

泽雅面板坝坝基处理与防渗设计

郑建青

47-4958 (温州市水利电力勘测设计院, 浙江温州 325000)

TV641.43

TV223.4

摘要:简要论述泽雅水库面板堆石坝坝基处理和防渗的原则及设计要点。趾板基础和堆石体各区砂砾石基础开挖,除趾板与其下游1/9底宽范围以及坝脚挖除冲积层至弱风化(局部微风化)基岩外,其余部分均予以保留。断层破碎带处理,趾板部位采用混凝土塞,其它部位采用半透水料置换,并根据本工程特点在下游坝脚加设了反滤层。为提高坝基的整体性和防渗性能,对趾板进行了固结和帷幕灌浆,达到了安全、经济、便于施工的目的,运行情况良好,可为面板堆石坝的设计和 research 提供参考与借鉴。

关键词:面板堆石坝;坝基处理;防渗

中图分类号:TV641.4+3

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2000)02-0047-03

泽雅水库位于浙江省温州市瓯江支流成浦江中游,是温州城市供水专用水源水库,同时兼顾成浦江下游防洪。总库容5800亿 m^3 ,多年平均供水量1.2亿 m^3 。混凝土面板堆石坝,最大坝高78.8m,坝体方量139.3万 m^3 ,坝基为砂卵石层。本着安全、经济、便于施工的原则,根据地质勘察资料与现场开挖及试验成果,采用现代设计手段对坝基进行开挖、加固、防渗处理。水库于1998年3月下闸蓄水,至今运行状态良好。

1 坝基地质情况

泽雅面板坝轴线长度308m,坝基宽度212.85m。地层岩性为侏罗系上统b段晶屑熔结凝灰岩。左岸表层残坡积层0.8~2.5m,岩体风化较浅,地质构造较复杂,见多条断层切割,其中F8断层带宽0.5~1.5m,充填泥质、岩屑等。沿断层带呈囊状风化,全风化深12.9m,强风化带达18.8m,弱风化带达20m。地下水埋深6~20m,相对隔水层($W \leq 3LU$)埋深14.79~30m。

河床部位宽约150m,为第四系砂卵(漂、砾)石层覆盖,厚5~9m,靠右岸狭长形的I级阶地上部为1~2.5m厚的中粗砂层。砂卵石层卵石含量73%以上,呈中密状,中压缩性,变形模量35~70MPa,压缩模量10.42~14.3MPa,压缩系数0.1~0.135MPa $^{-1}$ 。该层颗粒大小悬殊,级配不连续,强透水性,渗透系数最大可达76.83m/d,允许水力坡降0.1。其下基岩

以弱风化为主,未见全风化带,强风化带厚仅0.6~1.85m,无大规模的构造带通过。

右岸坡上陡下缓,上部残坡积层厚1~2m,下部为3~5m,局部达8.5m。岩体较完整,断裂构造不发育,风化较浅,全风化下限埋深5.8~10.5m,地下埋深3.5~16m,相对隔水层6.7~25.3m。

趾板左岸残积厚度0.8~1.7m,全强风化带厚度1.9~7.5m,辉绿岩脉发育,多呈全风化状,对趾板影响较大,相对隔水层20~30m。右岸残坡积层1~3m,全强风化带厚5.8~10.5m,裂隙发育,相对隔水层埋深15~21.4m。河床部位砂卵石层厚5.1~7.9m,下伏强风化带厚0.6~1.85m,相对隔水层埋深22.8~35.6m。

2 坝基处理和防渗原则

坝基处理是为了防止地基产生过大和不均匀变形,并消除有害于坝体稳定性的不利因素,使堆石体在饱和及加荷的各种条件下,地基具有较高的抗剪强度,较小的压缩变形,避免地基不均匀沉陷而影响面板工作运行并稳定地支撑堆石坝体。

趾板地基要求开挖至坚硬的、无松动的、非冲蚀性可灌岩层的基岩面上,并且不能破坏基岩完整性。采用浅孔爆破、深孔预裂爆破和保护层一次爆破等办法进行开挖。对于趾板部位的岩面节理、断层和裂隙,应采用灌浆、在趾板下游垫层区的岩石上浇筑混凝土盖板、挖除穿过的断层或破碎带中易冲蚀的充

填物,用混凝土或半透水料置换处理,并在邻近趾板部位加反滤料保护等方法加以处理^[1]。

坝基开挖依其所在部位不同而异,以不使地基的抗剪强度成为控制坝体剖面的决定性因素,不妨碍堆石的压实,防止较高的地基变形,以免危及面板及周边缝、板间缝止水为原则^[1]。趾板以下地基清除范围约为坝底宽度的 1/9,要求开挖到弱风化岩基面,其后部分如果覆盖物(风化岩石、砂卵石)的抗剪强度和变形模量接近相邻坝体堆石同一参数值可不予处理,以达到安全、便于施工、节省投资的目的。靠近上游面的岸坡,要求开挖得较为平顺,避免突然变化、台阶和倒悬,以减少不均匀沉降和面板的应力集中。

地基防渗采用浅层表面处理与垂直防渗措施相结合。趾板与经过固结、帷幕灌浆处理的稳定基岩连成整体,封闭渗流通道,形成防渗体系。固结灌浆为铺盖式,阻塞表层较发育的断层裂隙,提高岩层的抗剪强度和压缩模量,减少表层水力比降,帷幕灌浆则对深层围岩进行处理,延长渗径,提高其防渗性。

3 坝基开挖

3.1 趾板基础开挖

趾板基础为微风化基岩面上限,局部地段为弱风化岩层,允许承载力 2.5 MPa。趾板放线剥离后,根据实际地质情况对“X”线位置进行修正调整,二次定线。趾板宽度以 1/15 水头确定,相应基础宽度分为 4.5 m, 6 m, 7 m 三段。开挖边坡:坡积土、全风化及强风化岩层为 1:1,弱、微风化为 1:0.25,河床砂卵石覆盖层为 1:1.2。趾板内侧基岩以 1:2~1:4 边坡削坡(见图 1)。趾板“X”线长 407 m。左岸坡挖除覆盖层和强风化岩石,开挖深度 4~14 m,河床部分应挖除砂卵(漂、砾)石层及基岩上部强风化岩石,开挖深度 9~10 m,右岸坡清除表面残坡积层及全、强风化岩石,开挖深度 6~12 m。

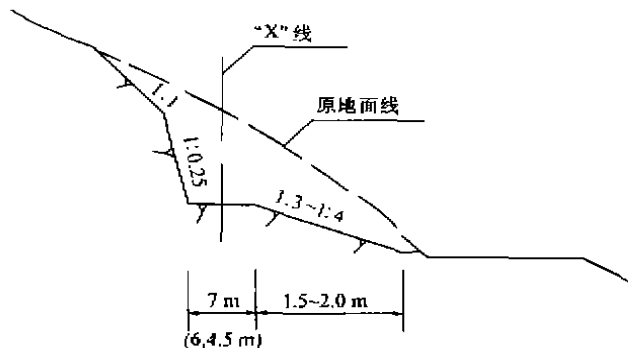


图 1 趾板开挖断面图

3.2 堆石体基础开挖

泽雅面板坝基础宽度 212.85 m,坝基不同部位,开挖标准不同,按其结构式和功能分为四区(见图

2),各区开挖要求:

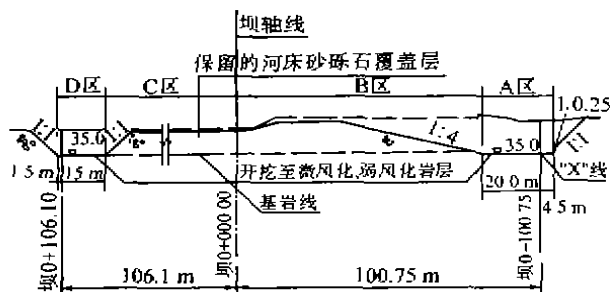


图 2 坝基开挖剖面图

A 区:宽 20 m,趾板下游约 1/9 坝底宽度范围,该区承受部分堆石荷重和最大的水荷载,要求清到弱风化岩面。

B 区:自 A 区末端至坝轴线,宽 80.75 m,该区承受中等水荷载,距混凝土面板较远。河床砂卵石层根据现场实验,其干密度均在 1.97 t/m^3 以上,渗透系数 $5.3 \times 10^{-4} \sim 4.5 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$,接近坝体主、次堆石压实后的干密度试验值 $2.0 \sim 2.05 \text{ t/m}^3$,予以保留,与 A 区以 1:4 边坡连接。施工探井发现右侧河床砂卵石覆盖层 1.5~3 m 以下,局部存在 1.5 m 厚的粉质粘土透镜体以及局部砂卵石表层含泥量过高,均予以挖除。左右岸坝肩开挖平顺,无陡坡和台阶地形,基层清至 80% 面积的均匀分布弱风化岩层出露,其余 20% 为强风化岩层。

C 区:坝轴线下游区,宽 91.1 m,河床砂卵石层予以保留,两岸坝肩清除积土、全风化岩石和松动岩石。

D 区:下游块石棱体,排水并保护坝脚,开挖至弱风化基岩。

砂砾石基础的压缩性较小,河床砂砾石现场动力触探试验结果,其变形模量 E_0 为 35~70 MPa,室内压缩试验表明该层压缩模量 E_c 为 10.42~14.3 MPa,压缩系数 a_{v1-3} 为 $0.1 \sim 0.135 \text{ MPa}^{-1}$,属中压缩性。结合堆石体室内压缩试验数据对坝体进行二维静力应力应变性状有限元分析。数值计算表明,坝体最大沉降 18.0 cm,水平位移上游向 4 cm,下游向 7 cm,面板最大挠曲 6.18 cm,周边缝剪切位移 3.7 mm,张拉位移 1.7 mm,大坝工作性状良好。在充分论证了地基与坝体的变形和稳定后,泽雅面板坝基础开挖,除趾板和其下游 1/9 底宽范围(A 区)以及坝脚(D 区)挖除冲积层至弱风化(局部微风化)基岩外,其余部分均予以保留,特别是保留了河床部分约 8 万 m^3 的砂卵石层,大大减少了投资,缩短了工期,效益十分显著。

4 断层破碎带的处理

趾板及 A 区对于基础的要求相对严格,在趾板

及 A 区有多条断层、辉绿岩脉穿过,地基处理时,根据其所在部位采用混凝土塞、半透水料置换和下游坝脚基础加反滤层等方法加以处理。

混凝土塞:见图 3,对于趾板上游 10 m 至下游 30 m 范围的断层和辉绿岩脉,挖槽清除充填物,用 C25, S8 混凝土填塞,当 $b > 1 \text{ m}$ 时, $h = b$; 当 $b \leq 1 \text{ m}$ 时, $h = b = 1 \text{ m}$ 。在帷幕灌浆线上游的混凝土塞应配钢筋、锚筋,并设固结灌浆孔,其余部分为素混凝土加固结灌浆孔。

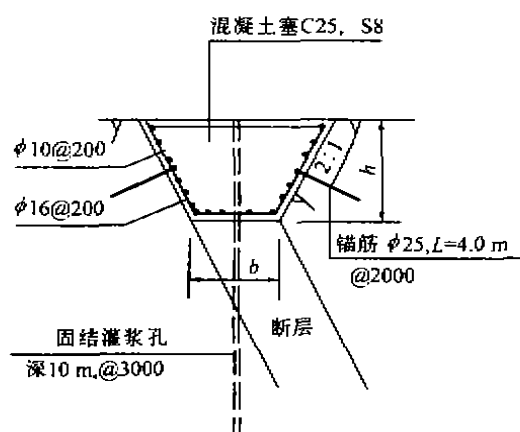


图 3 混凝土塞剖面图

半透水料置换:见图 4,趾板及 A 区范围以外的岸坡断层破碎带,当带宽 $b > 0.5 \text{ m}$ 时,挖槽清除充填物后,铺以 500 g/m^2 的土工布并回填反滤料,当 $b \leq 0.5 \text{ m}$ 时,基面铺 500 g/m^2 土工布后,回填反滤料,以防渗透变形。

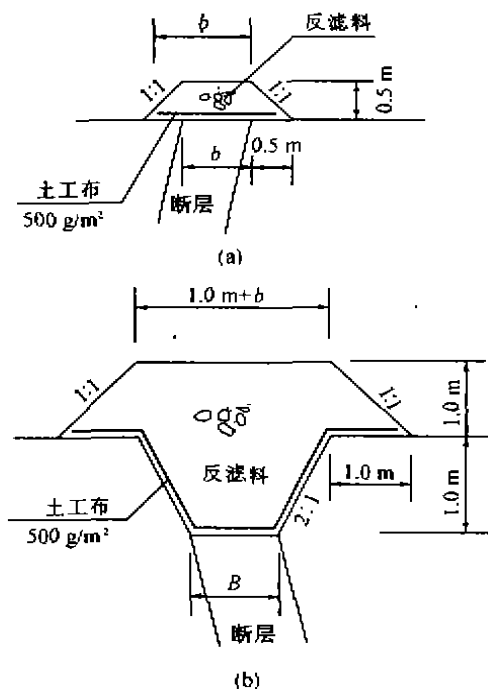


图 4 反滤料回填剖面图

下游坝脚反滤保护层:由于地形限制,泽雅水库溢洪道中轴线与坝轴线夹角较小,泄洪时下游有轻

度回流影响,为加强坝基防渗,下游 D 区堆石棱体基坑上游边坡铺土工布一层,并加垫层料、自砂卵石层顶面至基坑弱风化基岩,防止因回水淘刷造成砂卵石层基础细颗粒的流失。

5 固结与帷幕

为提高坝基的整体性和防渗性,对趾板进行固结和帷幕灌浆。

固结灌浆:见图 5, A 区和 B 区趾板设固结灌浆孔 2 排,孔距 3 m,排距 3 m。C 区设固结灌浆孔 1 排,孔距 3 m。孔深均为 10 m,分二序加密施工,灌浆压力 $0.2 \sim 0.3 \text{ MPa}$ 。

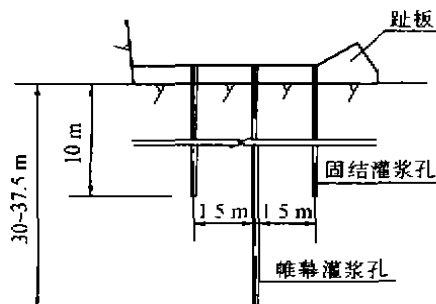


图 5 灌浆布置剖面图

帷幕灌浆:见图 5,在两排固结灌浆孔之间插一排帷幕灌浆孔,孔位与固结灌浆孔一起成梅花形布置, C 区帷幕孔在固结灌浆孔前排,孔距原施工设计图 3 m,分三序加密施工,一序孔深按水头大小为 $20 \sim 37.5 \text{ m}$,二、三序孔深采用基岩单位吸水率 $W \leq 3LU$ 控制,达到 $W \leq 3LU$ 后,孔深加深 5 m,但不小于 20 m。帷幕孔灌浆自上而下,第一段 2 m,压力 $0.2 \sim 0.5 \text{ MPa}$,第二段 3 m,压力 $0.4 \sim 0.7 \text{ MPa}$,其余各段 5 m,压力每增加一段增加 0.5 MPa 。施工中发现检查孔压水试验不合格,加插一孔,孔深 15 m、孔距改为 1.5 m,满足要求。右坝肩 B 区趾板基础破碎,为加强灌浆效果,防止漏浆,趾板内边坡浇筑混凝土盖板予以封闭。

6 结语

坝基开挖和防渗处理是混凝土面板堆石坝设计的重要环节,对坝体的稳定、沉降、变形、防渗乃至大坝的安全运行均有较大影响。泽雅面板坝的设计,在掌握详实的地勘与实验资料并经充分论证后,以安全为前提,在坝基开挖、断层破碎带处理和固结、帷幕灌浆设计等方面做了行之有效的尝试,保留了河床部分 8 万 m^3 的砂卵石层,降低了地基开挖及处理标准,减少了施工强度和工期,降低了投资。水库至今已安全运行一年半,据变形观测资料统计,近坝基面 55.5 m 高程最大沉降量为 27.5 cm ,坝体局部(下转第 58 页)

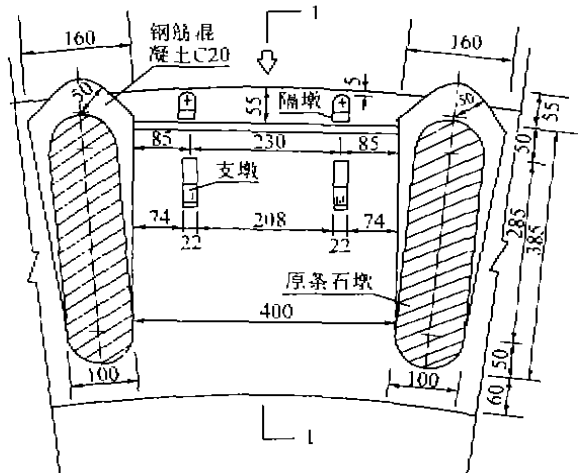


图1 西海水库复合闸门单元布置(单位:cm)

活运转.闸门单元布置见图1.

3 大坝坝体应力及抗滑稳定核算

西海水库海拔高程1600m,供水范围为北海景区和西海景区,是黄山风景区重要的供水工程.工程一旦失事,将造成生命财产的重大损失.因此,不论在何种情况下,都要保证西海水库的安全,达到万无一失.

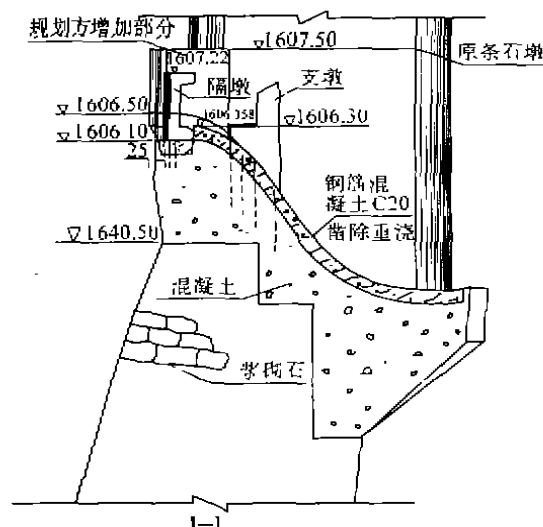
由于最高库水位比原设计最高洪水位高0.36m,故应对大坝应力和稳定进行复核.经电算,在考虑最高洪水位、温升和自重时,双曲拱坝应力在允许范围内,见表2.

表2 双拱坝上、下游面主应力

高程 /m	上游坝面/MPa			下游坝面/MPa		
	左拱端	拱冠	右拱端	左拱端	拱冠	右拱端
1607.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.24	0.81	1.26	1.07	0.73	1.02
	90.0	-90.0	90.0	90.0	-90.0	90.0
	0.31	0.08	0.21	-0.12	0.11	-0.06
1603.0	0.74	0.74	0.80	1.02	0.86	1.00
	86.2	89.7	83.5	-73.8	-89.5	75.0
	0.39	0.09	0.29	-0.11	0.25	0.04
1599.0	0.52	0.62	0.47	0.95	0.95	1.05
	42.8	89.7	81.8	-84.5	89.3	83.9
	0.23	0.07	0.14	0.01	0.41	0.25
1595.0	0.47	0.46	0.34	1.11	1.01	1.21
	1.2	89.6	27.4	-89.6	-89.1	88.9
	0.00	-0.07	-0.14	0.29	0.69	0.42
1591.0	0.29	0.24	0.21	1.19	1.03	1.29
	-12.4	89.6	19.7	83.1	-88.9	-82.2
	-0.22	-0.34	-0.23	0.78	0.99	0.71
1587.0	0.14	-0.03	0.23	1.14	1.14	1.11
	-20.9	-90.0	20.0	63.6	-0.4	-64.8
	0.04	-0.44	0.18	0.28	0.38	0.23
1584.0	0.35	0.38	0.34	0.97	1.37	0.87
	-86.5	-89.7	81.1	17.6	0.30	-23.7

注:每结点三个数字分别表示:第一主应力,第二主应力和主应力方向(拉应力为负,压应力为正).

由于大坝施工时,坝基帷幕灌浆仅完成河床段



坝基部分,两边岸坡段坝基未进行帷幕灌浆,使大坝右岸岸坡渗水,水量逐年变大,影响了水库效益,且对大坝稳定产生不利影响.在本次加固中,两侧岸坡段坝基补做帷幕灌浆,共布置帷幕孔19孔,其中左坝头7孔,右坝头12孔(其中在断层两侧布置2个检查孔).在灌浆过程中,每孔埋设4根 $\varnothing 28$ 锚筋,锚筋长9m,坝体和基岩各埋设4.5m,所有帷幕孔位置均布置在离上游面1.0m的坝顶,间距3.0m,按两序进行钻孔,按自上而下的方式进行灌浆.经核算,大坝稳定安全系数 K 为1.005,大坝满足抗滑稳定要求.

4 结 语

西海水库水力自控翻板闸门自投运至今,运行状况良好.

在1998年旱季,水力自控翻板闸门已自动蓄水4次以上,增加西海水库供水量5万 m^3 ,取得了较显著的经济效益和社会效益.

(收稿日期:1999-01-03 编辑:张志琴)

(上接第49页)

最大沉降量为46.5cm,混凝土面板最大沉降量3.4cm,位移6.2cm.孔隙水压力观测表明,坝体及基础孔隙水压力变化平稳,受上游水位影响不明显,坝基防渗灌浆效果良好,基岩渗水状况正常,坝体排水性能良好,下游量水堰平均流量为2L/s.因此,泽雅面板坝的基础处理是成功,有借鉴意义.

参考文献:

[1] 傅志安,凤家骥.混凝土面板堆石坝[M].武汉:华中理工大学出版社,1993.200~211.

(收稿日期:1999-10-10 编辑:马敏峰)