

中国矿业大学图书馆藏书



C01675796

煤炭职业教育课程改革规划教材

MEITAN ZHIYE JIAOYU KECHENG GAIGE GUIHUA JIAOCAI

矿井水文地质

KUANGJING SHUIWEN DIZHI

主 编 陈书平 张慧娟
副主编 孟合新 赵淑霞 刘其瑄

煤炭工业出版社

0163
757

TD163
C-757

要 容 内

煤炭职业教育课程改革规划教材
本书为《煤炭职业教育课程改革规划教材》之一，主要介绍煤矿水文地质学的基本理论、基本知识和基本技能，为煤矿地质工程技术人员从事煤矿水文地质工作提供必要的理论知识和实践技能。
本书可作为煤矿地质工程技术人员从事煤矿水文地质工作的参考书，也可作为煤矿地质工程技术人员从事煤矿水文地质工作的培训教材。

矿井水文地质

图书在版编目 (CIP) 数据

主 编 陈书平 张慧娟 张慧娟主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2011
副主编 孟合新 赵淑霞 刘其瑄

ISBN 978-7-5020-3845-8

I. ①矿… II. ①陈…②张… III. ①矿井-水文地质-职业教育-教材 IV. ①TD163

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 065650 号



中国矿业大学图书馆藏书



C01675796

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井水文地质/陈书平, 张慧娟主编. --北京: 煤炭工业出版社, 2011

煤炭职业教育课程改革规划教材

ISBN 978-7-5020-3845-8

I. ①矿… II. ①陈…②张… III. ①矿井-水文地质-职业教育-教材 IV. ①TD163

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 065650 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 787mm × 1092mm^{1/16} 印张 11^{1/4}
字数 260 千字 印数 1—3 000
2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷
社内编号 6655 定价 25.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

为满足煤炭工业新形势对煤炭职业教育发展的需要,加快煤炭职业教育教材建设步伐,依据培养技术应用型专门人才的要求和煤炭行业的自身特点,在广泛调研和征求意见的基础上,本着科学性、实用性、先进性的编写指导思想,我们组织有关教师编写了本教材。本教材在编写过程中注重职业教育的特点,简化了理论体系,以实用、必需、够用为原则,力求使所讲内容尽可能与现场实践相结合。

本书由陈书平、张慧娟任主编,孟合新、赵淑霞、刘其瑄任副主编。具体编写分工如下:焦作煤业集团职工教育培训中心陈书平编写第一章、第二章和第九章;焦作煤业集团职工教育培训中心张慧娟编写第三章和第四章;鹤壁高等职业技术学院孟合新编写第六章第一节、第二节和第八章;淮北矿业职业技术学院赵淑霞编写第五章、第六章第三节和第四节;河南国龙矿建公司刘其瑄编写第七章。全书由陈书平负责统稿工作。

河南理工大学高取学院李化奇老师对本书的编写提出了许多宝贵意见和建议,使本书在内容和结构上都得到了进一步的改善,在此我们谨向李化奇老师表示诚挚的谢意。

在本书的编写过程中,吸收和借鉴了同类教材和书籍的精华,在此谨对各位原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请有关专家和广大读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

编 者

2011年5月

目次

第一章 地下水基本知识	1
第一节 自然界中的水循环	1
第二节 地下水的类型和特征	4
第三节 地下水的赋存	14
第四节 地下水的物理性质及化学成分	18
第五节 含水层与隔水层	21
第六节 地下水运动的基本规律	21
第二章 地下水动态和均衡研究	24
第一节 概述	24
第二节 地下水动态与均衡的监测项目	27
第三章 矿井充水条件分析	29
第一节 矿井充水水源	29
第二节 矿井充水通道	32
第三节 影响矿井涌水量大小的因素	37
第四章 矿井涌水量预测	41
第一节 概述	41
第二节 解析法	44
第三节 数值法	51
第四节 相关外推法	58
第五节 水均衡法	62
第六节 $Q-S$ 曲线外推法	66
第五章 矿井水文地质工作	72
第一节 矿井水文地质类型的划分	72
第二节 矿井勘探阶段水文地质工作	73
第三节 矿区(井)水文地质补充调查	74
第四节 矿井水文地质勘探	78
第五节 矿区(井)水文地质补充勘探	81
第六节 矿区(井)水文地质观测	83

第六章 水体下及含水层下开采深度的确定 97

第一节 水体下开采基本知识 97

第二节 影响上覆岩层破坏的因素 99

第三节 安全开采深度的确定 104

第四节 用经验公式确定开采上限的实例 111

第七章 煤矿水害及防治水技术 117

第一节 矿井水害类型 117

第二节 地面防治水 119

第三节 井下探水技术 121

第四节 矿井疏放排水 129

第五节 注浆堵水技术 135

第六节 防水煤（岩）柱留设的方法 143

第七节 矿井水闸门和水闸墙设计 149

第八章 矿井水灾的预测与事故处理 151

第一节 矿井水灾害预测 151

第二节 矿井水灾事故处理 154

第九章 水灾害应急救援 157

第一节 煤矿水灾害危险源的辨识 158

第二节 煤矿水灾害应急救援预案的编制 160

第三节 煤矿水灾害应急救援预案的内容 164

第四节 煤矿水灾害应急救援技术实施 167

参考文献 171

第一章 地下水基本知识

矿井建设、生产过程中流入井下空间的矿井水、地下水、地表水都是影响煤矿建设、生产的地质因素。它们均为煤矿开采技术条件的重要组成部分。本章将介绍与矿井水文地质有关的一般基础知识。

第一节 自然界中的水循环

一、水循环的基本过程和机理

1. 水循环的基本过程

地球上自然界的水分布于大气圈、地球表面和地壳中。自然界中水的循环实质就是大气圈水、地表水、地下水三者之间的相互转化关系。

按照水循环的范围不同，水的循环可分为大循环和小循环两种（图 1-1）。大循环又称外循环，它是指在全球范围内水分从海洋表面蒸发，上升的水汽随气流运移到陆地上空，凝结成雨点降落到陆地表面，又以地表或地下径流的形式，最终流归海洋，再度受到

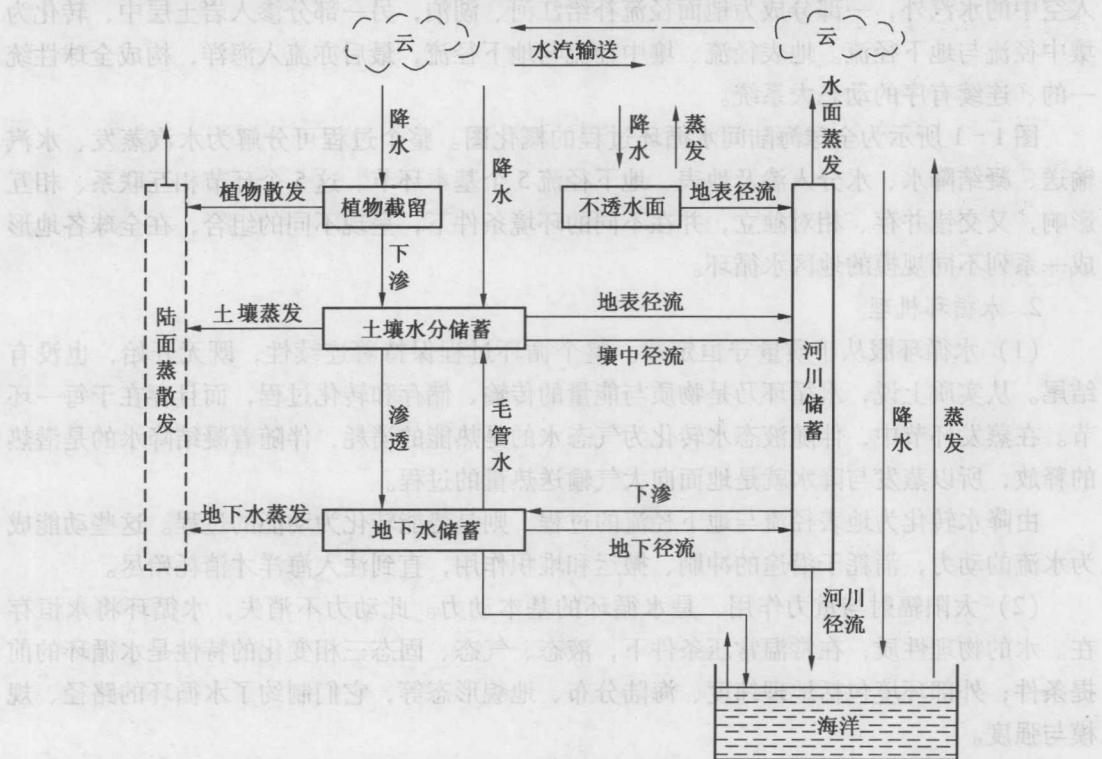


图 1-1 全球海陆间水循环过程概化图

蒸发。小循环又称内循环，它是指水从海洋表面蒸发，遇冷后又降落到海洋表面；或者水从陆地上的湖泊与河流表面、地面及植物叶面蒸发，遇冷又降落于原地。

水循环是指地球上各种形态的水，在太阳辐射、地心引力等作用下，通过蒸发、水汽输送、凝结降水、下渗以及径流等环节，不断地发生相态转换和周而复始运动的过程。但由于各种水体在自然界中所处的位置、存在的形式和数量不同，其循环更替期也各不相同，有的长达数千年，有的仅需几天，甚至是几小时（表 1-1）。

表 1-1 自然界各种水体的循环更替期

水体类型	循环更替期	水体类型	循环更替期
海洋	2500 a	沼泽	5 a
深层地下水	1400 a	土壤水	1 a
极地冰川	9700 a	大气水	8 d
永久积雪的高山冰川	1600 a	河川水	16 d
湖泊	17 a	生物水	几小时

从全球整体角度来说，这个循环过程可以设想从海洋的蒸发开始，蒸发的水汽升入空中，并被气流输送至各地，大部分留在海洋上空，少部分深入内陆，在适当条件下，这些水汽凝结降水。其中海面上的降水直接回归海洋，降落到陆地表面的雨雪，除重新蒸发升入空中的水汽外，一部分成为地面径流补给江河、湖泊，另一部分渗入岩土层中，转化为壤中径流与地下径流。地表径流、壤中径流与地下径流，最后亦流入海洋，构成全球性统一的、连续有序的动态大系统。

图 1-1 所示为全球海陆间水循环过程的概化图。整个过程可分解为水汽蒸发、水汽输送、凝结降水、水分入渗及地表、地下径流 5 个基本环节。这 5 个环节相互联系、相互影响，又交错并存、相对独立，并在不同的环境条件下，呈现不同的组合，在全球各地形成一系列不同规模的地区水循环。

2. 水循环机理

(1) 水循环服从于质量守恒定律。整个循环过程保持着连续性，既无开始，也没有结尾。从实质上说，水循环乃是物质与能量的传输、储存和转化过程，而且存在于每一环节。在蒸发环节中，伴随液态水转化为气态水的是热能的消耗，伴随着凝结降水的是潜热的释放，所以蒸发与降水就是地面向大气输送热量的过程。

由降水转化为地表径流与地下径流的过程，则是势能转化为动能的过程。这些动能成为水流的动力，消耗于沿途的冲刷、搬运和堆积作用，直到注入海洋才消耗殆尽。

(2) 太阳辐射与重力作用，是水循环的基本动力。此动力不消失，水循环将永恒存在。水的物理性质，在常温常压条件下，液态、气态、固态三相变化的特性是水循环的前提条件；外部环境包括地理纬度、海陆分布、地貌形态等，它们制约了水循环的路径、规模与强度。

(3) 水循环广及整个水圈，并深入大气圈、岩石圈及生物圈。其循环路径并非单一的，而是通过无数条路线实现循环和相变，所以水循环系统是由无数不同尺度、不同规模

的局部水循环所组合而成的复杂巨系统。

(4) 全球水循环是闭合系统，但局部水循环却是开放系统。因为地球与宇宙空间之间虽亦存在水分交换，但每年交换的水量还不到地球上总储水量的 1/15 亿，所以可将全球水循环系统近似地视为既无输入，又无输出的一个封闭系统，但对地球内部各大圈层、海洋、陆地或陆地上某一特定地区，某个水体而言，既有水分输入，又有水分输出，因而是开放系统。

(5) 地球上的水分在交替循环过程中，总是溶解并携带着某些物质一起运动，诸如溶于水的各种化学元素、气体以及泥砂等固体杂质。不过这些物质不可能像水分那样，构成完整的循环系统，所以通常意义上的水文循环仅指水分循环，简称水循环。

二、水循环的类型

通常按水循环的不同途径与规模，将全球的水循环区分为大循环与小循环，如图 1-2 所示。

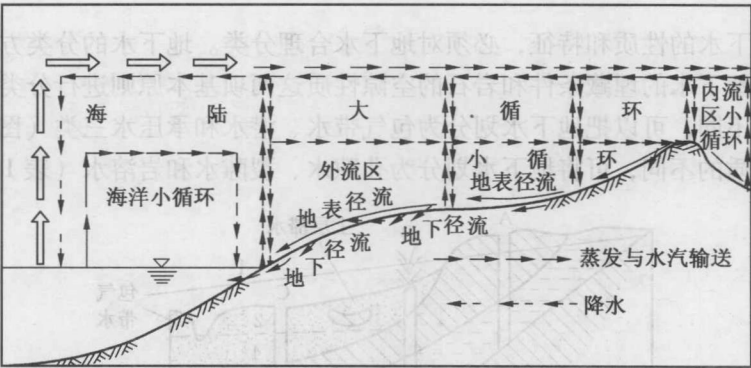


图 1-2 水循环基本类型示意图

1. 大循环

发生于全球海洋与陆地之间的水分交换过程，由于广及全球，故名大循环，又称外循环。

大循环的主要特点是，在循环过程中，水分通过蒸发与降水两大基本环节，在空中与海洋，空中与陆地之间进行垂向交换，与此同时，又以水汽输送和径流的形式进行横向交换。

交换过程中，海面上的年蒸发量大于年降水量，陆面上情况正好相反，降水大于蒸发；在横向交换过程中，海洋上空向陆地输送的水汽要多于陆地上空向海洋回送的水汽，两者之差称为海洋的有效水汽输送。正是这部分有效的水汽输送，在陆地上转化为地表径流及地下径流，最后回流入海，在海陆之间维持水量的相对平衡。

2. 小循环

小循环是指发生于海洋与大气之间，或陆地与大气之间的水分交换过程。小循环又称内部循环，前者又称海洋小循环，后者又称陆地小循环。

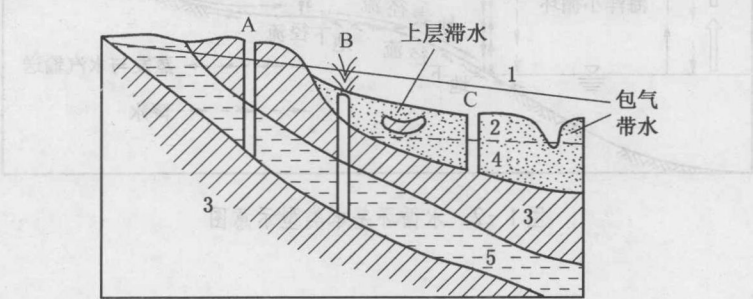
海洋小循环主要包括海面的蒸发与降水两大环节，所以比较简单。陆地小循环的情况

则要复杂得多，并且内部存在明显的差别。从水汽来源看，既有陆面自身蒸发的水汽，也有海洋输送来的水汽，并在地区分布上很不均匀，一般规律是距海愈远，水汽含量愈少，因而水循环强度具有自海洋向内陆深处逐步递减的趋势，如果地区内部植被条件好、储水比较丰富，那么自身蒸发的水汽量比较多，有利于降水的形成，因而可以促进地区小循环。

陆地小循环可进一步区分为大陆外流区小循环和大陆内流区小循环。其中大陆外流区小循环，除自身垂向的水分交换外，还有多余的水量，以地表径流及地下径流的方式输向海洋，高空中必然有等量的水分从海洋送至陆地，所以还存在与海洋之间的横向水分交换。而陆地上的内流区，其多年平均降水量等于蒸发量，自成一个独立的水循环系统，地面上并不直接和海洋相沟通，水分交换以垂向为主，仅借助于大气环流运动，在高空与外界之间，进行一定量的水汽输送与交换活动。

第二节 地下水的类型和特征

为反映地下水的性质和特征，必须对地下水合理分类。地下水的分类方法较多，但目前主要是根据地下水的埋藏条件和岩石的空隙性质这两项基本原则进行分类的。根据地下水的埋藏条件不同，可以把地下水划分为包气带水、潜水和承压水三类（图 1-3）；根据含水层空隙性质的不同，可将地下水划分为孔隙水、裂隙水和岩溶水（表 1-2）。



1—承压水位；2—潜水位；3—隔水层；4—含水层（潜水）；5—含水层（承压水）；

A—承压水井；B—自流水井（承压水位高出地表）；C—潜水井

图 1-3 地下水埋藏示意图

表 1-2 地下水的类型

类 型	孔 隙 水	裂 隙 水	岩 溶 水
包气带水	土壤中悬浮未饱和的水；局部隔水层以上的饱和水	出露地表的裂隙岩石中季节性存在的水	垂直渗入带中的水
潜 水	各种松散堆积物中的水	基岩上部裂隙中的水，沉积岩层间裂隙水	裸露岩溶化岩层中的水
承压水	松散堆积物构成的承压盆地和承压斜地中的水	构造盆地、向斜及单斜岩层中的层状裂隙水	构造盆地、向斜及单斜岩层中的水

一、包气带水

位于地下水水面以上的地带称为包气带，包气带中的水主要有土壤水和上层滞水。

土壤水是指位于地表以下土壤中的水，以结合水和毛细水的形式存在，主要由大气降水、凝结水及潜水补给。

上层滞水是赋存于包气带中局部隔水层之上的重力水，一般分布不广（图1-3）。由于上层滞水的分布接近地表，因而它和气候、水文条件的变化密切相关。

上层滞水和土壤水有明显区别。上层滞水底部有不透水的隔水层存在，故可储存一定量的重力水，可作为小型供水水源；而土壤水没有隔水底板，它多以悬挂毛细水的状态存在于土壤中，一般仅能作垂直方向运动（渗入和蒸发），不能保持重力水，仅对植物生长有利。

上层滞水主要接受大气降水和地表水补给，而消耗于蒸发和逐渐向下渗透补给潜水，其补给区与分布区一致。由于分布范围小，故水量随季节变化显著，一般仅在丰水期水量较多，而在干旱季节枯竭，动态变化极不稳定。

影响上层滞水形成的主要因素是岩性的变化。在坚硬岩层分布区，当岩层中发育风化裂隙或构造裂隙且其下部有局部裂隙不发育的岩层存在时，可形成上层滞水；在可溶岩层分布区，当可溶岩层中夹有非可溶性岩层透镜体时，则在上下两层可溶岩层中各发育一套溶洞系统，其上层的岩溶水就常具有上层滞水的性质；在松散沉积物中，上层滞水与沉积物岩性密切相关，在冲积、洪积的粗碎屑沉积物中，常夹有黏土或亚黏土透镜体，此时就可能形成上层滞水。

影响上层滞水形成的另一个因素是地形的变化。一般在地形坡度变化较大的地区，地表径流较强，大气降水多以地表径流的形式排走，因而不易形成上层滞水；在地形坡度较平缓、能汇集雨水或保存融雪的低洼地区，就容易形成上层滞水。有时在坡度较陡峻的山区，由于岩性的突变及人为因素的影响，也可形成上层滞水，如滑坡、坡积物下部或由于矿山开采而堆积的废石堆下部存在的水，就具有上层滞水的性质。

上层滞水的动态主要决定于气候和隔水层的位置、分布范围、厚度及透水性等条件。当隔水层的分布区小、厚度不大、隔水性不强及离地表较近时，上层滞水可逐渐向四周流散、蒸发而在短时期内消失；随着隔水层深度的增加，范围和厚度加大，其存在的时间也随之延长。在降水量较大、蒸发量较小的地区，其水量较大，存在时间也较长。

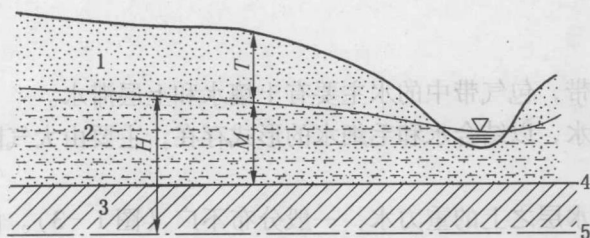
上层滞水随季节性降水及地表水而存在，一般矿化度较低。由于其距地表较近，故极易受到污染。上层滞水接近地表，有时对工程建筑有一定的妨害。

二、潜水

1. 潜水的特征

潜水是埋藏在地表以下第一个连续稳定的隔水层（不透水层）以上、具有自由水面的重力水（图1-4）。一般是存在于第四纪松散堆积物的孔隙中（孔隙潜水）及出露于地表的基岩裂隙和溶洞中（裂隙潜水和岩溶潜水）。

潜水的自由水面称为潜水面。潜水面上每一点的绝对（或相对）高程称为潜水位。潜水水面至地面的距离称为潜水的埋藏深度。由潜水面往下到隔水层顶板之间充满重力水



1—砂层；2—含水层；3—隔水层；4—潜水面；5—基准线；

T —潜水埋藏深度； M —含水层厚度； H —潜水位

图 1-4 潜水埋藏示意图

的岩层，称为潜水含水层，其间距离则为含水层的厚度。

潜水的这种埋藏条件决定了潜水具有以下特征：

(1) 潜水面以上，一般无稳定的隔水层，潜水通过包气带与地表相通，所以大气降水和地表水直接渗入而补给潜水，成为潜水的主要补给来源。在大多数情况下，潜水的分布区（即含水层分布的范围）与补给区

（即补给潜水的地区）是一致的。而某些气象水文要素的变化能直接影响潜水的变化。

(2) 潜水埋藏深度及含水层厚度是经常变化的，而且有的还变化甚大，它们受气候、地形和地质条件的影响，其中以地形的影响最显著。在强烈切割的山区，潜水埋藏深度可达几十米甚至更深，含水层厚度差异也很大。而在平原地区，潜水埋藏浅，通常为数米至十余米，有时可为零（即潜水出露地表，形成沼泽），含水层厚度差异较小。潜水埋藏深度及含水层厚度不仅因地而异，就是同一地区，也随季节不同而有显著变化。例如，在雨季，潜水获得的补给量多，潜水面上升，含水层厚度随之加大，埋藏深度变小；而在枯水季节则相反。

(3) 潜水具有自由表面，为无压水。在重力作用下，自水位较高处向水位较低的地方渗流，形成潜水径流。其流动的快慢取决于含水层的渗透性和潜水的坡度。当潜水流向排泄区（冲沟、河谷等）时，其水位逐渐下降，形成倾向于排泄区的曲线形自由水面。

自然界中，潜水面的形状也因地而异，同样受到地形、地质和气象水文等自然因素的控制。潜水面的形状与地形有一定程度的一致性，一般地面坡度越大，潜水面的坡度也越大。但潜水坡度总是小于当地的地面坡度，形状比地形要平缓得多。含水层的渗透性和厚度的变化，会引起潜水坡度的改变。大气降水和蒸发可直接引起潜水面的上升和下降从而改变其形状。某些情况下地表水的变化也会改变潜水面的形状，当河水排泄潜水时，潜水面为倾向河流的斜面，但当高水位河水补给潜水时，则潜水面可以变成从河水倾向潜水的曲面。

(4) 潜水的排泄（即含水层失去水量）主要有两种方式：一种是以泉的形式出露于地表或直接流入江河湖海中，这是潜水的一种主要排泄方式，称为水平方向的排泄；另一种是消耗于蒸发，为垂直方向的排泄。潜水的水平排泄和垂直排泄所引起的后果不同，前者是水分和盐分的共同排泄，一般引起水量的差异；而后者由于只有水分排泄而不排泄水中的盐分，结果导致水量的消耗，又造成潜水的浓缩，因而发生潜水含盐量增大及土壤的盐渍化。

2. 潜水面的形状及表示方法

1) 潜水面的形状及影响潜水面形状的因素

潜水面的形状一方面反映各种外界因素对潜水的的影响，另一方面也反映潜水流特征（如流向、水力坡度及流速等）。潜水由高处向低洼处流动的过程中，水位不断下降，因

而潜水面常常是倾斜的曲面（在垂直剖面上为曲线），拱顶端为地下水分水岭，分水岭两侧潜水分别向不同方向流动。潜水面倾斜的方向总是朝向排泄区，潜水面最大倾斜方向表示地下水的流向，其形状变化是各种自然及人为因素影响的结果。

影响潜水面形状的因素主要有以下几种：

(1) 地形地貌的影响。潜水面总的起伏形状与地形一致。山区地形切割剧烈，潜水的坡度大；平原地区地形坡度平缓，切割微弱，潜水的坡度小。如川西冲积扇中潜水，在冲积扇的顶部地形坡度较大，故潜水的坡度也较大；在冲积扇边缘地形平缓，潜水的坡度也较小；而在平原区，其水力坡度更小。由于潜水面起伏与地表基本一致，故地形分水岭一般是潜水的分水岭。潜水面坡度常小于地形坡度，形状也较地形平缓得多。

(2) 大气降水的渗入及水文网特征的影响。一个地区的潜水，只有获得大气降水渗入补给，并有水文网的切割，潜水排泄出地表时才能形成潜水分水岭。潜水分水岭形状在垂直剖面上为一上拱半椭圆曲线。如图 1-4 所示，潜水分水岭位置取决于潜水分水岭两侧的河水位。

当潜水分水岭两侧河水位同高时，潜水分水岭在两河中央；当河水不同高时，分水岭偏向高水位边，有时甚至消失而成为一抛物线形状（图 1-5）。在河间分水岭地区，如果透水性渐变时，潜水分水岭不位于两河中央，而偏向透水性弱的一岸；在河网切割程度相同的情况下，河间地带岩石透水性越好，则潜水平埋藏越深，潜水面越平缓。透水性越差，则潜水平埋藏越浅，潜水向沟谷排泄的坡度越陡。

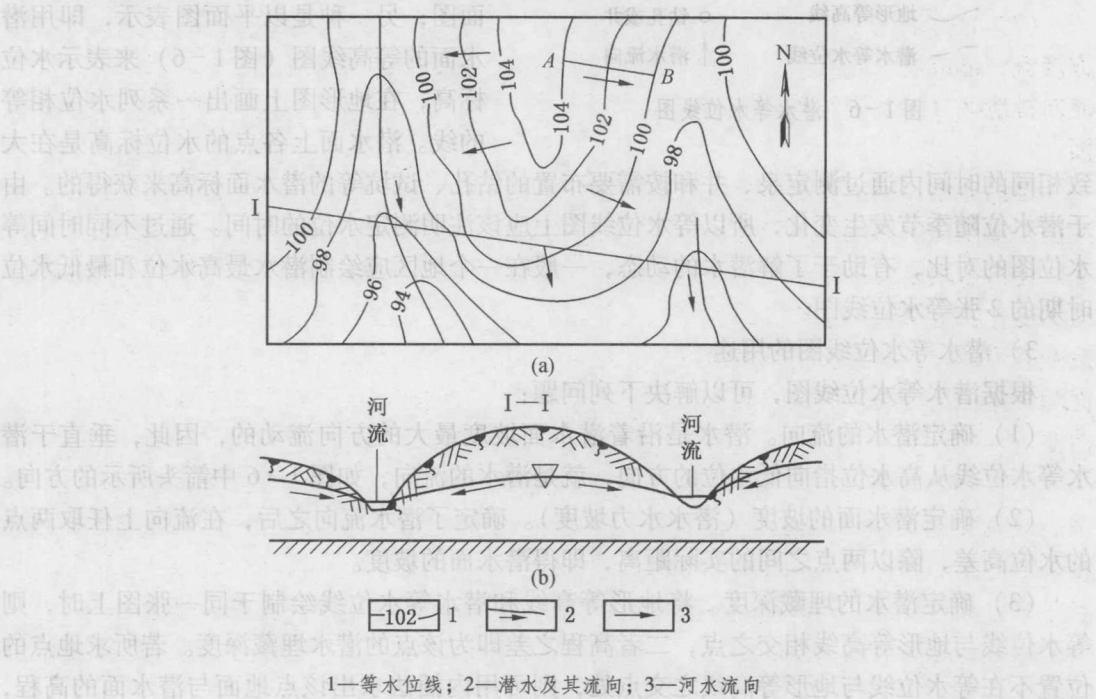


图 1-5 潜水平等水位线及其剖面图

(3) 含水层的岩性及其厚度的影响。当含水层的岩性沿潜水流向发生变化时，潜水面的形状也相应地发生变化。如果含水层沿潜水流方向颗粒变粗、透水性增强，则潜水面

坡度趋于平缓,反之则变陡;如果含水层厚度沿潜水流方向增厚,则潜水面坡度变缓,反之则变陡(图1-5)。

(4) 隔水底板的形状对潜水面的影响。当潜水含水层的隔水底板为洼地或盆地形状时,在枯水季节常可形成潜水湖,此时潜水面为水平状;而在丰水季节,水面上升高出盆地边缘的隔水底板,又可形成潜水流;当隔水底板隆起形成一隆起时,此时潜水流在此隆起处产生凸起现象,使水面坡度变缓,潜水可能溢出地表;当隔水底板由于构造原因形成梯坎,此时潜水面往往也形成跌水现象。

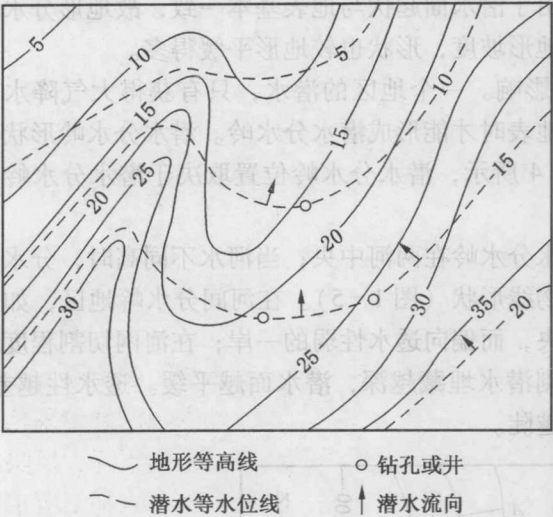


图1-6 潜水等水位线图

2) 潜水面的表示方法

潜水面反映了潜水与地形、岩性和气象水文之间的关系,表现出潜水埋藏、运动和变化的基本特点。为能清晰地表示潜水面的形态,通常采用两种图示方法,并常以两者配合使用。一种是以剖面图表示,即在具有代表性的剖面线上,绘制水文地质剖面,其中既表示出水位,也表示出含水层的厚度、岩性及其变化,也就是在地质剖面图上画出潜水面剖面线的位置,即成水文地质剖面图;另一种是以平面图表示,即用潜水面的等高线图(图1-6)来表示水位标高,在地形图上画出一系列水位相等的线。潜水面上各点的水位标高是在大

致相同的时间内通过测定泉、井和按需要布置的钻孔、试坑等的潜水面标高来获得的。由于潜水位随季节发生变化,所以等水位线图上应该注明测定水位的时间。通过不同时间等水位图的对比,有助于了解潜水的动态,一般在一个地区应绘制潜水最高水位和最低水位时期的2张等水位线图。

3) 潜水等水位线图的用途

根据潜水等水位线图,可以解决下列问题:

- (1) 确定潜水的流向。潜水是沿着潜水面坡度最大的方向流动的,因此,垂直于潜水等水位线从高水位指向低水位的方向,就是潜水的流向,如图1-6中箭头所示的方向。
- (2) 确定潜水面的坡度(潜水水力坡度)。确定了潜水流向之后,在流向上任取两点的水位高差,除以两点之间的实际距离,即得潜水面的坡度。
- (3) 确定潜水的埋藏深度。将地形等高线和潜水等水位线绘制于同一张图上时,则等水位线与地形等高线相交之点,二者高程之差即为该点的潜水埋藏深度。若所求地点的位置不在等水位线与地形等高线之交点处,则可用内插法求出该点地面与潜水面的高程,潜水的埋藏深度即可求得。
- (4) 确定潜水与地表水的相互补给关系。在邻近地表水的地段编制潜水等水位线图,并测定地表水的水位标高,便可以确定潜水与地表水的相互补给关系,如图1-7所示。
- (5) 利用等水位线图合理布设取水井和排水沟。为了最大限度地使潜水流入水井和

排水沟，一般应沿等水位线布设水井和排水沟，如图 1-8 所示。显然，按 1、3 布设水井是合理的，而 1、2 是不合理的；同理，按 5 布设排水沟是合理的，而 4 是不合理的。

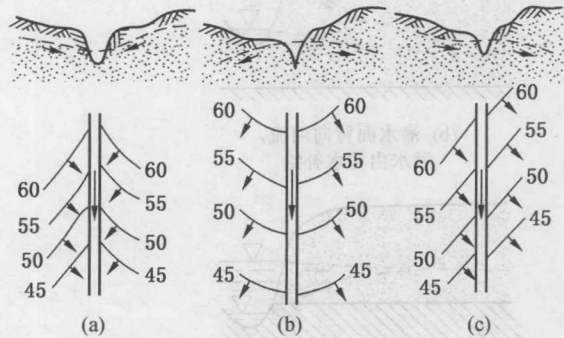


图 1-7 均质岩石中潜水与地表水(河水)的关系

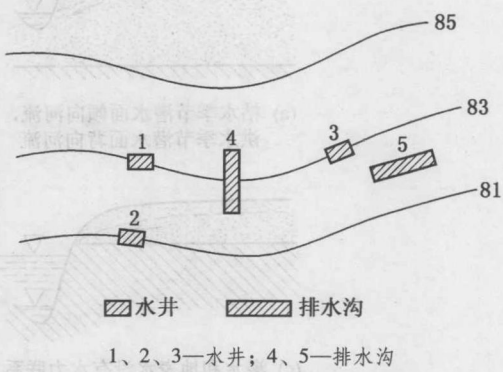


图 1-8 水井与排水沟布设示意图

3. 潜水的补给、排泄和径流

1) 潜水的补给

潜水含水层自外界获得水量的过程称为补给。补给条件包括补给来源、补给量、影响补给的因素等。在补给过程中潜水的的水质也随之发生相应变化。潜水最普遍的补给源是大气降水渗入。降水渗入使潜水水量增加，水位升高；在缺水季节，潜水位则下降，反映出潜水具有季节性变化的特征。潜水位峰值与大气降水的峰值一致。大气降水补给潜水的数量多少，取决于降水量大小、降水性质及延续时间、植被覆盖程度、地表坡度、包气带厚度及包气带的透水性等。分析区域潜水补给时，应综合考虑这些因素。地表水流补给潜水常发生在河流的下游。如我国黄河下游黄河大堤以内河床的地面标高，往往高于大堤以外几米至十几米，因此黄河水常补给附近的潜水。在河流中游常出现的情况是洪水期河水补给潜水，而枯水期潜水补给地表水（图 1-9）。地表水与潜水的补给关系，往往并不固定，常随季节变化，所以在实际工作中，必须根据它们之间的水位、流量、等水位线的特点及长期观测资料分析确定。

河水对潜水补给量的大小，主要取决于两者水位差的大小、洪水延续时间、河流流量及含水层的透水性等。河水位高出潜水位越高、洪水延续时间越长、流量越大、含水层透水性越好，则潜水获得的补给量就越大。

当承压水的水位高于潜水时，承压水可以通过它们之间的弱透水层补给潜水，这种补给称为越流补给。越流补给可以在两个水位不同的含水层之间产生。

在干旱气候的条件下，凝结水的补给也是地下水的重要补给来源。此外，人工补给也是地下水补给来源之一。利用人工设施（如人工盆地、渠道、漫灌等）将地表水灌入地下，以增加地下水量。目前，在一些国家人工补给的地下水量约占地下水总用水量的 30%。人工回灌已日趋为人们所重视。

2) 潜水的排泄

潜水含水层失去水量的过程称为潜水排泄。在排泄过程中，潜水的的水量、水质、水位都随之发生变化。在地形切割剧烈的山区，一般情况下，潜水顺着坡面流向沟谷，以泉的

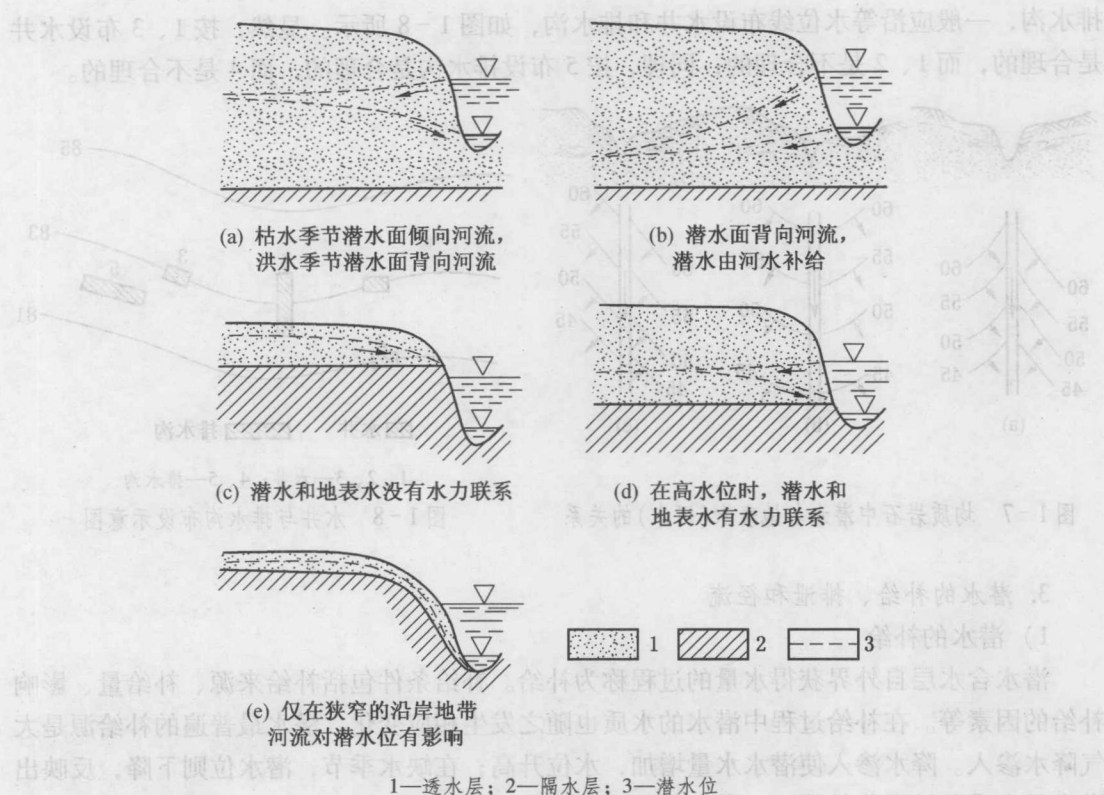


图 1-9 地表水与潜水的补给关系

形式排泄于地表或补给地表水。潜水也可以径流的形式排泄于承压含水层中。潜水另一个排泄途径就是蒸发。潜水埋藏越浅，蒸发作用越强烈，水量消耗越大。气候条件对蒸发影响甚为强烈，如新疆的干旱气候条件，潜水埋藏 7~8 m，甚至更深，受到强烈蒸发作用的影响。此外人工抽水也是潜水排泄的主要方式之一。

3) 潜水的径流

潜水从补给到排泄是通过径流来完成的，因此，潜水的补给、径流、排泄组成了潜水的循环。潜水在循环过程中，其水质、水量都不同程度地得到更新置换，这种更新置换称为水交替。潜 waters 水交替的强弱，表明了潜水循环的快慢，它取决于含水层的透水性、补给量及地形条件。含水层透水性好、补给量多、地形坡度大、切割剧烈、排泄通畅，这时径流条件就好，水交替就强烈，地下水循环就快。一般潜水交替随深度的增加而减慢。

潜水循环的快慢可用水交替系数描述。水交替系数是指含水层全年的排泄量与其储水量之比。对于潜水来说，当气候潮湿、水文网发育时，水交替系数为 0.1~1.0。

三、承压水

1. 承压水的概念与特征

承压水是充满在两个稳定不透水层或弱透水层间的含水层中承受水压力的地下水(图 1-10)。承压水多埋藏在第四纪以前岩层的孔隙中或岩层裂隙中，第四纪堆积物中亦有孔隙承压水存在。

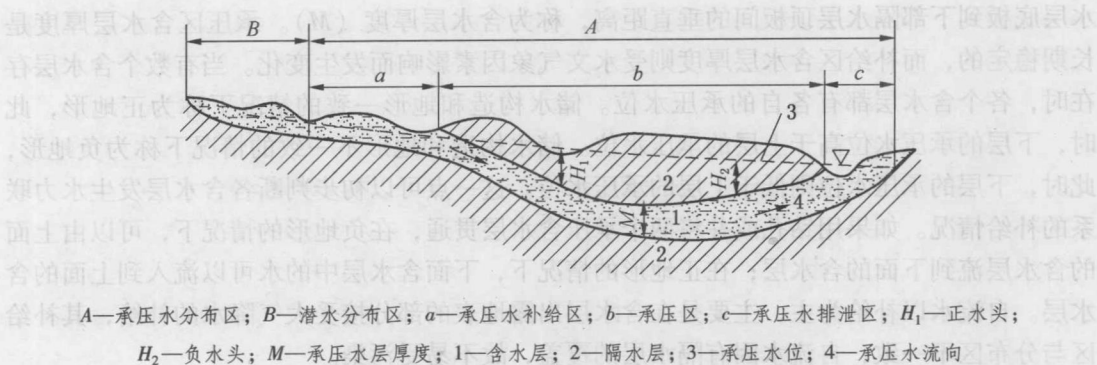


图 1-10 承压水示意图

当钻孔打穿上部隔水层至含水层时，地下水在静水压力的作用下，能上升到含水层顶板以上的某一高度。各承压水位的连线叫承压水位线（或水头线）。承压水位高出地表的叫正水头，低于地表的叫负水头。因此，在适宜的地形地质条件下，水可以溢出地面，甚至喷出，如图 1-10 中的 H_1 ，所以通常又称承压水为自流水，但并非所有承压水都能自流。由于承压水具有这一特点，因而是良好的水源。

从图 1-10 可以看出，承压水的埋藏条件是：上下均为隔水层，中间是含水层；水必须充满整个含水层；含水层露出地表吸收降水的补给部分，要比其承压区和泄水区的位置高。具备上述条件，地下水即承受静水压力。如果水不充满整个含水层，则称为层间无压水。

承压水水位的等高线称为等水压线，它是将同一含水层承压水位相同的点连接起来而绘制成的。

上述承压水的埋藏条件决定了它的下述特征：①承压水的分布区和补给区是不一致的；②地下水面承受静水压力，非自由面；③承压水的水位、水量、水质及水温等受气象水文因素季节变化的影响不显著；④任一点的承压含水层厚度稳定不变，不受降水季节变化的支配。

2. 承压水的埋藏类型

综上所述，承压水的形成主要取决于地质构造。不同的地质构造决定了承压水埋藏类型的不同。这是承压水与潜水形成的主要区别。

在适当的地质构造条件下，无论是孔隙水、裂隙水，还是岩溶水，均能构成承压水。构成承压水的地质构造大体上可以分为两类：一类是盆地或向斜构造，另一类是单斜构造。这两类地质构造在不同的地质发展过程中，常被一系列的褶皱或断裂复杂化。埋藏有承压水的向斜构造和构造盆地，称为承压（或自流）盆地；埋藏有承压水的单斜构造，称为承压（或自流）斜地。

1) 承压盆地

每个承压盆地都可以分成补给区、承压区和排泄区。盆地周围含水层出露地表，露出位置较高者为补给区，位置较低者为排泄区，补给区与排泄区之间为承压区。在钻井时打穿上部隔水层，水即涌入井中，此高程（即上部隔水层底板高程）的水位叫做初见水位。当水上涌至含水层顶板以上某一高度稳定不变时，称为静止水位（即承压水位）；上部隔