳定以及两侧填筑施工要求选用聚乙烯(PE)复合膜(两布一膜)。

3.2 施工过程的检验

检查复合土工膜的生产许可证和产品合格证,抽检复合土工膜材料品质,外观检查是否有脱空、收缩起皱、扭曲鼓包、穿孔、撕裂等。经检测满足设计要求后才能使用。两布一膜结构的复合土工膜铺设顺序为:清基→铺设→对正、搭齐→缝底层布→擦拭主膜尘土→主膜焊接或黏接→检测→修补→缝上层布→验收。

现场施工采用自行式热合机施焊,焊膜温度为 250~300℃,速度为 1.5~2.0 m/min。每道焊缝完成后随即进行外观检查,看 2 条焊缝是否清晰,有无漏接,接缝是否无烫损,是否拼接均匀,无褶皱、夹渣、气泡、熔点或焊缝跑边等。接着用充气法检查焊缝,将待测段两端封死,插入气针,充气至 0.1~0.20 MPa,静观 0.5 min,观察真空表,如气压不下降,表明不漏,接缝合格,否则应及时修补。最后进行抽样测,约 1000 m<sup>2</sup>取 1 个试样,做拉伸强度试验,要求强度不低于母材的 80%,且试样断裂不得在接缝处,否则接缝质量不合格,应及时修补。焊接质量需经施工单位质检员自检合格、监理工程师复检确认后,方可进行土工布缝织。

4 结 语

复合土工膜防渗性能和力学性能十分优越,用于向家坝围堰工程防渗,取得了良好的效果。一期土石围堰运行经历 3 个主汛期,主汛最大洪峰流量为 19300 m<sup>3</sup>/s。围堰运行年限内堰体设计的 4 个内、外观监测断面的监测资料表明,无论是堰体还是防渗墙与复合土工膜变形、应力、渗压与渗流均在设计控制标

准内。一期基坑经常性抽水量为 2000~3000m<sup>3</sup>/h,属正常经常性抽水量。二期土石围堰于 2009 年 6 月建成挡水,为了解复合土工膜斜心墙(心墙)结构的变形情况及防渗效果,在二期上、下游围堰心墙土工膜上共安装 12 支柔性位移计和 7 支渗压计,近期监测成果表明:目前土工膜累计变形在-35.20~24.07mm 之间(负值为收缩状态、正值为拉伸状态),上、下游围堰心墙土工膜变形相对稳定、无异常;二期围堰除上游围堰的 1 个监测断面显示很小的渗透压力外(16.78 kPa),其余断面渗压计埋设部位均处于无水状态。目前正进行二期坝基开挖,二期基坑经常性抽水

(上接第 85 页)

在库底开挖区垂直于库底排水观测廊道的方向按合适宽度设置与库底开挖区和回填区边界相同的分隔措施,将开挖区的排水再次分成 8 个区,在每一排水区的过渡层底部垂直排水观测廊道方向的中线上铺设排水主管(Ø200 mm),在垂直于主管方向铺设排水次管(Ø100 mm),间距为 15 m。排水主管与排水观测廊道相通,汇集开挖区的渗漏水。

库底回填区由于不均匀沉降较大,渗漏水垂直下渗比水平渗流大,分区难以达到有针对检修的目的,故回填区为一个大区,不再分小区。排水管设置位置、管径等同库底开挖区。渗漏水下渗后经过大坝底部排水层汇集到坝脚外量水堰。

2 结 语

a. 土工膜黏土组合防渗作为抽水蓄能电站回填库底的新型防渗尝试,防渗效果有待工程运行检验。

量为1500~2000m<sup>3</sup>/h,小于设计抽水量。  
复合土工膜防渗结构简单,适应性强,施工方便,有利于加快施工进度。只要正确设计,精心施工,严格控制施工过程的每一个环节,就可保证安全可靠地运行。

参考文献:

[1] SL/T 231—98,聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范[S].  
[2] GB 50290—98,土工合成材料应用技术规范[S].  
(收稿日期 2009-07-06 编辑 高建群)

b. 土工膜黏土组合防渗的关键是如何控制库底不均匀沉降,减少防渗材料的张拉剪切变形。  
c. 土工膜黏土组合防渗的难点是土工膜上黏土的碾压施工,如何采取措施保护好下层土工膜是库底防渗施工的关键。

参考文献:

[1] 土工合成材料工程应用手册编写委员会. 土工合成材料工程应用手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2000.  
[2] SL/T 231—98,聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范[S].  
[3] 李岳军,周建平,何世海,等. 抽水蓄能电站水库土工膜防渗技术的研究和应用[J]. 水力发电, 2006, 32(3): 67-69.  
[4] 宁永升,石含鑫. 江苏溧阳抽水蓄能电站上水库防渗设计专题报告[R]. 长沙:中国水电顾问集团中南勘测设计研究院, 2009.

(收稿日期 2009-08-22 编辑 方宇彤)

· 简讯 ·

“水文模型国际研讨会”在北京召开

2009 年 10 月 24~25 日,“水文模型国际研讨会”在北京召开。来自美国、德国、荷兰、澳大利亚、瑞士等国家的专家学者以及国内清华大学、武汉大学、河海大学、四川大学、北京师范大学等著名高校的专家学者和研究生近 200 人参加了会议。本次会议的宗旨在于促进水文模型的研究、应用及交流,推动解决目前水文模型发展中遇到的各类难题和瓶颈。会议安排了 16 个特邀报告和近 20 个专题报告,内容涵盖了与水文模型有关的各个领域,从水文模型的应用发展历程到水文模型当今面临的挑战,从洪水预警预报、水质水量模拟到水资源评价管理、模型不确定性研究,以及当今水文领域研究的热点即气候变化、人类活动对水文过程的影响。

水文模型是水文科学中研究的热点和重要分支之一,是研究水文自然规律和解决水文实际问题的主要工具。随着社会的发展和进步,对水文模型的功能要求越来越多、越来越高,模型结构也越来越复杂。目前新一代的分布式水文模型具有更多的模拟功能,能够把单一水量变化的模拟推向更加广泛的水文水资源生态环境问题的模拟,大大拓宽了模拟领域。但随着理论上的深化以及应用的拓展,水文模型的发展也遇到了各类难题和瓶颈。另一方面,随着计算机技术、空间技术、遥感遥测技术、地理信息系统技术等飞速发展,必将促进和推动水文模型的研究和应用。

(本刊编辑部供稿)