

在也门修建溢流面板堆石坝的研究

①
06-49

Radman Ali Morshed 夏颂佑

(河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

TV641-43

摘要 介绍溢流面板堆石坝的经济性、坝址、坝轴线选择和设计中应注意的事项。结合也门地处热带沙漠地区、水资源缺乏、碎石料丰富等地理气候条件及经济条件,认为在也门修建溢流面板堆石坝是合适的。

关键词 混凝土面板堆石坝 溢洪道 护面材料 单宽流量

表 1 也门主要河流概况

河 名	注入处	河长/km	流域面积/km ²
穆尔河 ^①	红 海	230	8700
锡哈姆河	红 海	200	6300
苏尔都河	红 海	130	3400
赖马河	红 海	140	1800
扎比德河 ^②	红 海	200	5600
海斯河	红 海	200	5600
拉斯场河	红 海	110	1500
加伊勒河	红 海	110	1500
图班河	阿拉伯海	580	3900
巴纳河	阿拉伯海	70	3900
焦夫河 ^③	沙 漠	350	26600
拜汉河	沙 漠	60	6300

注: ①丰水期流量 50~200 m³/s, 枯水期流量 0.5~1.0 m³/s; ②枯水期流量约 0.5 m³/s; ③年雨量约 300 mm。

1 也门的主要河流及水库工程条件

1.1 主要河流

也门境内流域面积大于 3000 km² 的较大河流有 10 余条。也门的河流均属季节性的雨洪河流。其径流的变化特点是:径流年内变化大、雨季流量倍增,旱季流量很小,多数河流的中、下游旱季干涸断流;洪水多为山区流域局部降水形成,洪水暴涨暴落,历时短,洪量小。各主要河流的河长及流域面积见表 1。

1.2 水库工程条件

a. 现阶段在也门兴建的山区水库以小型居多,库容小(一般小于 300 万 m³),流域面积也小(一般小于 70 km²),水库拦河坝高度一般在 15~50 m。由于库容量小,单位库容的水工建筑物造价偏高,因此,选择合适的坝型,降低水工建筑物造价显得尤为重要。

b. 目前也门水库的溢洪道普遍采用开敞式不设置闸门的溢洪方式。

c. 大多数水库拦河坝无交通要求,极少在水利枢纽上设置交通桥。

d. 也门山区无冰冻气候,但石料资源十分丰富,适宜建造堆石坝。

e. 拦河坝坝址往往地形狭窄,溢洪道布置较困难,有些场合为了设置溢洪道,不得不放弃非溢流式面板堆石坝坝型而改用其它坝型。

f. 也门兴建的小型水库,正常水位与最高水位之差一般小于 6 m,有的仅差 3 m,这使得在堆石坝坝体上布置开敞式溢洪道成为可能。

g. 也门是一个缺水国家,雨量偏少,水库开敞式溢洪道溢洪机会甚少,有类似非常溢洪道的性质。所以降低溢洪道造价是比较切合实际的。

h. 通向山区的交通不便,道路坎坷不

第一作者简介:Radman Ali Morshed(拉德曼),男,博士研究生,从事土石坝设计和研究工作。

平,不利于运输。

2 在也门采用溢流面板堆石坝的可行性

用来拦河筑坝形成水库的常用坝型有拱坝、重力坝、土石坝和混凝土面板堆石坝(以下简称面板坝)。拱坝由于对地形、地质和施工的要求都较高,因而只有在条件合适时才采用。重力坝对地形、地质要求较拱坝低,但较土石坝和面板坝高,且水泥用量多,水泥等材料都有赖于外地供应,而也门是一个以山地为主的国家,山区交通不便,运输费用高,这就会使工程造价增加。此外,混凝土温控要求较高,而也门地处热带,其温控费用将更高。土石坝对地形、地质要求较低,但也门南部和东部河流较多的山区缺少粘土,无合适的防渗材料。此外,土石坝需要在坝外设置溢洪道,也门山区一些河流两岸山坡陡峻,设置溢洪道就要增加很大的开挖量,这就会使投资增加很多。例如也门奈安水库溢洪道的投资约占总投资的24%。所以根据也门当地条件,有必要研讨修建溢流面板堆石坝。

早期的堆石坝由于施工条件的限制,坝建成后变形大,给面板阻水带来了很大困难。随着施工机械的发展,堆石体可以振压得很密实,其重度可以达 2.35 t/m^3 左右,接近混凝土。由于堆石体振压密实,因此堆石坝的总沉降量很小,而且大部分发生在施工期和最初几年,一般3~5年以后沉降已基本趋于稳定^[1],这样的沉降为混凝土面板堆石坝的发展创造了条件,使其成为优秀坝型之一,具有许多明显优点。例如,坝体断面小,为一般土石坝的65%~70%;填筑材料主要是石料,且对石料的要求也不太高;地基要求比混凝土坝要低得多;混凝土面板阻水由于坝体沉降量小,容易得到保证;坝体变形小,便于布置开敞式溢洪道;必要时面板坝坝顶也可溢流,建成溢流式面板坝(一些非完整岩基及土基上成功建成了许多溢洪道,其地基强度和变形模量可能还不如碾压堆石,这些经验均可借鉴)。

由此可见,在山区狭谷河段建库,当坝不太高,泄洪量不太大,没有合适的地形布置河岸溢洪道时,将日常或非常泄洪道布置在面板坝上,采用过水面板堆石坝泄洪^[2],这样能简化枢纽布置,节省工程造价,方便施工,其优点明显,效益显著,对也门很为合适。

根据笔者调查和搜集的已建成的过水堆石坝工程资料,可以归纳出如下几点:

a. 护面材料。采用混凝土或素混凝土、浆砌块石、沥青混凝土等护面材料,但有些护面材料主要用于过水围堰。

b. 坝高。已建的过水堆石坝,主要是一些小型水库,个别为中型中库。从笔者掌握的资料来看,坝高超过20m的,中国有7座,坝高为10~20m的,中国有9座。

澳大利亚1991年建成Crotty坝,坝高80m,竣工后有三次小规模泄洪,运行情况良好。印度尼西亚于1978年建成了Batutesi坝,坝高32m,但到1986年底还没有泄洪,其压实堆石坝顶沉降很小,在溢洪道底板上没有发现任何明显的裂缝。

c. 单宽流量。已有资料表明,不同护面材料经过泄水考验的单宽流量为:钢筋混凝土 $12\sim 20\text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$;沥青混凝土 $11\sim 15\text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$;浆砌块石 $5\sim 7\text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。

3 溢流面板堆石坝的设计要点

溢流面板堆石坝设计应保证:上游阻水面板不产生危害性的渗漏;坝体排水通畅,能迅速排走所有渗入的水流,使坝体不被渗水浸润;溢流坝和溢流面板应能保证通过应泄流量,且泄流是平顺的,护面是平整、稳定的,不发生隆起或凹陷,不发生裂缝,泄流与下游的连接应有妥善的消能和防冲措施,保证不发生危及大坝运行的冲刷。

3.1 坝址及坝轴线的选择

混凝土面板坝的坝址选择依赖于坝址区的地形、地质及施工条件,其次还要考虑工程效益。面板对堆石坝体的沉陷特别敏感,应避免(或采取工程措施进行处理)有较大不均

匀沉陷的地形。例如,河床部位不平整,坝基范围内存在起伏不平的高地;岸坡的变化不规则,有局部陡壁等。因此在拟定坝轴线时,必须对河床及两岸地形予以充分重视。面板坝址应选在河床覆盖层薄、便于坝基清理的地方,使坝体有条件修建于基本上不产生压缩变形的完整基岩上^[3]。

关于面板坝的轴线,以往有不少学者主张作成稍向上游弯曲的弧形,以便在水库蓄水后,水压力将使坝体向下游方向变位,使全部面板均处于受压状态。无疑这一建议是合理的,但在修建面板坝的实践中,弧形轴线将给施工带来不便。另外已建坝的观测资料也表明,即使坝轴线为直线,在水压力作用下90%以上的面积处于受压状态。

3.2 溢流部分的要求

a. 拦河坝坝型选用钢筋混凝土面板碾压式堆石坝。

b. 在拦河坝轴线方向适当部位的坝的上部布置钢筋混凝土的敞式溢洪道。溢洪道由溢流坝、溢流护面、岸墙和泄水道组成。

c. 上游混凝土面板、溢流堰和泄水道三者组成洪水过流部分,使洪水与堆石体分隔开。

d. 坝体上游边坡一般可以取为1:1.3~1:1.5;下游坡为了布置溢洪道,需要放缓坝坡,以减小垂直变形梯度并有利于人工坝面作业,一般可以取为1:1.5。溢流混凝土面板堆石坝的基本剖面如图1所示。

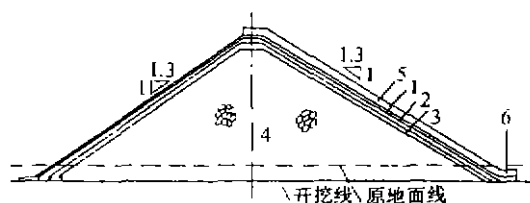


图1 溢流混凝土面板堆石坝的基本剖面

1.底板;2.垫层;3.过渡层;4.堆石区;5.陡槽墙;
6.挑流鼻

e. 溢洪道底板厚度根据防冲和稳定要求取定,也可以与上游面板一样厚,配筋有底顶两筋通过所有的施工缝。配筋可以与上游

面板一样,以加强坝体的整体性。底板的钢筋伸入侧墙底脚把整个底板连在一起。为增强溢洪道与坝体的连接,底板也可以通过锚筋网锚入大坝堆石体内。或者在底板下部按一定间隔设置横梁,嵌入堆石体内一定深度,作为固定之用。

f. 混凝土面板是坝体防渗的主体结构,布置在垫层的上游面,它应满足以下要求:①必须具有低的渗透系数,以满足挡水防渗的要求;②有足够的抗风化、防冰冻能力,以满足耐久性的要求;③有足够的柔性,以适应坝体变形;④有足够的强度和抗裂能力,能承受一定的局部不均匀变形,面板的厚度应由稳定和强度分析决定,并考虑施工要求、结构要求、耐久性要求。

g. 保证坝体排水能力强,过滤层要求不发生渗流变形,这样坝面即使有少量漏水也能立刻排走。

h. 溢洪道两边导墙从坝顶至挑流鼻坎墙逐渐降低,采用钢筋混凝土结构。导墙内侧与底板间设置橡胶止水,侧墙外侧喷混凝土带以防止从侧墙溢出的水渗入坝体内部^[3]。

3.3 应采取的工程措施

a. 控制填筑质量,减小坝体变形。坝体的下游坡作为溢洪道地基的堆石体应采用与上游坡相同的结构和施工方法,坝料的质量、层厚碾压参数(包括斜坡碾压)均应相同。

b. 增加槽身整体性,加强与坝体结合。溢洪道的细部结构可采用与常规地基溢洪道相同的构造,但应强调其整体性,泄槽底板如同上游面板一样,从底到顶连接浇筑,钢筋在两个方向上通过所有施工缝并伸入侧墙底脚,把整个底板连接在一起。为增强溢洪道与坝体的连接,底板需用锚伸入到堆石体内,作为固定之用,由于堆石是透水的,不会产生浮托力,锚筋不会承受多大的锚固力。^[3]

c. 防止水流渗入底板下部,加强地基排水。溢洪道失事教训表明,其破坏原因一是地基排水不畅,形成浮托力;二是高速脉动水流通过伸缩缝或底板断裂进入底板下部,增

强了底板上浮力;三是翘起底板受到高速流形成的负压、空化等。在这三种力的作用下使底板掀起冲毁。脉动压力还会形成上吸作用。为安全起见,针对上述原因,首先应强化底板地基的纵横排水设计和堆石体的透水性,同时为吸收地基变形,防止底板断裂;流速较大时,将底板变形伸缩缝与掺气槽结合布置,掺气槽起挑流作用,并隔绝高速流与伸缩缝的接触,防止脉动水流进入底板下部,此时的掺气槽首要任务是挑流,其次才是掺气。掺气槽挑坎体型选择应通过试验确定。

d. 加强质量控制。保证溢洪道平整度和体型达到设计要求,同时要防止溢洪道混凝土出现裂缝,作出抗裂设计。布置好溢洪道下游消能,保证出口的稳定性。面板坝枢纽布置见图2。

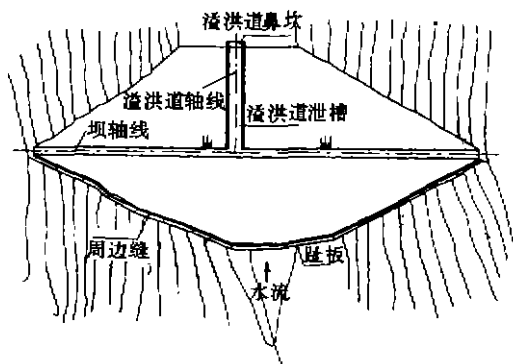


图2 混凝土面板堆石坝枢纽布置

3.4 应用有限元法分析面板堆石坝

面板堆石坝由堆石体和混凝土面板及趾板构成。采用邓肯-张模型和摩尔-库仑破坏准则来分析求解散粒体材料的应力应变问题是较为合适的。

以坝体材料和受力特点为依据,对面板堆石坝采用非线性分析方法进行计算,在计算中常用的单元有混凝土面板单元和堆石体单元。

面板堆石坝结构分析计算中,由于混凝土面板堆石坝的应力应变关系是非线性关系,所以用非线性模型来研究就可以得到令人满意的结果。但表征堆石力学特性的模型还在发展之中,混凝土面板与堆石体之间的

接触面,由于两种材料性质相差很大,堆石体与防渗面板的相互作用,直接影响到堆石体与面板的应力和位移。用有限元法计算此类问题时,除了要分别考虑堆石体的计算模型外,对堆石体与面板的接触面,必须采用反映其真实的应力应变关系的计算模型。分析堆石体与面板结构相互作用时,采用过下述简化假定:①认为接触面十分粗糙,堆石与面板之间不能产生滑动,反映在有限元计算中,即不考虑接触面的作用;②根据接触面上的法向应力、切应力来模拟可能产生的错动、滑移或开裂。反映在有限元计算中,可设置无厚度的接触单元,即 Goodman 单元。

4 结 语

本文针对也门地处热带沙漠地区、水资源缺乏、碎石料丰富等地理气候条件,推荐溢流面板堆石坝这种新型坝型。其主要特点是:工程量小,施工快,造价低;对正常或非常溢洪道可直接布置在面板坝上,在高山峡谷地形建库,具有简化枢纽布置、节省费用、方便施工等一系列优点,值得进一步研究推广。

参考文献

- 1 傅志安,凤家驊.混凝土面板堆石坝.武汉:华中理工大学出版社,1993
- 2 《过水土石坝建设经验汇编》编审组.过水土石坝建设经验汇编.北京:水利电力出版社,1988
- 3 拉德曼·阿里.也门国溢流混凝土面板堆石坝设计研究:[硕士学位论文].南京:河海大学,1996

(收稿日期:1997-06-28 编辑:马敏峰)

