

1556.603P
1014

124607

059173

86831057

LZC

苏联电站部基本建設管理局

水工建筑勘探工程 水文地質計算手冊

李正才 胡世麟譯

全苏國立“水力設計”設計院編制
建筑与安裝生產技術管理局批准
(1953年11月21日第31号決議)



電力工業出版社

內 容 提 要

本手册供地質工程師在建設水力建築物時進行勘察工作之用。書中列舉出在進行實際勘察時所必需的工程水文地質的主要計算方法。

本手册共包括三章：第一章敘述了地下水在自然條件下，即在沒有被施工所破壞的條件下穩流的主要公式；第二章說明整理水文地質的試驗數據所應當使用的一些公式；第三章舉出閘、水度、渠道、施工基坑等各區段中計算滲流的主要方法。

УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА МЭС СССР

СПРАВОЧНИК ПО ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИМ РАСЧЕТАМ
ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

根據蘇聯國立動力出版社 1955 年莫斯科版翻譯

水工建築勘探工程水文地質計算手冊

李正才 胡世麟譯

367549

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版業營業登記證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：司志民 校對：厲文因

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 3摺印張 * 78千字

1956年7月北京第1版

1956年7月北京第1次印刷(1—10,100冊)

統一書號：15036·324 定價(第9類)0.46元

原 序

为水能建設所進行的工程地質勘察，其主要任务之一乃是要得出計算滲流所必需的数据。这些问题的实际意义不需要特殊的解釋，只要指出一点即：在某些情况下，滲流条件决定着壩址基准綫、渠道选择的選擇，决定正常壅水位的高程(因为边岸有被浸沒的可能性等就够工。)

進行勘察的地質工程师应对設計工作保証以必要的資料，以相当的試驗(抽水試驗，压水試驗等等)为基础在数量上來說明岩石的水文地質特性。同时，地質工程师还应当熟悉壩、水庫、渠道等各区段中的滲流的計算方法，否則的話，甚至於最詳尽的勘察，其結果仍可能达到足够的目的，不能符合設計的要求。

本手册是供水能建設進行勘察的地質工程师用的。本書中举出地質工程师在他進行勘察时的实际工作中所必需的工程——水文地質的主要計算方法。但是本手册中對於地下水动力学的專門問題未加闡述。因为这些問題(例如：結構物基礎中排水的計算，滲流时壩下的逆压力分佈圖和梯度的計算，經壩体滲流的計算，水位降低的計算等等)都是屬於水工設計範圍內的。

本手册中共包括三章。第一章里举出地下水在自然条件下，也就是說，在沒有被施工所破坏的条件下穩定流动

的主要公式(至於不穩定流動的問題則在以后結合着演算那些確定潛水壅水的實際問題時加以研究)。第二章里舉出了整理水文地質的試驗數據所應當使用的一些公式。最後，第三章里舉出壩、水庫、渠道、施工基坑等各區段中計算滲流的主要方法。

本手冊中附有一些數學表，能以簡化計算工作，譬如說，附有數字平方表，用有限差法計算潛水的不穩定流動時這個是很有用處的。

目 錄

原 序

第一章 地下水在岩層中的流动	5
1. 基本概念	5
2. 沿水流方向流量恒定时, 地下水在均質岩層中的流动	9
3. 沿水流方向流量改变时, 地下水在均質岩層中的流动	17
4. 地下水在非均質岩層中的流动	20
第二章 岩層透水性的測定	23
5. 透水性之野外測定法的簡要說明	23
6. 均質岩層之鑽孔的抽水試驗	23
7. 非均質岩層之鑽孔的抽水試驗	34
8. 鑽孔的注水試驗	36
9. 鑽孔的压水試驗	37
10. 試坑的抽水試驗	40
11. 試坑的注水試驗	41
12. 用指示剂測定滲流速度系数的方法	42
13. 實驗室中測定滲透系数的方法	43
14. 滲透系数的大約数值(表 8)	45
15. 溫度的修正值	45
第三章 水工建築物区域內的滲透	46
16. 壩基中的滲漏損失	46
17. 圍繞壩的滲漏損失	52
18. 下游影响范围以外的水库盆地的滲漏損失	55

19. 潛水的穩定壅水	63
20. 潛水的不穩定壅水	69
21. 渠道的滲漏	80
22. 水向基坑內的入流	86
附 錄	89
參考文獻	123

第一章 地下水在岩層中的流动

1. 基本概念

穩定流动和不穩定流动

在一定的水流断面上，一切运动特性（深度，水头梯度，流量）不随時間而变更的那种流动，称为地下水的穩定流动，它和不穩定流动不同，即和运动特性随時間而变更的流动。

嚴格說來，自然界中地下水的流动永远是不穩定的，但是在許多情形下，水流特性随時間的改变對於处理实际問題是不重要的，所以这种改变是可以忽略不計的。

層流运动和紊流运动

在水力学里水的运动方式分为兩種——層流和紊流，在前一种情形下运动的速度是沒有脈动現象的，不会造成質点的混掺，在第二种情形下有速度的脈动現象和水流質点的混掺。

地下水的流动照例都是層流，僅在强烈喀斯特化的岩層中，水头梯度較大的情况下（例如，在直接与進行抽水或進行压水的鑽孔相毗連的区域中）才可能有自層流运动过渡到紊流运动的情形。

本手册中所列水文地質計算用的公式符合於層流运动

的情形。

有压渗流和無压渗流

如果水沒有浸透透水層的全部厚度，則水流就会有自由表面，而渗流就称为無压渗流。地下水的自由表面称为浸潤曲綫。

水位相對於隔水層底板的超高，称为水流的深度(h)；这里这个概念和含水層厚度的概念是相同的。

如果地下水流沿着隔水層所伏盖的岩層流动，並且是浸透透水層的全部厚度，則渗流就称为有压渗流。承压曲綫就表示地下水的水头綫。

有压水流的含水層厚度(m)等於隔水層頂板相對於隔水層底板的超高。

地下水在水流的任何点上的水头(H)等於水位相對於所选取的水头基准面的超高(在有压渗流情况下等於承压水位的超高)。如果渗流是無压的而隔水層底板又是水平的，則取隔水層的表面作为水头基准面；在这情形下水头等於水流的深度($H = h$)。

均匀流动和非均匀流动

如果地下水在所有断面上的流速都相同，則这种流动就称为地下水的均匀流动，它和非均匀流动有所不同，非均匀流动其特点在於，流速在水流途程中是变更的。

滲流速度

層流的滲流速度按照达尔西(Дарси)的見解可表示为:

$$v = K \cdot i, \quad (1)$$

式中 K ——滲透系数; 在水文地質計算里滲透系数的尺度採取为公尺/晝夜;

i ——水流的水头梯度, 即水头损失对滲流途程長度之比。

自表达式(1)中可見: 滲透系数乃是在水头梯度等於1时的滲流速度。

滲流的真正速度

滲流速度(v)与水在岩層孔隙或裂隙中的真正运动速度(u)間有下列方程式的关系:

$$u = \frac{v}{p_0}, \quad (2)$$

式中 p_0 ——岩層的有效孔隙度(即多孔性);

$$u = K_0 i, \quad (3)$$

式中 K_0 ——滲流速度系数, 即在水头梯度等於1时, 地下水在岩層孔隙或裂隙中的运动速度。

進行水文地質計算时, 滲透系数是用來求流量或繪制流網的(在非均質透水層时)。滲流速度系数是在解决那些和疏松岩層之潛蝕作用, 石質或半石質岩層中的裂隙的冲蝕或冲填物的携出等有关的問題时來确定的。

滲流速度的分量

滲流速度的向量在一般情形下具有沿三个座标軸的支量——分量(三元或“空間”水流)。若滲流速度僅有两个支量，則水流就称为二元的，若僅有一个支量——一元的。

在天然水流里，由於它們的坡度相当小，所以垂直支量与水平支量比較起來是很小的，因而在許多情形下垂直支量都可以忽略不計。

若流綫都平行於某一平面，当然，也就彼此平行，則水流就称为平面的。平面水流是二元的，而在忽略速度支量之一时，它就成为一元水流。

在某些情形下，弯曲的水流(在平面中)可以視作为平面輻流，假如流綫都相交於一点的話(例如，由鑽孔中抽水，而在抽水前地下水面是水平的)。

在地下水流里，流綫在滲流区内任何点处都垂直於水头面(等势面)。

水流的流量

地下水流的流量其总的情况可表示为：

$$Q = v \cdot F, \quad (4)$$

式中 v ——岩層軀殼和孔隙(裂隙)所佔据的滲流岩層全断面的滲流速度；

F ——横断面面積(等势面)。

平面一元水流时，其正面單位長度的流量在無压滲流时表示为：

$$q = v \cdot h, \quad (5)$$

式中 h ——水流的深度。

在有压渗流时

$$q = v \cdot m \quad (6)$$

岩层的非均质性和透水异向性

若岩层的透水性与渗流范围内的座标有关，即在空间里是改变的，则这个岩层就称为在渗流方面是非均质的。

若均质的岩层其渗透系数与水流运动方向无关，则它就称为透水同向的，它与透水异向的岩层（例如，“带形”的湖泊沉积物，黄土）不同。

2. 沿水流方向流量恒定时，地下水在均质岩层中的流动

如果在含水层的上面，和在它的基底中都铺有隔水层，而地下水流在它的途中又没有附加的补给的话，则其流量是恒定的。

a) 地下水流均匀流动

在水流深度是恒定的情形下，地下水的均匀流动才有可能，而且它的特征是：浸润曲线是一条直线。

1) 无压水(图1)

地下水表面平行于隔水层底板表面。

地下水流的流量

$$q = K/h \cdot i_0 \quad (7)$$

式中 q ——地下水流在水流正面每单位长度上的流量；

K ——岩层的渗透系数；

h ——水流的深度(在我們这种情形下它为常数);

i_0 ——隔水層底板表面的坡度, 在我們这种情形下它等於地下水的水头梯度。

浸潤曲綫方程式能以根据沿水流方向上兩点之水位的資料來确定地下水位在水流任何断面处的位置:

$$H = (H_1 - H_2) \frac{x}{L} + H_2, \quad (8)$$

式中 H ——所求的地下水水头;

H_1 ——水流上游点处已知的地下水水头;

H_2 ——水流下游点处已知的地下水水头;

x ——由所需求其地下水水头的点到水流下游地下水水头为已知的点間的距离;

L ——其水头为已知的兩点間的距离。

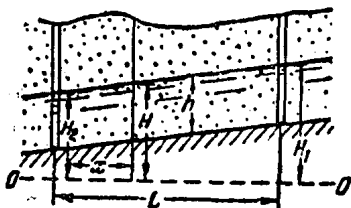


圖 1

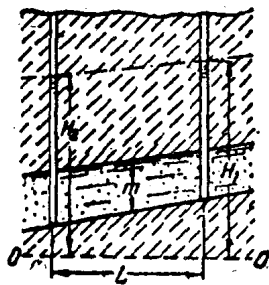


圖 2

附註: 水头 H , H_1 和 H_2 自某一假定的水平基准面計算起。

2) 有 压 水 (圖 2)

地下水水流的流量

$$q = Km \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (9)$$

式中 m ——含水層的厚度。

其余代表字見公式(7)和(8)。

承压曲綫方程式与浸潤曲綫同。

6) 地下水的非均匀流动

地下水非均匀流动的特点是：浸潤面或承压面是一个曲面。

若水流深度沿地下水流方向而减小，則浸潤曲綫或承压曲綫的形狀是向上凸起的，並称为落水曲綫。若水流深度沿水流方向而增加，則曲綫的形狀是向下凹入的，並称为壅水曲綫。

在無压水的情況下若水流的隔水層底板是水平的(圖 3, a)或其傾斜方向与地下水流的方向相反——逆坡，这时就会有落水曲綫發生(圖 3, б)。若隔水層的傾斜方向与地下水的流动方向相同(順坡)，則在这情形下或者產生落水曲綫[如果含水層的厚度是沿水流方向而減小的話(圖 3, в)], 或者產生壅水曲綫[如果含水層的厚度是沿水流方向而增加的話(圖 3, г)]。

1) 無 压 水

隔水層底板是水平的[朱浦依(Дюпюи)公式](圖 4)。

地下水流的流量

$$q = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L}. \quad (10)$$

浸潤曲綫方程式

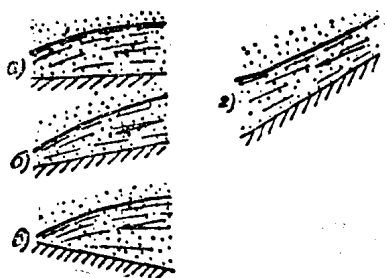


圖 3

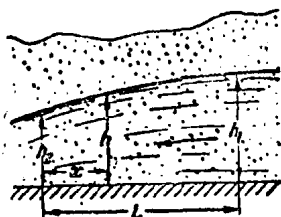


圖 4

$$h = \sqrt{(h_1^2 - h_2^2) \frac{x}{L} + h_2^2}. \quad (11)$$

根据許多的 x 值，就可以按公式(11)算出与它相应的 h 值而繪制地下水的浸潤曲綫。

隔水層底板是傾斜的。

按 Г. Н. 卡明斯基(Каменский)的近似公式求流量的方法

$$q = K \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{\Delta H}{L}, \quad (12)$$

式中 ΔH ——沿水流方向上佈置的兩断面(鑽孔)处的水位高程差(圖 5)。

公式(12)是在隔水層的底板坡度很小时才可能利用。

水流流量和浸潤曲綫的方程式按照 Н. Н. 巴甫洛夫斯基(Павловский)的見解是：

$$q = K h_0 i_0, \quad (13)$$

式中 h_0 ——正常水深；

i_0 ——隔水層底板表面的坡度。

正常水深(h_0)按下列方程式用試算法來求

$$i_0 L = h_0 [\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)], \quad (14)$$

式中 $\eta_1 = \frac{h_1}{h_0}$; $\eta_2 = \frac{h_2}{h_0}$;

h_1 ——上游断面处潛水水流的深度(含水層的厚度)

(圖 6);

h_2 ——下游断面处潛水水流的深度;

L ——断面(鑽孔)間的距离。

試算时应考慮到:

在落水曲綫和順坡情况下 $h_0 > h_1$;

在壅水曲綫和順坡情况下 $h_0 < h_2$;

在逆坡时 $h_0 < \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{i}{i_0}$, 其中 i ——断面 h_1 和 h_2

間之区段上的地下水流平均坡度。

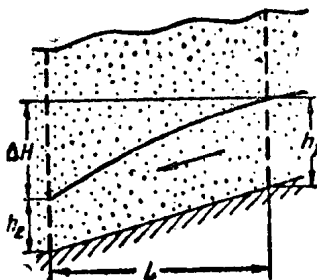


圖 5

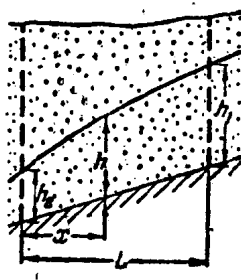


圖 6

計算 $\varphi(\eta)$ 值时須利用运算表(見附錄 1)。表 A 可用來計算, 在隔水層底板为順坡和落水曲綫之情况下的函数值, 表 B——用於壅水曲綫, 表 B——用於隔水層底板为逆坡之情形。

为繪制浸潤曲綫应用公式

$$q(\eta) = q(\eta_2) - \frac{x}{L} [q(\eta_2) - q(\eta_1)], \quad (15)$$

式中 $\eta = \frac{h}{h_0}$ ，同时 h ——距断面 h_2 之距离为 x 之断面处的所要求的水流深度(圖 6)。

例 1. 試按下列数据求出潛水水流流量:

沿地下水流的方向佈置了兩個鑽孔，彼此間的距離 $L=500$ 公尺。鑽孔 №1 中的水位高程為 120.54 公尺，鑽孔 №2——109.29 公尺。在鑽孔 №1 中隔水層底板的高程

為 106.14 公尺，在鑽孔 №2——101.04 公尺。因此，地下水流動的方向與隔水層底板的傾斜方向是一致(“順坡”)的。鑽孔 №1 內的水流深度(h_1)為 $120.54 - 106.14 = 14.40$ 公尺，而鑽孔 №2 內—— $h_2 = 109.29 - 101.04 = 8.25$

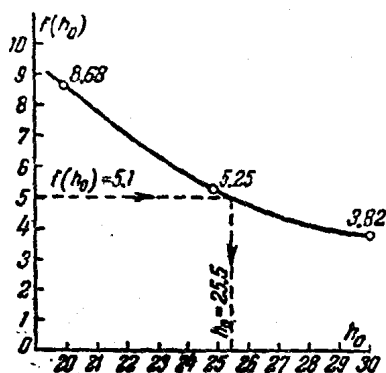


圖 7

公尺。因為含水層的厚度是沿水流方向而減小的，所以曲綫為落水曲綫。含水層系由砂組成，其滲透系數 $K=12$ 公尺/晝夜。

求隔水層底板的坡度和 $f(h_0)$:

$$i_0 = \frac{106.14 - 101.04}{500} = 0.0102;$$

$$f(h_0) = i_0 L = 0.0102 \cdot 500 = 5.1.$$

为了求出相应於 $f(h_0)=5.1$ 的 h_0 ，就須要根据不同的 h_0 值來解方程式(14)。因为隔水層底板为順坡，而浸潤曲綫又是落水曲綫(見前)，所以这时 就可以利用表 A (附錄 1)。例如，取 $h_0=20$ 公尺，則：

$$f(h_0)=20\left[\varphi\left(\frac{8.25}{20}\right)-\varphi\left(\frac{14.40}{20}\right)\right]=20[\varphi(0.412)-\varphi(0.72)]=20[-0.1190-(-0.553)]=8.68.$$

但是 $f(h_0)$ 值应为 5.1。繼續試算。

在 $h_0=30$ 时，我們用类似地方法得出 $f(h_0)=3.82$ 。

这样一來，在第一种情形下我們得出 $f(h_0)>5.1$ ，在第二种情形下 $f(h_0)<5.1$ 。可見， $20<h_0<30$ 。

我們繼續在这个範圍內進行計算 $f(h_0)$ 。 $h_0=25$ 时，得 $f(h_0)=5.25$ 。

按照所得的数值來繪制曲綫圖，沿橫軸截取 h_0 值，而沿縱軸截取 $f(h_0)$ 值(圖 7)。

所得之曲綫与所求 $f(h_0)=5.1$ 之縱座标的 交点 就决定 h_0 值等於 25.5。

按照公式(13)求潛水水流每 1 公尺寬度的 流量 $q=12 \times 25.5 \times 0.0102=3.12$ (公尺³/晝夜)。

为了比較起見，我們根据卡明斯基的近似公式(12)來求出水流的流量 $q=12 \frac{14.40+8.25}{2} \cdot \frac{120.54-109.29}{500}=3.05$ (公尺³/晝夜)(每 1 公尺水流寬度的)。

例 2. 試按照例題 1 的数据求出，距鑽孔 №2 之距离为 200 公尺处的水流深度(h)。

將数值代入公式(15)