

叶巴滩水电站上游围堰稳定与渗流分析

杨 玉 川， 周 顺 文， 张 永 清， 孔 科， 王 小 波

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川 成都 610072)

摘 要:围堰作为维护河道中永久性水工建筑物施工的临时建筑物,其为基坑内的干地施工提供了保障,自身的稳定与否直接关系到主体建筑物的施工安全、工期及造价等。根据相关规范,采用有限元软件,对叶巴滩水电站上游土石围堰进行多种工况的稳定性及渗流分析结果表明,设计方案满足规范要求,能够保证围堰自身安全。

关键词:叶巴滩水电站;上游围堰;稳定计算;渗流分析

中图分类号:[TM622];TV551.3;O357.3 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)01-0052-03

0 引 言

围堰作为河道中修建的临时建筑物,主要用来维护永久水工建筑物的干地施工,其自身安全直接关系到主体建筑物的施工安全、工期及造价等。因此,围堰自身稳定性对于整个工程及其重要^[1]。在众多水电站修建过程中,大多数工程由于基坑开挖工程量大,对围堰防渗要求高,所以,围堰的稳定性及其防渗能力是工程设计研究中的重点与难点^[2]。

1 工程概况及地质情况

1.1 工程概况

叶巴滩水电站位于四川白玉县与西藏贡觉县交界的金沙江干流降曲河口以下约 350 m 河段上,多年平均流量 839 m³/s。电站枢纽建筑物由混凝土双曲拱坝、泄洪消能建筑物及引水发电建筑物组成。挡水建筑物为混凝土双曲拱坝,坝高 217.00 m,坝顶高程 2 894.00 m。大坝混凝土方量约 232 万 m³。地下引水发电系统洞室群规模巨大,采用右岸首部式厂房+长尾水的布置方案。

1.2 上游围堰地质情况

上游围堰轴线位于大坝上游约 225 m 处,上围堰基础河床覆盖层较薄,以粗颗粒为主。据上游围堰轴线附近的钻孔揭示,河床覆盖层为漂(块)砂卵(碎)砾石及含漂砂卵砾石层,其余为砂砾石;冲积层层次简单,结构较密实,厚度 20.77~27.32 m。

河床覆盖层总体上以粗颗粒为主,并构成骨架,无集中成带的砂层等细颗粒分布,承载力较

高,堰基不均匀沉陷和抗滑稳定问题不突出。此外,由于覆盖层中以粗颗粒为主,漂(块)砂卵(碎)含量较高,河床覆盖层可见较大的孤漂石,防渗墙施工难度较大。

2 上游围堰布置

2.1 堰顶高程

上游围堰为 4 级临时建筑物,按 20 年一遇流量 $Q_p=5\,670\text{ m}^3/\text{s}$ 时,上游水位 2 763.21 m,考虑波浪爬高和安全超高后,确定围堰顶高程为 2 766.00 m,最大堰高约 58.0 m。

2.2 堰体及堰基防渗

土工膜防渗技术经过多年的发展和推广,在水电水利工程中得到广泛应用,具有一定的物理力学强度和防渗、反滤、排水、加筋等功能,施工方便,速度快,经济指标较优。考虑到围堰工程为临时挡水建筑物,挡水水头(35.21 m)不高,类似工程成功应用的实例较多,采用土工膜心墙作为上游围堰堰体防渗方案。

由于河床覆盖层为漂砂卵砾石,含孤石较多,大坝基坑开挖较深,控制性灌浆或高喷的可靠性较差。所以,覆盖层防渗采用全封闭的混凝土防渗墙。另外,由于河床及两岸强卸荷地基岩土体透水性强,需采用帷幕灌浆进行防渗处理,帷幕灌浆深度应深入相对不透水层(透水率<10 Lu)5.0 m。

2.3 围堰堰体结构设计

围堰顶宽 10.0 m,堰顶轴线长 146.68 m,设置 0.5 m 厚的泥结碎石土路面。防渗墙施工平台高程 2 728.00 m。堰体迎水面在 2 728.00 m 高程以上的坡比为 1:2.0,堰面采用 0.5 m 厚的干

砌石保护;2 728.00 m 高程以下的坡比为 1∶1.5,并采用大块石护脚;背水面 2 728.00 m 高程以上堰坡的设计坡比为 1∶1.75,2 728.00 m 高程以下沿用截流戗堤的设计坡比 1∶1.5。堰体 2 728.00 m 高程以上采用复合土工膜心墙防渗,最大防渗高度 35.21 m,具体围堰剖面见图 1。

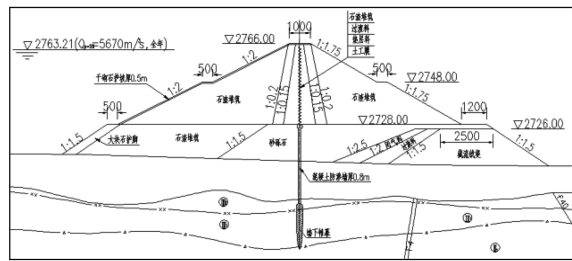


图 1 上游围堰剖面布置图

表 1 围堰及大坝基坑边坡稳定计算参数表

序号	材 料	天然容重 /t·m ⁻³	饱和容重 /t·m ⁻³	c /kPa	φ /°	渗透系数 $k_x=k_y$ /cm·s ⁻¹
1	堆石料	2.14	2.25	0	38	3.0×10^{-1}
2	截流戗堤	2.11	2.31	0	37	1.0×10^0
3	过渡料	2.17	2.27	0	35	3.0×10^{-2}
4	垫层料	2.21	2.32	0	34	1.0×10^{-3}
5	复合土工膜	/	/	/	/	1.0×10^{-10}
6	混凝土防渗墙	/	/	/	/	1.0×10^{-6}
7	帷幕灌浆	/	/	/	/	2.0×10^{-5}
8	漂卵砾石夹砂层	2.05	2.15	0	30	0.55×10^0
9	Ⅲ 2	2.65	2.75	950	43.53	1.0×10^{-3}
10	Ⅲ 1	2.65	2.75	1 100	47.73	1.0×10^{-4}
11	Ⅱ 1	2.73	2.82	1 250	53.47	1.0×10^{-4}

3.2 计算工况

根据围堰的实际运行情况,影响围堰安全的主要工况如下:

3.2.1 完工工况

围堰上游水位 2 728.94 m(按 5 月的 20 年一遇设计洪水计算),下游水位按下游围堰堰脚高程计。

3.2.2 运行工况

围堰上游水位 2 763.21m(按全年 20 年一遇设计洪水计算),下游水位按大坝基坑底高程计。

3.2.3 水位骤降工况

围堰上游水位 2 763.21 m,基坑水位按大坝基坑底高程计。围堰上游堰前水位按 5.0 m/d 的速度下降,围堰下游堰坡水位不变。

如图 1 所示,截流戗堤上游侧填筑过渡料和闭气料,混凝土防渗墙两侧填筑砂砾石料,方便防渗墙施工。复合土工膜两侧采用过渡料和垫层料保护。

3 围堰渗流及稳定分析

3.1 计算方法与参数

本工程围堰及大坝基坑边坡的渗流和稳定采用 GeoStudio 分析软件计算,计算方法采用“计及条块间作用力”的 Bishop 法和 Morgenstern—Price 法。由于围堰填筑和基坑开挖历时较短,根据规范要求,围堰大坝基坑边坡的稳定性计算选用规范推荐的总应力法。围堰及大坝基坑边坡的渗流及稳定性计算中材料介质的基本物理力学参数见表 1。

3.3 渗流计算

根据图 1 及表 1 即可在 GeoStudio 分析软件中建立相应计算模型,计算模型示意图如图 2 所示。

之后,对围堰水位最高的情况进行渗流计算,即只需模拟 3.2 节中围堰的运行工况,渗流计算成果见图 3 和图 4。

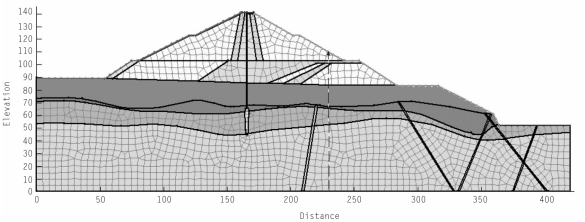


图 2 上游围堰计算模型示意图

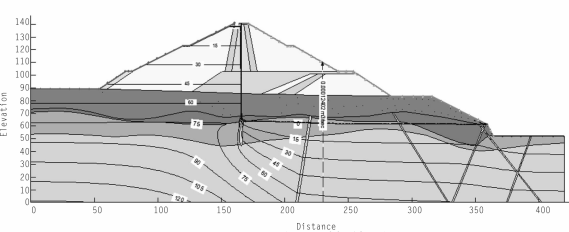


图 3 压力水头等值线图

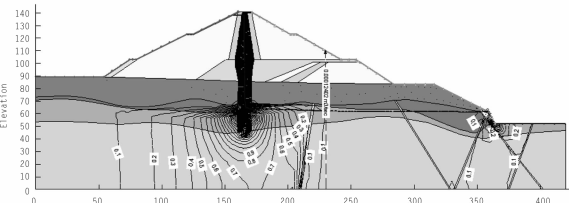


图 4 渗透坡降计算图

根据图 3 和图 4 计算成果可知,上游围堰最大单宽渗流量为 $10.72\text{ m}^3/\text{d}$ 。基坑上游边坡基覆界线附近为出溢点,该位置的渗透坡降最大达到 0.4 左右,超过了河床覆盖层——漂砂卵砾石层的允许坡降 0.1~0.12,建议采用土工布压坡反滤措施进行保护。

3.4 稳定计算

对于围堰稳定计算,3.2 节中三种工况均应进行稳定计算,各工况下围堰及基坑边坡的整体稳定计算结果见图 5~图 7。

根据上述计算结果,统计上游围堰(基坑)稳定安全系数见表 2。

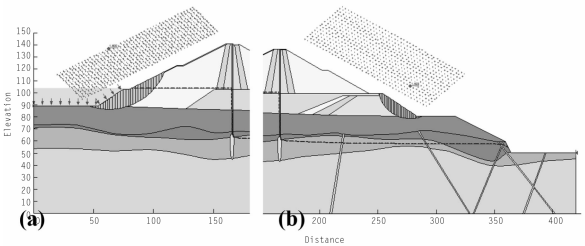
表 2 上游围堰(基坑)边坡稳定计算成果表

计算方案	部 位	稳定安全系数		规范值 ^[4]
		Bishop	Morgenstern—Price	
完建期	上游堰坡	1.625	1.600	1.15
	下游堰坡	1.553	1.523	1.15
运行期	上游堰坡	1.695	1.664	1.15
	下游堰坡	1.553	1.523	1.15
	基坑上游边坡	1.437	1.324	1.15
运行期骤降 5 m/d	上游堰坡	1.217		1.15

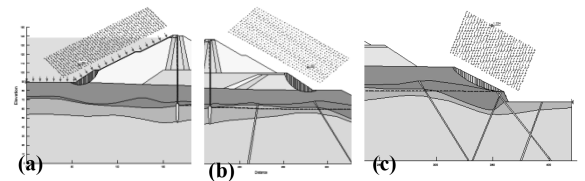
由表 2 可知,围堰上下游堰坡的安全系数均满足规范要求,设计是合适的;大坝基坑上游侧边坡坡比(覆盖层 1:1.75、基岩 1:0.5)的设计是合适的。

4 结 语

(1)对于围堰及基坑边坡渗流计算可知,上游围堰最大单宽渗流量为 $10.72\text{ m}^3/\text{d}$,且基坑上游边坡基覆界线附近为出溢点,该位置的渗透坡降



(a)上游边坡 (b)下游边坡
图 5 围堰完建期稳定性



(a)上游边坡 (b)下游边坡 (c)基坑边坡
图 6 围堰运行期稳定性

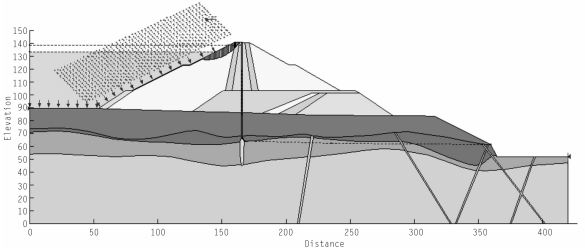


图 7 水位骤降 5 m/d 下围堰的稳定性

最大达到 0.4 左右,超过了河床覆盖层(漂砂卵砾石层)的允许坡降 0.1~0.12,须采用土工布压坡反滤措施进行保护。

(2)对围堰及基坑边坡考虑文中三种工况下的稳定性可知,围堰上下游堰坡的安全系数均满足规范要求,即可说明大坝基坑上游侧边坡坡比选择(覆盖层 1:1.75、基岩 1:0.5)是合理的。

(下转第 58 页)

87 m,两者基本相当,对导流洞出口布置没有影响,亦即不能减短导流洞长度。

结合方案二道坝需加高 4 m,增加混凝土量约 3 200 m³,增加投资约 320 万元;且加高部分需导流洞下闸前采用控制爆破拆除,施工工艺要求较高。

结合方案的枯期土石围堰(汛期过水)需做好堰面过流保护,堰面防护大块石约 8 600 m³,施工相对复杂,且造价相对较高;不结合方案的全年挡水土石围堰 2 724 m 高程以上为 10 m 高的土石填筑体,填筑量约 2.7 万 m³,结构简单,施工方便,且造价低。大块石单价按 120 元/ m³ 考虑,土石填筑单价按 30 元 m³ 考虑,结合方案的枯期土石围堰较不结合方案的全年挡水土石围堰直接投资高 22 万元。

结合方案第三年汛期基坑灌水,影响大坝基坑开挖,且二道坝需安排在枯水期施工,占用较多施工资源,影响关键线路上的大坝工程施工;不结合方案二道坝可选择合理的时段进行施工,可与大坝施工协调安排。

综上所述,本阶段不推荐下游围堰与二道坝结合布置,推荐采用独立布置的下游全年挡水土石围堰方案。

4 结 语

由于围堰形式选择的合理与否,直接关系到导流工程的布置、施工及进度、工程量及投资等方

面,因此,在可行性研究阶段正确选择围堰形式至关重要。

根据叶巴滩水电站上下游围堰方案比选可知,围堰型式选择主要从地质情况、施工条件、工期及经济性等几个方面进行分析。最终确定上游围堰采用土石围堰,下游围堰采用不与二道坝结合的方案,而且是比较合理的,对于今后类似水电工程围堰型式选择有一定的指导价值。

参考文献:

[1] 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司金沙江上游叶巴滩水电站可行性研究报告[R]. 报告编号:CD228 KX—13—9(1),2016.

[2] 程效儒. 谈小湾水电站上游围堰型式选择[J]. 云南水力发电,1993,32(3):24—28.

[3] 李江,王健. 布尔津山口水电站围堰型式选择与风险分[J]. 水利规划与设计(设计施工),2014,8:73—76.

作者简介:

张永清(1988-),男,甘肃武威人,硕士,工程师,主要从事水利水电工程和施工导流工作;

周顺文(1986-),男,广西百色人,硕士,工程师,主要从事水利水电工程工程和施工导流工作;

相昆山(1988-),男,山东临沂人,硕士,工程师,主要从事水利水电工程和施工导流工作;

杨玉川(1990-),男,河南开封人,硕士,助理工程师,主要从事水利水电工程、无人机综合应用等工作;

孔 科(1984-),男,四川邻水人,博士,高级工程师,主要从事岩土工程、水工结构、水利水电工程及施工导流工作。

(责任编辑:卓政昌)

(上接第 54 页)

根据上述计算,对叶巴滩水电站上游围堰进行设计是相对比较合理的,通过考虑渗流及边坡稳定性,对于今后类似围堰分析计算及设计具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 彭长胜,黄胜,闫鹏飞. 海中深厚软土地基里隧道明挖法施工截流围堰方案必选及稳定性分析[J]. 铁道建筑,2015,9:53—56.

[2] 季家俊. 软土地基上临时围堰填筑期稳定性分析[J]. 工程建设,2013,45(5):8—12.

[3] 吴宏伟,陈守义,庞宇威. 雨水入渗对非饱和土坡稳定性影响的参数研究[J]. 岩土力学,1999,20(1):57—61.

作者简介:

杨玉川(1990-),男,河南开封人,硕士,助理工程师,现供职于中

国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,主要从事水利水电工程、无人机综合应用等工作;

周顺文(1986-),男,广西百色人,硕士,工程师,现供职于中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,主要从事水利水电工程工程和施工导流工作;

张永清(1988-),男,甘肃武威人,硕士,工程师,现供职于中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,主要从事水利水电工程和施工导流工作;

孔 科(1984-),男,四川邻水人,博士,高级工程师,现供职于中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,研究方向:岩土工程,水工结构,水利水电工程及施工导流;

王小波(1983-),男,江苏海安人,硕士,高级工程师,现供职于中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,主要从事水利水电工程和施工导流工作。

(责任编辑:卓政昌)