

# 猴子岩水电站大坝坝坡及坝体分区设计

索慧敏, 窦向贤

(中国电建成都勘测设计研究院有限公司,四川 成都 610072.)

**摘要:**猴子岩大坝为目前国内的第二高面板堆石坝,坝高超过200 m。其具有“窄河谷、谷坡陡峻、地震强度高、超高坝”等特点,坝坡稳定及坝体变形控制是大坝的设计重点和难点,坝坡及坝体分区的合理设置对控制坝坡稳定和坝体变形至关重要。

**关键词:**猴子岩水电站;坝坡设计;分区原则;坝体分区

**中图分类号:** [TM622];TV641.4;TV222

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-2184(2018)05-0086-03

## 1 坝坡设计

面板堆石坝上游混凝土面板受库水位的压力,对上游坝坡抗震稳定有利,因此,地震时主要是控制下游坝坡稳定。已建面板堆石坝大多数位于较低或中等地震强度地区,经验坝坡在1:1.3~1:1.7,堆石坝的永久变形分析也表明在上述坝坡下,能够把坝的永久变形控制在较安全的范围

内。地震设防较高的地区,需要采用较缓的坝坡。美国著名地震学家西特(Seed. H. B)等人对高度为150 m的面板堆石坝进行了地震动力分析,考虑不同的地震震级和坝基基岩峰值加速度进行永久变形计算,如把下游坝坡位移控制在0.6 m和0.3 m以内时,适宜的平均下游坝坡值如表1所示;国内外已建工程经验见表2。

表1 混凝土面板堆石坝的适宜坝坡表

地震震级	坝基峰值加速度	坝顶峰值加速度	平均下游坡度 (位移≤60 cm)	平均下游坡度 (位移≤30 cm)	地震区
6.5	<0.1 g	<0.25 g	1.35	1.4	低 或 中等强度
6.5	≈0.15 g	≈45 g	1.4	1.4	
7.5	≈0.15 g	≈0.45 g	1.4	1.4	
8.5	≈0.15 g	≈45 g	1.45	1.45	
6.5	≈0.30 g	≈0.75 g	1.5	1.5	高 强度
7.5	≈0.30 g	≈0.75 g	1.55	1.6	
8.5	≈0.30 g	≈0.75 g	1.65	1.7	
6.5	≈0.50 g	≈1.0 g	1.55	1.55	
7.5	≈0.50 g	≈1.0 g	1.6	1.65	极 高强度
8.5	≈0.50 g	≈1.0 g	1.8	1.8	

表2 国内外部分已建工程坝体断面尺寸表

坝 名	坝高 /m	堆石材料	坝 坡	建设时间	设计地震强度
阿瓜密尔巴	187	卵石-堆石	1.5、1.4	1993	400年一遇峰值加速度 $a = 0.21 g$
雅康布	160	碾压卵石	1.5、1.6	1982	地震烈度为8~9度
萨尔瓦金那	145	堆石	1.5、1.4	1985	地震烈度为8~9度
阿尔多安其卡亚	140	堆石	1.4、1.4	1974	地震烈度为8~9度
黑 泉	123.5	砂砾石-片麻岩	1:1.55、1:1.4	已建	8.2度地震设防
紫坪铺	158	灰岩	1:1.4、1:1.4	已建	8度地震设防
吉林台	157	砂砾-堆石	1.7、1.5	已建	9度地震设防
天生桥	178	灰岩、砂泥岩	1.4、1.4	已建	7度地震设防
公伯峡	132.2	花岗岩、片岩、砂砾石	1.4、1.79	已建	8度地震设防
水布垭	233.2	灰岩	1.4、1.46	已建	7度地震设防

猴子岩水电站50年超越概率10%基岩场地

水平峰值加速度为141 gal,对应的地震基本烈度为7度;50年超越概率5%基岩场地水平峰值加

收稿日期:2018-07-31

速度为 182.0 gal;100 年超越概率 2% 基岩场地水平峰值加速度为 297.0 gal。根据《水工建筑物抗震设计规范》(DL 5073-2000)的规定,猴子岩大坝抗震设防类别为甲类,大坝设防烈度在基本烈度的基础上提高 1 度作为设计烈度,挡水大坝抗震设计烈度为 8 度,设计地震加速度代表值的概率水准取基准期 100 年内超越概率为 2% 基岩水平峰值加速度为 297 gal。

参照表 1 和表 2 并参考其它工程经验,同时结合坝坡稳定计算成果,上游坝坡为 1:1.4,下游坝坡设置一条“之”字形上坝道路,下游高程 1 713.50 m 以上综合坝坡约 1:1.65。下游高程 1 713.50 m 以下设置压重区,压重区坡比分别为 1:1.5 和 1:2.0。

## 2 坝体分区设计

### 2.1 分区的原则

堆石坝坝体分区的目的是在保证大坝安全运行的前提下,根据坝体各部位工作和受力条件、填料来源及其强度、渗透性、压缩性等特性,分别提出不同的要求,以充分利用建筑物开挖料,力争降低工程造价,简化施工,缩短施工工期。

根据《混凝土面板堆石坝设计规范》(DL/T 5016-2011)并参考国内已建、在建高混凝土面

板堆石坝设计经验,按以下原则分区:

(1)料源选用原则。坝体分区应根据料源和筑坝材料的工程特性,进行技术经济比较,尽量选用抗剪强度高、压缩性低、压实特性好,距坝址较近以及开采、运输和碾压施工方便的筑坝材料。充分合理利用枢纽的开挖料,分区尽可能简单以达到经济的目的。

(2)坝料之间水力过渡原则。各分区材料应满足水力过渡要求,从上游向下游坝料的渗透系数递增,各区坝料间应满足水力过渡的要求,保证坝体能排水畅通且相邻区下游坝料对其上游区有反滤保护作用,以防止产生内部管涌和冲蚀。

(3)变形控制原则。坝轴线上游部位是承受水荷载的主体,上游堆石体应具有较高的变形模量,以确保坝体上下游均匀变形。

(4)对于狭窄河谷,为减小坝体顺坝轴线方向的变形梯度,宜设置变形过渡区,即在堆石体与岸坡接触部位设置过渡区。

### 2.2 坝体分区

对于处于狭窄河谷中的猴子岩工程高混凝土面板堆石坝,坝体变形控制是关键技术问题之一。根据以上分区原则,大坝分为以下几个主要填筑区,大坝分区见图 1。

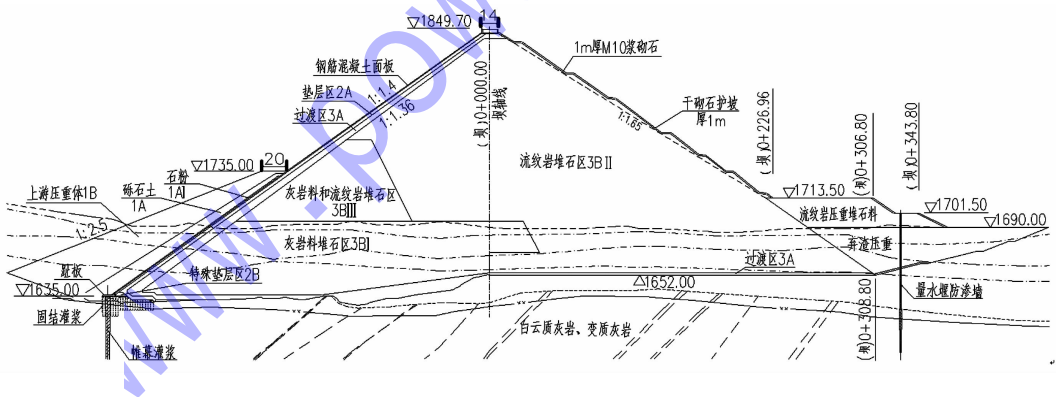


图 1 大坝坝体分区图

#### 2.2.1 1A 坝前防渗铺盖区

1A I 粉煤灰、1A II 石粉铺盖区:其作用为当面板局部开裂或止水系统受损后,粉煤灰或石粉随水流带进缝中,经面板下垫层料的反滤作用,淤堵裂缝恢复防渗性能,是防渗系统的一种附加安全措施。根据大坝三维有限元计算成果,面板在 1 705.00 ~ 1 720.00m 部位出现裂缝的可能性最大,周边裂缝的最大位移的可能性在此部位

也为最大,但此部位高程较低,水库放空至该水位基本不可能。考虑到泄洪放空洞的进口底板高程为 1 757.00 m,鉴于大坝面板和周边缝在特殊情况下能最大限度进行检修处理,粉煤灰铺盖区沿周边缝布设,位于面板底部顺坡向 20 m 范围内(顶高程不超过 1 731.00 m),水平厚度 1 m;1A II 石粉铺盖区,位于粉煤灰铺盖区上部,顶高程为 1 731.00 m,水平厚度 1 m。

1A 砾石土铺盖区:考虑到1A I粉煤灰、1A II石粉铺盖易于流动,为有效保护1A I粉煤灰、1A II石粉铺盖并起到一定的防渗作用,在1A I粉煤灰、1A II石粉铺盖区上游侧设置1A 砾石土铺盖区,使粉煤灰、石粉铺盖的自愈性效果更有保障。1A 砾石土铺盖区位于粉煤灰和石粉铺盖区上游侧,铺盖顶高程为1 733.00 m,水平厚度6 m。

#### 2.2.2 1B 坝前弃渣压重区

本区位于砾石土铺盖上游,是铺盖区的保护体,同时也是上游坝坡的压重体,采用弃渣料填筑。本区顶部高程为1 735.00 m,顶宽20.0 m,上游面坡比为1:2.5。

#### 2.2.3 2A 垫层区

本区布置于面板下,与面板直接接触,是水压力的传力体。为混凝土面板提供一个平整、均匀、可靠的支承面,当面板和接缝止水开裂时,能起到一定限漏作用,垫层料区水平宽度4 m,以1:1.4的坡等宽布置。在与两岸坝坡基岩接触部位顺河向一定范围铺设2 m厚的垫层料。

#### 2.2.4 2B 特殊垫层区

在垫层底部周边缝处设置该区是为了给底部铜止水提供比垫层更密实、均匀、平整的支撑面,当止水局部破坏出现渗漏时,加强垫层料对渗漏的控制。特殊垫层区的断面为梯形,厚度3.0 m,顶宽3.0 m,下游坡比1:1.4。

#### 2.2.5 3A 过渡区

过渡区位于垫层与主堆石之间,为满足垫层与主堆石水力过渡而设置。过渡区由上到下水平宽度以1:1.36的坡由4 m渐变至12.2 m。为防止与岸坡接触带的填料架空,主堆石区与基础接触部位设厚2 m过渡料。

#### 2.2.6 3B 堆石区

根据现场料源情况,3B 堆石区由3BI 堆石区、3B III堆石区和3B II堆石区组成。

3BI 堆石区布置于过渡区至坝轴线下游(坝)0+040.00 m桩号的上游侧底部范围,顶高程1 695.00 m,与3B II堆石区分界面向下游倾斜,坡度1:0.5;3B III堆石区布置于过渡区至坝轴线下游(坝)0-062.00 m桩号的上游侧中下部范围,

顶高程1 760.00 m,底高程1 695.00 m,与3B II堆石区分界面向下游倾斜,坡度1:0.5;3B II堆石区紧邻3BI 堆石区、3B III堆石区布置。

#### 2.2.7 浆砌石护坡区

本区主要作用是加强坝顶一定范围内的护坡,有利于增强坝顶部位的抗震稳定。下游坝面1 805.00 m高程至1 845.00 m高程采用厚0.6 m的M10浆砌石护坡,防止地震时坝顶堆石滚落和防止雨水冲刷。采用堆石料中的外形规整的大块石砌筑。

#### 2.2.8 干砌石护坡区

下游坝面1 805.00 m高程以下采用厚1m的干砌石护坡,主要作用是防止地震时堆石滚落和防止雨水冲刷。大块石采用堆石料中的超径石堆码,有利于抗震稳定,坝面超径石间不平整的空隙采用小块石人工砌筑。

#### 2.2.9 坝脚压重区

坝脚压重区由堆石压重区和弃渣压重区组成。堆石压重区顶部高程为1 713.50 m,顶宽80 m,底部高程1 690.00 m,下游坡为1:1.5、1:2.0;1 690.00 m高程以下为弃渣压重区。

### 3 结语

猴子岩大坝为目前国内的第二高面板堆石坝,坝高超过200 m。其具有“窄河谷、谷坡陡峻、地震强度高、超高坝”等特点,坝坡稳定及坝体变形控制是大坝的设计重点和难点,坝坡及坝体分区的合理设置对控制坝坡稳定和坝体变形至关重要。因此,应按照防渗体、反滤料、过渡料和堆石体的不同作用,严格按照规范要求对坝体不同部位的材料进行设计,同时在满足规范要求的前提下适当调整粒径级配范围,以方便施工,最终实现坝体材料分区的优化设计。

#### 作者简介:

索慧敏(1980-),男,山西长子人,高级工程师,本科学历,主要从事水工设计工作;

窦向贤(1974-),男,安徽六安人,教授级高级工程师,硕士,主要从事水工设计工作。

(责任编辑:卓政昌)