

下泊水库工程坝址和坝型比选 方案设计

孙文龙

(辽宁省大石桥市建一水利服务站, 辽宁 大石桥 115100)

【摘要】 下泊水库是固村河唯一的控制性调蓄工程。工程区的地形地质条件是决定坝址选择的关键因素,而坝址是确定坝型的基础。对比拟选的两个坝址,其工程地质条件无大的差异,对建坝无制约性因素。对坝型确立的几方面要素进行系统分析,对混凝土面板堆石坝、沥青混凝土心墙堆石坝及均质土坝三种坝型进行技术比较,确定三种坝型均满足建坝要求,从防渗性能、坝体结构稳定性、施工条件等方面综合比较之后,认为混凝土面板堆石坝更有优势。

【关键词】 下泊水库; 坝址; 坝型; 对比

中图分类号: TV221

文献标识码: B

文章编号: 1005-4774(2017)02-0045-05

Design of dams site and dam type comparison and selection plan in Xiabo Reservoir

SUN Wenlong

(Liaoning Dashiqiao Jiangyi Water Conservancy Service Station, Dashiqiao 115100, China)

Abstract: Xiabo Reservoir is the only controllable regulation and control project in Gucun Village. Topography and geological conditions in the project area are key factors to determine the selection of dams site. Dams site is the foundation to determine dam type. Two proposed dams sites are compared, the geological conditions of the project is not different greatly. There are no conditionality factors on dam construction. Factors in several aspects for dam type establishment are analyzed systematically. Three dam types are compared technically, including concrete faced rockfill dam, asphalt concrete core-wall rockfill dam and homogeneous earth dam. It is determined that the three dam types meet the requirements on dam construction. It is believed that concrete faced rockfill dam has more advantages after comprehensive comparison in the aspects of seepage control performance, dam body structure stability, construction conditions, etc.

Key words: Xiabo Reservoir; dams site; dam type; comparison

1 前 言

下泊水库位于固村河泊圪塔村河段,行政区划属于山西省晋城市沁水县柿庄镇。柿庄镇可用地表水源主要是柿庄河及其上游支沟固村河、杨村河,目前各条河沟上均未修建调蓄工程。为有效利用雨洪资源,提

高防洪减灾抗旱应急能力^[1],改善生态环境,实现沁水县经济社会可持续发展,构建全县“H”形(两纵一横)、多源互补、稳定可靠、配置高效的大水网,形成覆盖全县的供水水系,建设下泊水库及配套供水管网是非常必要的。

坝体稳定性对工程影响以及工程处理难度是坝址

选择的主要影响因素^[2]。通常每个坝址都有几种坝型方案供选择,各个方案互有优缺点^[3]。根据下泊水库所在地区地形地质条件等有关情况的详细论证,提出3种坝型方案,通过比较获得最优坝型。

2 工程区流域概况

沁河是晋城市境内最大的河流,属黄河支流。沁河流域内大部分为土石山区,尤其是郑庄镇以上的沁河干流两岸,峰峦重叠、山高谷深、盆地穿插、地形相当复杂(见图1)。沁河流域地貌在沁水境内主要为山丘河谷盆地。固村河位于柿庄村右岸支流,为端氏河的二级支流,流域内自然村10个,人烟稀少,森林覆盖较好。固村河至柿庄村西入河口,河长15.1km,流域

面积58.9km²,流域平均比降15.45‰,到下泊水库断面河长11km,控制面积42.3km²,平均比降17.13‰。拟建下泊水库是固村河上唯一的控制性调蓄工程。

3 坝址的选择

3.1 工程等别

下泊水库总库容290万m³,设计水平年控制下游灌溉面积9254亩。根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000),该工程为IV等小型工程,最大坝高37.9m,根据有关规定,主要建筑物为4级,包括大坝、导流泄洪供水洞及溢洪道。该工程设计洪水标准为30年一遇,相应洪峰流量 $Q=287.3\text{m}^3/\text{s}$,校核洪水标准为300年一遇,相应洪峰流量 $Q=591.9\text{m}^3/\text{s}$ 。

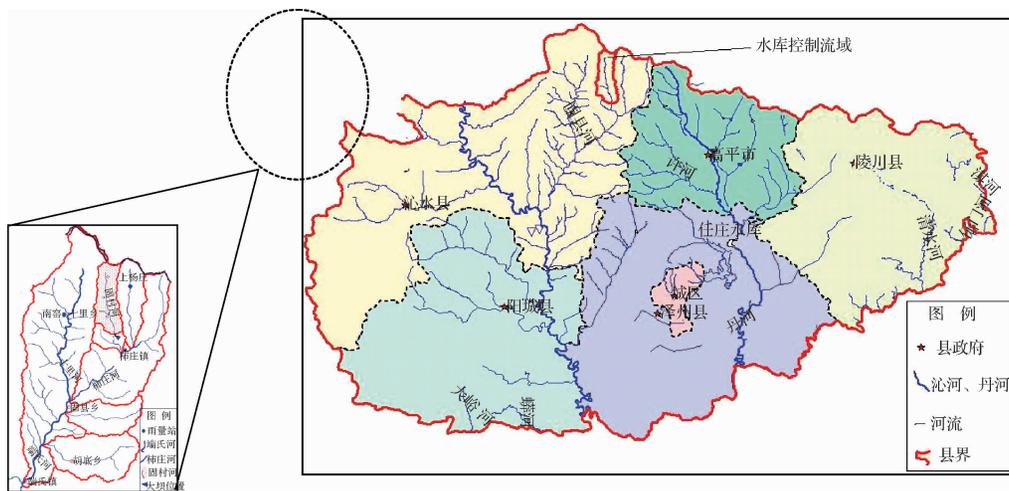


图1 下泊水库流域所在位置示意图

3.2 坝址选线

对固村河出口以上河段进行踏勘,整个踏勘河段地形条件较为一致,均没有较为开阔的库盘地形,且河床内多分布自然村庄。其中自固村河出口向上游至泊圪塔村约4km河段,两岸岸坡平缓,沟壑纵横,村落密集,间距0.3~0.8km不等;从泊圪塔村向上至团立村,河长约1.7km,两岸地形相对陡峻,多冲沟发育,时有基岩出露;从团立村向上,村落分布又开始密集,最近两村庄间距仅为0.2km。

根据《山西省小型水库更新建设工程设计指导意见》(以下简称《指导意见》),有移民的坝址原则不予

考虑,整个固村河道上,最具建库地形条件的为泊圪塔村至团立村河段。此河段两岸各发育冲沟3条,此阶段在该河段选择了两个坝址方案,其中下坝址位于泊圪塔村以上约150m,上坝址位于下坝址以上约450m。

3.3 坝址地形地质条件

库区内地层岩性由古生代和新生代组成,由老到新依次为二叠系上统石千峰组(P_2sh)、第四系中更新统离石组(Q_2l)、第四系上更新统冲积物(Q_3^{al})、第四系全新统冲积物(Q_4^{al})、第四系全新统坡积物(Q_4^{pl})、第四系全新统人工堆积物(Q_4^s)。坝址区地层主要受固县褶皱带影响,左岸产状 $N30^\circ\sim 60^\circ W/NE\angle 0^\circ\sim 5^\circ$,右

岸产状 $N20^{\circ} \sim 25^{\circ}W/NE \angle 0^{\circ} \sim 10^{\circ}$, 少部产状为 $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}E/NW \angle 5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。从节理发育的规律看(见图 2), 主要有四组节理, 即 $257^{\circ} \sim 295^{\circ} \angle 63^{\circ} \sim 88^{\circ}$ 、 $105^{\circ} \sim 168^{\circ} \angle 88^{\circ}$ 、 $100^{\circ} \sim 110^{\circ} \angle 5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 及 $45^{\circ} \sim 68^{\circ} \angle 3^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 。

通过对两坝址地形地质条件的对比情况来看(见表 1), 上、下坝址工程地质条件无大的差异, 无制约性因素, 均能建坝。

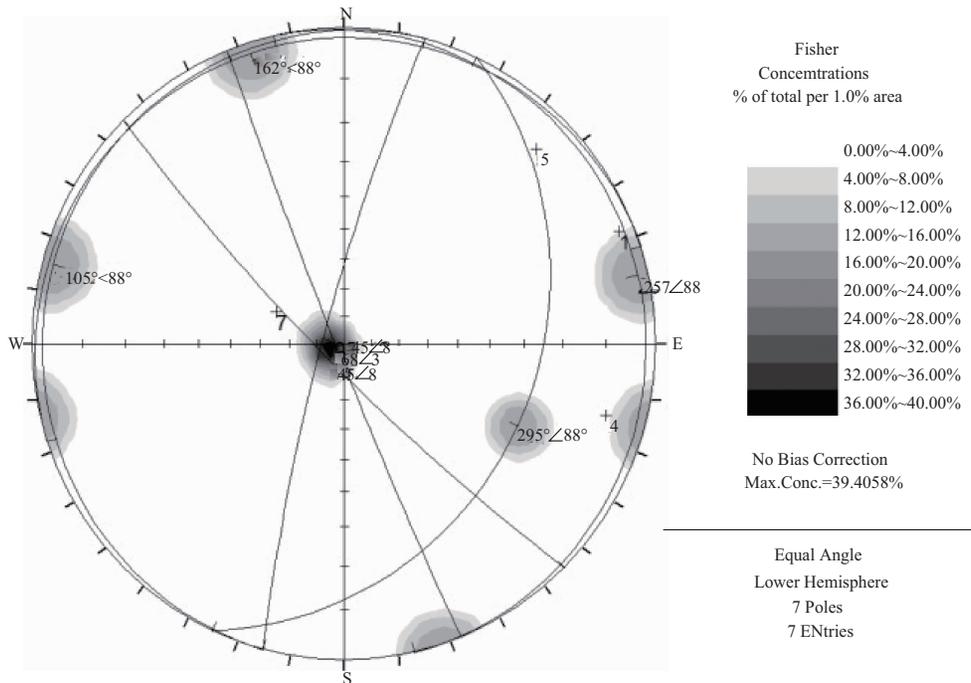


图 2 结构面产状分析极点等密图

表 1 坝址工程地形地质条件对比

项目	上坝址	下坝址	对比结果
地形地貌	低中山区, 河谷呈“U”形, 河床海拔高程 942 ~ 944m, 现代河床宽 20 ~ 30m, 河流流向 SW 向, 河道纵坡 2% ~ 3%。左岸坝肩为耕地, 近河床处基岩裸露, 岸坡坡度 $10^{\circ} \sim 44^{\circ}$ 。右岸为 4 级耕地, 1 ~ 3 级耕地较为宽阔, 为原始 I 级、II 级阶地, 整体岸坡坡度 21°	低中山区, 河谷呈“U”形谷, 河床海拔高程 936 ~ 938m, 现代河床宽 41 ~ 60m, 河流流向由 SSE 转变为 SSW, 主流位于河道右侧, 河道纵坡 $1\% \sim 1.5\%$ 。两岸发育 I ~ II 级阶地。左岸坝肩为较宽山脊, 山顶宽约 50m, 上游为熟椿沟, 下游为 7 号冲沟。左岸主要有 3 级耕地, 岸坡坡度 $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。右岸山体较为雄厚, 上游发育 2 号冲沟, 岸坡走向呈近南北向, 主要有五级耕地, 岸坡总体坡度 15°	差异较小
地层岩性	主要为二叠系上统石千峰组及第四系松散堆积	主要为二叠系上统石千峰组及第四系松散堆积	无差异
地质构造	上坝址次级构造不发育, 主要发育三组节理裂隙	主要发育 4 条断层 (f6、f7、f8、f9), 左岸主要发育三组节理, 右岸发育四组节理	上坝址略优
地下水	碎屑岩类孔隙水、松散岩类孔隙水	碎屑岩类孔隙水、松散岩类孔隙水	无差异
主要地质问题	坝基渗漏, 绕坝渗漏, 边坡稳定, 基坑涌水	坝基渗漏, 绕坝渗漏, 边坡稳定, 基坑涌水	无差异

4 坝型选择及比较

根据地质勘察报告, 工程区内砂砾石主要分布于现代河床内, 受耕地和两岸堆积黄土的影响, 粉、黏粒

含量较高, 质量差且储量较少, 不宜开采。工程区 1km 范围内土料及爆破料储量均较丰富, 该阶段选择混凝土面板堆石坝、沥青混凝土心墙堆石坝及均质土坝三种坝型进行技术比较。

通过对坝址区两岸地形地质条件、枢纽布置、坝体渗透稳定性、坝体结构稳定性、施工方案、主要工程量等的探讨来选择优势更大的坝型作为推荐方案。

4.1 地形地质条件

左坝肩高程 954m 以上基岩裸露,岸坡坡度 35°; 954m 以下为三级耕地,岸坡坡度 11°。耕地多为二元结构,上部为人工堆积低液限黏土,厚 4~6m,稍密—中密,地基湿陷等级为 I 级(轻微),遇水易崩解,为高压缩性土,微透水层;其下为阶地卵砾石层,厚 1~2m,红褐色、灰色,中密,稍湿,中等透水层;0+057~0+042 段基岩岩性为二叠系上统石千峰组第一亚组(P_2sh^1)中厚—厚层状泥岩,0+042~0+094 段基岩岩性为二叠系上统石千峰组第二组(P_2sh^2)薄层状—中厚层状砂岩,夹有两层红褐色中厚层状泥岩不连续夹层,与砂岩呈楔形交错。强风化厚 2~3m,弱风化厚 12~15m。坝肩主要发育 3 组节理,无不利结构面组合。

右坝肩岸坡走向 182°,分布五级耕地,岸坡整体坡度 14°。高程 985m 以上基岩出露,坡度 31°;985m 以

下为人工堆积低液限黏土或中更新统离石组冲积低液限黏土,厚 3~10m,具湿陷性,具低—高等压缩性。基岩岩性为二叠系上统石千峰组第二组(P_2sh^2)薄层状—中厚层状砂岩,夹有两层红褐色中厚层状泥岩不连续夹层,与砂岩呈楔形交错。强风化厚 2~4m,弱风化厚 12~15m。坝肩主要发育 3 组节理。

两岸基岩的自然边坡满足面板坝、心墙坝及均质土坝对岸坡的要求,但面板坝防渗线相对较长,趾板的开挖量相对较大,施工有一定难度;各坝型方案坝体轮廓线内的人工堆积黏土和离石组黄土因具湿陷性和压缩性,拟全部挖除。

从坝址处的地形地质条件看,均可满足上述三种坝型的建坝要求;从防渗体基础开挖施工难度考虑,面板坝工作量稍大。

4.2 坝体渗透稳定性及结构稳定性

防渗设计对土石坝来说是关键所在^[4-5],防渗体的抗渗能力、抗冲蚀能力、渗流量及防渗体与坝壳料之间的层间关系,都是坝体渗流控制的决定因素(见表 2)。

表 2 三种坝型的渗透稳定性与结构稳定性对比

坝型	坝体渗透稳定性	坝体结构稳定性
混凝土面板堆石坝	混凝土面板坝由混凝土面板和趾板承担防渗任务,在防渗体系正常运行的情况下,防渗性能良好。混凝土面板为刚性结构,面板变形在气温和湿度等变化较大的区域较为敏感,在施工期、运行期或地震时,易产生裂缝,因此,面板下需设置垫层料作为第二道防渗线,垫层料需具有半透水性,还需具有反滤特性,来增强其限漏能力,垫层料的级配和施工尤为重要	水压力通过面板作用在堆石上,经碾压后的坝壳料具有较高的抗剪强度和密度,有利于上游坝坡的稳定;面板后的坝壳料渗透性好,且与坝基直接接触,基本处于干燥状态,稳定性较好;即使个别面板错位、开裂或接缝止水损坏,但由于面板下的垫层是半透水的反滤料,可以限漏,其下的过渡料对垫层料又可以起到反滤作用,不会造成坝料流失,坝体结构是稳定和安全的
沥青混凝土心墙堆石坝	沥青混凝土是一种黏弹性材料,当沥青含量在 6% 以上,沥青混凝土很容易压实到孔隙率在 3% 以下,这样的孔隙率使得沥青混凝土心墙即使在很高的水头下其渗透系数也可达到 10^{-8} cm/s 以下。沥青混凝土既有一定的强度同时又有一定的黏性,即使混凝土心墙产生裂缝,裂缝自身也会自愈堵塞渗水通道,不会产生冲蚀破坏,坝体的渗透稳定性较高。另外,沥青混凝土心墙坝防渗设计相对简单,心墙上、下游设置过渡层即可满足心墙与坝壳料的层间关系	沥青混凝土是一种黏弹性材料,弹模较低,变形能力强,可随坝体一起变形而不产生裂缝,即使产生了裂缝,后期也可自行愈合,防渗体是安全可靠的。沥青混凝土心墙坝,坝体结构简单,坝料单一,没有较细的坝壳料,筑坝材料和沥青混凝土心墙在周期性荷载作用下,其强度不会产生大的变化,也不存在产生地震液化的可能性,构成坝体的坝壳料透水性较大,周期性荷载产生的超静孔隙水压力很快消散,在发生地震时,孔隙水压力不会聚集的很大,坝体稳定性较好
均质土坝	均质土坝采用冲积黄土或黏土筑坝,利用筑坝土料本身的低渗透性完成防渗任务,上述土体压实后渗透系数在 10^{-5} cm/s 左右。由于土体渗透系数相对较大,坝体内浸润线相对偏高,渗流量也相对偏大,较前述两种坝型的防渗性能明显偏低,需在坝体设置排水设施以降低坝体浸润线;且因料场分布面积较大,上坝土料可能存在不均一性,渗透稳定性较上述两种坝型差	均质土坝采用黏性土料填筑,施工期因自重而产生的孔隙水压力消散缓慢;当库水位迅速降落时,黏性土孔隙水不易排出;土料内摩擦角远小于堆石料,且坝体内浸润线又较高,以上 3 条均对坝体结构稳定性不利

4.3 施工方面

4.3.1 气候条件对施工的影响

工程区属寒冷地区,沥青混凝土心墙施工不受冬季温度影响;混凝土面板坝的面板施工需避开冬季,两坝型坝体填筑部分均可全年进行;均质土坝采用黏性土料填筑,施工受严寒及降雨天气影响较大。

4.3.2 围堰布置

该工程坝址河段河道较窄,可充分发挥沥青混凝土心墙坝及均质土坝围堰与坝体相结合的特点,加快施工进度;混凝土面板坝围堰与坝体则需分开布置。

4.3.3 施工进度

混凝土面板坝防渗结构(含基础帷幕灌浆)与坝体填筑施工相互干扰小,而沥青混凝土心墙坝与均质土坝则需先完成坝基防渗后再填筑坝体,在不考虑气候影响条件下,坝体填筑施工进度较其他两种坝型快;但沥青混凝土心墙与面板及黏性土料相比,可适应不同气候特点,坝体可全年施工。

4.4 主要工程量比较

三种坝型中,混凝土面板坝坝坡最陡,坝体断面最小,坝体填筑工程量也最小,沥青混凝土心墙坝居中,均质土坝坝坡最缓,坝体填筑工程量最大;混凝土面板坝趾板对基础要求较高,基座在强风化层下部,且因趾板线较坝轴线长,基础岩石开挖量较沥青混凝土心墙坝和均质土坝大;混凝土面板坝靠上游混凝土面板防渗,混凝土及钢筋制安工程量较其他两种坝型大(见表3)。

表3 各坝型主要工程量比选

主要工程量	坝型		
	沥青混凝土心墙坝	混凝土面板堆石坝	均质土坝
清废/(万 m ³)	6.02	6.27	8.43
土石方开挖/(万 m ³)	1.77	2.46	1.38
坝体填筑/(万 m ³)	25.18	20.38	32.68
沥青混凝土/(万 m ³)	0.32	0	0
混凝土工程/(万 m ³)	0.41	0.6	0.42
钢筋/t	26	470	26
固结灌浆/m	1466	1685	1526
帷幕灌浆/m	4997	5182	5066

5 结论

a. 泊圪塔村至团立村河段建库地形条件最好,该河段的上、下两个坝址的地形地质条件无大的差异,无制约性因素,均能建坝,但是考虑到上坝址更具有地质结构方面的优势,确立上坝址为最终建坝坝址。

b. 三种坝型对地形、地质条件适应能力都较强,均满足建坝的要求,在技术上都可行,但从防渗性能、坝体结构稳定性、施工条件等方面综合比较,混凝土面板堆石坝相对有优势,最终选择混凝土面板堆石坝进行工程区施工建设。

c. 下泊水库以供水、防洪为主,现进入试运行阶段,经合理调度,大坝的渗流、变形及稳定总体处于正常状态。◆

参考文献

- [1] 孙伟星. 如何做好水库安全管理工作[J]. 水利建设与管理, 2011(5):50-51.
- [2] 吴志勇,王坚,王鸽. 卡拉水电站边坡稳定及对坝址选择影响分析研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(S1): 3216-3221.
- [3] 陈志强,侍克斌. 水利枢纽工程坝型选择影响因素的分析[J]. 中国农村水利水电, 2007(8):62-66.
- [4] 王东. 土石坝渗漏成因及处理方法[J]. 水利建设与管理, 2009(12):70-71.
- [5] 李德群. 土石坝体(基)渗漏勘察与分析[J]. 水利建设与管理, 2015(12):39-43.