

《水工建筑物》课程课程设计

前 进 闸 初 步 设 计

学 号： 0803105028

专 业： 水利水电工程

姓 名： 封苏衡

指导教师： 潘起来老师

2011年 12月 19日

目 录

第一章 设计资料和枢纽设计	4
1. 设计资料	4
2. 枢纽设计	5
第二章 闸孔设计	7
1. 闸室结构设计	7
2. 确定闸门孔口尺寸	7
第三章 消能防冲设计	11
1. 消力池设计	11
2. 海漫的设计	13
3. 防冲槽的设计	14
第四章 地下轮廓设计	15
1. 地下轮廓布置形式	15
2. 闸底板设计	15
3. 铺盖设计	16
4. 侧向防渗	16
5. 排水止水设计	17
第五章 渗流计算	19
1. 设计洪水位情况	19
2. 校核洪水位情况	23
第六章 闸室结构布置	24

1. 闸室的底板	24
2. 闸墩的尺寸	24
3. 胸墙结构布置	24
4. 闸门和闸墩的布置	24
5. 工作桥和交通桥及检修便桥	25
6. 闸室分缝布置	26
第七章 闸室稳定计算	27
1. 确定荷载组合	27
2. 闸室抗滑稳定计算和闸基应力验算	27
第八章 上下游连接建筑物	31
1. 上游连接建筑物	31
2. 下游连接建筑物	31
参考文献	31

第一章 设计资料和枢纽设计

1、设计资料

1.1 工程概况

前进闸建在前进镇以北的团结渠上是一个节制闸。本工程等别为III等，水闸按3级建筑物设计。该闸有如下的作用：

- (1) 防洪。当胜利河水位较高时，关闸挡水，以防止胜利河的高水入侵团结渠下游两岸的底田，保护下游的农田和村镇。
- (2) 灌溉。灌溉期引胜利河水北调，以灌溉团结渠两岸的农田。
- (3) 引水冲淤。在枯水季节。引水北上至下游红星港，以冲淤保港。

1.2 规划数据

① 团结渠为人工渠，其断面尺寸如图1所示。渠底高程为2194.5m，底宽50m，两岸边坡均为1:2。（比例1:100）

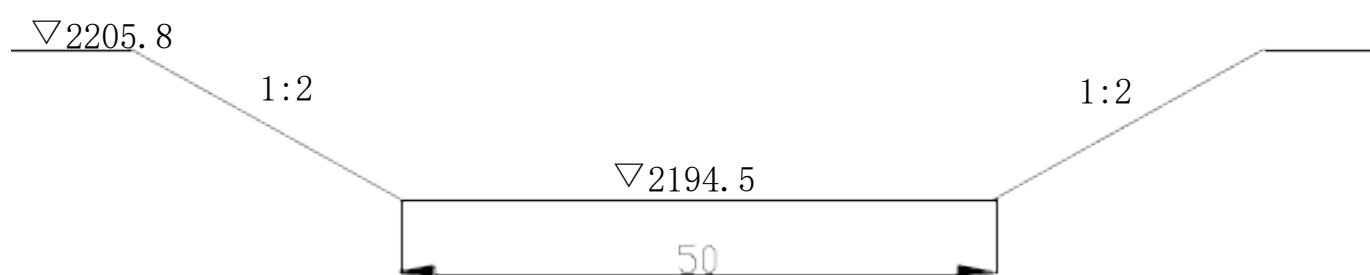


图1 团结渠横断面图（单位：m）

② 灌溉期前进闸自流引胜利河水灌溉，引水流量为 $300\text{m}^3/\text{s}$ 。此时相应水位为：闸上游水位2201.83m，闸下游水位2201.78m；冬春枯水季节，由前进闸自流引水至下游红星港，引水流量为 $100\text{m}^3/\text{s}$ ，此时相应水位为：闸上游水位

2201.44m，闸下游水位2201.38m。

③ 闸室稳定计算水位组合：设计情况，上游水位2204.3m，下游水位2201.0m；校核情况，上游水位2204.7m，下游水位2201.0m。消能防冲不利情况是：上游水

位2204.7m，下游水位2201.78m，引水流量是 $300\text{m}^3/\text{s}$

④ 下游水位流量关系：

流量 m^3/s	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00
水位 H(m)	2201.00	2201.20	2201.38	2201.54	2201.66	2201.74	2201.78

⑤ 地质资料：

① 根据地质钻探报告，闸基土质分布情况见下表：

层序	高程 (m)	土质概况	标准贯入击数 (击)
I	2205.75-2196.04	重粉质壤土	9-13
II	2196.4-2194.7	松散粉质壤土	8
III	2194.7-2178.7	坚硬粉质粘土 (局部含铁锰结核)	15-21

② 根据土工试验资料，闸基持力层坚硬粉质粘土的各项参数指标为：凝聚力

$C=60.0\text{KPa}$ ；内摩擦角 $\varphi = 19^\circ$ ；天然孔隙比 $e=0.69$ ；天然容重 $\gamma = 20.3\text{KN}/m^3$

建闸所用回填土为砂壤土，其内摩擦角 $\varphi = 26^\circ$ ，凝聚力 $c = 0\text{kPa}$ ，天然容重

$\gamma = 18\text{kN}/m^3$ 。本地区地震烈度在 6 度。

⑥ 本工程等别为 III 等，水闸按 3 级建筑物设计。

⑦ 闸上有交通要求，闸上交通桥为单车道公路桥，桥面净宽 4.5m，总宽 5.5m，采用板梁结构。每米桥长约种 80KN。（详见设计书插图）

⑧ 该地区“三材”供应充足。闸门采用平面钢闸门，尺寸自定，由工厂加工。不考虑风浪的作用，胜利河为少泥沙河道（含少量推移质泥沙）

2. 枢纽设计

2.1 进水口防沙设施设计

胜利河为少泥沙河流，防沙要求不高，为防止泥沙进入引水渠，防沙设施设拦沙坎即可，《水电站进水口设计规范》DL/T5398-2007 中规定其高度为 2.5m~3m，取其高度为 2.5m。

2.2 引水渠的布置

① 取水方式确定：由于胜利河为少泥沙河道，防沙要求不高，且取水期间河道的水位和流量能够满足取水要求，故取水方式可设计成无坝取水。

② 引水口位置选择：胜利河在流经灌区时有一个明显的弯道，可利用弯道环流原理，将引水渠的引水口设在胜利河凹岸顶点位置稍偏下游处，该位置距弯道水

流拐点的长度可由公式计算：

$$L = KB\sqrt{4R/B+1}$$

式中： L ——进水闸至引水口弯道起点的距离

K ——与渠道分沙比有关的系数一般取 0.6~1.0 ($K=0.8$)

R ——河道的弯道半径

B ——河道河槽的宽度

由此可确定引水口位置

③ 引水渠的方位确定：为使弯道水流平顺进入引水渠，根据规范，取引水渠中心线与河道水流方向夹角即引水角不超过 30 度。（取 25 度）

第二章 闸孔设计

1. 闸室结构设计

1.1 闸室结构型式的确定

由于闸室地基土质为坚硬粉质粘土,土质均匀,承载力较大,因此选用整体式平底板闸室,且闸前水位最大可达到 10.2m,最低水位可达 6.94m,水位变幅 3.26m,为减少闸门高度,因此设计成胸墙式闸室。

1.2 堰型选择

由于水闸有防洪冲淤的任务,故堰型采用宽顶堰,它有利于泄洪,冲沙,排污,且泄流能力稳定,结构简单,施工方便。

1.3 确定闸顶高程

设计情况下,上游水位 2204.3m,下游水位 2201.0m;校核情况下,上游水位 2204.7m,下游水位 2201.0m。不考虑风浪情况,则课本 76 页公式 3-78

$$\Delta H = \max \begin{cases} \Delta_c + h_c = 2204.3 + 0.7 = 2205.0m \\ \Delta_{校} + h_c = 2204.7 + 0.5 = 2205.2m \end{cases}$$

所以取 $\Delta H = 2206.0m$

1.4 确定闸底板高程

闸底板应尽可能置于天然坚实的土层上,在满足强度等条件下,高程应尽可能高一些。一般情况下,闸底板高程定为 2194.5m,和河底齐平。

2. 确定闸门孔口尺寸

2.1 计算闸孔总净宽

①灌溉期:上游水位 2201.83m,下游水位 2201.78m,流量 $300 m^3/s$

上游水深 $H = 2201.83 - 2194.5 = 7.33m$, 下游水深 $h_s = 2201.78 - 2194.5 = 7.28m$

过水断面 $A = (50 + 2 \times 7.33) \times 7.33 = 473.96m^2$

上游行近流速 $v_0 = \frac{Q}{A} = \frac{300}{473.96} = 0.633m/s$

行近水头 $H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 7.33 + \frac{1.0 \times 0.633^2}{2 \times 9.81} = 7.35m$

$\frac{h_s}{H_0} = \frac{7.28}{7.35} = 0.99 > 0.8$ 属淹没出流。

由《水闸设计规范》SL265-2001 查得当 $\frac{h_s}{H_0} = 0.99$ 时, $\sigma = 0.36$

初步设计认为 $m = 0.385$, $\varepsilon = 0.94$

$$\text{由公式 } L_0 = \frac{Q}{\sigma \varepsilon m \sqrt{2g} H_0^{3/2}} = \frac{300}{0.36 \times 0.94 \times 0.385 \times \sqrt{2 \times 9.81} \times 7.35^{3/2}} = 26.10m$$

②枯水季节：上游水位 2201.44m，下游水位 2201.38m，流量 100 m³/s

上游水深 $H = 2201.44 - 2194.5 = 6.94m$ ，下游水深 $h_s = 2201.38 - 2194.5 = 6.88m$

过水断面 $A = (50 + 2 \times 6.94) \times 6.94 = 443.33m^2$

$$\text{上游行近流速 } v_0 = \frac{Q}{A} = \frac{100}{443.33} = 0.226m/s$$

$$\text{行近水头 } H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 6.94 + \frac{1.0 \times 0.226^2}{2 \times 9.81} = 6.943m$$

$$\frac{h_s}{H_0} = \frac{6.88}{6.943} = 0.991 > 0.8 \quad \text{属淹没出流。}$$

由《水闸设计规范》SL265-2001 查得当 $\frac{h_s}{H_0} = 0.99$ 时， $\sigma = 0.36$

初步设计认为 $m = 0.385$ ， $\varepsilon = 0.94$

$$\text{由公式 } L_0 = \frac{Q}{\sigma \varepsilon m \sqrt{2g} H_0^{3/2}} = \frac{100}{0.36 \times 0.94 \times 0.385 \times \sqrt{2 \times 9.81} \times 6.943^{3/2}} = 9.472m$$

由于应选用最大过闸单宽流量，故应选最大闸孔总净宽，因此综合两种情况，闸

孔总净宽取值为 26.10m。此时单宽流量 $q = \frac{Q}{L_0} = \frac{300}{26.1} = 11.50m^3/(s \cdot m)$ ，由地质

资料知闸地基处为坚硬粉质粘土，可取 20-25 m³/(s · m)，故满足要求

1.1 孔数及单孔宽度的选定

为了保证闸门对称开启，使水流过闸均匀，孔数宜采用单数。我国大中型水闸单孔宽度一般采用 8-12m，故选 $n = 3$ 孔，选单孔净宽 $l_0 = 10m$ 。

根据规范上游闸墩头部均采用半圆形，下游闸墩头部采用流线形，厚 $d = 2m$ ，边墩取 1.5m

$$\text{闸孔总宽度为： } L_1 = n l_0 + (n - 1) \times d = 3 \times 10 + 2 \times 2 = 34m$$

渠道宽 50.0m，闸室总宽度应与渠道宽度相适应，两者的比值为 $34/50=0.68$ 大于 0.6~0.75，符合要求。

闸孔尺寸示意图见图 2-1（比例 1：100）

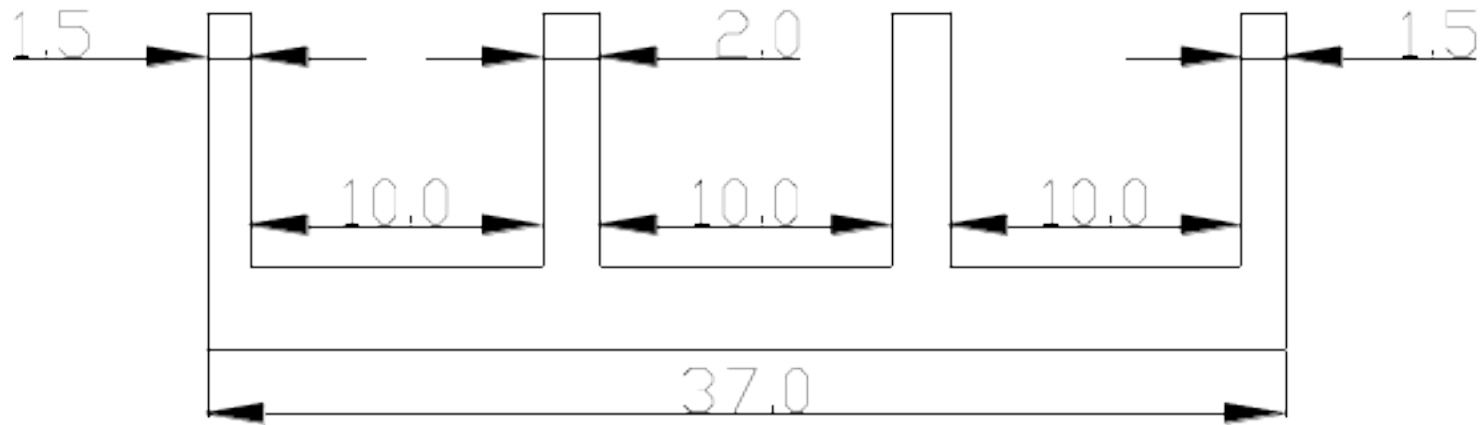


图 2-1 闸孔布置图（单位：m）

1.1 水闸泄流能力验算（查阅《水闸设计规范》SL265-2001）

2.3.1 灌溉期过流验算：上游水位 2201.83m，下游水位 2201.78m，流量 $300\text{ m}^3/\text{s}$

对于中孔： $l_0 = 10\text{ m}$ ， $d = 2\text{ m}$

$$\varepsilon_z = 1 - 0.171 \left(1 - \frac{l_0}{l_0 + d}\right) \sqrt[4]{\frac{l_0}{l_0 + d}} = 1 - 0.171 \times \left(1 - \frac{10}{10 + 2}\right) \times \sqrt[4]{\frac{10}{10 + 2}} = 0.973$$

对于边孔： $l_0 = 10\text{ m}$ ， $b_b = (50 - 37) / 2 + 7.33 \times 2 = 21.16\text{ m}$

$$\begin{aligned} \varepsilon_b &= 1 - 0.171 \left(1 - \frac{l_0}{l_0 + \frac{d}{2} + b_b}\right) \sqrt[4]{\frac{l_0}{l_0 + \frac{d}{2} + b_b}} \\ &= 1 - 0.171 \times \left(1 - \frac{10}{10 + 1 + 21.16}\right) \times \sqrt[4]{\frac{10}{10 + 1 + 21.16}} = 0.912 \end{aligned}$$

$$\text{则 } \varepsilon = \frac{\varepsilon_z(n-1) + \varepsilon_b}{n} = \frac{0.973 \times (3-1) + 0.912}{3} = 0.953$$

水闸泄流能力

$$Q = \sigma \varepsilon m L_0 \times \sqrt{2gH_0^{3/2}} = 0.36 \times 0.953 \times 0.385 \times 30 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 7.35^{3/2}} = 349.75\text{ m}^3/\text{s}$$

大于 $300\text{ m}^3/\text{s}$ 满足要求。

2.3.2 枯水期过流验算：上游水位 2201.44m，下游水位 2201.38m，流量 $100 m^3 / s$

对于中孔： $l_0 = 10m$ ， $d = 2m$

$$\varepsilon_z = 1 - 0.171 \left(1 - \frac{l_0}{l_0 + d}\right) \sqrt[4]{\frac{l_0}{l_0 + d}} = 1 - 0.171 \times \left(1 - \frac{10}{10 + 2}\right) \times \sqrt[4]{\frac{10}{10 + 2}} = 0.973$$

对于边孔： $l_0 = 10m$ ， $b_b = (50 - 37) / 2 + 6.94 \times 2 = 20.38m$

$$\begin{aligned} \varepsilon_b &= 1 - 0.171 \left(1 - \frac{l_0}{l_0 + \frac{d}{2} + b_b}\right) \times \sqrt[4]{\frac{l_0}{l_0 + \frac{d}{2} + b_b}} \\ &= 1 - 0.171 \times \left(1 - \frac{10}{10 + 1 + 20.38}\right) \times \sqrt[4]{\frac{10}{10 + 1 + 20.38}} = 0.9124 \end{aligned}$$

$$\text{则 } \varepsilon = \frac{\varepsilon_z(n-1) + \varepsilon_b}{n} = \frac{0.973 \times (3-1) + 0.9124}{3} = 0.953$$

水闸泄流能力

$$Q = \sigma \varepsilon m L_0 \times \sqrt{2g} H_0^{3/2} = 0.36 \times 0.953 \times 0.385 \times 30 \times \sqrt{2 \times 9.81} \times 6.94^{3/2} = 320.90 m^3 / s$$

大于 $100 m^3 / s$ 满足要求。

第三章 消能防冲设计

1. 消力池设计

1.1 确定消能型式

由于本闸所处渠道底部为粉质粘土，抗冲刷能力较低，故采用底流式消能。

1.2 确定消能计算工况

由第二章计算已知，灌溉期和枯水期水位时闸门全开引水，均为淹没出流，无须消能。当引水流量为 $300\text{m}^3/\text{s}$ ，上游水位 2204.7m ，下游水位 2201.78m 时，为最不利的工况，取该工况为计算工况

1.3 计算工况时上下游水面连接形态的判别

引水流量为 $300\text{m}^3/\text{s}$ ，上游水位 2204.7m ，下游水位 2201.78m ；

上游水位 $H = 2204.7 - 2194.5 = 10.2\text{m}$ ，下游水位 $h_s = 2201.78 - 2194.5 = 7.28\text{m}$

该工况情况下，关闸挡水，部分闸门不完全开启，下游水位较低，闸孔射流速度大，最容易造成渠道的冲刷。消力池设计采用挖深式消力池，消力池首端宽度采用闸孔总宽 $b_1 = 34\text{m}$ ，末端宽度采用河底宽度 $b_2 = 50\text{m}$ 。

1.3.1 为保证水闸安全运行，可以规定闸门的操作规程，本设计按闸孔对称方式开启运行，分别为开启 3 孔和中间 1 孔

当闸门不完全开启，闸孔射流速度较大，比闸门完全开启时更容易引起渠床的冲刷，取闸门相对开启从 $0.1-0.65$ （大于 0.65 属于堰流）

过水断面 $A = (50 + 2 \times 10.2) \times 10.2 = 718.08\text{m}^2$

上游行近流速 $v_0 = \frac{Q}{A} = \frac{300}{718.08} = 0.418\text{m/s}$

行近水头 $H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 10.2 + \frac{1.0 \times 0.418^2}{2 \times 9.81} = 10.21\text{m}$

下游水深 $h_t = 2201.78 - 2194.5 = 7.28\text{m}$

宽顶堰闸孔出流流量公式 $Q = \mu_1 \varepsilon' \varphi \sqrt{1 - \varepsilon' e / H_0} \varepsilon' e n l_0 \sqrt{2gH_0}$ ， $\mu_1 = \varepsilon' \varphi \sqrt{1 - \varepsilon' e / H_0}$

ε' 由相对开启高度 e / H 查《水力学》354 页表 9-7 可得， φ 取 0.9

$h_{c0} = \varepsilon' e$ ，假设水跃在最小收缩断面开始发生，由《水闸设计规范》可得：

跃后水深 $h_{c02} = \frac{h_{c0}}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_{c0}^3}} - 1 \right) \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^{0.25}$ ，根据 h_{c02} 和 h_t 的关系判别水跃形态

计算表格如下：

开启孔数n	开启高度e	相对开启高度e/H	垂直收缩系数ε	闸孔流量系数μ1	泄流量Q	单宽流量q	收缩断面水深h _{c0}	跃后水深h _{c02}	下游水深ht	流态
3	0.51	0.05	0.61	0.54	117.63	3.92	0.31	2.74	7.28	淹没式
3	1.02	0.1	0.62	0.54	232.24	7.74	0.63	3.73	7.28	淹没式
3	1.53	0.15	0.62	0.53	343.67	11.46	0.94	4.42	7.28	淹没式
3	2.04	0.2	0.62	0.52	451.73	15.06	1.26	4.95	7.28	淹没式
3	2.55	0.25	0.62	0.51	557.05	18.57	1.59	5.37	7.28	淹没式
3	3.06	0.3	0.93	0.71	919.58	30.65	2.83	6.29	7.28	淹没式
3	3.57	0.35	0.63	0.50	756.86	25.23	2.24	5.97	7.28	淹没式
3	4.08	0.4	0.63	0.49	853.03	28.43	2.58	6.18	7.28	淹没式
3	4.59	0.45	0.64	0.49	946.24	31.54	2.93	6.34	7.28	淹没式
3	5.1	0.5	0.65	0.48	1034.93	34.50	3.29	6.45	7.28	淹没式
3	5.61	0.55	0.65	0.47	1119.75	37.32	3.66	6.51	7.28	淹没式
3	6.12	0.6	0.66	0.46	1201.22	40.04	4.05	6.53	7.28	淹没式
1	0.51	0.05	0.61	0.54	39.21	3.92	0.31	2.74	7.28	淹没式
1	1.02	0.1	0.62	0.54	77.41	7.74	0.63	3.73	7.28	淹没式
1	1.53	0.15	0.62	0.53	114.56	11.46	0.94	4.42	7.28	淹没式
1	2.04	0.2	0.62	0.52	150.58	15.06	1.26	4.95	7.28	淹没式
1	2.55	0.25	0.62	0.51	185.68	18.57	1.59	5.37	7.28	淹没式
1	3.06	0.3	0.93	0.71	306.53	30.65	2.83	6.29	7.28	淹没式
1	3.57	0.35	0.63	0.50	252.29	25.23	2.24	5.97	7.28	淹没式
1	4.08	0.4	0.63	0.49	284.34	28.43	2.58	6.18	7.28	淹没式
1	4.59	0.45	0.64	0.49	315.41	31.54	2.93	6.34	7.28	淹没式
1	5.1	0.5	0.65	0.48	344.98	34.50	3.29	6.45	7.28	淹没式
1	5.61	0.55	0.65	0.47	373.25	37.32	3.66	6.51	7.28	淹没式
1	6.12	0.6	0.66	0.46	400.41	40.04	4.05	6.53	7.28	淹没式

1.1.1 验算计算工况闸门全开自由堰流状态下水跃形态

$$\text{由迭代公式求收缩水深 } h_{ci+1} = \frac{q}{\varphi \sqrt{2g(H_0 - h_{ci})}}$$

$$q = \frac{300}{34} = 8.82 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}), \quad \varphi = 0.9 \quad \text{令 } h_1 = 0; \quad \text{代入迭代公式可得:}$$

$$h_2 = 0.692 \text{ m}, \quad h_3 = 0.7171 \text{ m}, \quad h_4 = 0.71808 \text{ m}, \quad h_5 = 0.7181 \text{ m}, \quad h_6 = 0.7181 \text{ m},$$

由此可得 $h_c = 0.7181 \text{ m} = 0.718 \text{ m}$

$$\text{假设水跃在最小收缩断面发生, 跃后水深 } h_{c02} = \frac{h_{c0}}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_{c0}^3}} - 1 \right) \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^{0.25} = 3.95 \text{ m}$$

$h_{c02} < h_t$, 故也发生淹没式水跃

1.1.2 结论

由以上计算可知, 上下游水位的连接形态为淹没式水跃, 这种情况对底部冲刷不太严重, 不需要修建消力池, 但应按要求设计相应的护坦。

1.2 护坦尺寸设计

1.2.1 闸孔按 1 孔和三孔对称开启时时

跃前水深和跃后水深最大差值为 3.78m。以此为计算控制工况

$$\text{水跃长度 } L_j = 6.9 \times 3.78 = 26.08 \text{ m}; \quad \text{按规范取 } \beta = 0.75$$

考虑到闸底板的厚度，按规范取 2m，护坦与闸底板用斜坡连接，坡度 1: 4

$$\text{护坦长度 } L_{sj} = L_s + \beta L_j = 1 \times 4 + 0.75 \times 26.08 = 23.56m, \text{ 取 } L_{sj} = 24m$$

护坦厚度 $t = k_1 \sqrt{q\sqrt{H}}$ ， k_1 取 0.155， $q = 18.57m^3/(s * m)$ ， H 为上下游水位差

$$t = k_1 \sqrt{q\sqrt{H}} = 0.155 \times \sqrt{18.57 \times \sqrt{2.92}} = 0.873m, \text{ 取 } t = 1m$$

1.2.2 闸门全开自由堰流状态时

跃前水深和跃后水深差值为 $h_{c02} - h_c = 3.95 - 0.718 = 3.232m$

水跃长度 $L_j = 6.9 \times 3.232 = 22.30m$ ；按规范取 $\beta = 0.75$

$$\text{护坦长度 } L_{sj} = L_s + \beta L_j = 1 \times 4 + 0.75 \times 22.30 = 20.72m$$

护坦厚度 $t = k_1 \sqrt{q\sqrt{H}}$ ， k_1 取 0.155， $q = \frac{300}{30} = 10m^3/(s * m)$ ， H 为上下游水位差

$$t = k_1 \sqrt{q\sqrt{H}} = 0.155 \times \sqrt{10 \times \sqrt{2.92}} = 0.641m$$

1.4.3 综合以上计算情况，可以确定护坦长度 $L_{sj} = 24m$ ，护坦厚度 $t = 1m$

2. 海漫的设计

水流经过护坦淹没式消能，虽已消除了大部分多余能量，但仍留有一定的剩余动能，特别是流速分布不均，脉动仍较剧烈，具有一定的冲刷能力。因此，护坦后仍需设置海漫等防冲加固设施，以使水流均匀扩散，并将流速分布逐渐调整到接近天然河道的水流形态。

根据实际工程经验，海漫的起始段采用长为 10 米的水平段，其顶面高程与护坦齐平，水平段后采用 1:10 的斜坡，以使水流均匀扩散；为保护河床不受冲刷，海漫结构采用干砌石海漫结构

按公式 $L = k_2 \sqrt{q\sqrt{H}}$ ， H 为上下游水位差

k_2 为渠床土质系数，根据地质资料渠床为粉质粘土取 $k_2 = 10$

q 为护坦出口处单宽流量，取最大值 $q = \frac{300}{30} = 10m^3/(s * m)$

$$L = k_2 \sqrt{q\sqrt{H}} = 10 \times \sqrt{10 \times \sqrt{2.92}} = 41.34m, \text{ 取为 } 42m$$

根据实际工程经验，海漫的起始段采用长为 10 米的水平段，其顶面高程与护坦齐平，水平段后采用 1:10 的斜坡，以使水流均匀扩散；为保护河床不受冲刷，海漫结构采用干砌石海漫结构