

矿井涌水量 分析预测

张勇 高文龙 赵云云 李俊付 路明 编著

地质出版社

矿井涌水量分析预测

张勇 高文龙 赵云云 李俊付 路明 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书由浅入深介绍了水文地质学和地下水动力学相关知识、水文地质现场试验及相关水文地质参数的计算、矿井涌水的来源及分类、影响因素等,重点介绍了矿井涌水量及露天矿涌水量综合预测方法及相关公式、矿井突水预测及主要计算方法。根据地下水动力学基本理论、相关经验公式,研发“矿井涌水量分析计算系统”软件,书中介绍了该软件使用方法及各种预测实例分析等相关内容。

本书可供从事矿山水文地质分析、计算、施工和管理工作的技术人员使用,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井涌水量分析预测 / 张勇等编著. —北京:地质出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-116-09475-8

I. ①矿… II. ①张… III. ①矿井涌水量-测定
IV. ①TD742

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 264350 号

Kuangjing Yongshuilang Fenxi Yuce

责任编辑:刘亚军 田泽瑾

责任校对:张 冬

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010)66554528 (邮购部); (010)66554622 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010)66554622

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 12

字 数: 300 千字

版 次: 2015 年 11 月北京第 1 版

印 次: 2015 年 11 月北京第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-09475-8

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

矿井涌水量是矿井建设和生产过程中通过各种途径流入矿井的水量，它是对煤田进行技术经济评价、合理开发的重要指标，也是设计和生产部门制订采掘方案、确定排水能力和防止措施的重要依据。矿井涌水量的准确计算在矿业生产和建设中具有重大意义。

我国煤炭资源蕴藏极为丰富，煤田分布区域广，自然地理条件和水文地质条件复杂。据统计，国内约有40%以上的煤炭资源不同程度地受到强岩溶水的威胁。地下水进入矿井中，轻者会恶化生产劳动环境，增加吨煤成本；重者危及矿井安全，甚至淹没井巷，造成人身和经济的重大损失。因此，煤矿突水事故的防治，也成为煤炭开采亟待解决的重要课题。

矿井涌水量预测的准确与否，取决于计算人员对矿区水文地质条件的了解程度、水文地质参数选取是否合理、水文地质模型的概化及数学模型的选择是否适当。矿井涌水量预测方法大体上可以分为确定性分析方法和不确定性（随机）分析方法两类。确定性分析方法包括解析法、物理模拟法、数值法、水均衡法等，非确定性分析方法包括水文地质比拟法、 $Q-s$ 曲线方程外推法、回归分析法等。只有加大对矿区水文地质工作量的投入，搞清楚矿区含水层基本情况、边界条件、生产开采状况，掌握矿区气象、水文及地下水长期动态观测资料，才能选取相应的计算方法对涌水量进行计算预测，或选取多种方法同时预测，相互补充与校验计算结果。

本书作者几十年来致力于岩土工程与水文地质的勘察设计、研究与教学工作，在总结多年工作经验的基础上，利用水文地质学基本原理、地下水动力学渗流、运动相关理论，研发了“矿井涌水量分析计算系统”软件，包括矿井涌水量评价和露天矿涌水量评价及矿井突水预测几部分。该软件集成了确定性评价方法和非确定性评价法，以解析法为主，包含稳定流和非稳定流、无限及有限边界条件、潜水、承压水及承压转无压等条件下的各种矿井及露天矿矿坑的涌水量计算。

全书分为十章：前两章介绍水文地质学相关基础知识，包括地下水的分类、岩土水理性质等、控水构造及水文地质单元的划分；第三章主要介绍地下水渗流基本理论、地下水运动基本规律；第四章介绍了地下水向河渠间的运动、完整井和非完整井的稳定运动和非稳定运动等；第五章介绍了现场水文地质试验方法及水文地质参数的

确定；第六章介绍了矿井涌水的来源、充水通道及主要影响因素；第七章及第八章介绍了矿井涌水量和露天矿涌水量的主要预测步骤、预测方法；第九章介绍了矿井突水预测；第十章介绍了“矿井涌水量分析计算系统”软件基本功能、使用方法及预测实例分析。

本书由河北工程大学张勇、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司高文龙等编著。第一、二、三章由赵云云编写，第五、六章由高文龙编写，第四、七、九章由张勇编写，第八章由路明编写，第十章由赵云云、李俊付编写。最后由张勇、高文龙统稿定稿。

本书编写过程中，引用了一些单位及个人的部分研究成果，在此表示衷心感谢！

作 者

2015 年 5 月

目 录

前 言

第一章 水文地质学基础知识	(1)
第一节 岩土中的地下水	(1)
一、空隙的概念	(1)
二、水的赋存形式	(2)
第二节 自然界中的水循环	(3)
一、自然界中的水循环	(3)
二、水循环的分类和意义	(4)
第三节 岩土的水理性质	(4)
第二章 地下水的分类	(6)
第一节 透水层、含水层(带)、隔水层	(6)
一、地下水的分类	(6)
二、按照埋藏条件划分	(6)
三、按照含水介质(空隙)类型划分	(8)
四、组合类型	(10)
第二节 地下水的补给、径流与排泄	(11)
一、地下水的补给	(11)
二、地下水的排泄	(12)
三、地下水的径流	(12)
第三节 控水构造及水文地质单元的划分	(13)
一、控水构造	(13)
二、水文地质单元	(16)
第三章 地下水渗流理论基础	(19)
第一节 渗流基本概念	(19)
一、水在岩石、土壤空隙中的渗流	(19)
二、贮水率和贮水系数	(20)
三、地下水的水头和水力梯度	(20)
四、稳定流与非稳定流	(20)
第二节 地下水的运动特征	(21)
一、地下水运动特点	(21)
二、水流类型	(22)
第三节 渗流基本定律	(23)

一、达西定律及其适用范围	(23)
二、渗透系数 K 和导水系数 T	(23)
第四章 地下水的运动	(25)
第一节 井的类型	(25)
一、地下水动力学计算中井的类型	(25)
二、井流的一般特征	(26)
第二节 地下水向河渠间的运动	(26)
一、河渠间潜水的稳定运动	(26)
二、公式的讨论与应用	(28)
三、水平集水建筑物	(28)
四、潜水的辐射流运动	(30)
五、河渠间承压水的稳定运动	(31)
六、承压水的辐射流运动	(33)
第三节 地下水向完整井的稳定运动	(34)
一、地下水稳定运动基本条件及假设条件	(34)
二、地下水向承压井的稳定运动	(35)
三、地下水向潜水井的稳定运动	(36)
四、地下水向承压-潜水井的稳定运动	(38)
第四节 地下水向完整井的非稳定运动	(38)
一、承压含水层完整井流	(38)
二、潜水含水层完整井流	(40)
第五节 地下水向边界附近井的运动	(42)
一、镜像法原理	(42)
二、直线边界附近的井流	(42)
三、象限含水层	(45)
第五章 水文地质试验	(47)
第一节 抽水试验及资料整理	(47)
一、抽水试验的目的	(47)
二、抽水试验的分类	(47)
三、抽水孔的布置要求	(49)
四、观测孔的布置要求	(50)
五、抽水试验技术要求	(50)
六、大口径孔组(群孔)抽水试验	(52)
七、抽水试验资料的整理	(52)
第二节 根据抽水试验确定水文地质参数	(55)
一、根据稳定流抽水试验确定渗透系数 K	(55)
二、根据稳定流抽水试验确定影响半径 R	(68)
三、根据非稳定流抽水试验确定水文地质参数	(69)
第三节 放水试验	(73)

一、试验目的	(73)
二、放水试验工作	(73)
三、资料整理	(74)
第四节 连通试验	(74)
一、连通试验的目的	(74)
二、试验段(点)的选择原则	(75)
三、连通试验的方法和要求	(75)
四、资料整理	(75)
第六章 矿井涌水的来源及分类	(76)
第一节 矿井涌水的来源	(76)
一、大气降水	(76)
二、地表水	(76)
三、地下水	(77)
四、采空区积水	(77)
五、断层水	(78)
第二节 矿井充水通道分析	(78)
一、孔隙	(79)
二、构造裂隙	(79)
三、溶隙	(79)
四、人工通道	(79)
第三节 矿井涌水量主要影响因素	(79)
一、水文地质条件	(80)
二、大气降水	(82)
三、地表水	(83)
四、地下水	(83)
五、矿井边界条件	(84)
第四节 矿床含水层水文地质分类	(84)
一、按勘探类型划分	(84)
二、按矿体与主要充水含水层的空间关系、充水方式划分	(85)
三、按勘探的复杂程度划分	(86)
四、煤矿防治水规定的划分	(86)
第七章 矿井涌水量预测	(88)
第一节 矿井涌水量预测的内容	(88)
第二节 矿坑涌水量预测的特点	(88)
第三节 矿井涌水量预测步骤	(89)
一、建立水文地质模型	(89)
二、选择计算方法与相应的数学模型	(90)
三、计算数学模型与评价预测结果	(91)
第四节 水文地质比拟法	(91)

一、富(含)水系数法	(91)
二、单位涌水量比拟法	(92)
第五节 $Q-s$ 曲线方程外推法	(93)
一、 $Q-s$ 曲线类型	(93)
二、判别 $Q-s$ 曲线类型的方法	(95)
三、竖井涌水量的换算	(96)
四、层流与紊流的区分	(96)
第六节 相关(回归)分析法	(97)
一、原理与应用条件	(97)
二、实例与计算方法	(97)
第七节 水均衡法	(98)
一、适用条件	(98)
二、方程式	(99)
第八节 解析法	(100)
一、裘布依稳定流计算矿井涌水量	(101)
二、泰斯非稳定流计算矿井涌水量	(108)
三、考虑越流补给的矿坑涌水量计算	(110)
第八章 露天矿涌水量预测	(111)
第一节 解析法	(111)
一、大井法	(111)
二、露天采矿场一侧有地表水流	(112)
三、隔水层产状水平,剥离潜水含水层的涌水量	(113)
四、隔水层产状倾斜,潜水流入河流近岸排水沟的涌水量	(113)
五、水文地质手册补充提到的采矿场涌水量计算公式	(114)
第二节 水均衡法	(116)
第九章 矿井突水预测	(118)
第一节 煤矿水文地质条件	(118)
一、华北石炭系、二叠系岩溶-裂隙水	(118)
二、华南上二叠统岩溶水	(119)
三、东北-内蒙古上侏罗统一下白垩统裂隙-孔隙水	(119)
四、西北侏罗系碎屑岩裂隙水	(120)
五、西藏-滇西中生界裂隙水	(120)
六、台湾新近系裂隙-孔隙水	(120)
第二节 我国煤矿水害的主要类型及特点	(121)
一、煤层顶板充水含水层水害	(121)
二、煤层底板承压充水含水层水害	(121)
三、岩溶陷落柱水害	(122)
四、断层破碎带突水水害	(122)
五、第四系和古近系、新近系孔隙含水层、灰岩岩溶含水层水害	(123)

六、老空积水透水灾害	(123)
七、地表水体透水灾害	(124)
八、滑坡和泥石流灾害	(124)
第三节 顶板突水预测	(124)
一、采动条件下覆岩破坏规律	(124)
二、覆岩破坏对顶板突水的影响及其评价	(126)
三、水体下采煤的安全煤岩柱设计方法	(127)
第四节 底板突水预测	(132)
一、斯列萨列夫公式	(132)
二、突水系数法	(133)
三、“下三带”理论	(133)
第十章 矿井涌水量分析计算系统	(137)
第一节 概述	(137)
一、系统基本功能	(137)
二、系统开发基础平台	(137)
三、系统结构	(137)
四、软件的安装启动	(138)
第二节 系统应用操作流程	(138)
一、计算方法的选择	(138)
二、矿井涌水量评价	(139)
三、露天矿涌水量评价	(147)
四、矿井突水预测	(150)
第三节 矿井涌水量预测实例分析	(153)
一、矿井涌水量预测实例	(153)
二、露天矿涌水量预测实例	(170)
三、矿井突水预测实例	(176)
参考文献	(178)

第一章 水文地质学基础知识

第一节 岩土中的地下水

地球的构造是指地球的组成物质在空间的分布和彼此间的关系，地球物质的成分和分布是不均匀的，具有层圈构造。地球的外部构造包括自地表以上的大气圈、水圈和生物圈，地球内部也具有层圈构造，包括地壳、地幔和地核等3个主要层圈。地球上的水不仅存在于水圈中，也存在于大气圈、生物圈和位于地壳表层的岩石圈中。水通过蒸发和植物蒸腾、凝结降水、入渗和径流等环节，在各类水体之间进行着不断的循环交替运动。

地球上水的总储量中，海水占97.3%，淡水只占2.7%。淡水资源中冰山、冰川水占77.2%，地下水和土壤中水占22.4%，湖泊、沼泽水占0.35%，河水占0.01%，大气中水占0.04%。可见人类使用的淡水资源极少。

地下水是指贮存于地表以下岩土层中水的总称，广泛埋藏于地表以下的各种状态的水，统称为地下水。由于地质构造、岩土条件复杂多变，难以对地下水储量做出精确估算。根据苏联学者1974年所发表的研究成果，从地面以下至深达2km的地壳内，地下水总储量约为 $2.34 \times 10^7 \text{ km}^3$ 。

一、空隙的概念

地壳表层的岩土层由于受到各种地质作用的影响及本身的结构特点，通常存在大量的空隙。岩土中的空隙及其性质对地下水的赋存、运移及分布特征有很大影响。岩土中的空隙根据其形成特点可分为孔隙、裂隙和溶隙三种类型。

1. 孔隙

孔隙是岩土固体矿物颗粒间的空间。岩土中直径大于1mm、重力水可于其中自由运动的孔隙，是大孔隙；直径为0.01~1mm、重力水和毛细水可存于其中的孔隙，是小孔隙；直径为0.1~10 μm 、无重力水但毛细现象明显的孔隙，是微孔隙。孔隙主要分布于第四系松散沉积物之中，可用孔隙率来衡量其指标：

$$n = \frac{V_n}{V} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中： n 为孔隙率（%）； V_n 为孔隙体积（ m^3 ）； V 为岩土总体积（ m^3 ）。

2. 裂隙

裂隙是坚硬岩石形成时或形成后由于各种地质作用，使岩体遭受破坏而形成的空隙。裂隙的形成原因是内部应力（岩浆岩的冷凝收缩、沉积岩的固结干缩）、外部应力（构造

作用、风化作用) 作用的结果。由构造裂隙、原生裂隙和次生裂隙构成, 构造裂隙具有一定的形态和分布规律, 次生裂隙产状无序、杂乱无章。可用裂隙率来衡量其指标:

$$n_f = \frac{V_f}{V} \times 100\% \tag{1-2}$$

式中: n_f 为裂隙率 (%); V_f 为裂隙体积 (m^3); V 为岩石总体积 (m^3)。

3. 溶隙

溶隙主要分布于可溶性岩石之中, 由可溶性岩石在原有空隙的基础上, 经过地下水长时间化学风化、差异性溶蚀作用形成的空隙, 可用溶隙率来衡量其指标:

$$n_k = \frac{V_k}{V} \times 100\% \tag{1-3}$$

式中: n_k 为溶隙率 (%); V_k 为溶隙体积 (m^3); V 为岩石总体积 (m^3)。

二、水的赋存形式

水在岩石、土壤中的赋存形式有气态水、结合水、毛细水、矿物水和重力水。赋存于矿区地下岩层当中, 对煤层开采有较大影响的矿井水主要是重力水。

1. 气态水、固态水

气态水是指赋存于岩石、土壤空隙中的水蒸气。气态水可随空气流动或从水气压力高的地方向压力低的地方迁移。当温度低于 0°C 时, 空隙中的气态水开始结冰转变为固态水。

2. 结合水

土粒表面带有负电荷, 可在土粒周围形成电场, 由于水分子是极性分子, 一端带正电荷, 另一端带负电荷, 在土粒电场范围内的水分子和阳离子一起吸附在土粒表面而定向排列形成一层薄的水膜, 这层水就称为结合水。结合水可分为强结合水和弱结合水(图 1-1)。

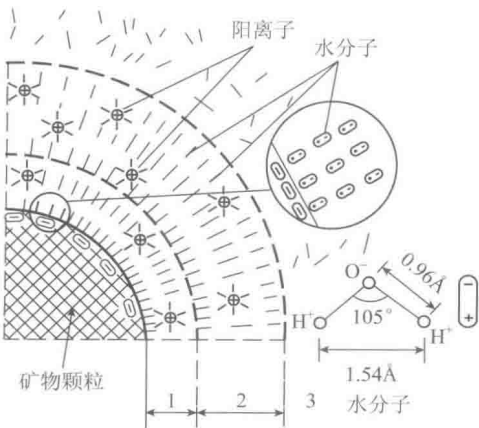


图 1-1 结合水示意图

1—固定层（强结合水）；2—扩散层（弱结合水）；3—自由层； $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$

(1) 强结合水

受土颗粒的分子和静电引力吸引, 紧紧吸附于颗粒周围的结合水称为强结合水, 厚度

为几个水分子厚。这种电分子吸引力高达几千到几万个大气压，使水分子和土粒表面牢固的黏结在一起。

特征：没有溶解能力，不能传递静水压力，性质近于固体，密度 $1.2 \sim 1.4 \text{g/cm}^3$ ，难于蒸发，冰点低于 0°C (-78°C)，具很大黏滞性、弹性和抗剪强度。不能自行由一个土颗粒转移到另一个颗粒上去。在外力作用下很难被排出，但是在高温下则比较容易蒸发掉，在 $105^\circ\text{C} \sim 107^\circ\text{C}$ 的高温下，可被烘干。

(2) 弱结合水

弱结合水是强结合水外围的结合水膜，厚度 $< 200 \times 10^{-10} \text{m}$ 。

特征：弱结合水不能传递静水压力，可向邻近水膜移动，冰点 $-30^\circ\text{C} \sim -0.5^\circ\text{C}$ ，弱结合水厚度大时，黏性土具可塑状。

弱结合水仍然受到土粒的电分子引力作用，随着离开土粒表面越远，引力逐渐减小，不受引力作用时则过渡到自由水。弱结合水的水分子的排列不如强结合水紧密，可能从较厚水膜或浓度较低处缓慢地迁移到较薄的水膜或浓度较高处，亦可从土粒周围迁移到另一个土粒的周围。

结合水的存在对水在黏性土中的渗流有很大影响，它增加了水的渗流阻力，阻碍了水在孔隙中的流动，使得黏性土由于结合水的存在而出现渗流速度变慢、排水固结时间加长、作为地基土受力后土层沉降压缩缓慢等现象。

3. 毛细水

毛细水存在于岩土毛细孔隙及窄缝之中，靠表面张力支撑。根据存在的状态及与饱和水带中重力水的联系情况，毛细水又分为悬挂状毛细水、接触毛细水和一般毛细水。

4. 重力水

重力水是指存在于岩石、土壤颗粒之间、结合水层之外，不受土颗粒静电引力的影响，可在重力作用下自由运动的水。我们所讲的地下水如井水、泉水、矿井涌水等都是重力水，它具有液态水的一般特征。重力水能产生浮托力，可传递静水压力、孔隙水压力；流动的重力水在运动过程中会产生动水压力。重力水具有溶解能力，对可溶性岩石产生化学溶蚀，导致岩石的成分及结构的破坏。重力水是水文地质学研究的主要对象。

5. 矿物中的水

矿物中的结合水是矿物的组成部分，以不同的形式存在于矿物内部的不同位置，按水分子与结晶格架结合的牢固程度不同，可分为结构水、结晶水、沸石水。这部分水是存在于矿物晶体内部及晶体间的结晶水或结构水，一般情况下不会迁移，仅参与矿物的变质作用或离子交换，与地下水不存在直接的联系。

第二节 自然界中的水循环

一、自然界中的水循环

自然界中的大气水、地表水和地下水是统一的水体，它们之间存在着内在联系和不断相互转化的循环过程。

1. 水循环

地球表面各种形式的水体是不断相互转化的，水以气态、液态、固态的形式，通过水圈、大气圈、岩石圈和生物圈，处于连续不断地循环运动的过程称为水循环。

2. 水循环的过程

水循环是通过蒸发→凝结→降水→径流来实现的。

二、水循环的分类和意义

1. 水循环的分类

从海洋蒸发出来的水蒸气，被气流带到陆地上空，凝结为雨、雪、雹等降落到地面，一部分被蒸发返回大气，其余部分形成地面径流或地下径流等，最终回归海洋。这种海洋和陆地之间水的往复运动过程，称为水的大循环。

仅在局部地区（陆地或海洋），陆地到陆地或海洋到海洋进行的水循环称为水的小循环（或内循环）。地球环境中水的循环是大、小循环交织在一起的，并在全球范围内不停地进行着。

2. 水循环的意义

1) 水在水循环这个庞大的系统中不断运动、转化，使水资源不断更新。

2) 水循环维持全球水的动态平衡及区域的生态平衡。

3) 水循环一方面受到全球气候变化，尤其是大气环流活动的影响，另一方面它又深入大气系统内部，制约着全球气候水循环进行能量交换和物质转移。陆地径流向海洋源源不断地输送泥沙、有机物和盐类；对地表太阳辐射吸收、转化、传输，缓解不同纬度间热量收支不平衡的矛盾，对于气候的调节具有重要意义。

4) 水循环过程中的流水以其持续不断地冲刷、侵蚀、搬运与堆积作用，以及水的溶蚀作用，不停地重新塑造着全球的地貌形态，从两极及高山地区的冰川地貌、滨海地区的海岸地貌、到河流冲积、堆积地貌以及千姿百态的岩溶地貌，都与水循环有关。水循环不仅重新塑造了地表形态，而且还影响到地壳表层内应力的平衡，是触发地震，甚至是引起地壳运动的重要原因。

5) 水循环与地球圈层构造：水循环向上达 15km 的大气层，成为大气圈的有机组成部分，担当了大气循环过程的主角；向下到地表以下 1 ~ 3km 深处，积极参与岩石圈中化学元素的迁移过程，成为地质大循环的主要动力因素；同时水作为生命活动的源泉，生物有机体的组成部分，它全面地参与了生物大循环，成为沟通无机界和有机界联系的纽带，并将地球的四大圈层串联在一起，组合成相互影响、相互制约的统一整体。从这一意义上说，水循环深刻地影响了地球表层结构的形成以及今后的演变与发展。

第三节 岩土的水理性质

1. 容水性

岩土能容纳一定水量的性质称为岩土的容水性，可用容水度表示。容水度指岩土空隙

完全被水充满时的含水量，即岩土中被水完全饱和时所容纳的最大的水体积与岩土体积之比。容水度在数值上与孔隙度、裂隙率或岩溶率相等。但是，对于具有膨胀性的黏土来说，其充水后岩土体积扩大，容水度可以大于孔隙度。

$$C = \frac{W}{V} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中： C 为岩土容水度（%）； W 为岩土中所容纳水的体积（ m^3 ）； V 为岩土总体积（ m^3 ）。

2. 持水性

岩土在重力作用下能在其孔隙中保持一定水量的性能称为持水性，在重力作用影响下一部分水从空隙中流出，另一部分水仍保持于空隙之中，可用空隙中所保持水的体积与岩土总体积之比（即持水度）来表示。

$$S_r = \frac{W_r}{V} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中： S_r 为岩土持水度（%）； W_r 为重力作用下岩土空隙中所保持水的体积（ m^3 ）； V 为岩土总体积（ m^3 ）。

3. 给水性

岩土在重力作用下，能自由排出一定水量的能力，称为岩土的给水性。可用饱和岩土流出水的体积与岩土总体积之比（即给水度）来表示。

给水度在数值上等于容水度减去持水度。

$$\mu = \frac{W_y}{V} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中： μ 为岩土给水度（%）； W_y 为重力作用下的饱水岩土排出水的体积（ m^3 ）； V 为岩土总体积（ m^3 ）。

4. 透水性

岩土能透过水的能力称为岩土的透水性，常用渗透系数 K 表示。渗透系数可用野外现场抽水试验或室内渗透试验来测定。后面的章节将介绍该部分内容。

5. 含水率

岩土的含水率是岩土所含水的质量和岩干土质量的百分比值。岩土在天然状态下的含水率为岩土的天然含水率 w ，即

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中： w 为岩土含水率（%）； m_w 为岩土中所含水的质量（g）； m_s 为烘干后岩土颗粒的质量（g）。

第二章 地下水的分类

在进行地下水分类以前，我们还需要了解一些相关的基本概念。

第一节 透水层、含水层（带）、隔水层

地下水的运动和聚集，必须具有一定的岩性和构造条件。空隙多而大的岩土层能使水流通过，称为透水层。储存有地下水的透水岩土层，称为含水层。空隙少而小的致密岩土层是相对的不透水岩层（渗透系数 $K < 0.001\text{m/d}$ ），称为隔水层。含水层和隔水层的不同组合，构成不同类型的地下水。

含水层（带）有 2 种主要形式：一种是岩土的空隙主要受岩土层等地质体所控制，随着岩土层形状均匀分布的含水层（或含水岩组），如松散沉积的粗砂、砾石层、砾岩和砂岩组成的碎屑岩层、灰岩含水层；另一种是岩石的空隙主要受地质构造或风化带所控制的含水带，如风化裂隙含水带、断裂构造含水带、玄武岩原生柱状节理含水带等，含水带有时可以切穿多组不同岩性的岩体。

一、地下水的分类

根据透水层、含水层和隔水层的不同组合形式，地下水按埋藏条件可分为三大类：即包气带水、潜水、承压水，其中，包气带水中含有土壤水、上层滞水等。根据含水介质（空隙）的类型，地下水可分为孔隙水、裂隙水、岩溶水。通过这两种分类的组合，可得出几类具有不同特点、类型的地下水。

二、按照埋藏条件划分

1. 包气带水

它指处于地表面以下潜水位以上的包气带岩土层中的地下水，主要包括土壤水、上层滞水（图 2-1）。

（1）土壤水

它指埋藏于包气带土层中的水，主要靠大气降水及毛细水补给，过量的降水补给可垂直入渗到潜水含水层直接转化为潜水。

（2）上层滞水

它指位于包气带中局部隔水层之上的重力水，主要接受大气降水补给，受季节及气候影响较大，水量一般较小（图 2-2，a）。

包气带水的主要特征是受气候控制，季节性明显，雨季水量多，旱季水量少，甚至干

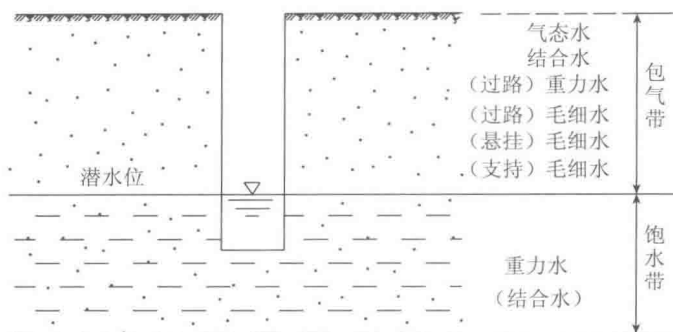


图 2-1 包气带及饱水带示意图

洞。包气带水对农业生产有很大意义，对工程建设仅有一定的影响、对矿井涌水量计算无太大意义。

2. 潜水

它指埋藏在地表以下饱水带中第一层连续、稳定的隔水层以上具有自由水面的重力水，一般存在于第四系松散堆积物的孔隙中，形成孔隙潜水，也可以充填于基岩的裂隙和溶洞中，形成裂隙潜水和岩溶潜水（图 2-2，b）。

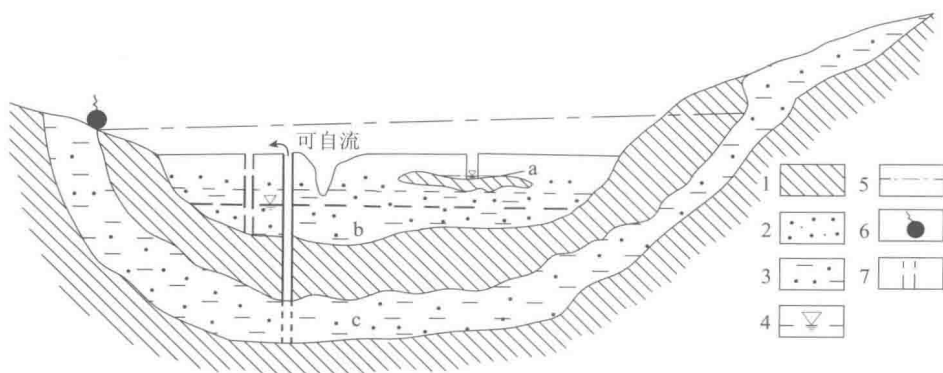


图 2-2 潜水、承压水及上层滞水示意图

1—隔水层；2—透水层；3—含水层；4—潜水位；5—承压水测压水位；6—泉（上升泉）；7—水井
a—上层滞水；b—潜水；c—承压水

潜水的主要特征如下：

1) 潜水与包气带直接相通，潜水面以上无连续、稳定的隔水层存在。大气降水和地表水可直接入渗补给潜水，是潜水的主要补给来源，以泄流、蒸发、泉水的形式排泄。

2) 潜水的动态受季节影响大，气象、水文要素的变化能很快影响潜水的变化。丰水季节或年份，潜水接受的补给量大于排泄量，潜水面上升，含水层厚度增大，埋藏深度变小。干旱季节排泄量大于补给量，潜水面下降，含水层厚度变小，埋藏深度变大。所以，潜水的埋藏深度及含水层厚度是经常变化的，而且变化范围较大，其中气候的影响较为显著。

3) 潜水的品质主要取决于气候、地形地貌及岩性条件。湿润气候及地形切割强烈的地区，有利于潜水的径流与排泄，往往形成含盐量不高的淡水。干旱气候下由细颗粒组成