

目 录

第一章 调洪演算	1
第二章 非溢流坝设计计算	8
2.1 坝高的计算	8
2.2 坝挡水坝段的稳定及应力分析	8
第三章 溢流坝设计计算	15
3.1 堰面曲线	15
3.2 中部直线段设计	16
3.3 下游消能设计	16
3.4 水力校核	18
3.5 WES 堰面水面线计算	20
第四章 放空坝段设计计算	23
4.1 放空计算	23
4.2 下游消能防冲计算	24
4.3 水力校核	25
4.4 水面线计算	27
第五章 电站坝段设计计算	29
5.1 基本尺寸拟订	29
第六章 施工导流计算	32
6.1 河床束窄度	32
6.2 一期围堰计算	32
6.2 二期围堰高程的确定	33
附录一 经济剖面选择输入及输出数据	36
附录二 坝体的稳定应力计算输入输出数据	41
附录三 调洪演算源程序及输入数据	52

第一章 调洪演算

(1) 基本资料

水位-容积曲线（见蓝图）；

实测洪水过程线（见蓝图）；

各类型洪峰值（见 2.2.3 节）

正常（设计）洪水重现期 1000~500 年 对应频率：0.1%~0.2%

非常（校核）洪水重现期 5000~2000 年 对应频率：0.02%~0.05%

(2) 限制条件

起调水位:175.8m, 对应流量 $824.7\text{m}^3/\text{s}$;

参加泄洪的不包括放空流量, 要求计入发电的流量;

最大的下泄流量不得大于安全泄量, 设计和校核分别为 $2000\text{m}^3/\text{s}$ $2500\text{m}^3/\text{s}$;

(3) 设计和校核洪水过程线的推求

设计洪水过程线取频率为 0.1%的洪水, 期洪峰 $4750\text{m}^3/\text{s}$; 校核洪水过程线取 0.02%, 对应洪水期洪峰 $5600\text{m}^3/\text{s}$ 。利用按峰控制的同倍比放大法对典型洪水放大得设计校核洪水过程线。

$$\text{设计洪水放大系数: } K_Q = \frac{Q_{\text{mp}}}{Q_m} = \frac{4750}{3220} = 1.48;$$

$$\text{校核洪水放大系数: } K_Q = \frac{Q_{\text{mp}}}{Q_m} = \frac{5600}{3220} = 1.74;$$

可得设计和校核洪水过程线如图 1-2 所示

(4) 演算方案拟订

①泄洪方式:采用表孔式泄洪;

②拟订演算方案（闸孔宽度和数量）

取允许单宽流量: $[q]=70\text{ m}^3/\text{s}$;

$$\text{溢流前净宽: } L = \frac{Q_{\text{防}}}{[q]} = \frac{2500}{70} = 35.71\text{m}$$

堰上水深 H_0 根据公式 $q = m\epsilon\sqrt{2g}H^{3/2}$ 推求

$$70 = 0.48 \times \sqrt{2 \times 9.8} H_0^{3/2} \quad \text{则 } H_0 = 10.28\text{m}$$

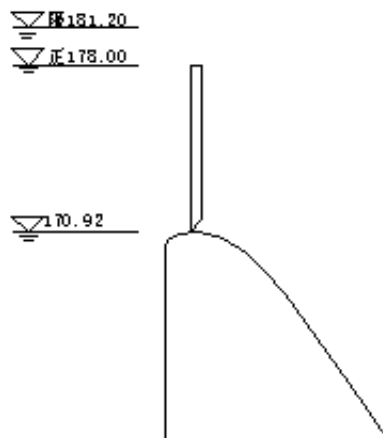


图 1-1 溢流堰顶形式

堰顶高程

$$Z_{\text{堰顶}} = Z_{\text{限}} - H_0 = 181.20 - 10.28 = 170.92\text{m}$$

闸门高

$$h = Z_{\text{正常}} - Z_{\text{堰顶}} = 178.00 - 170.92 = 7.08\text{m} \quad \text{取 } 7 \text{ 米}$$

根据以上基本尺寸现拟订两个方案：

I $b=11\text{m}$ $n=3$ 堰顶高程 170.92

II $b=12\text{m}$ $n=3$ 堰顶高程 170.92

(5) 计算工况

计算工况分为校核和设计两种。

(6) 计算方法

计算方法：试算法。

由于试算过于复杂且均为重复性计算，考虑用电算。

(7) 调洪演算试算法过程

①根据库容曲线 $Z-V$ (见蓝图)，的拟订的泄洪建筑物形式、尺寸，用水力学公式确定算 $Q-Z$

关系为 $q = Bm\epsilon\sqrt{2g}H^{3/2}$;

②分析确定调洪开始时的起始条件，即起调流量 $824.7\text{m}^3/\text{s}$;

③利用水量平衡式和蓄泄曲线，按试算法列表解算各时段末的 q_2 、 V_2 。即求解满足方程式

$$\begin{cases} \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t - \frac{q_1 + q_2}{2} \Delta t = V_2 - V_1 \\ q = Bm\epsilon\sqrt{2g}H^{3/2} \end{cases}$$

所对应的 q_2 、 V_2 ;

④将入库洪水 $Q-t$ 和计算的 $q-t$ 点绘在一张图纸上，二者的交点即为所求的下泄洪水流量最大值 q_m ;

⑤根据公式 $q = Bm\epsilon\sqrt{2g}H^{3/2}$ 即可求得此时对应的水头 H 和上游水位 Z 。

(8) 计算及其结果

根据上面的计算方法，编写程序 TBD，编写语言为 c。源代码及输入数据见附录三

将计算结果列于下：

①计算工况：设计情况下，3孔，每孔11米。

表 1-1 调洪演算表一

时间 t (h)	入库洪水 $Q (m^3/s)$	入库平均流量 $\bar{Q} (m^3/s)$	下泄流量 $q (m^3/s)$	平均下泄流量 $\bar{q} (m^3/s)$	库容变化 $\Delta V (万 m^3)$	库容 $V (万 m^3)$	水库水位 $Z (m)$
10.4	824.7	967.4	824.7	828.1	230.7	121948.9	176.1
15	1110	1302.4	831.4	843.6	825.9	122179.5	176.1
20	1494.8	1783.4	855.7	879.9	1626.2	123005.5	176.2
25	2072	2220	904.2	914.8	704.8	124631.7	176.4
26.5	2368	2516	925.5	938.4	851.9	125336.5	176.5
28	2664	2812	951.4	961.6	666.1	126188.4	176.6
29	2960	3152.4	971.9	983.9	780.6	126854.6	176.7
30	3344.8	3537.2	996	1010.2	909.7	127635.3	176.8
31	3729.6	4084.8	1024.4	1058.9	2178.6	128545	176.9
33	4440	4543.6	1093.5	1113.4	1234.9	130723.7	177.2
34	4647.2	4691.6	1133.3	1154.1	1273.5	131958.6	177.3
35	4736	4750.8	1174.8	1194.5	1280.3	133232.2	177.5
36	4765.6	4721.2	1214.1	1242.7	1878.4	134512.4	177.6
37.5	4676.8	4528.8	1271.4	1316.3	2891.3	136390.7	177.8
40	4380.8	4062.6	1361.2	1436.7	4726.6	139281.8	178.1
45	3744.4	3455.8	1512.3	1568.2	3397.6	144008.5	178.7
50	3167.2	2923	1624.2	1662.2	2269.4	147405.9	179
55	2678.8	2523.4	1700.3	1724.8	1437.5	149675.5	179.3
60	2368	2242.2	1749.2	1764	860.8	151113.1	179.5
65	2116.4	2012.8	1778.7	1785.7	408.7	151974.1	179.6
70	1909.2	1827.8	1792.8	1793.8	61.2	152382.8	179.6
75	1746.4	1665	1794.9	1791	-226.7	152444.2	179.6
80	1583.6	1509.6	1787.1	1778.7	-484.5	152217.5	179.6
85	1435.6	1369	1770.4	1758.4	-701	151733.1	179.5
90	1302.4	1228.4	1746.4	1731	-904.8	151032.1	179.4
95	1154.4	1087.8	1715.7	1697.1	-1096.8	150127.2	179.3
100	1021.2	954.6	1678.6	1657.4	-1265	149030.5	179.2
105	888	828.8	1636.1	1612.7	-1411	147765.6	179.1
110	769.6	725.2	1589.2	1564.4	-1510.6	146354.4	178.9
115	680.8	658.6	1539.5	1514.5	-1540.6	144843.9	178.8
120	636.4	629	1489.4	1465.2	-1505.1	143303.3	178.6
125	621.6	606.8	1441	1417.7	-1459.7	141798.2	178.4
130	592		1394.5			140338.7	178.3

可知最大下泄流量出现在 70-75h 之间，用直线内插法计算得最大下泄流量为 $1900.3 m^3/s$ ，考虑电站的下泄流量为 $q_{max}=1900.3+2400 \times 0.7=2068.3 m^3/s > 2000 m^3/s$ ，不满足安全下泄流量的要求。

②计算工况：校核情况下，3孔，每孔11米。

表 1-2 调洪演算表二

时间 t(h)	入库洪水 $Q(m^3/s)$	入库平均流量 $\bar{Q}(m^3/s)$	下泄流量 $q(m^3/s)$	平均下泄流量 $\bar{q}(m^3/s)$	库容变化 $\Delta V(万 m^3)$	库容 $V(万 m^3)$	水库水位 $Z(m)$
8.4	824.7	882.2	824.7	825.2	32.2	121948.9	176.1
10	939.6		825.6	825.9	18.5	121981.1	176.1
10.4	969.6	954.6	826.2	833.5	503	121999.7	176.1
15	1305	1137.3	840.9	858.8	1210.3	122502.8	176.2
20	1757.4	1531.2	876.7	908.9	2138.1	123713.1	176.3
25	2436	2096.7	941.1	954.8	893.8	125851.1	176.6
26.5	2784	2610	968.5	985	1065.4	126744.8	176.7
28	3132	2958	1001.4	1014.3	825	127810.2	176.8
29	3480	3306	1027.2	1042.4	959	128635.2	176.9
30	3932.4	3706.2	1057.5	1075.2	1110	129594.2	177
31	4384.8	4158.6	1092.8	1135.7	2640	130704.2	177.2
33	5220	4802.4	1178.5	1201.2	1490.6	133344.2	177.5
34	5463.6	5341.8	1223.9	1247.3	1536.6	134834.8	177.6
35	5568	5515.8	1270.8	1294.6	1544.7	136371.5	177.8
36	5602.8	5585.4	1318.5	1354	2266.2	137916.2	178
37.5	5498.4	5550.6	1389.5	1445.5	3491	140182.4	178.2
40	5150.4	5324.4	1501.4	1596.2	5724.2	143673.5	178.6
45	4402.2	4776.3	1691	1761.8	4141.9	149397.7	179.3
50	3723.6	4062.9	1832.7	1882.1	2797.9	153539.7	179.7
55	3149.4	3436.5	1931.5	1965.7	1801.7	156337.5	180
60	2784	2966.7	2000	2021.3	1106.7	158139.3	180.3
65	2488.2	2636.1	2042.5	2053.4	563.4	159246.2	180.4
70	2244.6	2366.4	2064.3	2067.1	147.2	159809.7	180.5
75	2053.2	2148.9	2070	2066.2	-195.6	159957	180.5
80	1861.8	1957.5	2062.4	2052.7	-500.3	159761.4	180.4
85	1687.8	1774.8	2043.1	2028.6	-754.3	159261	180.4
90	1531.2	1609.5	2014.1	1995.1	-991.7	158506.7	180.3
95	1357.2	1444.2	1976.2	1953.1	-1213.6	157515.2	180.2
100	1200.6	1278.9	1930.1	1905	-1408.8	156301.6	180
105	1044	1122.3	1879.9	1852.4	-1580.3	154892.9	179.9
110	904.8	974.4	1824.8	1795.6	-1697.4	153312.4	179.7
115	800.4	852.6	1766.4	1736.9	-1732.6	151615	179.5
120	748.2	774.3	1707.4	1678.9	-1690.9	149882.4	179.3
125	730.8	739.5	1650.4	1623.1	-1637.5	148191.4	179.1
130	696	713.4	1595.9			146554	179

可知最大下泄流量出现在 70-75h 之间，用直线内插法计算得最大下泄流量为

2164.3 m³/s, 考虑电站的下泄流量为 $q_{\max}=2164.3+2400 \times 0.7=2332.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($<2500 \text{ m}^3/\text{s}$, 满足安全下泄流量的要求。

③计算工况：设计情况下，3孔，每孔12米。

表 1-3 调洪演算表三

时间 t (h)	入库洪水 $Q (\text{m}^3/\text{s})$	入库平均流量 $\bar{Q} (\text{m}^3/\text{s})$	下泄流量 $q (\text{m}^3/\text{s})$	平均下泄流量 $\bar{q} (\text{m}^3/\text{s})$	库容变化 $\Delta V (\text{万 m}^3)$	库容 $V (\text{万 m}^3)$	水库水位 $z (\text{m})$
10.4	824.7	967.4	824.7	828.2	230.4	119559	175.8
15	1110	1302.4	831.8	844.7	823.9	119789.4	175.8
20	1494.8	1783.4	857.5	883.1	1620.5	120613.4	175.9
25	2072	2220	908.7	920	702	122233.9	176.1
26.5	2368	2516	931.2	945	848.4	122935.9	176.2
28	2664	2812	958.7	969.5	663.3	123784.2	176.3
29	2960	3152.4	980.3	993.1	777.3	124447.4	176.4
30	3344.8	3537.2	1005.9	1020.9	905.9	125224.7	176.5
31	3729.6	4084.8	1036	1072.6	2168.8	126130.6	176.6
33	4440	4543.6	1109.1	1130.2	1228.8	128299.5	176.9
34	4647.2	4691.6	1151.3	1173.4	1266.6	129528.4	177
35	4736	4750.8	1195.4	1217.8	1271.9	130794.9	177.2
36	4765.6	4721.2	1240.1	1272.7	1862.2	132066.9	177.3
37.5	4676.8	4528.8	1305.3	1352.8	2858.4	133929.1	177.5
40	4380.8	4062.6	1400.3	1479.8	4649.1	136787.5	177.9
45	3744.4	3455.8	1559.3	1617.7	3308.7	141436.4	178.4
50	3167.2	2923	1676	1715.1	2174.3	144745.2	178.7
55	2678.8	2523.4	1754.1	1778.5	1340.7	146919.3	179
60	2368	2242.2	1802.9	1817	765.4	148260.2	179.1
65	2116.4	2012.8	1831	1836.8	316.8	149025.5	179.2
70	1909.2	1827.8	1842.6	1842.2	-25.9	149342.2	179.3
75	1746.4	1665	1841.7	1836	-307.9	149316.5	179.3
80	1583.6	1509.6	1830.4	1820.1	-558.9	149008.7	179.2
85	1435.6	1369	1809.9	1795.9	-768.3	148449.9	179.2
90	1302.4	1228.4	1781.8	1764.3	-964.7	147681.8	179.1
95	1154.4	1087.8	1746.8	1726.1	-1149	146717.2	179
100	1021.2	954.6	1705.4	1682.1	-1309.4	145568.4	178.8
105	888	828.8	1658.7	1633.1	-1447.7	144258.9	178.7
110	769.6	725.2	1607.5	1580.5	-1539.6	142811.2	178.5
115	680.8	658.6	1553.6	1526.6	-1562.4	141271.6	178.4
120	636.4	629	1499.6	1473.6	-1520.3	139709.2	178.2
125	621.6	606.8	1447.6	1422.8	-1468.8	138188.9	178
130	592		1398			136720.1	177.9

可知最大下泄流量出现在 70-75h 之间，用直线内插法计算得最大下泄流量为

1830.84m³/s, 考虑电站的下泄流量为 $q_{\max}=1830.84+2400\times 0.7=1998.84\text{m}^3/\text{s}$ ($<2000\text{ m}^3/\text{s}$), 满足安全下泄流量的要求。

④计算工况：校核情况下，3孔，每孔12米。

表 1-4 调洪演算表四

时间 t(h)	入库洪水 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	入库平均流量 $\bar{Q}(\text{m}^3/\text{s})$	下泄流量 $q(\text{m}^3/\text{s})$	平均下泄流量 $\bar{q}(\text{m}^3/\text{s})$	库容变化 $\Delta V(\text{万 m}^3)$	库容 $V(\text{万 m}^3)$	水库水位 $Z(\text{m})$
8.4	824.7	882.2	824.7	825.2	32.2	119559	175.8
10	939.6	954.6	825.7	826	18.5	119591.2	175.8
10.4	969.6	1137.3	826.2	834	502.2	119609.7	175.8
15	1305	1531.2	841.8	860.8	1206.8	120112	175.9
20	1757.4	2096.7	879.7	913.7	2129.3	121318.8	176
25	2436	2610	947.8	962.3	889.8	123448.3	176.3
26.5	2784	2958	976.8	994.2	1060.5	124338.1	176.4
28	3132	3306	1011.6	1025.3	821.1	125398.6	176.5
29	3480	3706.2	1038.9	1054.9	954.5	126219.7	176.6
30	3932.4	4158.6	1071	1089.7	1104.8	127174.1	176.7
31	4384.8	4802.4	1108.4	1153.8	2627	128278.9	176.9
33	5220	5341.8	1199.3	1225.4	1481.9	130905.9	177.2
34	5463.6	5515.8	1251.5	1278.2	1525.6	132387.7	177.4
35	5568	5585.4	1304.8	1330.1	1531.9	133913.2	177.5
36	5602.8	5550.6	1355.4	1393	2245.1	135445.1	177.7
37.5	5498.4	5324.4	1430.7	1489.9	3451.1	137690.2	178
40	5150.4	4776.3	1549.1	1648.9	5629.3	141141.3	178.3
45	4402.2	4062.9	1748.8	1822.7	4032.3	146770.8	179
50	3723.6	3436.5	1896.7	1947	2681.2	150803	179.4
55	3149.4	2966.7	1997.2	2029.3	1687.3	153483.9	179.7
60	2784	2636.1	2061.4	2080.8	999.6	155171.3	179.9
65	2488.2	2366.4	2100.2	2109.7	462	156170.9	180
70	2244.6	2148.9	2119.3	2120.3	51.4	156633	180.1
75	2053.2	1957.5	2121.4	2115.5	-284.4	156684.3	180.1
80	1861.8	1774.8	2109.6	2097.9	-581.6	156400.1	180
85	1687.8	1609.5	2086.2	2070.3	-829.4	155818.2	180
90	1531.2	1444.2	2054.4	2034.2	-1062	154988.9	179.9
95	1357.2	1278.9	2014	1989.8	-1279.7	153926.8	179.8
100	1200.6	1122.3	1965.7	1938.2	-1468.6	152647.1	179.6
105	1044	974.4	1910.7	1880.4	-1630.9	151178.6	179.5
110	904.8	852.6	1850.2	1818.3	-1738.3	149547.7	179.3
115	800.4	774.3	1786.5	1754.5	-1764.4	147809.4	179.1
120	748.2	739.5	1722.6	1691.9	-1714.3	146045	178.9
125	730.8	713.4	1661.2	1632	-1653.5	144330.8	178.7
130	696		1602.8			142677.2	178.5

可知最大下泄流量出现在 75-80h 之间，用直线内插法计算得最大下泄流量为

2110.66m³/s, 考虑电站的下泄流量为 $q_{\max}=2110.66+2400\times0.7=2278.66\text{m}^3/\text{s}$ <2500 m³/s, 满足安全下泄流量的要求。

(7) 调洪演算结果及其分析

将上述结果整理为下表

表 1-5 调洪演算成果

方案	孔宽(m)	起调流量	类型	q_{\max} (m ³ /s)	v_{\max} (m ³)	z_{\max} (m)	$Q_{\max}+Q_{\text{电}}$
方案一	36	804.51	校核	2110.66	15.6	180.13	2278.66
			设计	1830.84	15.1	179.3	1998.84
方案二	33	979.55	校核	2164.3	16.2	180.74	2332.3
			设计	1900.3	15.45	179.84	2068.3

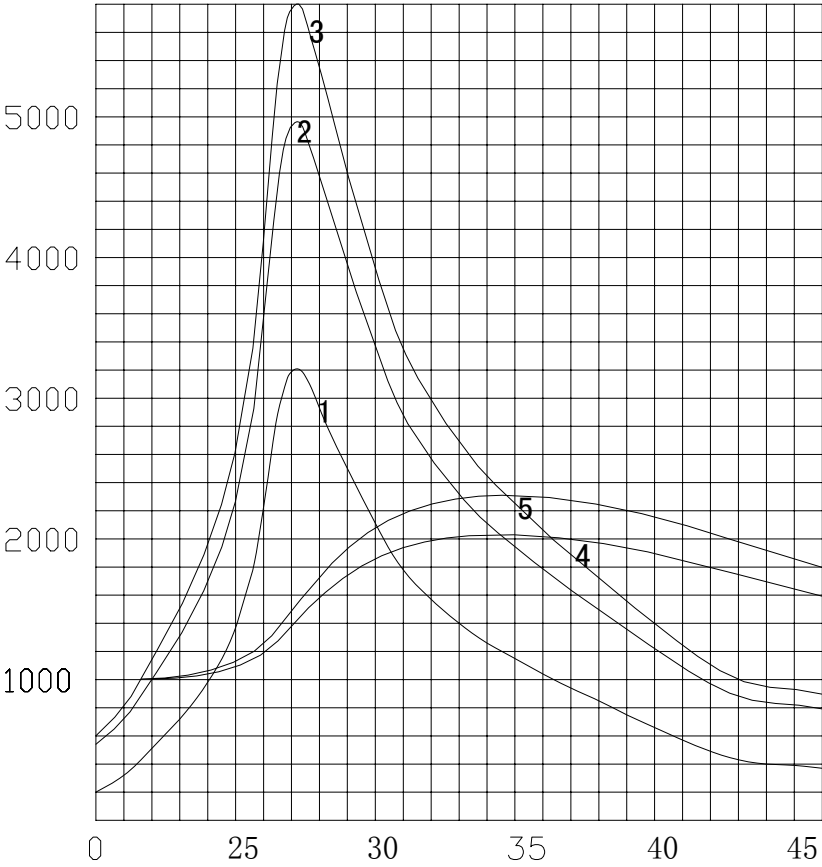


图 1-2 洪水过程线

- 1-典型洪水过程线
- 2/3-设计/校核洪水来水过程线
- 4/5-设计/校核下泄洪水过程线

在考虑设计和校核允许下泄流量的情况下, 只有方案二方能满足限制条件, 选用该方案, 即 3 个孔, 每孔 12 米的方案。

并绘制该工况下的洪水过程线如图 1-2 所示。

第二章 非溢流坝设计计算

2.1 坝高的计算

坝顶高出静水面

$$\Delta h = 2h_1 + h_0 + h_c$$

$2h_1$ ——波浪高度

$$\text{校核时, } V=15\text{m/s} \quad 2h_1 = 0.0166 \times V^{5/4} \times D^{1/3} = 0.0166 \times 15^{5/4} \times 3^{1/3} = 0.71\text{m}$$

$$\text{设计时, } V=30\text{m/s} \quad 2h_1 = 0.0166 \times V^{5/4} \times D^{1/3} = 0.0166 \times 30^{5/4} \times 3^{1/3} = 1.68\text{m}$$

h_0 ——波浪中心线高出静水位高度

$$\text{校核时, } 2L_1 = 10.4 \times (2h_1)^{0.8} = 10.4 \times 1.71^{0.8} = 7.91\text{m}$$

$$h_0 = \frac{4\pi h_1^2}{2L_1} = 0.20\text{m}$$

$$\text{设计时, } 2L_1 = 10.4 \times (2h_1)^{0.8} = 10.4 \times 1.68^{0.8} = 15.75\text{m}$$

$$h_0 = \frac{4\pi h_1^2}{2L_1} = 0.56\text{m}$$

h_c ——安全超高, 根据坝的等级为一等知: 校核时, $h_c=0.4\text{m}$; 设计时, $h_c=0.5\text{m}$ 。

由以上可得坝顶超高为:

$$\text{校核时 } \Delta h = 2h_1 + h_0 + h_c = 0.71 + 0.2 + 0.4 = 1.31\text{m}$$

$$\text{设计时 } \Delta h = 2h_1 + h_0 + h_c = 1.68 + 0.56 + 0.5 = 2.74\text{m}$$

则确定坝顶高程为:

$$\text{校核时 } Z_{\text{坝顶}} = 180.13 + 1.31 = 181.44\text{m}$$

$$\text{设计时 } Z_{\text{坝顶}} = 179.3 + 2.74 = 182.04\text{m}$$

取其中大者即 182.04m, 作为坝顶高程

(如图 2-1 所示)。

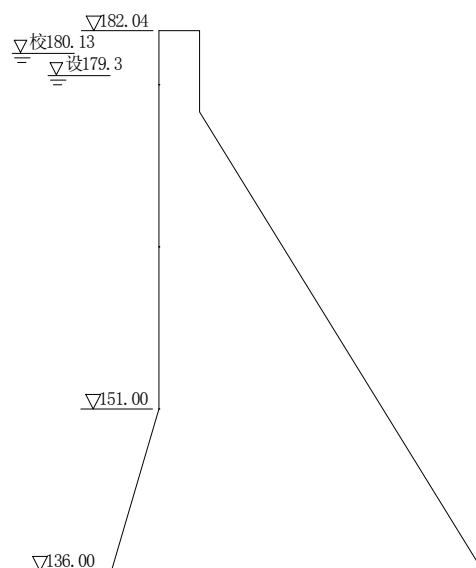


图 2-1 非溢流坝形式

2.2 坝挡水坝段的稳定及应力分析

2.2.1 手算部分 (单位: 吨·米)

(1) 基本原理及计算公式

①抗滑稳定分析主要就是核算坝体沿坝基面或地基深层软弱结构面抗滑稳定的安全度。主要计算方法有两种：抗剪断强度公式（Ksh）抗剪强度公式（Ksl）。此工程属于大（一）型工程，因此采用抗剪断强度公式。

抗剪断强度计算的抗滑稳定安全系数为：

$$K' = \frac{f'(\sum V - U) + c' A}{\sum H}$$

式中 f' ——抗剪断摩擦系数；

c' ——抗剪断凝聚力； KN/m^2

A ——滑动面面积； m^2

U ——作用于滑动面上的扬压力；

$\sum H$ ——作用于滑动面上坝体的力在水平方向的投影的代数和；

$\sum V$ ——作用于滑动面上坝体的力在垂直方向的投影的代数和。

②设计的坝体断面需要满足规定的应力条件：在基本荷载组合下，重力坝坝基面的最大垂直正应力应小于坝基允许压应力，最小垂直正应力应大于零；对于坝体应力，在基本荷载组合下，下游面最大主压应力不大于混凝土的允许压应力值，上游面的最小主压应力应大于零。

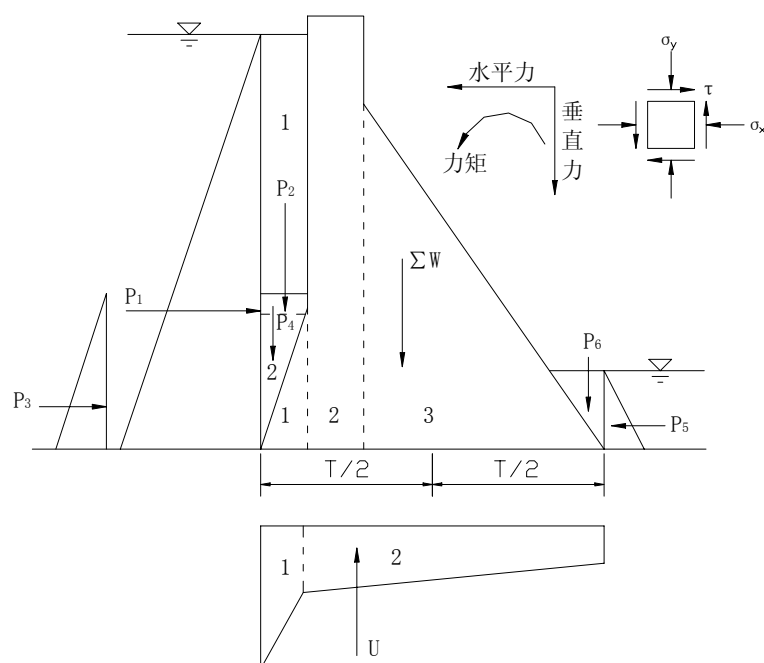


图 2-2 坝体荷载示意图

(2) 计算工况

在这里分两种工况进行计算：设计洪水位+扬压力；设计洪水为+扬压力。

(3) 基本资料

坝基高程： $Z_j=136$ 坝顶高程： $Z_d=182.04$ 坝顶宽度： $B=6$

上游折坡点： $Z_{uz}=151$ 坡度： $n=0.2$

下游折坡点： $Z_{dz}=172.67$ 坡度： $m=0.7$

淤沙高程： $Z_s=151.5$

水的容重： $\gamma=1$ 混凝土容重： $\gamma_c=2.4$ 泥沙浮容重： $\gamma_s=0.4$

排水管距上游坝面距离： $L_p=9.5$ 渗透折减系数： $\sigma=0.3$

设计时，浪高： $h_l=1.68$ 浪长： $l_l=15.75$ 波浪中心高： $z_l=0.56$

上游水位： $z_u=179.3$ 下游水位： $z_d=146.58$

校核时，浪高： $h_l=0.71$ 浪长： $l_l=7.91$ 波浪中心高： $z_l=0.2$

上游水位： $z_u=180.13$ 下游水位： $z_d=147.13$

抗剪断摩擦系数： $f=0.8$ 抗剪断凝聚力： $c=51.02$

坝基长度： $l=36.169$

(4) 基本荷载及其力臂计算

为了方便计算，将个别力按如图所示的虚线切割。计算过程列于表 2-1。

表 2-1 坝体基本荷载计算表

	计算公式	荷载值(P)		力臂(L)	
		设计	校核	设计	校核
自重	$W_1=\frac{1}{2}(Z_{uz}-Z_j)^2 n \gamma_c$	54		15.085	
	$W_2=(Z_d-Z_j) B \gamma_c$	662.976		10.585	
	$W_3=\frac{1}{2}(Z_{dz}-Z_j)^2 m \gamma_c$	1129.54		-0.972	
	$W=W_1+W_2+W_3$	1873.51			
扬压力	$U_1=\frac{1}{2} L_p[(z_u-z_j)+(z_u-z_d)+(z_d-z_j)] \gamma_0$	302.56	36.17	-13.904	-13.896
	$U_2=\frac{1}{2}(l-l_p)[(z_u-z_d)+2(z_d-z_j)] \gamma_0$	413.05	309.51	3.341	3.382
	$U=U_1+U_2$	715.61	428.84		
上游水	$P_1=\frac{1}{2}(z_u-z_j)^2 \gamma_0$	937.45	973.73	-14.433	-14.71
	$P_2=\frac{1}{2}(z_u-z_{uz}+z_u-z_j)(z_{uz}-z_j) n$	161.1	168.84	15.992	15.989

泥沙	$P_3 = \frac{1}{2} (z_s - z_j)^2 \quad s$	48.05		-5.167	
	$P_4 = \frac{1}{2} (z_s - z_{uz} + z_s - z_j) \quad (z_{uz} - z_j) \quad n \quad s$	14.4		16.538	
下游水	$P_5 = \frac{1}{2} (z_d - z_j)^2 \quad 0$	55.97	61.94	3.527	3.71
	$P_6 = \frac{1}{2} (z_d - z_j)^2 \quad mc$	39.18	43.36	-17.027	-15.488
浪	$P_1 = \frac{(\frac{1l}{2} + hl + zl) \frac{1l}{2}}{2} \gamma_0 - \frac{(\frac{1l}{2})^2}{2} \gamma_0$	8.82	1.80	-43.36	-44.13
总和	水平力 $H = P_1 + P_3 - P_5 + P_1$	961.64			
	铅直力 $V = W + P_2 + P_4 + P_6$	2096.11			

注：力臂和力矩同号（逆时针为正）

（5）稳定分析

抗滑稳定安全系数为

$$\text{设计时：} K = \frac{f' \cdot (\Sigma V - U) + c' \cdot A}{\Sigma H} = 3.137 > 3.0$$

$$\text{校核时：} K = \frac{f' \cdot (\Sigma V - U) + c' \cdot A}{\Sigma H} = 3.048 > 2.5$$

均符合稳定要求。

（6）应力分析

垂直正应力 σ_{yu} 和 σ_{yd}

$$\sigma_{yu} = \frac{\Sigma W}{T} + \frac{6 \Sigma M}{T^2}$$

$$\sigma_{yd} = \frac{\Sigma W}{T} - \frac{6 \Sigma M}{T^2}$$

式中：W——作用在计算截面以上全部荷载的垂直分力总和。

设计时：W = V - U = 1372.59；

校核时：W = V - U = 1357.76；

M——作用在计算截面以上全部荷载的对截面形心的力矩总和。

设计时：W = P L = -7445.75；

校核时：W = P L = -7912.79；

T——坝体计算截面沿上下游方向的长度，T = l = 36.169。

带入求得：设计时： $\sigma_{yu} = 3.80$ $\sigma_{yd} = 72.10$

校核时： $\sigma_{yu} = 1.25$ $\sigma_{yd} = 73.83$

均未出现负值（拉应力），符合应力要求。

②剪应力 τ_u , τ_d

设计时: $\tau_u = (p - \sigma_{yu} - p_{uu})n = (43.3 - 3.80 - 43.3) \times 0.3 = 1.14$

$$\tau_d = (\sigma_{yd} + p_{ud} - p')m = (72.10 + 10.58 - 10.58) \times 0.7 = 50.47$$

校核时: $\tau_u = (p - \sigma_{yu} - p_{uu})n = (44.13 - 1.25 - 44.13) \times 0.3 = 0.375$

$$\tau_d = (\sigma_{yd} + p_{ud} - p')m = (73.83 + 11.13 - 11.13) \times 0.7 = 51.681$$

③水平正应力 σ_{xu} , σ_{xd}

设计时:

$$\sigma_{xu} = (p - p_{uu}) - (p - \sigma_{yu} - p_{uu})n^2 = (43.3 - 43.3) - (43.3 - 3.80 - 43.3) \times 0.3^2 = 0.342$$

$$\sigma_{xd} = (p' - p_{ud}) + (\sigma_{yd} + p_{ud} - p')m^2 = (10.58 - 10.58) - (72.10 + 10.58 - 10.58) \times 0.7^2 = -35.329$$

校核时:

$$\sigma_{xu} = (p - p_{uu}) - (p - \sigma_{yu} - p_{uu})n^2 = (44.13 - 44.13) - (44.13 - 1.25 - 44.13) \times 0.3^2 = 0.1125$$

$$\sigma_{xd} = (p' - p_{ud}) + (\sigma_{yd} + p_{ud} - p')m^2 = (11.13 - 11.13) - (73.83 + 11.13 - 11.13) \times 0.7^2 = -36.177$$

④第一主应力 σ_{p1u} , σ_{p1d}

设计时:

$$\sigma_{p1u} = \sigma_{yu}(1+n^2) - (p - p_{uu})n^2 = 3.8(1+0.3^2) - (43.3 - 43.3)0.3^2 = 4.412$$

$$\sigma_{p1d} = \sigma_{yd}(1+m^2) - (p' - p_{ud})m^2 = 73.83(1+0.7^2) - (10.58 - 10.58)0.7^2 = 110.0$$

校核时:

$$\sigma_{p1u} = \sigma_{yu}(1+n^2) - (p - p_{uu})n^2 = 1.25(1+0.3^2) - (44.13 - 44.13)0.3^2 = 1.3625$$

$$\sigma_{p1d} = \sigma_{yd}(1+m^2) - (p' - p_{ud})m^2 = 72.10(1+0.7^2) - (11.13 - 11.13)0.7^2 = 107.429$$

⑤第二主应力

设计时:

$$\sigma_{p2u} = p - p_{uu} = 43.3 - 43.3 = 0$$

$$\sigma_{p2d} = p' - p_{ud} = 10.58 - 10.58 = 0$$

校核时:

$$\sigma_{p2u} = p - p_{uu} = 44.13 - 44.13 = 0$$

$$\sigma_{p2d} = p' - p_{ud} = 11.13 - 11.13 = 0$$

(5) 成果分析

由以上可以看出坝体边缘应力状态良好，未出现拉应力的情况。

2.2.2 电算部分（其中单位均为吨·米）

(1) 计算工况：正常洪水位+扬压力；设计洪水位+扬压力；校核洪水位+扬压力。

(2) 输入及输出数据参见附录二

(3) 计算结果整理及分析。将计算结果整理如表 2-2 所示。

表 2-2 应力计算（电算）成果整理表

①计算工况：正常水位+扬压力

高程	σ_x		σ_y		τ_{xy}		σ_1		σ_2	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
172.67	0	15.83	8.4	32.31	0	22.62	8.4	48.14	0	0.31
165	0	11.38	21.29	23.23	0	16.26	21.29	34.62	0	7.51
158	0	16.23	21.96	33.13	0	23.19	49.37	21.96	0	11.90
151	0	21.17	0.2	22.48	0	32.12	21.69	68.36	0	16.13
143	0	29.17	15.53	59.52	-3.64	41.66	16.62	88.68	0	14.37
136	6.54	32.96	9.97	67.27	-1.13	47.09	10.31	100.23	0	10.84

②计算工况：设计水位+扬压力

高程	σ_x		σ_y		τ_{xy}		σ_1		σ_2	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
172.67	0	18.74	1.43	38.24	0	26.77	1.43	56.98	0	0.76
165	0	14.48	14.25	29.54	0	20.68	14.25	44.02	0	0.95
158	0	19.50	14.66	39.80	0	27.86	14.66	59.30	0	11.43
151	0.2	25.87	14.20	52.79	0	36.95	14.2	78.66	0	14.53
143	3.89	31.66	8.80	64.61	-1.62	45.23	9.29	96.27	0	10.99
136	5.96	35.45	3.55	72.35	0.80	50.65	6.2	107.80	0	8.51

③计算工况：校核水位+扬压力

高程	σ_x		σ_y		τ_{xy}		σ_1		σ_2	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
172.67	0	17.98	2.31	36.70	0	25.69	2.21	54.68	0	0.93
165	0	14.65	13.43	29.90	0	20.93	13.43	44.55	0	7.78
158	0	20.23	12.77	41.29	0	28.90	12.77	61.52	0	11.08
151	0.2	26.95	11.64	54.99	0	38.49	11.64	81.94	0	13.47
143	3.64	32.53	6.02	66.39	-0.7	46.47	6.26	98.92	0	9.27
136	5.72	36.38	0.83	74.25	1.61	51.98	6.2	110.64	0.34	7.27

注：max 代表最大值；min 代表最小值；表中单位均以吨·米计。

并绘制应力分布图及主应力分布图如图 2-3 和 2-4。

从以上成果及程序的输出结果中可以看出坝体内部应力条件良好：没有出现应力为负值的，即拉应力的情况，也没出现压应力超过混凝土极限承载能力的情况。

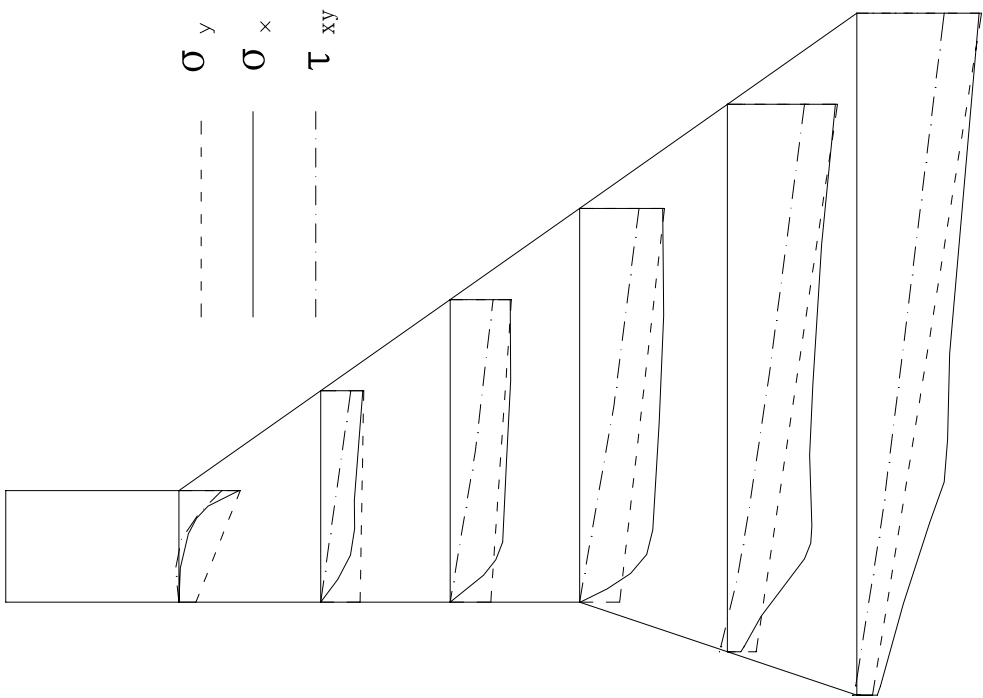


图 2-4 主应力分布图

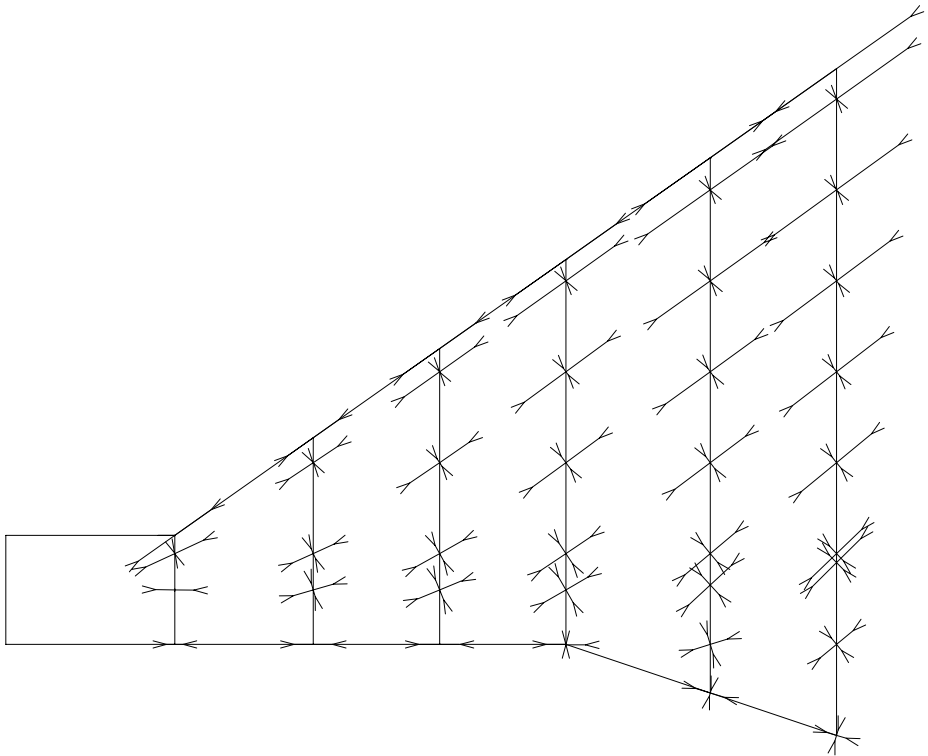


图 2-3 应力分量分布图

第三章 溢流坝设计计算

3.1 堰面曲线

溢流坝顶部溢流曲线，应使水流平顺的通过堰顶，在堰面不产生过大的负压，溢流能力较大。

我国先行规范推荐采用 WES 曲线，其曲线方程（在上游面垂直时）为：

$$y = \frac{x^{1.85}}{2H_s^{0.85}}$$

式中：x, y——堰顶曲线的水平和垂直坐标，原点为堰顶的最高点；

H_s ——定型设计水头，按堰顶最高水头的 75~95% 计算

$$H_s = 80\% (180.13 - 170.92) = 7.37$$

则 WES 曲线为

$$y = \frac{x^{1.85}}{2H_s^{0.85}} = \frac{x^{1.85}}{2 \times 7.37^{0.85}} = 0.0915 \cdot x^{1.85}$$

WES 曲线原点上游采用 1/4 椭圆曲线，其方程为：

$$\frac{x^2}{(a \cdot h_s)^2} + \frac{(b \cdot h_s - y)^2}{(b \cdot h_s)^2} = 1$$

式中：a, b——因为上游面垂直，所以，

$$a = 0.3, b = \frac{a}{0.78 + 3 \cdot a} = 0.178$$

h_s ——定型设计水头，在这里为 7.37m

所以带入得椭圆曲线方程为

$$\frac{x^2}{2.21^2} + \frac{(y - 1.31)^2}{131^2} = 1$$

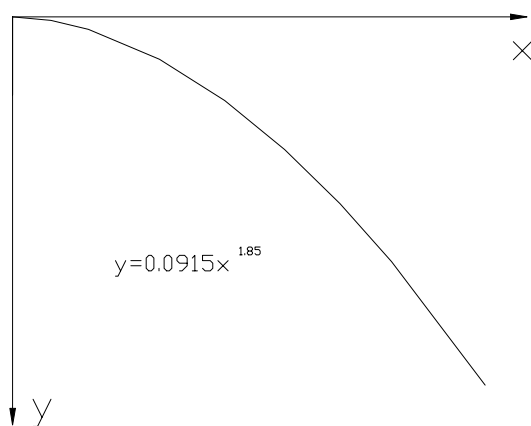


图 3-1 WES 曲线体型

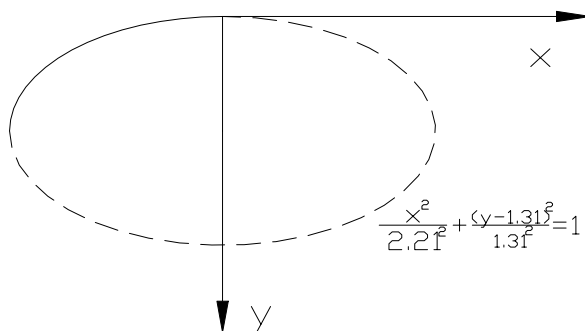


图 3-2 堰顶椭圆体型

3.2 中部直线段设计

溢流坝的中部为直线段，要求和非溢流坝的基本三角形的下游边相重合，上端和堰顶曲线相切，下端和反弧相切，坡度和非溢流坝保持一致，为 1: 0.7。其作用是使水流平顺的按要求的消能方式与下游水位衔接。

下面求 WES 曲线和直线段切点。

由于曲线和直线相切，那么切点处 WES 曲线的导数的值为 1/0.7。对 WES 求导，

$$y' = (0.0915x^{1.85})' = 0.169x^{0.85} = 1/0.7$$

由此求得切点位于 (12.3, 9.5)

3.3 下游消能设计

(1) 消能形式：连续式的挑流鼻坎；

(2) 要求结果：挑射角、鼻坎高程、反弧半径；

(3) 基本要求：

①连续式的挑流鼻坎的挑射角，根据我国的工程实践经验，以 $20^\circ \sim 25^\circ$ 为宜，定采用 25° 的挑射角。

②鼻坎高程以高于下游水位 1~2 米为宜。初可将坎底最低点高程定为下游最高水位，即下游校核水位 147.13 米，可以保证鼻坎的高程高出下游水位少许。

③鼻坎反弧段半径 R 以 8~12 倍的 h_c 为宜， h_c 为鼻坎上的水深，定为 $R=8h_c$ 。

(4) 计算过程：

下面求鼻坎最低点处的水深。

建立该坝段水流的能量方程（图中 0-0 至 1-1 断面）：

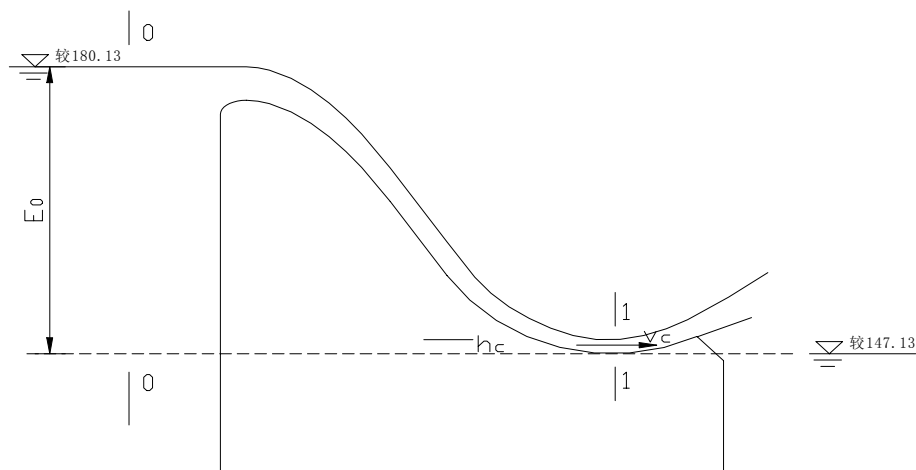


图 3-3 溢流坝能量分析简图

$$E_0 = hc + \frac{v_c^2}{2g\phi^2}$$

式中： $E_0 = 180.13 - 147.13 = 33\text{m}$

Φ ——流速系数，对于该枢纽为中等长度的溢流面，取为 0.95

V_c ——该断面流速

hc ——该断面处水深

带入得：

$$33 = hc + \frac{v_c^2}{2 \times 9.8 \times 0.95^2} \quad \text{—— I}$$

断面流速

$$V_c = \frac{q}{h_c}$$

式中： q ——该处单宽流量， $q = Q/B = 2110.66 / (36 + 2 \times 3) = 50.25 \text{m}^3/\text{s}$

即

$$V_c = \frac{20.25}{h_c} \quad \text{—— II}$$

联列 I、II 两式解得： $V_c = 23.36 \text{m/s}$

$$h_c = 2.15 \text{m}$$

则反弧段半径为

$$R = 8h_c = 8 \times 2.15 = 17.21 \text{m}$$

鼻坎高程为 $147.13 + R(1 - \cos \theta) = 147.13 + 17.21 \times (1 - \cos 25^\circ) = 147.13 + 1.61 = 148.74 \text{m}$

高出下游水位 1.61 米，满足要求。

综上，拟订的挑流消能的鼻坎型式为连续式鼻坎；反弧半径 $R = 17.21 \text{m}$ ；挑射角度 $\theta = 25^\circ$

°；鼻坎高程顶部 148.74m。

3.4 水力校核

(1) 计算工况：校核工况和设计工况。

(2) 基本原理：

鼻坎设计完毕后，还需验算该挑流消能是否会危及建筑物的安全，常用冲坑上游坡做为标准，即：

$$i = \frac{t_k}{L} < i_c$$

式中 t_k ——冲坑深度（米）；

L ——冲坑最深深度距建筑物距离；

i ——冲坑上游坡；

i_c ——安全临界坡，可取 $1/3 \sim 1/4$ 。

(3) 计算过程

①校核情况下

挑距计算：

$$L = \frac{1}{g} (v_1^2 \sin \theta \cos \theta + v_1 \cos \theta \sqrt{v_1^2 \sin^2 \theta + 2g(h_1 + h_2)})$$

式中： L ——水舌抛距，按水舌外缘计算（m）

v_1 ——坎顶水面流速，

$$v_1 = 1.1v = 1.1\phi\sqrt{2gH_0} = 1.1 \times 0.95 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 31.39} = 25.92 \text{ m/s}$$

θ ——鼻坎挑射角， $\theta = 25^\circ$

q ——鼻坎处的单宽流量， $q = 50.25 \text{ m}^3/\text{s}$

h_1 ——坎顶垂直方向水深， $h_1 = hc / \cos \theta = 2.15 / \cos 25^\circ = 2.37 \text{ m}$

h_2 ——坎顶与河床间的高差， $h_2 = 148.74 - 136 = 12.74 \text{ m}$

带入计算得： $L = 75.15 \text{ m}$

冲刷坑计算：

$$t_k = \alpha_1 \cdot q^{0.5} \cdot H^{0.25}$$

式中: α_1 ——冲坑系数, 由于该枢纽地基岩石完整坚硬, 取 1.0

q ——单宽流量, $q=50.25$

H ——上下游水位差, $H=180.13-147.13=33\text{m}$

带入计算: $t_k=1.0 \times 50.25^{0.5} \times 33^{0.25}=16.99\text{m}$

冲坑上游坡

$$i = \frac{t_k}{L} = \frac{16.99}{75.15} = 0.23 < \frac{1}{4}$$

满足要求。

②设计情况下

挑距计算:

$$L = \frac{1}{g} (v_1^2 \sin \theta \cos \theta + v_1 \cos \theta \sqrt{v_1^2 \sin^2 \theta + 2g(h_1 + h_2)})$$

式中: L ——水舌抛距, 按水舌外缘计算 (m)

v_1 ——坎顶水面流速,

$$v_1 = 1.1v = 1.1\phi \sqrt{2gH_0} = 1.1 \times 0.95 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 32.72} = 26.464\text{m/s}$$

θ ——鼻坎挑射角, $\theta=25^\circ$

q ——鼻坎处的单宽流量, $q=43.59\text{m}^3/\text{s}$

h_1 ——坎顶垂直方向水深, $h_1=hc/\cos \theta = 1.82/\cos 25=2.01\text{m}$

h_2 ——坎顶与河床间的高差, $h_2=148.74-136=12.74\text{m}$

带入计算得: $L=77.167\text{m}$

冲刷坑计算:

$$t_k = \alpha_1 \cdot q^{0.5} \cdot H^{0.25}$$

式中: α_1 ——冲坑系数, 由于该枢纽地基岩石完整坚硬, 取 1.0

q ——单宽流量, $q=43.59$

H ——上下游水位差, $H=179.3-146.58=32.72\text{m}$

带入计算: $t_k=1.0 \times 43.59^{0.5} \times 32.72^{0.25}=15.791\text{m}$

冲坑上游坡

$$i = \frac{t_k}{L} = \frac{15.791}{77.167} = 0.21 < \frac{1}{4}$$

满足要求。

(4) 成果分析

在校核和设计两种工况下，前面设计的消能可以满足安全要求。

3.5 WES 堰面水面线计算

(1) 水面线计算的目的

闸墩高度的设计、导墙高度、弧形闸门门轴高程的确定都需要知道溢流面的水面线。

(2) 基本资料

WES 曲线为 $y = 0.0915 \cdot x^{1.85}$ ，堰顶高程 170.92，直线段坡度 1: 0.7。

定型设计水头 H_d ，按堰顶最高水头的 75~95% 计算 $H_d = 80\% (180.13 - 170.92) = 7.37\text{m}$ 。

校核水位：180.13m。对应下泄流量： $Q = 2110.66\text{m}^3/\text{s}$ 。

要求计算校核水位情况下的水面线。

(3) 计算过程

在这里使用《水工设计手册 6—泄水与过坝建筑物》（以下简称《手册 6》）中提供的计算水面线的方法。

① 不掺气水面线头部的计算

该堰为高堰，采用《手册 6》表 27-2-4 计算。

堰上水深 $H = 180.13 - 170.92 = 9.21$ ，则 $H/H_d = 9.21/7.37 = 1.25$ 。该表中无相应的数据，采用内插法予以补充如表 3-1 中第 4 列所示。

表 3-1 水面线头部计算

H/H_d	1.00	1.33	1.25			
x/H_d	y/H_d			H_d	x	y
-1	-0.94	-1.23	-1.16	7.37	-7.37	-8.55
-0.8	-0.93	-1.22	-1.15	7.37	-5.90	-8.45
-0.6	-0.91	-1.19	-1.13	7.37	-4.42	-8.30
-0.4	-0.89	-1.16	-1.10	7.37	-2.95	-8.08
-0.2	-0.85	-1.12	-1.06	7.37	-1.47	-7.79
0	-0.80	-1.07	-1.01	7.37	0.00	-7.41
0.2	-0.74	-1.02	-0.95	7.37	1.47	-6.98
0.4	-0.65	-0.94	-0.87	7.37	2.95	-6.43

0.6	-0.54	-0.85	-0.77	7.37	4.42	-5.69
0.8	-0.39	-0.73	-0.64	7.37	5.90	-4.74
1	-0.20	-0.56	-0.48	7.37	7.37	-3.51
1.2	0.02	-0.36	-0.27	7.37	8.84	-1.97
1.4	0.27	-0.10	-0.01	7.37	10.32	-0.09
1.6	0.52	0.17	0.26	7.37	11.79	1.89
1.8	0.86	0.47	0.56	7.37	13.27	4.13

注：表中 x, y 为水面线的横纵坐标，坐标系如图 3-4 所示。

②整个坝面（包括直线段）上的不掺气水面线的计算

I 求曲线长度 L_c ：对于 WES 堰，根据 X/H_d 由《手册 6》图 27-2-7 查算，由此查得的为曲线总长 $L_{c,t}$ 。堰上游段的曲线长度 $L_{c,u}=0.315H_d=0.315\times 7.37=2.32$ 米；

II 求直线段长度 L_s ：从切点到直线段上任意一点的距离为 $L_{s,i}=(Y_i-Y_t)/\sin a$ 式中， Y_t ——切点纵坐标，为 9.5； a ——直线段坝面与水平方向的夹角，为 55° ；

III 从堰顶曲线起点到计算点 (X_i, Y_i) 的坝面距离： $L=L_{c,t}+L_s$ ；

IV 计算边界层厚度 δ ：按 Bauner 公式计算， $\delta=0.024L(L/K)^{-0.13}$ ，式中， K ——坝面粗糙高度，对于混凝土坝面，建议取 0.427~0.691，这里取 0.5；

V 计算单宽流量，对于闸墩内 ($X_i<14.05$)， $q=Q/36=58.63 \text{ m}^3/\text{s}$ ；对于闸墩外部 ($X_i>14.05$)， $q=Q/(36+6)=50.25 \text{ m}^3/\text{s}$ ；

VI 按下式，推求势流水深 h_p 。 $H+Y_i=h_p\cos a+q^2/2gh_p^2$ ；

VII 正交于坝面的水深为 $h=h_p+0.18\delta$ 。

按照上述计算过程将计算列于表 3-2。

表 3-2 坝面不掺气水深计算

分段	i	X_i	Y_i	斜率	X_i/H_d	L_c/H_d	L_c	L_s	L	δ	q	h_p	h
WES 段	1	6.00	2.52	0.78	0.81	1.08	7.96		5.64	0.10	58.63	4.67	4.69
	2	8.00	4.29	0.99	1.09	1.30	9.58		7.26	0.12	58.63	4.06	4.08
	3	10.00	6.48	1.20	1.36	1.37	10.10		7.78	0.13	58.63	3.62	3.64
	4	12.00	9.08	1.40	1.63	1.60	11.79		9.47	0.16	58.63	3.27	3.30
	5	12.30	9.50	1.43	1.67	1.85	13.63		11.31	0.18	58.63	3.23	3.26
直线段	6	14.00	11.93	1.43			13.63	2.97	14.28	0.22	58.63	3.00	3.04
	7	16.00	14.79	1.43			13.63	6.46	17.77	0.27	50.25	2.39	2.43

注：表中单位均为国际单位。

③ 掺气及波动水深计算

当弗氏系数 $Fr > 2$ 时 $Fr = \frac{q}{\sqrt{g \cdot h}}$ ，应考虑波动几掺气后水面升高的影响。掺气水深公式

$$h_b = h(1 + \zeta v/100)$$

式中 h, h_b ——掺气及波动前、后水深 (m)；
 v ——掺气及波动前计算断面上的平均流速 (m/s)；
 ζ ——修正系数，一般为 1.0~1.4。采用 1.2。

计算过程整理如表 3-3 所示

表 3-3 掺气及波动水深计算

X_i	Y_i	q	h	Fr	h_b
6.00	2.52	58.63	4.69	1.49	5.39
8.00	4.29	58.63	4.08	1.79	4.79
10.00	6.48	58.63	3.64	2.06	4.35
12.00	9.08	58.63	3.30	2.33	4.01
12.30	9.50	58.63	3.26	2.36	3.97
14.00	11.93	58.63	3.04	2.58	3.75
16.00	14.79	50.25	2.43	3.52	3.05
17.16	16.45	50.25	2.35	3.66	2.97

(4) 成果整理

将上述的计算结果整理并绘制，得到如图 3-4 所示的水面线。

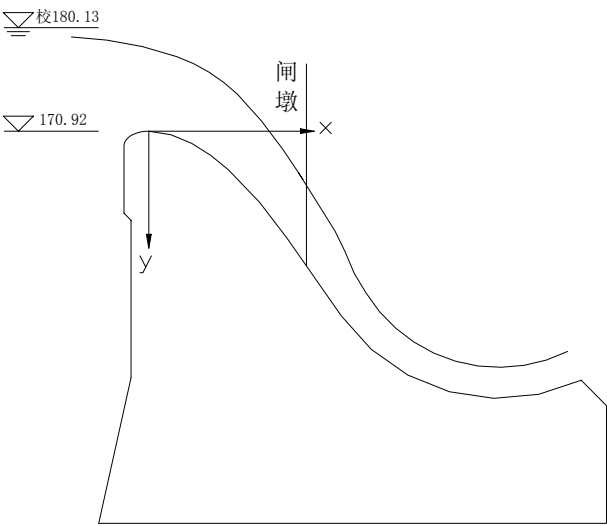


图 3-4 溢流坝水面线

第四章 放空坝段设计计算

4.1 放空计算

(1) 放空要求

放空形式：从正常水位放空到死水位；从正常水位放到溢流堰顶为表孔和深孔联合泄水；从溢流堰顶到死水位为深孔单独泄水。

要求在 40 天内放空。

放空时段拟选在最枯时段（1~4 月）。

防空时需考虑河流的来流量。

(2) 基本资料

多年月平均来流量（见说明书表 2.3.1）；水位库容曲线（见蓝图）

堰顶高程：170.92；表孔尺寸：三孔，宽 12 米；

深孔尺寸：一孔，3.5×4；孔中心线高程：153；

坝基高程：136 正常水位：178.0 死水位：166.28

(3) 计算过程

①将放空过程分为若干小段（7 段，每 2.5 米一段），以方便计算和提高计算精度。同时在水位-库容曲线上差出相应的库容。

②计算出堰顶平均水头和堰流流量。平均水头为两水位的平均值。堰顶流量

$Q = m \cdot \epsilon \cdot B \cdot \sqrt{2gH_0^{3/2}}$ ，式中： $m \epsilon = 0.48$ ， $B = 3 \times 12 = 36$ 。只有在正常水位到堰顶水位的过程放考虑此流量。

③计算出深孔的平均水头及其流量。平均水头为两水位的平均作用水头。深孔流量

$Q = \mu \cdot A_k \cdot \sqrt{2gH}$ ，式中： μ ——孔口流量系数，对于深孔取 0.83~0.93，拟取 0.9； A_k 出口处面积，为 $3.5 \times 4 = 14m^2$ 。

④计算下泄总流量，对于从正常高水位到堰顶高程为堰流流量加上深孔流量；从堰顶到死水位为深孔流量。

⑤放空的库容，为此段时间所防空的时间。

⑥时间，放空所用的时间，为库容除以总流量。

表 4-1

放空计算

	水位	库容	堰顶平 均水头	堰流流量	深孔平 均水头	深孔流量	总流量	放空库容	时间(s)
正	178	1.37E+09							
	177.5	1.34E+09	6.83	1365.535	24.75	277.5148	1570.55	19101.59	1.91E+04
	175	1.14E+09	5.33	941.37484	23.25	268.9739	1137.849	180164.6	1.80E+05
	172.5	9.55E+08	2.83	364.20963	20.75	254.1017	545.8114	329784.3	3.30E+05
顶	170.92	8.35E+08	0.79	53.717082	18.71	241.2879	222.5049	539313.9	5.39E+05
	170	7.95E+08	0	0	17.46	233.0884	160.5884	249084	2.49E+05
	167.5	6.40E+08	0	0	15.75	221.3802	148.8802	1041105	1.04E+06
死	166.28	5.75E+08	0	0	13.89	207.8977	135.3977	480067.2	4.80E+05

注：流量和库容的单位分别为 m^3/s ， m^3

⑦总共所花费时间：2838621 秒，折算为 32.85 (<40) 天。

(4) 结果分析

孔口尺寸为 3.5×4 ，孔中心高程 153 的放空孔，在 1~4 月进行放空，可在 32.85 天内完成，完全满足 40 的要求。

4.2 下游消能防冲计算

(1) 消能形式：连续式的挑流鼻坎；

(2) 要求结果：挑射角、鼻坎高程、反弧半径；

(3) 基本要求：

①连续式的挑流鼻坎的挑射角，根据我国的工程实践经验，以 $20^\circ \sim 25^\circ$ 为宜，定采用 20° 的挑射角。

②鼻坎高程以高于下游水位 1~2 米为宜。初可将坎底最低点高程定为下游最高水位，即下游校核水位 147.13 米，可以保证鼻坎的高程高出下游水位少许。

③鼻坎反弧段半径 R 以 4~10 倍的 h_c 为宜， h_c 为鼻坎上的水深，定为 $R=6h_c$ 。

(4) 计算过程

求鼻坎最低点处的水深。

根据水力学知识建立坝段水流的能量方程为：

$$E = h_c + V_c^2 / 2g \Phi_2$$

式中： $E_0 = 180.13 - 147.13 = 33\text{m}$

Φ ——流速系数，对于该枢纽为中等长度的溢流面，取为 0.95

V_c ——该断面流速

h_c ——该断面处水深

则:

$$33 = h_c + \frac{V_c^2}{2 \times 9.8 \times 0.95^2} \quad \text{—— I}$$

断面流速

$$V_c = \frac{q}{h_c}$$

式中: q ——该处单宽流量

$$q = \mu h \sqrt{2 \cdot g \cdot H_2} = 0.9 \times 4 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (180.13 - 153)} = 83.015 \text{ m}^3/\text{s}$$

即

$$V_c = \frac{83.015}{h_c} \quad \text{—— II}$$

联列 I、II 两式解得:

$$V_c = 22.788 \text{ m/s}$$

$$h_c = 3.643 \text{ m}$$

则反弧段半径为

$$R = 6h_c = 6 \times 3.643 = 21.86 \text{ m}$$

该反弧上游必须和无压段的抛物线衔接并相切。根据以上做图, 鼻坎最高点高程为 148.85, 高出下游最高水位 (147.13) 1.72 米, 满足高出下游最高水位 1~2 米的设计要求。

4.3 水力校核

(1) 计算工况: 校核工况和设计工况。

(2) 基本原理:

鼻坎设计完毕后, 还需验算该挑流消能是否会危及建筑物的安全, 常用冲坑上游坡做为标准, 即:

$$i = \frac{t_k}{L} < i_c$$

式中 t_k ——冲坑深度 (米);

L ——冲坑最深深度距建筑物距离;

i ——冲坑上游坡;

i_c ——安全临界坡, 可取 $1/3 \sim 1/4$ 。

(3) 计算过程

①校核情况下

挑距计算:

$$L = \frac{1}{g} (v_1^2 \sin \theta \cos \theta + v_1 \cos \theta \sqrt{v_1^2 \sin^2 \theta + 2g(h_1 + h_2)})$$

式中: L ——水舌抛距, 按水舌外缘计算 (m); v_1 ——坎顶水面流速,

$$v_1 = 1.1v = 1.1\phi\sqrt{2gH_0} = 1.1 \times 0.95 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (180.13 - 148.85)} = 25.88 \text{ m/s};$$

 θ ——鼻坎挑射角, $\theta = 20^\circ$; q ——鼻坎处的单宽流量,

$$q = \mu \cdot h \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0} = 0.9 \times 4 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (180.13 - 153)} = 83.015 \text{ m}^3/\text{s};$$

 h_1 ——坎顶垂直方向水深, $h_1 = hc / \cos \theta = 3.643 / \cos 20^\circ = 3.76 \text{ m}$; h_2 ——坎顶与河床间的高差, $h_2 = 148.85 - 136 = 12.85 \text{ m}$;带入计算得: $L = 71.832 \text{ m}$ 。

冲刷坑计算:

$$t_k = \alpha_1 \cdot q^{0.5} \cdot H^{0.25}$$

式中: α_1 ——冲坑系数, 由于该枢纽地基岩石完整坚硬, 取 1.0; q ——单宽流量, $q = 83.015$; H ——上下游水位差, $H = 180.13 - 147.13 = 33 \text{ m}$;带入计算: $t_k = 1.0 \times 83.015^{0.5} \times 33^{0.25} = 21.838 \text{ m}$;

冲坑上游坡

$$i = \frac{t_k}{L} = \frac{21.838}{71.832} = 0.304 < \frac{1}{3}$$

满足要求。

②设计情况下

挑距计算:

$$L = \frac{1}{g} (v_1^2 \sin \theta \cos \theta + v_1 \cos \theta \sqrt{v_1^2 \sin^2 \theta + 2g(h_1 + h_2)})$$

式中: L ——水舌抛距, 按水舌外缘计算 (m)

v_1 ——坎顶水面流速,

$$v_1 = 1.1v = 1.1\phi\sqrt{2gH_0} = 1.1 \times 0.95 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (179.3 - 148.85)} = 25.529 \text{ m/s}$$

θ ——鼻坎挑射角, $\theta = 20^\circ$

q ——鼻坎处的单宽流量,

$$q = \mu \cdot h \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0} = 0.9 \times 4 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (179.3 - 153)} = 81.735 \text{ m}^3/\text{s};$$

h_1 ——坎顶垂直方向水深, $h_1 = q/v_1 = 81.735/25.529 = 3.199 \text{ m}$

h_2 ——坎顶与河床间的高差, $h_2 = 148.85 - 136 = 12.85 \text{ m}$

带入计算得: $L = 69.759 \text{ m}$

冲刷坑计算:

$$t_k = \alpha_1 \cdot q^{0.5} \cdot H^{0.25}$$

式中: α_1 ——冲坑系数, 由于该枢纽地基岩石完整坚硬, 取 1.0

q ——单宽流量, $q = 81.735$

H ——上下游水位差, $H = 179.3 - 146.58 = 32.72 \text{ m}$

带入计算: $t_k = 1.0 \times 43.59^{0.5} \times 32.72^{0.25} = 15.791 \text{ m}$

冲坑上游坡

$$i = \frac{t_k}{L} = \frac{15.791}{69.759} = 0.23 < \frac{1}{4}$$

满足基本要求。

4.4 水面线计算

(1) 水面线计算的目的

深孔中孔顶板高度、导墙高度、闸门门轴位置的确定都需要知道水面线的情况。

(2) 水面线计算的基本原理

基本原理是水力学的能量平衡方程。

分别在坝前和计算截面处建立能量断面, 建立能量方程

$$E = h_c \cos \alpha + V_c^2 / 2g \Phi_2$$

式中: $E_0 = 178 - 151 + y = 27 + y$;

Φ ——流速系数, 对于该枢纽为中等长度的溢流面, 取为 0.95;

- V_c ——该断面流速；
- h_c ——该断面处垂直方向上水深；
- a ——曲线切线和水平方向的夹角。

又有 $h_c=q/V_c$ ，将这两方程联列即可求得该处垂直水深，其中单宽流量为 83.015。

(3) 计算过程及成果

根据以上的计算原理计算如表。

表 4-2 深孔水面线计算

i	$X_i(m)$	$Y_i(m)$	角度 α	水深 $h(m)$	流速 $V(m/s)$
1	0	0	0	3.93	21.11
2	4.25	0.18	4.84	3.919	21.19
3	10.61	1.12	11.92	3.843	21.61
4	15.24	2.31	16.87	3.753	22.13
5	18.68	3.47	0	3.671	22.62
6	15.07	2.26	16.0	3.756	22.11
7	14.7	2.15	20	3.764	22.06

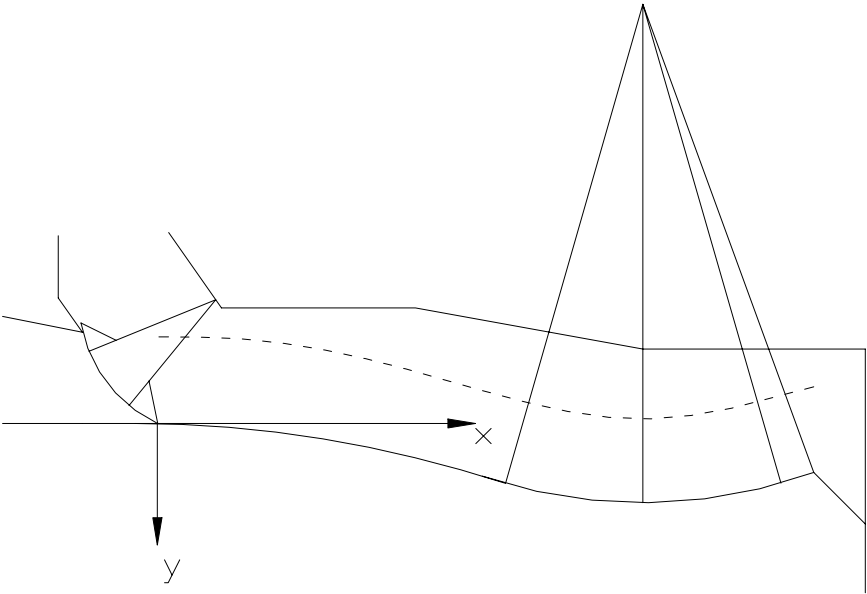


图 4-1 深孔水面线示意图

第五章 电站坝段设计计算

5.1 基本尺寸拟订

(1) 基本资料

水轮机型号:	ZZ440
压力钢管直径:	4.5m
最大引用流量	80m ³ /s
相应下游水位:	140.79 (水电站下游设计最低水位)
额定出力:	24000kw
加权平均水头:	$H_a = (178 + 166.28) / 2 - 140.79 = 31.35\text{m}$
设计水头:	$H_r = H_a \times 0.95 = 29.78\text{m}$

(2) 转轮直径的确定

转轮直径为:

$$D_1 = \sqrt{\frac{N_r}{9.81 \cdot Q_1' \cdot H_r^{3/2} \cdot \eta}}$$

式中: N_r ——额定出力, 24000kw;
 H_r ——设计水头, 29.78m;
 Q_1' , η ——单位流量、效率。在 ZZ440 型水轮机模型综合特性曲线图
 (《水力机械》图 3-10) 上查得工况点 ($n'_{10} = 115$, $\sigma = 0.45$)
 对应的 $Q_1' = 1205\text{L/s}$, $\eta_m = 86.2\%$, 由此确定水轮机效率
 $\eta = 0.895$ 。

综上确定转轮直径

$$D_1 = \sqrt{\frac{24000}{9.81 \times 1.205 \times 29.78^{3/2} \times 0.895}} = 3.74\text{m}$$

选用与之接近而偏大的标准直径 $D_1 = 3.8$ 米。

(3) 转速和气蚀系数的确定

① 转速

$$n = \frac{n'_{10} \cdot \sqrt{H_a}}{D_1} = \frac{115 \times \sqrt{31.35}}{3.8} = 172.2\text{r/min}$$

取标准偏大的标准同步转速为 187.5r/min

②气蚀系数

$$n'_{1r} = \frac{187.52 \times 3.74}{\sqrt{29.78}} = 178.52 \text{ r/min}$$

$$Q'_{1\max} = \frac{24000}{9.81 \times 3.74^2 \times 29.78^{3/2} \times 0.895} = 1.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

在 ZZ440 型水轮机模型综合特性曲线图（《水力机械》图 3-10）上查得工况点

（ $n'_{1r}=178.52$, $Q'_{1\max}=1.20$ ）的对应的气蚀系数为 $\sigma=0.42$ 。

设计水头 $H_r=29.78\text{m}$ 对应的气蚀系数修正值 $\Delta\sigma=0.04$

（4）安装高程的确定

安装高程为

$$\nabla_T = \nabla_{T\min} + H_s + \frac{b_0}{2}$$

$$H_s = 10.0 - \frac{\nabla}{900} - (\sigma + \Delta\sigma) \cdot H$$

式中： ∇_T ——安装高程；

$\nabla_{T\min}$ ——水电站下游设计最低水位，140.79m；

b_0 ——导水叶高度，ZZ440 型水轮机相对导叶高度为 0.375，则

$$b_0 = 0.375D_1 = 0.375 \times 3.8 = 1.425\text{m};$$

H_s ——吸出高，

∇ ——水电厂房所在地点海拔高程，初拟时为为下游平均水位高程：

$$145.69\text{m};$$

σ ——气蚀系数为 $\sigma=0.42$ ；

$\Delta\sigma$ ——气蚀系数修正值 $\Delta\sigma=0.04$ 。

H ——设计水头，29.78 米。

$$H_s = 10.0 - \frac{145.69}{900} - (0.42 + 0.04) \times 29.78 = -3.86\text{m} < -4\text{m}$$

满足允许吸出高的要求（ $[H_s]=-4$ ）。

综上有：

$$\nabla_T = 140.79 + -3.86 + \frac{1.425}{2} = 137.64\text{m}$$

（5）尾水管高度长度的确定。

其高度是指导叶底环平面到尾水管板之间的高差。对于转浆式水轮机,要求 $h \geq 2.3D_1$, 拟订取 $h=2.5D_1=2.5 \times 3.8=9.5$ 米。由此确定尾水管高程 129.27。

总长度是指从机组中心线到尾水管出口的水平距离。通常要求 $L=(3.5 \sim 4.5)D_1$, 这里拟订 $L=3.5D_1=3.5 \times 3.8=13.3$ 米。

(6) 发电机层楼板高程

要求保证下游设计洪水不会淹没厂房,一般比下游最高水位高出 0.5~1 米。取 0.8 米,即该高程为 $147.13+1=148.13$ 。

(7) 厂房主体尺寸确定

坝后式厂房机组段长度约为转轮直径的 4 倍左右,即 $L_1=4D_1=4 \times 3.8=15.2$, 取 15 米,并以此作为一个厂房坝段的宽度为 15 米;

端机组段长度需要考虑其他一些设备的安装要求,初拟 $L_2=17$ 米;

安装场宽度拟订为 $L_3=16$ 米。

由上有,厂房的长度为 $L=2L_1+L_2+L_3=63\text{m}$ 。

第六章 施工导流计算

6.1 河床束窄度

从地形图可知,河床底部宽度 108 米,于是可将纵向围堰修在深孔左侧,距离左岸 44.5m 处。由于两岸坡度大致相等。大致计算河床束窄度: $K = A_1 / A_2 = 44.5 / 108 = 41.2\%$

6.2 一期围堰计算

一期围堰为低水围堰,其高程可按下式计算:

$$H_u = Z_d + \Delta Z + \delta$$

$$H_d = Z_d + \delta$$

式中: Z_d ——下游水位,由相应的施工期流量查水位~流量曲线得;

$$Z \text{——水位壅高, } \Delta Z = \frac{V_c^2}{2g\Phi^2} - \frac{V_0^2}{2g}, \text{ 对于梯形围堰,取 } 0.8;$$

δ ——安全超高,由《水利工程施工》表 1-3《不过水围堰堰顶安全超高下限值》查得 $\delta = 0.5$;

V_c ——被束窄河床断面流速;

V_0 ——原河床断面流速。

20 年一遇的导流标准对应的流量为 $Q = 2800 \text{ m}^3/\text{s}$,由水位—流量关系曲线可查得下游水位 $Z_d = 148.4 \text{ m}$ 。由河床剖面图可看出,河床断面近似为梯形断面,右岸坡度近似为 1: 1.76,左岸坡度为 1: 1.32,河谷宽度 108 米,束窄河谷宽度 44.5 米。原河床底部高程 145 米。所以

原河床断面面积

$$A_1 = \frac{3.4(3.4 \times 1.32 + 3.4 \times 1.76 + 108 \times 2)}{2} = 385$$

束窄后的河床断面面积为

$$A_2 = \frac{(44.5 + 44.5 + 1.76z) \cdot z}{2} = 44.5z + 0.88z^2 \quad \text{----- I}$$

式中: z ——相对河谷的水深。

所以 $V_0 = Q / A_1 = 2800 / 385 = 7.2 \text{ m/s}$

$$V_c = Q / A_2 = 2800 / A_2$$

$$\Delta Z = \frac{Vc^2}{2g\Phi^2} - \frac{Vo^2}{2g} = Z - Z_d = z + 145 - 148.4 \quad \text{----- II}$$

联列 I II 求解得, 水深 $z=6.54$ 。水位壅高 $\Delta Z = z + 145 - 148.4 = 3.14$ 米。

(1) 上游围堰高程:

$$H_u = Z_d + \Delta Z + \delta = 148.4 + 3.14 + 0.5 = 152.04 \text{ 米}$$

(2) 下游围堰高程:

$$H_d = Z_d + \delta = 148.4 + 0.5 = 148.9 \text{ 米}$$

6.2 二期围堰高程的确定

6.2.1 计算原理

采用三角调洪法来进行调洪演算计算上游水位, 上游围堰高程即由上游水位加上波浪爬高和安全超高来确定。下游围堰高程由调洪演算得到的下泄流量查水位一下泄流量关系曲线得到下游水位加上波浪爬高和安全超高来确定。

6.2.2 调洪演算

计算过程如下:

用高切林法计算上游水位.将洪水过程线化为一个三角形,再在图上任取下列几个流量值: 计算简图如图 6-1:

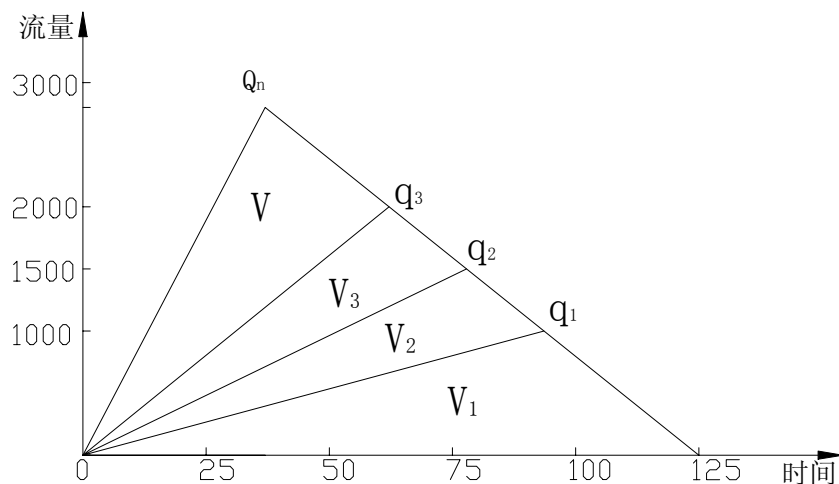


图 6-1 洪水过程线的高切林法三角形

任取三个流量:

$$q_1 = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_2 = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_3 = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$$

三角形底边长为 $125 \times 3600 = 4.5 \times 10^5 \text{ s}$

则它的面积即库容为： $V=4.5 \times 10^5 \times 2800/2=6.3 \times 10^8 \text{ m}^3$

同理： $V_1=4.5 \times 10^5 \times 1000/2=2.25 \times 10^8 \text{ m}^3$

$V_2=4.5 \times 10^5 \times 1500/2=3.38 \times 10^8 \text{ m}^3$

$V_3=4.5 \times 10^5 \times 2000/2=4.5 \times 10^8 \text{ m}^3$

深孔底板高程为 140m，查说明书水位—库容曲线图得到很小的库容，忽略不计。则三个下泄量值所对应拦蓄在围堰里的水库库容为：

$\Delta V_1=V-V_1=4.05 \times 10^8 \text{ m}^3$

$\Delta V_2=V-V_2=2.92 \times 10^8 \text{ m}^3$

$\Delta V_3=V-V_3=1.8 \times 10^8 \text{ m}^3$

查说明书水位—库容曲线图,可得库容相对应的水位为：

$Z_1=163\text{m}$ $Z_2=160.3 \text{ mm}$ $Z_3=157\text{m}$

将所得的三个数据绘成一条曲线 $q=f(z_1)$ ，如图 6-2。

假设上游水位为最高水位时，导流底孔泄洪是深孔泄流，其水力学公式为：

$$Q = \mu A \sqrt{2gH_0}$$

式中： μ ——孔口流量系数，对于深孔取 0.83~0.93，拟取 0.9；

A ——泄流面积，

$A=4 \times 6 \times 3=72\text{m}^2$ ；

H_0 ——作用水头，相对于孔口中心的水头。

任取三个下泄流量值：

$q_1=1000\text{m}^3/\text{s}$ ；

$q_2=1500\text{m}^3/\text{s}$ ；

$q_3=2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

导流底孔总面积 $A=4 \times 6 \times 2=48\text{m}^2$ ，代入上式经计算得：

$H_1=12.15\text{m}$ ；

$H_2=27.34\text{m}$ ；

$H_3=48.6\text{m}$ 。

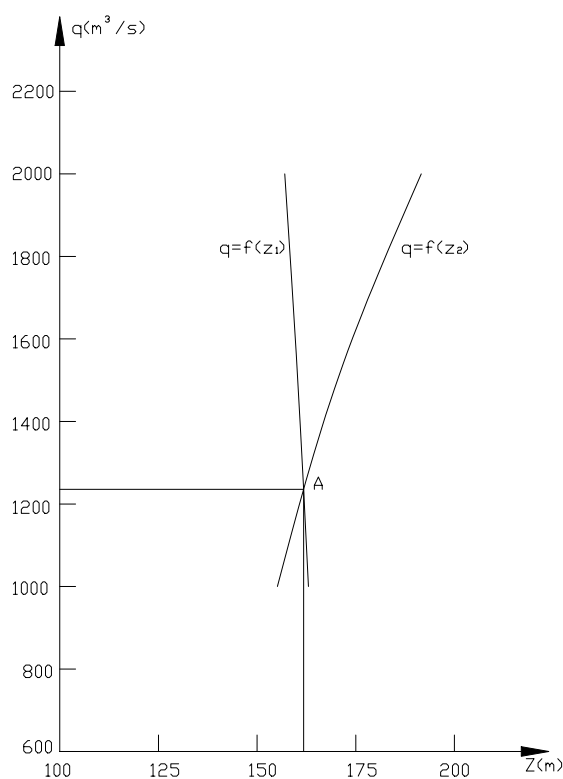


图 6-2 $q=f(z_1)$ 及 $q=f(z_2)$ 曲线

对应的上游水位值分别为：

$$Z_1=140+12.15+3=155.15\text{m}$$

$$Z_2=140+27.34+3=170.34\text{m}$$

$$Z_3=140+48.6+3=191.6\text{m}$$

将所得数据绘成一条曲线 $q=f(z_2)$ (如图 6-2)

由图可知两曲线交于点 (161.78,1235.5)

故底孔的最大下泄量为 $1235.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ，上游水位为 161.78m。

6.2.3 围堰高程计算

(1) 上游围堰高程：

$$H_u = h_d' + h_a + \delta$$

式中： H_u —上游围堰堰顶高程；

h_d' —上游水位高程；

h_a —波浪爬高，由前面计算得 $h_a=1.68\text{m}$ ；

δ —围堰的安全超高，由《水利工程施工》表 1-3《不过水围堰堰顶安全超高下限值》查得 $\delta=0.5$ 。

$$H_u = h_d' + h_a + \delta = 161.78 + 1.68 + 0.5 = 163.96\text{m}，\text{取 } 164\text{m}。$$

(2) 下游围堰高程：

$$H_d = h_d + h_a + \delta$$

式中： H_d ——下游围堰高程；

h_d ——下游水位高程，由上面的计算得下泄流量为 $1235.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ，查水位—流量关系曲线（见说明书附图 1）得下游水位为 145.3 米；

h_a ——波浪爬高，由前面计算得 $h_a=1.68\text{m}$ ；

δ ——围堰的安全超高，由《水利工程施工》表 1-3 查得 $\delta=0.5$ ；

$$H_d = h_d + h_a + \delta = 145.3 + 1.68 + 0.5 = 147.48\text{m}。$$

表 6-1

围堰计算成果表

	一期		二期	
	水位	堰顶高程	水位	堰顶高程
上游	151.54	152.04	161.78	164
下游	148.4	148.9	145.3	147.48

附录一 经济剖面选择输入及输出数据

(1) 程序由武汉大学水利水电学院水工教研室提供的 SAOGD1。

(2) 输入数据

182.04,151.0,3,0.7,2.4,0.4,5,0
3,1,0,1
2,178.0,151.5,145.69,1.68,0,0
4,179.3,151.5,146.58,1.68,0,0
5,180.13,151.5,147.13,0.71,0,0
136,172.67,6,0,0,0.65,0.8,51.02
1,1,3,0
172.67,3,0,0.3,5*0
151,3,0,0.3,5*0
136,9.5,0.2,0.3,5*0

(3) 输出数据

182.040	151.000	.300	.700	2.400	.400	5.000	.000
3	1	0	1				
2	178.000	151.500	145.690	1.680	.000	.000	
4	179.300	151.500	146.580	1.680	.000	.000	
5	180.130	151.500	147.130	.710	.000	.000	
136.000	172.670	6.000	.000	.000	.650	.800	51.020
1	1	3	0				
172.670	3.000	.000	.300	.000	.000	.000	.000
151.000	3.000	.000	.300	.000	.000	.000	.000
136.000	9.500	.200	.300	.000	.000	.000	.000
NPROF= 1	ZU= 151.00	ZX= 173.74	N= .00	M= .800	VOL=	846.01	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 22.84	S2U= 13.67	S1D= 88.36	KSH= 3.3156	KSL= 1.0118	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 16.15	S2U= 11.19	S1D= 96.69	KSH= 3.1267	KSL= .9415	
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 13.08	S2U= 9.34	S1D= 100.10	KSH= 3.0360	KSL= .9066	
NPROF= 2	ZU= 151.00	ZX= 173.74	N= .05	M= .800	VOL=	851.63	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 23.04	S2U= 12.95	S1D= 88.23	KSH= 3.3862	KSL= 1.0343	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 16.67	S2U= 10.90	S1D= 96.11	KSH= 3.1940	KSL= .9631	
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 13.75	S2U= 9.39	S1D= 99.31	KSH= 3.1019	KSL= .9277	
NPROF= 3	ZU= 151.00	ZX= 173.74	N= .10	M= .800	VOL=	857.26	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 23.22	S2U= 12.26	S1D= 88.11	KSH= 3.4568	KSL= 1.0568	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 17.15	S2U= 10.56	S1D= 95.57	KSH= 3.2613	KSL= .9847	
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 14.38	S2U= 9.33	S1D= 98.58	KSH= 3.1677	KSL= .9489	
NPROF= 4	ZU= 151.00	ZX= 173.74	N= .15	M= .800	VOL=	862.88	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 23.39	S2U= 11.61	S1D= 87.99	KSH= 3.5274	KSL= 1.0793	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 17.61	S2U= 10.19	S1D= 95.06	KSH= 3.3286	KSL= 1.0062	

附录一 经济剖面选择输入及输出数据

ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 14.98	S2U= 9.20	S1D= 97.89	KSH= 3.2335	KSL= .9701
NPROF= 5	ZU= 151.00	ZX= 173.74	N= .20	M= .800	VOL= 868.51	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 23.56	S2U= 10.99	S1D= 87.89	KSH= 3.5979	KSL= 1.1018
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 18.04	S2U= 9.81	S1D= 94.59	KSH= 3.3960	KSL= 1.0278
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 15.54	S2U= 9.01	S1D= 97.25	KSH= 3.2994	KSL= .9912
NPROF= 6	ZU= 151.00	ZX= 173.74	N= .25	M= .800	VOL= 874.13	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 23.72	S2U= 10.41	S1D= 87.79	KSH= 3.6685	KSL= 1.1243
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 18.45	S2U= 9.42	S1D= 94.15	KSH= 3.4633	KSL= 1.0494
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 16.07	S2U= 8.77	S1D= 96.65	KSH= 3.3652	KSL= 1.0124
NPROF= 7	ZU= 151.00	ZX= 173.74	N= .30	M= .800	VOL= 879.76	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 23.87	S2U= 9.86	S1D= 87.70	KSH= 3.7391	KSL= 1.1468
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 18.83	S2U= 9.04	S1D= 93.73	KSH= 3.5306	KSL= 1.0709
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 16.57	S2U= 8.50	S1D= 96.08	KSH= 3.4311	KSL= 1.0336
NPROF= 8	ZU= 151.00	ZX= 173.50	N= .00	M= .775	VOL= 821.15	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 19.00	S2U= 12.77	S1D= 92.29	KSH= 3.2111	KSL= .9794
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 11.96	S2U= 8.77	S1D= 100.98	KSH= 3.0281	KSL= .9114
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 8.75	S2U= 6.28	S1D= 104.53	KSH= 2.9402	KSL= .8775
NPROF= 9	ZU= 151.00	ZX= 173.50	N= .05	M= .775	VOL= 826.77	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 19.35	S2U= 12.22	S1D= 91.93	KSH= 3.2817	KSL= 1.0019
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 12.65	S2U= 8.94	S1D= 100.14	KSH= 3.0954	KSL= .9329
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 9.60	S2U= 6.81	S1D= 103.47	KSH= 3.0061	KSL= .8987
NPROF=10	ZU= 151.00	ZX= 173.50	N= .10	M= .775	VOL= 832.40	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 19.67	S2U= 11.68	S1D= 91.59	KSH= 3.3522	KSL= 1.0244
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 13.30	S2U= 8.99	S1D= 99.36	KSH= 3.1627	KSL= .9545
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 10.41	S2U= 7.20	S1D= 102.49	KSH= 3.0719	KSL= .9198
NPROF=11	ZU= 151.00	ZX= 173.50	N= .15	M= .775	VOL= 838.02	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 19.98	S2U= 11.15	S1D= 91.27	KSH= 3.4228	KSL= 1.0469
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 13.91	S2U= 8.95	S1D= 98.62	KSH= 3.2300	KSL= .9761
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 11.17	S2U= 7.47	S1D= 101.57	KSH= 3.1377	KSL= .9410
NPROF=12	ZU= 151.00	ZX= 173.50	N= .20	M= .775	VOL= 843.65	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 20.27	S2U= 10.63	S1D= 90.97	KSH= 3.4934	KSL= 1.0694
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 14.49	S2U= 8.83	S1D= 97.94	KSH= 3.2973	KSL= .9976
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 11.88	S2U= 7.62	S1D= 100.71	KSH= 3.2036	KSL= .9622
NPROF=13	ZU= 151.00	ZX= 173.50	N= .25	M= .775	VOL= 849.27	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 20.55	S2U= 10.13	S1D= 90.69	KSH= 3.5640	KSL= 1.0919

附录一 经济剖面选择输入及输出数据

ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 15.03	S2U= 8.66	S1D= 97.30	KSH= 3.3647	KSL= 1.0192
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 12.55	S2U= 7.67	S1D= 99.90	KSH= 3.2694	KSL= .9833
NPROF=14	ZU= 151.00	ZX= 173.50	N= .30	M= .775	VOL= 854.90	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 20.81	S2U= 9.66	S1D= 90.43	KSH= 3.6346	KSL= 1.1144
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 15.54	S2U= 8.45	S1D= 96.70	KSH= 3.4320	KSL= 1.0408
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 13.19	S2U= 7.65	S1D= 99.14	KSH= 3.3353	KSL= 1.0045
NPROF=15	ZU= 151.00	ZX= 173.24	N= .00	M= .750	VOL= 796.34	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 14.78	S2U= 10.89	S1D= 96.60	KSH= 3.1067	KSL= .9472
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 7.36	S2U= 5.27	S1D= 105.67	KSH= 2.9295	KSL= .8813
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 3.98	S2U= 2.29	S1D= 109.39	KSH= 2.8445	KSL= .8485
NPROF=16	ZU= 151.00	ZX= 173.24	N= .05	M= .750	VOL= 801.96	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 15.31	S2U= 10.72	S1D= 95.98	KSH= 3.1772	KSL= .9697
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 8.25	S2U= 5.93	S1D= 104.55	KSH= 2.9969	KSL= .9028
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 5.06	S2U= 3.27	S1D= 108.03	KSH= 2.9104	KSL= .8697
NPROF=17	ZU= 151.00	ZX= 173.24	N= .10	M= .750	VOL= 807.59	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 15.80	S2U= 10.48	S1D= 95.40	KSH= 3.2478	KSL= .9922
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 9.09	S2U= 6.45	S1D= 103.49	KSH= 3.0642	KSL= .9244
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 6.06	S2U= 4.12	S1D= 106.77	KSH= 2.9762	KSL= .8908
NPROF=18	ZU= 151.00	ZX= 173.24	N= .15	M= .750	VOL= 813.21	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 16.26	S2U= 10.20	S1D= 94.85	KSH= 3.3184	KSL= 1.0147
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 9.88	S2U= 6.85	S1D= 102.51	KSH= 3.1315	KSL= .9460
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 7.01	S2U= 4.82	S1D= 105.58	KSH= 3.0420	KSL= .9120
NPROF=19	ZU= 151.00	ZX= 173.24	N= .20	M= .750	VOL= 818.84	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 16.69	S2U= 9.88	S1D= 94.34	KSH= 3.3890	KSL= 1.0372
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 10.62	S2U= 7.12	S1D= 101.59	KSH= 3.1988	KSL= .9675
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 7.90	S2U= 5.40	S1D= 104.48	KSH= 3.1079	KSL= .9332
NPROF=20	ZU= 151.00	ZX= 173.24	N= .25	M= .750	VOL= 824.46	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 17.11	S2U= 9.55	S1D= 93.86	KSH= 3.4596	KSL= 1.0597
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 11.32	S2U= 7.29	S1D= 100.73	KSH= 3.2661	KSL= .9891
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 8.73	S2U= 5.84	S1D= 103.45	KSH= 3.1737	KSL= .9543
NPROF=21	ZU= 151.00	ZX= 173.24	N= .30	M= .750	VOL= 830.09	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 17.50	S2U= 9.21	S1D= 93.41	KSH= 3.5302	KSL= 1.0822
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 11.98	S2U= 7.37	S1D= 99.93	KSH= 3.3335	KSL= 1.0107
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 9.52	S2U= 6.17	S1D= 102.48	KSH= 3.2396	KSL= .9755
NPROF=22	ZU= 151.00	ZX= 172.97	N= .00	M= .725	VOL= 771.58	

附录一 经济剖面选择输入及输出数据

ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 10.13	S2U= 7.73	S1D= 101.34	KSH= 3.0024	KSL= .9150
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 2.29	S2U= .85	S1D= 110.84	KSH= 2.8311	KSL= .8513
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= -1.27	S2U= -2.48	S1D= 114.73	KSH= 2.7489	KSL= .8196
NPROF=23	ZU= 151.00	ZX= 172.97	N= .05	M= .725	VOL= 777.20	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 10.86	S2U= 8.08	S1D= 100.42	KSH= 3.0729	KSL= .9375
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 3.42	S2U= 1.95	S1D= 109.39	KSH= 2.8984	KSL= .8729
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= .06	S2U= -1.10	S1D= 113.03	KSH= 2.8148	KSL= .8407
NPROF=24	ZU= 151.00	ZX= 172.97	N= .10	M= .725	VOL= 782.83	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 11.54	S2U= 8.32	S1D= 99.57	KSH= 3.1435	KSL= .9600
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 4.48	S2U= 2.92	S1D= 108.03	KSH= 2.9658	KSL= .8944
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 1.30	S2U= .14	S1D= 111.46	KSH= 2.8806	KSL= .8619
NPROF=25	ZU= 151.00	ZX= 172.97	N= .15	M= .725	VOL= 788.45	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 12.19	S2U= 8.45	S1D= 98.77	KSH= 3.2141	KSL= .9825
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 5.47	S2U= 3.76	S1D= 106.77	KSH= 3.0331	KSL= .9160
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 2.46	S2U= 1.25	S1D= 109.98	KSH= 2.9464	KSL= .8831
NPROF=26	ZU= 151.00	ZX= 172.97	N= .20	M= .725	VOL= 794.08	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 12.79	S2U= 8.48	S1D= 98.03	KSH= 3.2847	KSL= 1.0050
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 6.40	S2U= 4.47	S1D= 105.59	KSH= 3.1004	KSL= .9376
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 3.55	S2U= 2.24	S1D= 108.61	KSH= 3.0123	KSL= .9042
NPROF=27	ZU= 151.00	ZX= 172.97	N= .25	M= .725	VOL= 799.70	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 13.36	S2U= 8.44	S1D= 97.32	KSH= 3.3553	KSL= 1.0275
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 7.28	S2U= 5.06	S1D= 104.49	KSH= 3.1677	KSL= .9591
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 4.57	S2U= 3.09	S1D= 107.32	KSH= 3.0781	KSL= .9254
NPROF=28	ZU= 151.00	ZX= 172.97	N= .30	M= .725	VOL= 805.33	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 13.89	S2U= 8.34	S1D= 96.67	KSH= 3.4259	KSL= 1.0500
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 8.10	S2U= 5.52	S1D= 103.45	KSH= 3.2351	KSL= .9807
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 5.53	S2U= 3.82	S1D= 106.12	KSH= 3.1440	KSL= .9466
NPROF=29	ZU= 151.00	ZX= 172.67	N= .00	M= .700	VOL= 746.88	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 4.99	S2U= 3.43	S1D= 106.57	KSH= 2.8982	KSL= .8829
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= -3.33	S2U= -4.36	S1D= 116.54	KSH= 2.7328	KSL= .8214
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= -7.08	S2U= -7.98	S1D= 120.63	KSH= 2.6534	KSL= .7908
NPROF=30	ZU= 151.00	ZX= 172.67	N= .05	M= .700	VOL= 752.51	
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 5.96	S2U= 4.29	S1D= 105.33	KSH= 2.9688	KSL= .9054
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= -1.92	S2U= -2.86	S1D= 114.72	KSH= 2.8002	KSL= .8430
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= -5.46	S2U= -6.21	S1D= 118.55	KSH= 2.7193	KSL= .8119

NPROF=31	ZU= 151.00	ZX= 172.67	N= .10	M= .700	VOL= 758.13		
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 6.87	S2U= 5.02	S1D= 104.17	KSH= 3.0394	KSL= .9279	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= -.61	S2U= -1.50	S1D= 113.03	KSH= 2.8675	KSL= .8645	
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= -3.95	S2U= -4.61	S1D= 116.62	KSH= 2.7851	KSL= .8331	
NPROF=32	ZU= 151.00	ZX= 172.67	N= .15	M= .700	VOL= 763.76		
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 7.71	S2U= 5.63	S1D= 103.08	KSH= 3.1100	KSL= .9504	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= .62	S2U= -.27	S1D= 111.46	KSH= 2.9348	KSL= .8861	
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= -2.54	S2U= -3.15	S1D= 114.82	KSH= 2.8510	KSL= .8543	
NPROF=33	ZU= 151.00	ZX= 172.67	N= .20	M= .700	VOL= 769.38		
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 8.51	S2U= 6.11	S1D= 102.07	KSH= 3.1806	KSL= .9729	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 1.78	S2U= .84	S1D= 109.98	KSH= 3.0021	KSL= .9077	
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= -1.22	S2U= -1.81	S1D= 113.14	KSH= 2.9168	KSL= .8754	
NPROF=34	ZU= 151.00	ZX= 172.67	N= .25	M= .700	VOL= 775.01		
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 9.26	S2U= 6.48	S1D= 101.12	KSH= 3.2511	KSL= .9954	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 2.86	S2U= 1.83	S1D= 108.61	KSH= 3.0694	KSL= .9292	
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= .02	S2U= -.60	S1D= 111.57	KSH= 2.9826	KSL= .8966	
NPROF=35	ZU= 151.00	ZX= 172.67	N= .30	M= .700	VOL= 780.63		
ICASE= 2	ZSEC= 136.00	SY= 9.97	S2U= 6.75	S1D= 100.23	KSH= 3.3217	KSL= 1.0179	
ICASE= 4	ZSEC= 136.00	SY= 3.87	S2U= 2.70	S1D= 107.32	KSH= 3.1368	KSL= .9508	
ICASE= 5	ZSEC= 136.00	SY= 1.18	S2U= .50	S1D= 110.10	KSH= 3.0485	KSL= .9177	

附录二 坝体的稳定应力计算输入输出数据

(1) 程序由武汉大学水利水电学院水工教研室提供的 SAOGD1。

(2) 输入数据

182.04,151.0,3,0.7,2.4,0.4,5,0
 3,2,0,0
 2,178.0,151.5,145.69,1.68,0,0
 4,179.3,151.5,146.58,1.68,0,0
 5,180.13,151.5,147.13,0.71,0,0
 136,172.67,6,0,0,0.65,0.8,51.02
 1,1,6,0
 172.67,3,0,0.3,5*0
 165,3,0,0.3,5*0
 158,3,0,0.3,5*0
 151,3,0,0.3,5*0
 143,5.67,0,0.3,5*0
 136,9.5,0.2,0.3,5*0
 136,136,18.0,8.5,-8.76,0.65,0.8,51.02
 2,2,3,0
 99.37,169.61,101.58,170.92,115.62,158.92,113.88,161.42
 118.74,154.47,140.11,148.74,99.37,163.61,100,162.98
 97.6,165.38,3,15,17.21,1.85,0.95,142.37
 55,25,39,112.74,121.97,182.04,0
 170.66,1.27,0,0,170.16,-0.43,0.7,0.7
 156,3,0,0.3,5*0
 151,3,0,0.3,5*0
 136,9.5,0.2,0.3,5*0

(3) 输出数据

182.040	151.000	.300	.700	2.400	.400	5.000	.000
3	2	0	0				
2	178.000	151.500	145.690	1.680	.000	.000	
4	179.300	151.500	146.580	1.680	.000	.000	
5	180.130	151.500	147.130	.710	.000	.000	
136.000	172.670	6.000	.000	.000	.650	.800	51.020
1	1	6	0				
172.670	3.000	.000	.300	.000	.000	.000	.000
165.000	3.000	.000	.300	.000	.000	.000	.000
158.000	3.000	.000	.300	.000	.000	.000	.000
151.000	3.000	.000	.300	.000	.000	.000	.000
143.000	5.670	.000	.300	.000	.000	.000	.000
136.000	9.500	.200	.300	.000	.000	.000	.000

NON WATER SPILLWAY BLOCK NO.= 1

 NORMAL UPSTREAM WATER LEVEL WITH CONSIDERING UPLIFT

SECTION ELEVATION 172.67

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 8.40274E+00 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-2.30362E+01 SUM TAU= 2.30362E+01

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	1.58315E+01	3.23092E+01	2.26165E+01	4.81408E+01	-1.90735E-06	5.50080E+01
1.00000E+00	6.12022E+00	2.83248E+01	1.27518E+01	3.41302E+01	3.14814E-01	6.55221E+01
3.00000E+00	-9.98921E-02	2.03560E+01	1.04928E-01	2.03565E+01	-1.00430E-01	8.97061E+01
6.00000E+00	-2.83902E-06	8.40274E+00	4.21703E-06	8.40274E+00	-2.86102E-06	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 165.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 2.12940E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-9.33317E+01 SUM TAU= 9.33317E+01

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	1.13849E+01	2.32346E+01	1.62642E+01	3.46195E+01	-1.90735E-06	5.50080E+01
1.36900E+00	1.05809E+01	2.30009E+01	1.45053E+01	3.25697E+01	1.01220E+00	5.65883E+01
6.36900E+00	9.09934E+00	2.21474E+01	7.31904E+00	2.54281E+01	5.81872E+00	6.58566E+01
8.36900E+00	8.69333E+00	2.18061E+01	4.10941E+00	2.29875E+01	7.51192E+00	7.39606E+01
1.13690E+01	-7.08278E-07	2.12940E+01	4.84288E-07	2.12940E+01	0.00000E+00	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 158.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 2.19593E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-2.08832E+02 SUM TAU= 2.08832E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	1.62349E+01	3.31325E+01	2.31928E+01	4.93675E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.26900E+00	1.63599E+01	3.22610E+01	2.20361E+01	4.77370E+01	8.83980E-01	5.49196E+01
6.26900E+00	1.60372E+01	2.88271E+01	1.62688E+01	3.99127E+01	4.95163E+00	5.57294E+01
1.12690E+01	1.46804E+01	2.53932E+01	8.57155E+00	3.01443E+01	9.92925E+00	6.10007E+01
1.32690E+01	1.39275E+01	2.40196E+01	4.95228E+00	2.60438E+01	1.19034E+01	6.77686E+01
1.62690E+01	1.33071E-06	2.19593E+01	-3.94881E-07	2.19593E+01	1.90735E-06	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 151.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 2.16902E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 2.00000E-01
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-3.73382E+02 SUM TAU= 3.73382E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	2.24812E+01	4.58799E+01	3.21159E+01	6.83611E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.16900E+00	2.26736E+01	4.45441E+01	3.09282E+01	6.64133E+01	8.04424E-01	5.47360E+01
6.16900E+00	2.26943E+01	3.88306E+01	2.49984E+01	5.70306E+01	4.49430E+00	5.39437E+01
1.11690E+01	2.16612E+01	3.31172E+01	1.76916E+01	4.59850E+01	8.79343E+00	5.39701E+01
1.61690E+01	1.99067E+01	2.74037E+01	9.00782E+00	3.34118E+01	1.38986E+01	5.62970E+01
1.81690E+01	1.90773E+01	2.51183E+01	5.14874E+00	2.80671E+01	1.61285E+01	6.01991E+01
2.11690E+01	2.00000E-01	2.16902E+01	8.12113E-07	2.16902E+01	1.99999E-01	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 143.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.55283E+01 TAU U=-3.63849E+00 SIGMA XU= 4.49155E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-6.32164E+02 SUM TAU= 6.32164E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	2.91633E+01	5.95169E+01	4.16618E+01	8.86802E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.76900E+00	2.82082E+01	5.68492E+01	3.95425E+01	8.45844E+01	4.72958E-01	5.49540E+01
6.76900E+00	2.57733E+01	4.93088E+01	3.32491E+01	7.28112E+01	2.27095E+00	5.47452E+01
1.17690E+01	2.38754E+01	4.17686E+01	2.65078E+01	6.07988E+01	4.84518E+00	5.43250E+01
1.67690E+01	2.27012E+01	3.42282E+01	1.93186E+01	4.86247E+01	8.30475E+00	5.33060E+01
2.17690E+01	2.24371E+01	2.66880E+01	1.16814E+01	3.64357E+01	1.26893E+01	5.01561E+01
2.34990E+01	2.25916E+01	2.40790E+01	8.93471E+00	3.23009E+01	1.43697E+01	4.73791E+01
2.67690E+01	1.17006E+01	1.91476E+01	2.53375E+00	1.99280E+01	1.09203E+01	7.28829E+01
2.91690E+01	4.49155E+00	1.55283E+01	-3.63850E+00	1.66199E+01	3.40000E+00	1.06699E+02

SECTION ELEVATION 136.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 9.96702E+00 TAU U=-1.13011E+00 SIGMA XU= 6.53903E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-8.91934E+02 SUM TAU= 8.91934E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	3.29621E+01	6.72696E+01	4.70887E+01	1.00232E+02	0.00000E+00	5.50080E+01
1.66900E+00	3.23015E+01	6.46254E+01	4.51682E+01	9.64361E+01	4.90788E-01	5.48440E+01
6.66900E+00	3.02064E+01	5.67039E+01	3.92789E+01	8.49083E+01	2.00201E+00	5.43196E+01
1.16690E+01	2.81103E+01	4.87824E+01	3.31858E+01	7.32045E+01	3.68813E+00	5.36498E+01
1.66690E+01	2.62358E+01	4.08609E+01	2.68889E+01	6.14139E+01	5.68282E+00	5.26069E+01
2.16690E+01	2.48057E+01	3.29394E+01	2.03882E+01	4.96624E+01	8.08261E+00	5.06404E+01
2.66690E+01	2.40424E+01	2.50179E+01	1.36838E+01	3.82226E+01	1.08377E+01	4.60207E+01
3.16690E+01	1.41628E+01	1.70964E+01	7.31169E+00	2.30870E+01	8.17225E+00	5.06716E+01
3.61690E+01	6.53903E+00	9.96702E+00	-1.13011E+00	1.03061E+01	6.20000E+00	1.06699E+02

SHEARING SAFETY FACOR = 3.3217 SLIDING SAFETY FACTOR= 1.0179

CONCRETE VOLUME PER METER LENGTH OF NON WATER SPILLWAY BLOCK = 7.806310E+02

DESIGN FLOOD UPSTREAM WATER LEVEL WITH CONSIDERING UPLIFT

SECTION ELEVATION 172.67

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.42988E+00 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-3.08102E+01 SUM TAU= 3.08102E+01

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	1.87386E+01	3.82421E+01	2.67695E+01	5.69807E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.00000E+00	8.05187E+00	3.21067E+01	1.55772E+01	3.97594E+01	3.99193E-01	6.38362E+01
3.00000E+00	8.17677E-01	1.98360E+01	1.01018E+00	1.98895E+01	7.64171E-01	8.69680E+01
6.00000E+00	6.08945E-06	1.42988E+00	-1.34110E-07	1.42988E+00	6.07967E-06	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 165.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.42522E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-1.11077E+02 SUM TAU= 1.11077E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	1.44762E+01	2.95433E+01	2.06803E+01	4.40196E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.36900E+00	1.30426E+01	2.77021E+01	1.79809E+01	3.97897E+01	9.54922E-01	5.60889E+01
6.36900E+00	1.02599E+01	2.09771E+01	8.30530E+00	2.55025E+01	5.73457E+00	6.14151E+01
8.36900E+00	9.63763E+00	1.82871E+01	4.51589E+00	2.02151E+01	7.70964E+00	6.68807E+01
1.13690E+01	-4.11936E-07	1.42522E+01	5.96046E-07	1.42522E+01	0.00000E+00	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 158.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.46604E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-2.35677E+02 SUM TAU= 2.35677E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	1.95028E+01	3.98017E+01	2.78612E+01	5.93046E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.26900E+00	1.91814E+01	3.78407E+01	2.60459E+01	5.61775E+01	8.44534E-01	5.48538E+01
6.26900E+00	1.76451E+01	3.01139E+01	1.81677E+01	4.30871E+01	4.67183E+00	5.44701E+01
1.12690E+01	1.57213E+01	2.23871E+01	9.13155E+00	2.87750E+01	9.33342E+00	5.50258E+01
1.32690E+01	1.48559E+01	1.92964E+01	5.19285E+00	2.27238E+01	1.14286E+01	5.65748E+01
1.62690E+01	4.23948E-07	1.46604E+01	4.99189E-07	1.46604E+01	0.00000E+00	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 151.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.42046E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 2.00000E-01

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-4.09327E+02 SUM TAU= 4.09327E+02

附录二 坝体的稳定应力计算输入输出数据

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	2.58677E+01	5.27913E+01	3.69539E+01	7.86590E+01	3.81470E-06	5.50080E+01
1.16900E+00	2.57215E+01	5.06604E+01	3.52736E+01	7.56037E+01	7.78229E-01	5.47344E+01
6.16900E+00	2.46436E+01	4.15465E+01	2.75342E+01	6.18971E+01	4.29291E+00	5.35318E+01
1.11690E+01	2.29727E+01	3.24325E+01	1.88994E+01	4.71849E+01	8.22035E+00	5.20253E+01
1.61690E+01	2.08981E+01	2.33186E+01	9.36909E+00	3.15553E+01	1.26614E+01	4.86802E+01
1.81690E+01	1.99975E+01	1.96730E+01	5.30623E+00	2.51440E+01	1.45266E+01	4.41242E+01
2.11690E+01	2.00002E-01	1.42046E+01	-6.70552E-08	1.42046E+01	2.00002E-01	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 143.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 8.80189E+00 TAU U=-1.62057E+00 SIGMA XU= 3.88617E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-6.75719E+02 SUM TAU= 6.75719E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	3.16581E+01	6.46085E+01	4.52259E+01	9.62666E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.76900E+00	3.02766E+01	6.12240E+01	4.25656E+01	9.10412E+01	4.59385E-01	5.49887E+01
6.76900E+00	2.69607E+01	5.16579E+01	3.50572E+01	7.64778E+01	2.14084E+00	5.47022E+01
1.17690E+01	2.45468E+01	4.20918E+01	2.75647E+01	6.22463E+01	4.39232E+00	5.38269E+01
1.67690E+01	2.30755E+01	3.25258E+01	2.00882E+01	4.84370E+01	7.16426E+00	5.16182E+01
2.17690E+01	2.25877E+01	2.29597E+01	1.26275E+01	3.54026E+01	1.01448E+01	4.54219E+01
2.34990E+01	2.26553E+01	1.96498E+01	1.00499E+01	3.13141E+01	1.09910E+01	4.07478E+01
2.67690E+01	1.14082E+01	1.33936E+01	4.10664E+00	1.66258E+01	8.17598E+00	5.17947E+01
2.91690E+01	3.88617E+00	8.80188E+00	-1.62056E+00	9.28805E+00	3.40000E+00	1.06699E+02

SECTION ELEVATION 136.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 3.54770E+00 TAU U= 7.95689E-01 SIGMA XU= 5.96129E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-9.38359E+02 SUM TAU= 9.38359E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	3.54519E+01	7.23508E+01	5.06456E+01	1.07803E+02	0.00000E+00	5.50080E+01
1.66900E+00	3.43946E+01	6.91759E+01	4.82631E+01	1.03086E+02	4.84570E-01	5.49078E+01
6.66900E+00	3.14102E+01	5.96646E+01	4.12141E+01	8.91055E+01	1.96925E+00	5.44602E+01
1.16690E+01	2.87875E+01	5.01533E+01	3.42980E+01	7.53936E+01	3.54719E+00	5.36502E+01
1.66690E+01	2.66385E+01	4.06419E+01	2.75147E+01	6.20318E+01	5.24865E+00	5.21385E+01
2.16690E+01	2.50751E+01	3.11306E+01	2.08642E+01	4.91856E+01	7.02012E+00	4.91284E+01
2.66690E+01	2.42092E+01	2.16192E+01	1.43465E+01	3.73191E+01	8.50940E+00	4.24211E+01
3.16690E+01	1.40199E+01	1.21079E+01	8.50464E+00	2.16221E+01	4.50569E+00	4.17932E+01
3.61690E+01	5.96129E+00	3.54770E+00	7.95689E-01	6.20000E+00	3.30900E+00	1.66992E+01

SHEARING SAFETY FACOR = 3.1368 SLIDING SAFETY FACTOR= .9508

CATASTROPHE FLOOD UPSTREAM WATER LEVEL WITH CONSIDERING UPLIFT

SECTION ELEVATION 172.67

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 2.30858E+00 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-2.96254E+01 SUM TAU= 2.96254E+01

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	1.79827E+01	3.66994E+01	2.56896E+01	5.46821E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.00000E+00	7.68429E+00	3.09676E+01	1.49723E+01	3.82917E+01	3.60218E-01	6.39333E+01
3.00000E+00	9.80563E-01	1.95040E+01	9.83946E-01	1.95561E+01	9.28444E-01	8.69679E+01
6.00000E+00	8.71671E-06	2.30859E+00	2.22027E-06	2.30859E+00	8.82149E-06	8.99999E+01

SECTION ELEVATION 165.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.34300E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-1.16258E+02 SUM TAU= 1.16258E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	1.46498E+01	2.98975E+01	2.09283E+01	4.45473E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.36900E+00	1.34692E+01	2.79146E+01	1.84113E+01	4.04693E+01	9.14507E-01	5.57099E+01
6.36900E+00	1.09407E+01	2.06723E+01	8.90533E+00	2.59545E+01	5.65857E+00	5.93259E+01
8.36900E+00	1.02514E+01	1.77754E+01	4.96512E+00	2.02428E+01	7.78404E+00	6.35752E+01
1.13690E+01	-1.21992E-06	1.34300E+01	-3.20375E-07	1.34300E+01	-9.53674E-07	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 158.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.27700E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-2.46668E+02 SUM TAU= 2.46668E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	2.02321E+01	4.12901E+01	2.89031E+01	6.15222E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
1.26900E+00	1.99785E+01	3.90655E+01	2.70738E+01	5.82286E+01	8.15426E-01	5.47088E+01
6.26900E+00	1.84870E+01	3.03003E+01	1.90290E+01	4.43183E+01	4.46906E+00	5.36222E+01
1.12690E+01	1.64051E+01	2.15351E+01	9.64871E+00	2.89540E+01	8.98630E+00	5.24436E+01
1.32690E+01	1.54651E+01	1.80291E+01	5.52267E+00	2.24166E+01	1.10775E+01	5.15345E+01
1.62690E+01	-3.25802E-06	1.27700E+01	-1.51247E-06	1.27700E+01	-2.86102E-06	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 151.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.16374E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 2.00000E-01

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-4.26128E+02 SUM TAU= 4.26128E+02

附录二 坝体的稳定应力计算输入输出数据

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	2.69460E+01	5.49918E+01	3.84943E+01	8.19379E+01	3.81470E-06	5.50080E+01
1.16900E+00	2.67934E+01	5.25977E+01	3.67365E+01	7.86319E+01	7.59285E-01	5.46758E+01
6.16900E+00	2.56213E+01	4.23576E+01	2.86555E+01	6.38418E+01	4.13714E+00	5.31396E+01
1.11690E+01	2.37914E+01	3.21176E+01	1.96625E+01	4.80529E+01	7.85609E+00	5.09772E+01
1.61690E+01	2.15514E+01	2.18775E+01	9.75768E+00	3.14735E+01	1.19554E+01	4.54787E+01
1.81690E+01	2.05960E+01	1.77815E+01	5.54041E+00	2.49051E+01	1.34724E+01	3.78742E+01
2.11690E+01	2.00001E-01	1.16374E+01	-1.84774E-06	1.16374E+01	2.00001E-01	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 143.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 6.02392E+00 TAU U=-7.87175E-01 SIGMA XU= 3.63615E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-6.97040E+02 SUM TAU= 6.97040E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	3.25293E+01	6.63864E+01	4.64705E+01	9.89157E+01	3.81470E-06	5.50080E+01
1.76900E+00	3.10784E+01	6.27256E+01	4.36775E+01	9.33575E+01	4.46548E-01	5.49573E+01
6.76900E+00	2.75707E+01	5.23786E+01	3.58705E+01	7.79292E+01	2.02000E+00	5.45376E+01
1.17690E+01	2.49741E+01	4.20315E+01	2.81923E+01	6.29570E+01	4.04869E+00	5.34158E+01
1.67690E+01	2.33335E+01	3.16845E+01	2.06429E+01	4.85700E+01	6.44800E+00	5.07176E+01
2.17690E+01	2.26933E+01	2.13375E+01	1.32223E+01	3.52551E+01	8.77576E+00	4.35325E+01
2.34990E+01	2.27129E+01	1.77574E+01	1.06847E+01	3.12035E+01	9.26693E+00	3.84720E+01
2.67690E+01	1.12823E+01	1.09905E+01	4.84505E+00	1.59837E+01	6.28916E+00	4.41374E+01
2.91690E+01	3.63615E+00	6.02392E+00	-7.87178E-01	6.26007E+00	3.40000E+00	1.06699E+02

SECTION ELEVATION 136.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 8.27171E-01 TAU U= 1.61185E+00 SIGMA XU= 5.71645E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-9.61640E+02 SUM TAU= 9.61640E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	3.63832E+01	7.42514E+01	5.19760E+01	1.10635E+02	0.00000E+00	5.50080E+01
1.66900E+00	3.52261E+01	7.08633E+01	4.94551E+01	1.05612E+02	4.77509E-01	5.49070E+01
6.66900E+00	3.19987E+01	6.07131E+01	4.20583E+01	9.07972E+01	1.91461E+00	5.44240E+01
1.16690E+01	2.92019E+01	5.05630E+01	3.48944E+01	7.63748E+01	3.39005E+00	5.35092E+01
1.66690E+01	2.69284E+01	4.04128E+01	2.79634E+01	6.24354E+01	4.90582E+00	5.17779E+01
2.16690E+01	2.52708E+01	3.02626E+01	2.12654E+01	4.91781E+01	6.35538E+00	4.83471E+01
2.66690E+01	2.43220E+01	2.01125E+01	1.48002E+01	3.71664E+01	7.26808E+00	4.09531E+01
3.16690E+01	1.39549E+01	9.96232E+00	9.11562E+00	2.12903E+01	2.62696E+00	3.88237E+01
3.61690E+01	5.71645E+00	8.27170E-01	1.61185E+00	6.20000E+00	3.43616E-01	1.66992E+01

SHEARING SAFETY FACOR = 3.0485 SLIDING SAFETY FACTOR= .9177

	136.000	136.000	18.000	8.500	-8.760	.650	.800	51.020		
	2	2	3	0						
	99.370	169.610	101.580	170.920	115.620	158.920	113.880	161.420	118.740	154.470
140.110	148.740									
	99.370	163.610	100.000	162.980	97.600	165.380		3.000	15.000	17.210
1.850	.950	142.370								
	55.000	25.000	39.000	112.740	121.970	182.040	.000			
	170.660	1.270	.000	.000	170.160	-430	.700	.700		
	156.000	3.000	.000	.300	.000	.000	.000	.000	.000	
	151.000	3.000	.000	.300	.000	.000	.000	.000	.000	
	136.000	9.500	.200	.300	.000	.000	.000	.000	.000	

NORMAL UPSTREAM WATER LEVEL WITH CONSIDERING UPLIFT

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU=4.86721E+00 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-2.50832E+02 SUM TAU= 2.50832E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
0.00000E+00	2.34481E+01	4.78532E+01	3.34972E+01	7.13013E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
2.67400E+00	2.00788E+01	4.13496E+01	2.66604E+01	5.94177E+01	2.01080E+00	5.58741E+01
7.67400E+00	1.67647E+01	2.91888E+01	1.54159E+01	3.95972E+01	6.35631E+00	5.59738E+01
1.26740E+01	1.54871E+01	1.70280E+01	6.17760E+00	2.24830E+01	1.00321E+01	4.85546E+01
1.46740E+01	1.50546E+01	1.21637E+01	3.04400E+00	1.69789E+01	1.02394E+01	3.22996E+01
1.76740E+01	-1.77427E-06	4.86721E+00	-3.65078E-07	4.86721E+00	-1.90735E-06	9.00000E+01

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.19648E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 2.00000E-01
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-3.73382E+02 SUM TAU= 3.73382E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
0.00000E+00	7.37525E+01	4.83632E+01	5.97236E+01	1.22116E+02	0.00000E+00	3.90000E+01
1.97500E+00	7.33798E+01	4.50919E+01	4.81863E+01	1.09455E+02	9.01663E+00	3.68208E+01
6.97500E+00	6.27164E+01	3.68101E+01	2.43376E+01	7.73332E+01	2.21933E+01	3.09884E+01
1.19750E+01	4.45400E+01	2.85284E+01	8.17296E+00	4.79749E+01	2.50934E+01	2.27959E+01
1.69750E+01	2.68952E+01	2.02466E+01	-3.07519E-01	2.69094E+01	2.02324E+01	1.77357E+02
1.89750E+01	2.17880E+01	1.69339E+01	-1.54816E+00	2.22398E+01	1.64821E+01	1.63734E+02

附录二 坝体的稳定应力计算输入输出数据

2.19750E+01 1.99980E-01 1.19648E+01 -2.62260E-06 1.19648E+01 1.99980E-01 9.00000E+01

SECTION ELEVATION 136.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 2.29430E+01 TAU U=-5.02291E+00 SIGMA XU= 7.70687E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-8.91934E+02 SUM TAU= 8.91934E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
0.00000E+00	0.00000E+00	4.50940E+01	0.00000E+00	4.50940E+01	0.00000E+00	9.00000E+01
2.37499E+00	-4.84330E-01	4.39717E+01	5.79740E+00	4.47153E+01	-1.22791E+00	8.26910E+01
7.37499E+00	-6.75989E-01	4.16090E+01	1.59207E+01	4.69330E+01	-5.99999E+00	7.15097E+01
1.23750E+01	1.81301E-01	3.92462E+01	2.32214E+01	5.00576E+01	-1.06301E+01	6.50343E+01
1.73750E+01	1.99815E+00	3.68834E+01	2.76993E+01	5.21745E+01	-1.32930E+01	6.10996E+01
2.23750E+01	4.68518E+00	3.45206E+01	2.93546E+01	5.25306E+01	-1.33248E+01	5.84696E+01
2.73750E+01	8.15298E+00	3.21579E+01	2.81872E+01	5.07916E+01	-1.04808E+01	5.65324E+01
3.23750E+01	1.23122E+01	2.97951E+01	2.41970E+01	4.67812E+01	-4.67397E+00	5.49314E+01
3.73750E+01	1.70734E+01	2.74323E+01	1.73842E+01	4.03923E+01	4.11346E+00	5.32955E+01
4.23750E+01	1.18056E+01	2.50695E+01	8.28646E+00	2.90512E+01	7.82396E+00	6.43358E+01
4.68750E+01	7.70688E+00	2.29430E+01	-5.02291E+00	2.44499E+01	6.20000E+00	1.06699E+02

SHEARING SAFETY FACOR = 4.1116 SLIDING SAFETY FACTOR= 1.1621

CONCRETE VOLUME OF MIDDLE WATER SPILLWAY BLOCK = 1.405199E+04

DESIGN FLOOD UPSTREAM WATER LEVEL WITH CONSIDERING UPLIFT

SECTION ELEVATION 156.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 6.97905E+00 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-2.45122E+02 SUM TAU= 2.45122E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
0.00000E+00	2.13431E+01	4.35574E+01	3.04902E+01	6.49005E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
2.67400E+00	1.92865E+01	3.80232E+01	2.50188E+01	5.53701E+01	1.93958E+00	5.52643E+01
7.67400E+00	1.73203E+01	2.76752E+01	1.54558E+01	3.87976E+01	6.19781E+00	5.42600E+01
1.26740E+01	1.64040E+01	1.73271E+01	6.76275E+00	2.36440E+01	1.00871E+01	4.69522E+01
1.46740E+01	1.59606E+01	1.31879E+01	3.52915E+00	1.83659E+01	1.07826E+01	3.42769E+01
1.76740E+01	-5.98538E-07	6.97905E+00	-6.33299E-07	6.97905E+00	-4.76837E-07	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 151.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.27916E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 2.00000E-01

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-3.74172E+02 SUM TAU= 3.74172E+02

附录二 坝体的稳定应力计算输入输出数据

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	6.96966E+01	4.57035E+01	5.64392E+01	1.15400E+02	0.00000E+00	3.90000E+01
1.97500E+00	7.04008E+01	4.27456E+01	4.60215E+01	1.04627E+02	8.51929E+00	3.66383E+01
6.97500E+00	6.17703E+01	3.52571E+01	2.42788E+01	7.61759E+01	2.08515E+01	3.06824E+01
1.19750E+01	4.47834E+01	2.77686E+01	9.17604E+00	4.87890E+01	2.37630E+01	2.35827E+01
1.69750E+01	2.76739E+01	2.02801E+01	7.13138E-01	2.77420E+01	2.02119E+01	5.45919E+00
1.89750E+01	2.26401E+01	1.72847E+01	-8.12856E-01	2.27607E+01	1.71640E+01	1.71557E+02
2.19750E+01	2.00007E-01	1.27916E+01	4.62681E-06	1.27916E+01	2.00006E-01	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 136.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 2.18311E+01 TAU U=-4.68932E+00 SIGMA XU= 7.60680E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-9.03203E+02 SUM TAU= 9.03204E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	0.00000E+00	4.38763E+01	0.00000E+00	4.38763E+01	0.00000E+00	9.00000E+01
2.37499E+00	-4.89966E-01	4.27593E+01	5.83346E+00	4.35323E+01	-1.26297E+00	8.24516E+01
7.37499E+00	-6.80748E-01	4.04079E+01	1.60264E+01	4.59195E+01	-6.19244E+00	7.10213E+01
1.23750E+01	1.91249E-01	3.80564E+01	2.33881E+01	4.92145E+01	-1.09668E+01	6.44950E+01
1.73750E+01	2.03246E+00	3.57049E+01	2.79186E+01	5.14709E+01	-1.37336E+01	6.05460E+01
2.23750E+01	4.74932E+00	3.33534E+01	2.96178E+01	5.19415E+01	-1.38388E+01	5.78876E+01
2.73750E+01	8.24825E+00	3.10019E+01	2.84858E+01	5.02987E+01	-1.10486E+01	5.58855E+01
3.23750E+01	1.24357E+01	2.86504E+01	2.45225E+01	4.63710E+01	-5.28490E+00	5.41472E+01
3.73750E+01	1.72181E+01	2.62989E+01	1.77280E+01	4.00587E+01	3.45831E+00	5.21828E+01
4.23750E+01	1.18265E+01	2.39474E+01	8.64682E+00	2.84461E+01	7.32774E+00	6.25131E+01
4.68750E+01	7.60680E+00	2.18311E+01	-4.68932E+00	2.32379E+01	6.20000E+00	1.06699E+02

SHEARING SAFETY FACOR = 4.0119 SLIDING SAFETY FACTOR= 1.1083

CATASTROPHE FLOOD UPSTREAM WATER LEVEL WITH CONSIDERING UPLIFT

SECTION ELEVATION 156.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 4.63289E+00 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 0.00000E+00
EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-2.57559E+02 SUM TAU= 2.57559E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.00000E+00	2.22702E+01	4.54494E+01	3.18146E+01	6.77196E+01	0.00000E+00	5.50080E+01
2.67400E+00	2.02093E+01	3.92740E+01	2.61755E+01	5.75988E+01	1.88446E+00	5.50051E+01
7.67400E+00	1.81377E+01	2.77270E+01	1.62671E+01	3.98913E+01	5.97339E+00	5.32113E+01
1.26740E+01	1.70620E+01	1.61799E+01	7.18729E+00	2.38218E+01	9.42019E+00	4.32442E+01
1.46740E+01	1.65590E+01	1.15611E+01	3.78738E+00	1.85975E+01	9.52255E+00	2.82915E+01
1.76740E+01	-1.46902E-06	4.63289E+00	-1.57207E-06	4.63289E+00	-1.43051E-06	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 151.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 1.02265E+01 TAU U= 0.00000E+00 SIGMA XU= 2.00000E-01

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-3.90759E+02 SUM TAU= 3.90759E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
0.00000E+00	7.29769E+01	4.78546E+01	5.90955E+01	1.20832E+02	0.00000E+00	3.90000E+01
1.97500E+00	7.38027E+01	4.44728E+01	4.81582E+01	1.09479E+02	8.79619E+00	3.65318E+01
6.97500E+00	6.47786E+01	3.59112E+01	2.53477E+01	7.95140E+01	2.11758E+01	3.01708E+01
1.19750E+01	4.68237E+01	2.73497E+01	9.53225E+00	5.07129E+01	2.34605E+01	2.21956E+01
1.69750E+01	2.87121E+01	1.87881E+01	7.11762E-01	2.87629E+01	1.87373E+01	4.08147E+00
1.89750E+01	2.33890E+01	1.53635E+01	-8.57837E-01	2.34796E+01	1.52728E+01	1.73967E+02
2.19750E+01	2.00028E-01	1.02265E+01	-5.62519E-06	1.02265E+01	2.00027E-01	9.00000E+01

SECTION ELEVATION 136.00

BOUNDARY CONDITION: SIGMA YU= 2.00732E+01 TAU U=-4.16195E+00 SIGMA XU= 7.44859E+00

EQUILIBRIUM CONDITION: SUM P=-9.26270E+02 SUM TAU= 9.26270E+02

POINT	SIGMA X	SIGMA Y	TAU XY	PRIN1	PRIN2	ANGLE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
0.00000E+00	0.00000E+00	4.45286E+01	0.00000E+00	4.45286E+01	0.00000E+00	9.00000E+01
2.37499E+00	-4.96152E-01	4.32895E+01	5.92467E+00	4.40770E+01	-1.28366E+00	8.24286E+01
7.37499E+00	-7.04258E-01	4.06810E+01	1.62874E+01	4.63221E+01	-6.34536E+00	7.08966E+01
1.23750E+01	1.47425E-01	3.80724E+01	2.37888E+01	4.95316E+01	-1.13118E+01	6.42795E+01
1.73750E+01	1.96877E+00	3.54638E+01	2.84287E+01	5.17113E+01	-1.42787E+01	6.02513E+01
2.23750E+01	4.66967E+00	3.28552E+01	3.02072E+01	5.20953E+01	-1.45705E+01	5.75054E+01
2.73750E+01	8.15998E+00	3.02466E+01	2.91243E+01	5.03510E+01	-1.19444E+01	5.53828E+01
3.23750E+01	1.23496E+01	2.76380E+01	2.51800E+01	4.63086E+01	-6.32096E+00	5.34437E+01
3.73750E+01	1.71484E+01	2.50295E+01	1.83743E+01	3.98810E+01	2.29682E+00	5.10521E+01
4.23750E+01	1.16995E+01	2.24209E+01	9.25646E+00	2.77569E+01	6.36347E+00	6.00383E+01
4.68750E+01	7.44858E+00	2.00732E+01	-4.16195E+00	2.13217E+01	6.20000E+00	1.06699E+02

SHEARING SAFETY FACOR = 3.8896 SLIDING SAFETY FACTOR= 1.0625

附录三 调洪演算源程序及输入数据

(1) 编译环境, turbo c 2.1

(2) 源代码: TDB.C

```

/*****
《水利水能规划》-洪水调节-水库调洪计算,列表试算法
->   in.dat 输入数据      out.dat 输出数据
->   readdat()--读取数据  search()--插入法求值 test()--每时段的试算 main()--主程序和输出程序
->   程序设计: 9900126 徐林 2003.4
*****/

#include <stdio.h>
#include<math.h>
#include<CONIO.H>
#define MAXMN 50 /*定义最大的数组维数-50*/
#define DATA 5 /*允许误差*/

float B,MC,ZY;
int N,M,NUM; /* N-插值的基值点数 M-时段数 MC-系数,NUM-孔数,B-孔宽,ZY-堰顶水头*/

int readdat(float fzvq[3][MAXMN],float ftq[2][MAXMN],float * limz) /*读文件中的数据*/
{
FILE * fp;
int i=0;
char temp[50];
fp=fopen("in.dat","r");
fscanf(fp,"%d",&N); /*读出表 3-2*/
for(i=0;i<N;i++)
fscanf(fp,"%f%f",&fzvq[0][i],&fzvq[1][i]);
fscanf(fp,"%d",&M); /*读出表 3-3*/
for(i=0;i<M;i++)
fscanf(fp,"%f%f",&ftq[0][i],&ftq[1][i]);
fscanf(fp,"%f",limz); /*读出初始泄洪流量*/
fscanf(fp,"%s%f",temp,&MC); /*读出公式中的系数*/
fscanf(fp,"%s%f%s%d",temp,&B,temp,&NUM); /*读出孔宽和孔数*/
fscanf(fp,"%s%f",temp,&ZY);/*读出堰顶高程*/
close(fp);
}

/*在 fzvqz 中找到第 t 个参数等于 bs 的数值, 并通过数组 zvq 返回*/
int search(int t,float bs,float fzvq[3][MAXMN],float zvq[3])
{
int i=0,tmp=0;
if(t==2)
{

```

```

zvq[2]=bs;
bs=pow(bs/(MC*NUM*B*sqrt(2*9.8)),2.0/3)+ZY;
/*printf("\nbs=%f",pow(bs/(MC*NUM*B*sqrt(2*9.8)),2.0/3));*/
t=0;
tmp=1;
}
while(fzvk[t][i]<bs)
i++;
zvq[0]=fzvk[0][i-1]+(bs-fzvk[t][i-1])*(fzvk[0][i]-fzvk[0][i-1])/(fzvk[t][i]-fzvk[t][i-1]);
zvq[1]=fzvk[1][i-1]+(bs-fzvk[t][i-1])*(fzvk[1][i]-fzvk[1][i-1])/(fzvk[t][i]-fzvk[t][i-1]);
if(tmp==0)
zvq[2]=MC*NUM*B*sqrt(2*9.8)*pow((zvq[0]-ZY),1.5);
return 1;
}

/*试算第 i 个数据的 v,q,z 值，并通过数组 vqz 返回*/
int test(int i,float lq,float fzvk[3][MAXMN],float ftq[2][MAXMN],float vqz[3])
{
int max=0,min=0;
float Q1,Z1,V1,q1,Q2,Z2,V2,q2,aQ,aq,dv,zvk[3],Z3;
search(2,lq,fzvk,zvk);
Q1=ftq[1][i];
Q2=ftq[1][i+1];
Z1=zvk[0];
V1=zvk[1];
q1=zvk[2];
aQ=(Q1+Q2)/2;
if(aQ>q1)
Z2=Z1+0.4;
else
{Z2=Z1;
Z1=Z1-0.4;
}
do
{search(0,Z2,fzvk,zvk);
V2=zvk[1];
q2=zvk[2];
aq=(q1+q2)/2;
dv=(aQ-aq)*(ftq[0][i+1]-ftq[0][i])*60*60/10000;
vqz[0]=V1+dv;
if(aQ>q1)
{if(vqz[0]<V2)
{max=1;
Z3=Z2;

```

```

Z2=(Z3+Z1)/2;}
else if(max&&vqz[0]>V2)
{Z1=Z2;
Z2=(Z1+Z3)/2;
}
if(!max)
Z2=0.4+Z2;
}
else
{if(vqz[0]<V2)
{min=1;
Z3=Z2;
Z2=(Z3+Z1)/2;}
else if(min&&vqz[0]>V2)
{Z1=Z2;
Z2=(Z1+Z3)/2;}
if(!min)
Z1=Z1-0.4;
}}
while((abs(vqz[0]-V2))>DATA); /*做该循环直到小于允许允许误差-10*/
search(1,vqz[0],fzvq,zvq);
vqz[0]=zvq[1];
vqz[1]=zvq[2];
vqz[2]=zvq[0];
}
main() /*主程序*/
{
FILE * fp;
int i,t=0;
float fzvq[3][MAXMN],ftq[2][MAXMN],vqz[3],zvq[3];
float aQ,aq,dv,lq,limz; /**/
fp=fopen("out.dat","w");
clrscr();

readdat(fzvq,ftq,&limz);
search(2,limz,fzvq,zvq);
lq=zvq[2];
printf("\n\n\n t\t Q\t ~Q\t q\t ~q\t dV\t V\t Z\n");
fprintf(fp,"\n t\t Q\t ~Q\t q\t ~q\t dV\t V\t Z\n");
printf("\n%6.1f\t%6.1f\t%6.1f\t%6.1f\t%6.1f\n",ftq[0][0],ftq[1][0],zvq[2],zvq[1],zvq[0]);
fprintf(fp,"\n%6.1f\t%6.1f\t%6.1f\t%6.1f\t%6.1f\n",ftq[0][0],ftq[1][0],zvq[2],zvq[1],zvq[0]);
for(i=0;i<M-1;i++)
{
test(i,lq,fzvq,ftq,vqz);

```


10.4 969.5914865
15 1305
20 1757.4
25 2436
26.5 2784
28 3132
29 3480
30 3932.4
31 4384.8
33 5220
34 5463.6
35 5568
36 5602.8
37.5 5498.4
40 5150.4
45 4402.2
50 3723.6
55 3149.4
60 2784
65 2488.2
70 2244.6
75 2053.2
80 1861.8
85 1687.8
90 1531.2
95 1357.2
100 1200.6
105 1044
110 904.8
115 800.4
120 748.2
125 730.8
130 696

824.68

mc 为 0.48

孔宽（米） 12

孔数 3

堰顶高程 170.92

输入文件说明：

①水位-库容曲线

基值点个数 N;

水位-库容，单位各为米、万立方米，共 N 项。

②来水过程

基值点个数 M ;

时间-流量, 单位为小时、立米/秒。共 M 项。

要求从起调点开始输入。

③起调点流量, 单位立米/秒

④ m 的值

⑤孔宽 (米)

⑥孔数

⑦堰顶高程

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM