

第五节 闸室的布置与构造

一、闸室结构布置内容 

二、底板 

三、闸墩 

四、闸门 

五、分缝和止水 

二、底板：

1、型式

(1) 按底板与闸墩的连接方式分

①**整体式**：闸墩和底板浇筑成整体，有分段缝时缝设在闸墩上。

→底板是传力结构，将荷载较均匀地传给地基。闸室整体性较好，适用于松软地基。

②**分离式**：底板与闸墩用沉陷缝分开。

→闸墩传力给地基，底板仅防渗抗冲，一般适用于岩基或压缩性小的土基。

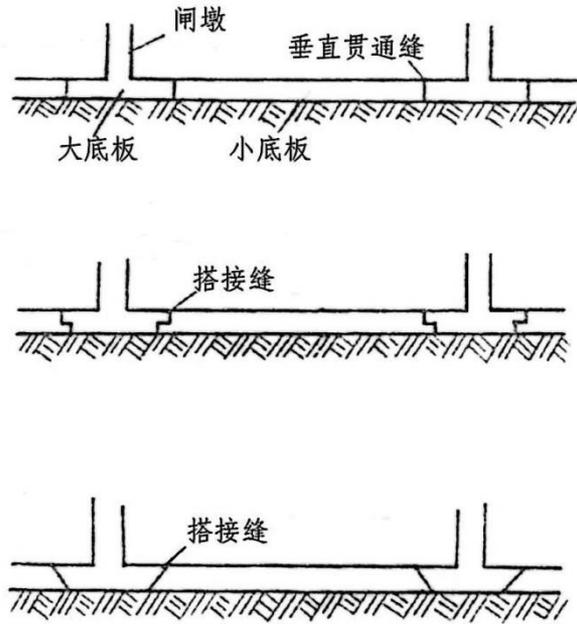
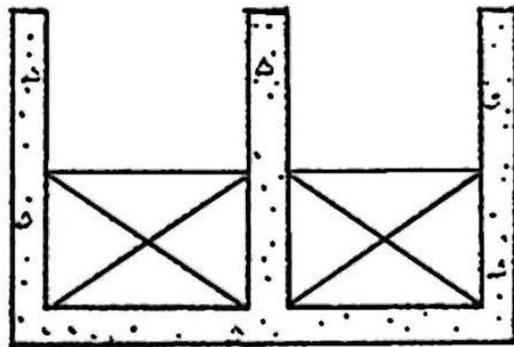
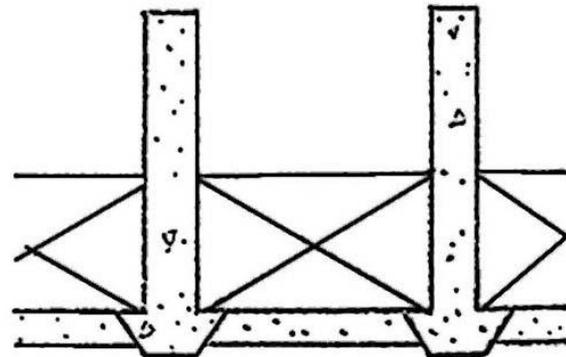


图 10-65 分离式底板接缝型式



(a) 整体式



(b) 分离式

(2) 按底板的结构型式分

- 平板式、反拱底板、空箱式底板等
- 整体式平板用得最广泛

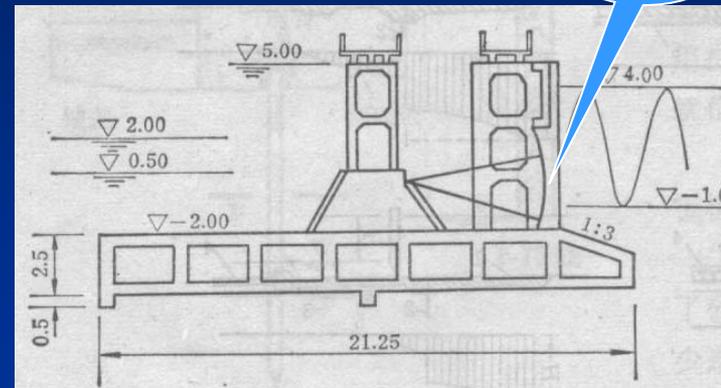
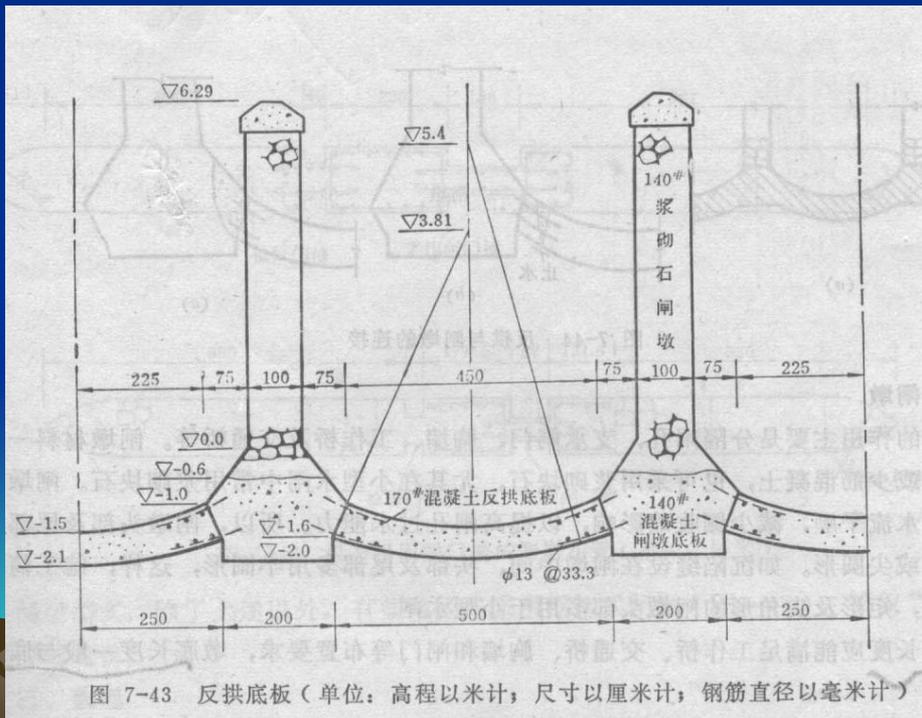


图 7-41 空箱底板 (单位: 米)

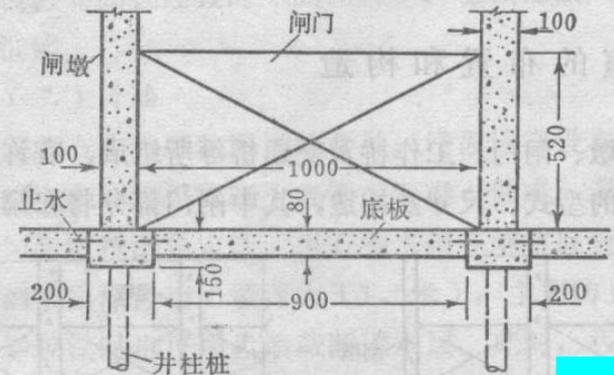


图 7-42 分离式底板 (单位: 厘米)



2、布置

(1) 分离式底板

- 材料：混凝土或浆砌石
- 厚度：满足自身稳定要求



(2) 整体式平底板

- 材料：（钢筋）混凝土
- 高程：考虑运用、经济和地质条件确定
- 厚度：根据地基条件、作用荷载和闸孔净宽等因素，**满足强度和刚度要求**。通常是等厚度的，也有变厚度的。对于大、中型水闸，平底板厚度可取闸孔净宽的 $1/6\sim 1/8$ ，约为 $1\sim 2\text{m}$ ，一般不小于 1m 。

- 垂直水流方向分段长度：土基上的分段长度不宜超过35m。
- 顺水流方向长度：需满足稳定、强度及上部结构布置要求，一般与闸墩长度相同。

闸室底板顺水流向长度与上、下游最大水位差的比值

地基土质	底板顺水流向长度/上、下游最大水头差
碎石土和砾（卵）石	1.5~2.5
砂土和砂壤土	2.5~3.5
粉质壤土和壤土	2.0~4.0
粘土	2.5~4.5

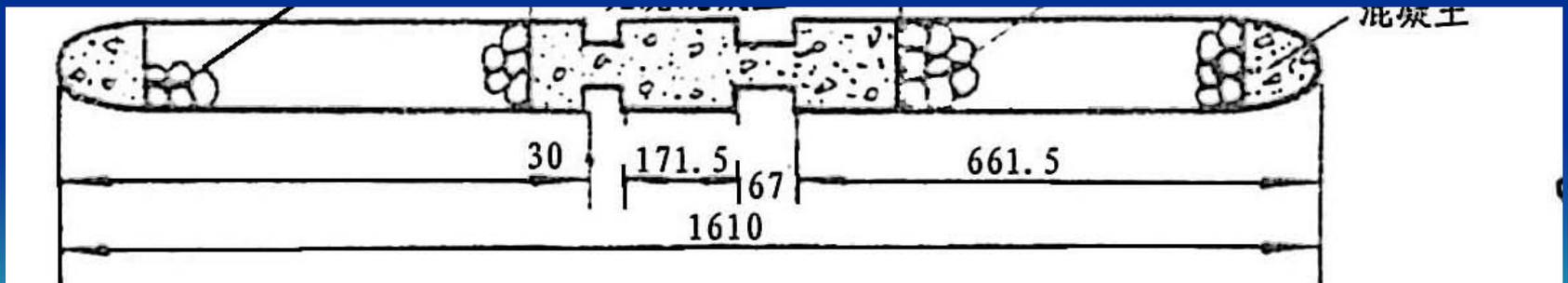


三、闸墩：

1、材料：混凝土（小型工程常用浆砌块石）

2、形式：通常采用实体式

— 应使水流平顺、侧向收缩小，过流能力大。



3、闸顶高程：

高于相应水位+浪高+超高

水闸安全超高下限值 (m)

水闸级别		1	2	3	4、5
挡水时	正常蓄水位	0.7	0.5	0.4	0.3
	最高挡水位	0.5	0.4	0.3	0.2
泄水时	设计洪水位	1.5	1.0	0.7	0.5
	校核洪水位	1.0	0.7	0.5	0.4

位于防洪（挡潮）堤上的水闸，其闸顶高程不得低于防洪（挡潮）堤堤顶高程。

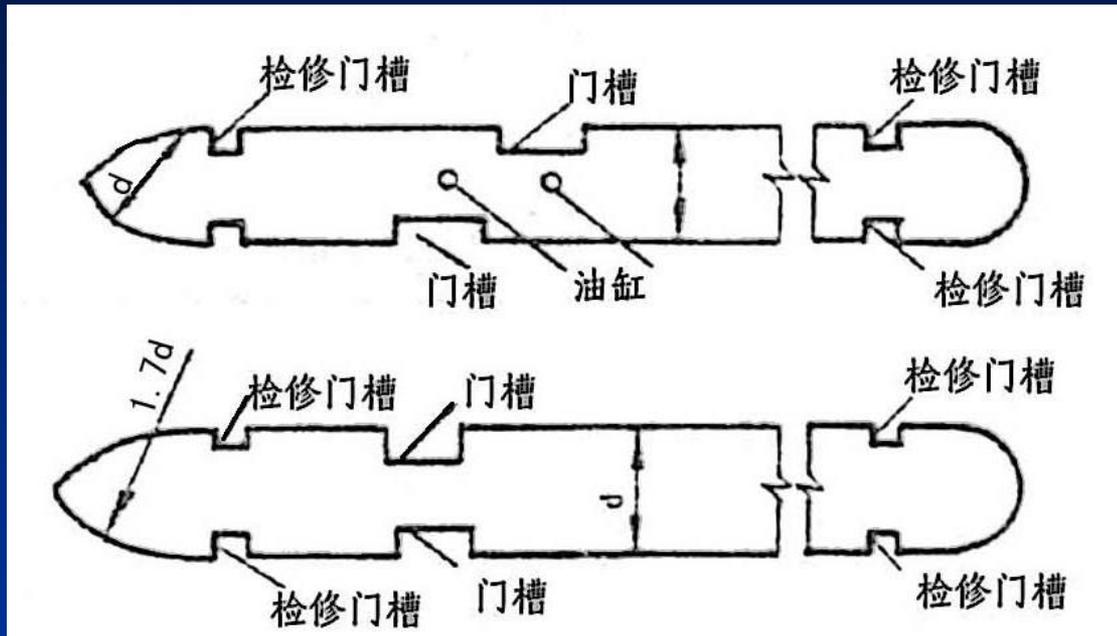
4、长度：

与底板长度相同或比底板长度稍短，取决于上部结构布置和闸门型式。

5、厚度：

根据闸孔孔径、受力条件、结构构造要求和施工方法等确定，平面门闸墩门槽处不宜小于**0.5m**。





6、门槽：

工作门门槽其宽深比宜1.6-1.8；

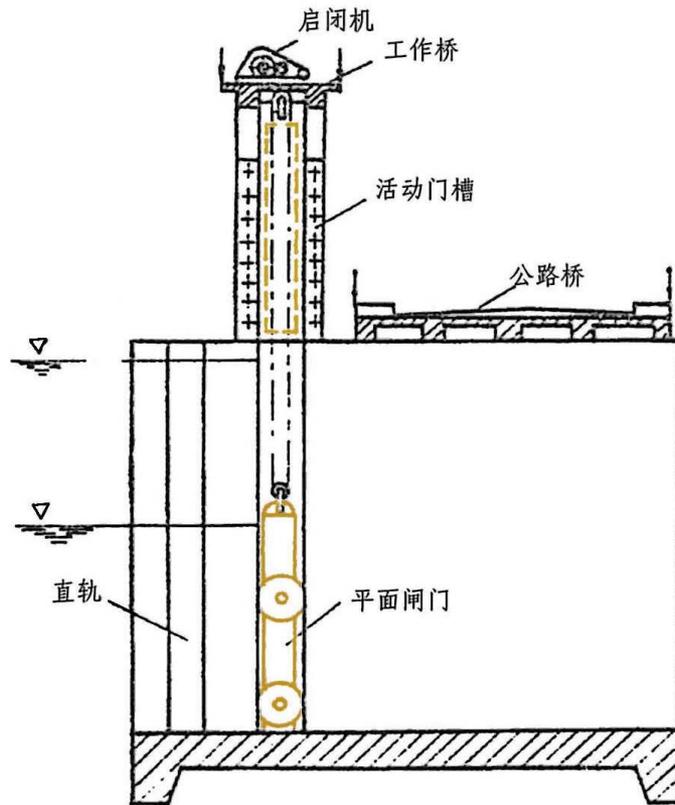
检修门槽与工作门门槽净距离不小于1.5m；



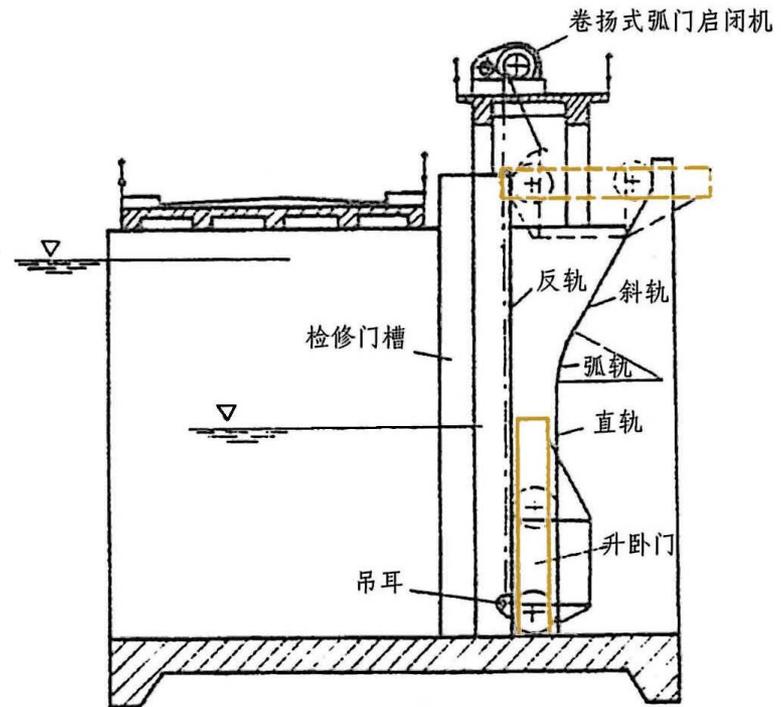
四、闸门

- 1、宽度：受孔口控制
- 2、露顶式闸门顶部在可能出现的最高挡水位(设计洪水位)以上一定安全超高(0.3-0.5m)。
- 3、型式：最常用的有平面闸门和弧形闸门（检修门一般用平板门或迭梁门）。
- 4、布置：要考虑对闸室稳定、闸墩和地基的应力以及对上部结构布置的影响

第五章 土基上的水闸



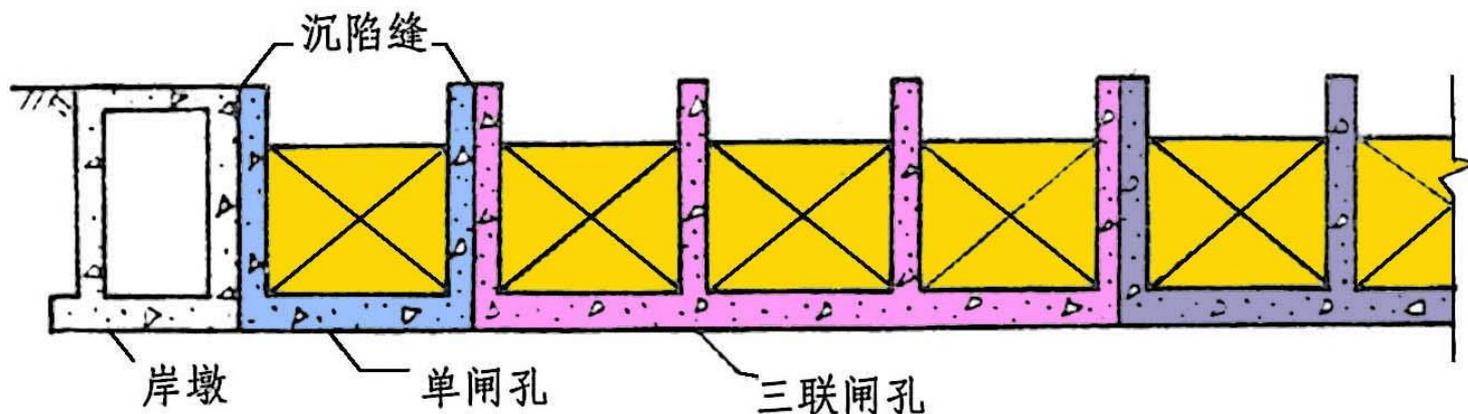
(a) 直升式平面闸门



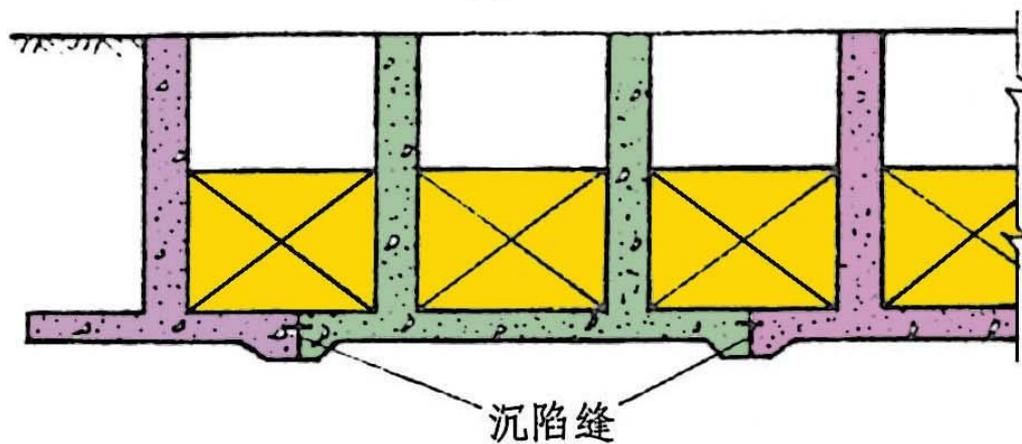
(b) 升卧式平面闸门

五、分缝和止水

- 分缝（沉陷缝、伸缩缝）：防止闸室因地基不均匀沉陷或温度变化而产生裂缝。土基上的分段长度不宜超过**35m**，缝宽可采用**2-3cm**。
- 止水：防渗，有水平止水和垂直止水。



(a)



(b)



第六节 闸室稳定分析

一、闸室稳定分析的内容 

二、荷载及荷载组合 

三、闸室稳定计算的要求 

四、闸室沿闸基底面抗滑稳定分析 

五、闸室连同闸基的深层抗滑稳定验算 

六、基底压力验算 

七、闸基沉降计算与控制措施 

八、软基处理 

一、闸基稳定校核内容：

- (1) 土基所受压力是否超过其**承载能力**；
- (2) 闸室整体**抗滑稳定性**；
- (3) 计算闸基的**沉降**并考查其是否影响水闸的正常工作。
- (4) 在此基础上，再进行闸室各部分的内力计算和应力分析，并进行结构配筋。



二、荷载及荷载组合

1、荷载

(1) 基本荷载:

① 自重;

② 水重;

③ 静水压力(相应于正常蓄水位和设计洪水位工况);



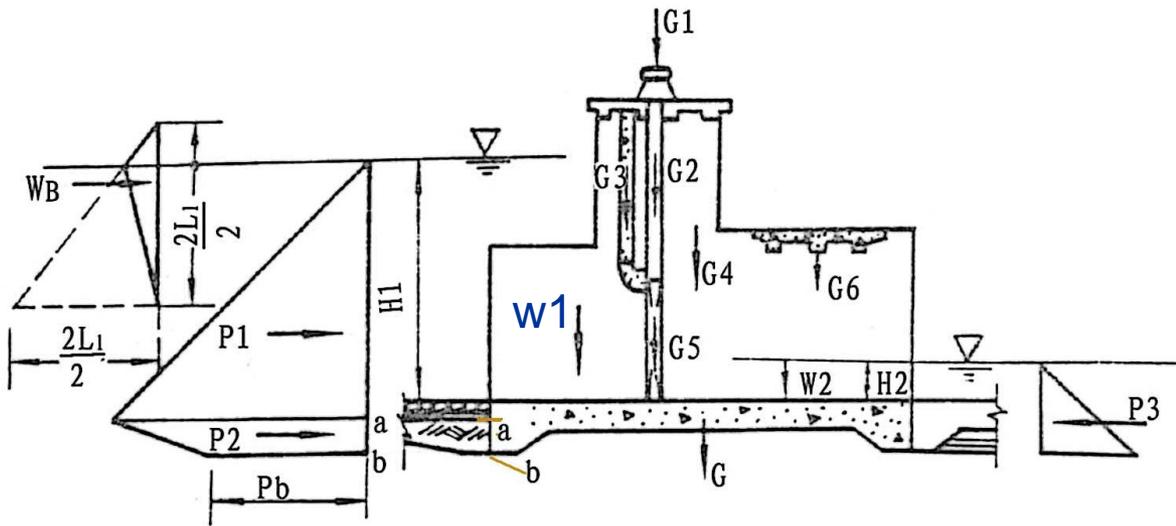
- ④相应于正常蓄水位和设计洪水位情况下的扬压力；
- ⑤相应于正常蓄水位和设计洪水位情况下的波浪压力；
- ⑥土压力和泥沙压力；
- ⑦风压力、冰压力、土的冻胀力、其他出现机会较多的荷载。



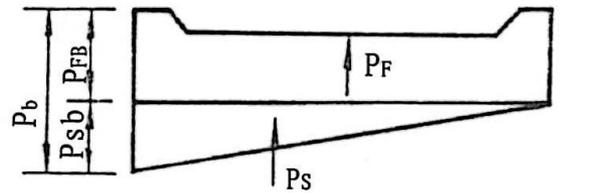
(2) 特殊荷载:

- ①相应于校核洪水位情况下水闸底板上的水重;
- ②相应于校核洪水位情况下的静水压力;
- ③相应于校核洪水位情况下的扬压力;
- ④相应于校核洪水位情况下的波浪压力;
- ⑤地震荷载;
- ⑥其他出现机会较少的荷载。

第五章 土基上的水闸



闸室的作用力图



P_1 、 P_2 、 P_3 ——水压力

W_B ——波浪压力

G ——底板重

G_1 ——启闭机重

G_2 ——工作桥重

G_3 ——胸墙重

G_4 ——闸墩重

G_5 ——闸门重

G_6 ——交通桥重

W_1 、 W_2 ——水重

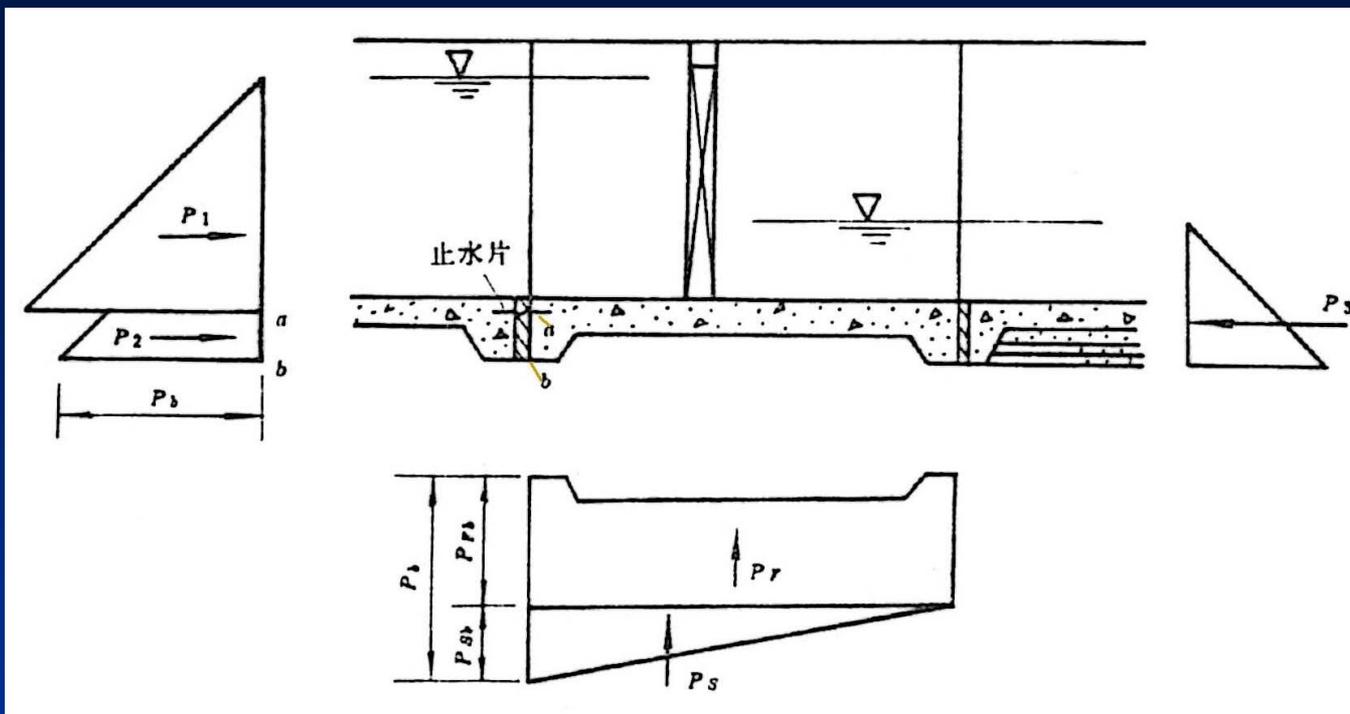
P_F ——浮托力

P_S ——渗透压力

计算荷载时应注意：

- 扬压力=浮托力+渗透压力，渗透压力由渗流分析得到。
- 水平水压力的计算：

采用粘土铺盖时，底板与铺盖连接处的水压力可近似按梯形分布计算，**a**点处按静水压强计算，**b**点取该点的扬压力强度值，**a**、**b**之间按直线变化计算。



- 采用钢筋混凝土铺盖时，止水片以上的水平水压力按静水压力分布计算，以下按梯形分布计算，**a**点处的水平水压力强度等于该点的浮压强加**b**点的渗透压强，**b**点取该点的扬压力强度值，**a**、**b**之间按直线变化计算。（两线平行）
- 底板上、下游浅齿内侧上的水压力常略去不计。

第五章 土基上的水闸

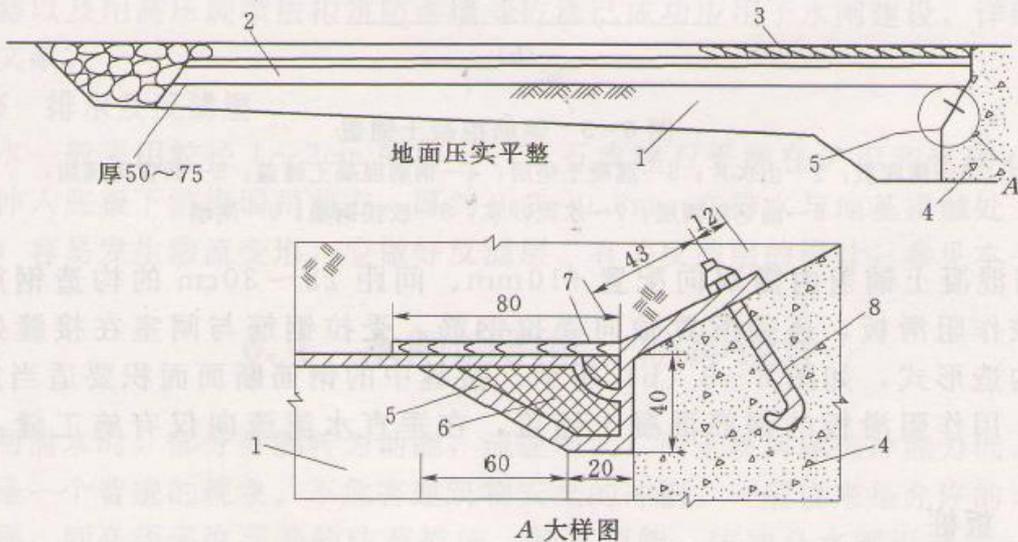


图 6-8 黏土铺盖的细部构造 (单位: cm)

- 1—黏土铺盖; 2—垫层; 3—浆砌块石保护层 (或混凝土板); 4—闸室底板;
- 5—沥青麻袋; 6—沥青填料; 7—木盖板; 8—斜面上螺栓

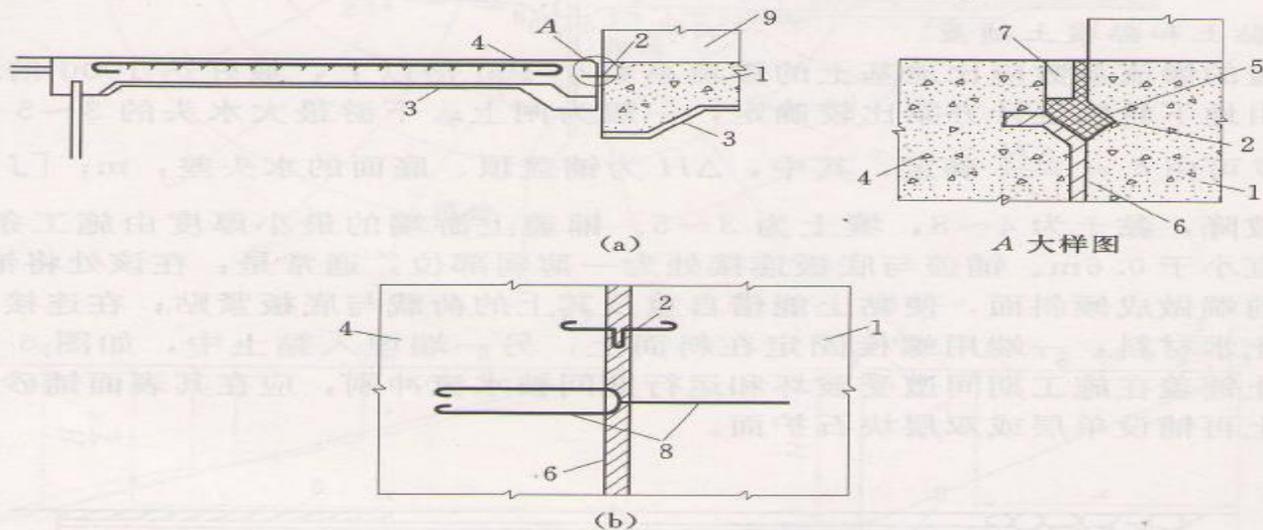


图 6-9 钢筋混凝土铺盖

- 1—闸底板; 2—止水片; 3—混凝土垫层; 4—钢筋混凝土铺盖; 5—沥青玛琦脂;
- 6—油毛毡两层; 7—水泥砂浆; 8—铰接钢筋; 9—闸墩

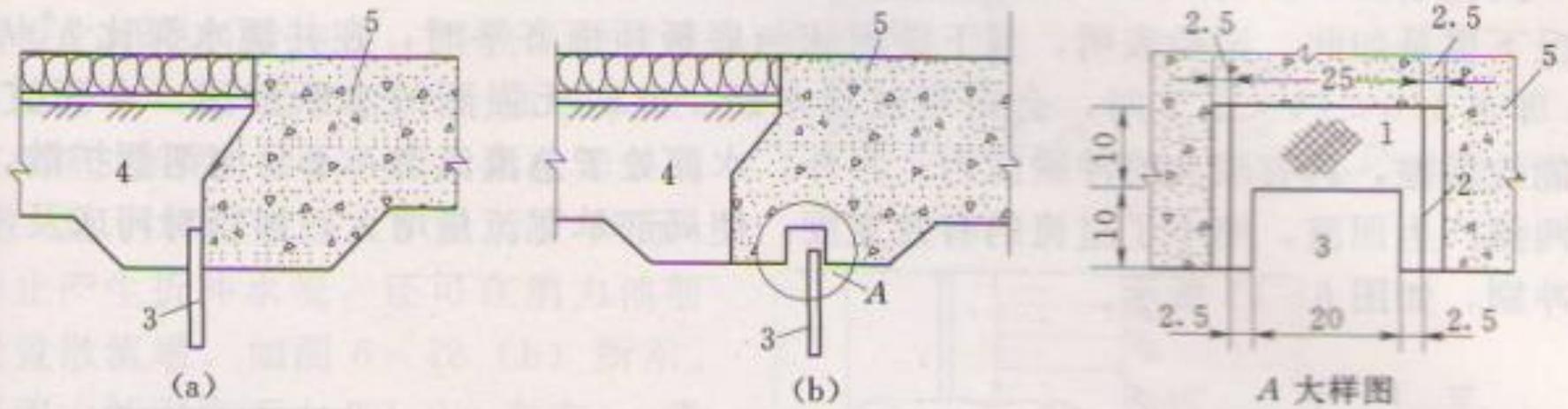


图 6-10 板桩与底板的连接 (单位: cm)

1—沥青; 2—预制挡板; 3—板桩; 4—铺盖; 5—闸底板

(3) 土压力和泥沙压力的计算：

- 作用在水闸上的土压力是按静止土压力还是按主动土压力计算，应根据挡土结构在填土作用下产生的位移情况确定，规范规定：对于向外侧移动或转动的水闸挡土结构，可按主动土压力计算，对于保持静止不动的水闸挡土结构，按静止土压力计算。
- 土基上一般按主动土压力计算，岩基上一般按静止土压力计算。泥沙压力一般按主动土压力计算。

(4) 浪压力

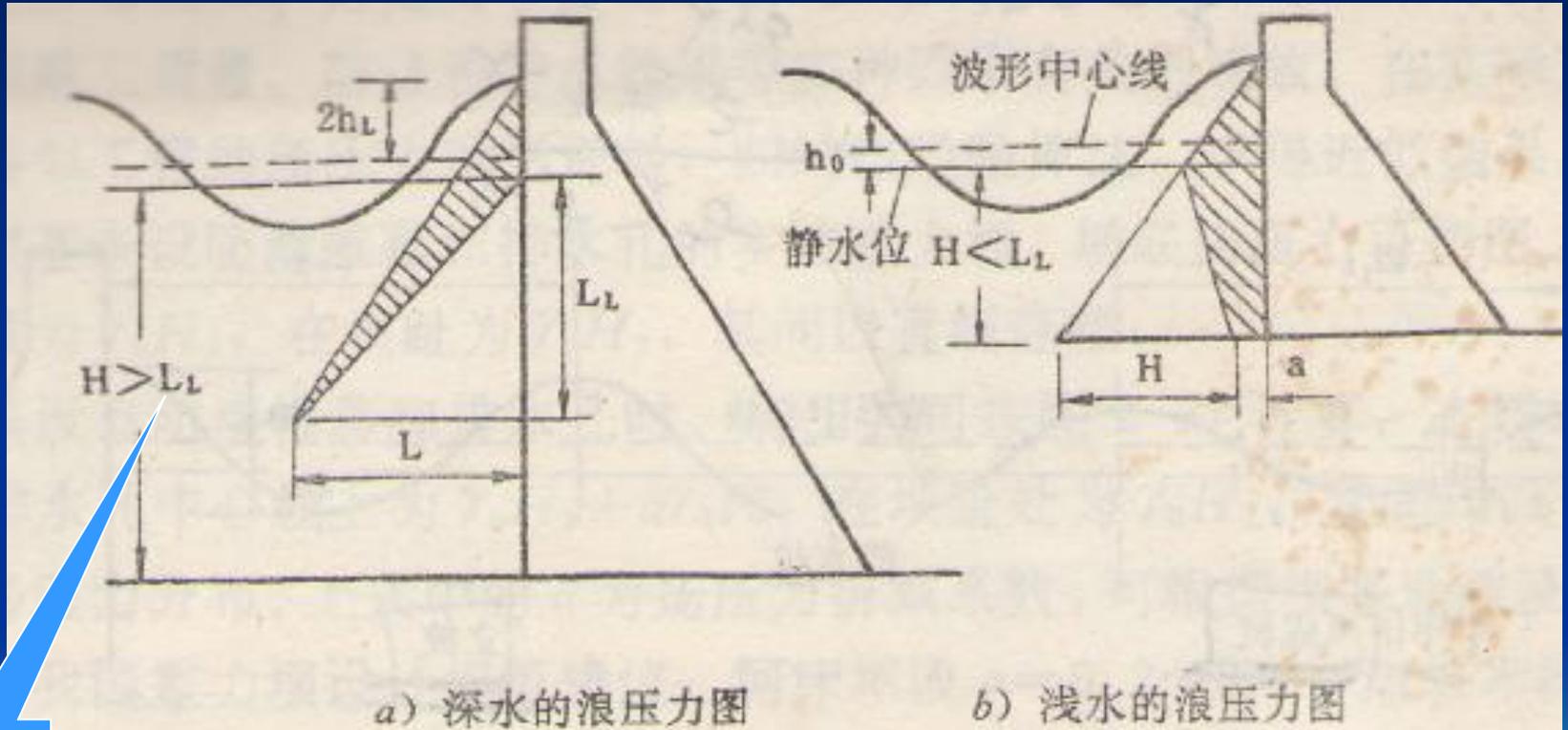


图 2-10 深水及浅水浪压力

半波长

(5) 地震荷载

- 7度及7度以上地震区:专门的抗震设计;
- 6度及6度以下, 可不进行抗震计算;
- 6度震区的1级水闸: 应采取抗震措施。
- 采用拟静力法计算水平地震惯性力荷载时:



(5) 地震荷载

水工建筑物抗震设计计算中采用拟静力法时，沿建筑物高度作用于质点 i ，的水平向地震惯性力代表值可统一用式 (2-94) 表示。

$$F_i = \frac{a_h \xi G_{Ei} a_i}{g} \quad (2-94)$$

式中 F_i ——作用在质点 i 的水平向地震惯性力代表值；

a_h ——水平向设计地震加速度代表值见表 2-23；

g ——重力加速度；

ξ ——地震作用的效应折减系数，一般取 $\xi = 0.25$ ；

G_{Ei} ——集中在质点 i 的重力作用标准值；

a_i ——质点 i 的动态分布系数。

抗震设防烈度为7度，设计基本地震加速度 a_h 值为 $0.1g$ 。

2、荷载组合(见规范P28)

(1)基本组合

- 完建
- 正常蓄水位情况
- 设计洪水情况
- 冰冻情况

(2)特殊组合

- 施工情况
- 检修情况
- 校核洪水水位情况
- 正常蓄水位+地震情况



三、闸室稳定计算要求:

1、计算对象

以两条横缝间的闸体为计算单元。其中包括一个或几个闸孔，含闸底板、闸墩、闸门、胸墙乃至闸顶桥梁等，并常假定底板为刚性的。

2、土基上的闸室稳定计算应满足以下要求：

- (1) 闸室的平均基底压力小于地基允许承载力，
最大基底压力小于地基允许承载力的1.2倍；

$$\bar{\sigma} \leq [\sigma] \quad \sigma_{\max} \leq 1.2[\sigma]$$

- (2) 闸室基底应力的最大值和最小值之比小于规范规定的允许值；

$$\eta = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}} \leq [\eta]$$

- (3) 沿闸室基底面的抗滑稳定安全系数小于规范规定的允许值。

$$k \leq [k]$$

3、岩基上的闸室稳定计算应满足以下要求：

- (1)各种计算情况下，闸室的最大基底压力小于地基允许承载力；
- (2)在非地震情况下，闸室基底不出现拉应力；
在地震情况下，基底拉应力小于**100kPa**；
- (3)沿闸室基底面的抗滑稳定安全系数不小于规范规定的允许值。



四、闸室沿闸基底面的抗滑稳定验算：

1、计算公式
$$K_c = \frac{f \cdot \sum G}{\sum H} \dots\dots(7-1)$$

地基类别		f
砂砾石		0.40~0.50
碎石土		0.40~0.50
软质岩石	极软	0.40~0.45
	软	0.45~0.55
	较软	0.55~0.60
硬质岩石	较坚硬	0.60~0.65
	坚硬	0.65~0.70

$$\text{土基上 } K_c = \frac{\text{tg} \phi_0 \sum G + c_0 A}{\sum H} \dots\dots(7-2)$$

表7.2 土质地基 ϕ_0 、 c_0 值

土质地基类别	ϕ_0	c_0
粘性土	0.9ϕ	$(0.2\sim 0.3)c$
砂性土	$(0.85\sim 0.9)\phi$	0

注：表中 ϕ 为室内饱和固结快剪（粘性土）和饱和快剪（砂性土）试验测得的内摩擦角， c 为室内饱和固结快剪试验测得的粘结力（kPa）。

$$\text{岩石上 } K_c = \frac{f' \sum G + c' A}{\sum H} \dots\dots(7.3.8)$$

表7.3岩石地基 f' 、 c' 值

岩石地基类别		f'	c' (MPa)
硬质 岩石	坚硬	1.5~1.3	1.5~1.3
	较坚硬	1.3~1.1	1.3~1.1
软质 岩石	较软	1.1~0.9	1.1~0.7
	软	0.9~0.7	0.7~0.3
	极软	0.7~0.4	0.3~0.05

2、Kc的允许值：

计算出来的Kc应该大于或等于规范规定的允许值。

表7.4 土基上沿闸室基底面抗滑稳定安全系数的允许值

荷载组合		水闸级别			
		1	2	3	4、5
基本组合		1.35	1.30	1.25	1.20
特殊组合	I	1.20	1.15	1.10	1.05
	II	1.10	1.05	1.05	1.00

表7.5 岩基上沿闸室基底面抗滑稳定安全系数的允许值

荷载组合		若不考虑粘结力（式7-1）			按公式 (7.3.8) 计算
		水闸级别			
		1	2、3	4、5	
基本组合		1.10	1.08	1.05	3.00
特殊组合	I	1.05	1.03	1.00	2.50
	II	1.00			2.30

3、提高闸室抗滑稳定性的工程措施

- (1) 增加闸室底板的齿墙深度；
 - (2) 将闸门的位置向低水头一侧移动，或将水闸底板向高水位一侧加长；
 - (3) 增加防渗体的长度（铺盖、板桩），或在不影响防渗安全的前提下，将排水设施向闸室底板靠近，以减小渗透压力。
- 

(5)设置阻滑板，其阻滑力S作为强度储备。

如有钢筋混凝土铺盖，可将铺盖与底板以钢筋铰接起来，使铺盖兼起阻滑板的作用。

$$S = 0.8 f (W_1 + W_2 - U)$$

$$S = 0.8 [tg \varphi_0 (W_1 + W_2 - U) + c_0 A]$$



五、闸室连同闸基的深层抗滑稳定验算：

目前实践经验较丰富的方法是假定滑动面为圆弧面的滑弧法。设转移体为刚体，在自重、基底应力及反力作用下，对滑弧园心求矩：

$$K = M_{\text{抗}} / M_{\text{滑}}$$



六、基底压力验算（闸基承载能力验算）

- 顺水流方向底板下压力近似认为呈直线分布。
- 对于结构布置和受力对称的闸段，底板下闸基面压应力的边缘最大值用**偏心受压公式**计算：

$$\sigma_{\max} = \frac{\sum G}{BL} \pm \frac{6 \sum M_x}{BL^2}$$
$$\sigma_{\min}$$

式中 $\sum M_x$ 为所有荷载对垂直水流方向的形心轴 x 的力矩之和， B 为计算闸段垂直于水流方向的宽度， L 为底板顺水流方向的长度。

- 对于结构布置和受力不对称的闸段（例如多孔闸的边闸段或不对称的单孔闸），底板下闸基面压应力的边缘最大值用**双向偏心受压公式**计算：

$$\sigma_{\max} = \frac{\sum G}{BL} \pm \frac{6 \sum M_x}{BL^2} \pm \frac{6 \sum M_y}{B^2 L}$$
$$\sigma_{\min}$$

- 土基上闸室基底应力的最大值与最小值之比应满足规范的要求。
- 基底压力平均值应不大于地基允许承载力。

$$\eta = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}} \leq [\eta] \quad \bar{\sigma} = \frac{\sum G}{BL} \leq [\sigma]$$

