

554

00004

地下水干部訓練班讲义

水 文 地 質

山西省农业建设厅水利局編



水利电力出版社

內容提要

本書是地下水干部訓練班講義中的一種（共5種）。書中結合開發利用地下水這一任務，分別講述了水文地質方面的問題，其中包括水文地質的基礎知識、地下水化學成份的測定方法和水質評價、如何確定不同類型水井的湧水量以及在野外尋找地下水的等方法。此外，書中還介紹了土壤鹽漬化的原因和預防及改良鹽漬化的方法。

本書可作學校或訓練班的教材，也可作水利工作者自修和實際工作中參攷。

水 文 地 質

山西省農業建設廳水利局編

*

1606 S 450

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可証出字第105號

太原聯合工廠排印 新華書店發行

*

787×1092 1/32開本·5卷印張112千字

1958年11月太原第1版

1958年11月太原第1次印刷（0001—5600）

統一書號：15143·1253 定價（第1卷）0.60元

目 錄

緒 論	(5)
第一章 土石物理性質和含水性及水在 土石中的狀態	
§ 1 土石的物理性和含水性質	(7)
§ 2 水在土石中存在的形態	(17)
第二章 地下水的起源和化學成份的形成	
§ 1 自然界中的水	(19)
§ 2 自然界中水的循環	(20)
§ 3 地下水的起源	(20)
§ 4 地下水化學成份的形成	(21)
第三章 地下水的分類和特徵	
§ 1 地下水分類的原則	(23)
§ 2 土壤水	(25)
§ 3 潛水	(26)
§ 4 層間水	(28)
§ 5 裂隙水和喀斯特水	(30)
§ 6 泉	(31)
§ 7 地下水的物理性質和化學成份	(32)
§ 8 地下水的動態和均衡	(42)
第四章 地下水的運動	
§ 1 滲透的基本定律	(46)
§ 2 潛水要素的測定方法	(47)
§ 3 水井和排水溝湧水量的計算	(52)
第五章 水文地質調查法	

§ 1	概述	(63)
§ 2	水文地质工作的进行程序和各个調查阶段所要解决的基本問題	(63)
§ 3	水文地质調查的准备工作	(67)
§ 4	水文地质調查的野外工作	(68)
§ 5	室內整理工作	(94)
第六章	水文地质图的編法	
§ 1	潛水等水位綫图	(96)
§ 2	潛水埋藏深度图	(97)
§ 3	潛水的矿化程度图	(97)
§ 4	层間水等水压綫图	(98)
§ 5	岩石含水性图	(100)
第七章	为灌溉目的的水文地质調查	
§ 1	山西省水文地质条件概述	(101)
§ 2	地下水儲量的評价	(105)
§ 3	灌溉用水的水质評价	(107)
§ 4	灌溉时土的沼泽化和盐漬化	(110)
§ 5	盐漬化土地的改良和預防	(112)
§ 6	灌溉地区的水文地质調查	(121)
第八章	中小型水工建筑物的水文地质和工程地质調查	
§ 1	有关水工建筑物的基本知識	(134)
§ 2	中小型水工建筑物調查的目的和任务	(135)
§ 3	小型水工建筑物樞紐調查法	(138)
§ 4	水工建筑物滲漏量的計算	(142)
附录 I		(148)
附录 II		(152)
附录 III		(159)

緒 論

1. 水文地質学研究的內容和任务

水文地質学是一門研究地下水成因、运动、~~成因及利用~~利用方法的地质科学。

地下水在国民經济中意义重大，可用来作供水、灌溉、畜牧用水、疗养用的矿水，作为有用矿物和找矿标志；另外还可用作矿山排水、沼泽排水、避免盐渍化排水等。总之，水文地質的实际意义是很大的。目前几乎找不到任何一个国民經济部門与地下水是无关的。

2. 水文地質学組成部分

水文地質学研究的問題是很广泛的，其組成有下列学科：

- 1) 普通水文地質学，包括地下水的成因和分类，气象学，水文学等問題。
- 2) 地下水动力学，研究地下水在自然条件下运动的規律，以及流入引入建筑物的水量。
- 3) 专门水文地質学或地下水的寻找和勘探。
- 4) 区域水文地質学，研究区域性地下水的分布情况。
- 5) 矿水——具有工业及医疗价值的水。

3. 水文地質学講課的内容介紹

由于我們的学习時間限制、在今后的講課过程中不可能按上述的順序，本課程綜合了上述課程內容进行講授。通过学习本課程后达到掌握水文地質的基本知識，能独立进行野外工作，从水文地質的角度来满足农田水利化的要求。确切些說，本課程为解决下列問題而開設：

- 1) 如何在野外鑑定土和了解土的物理性質及含水性；
- 2) 地下水的一般知識；
- 3) 地下水化学成份測定方法和水質評價；
- 4) 确定不同类型水井的涌水量有多少；
- 6) 在野外尋找地下水的方法；
- 6) 山西省內可能有哪些不同类型的地下水源；
- 7) 盐漬化产生的原因以及預防和改良的一些方法；
- 8) 小型水庫、水坝的勘察方法。

为了实现上述愿望，在今后短短的二个月中，在党的領導和亲切关怀下，我們共同努力一定要完成这个光榮的任务。

第一章 土石物理性質和含水性

及水在土石中的狀態

§ 1 土石物理性質和含水性

組成地壳的岩石一种是緻密坚硬的石头（象花崗岩、石灰岩、砂岩等），一种是松軟的土（象砂、亚砂土、粘土等），我們將这些緻密坚硬的石头和松軟的土統称为土石（或岩石）。

我們知道土石是由矿物組成，矿物本身可以直接結合在一起（例如花崗岩），也可以由某种物質胶結起来（例如砂岩），或者本身无任何联系（例如砂子）。不論各矿物間有无联系，一切土石都不能是絕对的緻密体，而皆具有自由的間隔和空隙，其間隙能被气体和液体所充填，以及成为气体或液体流通的通路。必須指出，在自然界不是所有的土石都能透水，事实上有很多土石是不透水的，它們与透水的土石有很大的区别。我們称不透水的土石为隔水的土石，土石与水的关系可用下列特性來說明。

1. 松軟土的机械成分，机械成分是松軟土獨具有的，机械成分是表示組成松軟土顆粒大小在土中的含量关系。我們知道松軟土是由不同粒徑的土顆粒組成，在研究土中含某种粒徑佔多少时，我們常常是把不同粒徑合併成一組，这样的結果我們就将松軟土按不同粒徑分成數組，这些組就称为粒組。

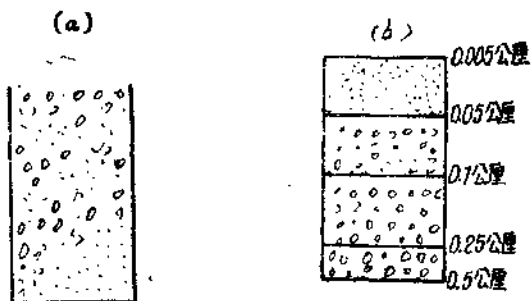


图 1 松软土机械成分示意图

图 1 中的 (a) 表示天然状态的松软土, (b) 表示将天然状态下的松软土按一定的粒徑划分了几个区間, 这样一来我們划分出四个区間(0.005公厘~0.05公厘, 0.05~0.1公厘, 0.1~0.25公厘, 0.25~0.5公厘), 这四个区間也就是四个不同的粒組; 然后求出不同粒組占土总重量的百分数, 这种百分数的关系謂之机械成分。

通常我們根据土顆粒的大小, 划分下列諸粒組(見下表)。

粒 組 名 称		顆 粒 大 小 (公 厘)	
漂砾(圆的)或 块石(角的)	粗	7,800	
	中	800—400	
	細	400—200	
卵石(圆的)或 碎石(角的)	极粗	200—100	
	粗	100—60	
		中	60—40
		細	40—20

砾石(圆的)或 屑石(角的)	粗	20—10
	中 細	10—4 4—2
砂	极粗	2—1
	粗	1—0.5
	中 細	0.5—0.25 0.25—0.1
	极細	0.1—0.05
粉 土	粗	0.05—0.01
	細	0.01—0.005
粘 土	粗	0.005— .001
	細	< 0.001

所有这些不同粒徑的顆粒，都是在自然界中經岩石的风化作用或机械的破坏作用形成的，通常有不同的組合而形成不同的松軟土，現將松軟土分类介紹如下：

砾质岩石的分类表

土的名称	砾石含量(> 2公厘)	砂的含量 (0.05—2公厘)
砾石土 (亚砂土、砂等等) 含砂砾石	10—50%但小于各 单独的砂或粉质一 粘土粒級的含量 35—50%，但大于 各单独的砂或粉质 一粘土粒級的含量	大于粘土和粉土粒 級的含量
粉土砾石	全上	小于粉土和粘土粒 級的含量
砾	大于50%	大于粉土和粘土粒 級的含量

土按粒度成分的三因分类表

岩石名称	顆 粒 大 小 (公厘)		
	粘土粒 <0.005	粉 土 粒 0.005—0.05	砂粒0.05—2
	含 量 (%)		
粘 土	<30	—	大于粉土粒級含量
粉土質粘土 亚粘土:	<30	大于砂粒級含量	大于粉土粒級的含 量
粗砂質亚粘土	30—10	—	大于粉土粒級的含 量 >0.25公厘的顆粒居 多数
細砂質亚粘土	30—10	—	大于粉土粒級的含 量 <0.25公厘的粒徑居 多数
粉質土亚粘土	30—10	大于砂粒級的含 量	—
粗砂質亚砂土	10—3	—	大于粉土粒級的含 量 >0.25公厘的顆粒居 多数
細砂質亚砂土	10—3	—	大于粉土粒級的含 量 >0.25公厘的顆粒居 多数
粉土質亚砂土	10—3	大于砂粒級的含 量	—
砂	<3	—	大于粉土粒級的含 量
粉土質砂	<3	大于砂粒級的含 量	同上

岩石中各种不同的粒組的存在可确定出岩石的含水性。例如由直徑为0.25—2公厘的顆粒所組成的粒組具有强透水性，毛細上昇高度很小，顆粒成干燥状态，在干燥情况下它不会收縮。由直徑为0.005—0.25公厘的顆粒所組成的粒組具

有弱透水性，毛細上昇高度很大，在水中不会膨脹，很易成流砂状态。最后，顆粒直徑小于0.005公厘的粒組实际上是不透水的，毛細上昇高度很高，可塑性很大，在干燥情况下是固体状态。

从上可以看出，松软土的顆粒大小及其分逸情况对于岩石的含水性具有很大影响。除此外，还有水的温度和化学成分，土石的孔隙度以及各种顆粒間的关系等皆影响土石的含水性。为了查明潛蝕的可能，确定过滤器孔徑的大小，大致計算出滲透系数，确定毛細管上昇高度及岩石分类等等問題，皆要对土的机械成分进行研究。因此在进行工程地质和水文地质調查时，还必須进行土石成分的实验分析，此种分析称为粒度分析或机械分析。

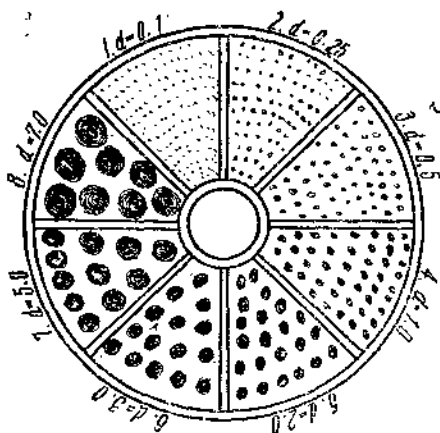


图2 瓦西耶夫斯基图表

在野外的条件下，由于我們不可能携带很多仪器去进行粒度分析，只是根据土的外表特征（例如：颜色、颗粒粗细、干湿程度、结构构造、加水后状态的变化、次生变化——是否胶结、腐殖质含量及其它混杂物含量等），从而初步的在野外鉴定出土的名称。应当指出，这种鉴定的准确性与工作人员的經驗很有关系。一般說来对碎屑土、砂土和粘土类土的鉴定是很有效的。鉴定碎屑土和砂类土，我們是采用瓦西耶夫斯基图表（見图2）来量土內含有哪些粒徑，然后估計不同粒組的百分含量，再根据前面的分类表，就可以定出土的名称。

对于粘土类土可用下表进行鉴定

土石名称	粘 土	亚 粘 土	亚 砂 土
鉴定特征			
粉沫搓碾	細	(过渡)	粗
搓碎后观察	不含 >0.25	显見 >0.25	多数 >0.25
干土状态	硬不易击碎	可击碎	易击碎
湿土状态	可塑、粘滑	能搓1—3公厘	塑性很弱
湿土搓碾	能搓 $<$ 公厘細 长条弯轉不断	能搓1—3公厘 的細条弯轉則 断或成球	滚球不易
水中崩解	慢	——→	快
湿土用刀切	土表面光滑	——→	粗糙
建筑性質	难挖不透水	——→	易挖、透水

除了上述野外肉眼鑑定土外，測定土的機械成分實驗室的方法還有很多種。例如：為了劃分出大於0.25公厘的粒組，可利用一套孔徑為10、5、2、1、0.5、0.25的篩子來精確的測定土機械成分。這種方法通常稱為篩分法，對於小於0.25公厘的顆粒是用薩巴寧法，移液管法和比重計法來分選。

篩分法的操作步驟是這樣的：把從野外取回的土樣進行風干二至三天，取風干土樣100克到1000克放在篩子上篩分，從而可得到下列粒組：>10、10~5、5~2、2~1、1~0.5、0.5~0.25和<0.25的。將各種不同粒組的土顆粒收集起來分別稱其重量，這樣就可以按下式求出不同粒組的百分含量。

$$p = \frac{G_1}{G_2} \times 100\%$$

式中：G₁——某種粒組的重量；

G₂——土的總重量。

上述的分析結果我們用下列圖表表示：

1) 圓圖：圓的直徑通常採用3—5，圓心表示土樣編號。一定要提起大家注意，圖例要書寫清楚，開始點以子午綫的北端開始隨時針方向轉動。

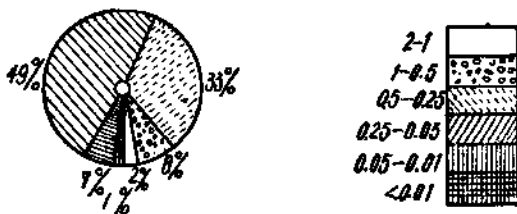


圖3 土的機械成分

11) 累积曲线图: 表明累积百分含量, 用半对数百分坐标纸来作图。

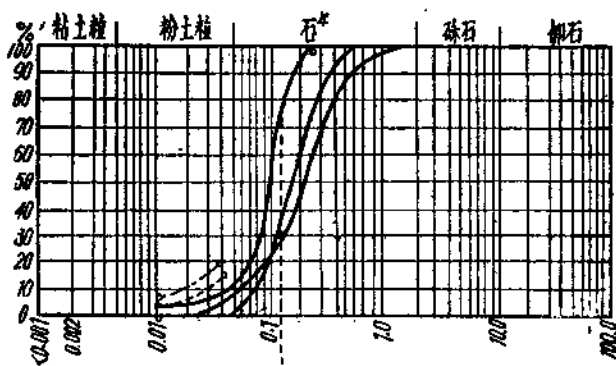


图 4 土的机械成分累积曲线

从图上我们可以找出 d_{10} (有效粒径)和 d_{60} 各为多大的粒径, 这样就可以根据下式求出均质系数。

$$f = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

式中: f — 均质系数。

d_{60} 60%以下的土粒直径, d_{10} 10%以下的土粒直径, 均质系数愈小则土愈为均质, 一般当 $f > 5$ 说明土不均匀。

2. 土石的孔隙度, 土石中空隙和空洞的形成与岩石的形成作用和破坏作用有着密切关系。

从水文地质的观点出发, 在研究地下水运动时和查明地下水在岩石中的位置时, 孔隙性的特点和数值有着极重要的意义, 根据水在土石中运动的性质为基础, 将孔隙分为非毛细孔隙和毛细孔隙两种。所谓毛细孔隙是水能沿着这种孔隙运动, 一般说来, 毛细孔隙要小(孔隙大致小于4-5公厘)

圓孔直徑小於 1 公厘，而非毛細孔隙要大。

孔隙度是土石孔隙體積與固體土石體積之比，從數量上可以用下列關係式表示：

$$n = v_n / v$$

式中 n —孔隙度；

v_n —土石孔隙的體積；

v —土石的總體積，

土的孔隙度的測定方法我們不在此敘述，但一般常見到土的孔隙度數值如下：

砂土# 30~50%；

粘土# 30~60%。

3. 土石的毛細性，假設取一塊非飽合的土柱，將其下部沒入水中時，我們很清楚的看到水沿着土的毛細孔隙而上升，經一定時間後，毛細水上升到一定的高度而停止，靠近水面上將達飽合，這種現象謂之毛細現象。

毛細現象可用下列的圖來說明。

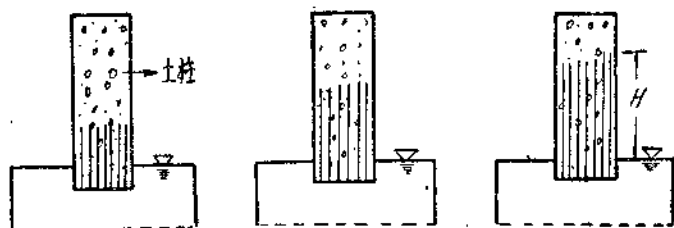


圖 5 毛細上升高度過程示意圖

上圖中 H 的高度即為毛細上升最大高度（水不再上升時的高度），毛細上升最大高度與機械成分有密切關係，不同的土石就有不同的毛細上升高度，一般可以認為，當顆粒的

直徑大于2公厘时，則沒有毛細現象。现将某些土石の毛細上昇最大高度列入下表。

土 石 名 称	毛細上昇最大高度(厘米)
粗粒砂 (d=1~2公厘)	2—4
中粒砂 (d=0.5~1公厘)	4—35
細粒砂 (d=0.25~0.5公厘)	35—120
亚砂土	120—250
亚粘土	300—350
粘 土	500—600

4. 土石水容度，土石水容度就是土石能容纳和保持一定水量的性能，由于保持的条件不同，可分为下列几种水容度：

a. 饱和水容度，是土石中的孔隙全被水充滿时的含水量。

b. 毛細水容度，是当土石中所有的水以毛細水形态存在的土石所保持的水量。

c. 最大分子水容度，被土石保持的最大薄膜水（关于薄膜水的概念下段将詳細叙述）。最大分子水容度与土的粒徑有下列关系：

顆粒直徑(公厘)	最大分子水容度(百分數)
1 —0.5	1.57
0.5 —0.25	1.60
0.25 —0.1	2.73
0.1 —0.05	4.75
0.05 —0.005	10.18
0.005—0	44.85

5. 排水度，在自由流时，能从土石中分离出来的一部分水，称为排水度，排水度的最大数位为：土石的饱和水容度与最大分子容度之差。

§ 2 水在土石中存在的形态

苏联农业学家列别捷夫他将土石中的水分分为下列几种：气态水、结合水（吸着水、薄膜水）、重力水、固态水和化学结合水。现将各种水的特性描述如下。

1. 气态水：含在土石孔隙和空隙的空气中，并以水蒸气的形态存在孔隙和空隙中。

2. 结合水：结合水又分为强结合水和弱结合水两种。

a. 强结合水：成单独的分子状态或薄层（一个分子厚）包围在土石颗粒的外表，借水分子对土石的吸附力而停留在岩石的颗粒上，所以它不会由一个颗粒移动至另一个颗粒上。强结合水与土颗粒结合是十分牢固的，植物都不能将其夺去。

b. 弱结合水：乃是水分子借助于分子引力成连续的薄膜状停留在颗粒表面上的水，它与强结合水的区别是水膜加厚了，水与土颗粒结合没有象强结合水那样牢固了。

3. 重力水：其不受分子力所支配而受重力影响，所以它的性质与结合水完全不同。根据性质不同又可分为毛细水和自由水。

a. 毛细水：充满在岩石中毛细孔隙和在表面张力影响下停留在毛细管孔隙中的水，在多孔的岩石中，毛细管水上昇比自由水面要高，因此形成毛细水带。

在这里向大家介绍一个很有意义的实验，取一直径为5—6厘米，高为1—1.5米的玻璃管，并装满砂。为了不使砂倾