

同心县红柳沟大型淤地坝设计方案

马向军

宁夏河海工程咨询管理有限公司 宁夏 银川 750000

摘要：同心县红柳沟淤地坝拟于2025年开工建设，为大（一）型淤地坝，坝址已确定，本文简要论述工程布置和相关参数设计，以期工程尽早开工建设，发挥水土保持功能。

关键词：淤地坝；布置；设计参数

1 地理位置

同心县红柳沟大型淤地坝，位于马高庄乡沟滩村和张家塬乡汪家塬村交界处（预旺镇向东2.7km），属清水河一级支流折死沟左岸支流红柳沟流域，距同心县城75km，地理坐标东经106°24'6.28"北纬36°49'9.2"。

2 水文参数

流域水文参数根据《宁夏水文手册》（2020版）、《宁夏暴雨洪水图集》（2019版）和相关测站实测值

综合分析确定。多年平均降水量300mm、水面蒸发量1300mm（E601型蒸发器）、径流深为7mm、输沙模数为4000t/km²·a，年最大1h点雨量均值为20mm（Cv=0.6，Cs=3.5Cv）、年最大6h点雨量均值为32.5mm（Cv=0.53，Cs=3.5Cv），清浑均为0.7。根据1：10000地形图勾绘，坝址以上流域面积24.11km²，概化长度为12.65km。^[1]不同频率洪峰流量、洪水总量和洪水过程线采用宁夏洪水暴雨图集中6小时同频内包雨型确定如下：

表1 不同频率设计洪峰流量、洪水总量表

频率P (%)	0.2	0.33	0.5	1	2	3.33	5	10
洪峰流量 (m ³ /s)	267.10	238.94	215.55	178.96	142.53	118.85	101.22	74.29
洪水总量 (10 ⁴ m ³)	165.17	149.14	135.71	114.47	92.98	78.07	66.78	49.48

表2 不同频率设计洪水过程线表

单位：m³/s

时段 (h)	0.2	0.33	0.5	1	2.0	3.33	5.0	10.0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	111.21	98.98	88.87	73.17	57.69	47.23	39.5	28.01
1	267.1	238.94	215.55	178.96	142.53	117.67	99.14	71.31
1.5	255.7	230.47	209.34	175.95	142.22	118.85	101.22	74.29
2	150.95	137.35	125.84	107.42	88.45	75.06	64.8	48.78
2.5	74.69	68.63	63.46	55.05	46.21	39.85	34.89	26.97
3	33.73	31.31	29.22	25.76	22.06	19.33	17.17	13.63
3.5	14.41	13.51	12.73	11.41	9.96	8.87	7.99	6.52
4	5.93	5.62	5.34	4.87	4.33	3.93	3.59	3.01
4.5	2.37	2.27	2.18	2.02	1.84	1.69	1.57	1.35
5	0.93	0.9	0.87	0.82	0.76	0.71	0.67	0.59
5.5	0.36	0.35	0.34	0.33	0.31	0.3	0.28	0.26
6	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11
6.5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
7	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
7.5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	0	0	0	0	0	0	0	0

3 地质条件

(1) 坝址处左岸黄土厚度46.50m，湿陷层厚21.00m，湿陷量1760.70mm，自重湿陷量722.40mm，属Ⅳ级自重

湿陷性场地。右岸黄土层厚度47.0，湿陷层厚度21.00m，湿陷量1538.70mm，自重湿陷量700.60mm，属Ⅳ级自重湿陷性场地。

(2) 场地土对混凝土具有中腐蚀性, 对钢筋混凝土中的钢筋具中腐蚀性, 对钢结构具中腐蚀性。

(3) 该地区地震动峰值加速度值为0.20g, 地震动反应谱特征周期0.45s, 地震基本烈度为8度。区域构造稳定性分级属较差。属抗震不利地段。

(4) 本地区标准冻土深度为105cm, 最大冻土深度为121cm。

4 工程布置

该淤地坝库容在100万 m^3 ~500万 m^3 之间, 为大(一)型淤地坝, 根据规范要求, 工程由坝体、泄洪洞和输水建筑物三大件组成。选定的坝址处沟道呈“U”型, 沟底宽约45m, 沟口宽约160m, 沟深约48m。坝址处沟道两岸岸坡较陡, 左岸岸坡整体坡比约为1:1.2, 下缓上陡; 右岸岸坡整体约1:1.3, 下缓上陡; 沟道较为顺直, 岸坡较整齐, 坝体及建筑物均可避开两岸冲沟。根据实际情况, 泄洪洞布置于右岸、放水建筑物布置于左岸, 坝体垂直于沟道布置。以下为具体布置, 参数确定在后续内容明确:

土坝: 垂直沟道布置, 为碾压式黄土均质坝, 坝高29.5m, 坝顶长146.9m, 坝顶宽5.0m, 坝顶高程为1472.9m。前坝坡1:2.5/1:2.75/1:3.0, 后坝坡1:2.5并设2级1.5m宽马道, 前后坝坡均采用植物护坡, 坝顶设砂砾石路面, 坝后设棱体排水体, 排水体顶高程1446.4m, 坝体与岸坡结合处设排水沟。

泄洪洞: 为涵洞式, 布置于右坝肩坝轴0+133.5桩号处, 与坝轴线垂直, 总长155.2m, 由进口段、涵洞段、明渠段、陡坡段、消能段、尾水渠及海漫段组成, 泄洪洞涵洞进口段底板高程为1463.8m, 设1孔, 宽2.4m, 高3.0m, 设计工况下泄流量21.9 m^3/s , 校核工况下泄流量为32.5 m^3/s 。

放水建筑物: 沿左坝坡布设, 由卧管、消力井、坝下涵洞、明渠、陡坡、消力池等组成, 总长252.7m, 下泄流量为1.22 m^3/s , 卧管总高度23.2m, 坡比1:2.5, 每台高0.4m, 共58阶, 断面尺寸1.2×1.2m, 坝下涵洞断面尺寸1.0×1.6m(宽×高)。

5 土坝、泄洪洞设计参数确定

5.1 水位库容曲线

水位、库容关系通过实测1:1000地形图勾绘, 见下表:

表3 淤地坝水位、库容关系表

高程(m)	面积(万 m^2)	库容(万 m^3)	高程(m)	面积(万 m^2)	库容(万 m^3)
1444	0.60	0.00	1460	11.55	101.47
1445	1.61	1.10	1461	12.15	113.32
1446	2.18	3.00	1462	12.78	125.79

续表:

高程(m)	面积(万 m^2)	库容(万 m^3)	高程(m)	面积(万 m^2)	库容(万 m^3)
1447	3.01	5.60	1463	13.37	138.86
1448	3.79	9.00	1464	13.93	152.51
1449	4.42	13.11	1465	14.43	166.69
1450	4.99	17.81	1466	14.93	181.37
1451	5.61	23.11	1467	15.43	196.55
1452	6.17	29.00	1468	15.92	212.22
1453	7.01	35.60	1469	16.45	228.41
1454	7.83	43.02	1470	16.98	245.13
1455	8.54	51.21	1471	17.51	262.37
1456	9.22	60.09	1472	18.01	280.13
1457	9.79	69.59	1473	18.58	298.43
1458	10.34	79.66	1474	19.12	317.29
1459	10.87	90.26	1475	19.68	336.69

5.2 淤积库容

设计淤积年限根据规范要求取20年, 拦泥库容按下列公式计算:

$$V_L = \frac{\overline{W}_{sb}(1-\eta_s)N}{\gamma}$$

V_L ——拦泥库容, 万 m^3 ;

\overline{W}_{sb} ——多年平均输沙量, 为10.12万 $t \cdot a$;

η_s ——坝库排沙比;

N ——设计淤积年限, 为20a;

γ ——泥沙容重, 取 $\gamma = 1.35t/m^3$ 。

由于淤地坝采用卧管、涵洞放水, 泄量较小, 不考虑其排沙作用, 泄洪洞设置较高, 也不考虑其排沙作用, 即坝库排沙比为零。^[2]将各值代入上式, 计算得拦泥库容 $V_L = 150.02$ 万 m^3 , 对应设计淤积高程为1463.8m。

5.2 泄洪洞泄量

初步拟定了2m、2.4m、3m三个泄洪洞宽度, 进口限流后开度统一为2m。涵洞水深和水头关系 $e/H \leq 0.65$ 按孔流计算, $e/H > 0.65$ 按堰流计算。经计算洞宽2m时, 坝高会超过30m, 洞宽为3m时, 下泄流量大, 泄洪洞规模大, 不利于投资控制, 最后选取洞宽为2.4m, 底板高程为1463.8m, 泄量计算结果见下表:

表4 泄量计算成果表

高程H(m)	水深h(m)	泄流量(m^3/s)	高程H(m)	水深h(m)	泄流量(m^3/s)
1463.8	0	0	1468	4.2	22.40
1464	0.2	0.34	1469	5.2	25.72
1465	1.2	4.94	1470	6.2	28.68
1466	2.2	12.27	1471	7.2	31.36

续表:

高程H (m)	水深h (m)	泄流量 (m ³ /s)	高程H (m)	水深h (m)	泄流量 (m ³ /s)
1467	3.2	18.53	1471.4	7.6	32.50

根据淤地坝P = 3.33%、p = 0.33%的洪水过程线、泄量成果和库容曲线进行调洪演算(调洪过程本文省略)。起调水位为设计淤泥面1463.8m,设计洪水位1467.9m对应的库容为210万m³,校核洪水位1471.4m对应的库容为270.30万m³。取安全超高1.5m,淤地坝总高度为拦泥坝高20.4m+滞洪坝高7.6m+安全超高1.5m = 29.5m。

6 放水建筑物参数确定

6.1 放水流量确定

根据《淤地坝技术规范》(SL/T804-2020),放水建筑物放水流量按3~5d泄完10年一遇频率一次洪水总量确定。10年一遇频率洪水总量为49.48万m³,计算的放水流量为1.15~1.91m³/s。

卧管采用顶进水型式,放水孔直径不应大于0.3m,卧管放水流量根据《淤地坝技术规范》(SL/T804-2020),可按公式进行计算:

$$\text{开启一台} d = 0.68 \sqrt{\frac{q}{\sqrt{H_1}}}$$

$$\text{同时开启两台} d = 0.68 \sqrt{\frac{q}{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}}}$$

$$\text{同时开启三台} d = 0.68 \sqrt{\frac{q}{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2} + \sqrt{H_3}}}$$

本次设计,一台设两孔,孔径为0.3m,卧管级差0.4m,同时开三级,设计放水流量为1.22m³/s,满足要求。设计输水廊道底宽1.2m,坡比为1:2.5,按明渠均匀流公式计算得加大水深为0.13m。廊道高度取卧管水深的3~4倍,为0.39~0.52m,为便于维护维修,设计高度取为0.8m,满足要求。

6.2 消力井水力计算

卧管消能采用消力井,根据《淤地坝技术规范》(SL/T804-2020),消力池计算计算公式如下:

消力池深度: $d = 1.1 \times h_2 - h$

$$\text{第二共扼水深: } h_2 = \frac{h_0}{2} \left(\sqrt{\left(1 + \frac{8q^2}{gh_0^3} \right)} - 1 \right)$$

消力井长度: $L_2 = (3 \sim 5) \times h_2$

式中: h_2 —第二共扼水深(m);

h —下游水深(m), $h = 0.54$;

h_0 —陡槽末端水深(m), $h_0 = 0.13\text{m}$;

a —流速不均匀系数,可取1.0~1.1,取1.0;

q —陡槽单宽流量, $q = Q/B = 1.46/1.2 = 1.22\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$;

则: $h_2 = 1.46\text{m}$; $d = 1.07\text{m}$ (为便于施工取1.2m); $L_2 = 4.38 \sim 7.3\text{m}$,取4.5m。

消力井总高度按下式计算:

$$H = d + p - h$$

式中:

H —消力井总高度(m);

p —涵洞高度(m);

h —下游水深(m);

则: $H = 1.2 + 1.6 - 0.54 = 2.26\text{m}$,结合卧管与消力井结合处泄槽高度,取2.38m。

6.3 坝下涵洞水力计算

涵洞设计流量为1.22m³/s,设计底宽1.0m,纵向比降为1:100,按明渠均匀流公式计算得正常水深为0.47m。根据《淤地坝技术规范》(SL/T 804-2020),大型淤地坝方涵宽度不应小于0.8m,高度不应小于1.2m,且洞内水深应小于涵洞净高的75%。^[3]涵洞较长,为便于维护和维修,坝下涵洞底宽取1.0m,净高取1.6m,满足无压过流条件。

结束语:折死沟流域是宁夏水土流失最严重的地区,该淤地坝流域面积较大,水土保持效果明显。该工程规模较大,后期设计中应优化相关设计,降低投资。

参考文献

- [1] 王晓华,陕北黄土高原地区淤地坝建设与维护探讨,陕西水利,2014(06):107-108
- [2] 宇涛,李占斌等,黄土丘陵第三副区典型淤地坝系结构特征分析,水土保持研究,2019.26(04):32-36+41
- [3] 杨吉山,张晓华,宋天华等,宁夏清水河流域淤地坝拦沙量分析,干旱区资源与环境,2020.34(04):124-129