

山阳县高坝店镇金山村银花河段河道治理工程

张 晶 牛 涛

西安景天水利水电勘测设计咨询有限公司 陕西 西安 710000

摘 要：河流是城市的重要组成部分，关系到城市经济的持续、稳定、健康发展。河道治理能够提高河道的防洪、排水和排污能力，改善水环境，提升城市形象，有效地保障沿河人民生命财产的安全。以山阳县高坝店镇金山村银花河段河道治理工程为例，结合工程基本情况，提出工程设计方案，为工程建设提供依据。

关键词：河道治理；安全；拦砂坝

1 工程概况

高坝店金山村位于高坝店镇镇区东侧，银花河是汉江二级支流，丹江一级支流，流经山阳县城关、中村、银花3个镇，于丹凤县竹林关镇龙嘴子处汇入丹江。银花河全长80km，平均比降7.4‰，流域面积1045km²，流域面积10km²以上支流共有26条，主要支流有洛峪河、商路河等。银花河流经山阳、丹凤两县，其中山阳县境内河段长63.5km，流域面积580.9km²。

2 工程等级及防洪标准

根据国家《防洪标准》（GB50201-2014）和《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2017）规定，主要建筑物按照10年一遇洪水设计。

3 水文计算

本次设计洪水先计算竹林关水文站设计洪峰流量，采用水文比拟法推求工程点设计洪峰流量；另采用《商洛地区实用水文手册》提供的汇水面积相关法、综合参数法、暴雨资料推求设计洪水三种方法计算工程点洪峰流量；对这四种方法计算的结果进行比较分析，最后确定项目点洪峰流量。对四种方法计算结果对比分析后，工程治理河段洪水成果选用水文比拟法的计算成果较为合理^[1]，结果如下表1。

表1 不同方法设计洪峰流量汇总表 单位：m³/s

断面名称	方法	不同频率洪峰流量 (%)			备注
		2	5	10	
金山村段	水文比拟法	933	534	290	采用值
	汇水面积相关法	663	462	/	
	综合参数法	639	462	/	
	暴雨资料推求法	615	438	314	

4 现状存在问题

(1) 河床为松散砂卵石，且以砾石为主，无胶结，抗洪水冲刷能力差，加上人工在河道取沙石毫无制止，

河床下切严重。

(2) 该河段河床弯曲，且比降较大，沿程水流分布极不均匀，局部冲刷和漫滩淤积现象随处可见，形成较大的横比降，极易造成顶冲河段及堤岸垮塌现象。

5 工程设计

5.1 拦砂坝工程设计

5.1.1 拦砂坝主要计算参数

(1) 拦水坝坝顶高程：1#拦砂坝704.56m，2#拦砂坝703.20m；

(2) 坝前设计洪水位：1#拦砂坝706.33m；2#拦砂坝704.97m；

(3) 设计洪水位相应下游水位：1#拦砂坝706.29m；2#拦砂坝704.95m；

(4) 水源范围吹程：0.30km；

(5) 风速：多年平均最大风速23m/s；

(6) 坝体材料为浆砌石，容重：2.3kN/m³；

(7) 坝基岩体与混凝土的抗剪断摩擦系数f₁为1.05；

(8) 抗剪断黏聚力C为0.7Mpa；

(9) 坝基与混凝土的抗剪摩擦系数为0.45；

(10) 坝基岩体的允许承载力为0.30Mpa；

(11) 泥沙资料：根据已成工程经验，泥沙浮容重取为13kN/m³，泥沙内摩擦角为35°。

5.1.2 拦砂坝水力计算

(1) 溢流坝段水力计算

根据《混凝土重力坝设计规范》（SL319-2005）开敞式溢流堰泄流能力公式

$$Q = cm\epsilon cB\sqrt{2g}H_0^{3/2}$$

已知1#坝宽B = 47.5m，2#坝宽B = 58.0m，上游面铅直，上游坡影响系数c = 1。本次设计拦水坝高为1.5m。结果如下表2：

表2 堰上水头~流量计算表

工程名称	堰上总水头 H_0 (m)	淹没系数 δ	流量系数 m	堰宽 B (m)	侧收缩系数 e	上游堰坡影响系数 c	流量 Q (m^3/s)
1#拦砂坝	1.77	0.98	0.36	47.5	1	1	290
2#拦砂坝	1.77	0.98	0.36	58.0	1	1	290

金山村银花河段拦砂坝求得设计流量 $Q = 290m^3/s$ 对应的坝上总水头为约为1.77m, 坝上流速采用上游河道河床抬高1.5m状态下的天然河道流速, $v = 3.34m/s$, 根据 $H_0 = H + v^2/2g$ 求得1#坝设计流量下坝上静水位为706.33m, 2#坝设计流量下坝上静水位为704.97m^[2]。

5.2 工程布置及主要建筑物

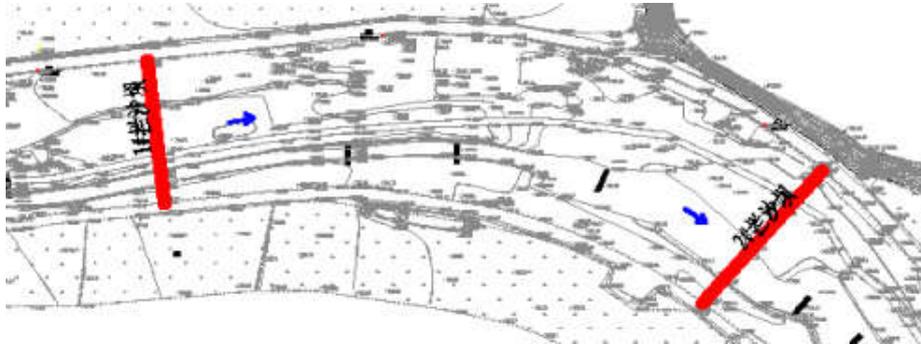


图5-1 拦砂坝位置示意图

坝体材料: 坝体采用M7.5浆砌石填腹, 表层配置30cm厚C25钢筋混凝土防冲层, 厚度0.3m。坝体分缝每隔10m布置, 缝内距迎水面处设聚氨脂砂浆止水, 结构缝宽2cm。

坝基处理: 由于坝体高度较小, 无需帷幕灌浆、坝基排水等基础处理措施, 仅要求坝基开挖至弱风化基岩。根据现场实际地勘和大坝结构要求, 确定坝基开挖深度2.5m左右, 为保证坝体与基岩良好接触, 坝踵坝址处分别设置0.5m深防渗抗滑齿槽。

5.3 拦砂坝抗滑稳定计算

(1) 计算工况及荷载组合

作用在坝体上的荷载主要有水压力、坝体自重、扬压力, 其工况及荷载组合如下:

特殊组合 (运用期): 校核洪水情况的坝体自重+上、下游静水压力+扬压力+动水压力。

(2) 计算公式及计算结果

重力坝抗滑稳定计算根据《混凝土重力坝设计规范》(SL319-2005)公式进行计算:

$$K = \frac{f \sum W}{\sum P}$$

根据引水枢纽的地形地质条件, 初拟坝型采用WES形溢流堰型, 后接消力池与铅丝笼石护坦。

1#实用堰溢流坝段总宽度47.5m, 最大坝高4.0m, 深泓点以上坝高1.5m, 深泓点以下2.5m, 溢流堰顶高程704.56m, 钢筋混凝土消力池宽度47.1m, 长度6.0m, 深度0.8m。

2#实用堰溢流坝段总宽度58.3m, 最大坝高4.0m, 深泓点以上坝高1.5m, 深泓点以下2.5m, 溢流堰顶高程703.20m。钢筋混凝土消力池宽度58.0m, 长度6.0m, 深度0.8m。

拦砂坝的设计洪峰流量为290m³/s。拦砂坝位置如图5-1。

f 取为0.6, 根据上式求得拦砂坝抗滑稳定安全系数 K 为1.86, 坝基抗滑稳定安全系数均大于规范值1.05, 符合规范要求。

表3 大坝抗滑稳定安全系数和坝基边缘应力计算成果表

工程名称	荷载组合	坝踵垂直应力 (Kpa)	坝址垂直应力 (Kpa)
		垂直正应力	垂直正应力
1#拦砂坝	基本组合	19.97	27.73
	特殊组合	14.51	25.19
2#拦砂坝	基本组合	21.97	27.73
	特殊组合	18.51	25.19

5.4 抗倾覆稳定计算

一般为作用在建筑物上的力 (地基反力除外) 对于建基面上某一计算点所产生的抗倾覆力矩与倾覆力矩的比值。该计算点应按最不利于抗倾覆稳定的要求选定, 对重力坝来说, 一般取为坝址。

$$K_t = \text{抗倾覆力矩} / \text{倾覆力矩} = \frac{(W a + E_w b)}{E_w h} \geq 1.5$$

根据上式求得1#拦砂坝抗倾覆稳定安全系数 K_t 为2.67, 2#拦砂坝抗倾覆稳定安全系数 K_t 为2.75, 大于抗倾覆稳定安全系数规范值1.5, 符合规范要求。

5.5 消力池计算

消力池采用挖深式消力池，建筑物泄流方式为低堰泄流，消能方式为底流消能，本次消能计算主要采用远盛底流消能计算软件进行计算：

(1) 收缩断面水深和跃后水深计算：根据《水力学计算手册》手算断面水深计算公式

$$E_0 = h_c + \frac{q^2}{2g\phi^2 h_c^3}$$

B = 15m，求得 $q = 5.7$ ，取为 $g = 9.81\text{m}^2/\text{s}$ ， ϕ 取为 0.95。

根据《水力学计算手册》跃后水深计算公式：

$$h_c'' = \frac{h_c}{2} (\sqrt{1+8Fr^2} - 1)$$

表4 跃后水深计算表

工程名称	设计流量Q	上游总水头	h_c	h_c''	下游水深 h_t
1#拦砂坝	290	3.27	0.68	2.92	1.77
2#拦砂坝	290	3.27	0.71	3.09	1.77

从上表可知 $h_c'' > h_t$ ，发生远离式水跃，需要修建消能设施。

(2) 计算消力池深度d：

消力池深度d根据《溢洪道设计规范》由下列公式计算

$$d = \sigma h_c'' - h_t - \Delta Z$$

$$\Delta Z = \frac{Q^2}{2gb} \left(\frac{1}{\phi^2 h_c^3} - \frac{1}{\phi^2 h_c''^3} \right)$$

可取 $\sigma = 1.05$ ， ϕ 可取 0.95。

修建消力池后计算基准面从下游河床面调整到消力池底板高度，修正后的计算结果见表5：

表5 消力池尺寸计算表

序号	计算流量	E_0	h_c	h_c''	ΔZ	d
单位	m^3/s	m	m	m	m	m
1#拦砂坝	290.0	6.105	0.68	2.92	0.76	0.483
2#拦砂坝	290.0	5.000	0.71	3.09	0.71	0.469

由上表可知设计流量所对应的拦砂坝消力池深度为 $d = 0.76\text{m}$ ，取消力池深度为 0.8m。

(3) 计算消力池池长L：

根据《水力学计算手册》首先确定弗劳德数 Fr 取值范围，从而合理确定水跃长度 L_j 计算公式，弗劳德数 Fr 计算公式：

$$Fr = q / (h_c \sqrt{gh_c})$$

求得 $1.7 < Fr = 2.42 \leq 9.0$ ，所以水跃长度 $L_j = 9.5(Fr-1) h_c$ ，消力池池长 $L = 0.8L_j$ ，计算得 $L_j = 8.354$ ， $L = 5.848$ ，取消力池长度为 6.0m。

(4) 消力池底板厚度计算：

消力池底板厚度确定可根据抗冲要求确定，采用《水闸设计规范》(SL265-2001)公式 b.1.3-1 进行计算：

$$t = k_1 \sqrt{q \sqrt{\Delta H'}}$$

k_1 本工程采用 0.20，计算求得消力池底板首段所需最大厚度 $t = 0.483\text{m}$ ，消力池末端厚度可采用 $t/2$ ，但不宜小于 0.5m，考虑实际情况消力池底板厚度统一取为 0.5m^[3]。

5.6 护坦计算

水流经过消力池消能后，能消除大部分能量，但仍有一定的剩余动能，底部流速较大，对河床仍有较强的冲刷能力。所以设置护坦，以免引起冲刷河床，影响工程安全。

护坦长度计算公式：

$$L_p = K_s \sqrt{q_s \sqrt{\nabla H'}}$$

护坦末端的河床冲刷深度计算公式：

$$d_m = 1.1 \frac{q_m}{[v_0]} - h_m$$

上游护坦首端的河床冲刷深度计算公式：

$$d'_m = 0.8 \frac{q'_m}{[v_0]} - h'_m$$

1#、2#拦砂坝护坦长度 5m，下游冲刷坑深度 1.5m。

6 结语

本次设计拦砂坝符合技术要求，对金山村周围的自然环境和土地资源、产业集中化能起到特别重要的改善和保护作用。也能够保障群众生命财产安全，促进区域经济社会发展，构建和谐社会。

参考文献

- [1] 方家河洪水计算及河道治理工程设计 [J]. 都兴伟. 水利科学与寒区工程. 2020, 第5期。
- [2] 江西垌平原排涝工程沿山内河苍南段河道治理工程设计 [J]. 包纯毅; 王春琪; 吴哲; 浙江水利科技. 2023 年第2期。
- [3] 永济市湾湾河河道治理工程设计浅析 [J]. 王肖迪. 山西水利. 2023 年第6期。