

第四节 闸基的渗流分析与防渗措施

一、闸基渗流的主要危害



二、防渗设计的任务及设计内容



三、闸基防渗措施及设计



四、闸基渗流分析



第四节 闸基渗流分析与防渗措施

一、闸基渗流的主要危害

1. 沿闸基的渗流对建筑物产生向上的压力，减轻建筑物有效重量，降低闸身抗滑**稳定性**，沿两岸的渗流对翼墙产生水平推力；
2. 由于渗透力的作用，可能造成土的**渗透变形**；
3. 严重的渗漏将造成大量的**水量损失**；
4. 渗流使地基内可溶解的物质加速溶解，削弱土体强度。



二、防渗设计的主要任务

寻求合理经济的防渗措施，合理拟定地下轮廓尺寸，消除渗流不利影响，保证水闸安全。

防渗设计的内容包括：

- 渗透压力计算
- 抗渗稳定性验算
- 滤层设计
- 防渗结构物及排水设计
- 永久缝止水设计

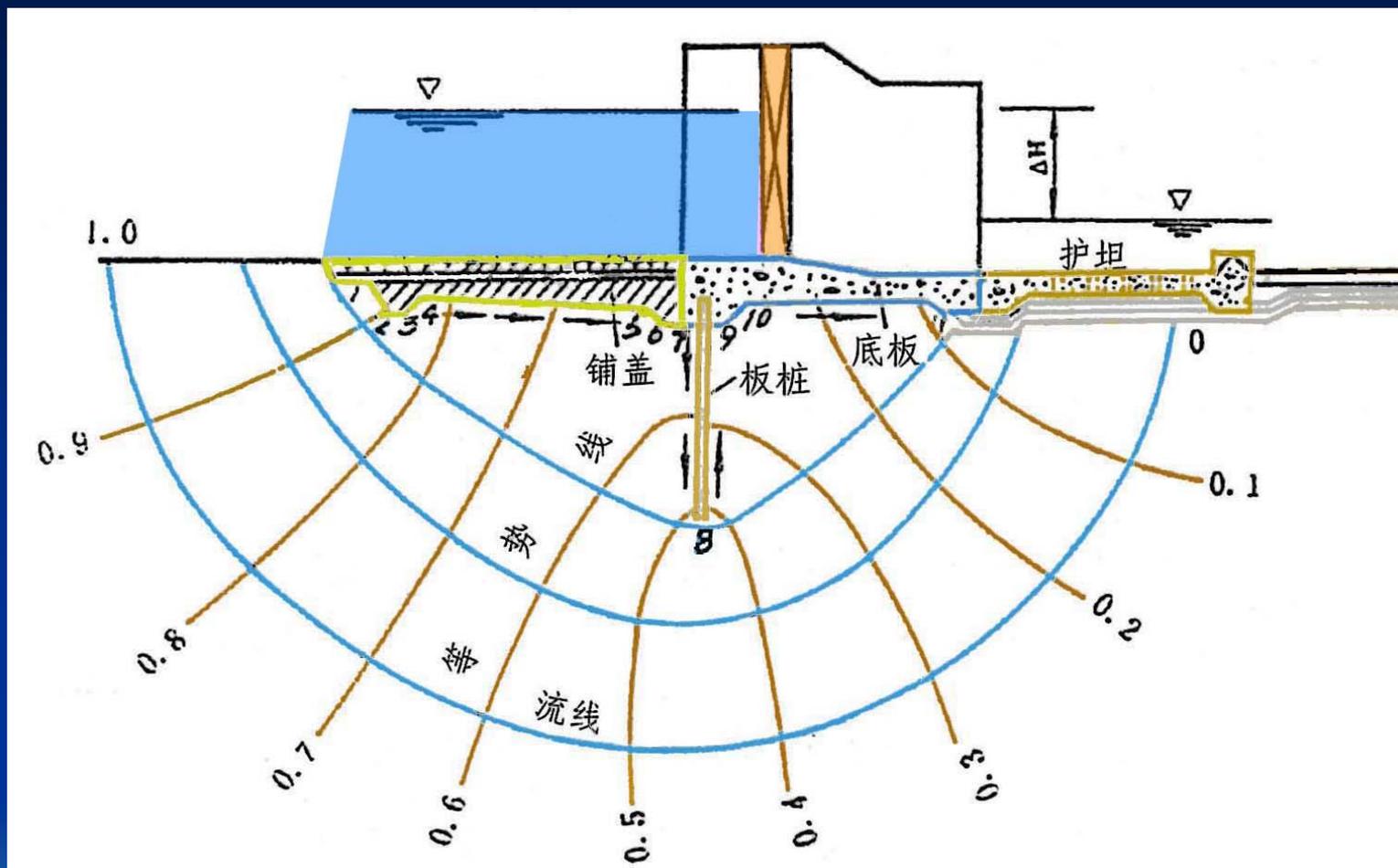


三、 闸基防渗措施及设计

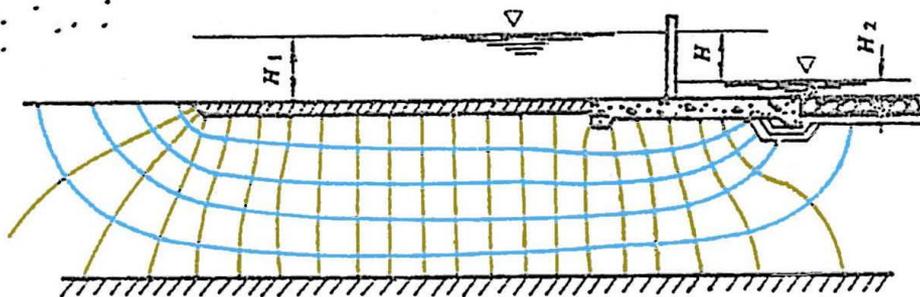
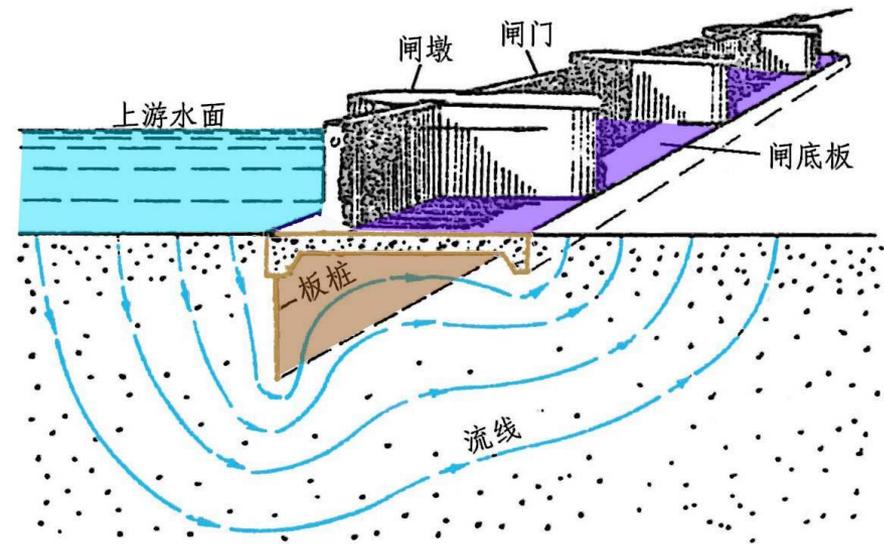
1、 闸基的防渗长度L:

- **地下轮廓线**: 闸基渗流第一根流线，即铺盖和垂直防渗体等防渗结构以及闸室底板与地基的接触线。
- **防渗长度**: 地下轮廓线的长度
- 应满足 $L \geq C H$

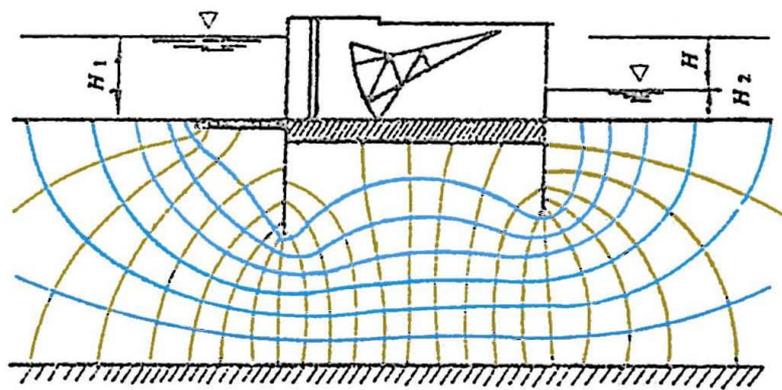
	粉砂	细砂	中砂	粗砂	中砾 细砂	粗砾夹 卵石	轻粉质砂 壤土	砂壤土	壤土	粘土
有反滤时	13~9	9~7	7~5	5~4	4~3	3~2.5	11~7	9~5	5~3	3~2
无反滤时	——	——	——	——	——	——	——	——	7~4	4~3



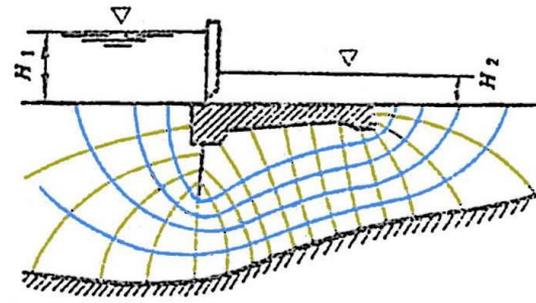
第五章 土基上的水闸



有铺盖和排水



有铺盖，没有排水



没有铺盖和排水

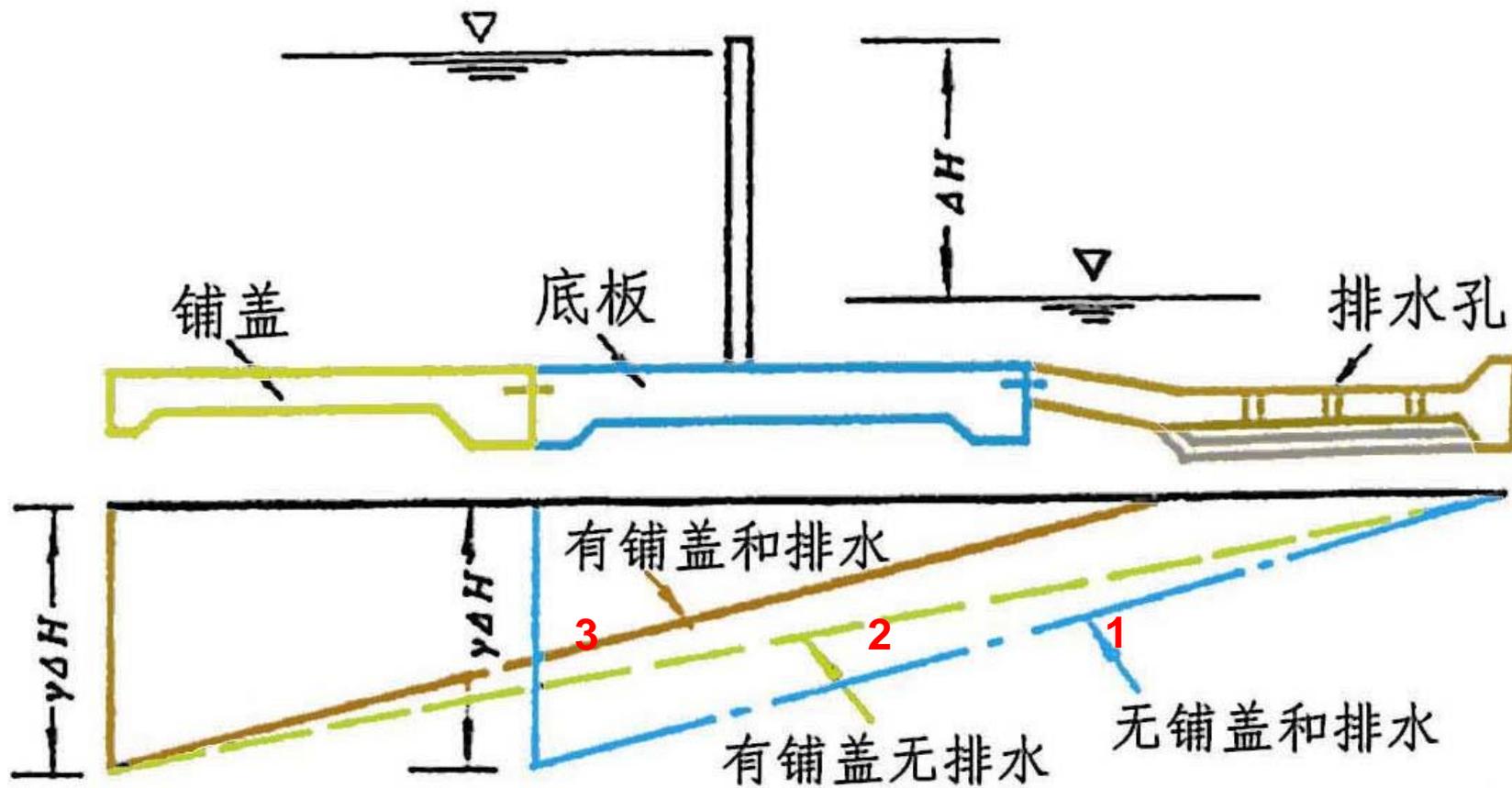
图 10-23 不同闸基型式的流网图

2、防渗地下轮廓布置

(1) 布置原则：先阻后排，阻渗与导渗相结合。

(2) 防渗排水设施

- 水平防渗→ 铺盖、 水平铺设土工膜
- 垂直防渗→ 钢筋砼板桩、 砼防渗墙、 灌注式水泥砂浆帷幕、 土工膜及齿墙等垂直防渗结构
- 导渗→ 排水管、 减压井（按反滤设计）



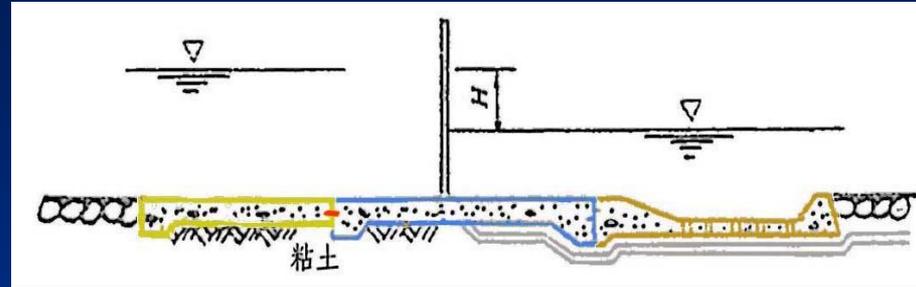
阻渗：减小渗压与渗透坡降

导渗：减小渗压但增大渗透坡降

导渗与阻渗
的区别

(3) 不同情况下防渗布置

① 粘性土地基:



- 目的：**降低渗透压力**，增加闸身有效重量。
- 闸室上游宜设置水平钢筋砼或粘土铺盖，或土工膜防渗铺盖，闸室下游护坦底部应设反滤层，下游排水可延伸到闸底板下。

降低渗压 { 铺盖
排水前置

- 不打板桩

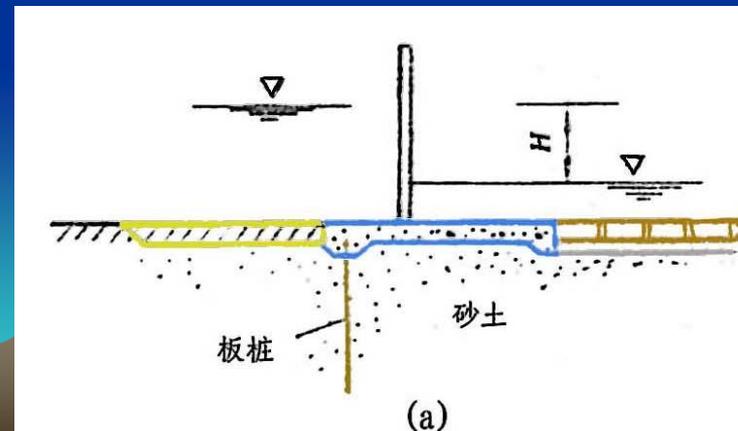
②砂性土地基:

→目的: **降低渗透坡降**, 对降低渗透压力的要求较低。

→砂层很厚→采用铺盖和悬挂式防渗墙相结合的形式,
排水布置在护坦之下。

砂层较浅→上游设截水槽或防渗墙(嵌入相对不透水
层深度不应小于1.0m), 闸室下游渗流出口处应设
置滤层, 排水布置在护坦之下。

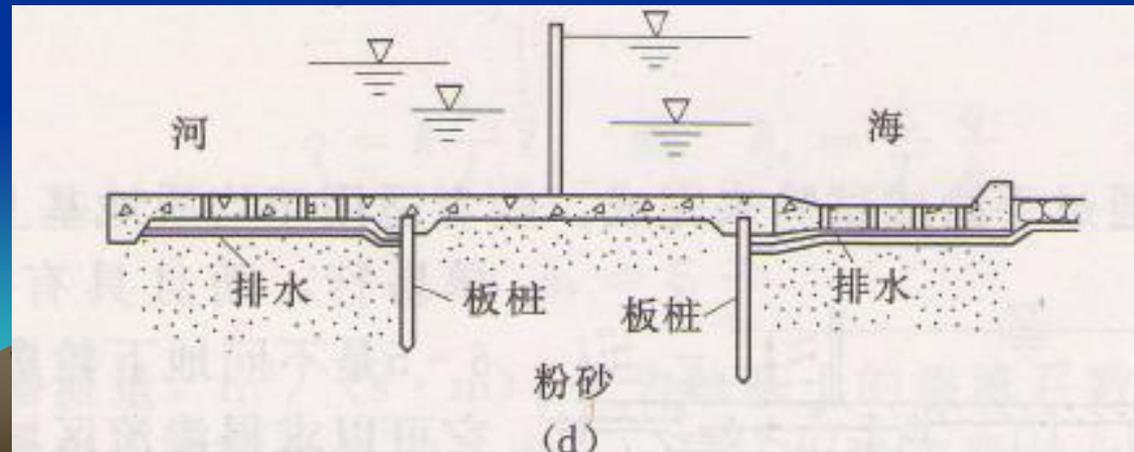
铺盖+板桩方案
排水不前置



③粉细砂地基（或粉土、轻砂壤土、轻粉质砂壤土）：

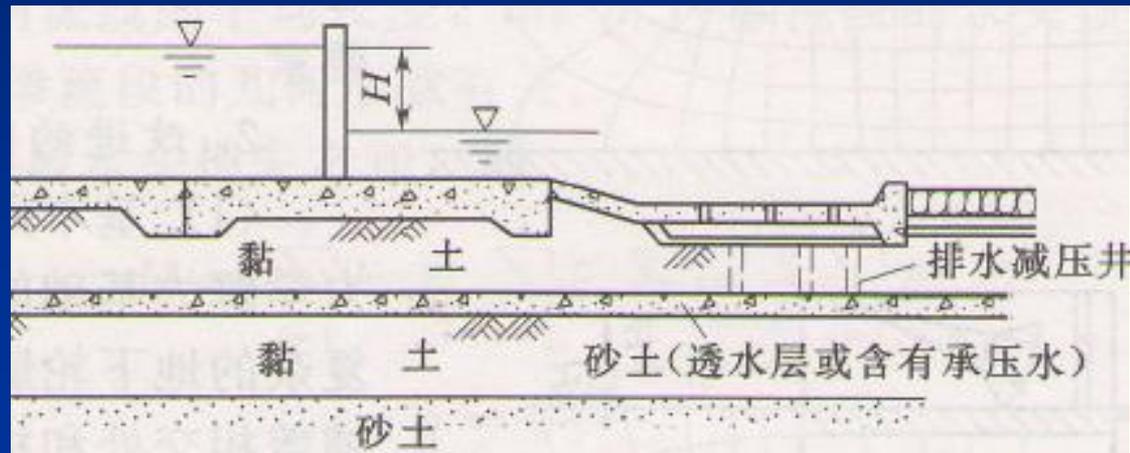
→ 铺盖 + 垂直防渗体。

→ 在地震区的粉细砂地基上，防止液化，板桩封闭方案。垂直防渗体的长度应超过粉砂地基液化深度。



④特殊地基：弱透水地基下有强透水层，地基为不同性质冲积层， $K_H \gg K_V$ 。

→闸室下游设置铅直排水，**减低层间压力**，并防止淤堵。



⑤双向水头作用

→以板桩为主，并以水位差较大的一向为主。



规范中对水平防渗的要求：

- a. 铺盖长度采用上、下游最大水头差的**3~5倍**；
- b. 砼或钢筋砼铺盖的厚度，一般根据构造要求确定，最小厚度不宜小于**0.4m**，一般作成等厚；为了减小地基不均匀沉降和温度变化的影响，通常设顺水流向的永久缝，缝距可采用**8~20m**。

- c. 粘土或壤土铺盖的厚度应根据铺盖土料的允许水力坡降值计算确定，为了保证铺盖碾压施工质量，粘土或壤土铺盖前端最小厚度不宜小于**0.6m**，铺盖与底板之间应设油毛毡止水，铺盖上面应设保护层。
- d. 水平铺设土工膜厚度应根据作用水头、膜下土体可能产生裂缝宽度、膜的应变和强度等因素确定，但不宜小于**0.5mm**，上部应设保护层。



规范中对垂直防渗的要求：

- a. 钢筋砼板桩最小厚度不宜小于0.2m，宽度不宜小于0.4m；
- b. 水泥砂浆帷幕或高压喷射灌浆帷幕的最小厚度不宜小于0.1m；
- c. 砼防渗墙的最小厚度不宜小于0.2m；

- d. 地下垂直防渗土工膜厚度不宜小于**0.25mm**，重要工程可采用复合土工膜，其厚度不宜小于**0.5mm**。
- e. 闸室底板的上、下游端均宜设置齿墙，齿墙深度可采用**0.5~1.5m**。



四、闸基的渗流分析：

决定渗透压力、渗透坡降及渗流量。

1、假定：

- 渗流符合达西定律
- 均质各向同性

2、分析方法

(1) 直线比例法：计算精度较差，特别是对于进、出口部分，不宜采用；

- (2) 直线展开法和加权直线法：适用于防渗布置简单、地基不复杂的中小型水闸；
- (3) 流网法：图解法，适用于均质和各向异性的地基，不同的地下轮廓布置；
- (4) 改进阻力系数法：较精确的近似计算方法，但只能用于均质地基渗流情况；
- (5) 有限单元法：用于地基条件较复杂时。



- 规范中推荐采用改进阻力系数法和流网法作为求解土基上闸基渗透压力的基本方法。复杂土基上重要水闸，应采用数值计算法求解。



3、改进阻力系数法

(1) 基本原理：

- 把闸基的渗流区域按可能的等水头线划分为几个典型流段，根据渗流连续性原理，流经各流段的渗流量相等，各段水头损失与其阻力系数成正比，各段水头损失之和等于上下游水头差；
- 对进出口段和齿墙不规则部位水头损失进行修正。

$$q = Av = -TkJ = Tk \frac{h}{l}$$

$$\rightarrow h = \frac{q}{k} \cdot \frac{l}{T}$$

令阻力系数 $\xi = \frac{l}{T}$, 则 $h = \xi \frac{q}{k}$ (1)

$$H = \sum h_i = \frac{q}{k} \sum \xi_i$$

$$\rightarrow q = \frac{kH}{\sum \xi_i} \quad (2)$$

将 (2) 式代入 (1) 式得: $h_i = \xi_i \frac{H}{\sum \xi_i}$

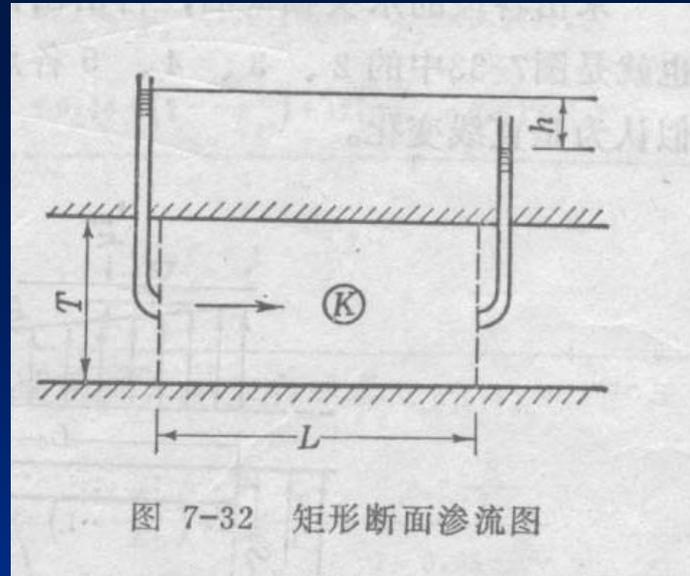


图 7-32 矩形断面渗流图

(2) 具体计算步骤

①分段并计算各段的阻力系数

②求出各段水头损失，初绘渗压图

③ 确定地基有效深度 T_e

④进行进、出口段水头损失与坡降修正

⑤齿墙不规则部位修正

⑥闸基抗渗稳定性验算

校正



①确定地基有效深度 T_e (P423,式10-12)

$$\frac{L_0}{S_0} \geq 5 \rightarrow T_e = 0.5L_0 \qquad \frac{L_0}{S_0} < 5 \rightarrow T_e = \frac{5L_0}{1.6\frac{L_0}{S_0} + 2}$$

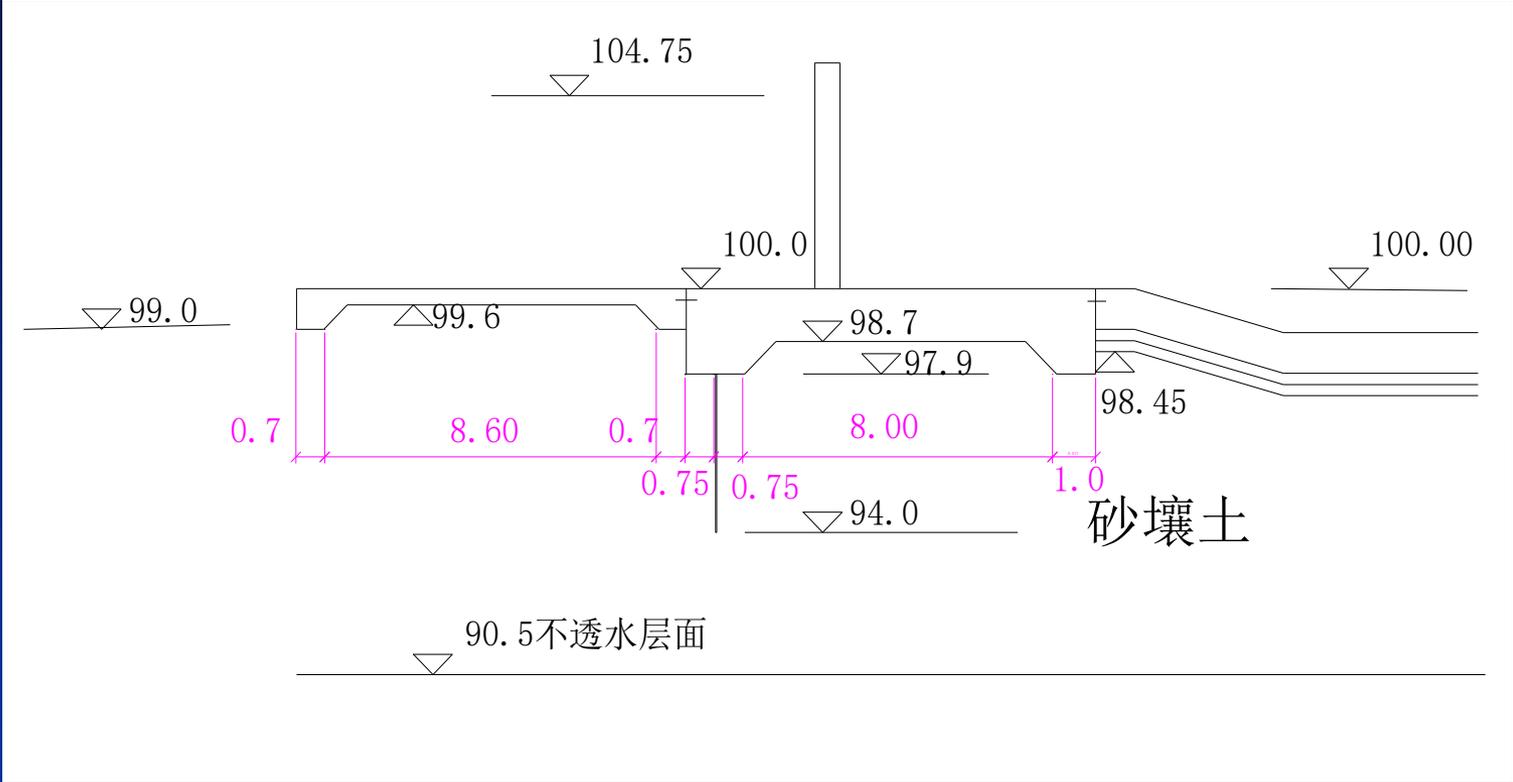
若计算深度 $T_e <$ 地基的透水深度 T ，则按 T_e 计算；若计算深度 $T_e >$ 地基的透水深度 T ，则取 $T_e = T$ 计算。

– 本质就是在 T_e 与 $T_{\text{实际}}$ 中取小值做计算。

– 令 L_0 为地下轮廓的水平投影长度， S_0 为地下轮廓的垂直投影长度：

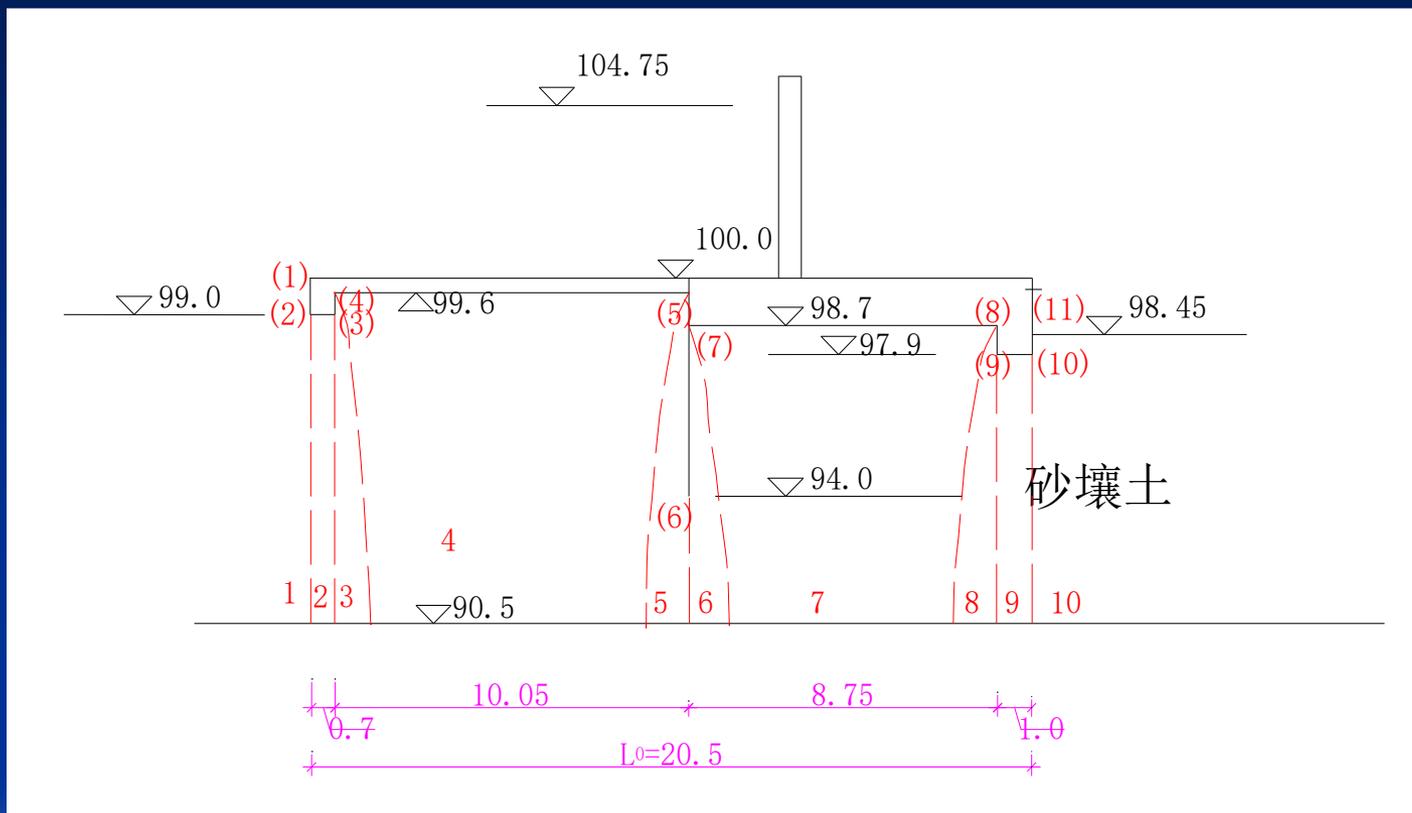


例:

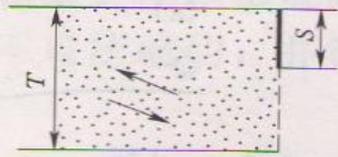
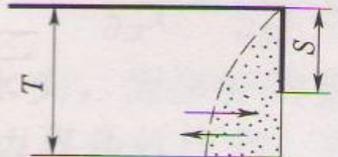
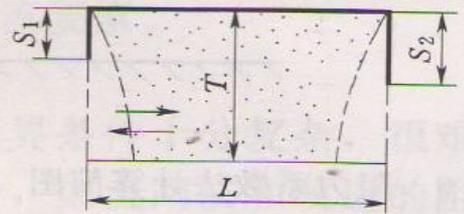


例:

第五章 土基上的水闸



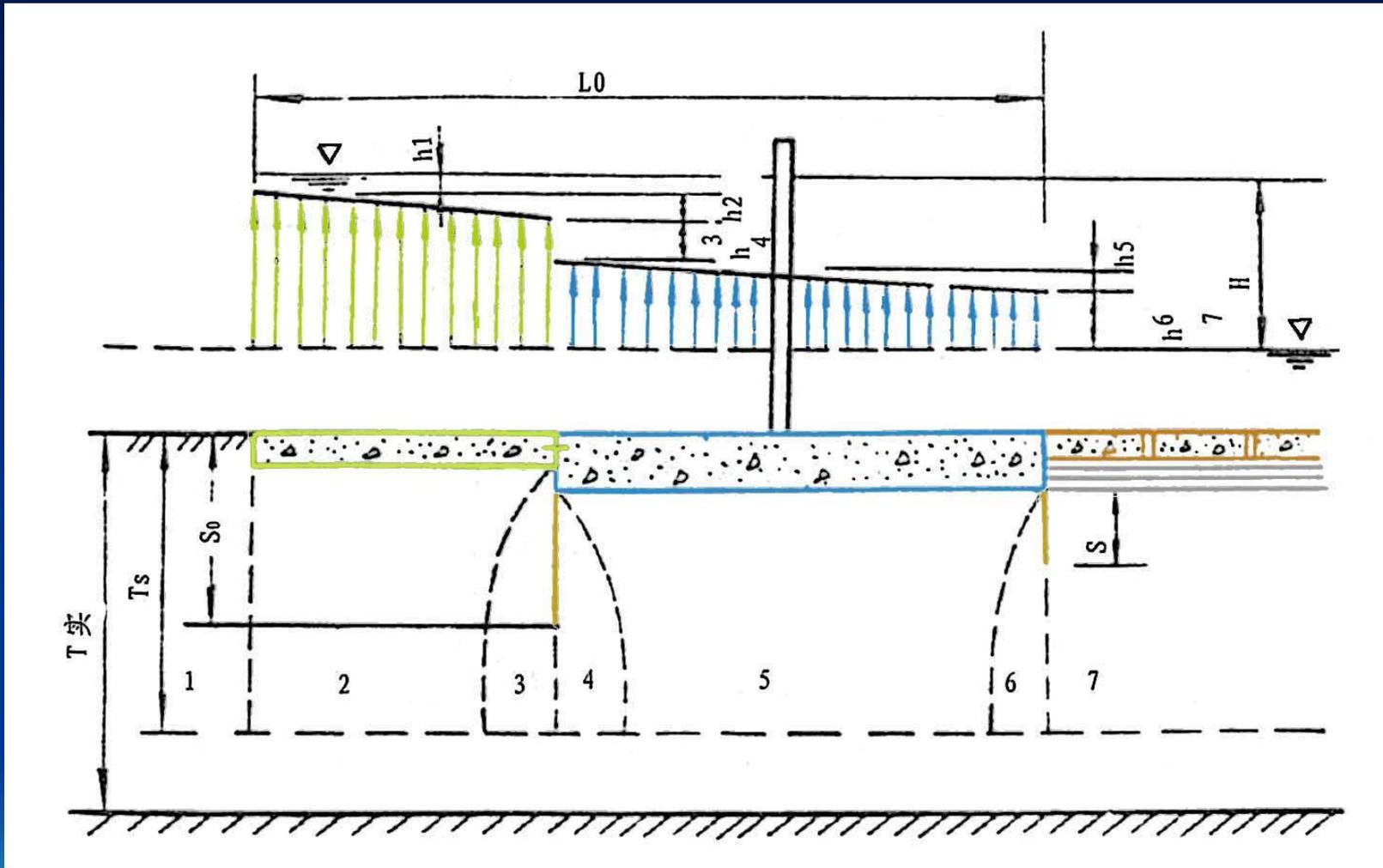
例：

区段名称	典型流段型式	阻力系数 ξ 的计算公式
进口段和出口段		$\xi_0 = 1.5 \left(\frac{S}{T}\right)^{3/2} + 0.441$
内部垂直段		$\xi_y = \frac{2}{\pi} \ln \cot \frac{\pi}{4} \left(1 - \frac{S}{T}\right)$
内部水平段		$\xi_x = \frac{L - 0.7(S_1 + S_2)}{T}$

②分段并计算各段的阻力系数

- 按可能的等水头线划分为几个典型流段（进口段、出口段、水平段、内部垂直段）
- 按规范中基本公式计算各段的阻力系数。





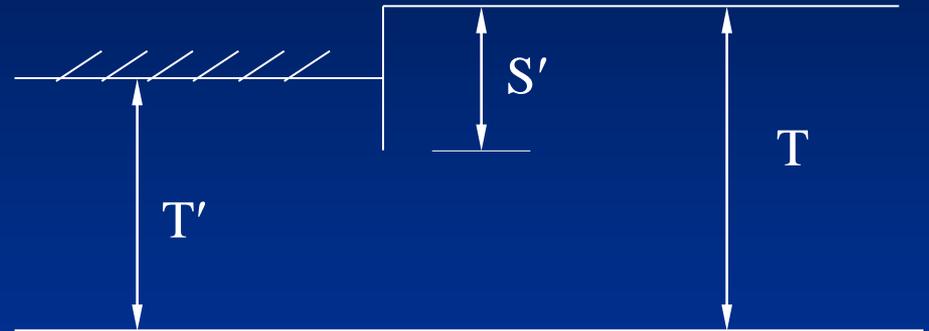
③求出各段水头损失，初绘渗压图；



④进行进、出口段水头损失修正

$$\text{当 } \frac{S'}{T} \leq 0.5 \text{ 时}$$

$$\text{进出口段 } h_0' = \beta h_0$$



水头损失减少了 $\Delta h = (1 - \beta) h_0$

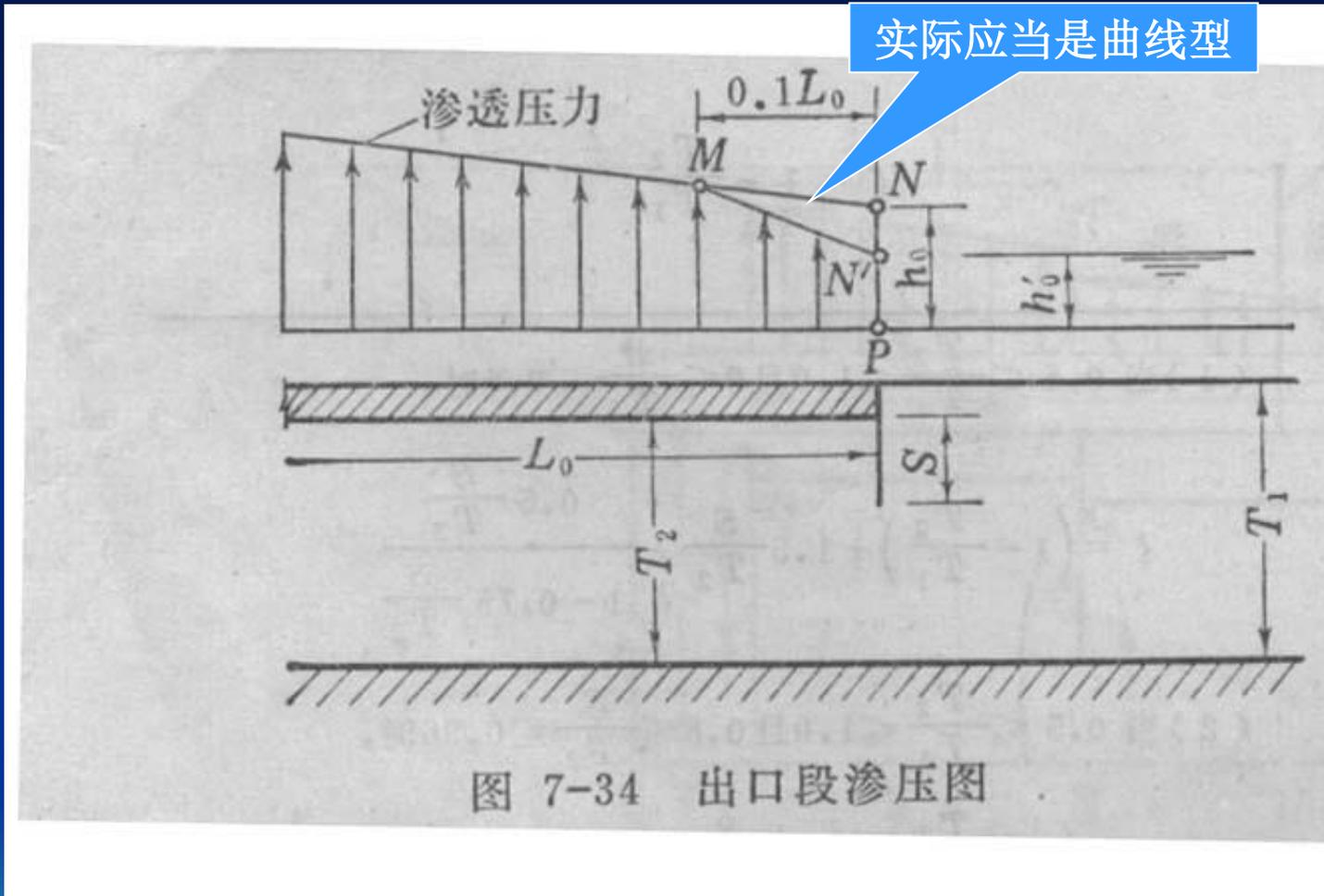
$$\beta = 1.21 - \frac{1}{[12(\frac{T'}{T})^2 + 2](\frac{S'}{T} + 0.059)}$$

$$\text{取 } \beta \leq 1$$

水力坡降呈急变段的长度

(规范P63)

$$a = \frac{\Delta h}{\Delta H} T \sum_{i=1}^n \xi_i$$



水力坡降呈急变段的长度
(规范P63)

$$a = \frac{\Delta h}{\Delta H} T \sum_{i=1}^n \xi_i$$



⑤齿墙不规则部位修正（规范P64）

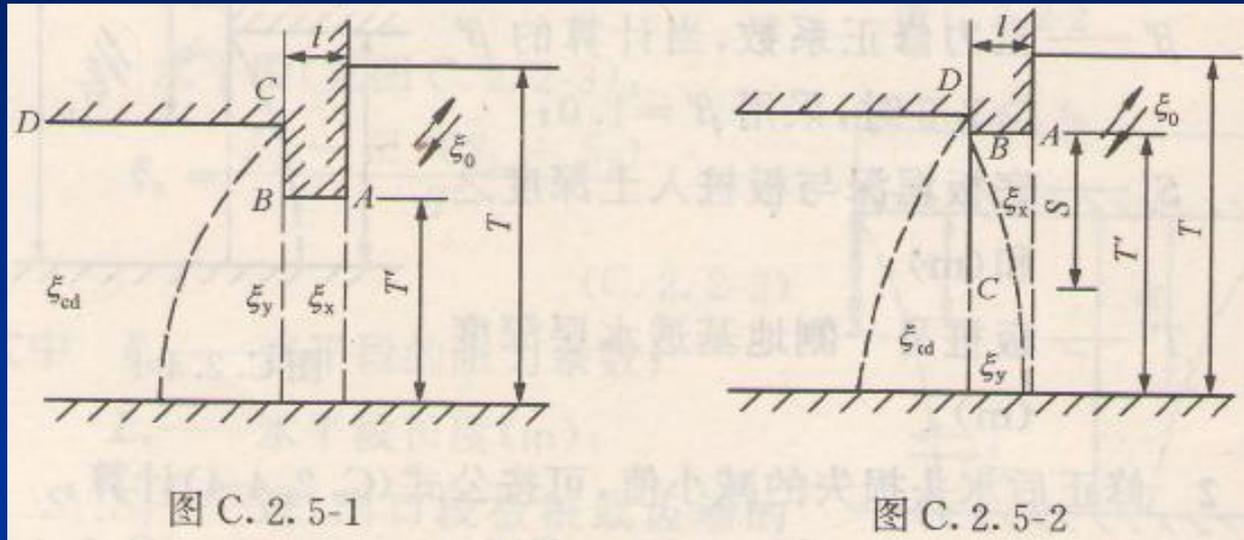


图 C. 2. 5-1

图 C. 2. 5-2

当 $h_x \geq \Delta h$

$$\rightarrow h_x' = h_x + \Delta h$$

当 $h_x < \Delta h \leq h_x + h_y$

$$\rightarrow h_x' = 2h_x,$$

$$\rightarrow h_y' = h_y + (\Delta h - h_x)$$

当 $h_x + h_y < \Delta h$

$$\rightarrow h_x' = 2h_x,$$

$$\rightarrow h_y' = 2h_y$$

$$\rightarrow h_{CD}' = h_{CD} + (\Delta h - h_x - h_y)$$

h_x, h_y 分别为进出口水平段及内部垂直段的水头损失

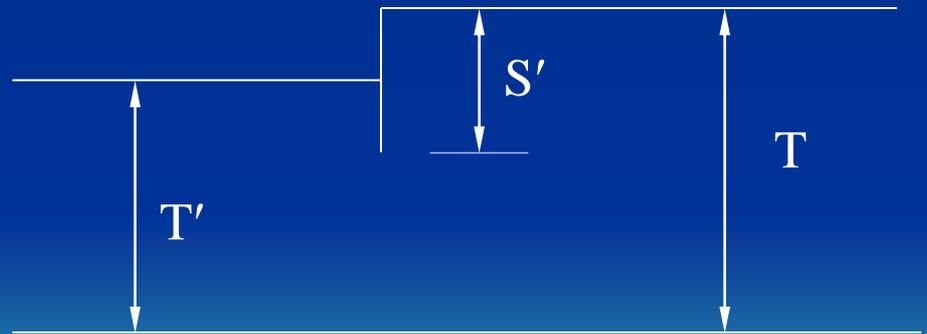
h_x', h_y' 为修正值



⑥ 闸基抗渗稳定性验算：

- 要求水平段及出口段的渗透坡降必须小于规范规定的允许坡降；
- 出口段的平均出逸坡降：

$$J_0 = \frac{h_0'}{S'}$$



- 水平段的**允许渗透坡降**及出口段防止流土破坏的**允许渗透坡降**见规范；

表 6-5 出口段的容许坡降值

土类别	粉砂	细砂	中砂	粗砂	中砾、细砾	粗砾夹卵石	砂壤土	(黏)壤土	软(黏)土	坚硬黏土	极坚硬黏土
坡降	0.25~ 0.30	0.30~ 0.35	0.35~ 0.40	0.40~ 0.45	0.45~ 0.50	0.50~ 0.55	0.40~ 0.50	0.50~ 0.60	0.60~ 0.70	0.70~ 0.80	0.80~ 0.90

当渗流出口处有反滤层时，表列数值可加大 30%。

- 验算非粘性土闸基出口段抗渗稳定性时，应首先判别可能发生的渗流破坏型式（流土还是管涌），再计算其允许坡降值。



直线比例法

- 又称渗径系数法，即勃莱系数法和莱因系数法；
- 勃莱法：水平防渗和垂直防渗的防渗效果相同；
- 莱因法：提出了各类土体的允许渗透坡降值，认为垂直防渗板桩的防渗效果是水平底板的3倍，即

$$L = \frac{L_H}{3} + L_V \quad L \geq C H$$



加权直线法:

- 加权直线法与勃莱法基本相同，不同点在于把地下轮廓上下游端的铅直渗径扩大一个倍数 n ，而其他部分仍保持不变。
- 假定端板桩（或齿墙）的长度为 S ，地下轮廓水平投影长度为 L ，计算用透水层深度为 T ，
- 则同时满足 $S/T < 0.1$ 和 $S/L < 0.1$ 的为短板桩，取 $n=4$ ；
- 如果不能同时满足或都不满足，则视为长板桩，取 $n=2$ 。



直线展开法:

- 直线展开法把地下轮廓线垂直段展开为相同效应的水平轮廓，再按一定的线性关系展开，并求各点的渗透水头。

