

在非岩基上的擋水建築物 地下輪廓設計指示

全苏給水、排水、水工建築物和
工程水文地質科學研究所 編

水 利 出 版 社

序 言

本指示系根据部長會議建筑事業委员会的任务，由水工結構試驗室的科学工作者們，在A.A.尼奇勃罗維奇教授的指導下和直接参与下編制而成。这些科学工作者即：技術科学碩士B.C.依斯托明娜，技術科学碩士B.И.鉄托娃，一級科学研究員B.И.雷列也夫和B.И.崔布利尼克。

指示的本文（第I～XI章）主要由A.A.尼奇勃罗維奇所編寫，第VII章§36～39由B.C.依斯托明娜所編寫，算例是由B.И.鉄托娃完成的。

本指示經過設計機構、科学研究機構和学校（水工設計院，水能設計院，下水道設計院，石油工業設計局，全苏水工技術与土壤改良科学研究所，莫斯科古比雪夫建筑工程学院）以及个别的專家（E.A.扎馬林院士，M.M.葛立兴教授，K.A.米哈依洛夫教授，B.И.德窩尔亞兴教授，技術科学博士П.Ф.費利恰可夫，H.M.威利金教授等）審查过。

本文中大部分都考慮了各機構和各專家所提出的意見。

本指示經“ВОДГЕО”并以K.A.米哈依洛夫教授为主席的科学技术委员会審閱贊同。

在1953年12月10～11日，在莫斯科由建筑工作者科学技术研究协会所召开的关于在非岩基上設計混凝土溢流壩問題的會議中，本指示基本原則，以A.A.尼奇勃罗維奇教授的報告的形式为大会所贊同。

由于这个问题的指示还是第一次编制，所以它不可避免地会有缺点所有意见请寄：

Москва, Б.Кочки, 17-а “ВОДГЕО”。

目 錄

采用的符号	(1)
I. 緒 論	(4)
II. 基本定义和要求	(7)
III. 分 类	(9)
IV. 类型的選擇	(12)
V. 設計步驟	(16)
VI. 有关确定滲流參变数的基本假定	(17)
• VII. 有关滲透变形計算的基本假定	(20)
VIII. 有关滲透变形的計算	(22)
A. 一般指示	(22)
B. 管 涌	(27)
B. 流 土	(27)
Γ. 排水滤重組成的選擇	(39)
IX. 滲流滲出梯度的确定	(42)
X. 滲透压力的确定	(46)
XI. 滲透流量的确定	(52)
XII. 补充指示	(56)
算 例	
I. 当地基为沙性 ($\eta < 10$) 和粘性土壤时建筑物地下輪廓的計算	(63)
A. 無凸出部分的平底式地下輪廓 ($S_3 = 0$)	(63)
第 1 号算例	(63)
第 2 号算例	(69)
B. 具有凸出部分的平底式建筑物地下輪廓 ($S_3 \neq 0$)	(70)

第3号算例	(70)
第4号算例	(72)
B. 無凸出部分的單板樁式地下輪廓($S_3=0$)	(75)
第5号算例	(75)
Г. 無凸出部分的双板樁式地下輪廓($S_3=0$)	(78)
第6号算例	(78)
II. 当地基为沙礫土($\eta>10\sim20$)时建筑物地下輪廓的計算	(82)
Д. 具有凸出部分的平底式地下輪廓($S_3\approx 0$)	(82)
第7号算例	(82)
第8号算例	(83)

采用的符号

L ——建筑物地下輪廓不透水部分的全長（平底式地下輪廓）；

l ——建筑物平底式地下輪廓的半長（ $l = \frac{L}{2}$ ）；

l_1 ——單板樁或雙板樁式的地下輪廓的水平不透水段的長度，是从主扳樁向上游計算的；

l_2 ——單板樁或雙板樁式的地下輪廓的水平不透水段的長度，是从主扳樁向下游計算的；

l_{np} ——地下輪廓不透水部分的化引長度（当板樁打到不透水層时）；

S_1 ——鋪盖板樁長度；

S_2 ——主扳樁長度；

S_3 ——凸出部分高度（地下輪廓的水平不透水段与排水設備底面之間的高差）；

H ——建筑物的水头；

T ——地基透水土層的厚度；

t ——排水盖重的厚度（排水反濾層的厚度）；

α ——确定平底式地下輪廓不透水部分的長度时，所用公式 $L = \alpha H$ 中的系数；

β ——一公尺寬的垂直防滲設備的透水系数，以 % 表示；

$I_{\text{вых}}$ ——下游的滲出梯度；

$I_{\text{расч}}$ ——滲流的計算梯度；

$I_{\text{кр}}$ ——滲流的臨界計算梯度；

$I_{\text{пр}}$ ——化引梯度；

K ——安全系数；

表示梯度和安全系数的字母右上角的小字母 в 代表流土，字母 с 則代表管涌（例如管涌的臨界梯度为 $I_{\text{кр}}^{\text{с}}$ ，流土的安全系数为 $K^{\text{в}}$ ）；

$\eta = d_{60}/d_{10}$ ； $H = D_{60}/D_{10}$ ——沙土和礫石土的不均匀系数；

d_{60} ； D_{60} ——土壤的控制粒徑，也就是說土壤中 小于此种粒徑的土粒占土壤总重60%；

d_{10} ； D_{10} ——有效粒徑，即小于它的土粒占土壤总重的10%；

d_{50} ； D_{50} ——平均粒徑；

$\gamma_{\text{очн}}$ ——地基土壤的容重；

$\gamma_{\text{пр}}$ ——盖重土壤的容重；

Δ ——水的容重；

$n_{\text{очн}}$ ——地基土壤的孔隙率；

$n_{\text{пр}}$ ——盖重的孔隙率；

$K_{\text{очн}}$ ——地基土壤的滲透系数；

$K_{\text{пони}}$ ——鋪盖材料的滲透系数；

$K_{\text{бет}}$ ——混凝土材料的滲透系数；

$h_{\text{в кр}}$ ——滲出段屬於第1和3类时（圖4），在板樁（或凸出部分）末端处的臨界水头，滲出段屬於第2类时，在建筑物地下輪廓不透水部分中点处的臨界水头；

- $h_{в\text{ расч}}$ ——上述地点处的計算水头；
 $h_{в\text{ доп}}$ ——上述地点处的容許水头；
 h_y ——深度 y 处的水头；
 h_n ——在观测点 n 处的水头；
 $h_{r,n}$ ——在观测点 n 处的化引[●]水头；
 q_r ——化引流量；
 Π ——鋪盖盖重的厚度；
 $K_{\text{верт}}$ ——地基土壤在垂直方向的滲透系数；
 $K_{\text{гориз}}$ ——地基土壤在水平方向的滲透系数；
 C ——粘性土的抗断裂凝聚力；
 y_0 ——流土区的深度；
 x_0 ——流土区的長度。

● 化引水头系按 $H = 1$ 确定的。

I 緒 論

擋水建築物的地下輪廓，僅僅是擋水建築物的一部分，故其設計的進行，應與整個建築物的設計緊密地相協調。

由於上述原因，故當設計地下輪廓時，除了要考慮自然條件（地質與水文地質的條件）和施工條件以外，還應考慮到建築物地上部分的構造，建築物的穩定條件和建築物的泄水情況等。

當設計時，建築物的地下輪廓，應根據數個方案的比較結果來選定。這樣由此數個方案之中選出最經濟的方案以後，然後根據此方案所決定的地下輪廓，才可以認為是合適的。

地下輪廓的主要作用是消殺地基中的滲透水頭，以及防止某些危及地基的滲透變形，而這種滲透變形是在擋水建築物抗滑各部分的底部當最大限度減少滲壓時發生的。

擋水建築物地基上土壤的滲透變形，可能有下述幾種類型：管涌、流土、接觸流土和接觸沖刷。

在一定的水頭情況下，各種類型的滲透變形發生的可能性，系取決於地基土壤的性質，也取決於滲流參變數（速度、梯度）而主要地是下游滲流出口處的滲流參變數，而且與排水蓋重的厚度和組成有關。而滲流參變數本身又和輪廓的不透水部分長度，它的整個形狀以及地基的土壤性質有關。

因此，在本指示中，作出一些建議，以估定各種滲透變形發生的可能性，並提出防止發生的措施，主要是選擇建築物地下輪廓的布置和形狀（包括近似尺寸）以及不透水部分的長度，還要選擇排水設備的組成以及排水蓋重的厚度。

全部指示系針對平面問題的情況編制的，編制時認為不同建築物連接處的計算，也可以用這些方法來解決，但此時應有專門的研究為根據。

為了求得滲流參變數，本指示建議用蘇維埃學者 Н.Н. 巴甫洛夫斯基院士、Е.А. 扎馬林院士等研究出來的流體力學解法，如解析法、電擬法（ЭГДА）。

防止滲透變形所需地下輪廓長度的確定方法，系根據 Н.Н. 巴甫洛夫斯基院士提出的基本論點為基礎，在某些個別情況於 1929 年經 В.С. 巴烏姆喀爾特教授在他的著作中[●]加以發展。

在實際設計工作中，仍被採用的平均梯度法[●]（撲萊和萊茵等的方法），在本書中未予研究。

這些方法沒有充分的理論根據，利用它反而不安全，同時在這些方法中，對於滲流流向下游的方式以及產生滲透變形的可能形式等均沒有考慮。

在編制本指示的過程中，曾考慮了在下述領域中進行過的大量實驗工作：如土壤滲透變形的研究，反濾設備選擇的研究，用電擬法對個別有壓滲透問題的研究以及對建築物的原型研究；以上這些實驗工作，主要是本所（ВОДГЕО）水

● В.С. 巴烏姆喀爾特 “關於透水基上的過水堰的設計”，1929 年。

● Н.Н. 巴甫洛夫斯基，在 1922 年就对撲萊的方法進行了詳細的評論，可參見著作“水工建築物下面的地下水運動原理”。

工試驗室若干年來所進行的。

本指示建議用于任何級的中小水头建築物的設計，但承
重樁基上的建築物例外。

II 基本定义和要求

§1. 擋水建筑物的地下輪廓应理解为地下結構部分的外形，它一般包括鋪盖、建筑物的主体（溢流或非溢流壩、电站厂房等）以及护坦（圖 1）海漫的地下部分的形狀，还包括垂直防滲設備：如板樁、帷幕、隔牆、齒牆等。

§2. 擋水建筑物地下輪廓的作用是：消殺地基中的滲透水头及尽可能地降低建筑物抗滑構件下的滲透压力，消除对地基土壤有危险的（自然对于建筑物本身也有危害）任何一种滲透变形，并使下游滲流出口处的滲透变形以及滲流量减少到容許值。

§3. 擋水建筑物的地下輪廓，根据其作用应包括：不透水或微透水（与地基土壤相比）的防滲構件或防滲段，以及非常透水的排水構件。

§4. 对于建筑物地下輪廓的基本要求如下：

a) 在建筑物的运用过程中，地下輪廓应起到 §2 所述的作用，以保障建筑物的可靠性与穩定性。

6) 当設計建筑物的地下輪廓时，应竭力找出整个建筑物最經濟的方案。

§5. 为了滿足§4所示要求，建議：

a) 遵循本指示，編制出数个建筑物地下輪廓的設计方案，并从中选出最經濟者。

6) 为了最大限度地降低建筑物各个構件上的滲透压力

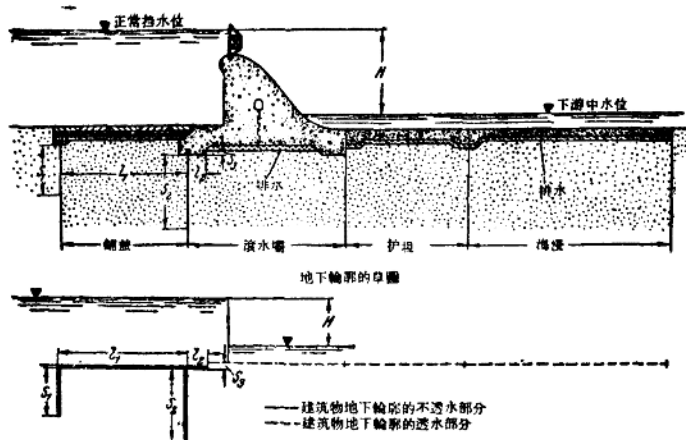


圖 1

以及为了降低建筑物的价格，不僅像实际的水工設計和施工中所廣泛采用的一样，把排水設備放置在护坦和海漫之下，而且也把它放在建筑物主体下面（浪水壩、水电站厂房），有时甚至放在鋪盖下面（当为阻滑板时）。

в) 为了防止地基土壤的滲透变形和控制滲流，廣泛地利用按反濾層的原則选定的各种構造的排水和排水盖重。

III 分 類

§6. 建築物地下輪廓的類型：可按不透水段的形狀、不透水段和透水段（排水）的相對位置、建築物地基中的地質和水文地質條件以及地基土壤的性質來劃分。



圖 2 建築物地下輪廓的類型

按不透水段的形狀，地下輪廓可以有下述幾種類型（圖 2）：

I 型——平底式。

II 型——單板樁式。

III 型——雙板樁式。

按透水段和不透水段的相對位置，地下輪廓可分為：

a) 無鉛直的凸出部分者。

附注：此時建築物不透水段的地下輪廓綫和排水設備位於同一平面中（圖 3a）。

6) 有鉛直的凸出部分者。

附注：此時在地下輪廓不透水部分和排水設備之間，有一個高度為 s_2 的凸出部分（圖 3b）。

按照透水段的位置，地下輪廓可分為：

a) 在不透水段後面有水平平底式排水設備者。

6) 有水平帶狀排水設備者，這種排水位於不透水段中，由分開的不寬的排水帶所組成。

б) 有鉛直排水者。

按照建築物地基的地質和水文地質條件，地下輪廓可分為：

- а) 在很大的深度 T 處有不透水層。
- б) 在不大深度 T 處有不透水層。
- в) 地基土壤在滲透性能方面是均勻的。
- г) 地基土壤在滲透性能方面是不均勻的。

附注：1. 不透水層系指滲透係數比透水層的滲透係數的 1% 還要小的土層。
 2. 所謂很大深度，系指對於中水頭建築物而言 $T > 15 \sim 20$ 公尺，而對於小水頭建築物而言 $T > 5 \sim 6$ 公尺。
 3. 根據上述特征所進行的分類，遠不能詳盡地包括所可能遇到的各種不同的地質和水文地質條件。這裡僅僅研究由自然條件簡化而得的最簡單的計算圖形。

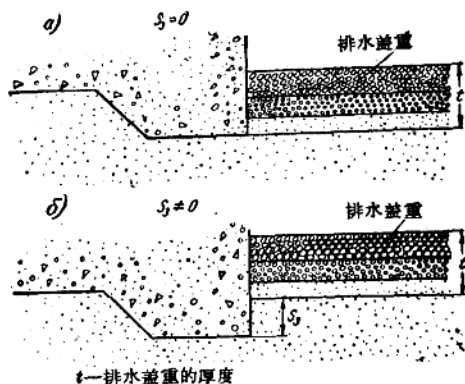


圖 3

- 所謂不寬，系指對於低水頭建築物而言，寬度 = 1.0 公尺；對於中水頭建築物而言，寬度 = $\frac{1}{3}H \sim \frac{1}{10}H$ 。

按照地基土壤的性質，地下輪廓可分为：

- a) 在沙和沙礫石基上的地下輪廓；
- 6) 在粘土基上的地下輪廓。

附注：土壤名称的采用根据設計規範（ННТУ6-48）。

§7. 为了判断滲流由地基流入水平排水时是否可能發生滲透变形，应划分出地下輪廓不透水部分滲出段的基本类型。

在地下輪廓种类繁多的情况下，地下輪廓滲出段的基本类型是（圖4）：

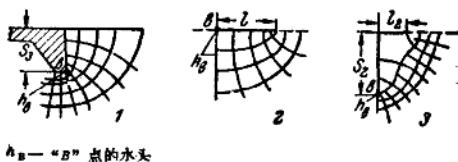


圖4 滲出段

- 1) 鉛直型。
- 2) 水平型。
- 3) Γ 型。

IV 類型的选择

§8. 建筑物地下輪廓的选定，根据地基的地質和 水文地質条件來進行，此时要考慮到擋水建筑物的構造、它的穩定工作情况及施工条件。

§9. 当选择沙基或礫石基上的建筑物地下輪廓的 类型时（表 1），应遵守下述原則：

a) 当地基为均匀的砂或砂礫石，無論不透水層位置的深淺如何均允許打板樁时（§6），应采用 II 型的地下輪廓，并在擋水建筑物主体的大部分底面下設置平底排水和在护坦下設置排水（表 1，方案 1,A 和 3,A）。

对于特別重要的建筑物，以及对于具有阻滑板的建筑物，除了 II 型以外（圖 2），也可以采用（当有適當的論据时）III 型（表 1，方案 1,B）。

6) 当地基为砂礫石或卵礫石，無論不透水層位置的深淺如何均不允許打板樁时（§6），应采用 II 型地下輪廓，此时用隔牆或齒牆來代替板樁，并在擋水建筑物下面設置排水（表 1，方案 2A 和 4A）。当設置隔牆和齒牆有很大困难时以及当沒有必要用减低滲压的办法來減輕擋水建筑物时，应采用 I 型，但只在护坦下設置排水（表 1，方案 2B 和 4B）。

附注：在下列場合中，不需要减低擋水建筑物底面滲透压力，即当地上建筑物的尺寸不取决于抗滑穩定条件，而取决于所宣泄流量以及安設必要的裝備等条件时。