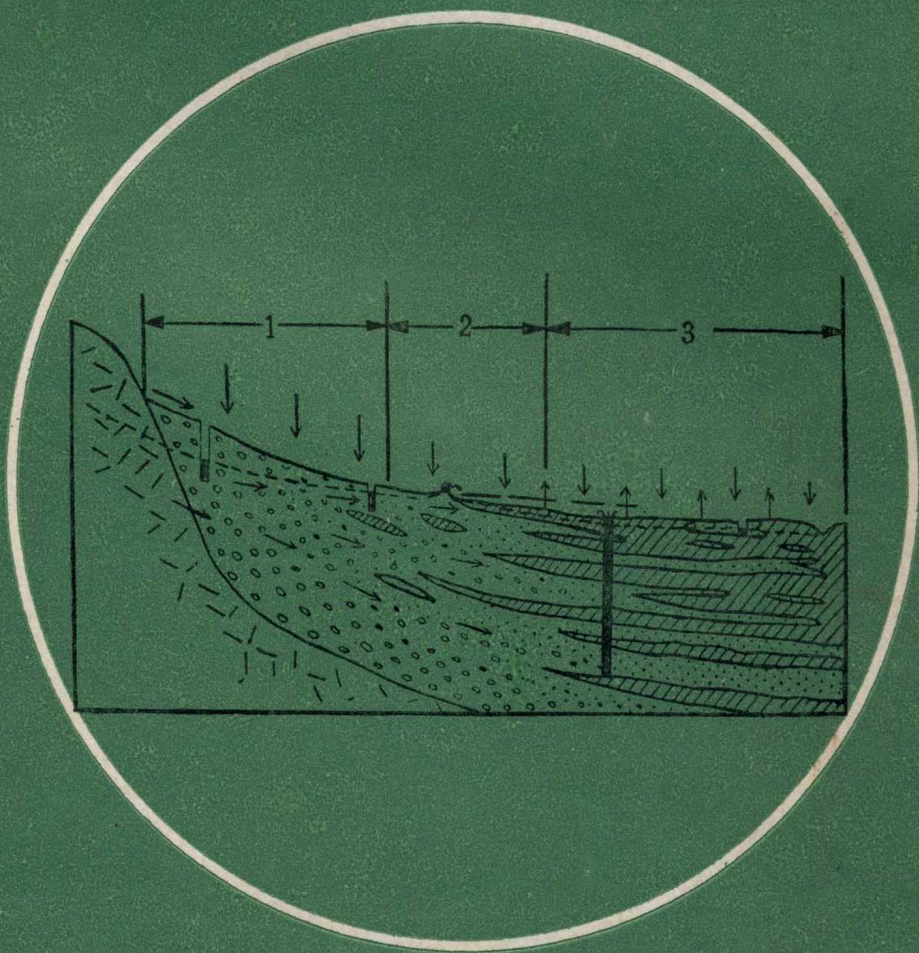


普通水文地质学 实验实习指导书

郑州地质学校普通水文地质教研组 编



地 质 出 版 社

中等专业学校教材

普通水文地质学 实验实习指导书

郑州地质学校
普通水文地质教研组 编

地质出版社

内 容 提 要

本指导书是《普通水文地质学》(水文地质学基础)的教学配套用书。它包括了有关水文地质学的基础理论、基本知识和基本技能方面的实验、实习和课外作业三部分内容。它对初学本课程的学生,不仅具有加深理解水文地质学的基础理论和基本知识的作用,而且对培养学生分析问题、解决问题及动手能力方面也有着极为重要的作用。

本书不仅适用于中等地质学校水文地质及工程地质专业学生使用,而且对其它与地下水有关的专业也有使用和参考价值。

* * *

本书由章松诚主审,经地质矿产部中等地质学校水文地质及工程地质课程教学指导委员会于1989年3月审稿,同意作为中等专业学校教材出版。

中等专业学校教材 普通水文地质学实验实习指导书

郑州地质学校

普通水文地质教研组 编

*

责任编辑:屠涌泉

地质出版社出版

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所发行

*

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 3.625 插页: 8 页 字数: 80000

1990年3月北京第一版·1990年3月北京第一次印刷

印数: 1—3270 册 定价: 0.95 元

ISBN 7-116-00570-6/P·482

前 言

《普通水文地质学实验实习指导书》是根据1987年8月，地矿部中等专业学校课程教学指导委员会长春会议精神（在解决好基本教材的基础上，为了加强实践性教学，要把与基本教材配套的实习、实验等教学用书解决好）的要求编写而成。

《普通水文地质学》的教学内容，主要是阐述水文地质学的基本概念和原理。学生从字面上了解其内容并不困难，但要想较好地掌握，并灵活运用，则确实不易。问题在于初学者对地下水的知识尚缺乏感性认识，同时，对于课程本身的综合性还有待系统了解。因此，只有结合实际问题分析，才能深入了解其实质。

近年来，随着教学改革的深入，在加强野外实践环节的同时，大力加强了室内实践教学环节。增加了实验、实习和课外作业的时间安排。实践证明，这样做不但有利于学生加深对课程内容的理解，而且增强了学生分析问题和解决问题的能力。

为提高本门课程教学质量，改革教学方法，适当减少课堂讲授学时，大力加强室内实践教学（内容）的学时，这不仅是本门课程教学改革的方向，而且是提高本门课程教学质量的有效途径。据此，指导书中包含的内容，考虑到不同学校的情况，超过了规定的教学课时之需，这是为了便于不同学校的使用者选用，以及学生自学时选读。

本指导书的内容，是多年来许多同志在教学中积累和改进的结果。这次在撰写本书时，我们不仅利用了自己的实践课内容，还收集了地质院校同类专业实验、实习内容之精华。在此，对大家的大力支持，我们表示衷心感谢。

本指导书是在王德明同志的指导下，由苏养平同志执笔，最后由王德明和苏养平共同修改而成。

本指导书由昆明地质学校章松诚同志主审，广西地质学校吴广善同志和赣州地质学校郭生元同志也参与了定稿审查，他们对书稿提出了许多宝贵意见。在此，我们对他们的辛勤劳动表示衷心的感谢；本书插图由李娜达同志清绘，在此表示深切的谢意。

最后需要指出，由于我们的水平有限，加之时间仓促，本指导书还会存在不少缺点甚至错误，希望读者多提出批评和意见。

郑州地质学校 普通水文地质教研组

1989年3月

目 录

第一部分	实验	1
实验一	松散岩石的容水度、给水度及持水度的测定.....	1
实验二	达西渗透实验.....	3
实验三	毛细饱和带水的运移实验.....	10
实验四	砂土中毛细水上升速度与上升最大高度的测定.....	11
实验五	潜水模拟演示.....	14
实验六	承压水模拟演示.....	16
第二部分	实习	19
实习一	水化学类型图的编制.....	19
实习二	潜水等水位线图的编制.....	20
实习三	潜水埋藏深度图和水文地质剖面图的编制.....	23
实习四	承压水等水压线图的编制.....	25
实习五	分割地下水对河水的排泄量.....	27
实习六	分析玉门镇地区山前洪积扇的水文地质特征.....	30
实习七	分析大观河地区裂隙水的水文地质特征.....	35
实习八	分析沙陀地区岩溶水的水文地质特征.....	36
第三部分	课外作业	39
课外作业一	气象水文资料整理.....	39
课外作业二	达西定律的物理实质及其应用.....	40
课外作业三	水化学资料整理.....	42
课外作业四	焉耆盆地潜水水化学类型图的分析.....	43
课外作业五	地下水动态资料整理.....	46
课外作业六	分析商丘地区浅层水的水文地质条件.....	48

第一部分 实 验

实验一 松散岩石的容水度、给水度及持水度的测定

一、实验目的

1. 认识水在岩石空隙中存在的形式。
2. 加深理解岩石的水理性质和松散岩石容水度、给水度及持水度的概念。
3. 掌握室内测定松散岩石容水度、给水度及持水度的一般方法，以及这些参数与颗粒粒径、分选性等的关系。

二、实验内容

1. 熟悉给水度仪并对仪器进行标定。
2. 测定三种松散岩石试样的容水度、给水度及持水度。

三、实验仪器及用品

1. 给水度仪装置 (图1)。
2. 装样筛。
3. 滴定管(A、B两管各100ml)。
4. 连结管。
5. 滴定管架。
6. 量筒(250ml)一个。
7. 吸耳球。
8. 水桶一只。
9. 干布一块。
10. 计算器。
11. 试样: 砾石(粒径为10~15mm); 细砂(粒径为0.25~0.45mm); 砂砾石混合样(即把上述细砂样完全充填进砾石样孔隙中, 得到的一种新试样)。砂砾样要求均为干样。

四、实验步骤

1. 饱和透水石使底部漏斗充水: 将开关c打开, 试样筒(连底部漏斗)从支架上取下, 底部漏斗向上倒置浸入水中, 用吸耳球将底部漏斗中的气体吸出, 使透水石完全饱水(不再冒有气泡), 并使底部漏斗完全充水到管口。关闭c, 在水中倒转试样筒, 将装有水(可以不满)的试样筒放回支架, 同时打开c、a(或b), 在两个管口同时流水的情况下(这样可避免管路中存留气泡)连接管子。关闭c、a(或

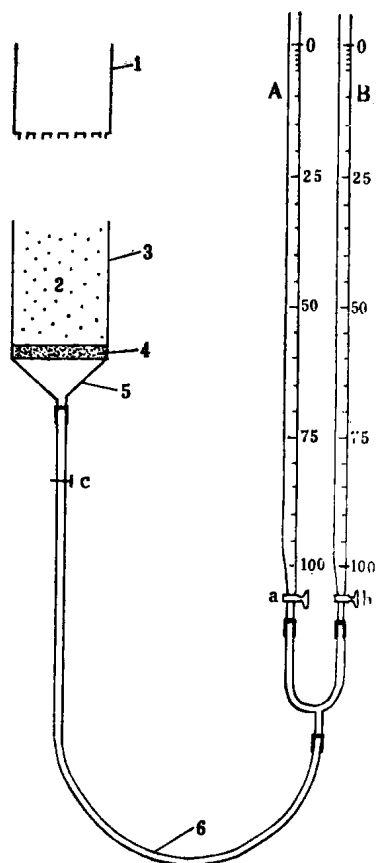


图1 给水度仪装置示意图

1—装样筛, 2—试样, 3—试样筒, 4—透水石, 5—底部漏斗, 6—连接管
a、b、c—开关; A、B—滴定管

b),倒去试样筒中的水,将滴定管液面调至零刻度。

2. 测量试样筒容积: 试样筒装水, 使水的液面与筒口平齐, 然后将水倒入量筒中, 记下水的体积, 反复测定三次, 取其算术平均值, 即为此试样筒的容积。

3. 测定透水石的负压值: 透水石是用一定粒径的砂质颗粒均匀胶结成的多孔石板。其负压值是指气、液、固三相介质界面上形成的弯液面所产生的附加表面压强值。具体测定方法是把滴定管A(或B)中弯液面调到与透水石同一高度, 打开开关c及开关a(或b)缓缓降低滴定管A(或B), 同时注意观察滴定管的液面, 当滴定管中液面开始上升时(此瞬间透水石底部有小气泡进入底部漏斗中), 立即关闭开关c, 记下此刻滴定管液面至透水石底面的高差, 此即为该透水石的负压值。重复以上步骤, 记下测得的负压值, 取两次测定中数值最小者(指绝对值)作为此仪器选用的负压值。

(以上步骤可由实验室教师在实验课前预先做好。)

4. 装试样: 用干布将试样筒内壁擦干(注意: 不要使干布接触透水石), 而后, 将试样逐次少量地放入试样筒中并不断拍打试样筒, 以保持试样均匀密实, 试样装到与筒口平齐为止。在装混合样时, 应先将砾石装满试样筒, 然后装上试样筛, 将细砂逐次少量地倒入筛内并拍打试样筒, 使细砂充满砾石间的孔隙。

5. 测定容水度: 升高滴定管的高度, 使其液面始终高于试样筒口。打开开关c、a(或b)并用开关a(或b)控制进水速度, 速度不能过快(注意: 若进水速度过快, 则空隙中的气体不易排出), 使试样逐渐饱水。当试样表面看到液面时, 立即关闭开关a(或b)。记下此时滴定管液面的数值, 该数值即为进水量(体积)。进水量(容水量)与试样总体积之比, 就是该试样的容水度。

6. 测定给水度: 降低滴定管的高度, 始终保持滴定管液面低于透水石底面并高于负压值2~5cm, 打开开关c、a(或b), 控制缓慢退水, 当滴定管液面趋于稳定时(2分钟

表 1 松散岩石的容水度、给水度及持水度的测定实验报告表

仪器编号			试样总体积: cm ³				透水石选用的负压值: cm		
试样名称	试样粒径 (mm)	进水量 (mL)	给水量 (mL)	持水量 (mL)	容水度 (%)	给水度 (%)	持水度 (%)	备 注	

报告人: _____ 班级: _____ 组号: _____ 同组成员: _____

实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

内退水不足1ml) 则关闭 c、a (或 b) 开关, 记下此时滴定管液面的数值, 该数值与给水前滴定管液面的数值 (即步骤 5 结束时的滴定管液面数值) 之差即为给水量 (体积)。给水量与试样总体积之比就是该试样的给水度。

7. 换试样: 重复步骤4—6。

五、实验成果

提交实验报告 (表1)。

六、思考题

1. 从试样中给出的水是什么形式的水? 给水结束后, 试样中保留的是形式的水? 进水前试样中是什么形式的水?
2. 根据实验结果, 对比分析土的容水度、给水度及持水度与粒径、分选性的关系。
3. 在实验中为什么要求试样是干的?
4. 不同的仪器透水石的负压值是否一样? 为什么?
5. 为什么要测定透水石的负压值? 在测定给水量时, 为什么滴定管液面一定要低于透水石某一高度?

实验二 达西渗透实验

一、实验目的

1. 通过稳定流条件下的渗透实验, 进一步加深理解线性渗透定律——达西定律。
2. 加深理解渗透速度 (V)、水力坡度 (I)、渗透系数 (K) 之间的关系, 并熟悉实验室测定渗透系数 (K) 的方法。

二、实验内容

1. 了解达西渗透实验装置 (见图2)。
2. 验证达西渗透定律。
3. 测定不同试样的渗透系数。

三、实验原理

在岩石空隙中, 由于水头差的作用, 水将沿着岩石的空隙运动。由于空隙的大小不同, 水在其中运动的规律也不相同。实践证明, 在自然界绝大多数情况下, 地下水在岩石空隙中的运动服从线性渗透定律。单位时间内通过过水断面的流量为:

$$Q = K\omega \frac{h}{L} = K\omega I$$

式中: Q —— 渗透流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 或 $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);
 K —— 渗透系数 ($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$ 或 $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$);
 ω —— 过水断面面积 (m^2 或 cm^2);
 h —— 上、下游过水断面的水头差 (m 或 cm);
 L —— 渗透途径的长度 (m 或 cm);
 I —— 水力坡度。

利用该实验可验证线性渗透定律: $Q = K\omega I$ 或 $V = KI$, 其主要内容为: 流量 Q (或渗透速度 V) 与水力坡度 I 的一次方成正比。在实验时多次调整水力坡度 (改变水头), 看

其流量 Q （或渗透速度 V ）的变化是否与水力坡度成一次方的正比关系。

实验时，可直接测定流量 Q ，过水断面面积 ω 和水力坡度 I ，从而可求出渗透系数 K 值（ $K = \frac{Q}{I \omega}$ ）。

室内测定渗透系数，主要采用达西仪或威姆仪。其实验方法两者大体相同（见图2、图3），所不同的是，达西仪由底部供水，低水头固定，调节高水头；威姆仪是由顶部供水，高水头固定，调节低水头，即排水口的高低位置。由底部供水的优点是容易排出试样中的气泡，缺点是试样易被冲动。由顶部供水的优缺点与前一种正好相反。下面以威姆仪为例介绍如下。

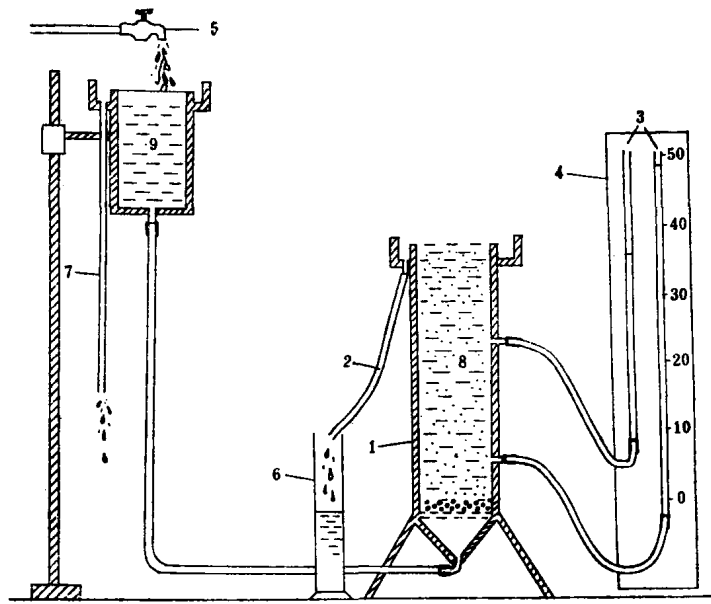


图 2 达西仪装置图

1—金属圆筒；2—排水管；3—测压管；4—标尺板；5—水源；6—量筒；7—溢水管；8—试样；9—供水池

四、实验仪器及用品

1. 威姆仪（图3）。

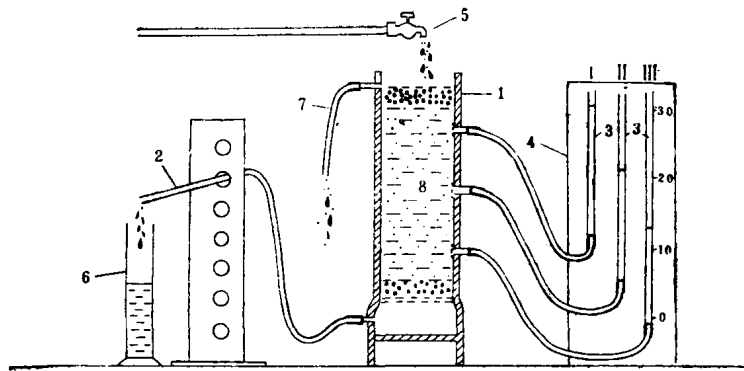


图 3 威姆仪装置图

1—金属圆筒；2—排水管；3—测压管；4—标尺板；5—水源；6—量筒；7—溢水管；8—试样

2. 量筒 (500mL) 一个。

3. 秒表。

4. 捣棒。

5. 试样: ①砾石 (粒径 5~10mm); ②砂 (粒径 0.6~0.9mm); ③砂砾混合 (①与②混合) 样。

五、实验步骤

(一) 实验前的准备工作

1. 测量: 分别测量金属圆筒的内径 (d), 根据 $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ 计算出过水断面面积 (ω) 和

各测压管的间距或渗透途径 (L), 将所得 ω 、 L 数据填入表 2 中。

2. 装样: 先在金属筒底部金属网上装 2~3cm 厚的小砾石 (防止细粒试样被水冲走), 再将欲实验的试样分层装入金属圆筒中, 每层 3~6cm 厚, 捣实, 使其尽量接近天然状态的结构, 然后自下而上进行注水 (排水管 2 和水源 5 连接), 使砂逐渐饱和, 但水不能超出试样层面, 待饱和后, 停止注水。如此继续分层装入试样并饱和, 直至试样高出上测压管孔 3~4cm 为止, 在试样上再装厚 3~4cm 小砾石作缓冲层, 防止冲动试样。

3. 调试仪器: 在每次试验前, 先给试样注水, 使试样全部饱水 (此时溢水管 7 有水流出) 待渗流稳定后, 停止注水。然后检查三个测压管中水面与金属圆筒溢水面是否保持水平, 如水平, 说明管内无气泡可做实验。如不水平, 说明管内有气泡, 需排出。排气泡的方法是用吸耳球对准水头偏高的测压管缓慢吸水, 使管内气泡和水流一起排出。用该方法使三个测压管中水面水平, 此时仪器方可进行实验。

(以上工作可由实验教师在实验课前做好。)

(二) 正式进行实验

1. 测定水头: 把水源 5 与排水管 2 分开, 将排水管 2 放在一定高度上, 打开水源 5 使金属圆管内产生水头差, 水在试验中从上往下渗透, 并经排水口流出, 此时溢水管 7 要有水溢出 (保持常水头)。当三个测压管水头稳定后, 测得各测压管的水头, 并计算出相邻两测压管水头差, 填入表 2 中。

2. 测定流量: 在进行上述步骤的同时, 利用秒表和量筒测量 t 时间内排水管流出的水体积, 及时计算流量 Q 。连续两次, 使流量的相对误差小于 5% $\left[\text{相对误差 } \delta = \frac{|Q_2 - Q_1|}{(Q_1 + Q_2)/2} \times 100\% \right]$, 取平均值填入表 2 中。

3. 按由高到低或由低到高的顺序, 依次调节排水管口的高度位置, 改变 I、II、III 三个测压管的水头值读数。重复步骤 1 和 2, 做 2~4 次, 即完成 3~5 次实验, 取得 3~5 组实验数据。

[注意: (1) 实验过程中要及时排除气泡, 并保持常水头; (2) 为准确绘制 $V-I$ 曲线, 要求测点分布均匀, 即流量 (水头差) 的变化要控制适度。]

(三) 资料整理

依据以上实验数据, 按达西公式计算出渗透系数值, 并求出其平均值, 填入表 2 中。

六、实验成果

表 2 达 西 渗 透 实 验 报 告 表

仪器编号: _____ 试样横断面积(ω) _____ cm^2 相邻测压管间距(L) _____ cm

试样说明	实验次数	水 力 坡 度 (I)						渗 透 速 度 (V)				渗 透 系 数 (K)			
		测压管水头值			水头差值			水力坡度 $i = \frac{h_{\text{平}}}{L}$	渗 透 时 间 t (s)	渗 透 水 量 W (cm ³)	渗 透 流 量 $Q = \frac{W}{t}$ (cm ³ ·s ⁻¹)	渗 透 速 度 V (cm·s ⁻¹)	各次渗透系数 $K = V/i$ (cm·s ⁻¹)	平均渗透系数 $K_{\text{平}}$ (cm·s ⁻¹)	
		H_1 (cm)	H_2 (cm)	H_3 (cm)	$h_1 = H_1 - H_2$ (cm)	$h_2 = H_2 - H_3$ (cm)	$h_{\text{平}} = \frac{h_1 + h_2}{2}$ (cm)								
	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
	1														
	2														
	3														
	4														
	5														

报告人: _____

同组成员: _____

实验日期: _____

班级: _____

1. 提交实验报告 (表2)。
2. 抄录其它小组另外两种不同试样的实验数据 (有时间时, 可自己动手做)。在同一坐标系内, 以 V 为纵坐标, I 为横坐标, 绘出三种试样的 $V-I$ 曲线, 验证达西定律。

七、思考题

1. 当试样中水未流动时, 三个测压管的水头与溢水口水面保持在同一高度, 为什么?
2. 为什么要在测压管水头稳定后测定流量?
3. 三种试样的 $V-I$ 曲线是否符合线性渗透定律? 试分析其原因?
4. 比较不同试样的渗透系数 K 值, 分析影响 K 值的因素?
5. 在实验过程中为什么要保持常水头?
6. 将威姆仪平放或斜放进行实验时, 其实验结果是否相同? 为什么?

粘性土渗透系数的室内测定方法^{〔注〕}

一、变水头法

(一) 实验仪器及用品

1. 测定粘性土渗透系数的仪器为南 55 型渗透仪 (其装置见图 4)。其中测压管内径约 1cm, 固定在有刻度 (精度至 1mm) 的木板上, 最高水头的刻度为 200cm。
2. 其它: 切土环刀、修土刀、平口刮刀、钢丝锯、秒表、凡士林、温度计、量筒等。

(二) 实验步骤

1. 将切土环刀内壁均匀涂一层凡士林, 按实际渗透情况, 垂直或平行土样层面切取原状试样。
2. 在环刀外壁涂一薄层凡士林, 将其装进套筒内, 擦净挤出的凡士林, 装好带有透水石的上、下盖, 拧紧螺丝, 使连接处不漏水。

(以上两步可由实验教师事先做好。)

3. 把渗透仪的进水口与测压管接通, 关闭管夹 $5_{(1)}$, 打开管夹 $5_{(2)}$, 使供水瓶向测压管内充水。
4. 把仪器侧立, 打开排气管夹 $5_{(3)}$ 和进水管夹 $5_{(1)}$, 水由测压管流入仪器底部, 把空气排尽后, 关管夹 $5_{(3)}$, 放平仪器。
5. 利用测压管的水头饱和试样, 直至出水口有水流, 即可准备实验。

6. 打开管夹 $5_{(2)}$, 使测压管充水至一定高度, 关闭管夹 $5_{(2)}$ 。当水位降至所选定的开始水头 h_1 时, 开动秒表, 经过时间 t , 测记终了水头 h_2 。再使测压管的水头升至所需高度, 重复以上步骤, 取平均值。

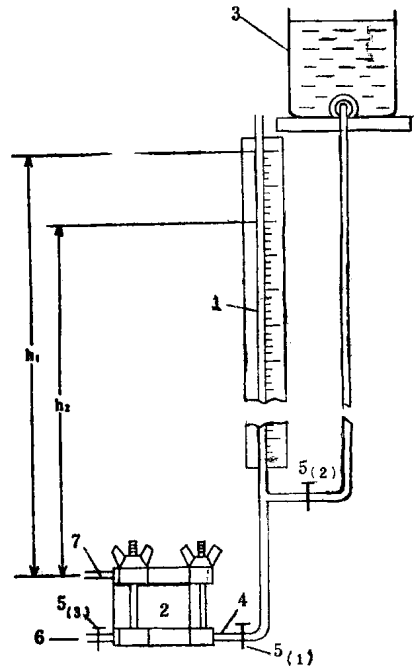


图 4 南 55 型变水头渗透实验装置
1—测压管; 2—渗透仪; 3—供水瓶; 4—进
水口; 5—管夹; 6—排气口; 7—出水口

〔注〕此实验仅供参考选用

(三) 计算

按下式计算渗透系数:

$$K = \frac{aL}{\omega t} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad \text{或} \quad K = 2.3 \frac{aL}{\omega t} \lg \frac{h_1}{h_2}$$

式中: a —— 测压管断面面积 (cm^2);

L —— 试样高度 (为 4cm);

ω —— 试样断面面积 (为 30cm^2);

h_1 —— 开始水头 (cm);

h_2 —— 终了水头 (cm);

K —— 渗透系数 ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$);

t —— 经过的时间 (s).

二、常水头法

(一) 实验仪器及用品

1. 南 55 型常水头渗透实验装置 (图5).
刻度玻璃管直径约 5cm , 细玻璃管直径约 1cm .
2. 其它: 切土环刀、修土刀、平口刮刀、钢丝锯、秒表、凡士林及量筒等.

(二) 实验步骤

1. 按变水头法实验步骤第1、2切样、装样.
2. 将渗透仪的进水口与常水头装置中的进水管接通, 关闭管夹 $5_{(1)}$, 打开管夹 $5_{(2)}$ 和 $5_{(3)}$, 由供水瓶向带刻度玻璃管内充水, 关闭管夹 $5_{(2)}$ 和 $5_{(3)}$.
3. 把仪器侧立, 打开管夹 $5_{(4)}$ 和 $5_{(1)}$, 水由刻度玻璃管流入仪器底部. 把空气排尽后, 关闭管夹 $5_{(4)}$, 放平仪器.
4. 在常水头下饱和试样, 待出水口有水流, 即可准备实验.
5. 当水位下降至最高刻度时, 开动秒表,

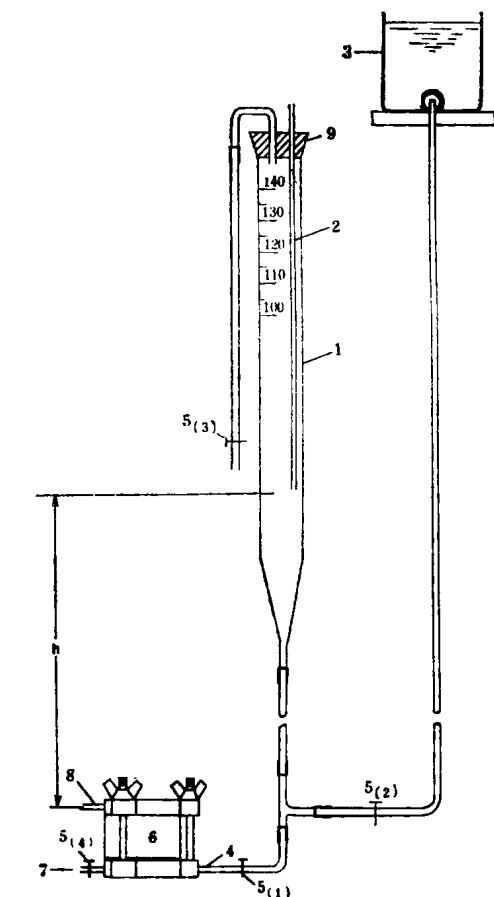


图 5 南 55 型常水头实验装置

- 1—带刻度玻璃管; 2—细玻璃管; 3—供水瓶;
4—进水口; 5—管夹; 6—渗透仪; 7—排气管;
8—出水口; 9—橡皮塞

经过时间 t , 测记水位下降的距离。

6. 按以上步骤进行重复测定, 算其平均值.

(三) 计算

按下式计算渗透系统:

$$K = \frac{QL}{\omega ht}$$

$$Q = \frac{S\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

式中: Q —— 经过时间 t 的渗透水量 (cm^3);

h —— 常水头 (cm);
 S —— 经过时间 t 时, 水位下降的距离 (cm);
 D —— 刻度玻璃管内径 (cm);
 d —— 细玻璃管外径 (cm);
 π —— 圆周率;

其它符号同前。

三、记录格式

表 3 变水头渗透实验 (南55型) 成果表

试样编号: _____ 仪器编号: _____ 测压管面积: _____ cm ² 试样面积: _____ cm ² 试样长度: _____ cm							
实验次数	经过时间 t (s)	开始水头 h_1 (cm)	终了水头 h_2 (cm)	$\frac{at}{\omega t}$ (cm·s ⁻¹)	$\ln \frac{h_1}{h_2}$	K_i (cm·s ⁻¹)	K_{cp} (cm·s ⁻¹)
	①	②	③	④	⑤	⑥ = ④ × ⑤	⑦
1							
2							
3							

报告人: _____ 同组成员: _____
 实验日期: _____ 班级: _____

表 4 常水头渗透实验 (南55型) 成果表

试样编号: _____ 仪器编号: _____ 试样面积: _____ cm ² 试样长度: _____ cm					
实验次数	经过时间 t (s)	水位下降距离 S (cm)	渗水量 (cm ³)	K (cm·s ⁻¹)	K_{cp} (cm·s ⁻¹)
	①	②	③ = ② × $\pi \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right]$	④ = $\frac{③ \times L}{\omega \times h \times ①}$	⑤
1					
2					
3					

报告人: _____ 同组成员: _____
 实验日期: _____ 班级: _____

实验三 毛细饱和带水的运移实验

一、实验目的

1. 证明结合水不受重力支配，不传递静水压力，而毛细水受毛细力及重力支配并传递静水压力。

2. 进一步加深对岩石中的结合水、毛细水和重力水的感性认识。

二、实验内容

观察毛细饱和带水的运移。

三、实验设备及用品

1. 长玻璃管（30cm）一支，底部包铜丝网。
2. 短玻璃管（10cm）一支，底部包铜丝网。
3. 玻璃水槽和支架。
4. 砂样：所选用的砂不宜过细，其最大毛细上升高度应小于长玻璃管的长度，应大于短玻璃管的长度。

四、实验步骤

1. 取短管，在管中装入8cm高的砂样，装样时分层均匀捣实，每层2~3cm，尽量保持天然结构，然后放入水槽中，使砂样为毛细水所饱和（图6）。然后将管从水槽中提出，用干布擦干外壁。在砂样面上加水20ml，记下管下端流出的水量，并记下管上端自由水面消失的时间和管下端水停止出流时间的关系，说明其理由。

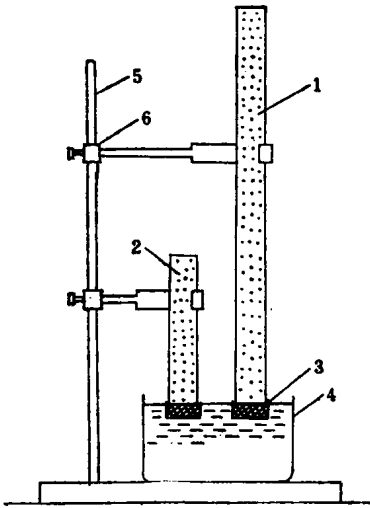


图6 长短管实验装置图

1—长玻璃管；2—短玻璃管；3—铜网，
4—水槽；5—支架；6—管夹

2. 取长管，在管中装入砂样（装法与上相同），放入水槽中（图6）。待其毛细上升高度稳定后提出，用干布擦外壁，使管内重力水滴出。然后，在砂样面上加水20ml，同样观察管下端流出的水量和管上端水面消失与管下端水开始出流时间的关系。

3. 将所用短管上端填满同样的砂样，侵入颜色水中饱和。当两管中重力水排尽后，再把长、短管接起来，长管在上，短管在下，构成一砂柱。接触处应紧密，使其无空气存在。接好后，观测管下端水流出的体积（ V_1 ），同时观察短管中的颜色，

并说明管下端水流出的原因。

五、思考题

1. 长、短管相接后，管下端滴出的重力水相当于原先存在于管中的哪一部分水？
2. 当长、短管刚刚从水槽中提出，管下端排出的水是从哪来的？
3. 长管离开水槽重力水排尽后，此时管中还存在有什么形式的水？
4. 如果将两个很湿的只含有结合水（还可含有悬挂毛细水）的砂样管子接起来，不论

管有多长，在管的下端会不会有重力水流出？为什么？若用排去重力水的两个砂样管，短管在上、长管在下，紧密接起来，长管的下端会不会有重力水滴出？为什么？

5. 已知短管体积 V_2 （测量短管内径后计算），那么 $V_1/V_2 \times 100\%$ 这一数值表征什么？

实验四 砂土中毛细水上升速度与上升最大高度的测定

一、实验目的

1. 观察包气带中毛细水的赋存和运动特征。
2. 初步掌握测定砂土中水的毛细上升速度和上升最大高度的方法。

二、实验内容

1. 观测、比较不同粒径砂样的毛细上升速度。
2. 测定不同粒径砂样的毛细上升最大高度。

三、实验仪器及用品

1. 卡明斯基毛细仪（图9）。
2. 直径3cm、长度50cm左右的带刻度玻璃管三支，底部包铜丝网。
3. 常水头水槽一个。
4. 固定架一个。
5. 直径3cm、长80~120cm的带刻度玻璃管七支，底部包铜丝网。
6. 带支架的长条形水槽一套。
7. 粗、中、细砂试样（直接观测毛细水上升最大高度的实验，用各种粒径的试样）。
8. 其它：秒表、捣棒及水桶等。

四、实验步骤

（一）测定砂土中毛细水上升速度

1. 装样：选择一种砂样，均匀密实地装入带刻度玻璃管中（分多次少量的装入并不断拍打管壁，装满为止）。

2. 观测毛细水上升速度：将装好试样的玻璃管放入水槽（槽中水是常水头）内的透水石上，使试样玻璃管的下端侵入水面以下0.5cm左右（图7），同时起动秒表，迅速准确地记录不同时刻的毛细水上升高度，将数据填入表5中。观测时间间隔，视试样而定，原则上初期观测频率应尽可能密，后期适当变疏（本次采用1/6'、1/2'、1'、2'、4'、7'、10'、15'、20'、25'的累计观测时间）。也可以记录对应不同毛细上升高度的时间（注意：进行此步骤时，参加实验人员应配合好）。

3. 重复步骤1和2，做另外两种不同粒径的试样。

（二）测定砂土的毛细上升最大高度

目前室内测定毛细上升最大高度的方法综合起来可分为正水头和负水头两大类。

正水头（主动水头）作用的实验方法系指使砂土孔隙中毛细力支持上升水柱的方法。主要有直接观测法（适用于砂土，尤以粗、中砂为宜）。

负水头（被动水头）作用的实验方法系指使砂土孔隙中毛细力支持下降水柱的方法。主要有卡明斯基毛细仪法（适用于原状土、细砂、极细砂及毛细上升高度较小的粘性土）。

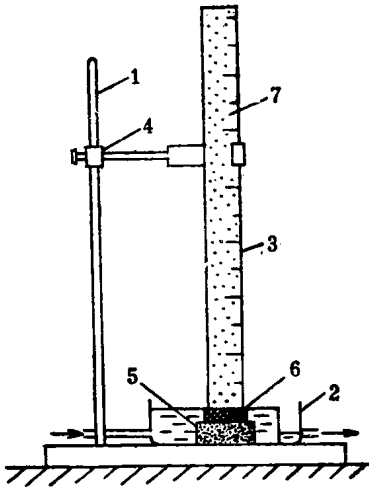


图 7 测定毛细水上升速度的实验装置

1—支架；2—水槽；3—玻璃管；4—管夹；5—透水石；6—铜网；7—试样

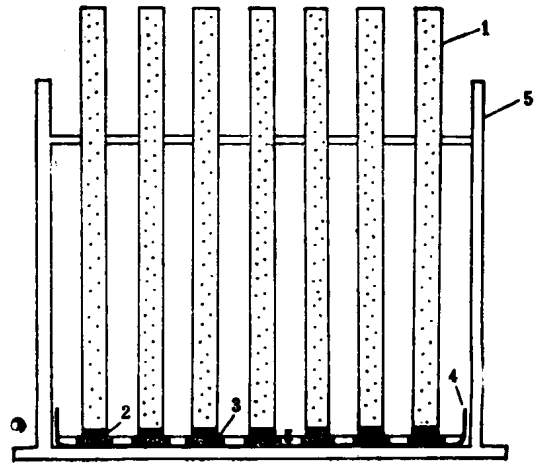


图 8 测定毛细水最大上升高度的实验装置

1—试样玻璃管；2—铜网；3—透水石；4—水槽；5—支架

A、直接观测法

1. 将欲测砂样装入玻璃管中，每装入2~3cm厚，以捣棒轻捣之。

2. 将装满砂样的玻璃管固定在支架上，玻璃管垂直插入水槽内。把水注入槽中，使水面高出管下端0.5~1cm。实验过程中水面应保持一定常水头。待毛细上升稳定后，测定该砂样的毛细水上升最大高度（图8）。

（该实验可由实验教师提前装好，并放入水槽中，上实验课时，可让学生看一下，建立一个感性认识。）

B、卡明斯基毛细仪法

利用卡明斯基毛细仪可迅速测定砂质土的毛细水上升最大高度值。其原理是根据土中毛细现象发生时，弯液面产生负压力，使水中的静水压力小于大气压力（所差之值相应于毛细水上升高度的水柱），亦即根据被动毛细力支持下降水柱的作用和应用连通管测定等压面的原理进行的（图9）。

1. 将试样装入试样筒至8cm高。装样时分数次进行，并分层捣实。如采用原状土样，可用切土筒切割与试样筒同径的原状土样至8cm高，并将试样插入试样筒中，四周空隙用蜡密封，使其不漏气。筒的下端用有孔橡皮塞塞紧，防止漏气。若土中含有细的粘土颗粒，可在试样底部铺一层粗砂作为缓冲层，此时测压管的标尺零点应与试样（不含缓冲层）的底部齐平。

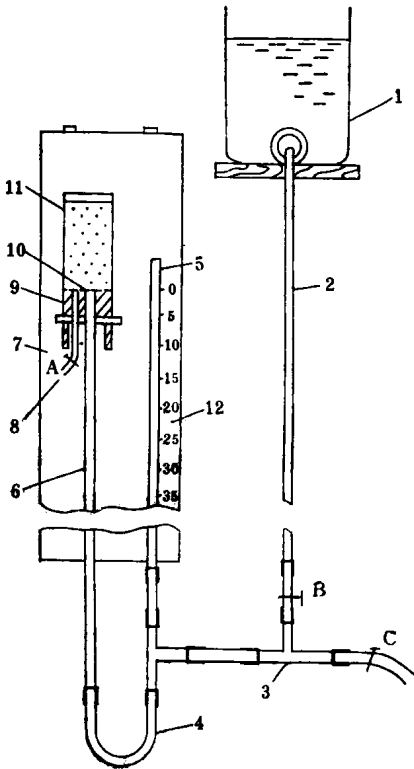


图 9 卡明斯基毛细仪装置图

1—供水瓶；2、6—玻璃管；3—三通接头；4—橡皮管；5—测压管；7—固定仪器板；8—排气管；9—橡皮塞；10—筛网；11—试样筒；12—直尺；A、B、C—管夹