

地下水的利用

中華人民共和國水利部農田水利局 編

水利出版社

地下水的利用

中华人民共和国水利部农田水利局 編

水利出版社

1958年3月

本書是根据 1956 年河北省石家庄地下水利用技术短期訓練班的講义，
采納并吸取了 學員的建議和各地的先进經驗，由水利部 农田水利局編写的。

全書共分三部分，包括了基本地質知識、水文地質調查、地下水利用
技术等內容，可作为水井技术干部工作中的參考。

地 下 水 的 利 用

編 著 者	中华人民共和国水利部农田水利局
出 版 者	水利出版社（北京西郊科学路二里溝） 北京市書刊出版業營業許可証出字第 080 号
印 刷 者	水利出版社印刷厂（北京西城成方街 13 号）
發 行 者	新华書店

213 千字 插圖 2 頁 插表 2 頁 850×1168 $\frac{1}{32}$ 开 8 $\frac{3}{4}$ 印張

1958 年 3 月第一版 北京第一次印刷 印数 1—1,800

統一書号：15047.129 定价 (10) 1.50 元

序 言

目前我国井灌的事業在普遍發展着，井灌地区主要分布在山东、河北、河南、山西等省；在陝西、甘肃、安徽、江苏、广东、福建、辽宁、吉林、黑龙江等省的少数地区，解放后也已开始發展了井灌，以弥补地表水的不足；在首都——北京郊区，利用地下水灌概农田和蔬菜已成为重要的增产措施。

到1956年年底全国各种灌溉用井已發展到830余万眼，水車200余万部，灌溉着近亿亩农田。比1949年前原有井灌面积1,400万亩增加了六倍以上。这个發展速度在我国井灌發展史上是从来没有过的。

根据各地調查井灌区粮棉作物的产量比旱地每亩增产1~3倍，甚至有高达10倍左右的。因此，农民羣众認為井灌是一項投資小、收益又大又快的、适于農業生产合作社举办的农田水利工作。我国井灌地区的農業生产合作社已把水井灌溉作为增产的主要措施。1956年为了取得井灌面积与農業生产需要相应的發展，各地根据中共中央1月23日全国農業發展綱要(草案)第十項“……要求从1956年开始在7年至12年内基本上消灭普通的水災和旱災。……”的指示，發动农民羣众，进行了农田水利规划运动。这一年全国打井440万眼，扩大澆地面积5,000余万亩，比1955年年底全国原有井灌面积3,000余万亩多一倍多。据初步統計，全国大約还有4亿亩左右的耕地需要靠地下水灌溉，約有10亿亩牧区必須依靠地下水解决畜牧用水問題，因而今后大力开发地下水的資源来满足農業、畜牧業供水需要，仍是一項艰巨的任务。

目前，各地在利用地下水、發展井灌中還存在着如下情況：

一、有一些農業生產合作社在打井時因為沒考慮到水文地質條件，所打的井質量不高，1956年全國打井450萬眼中有50%的井出水量不足，需要整修改造才能充分發揮工程效益；有10%的井成了廢井。

二、有相當多的井灌區沒有根據地下水自然情況布置井距，沒有恰當地利用不同深度的地下水源。有的井距太小，相互影響出水量，甚至在同時抽水的情況下發生地下水普遍下降的嚴重現象。

三、水利系統从上到下，缺乏水文地質和水井工程技術幹部，而且到目前為止，水井工程技術幹部還沒有來源。農民羣眾雖有丰富的打井經驗，卻又得不到總結提高。

四、有相當多的水利技術幹部和業務領導人員認為水井技術簡單，值不得研究。但現在從事水井工作的幹部却深深体会到水井工程技術及利用地下水的問題是一門十分複雜的科學技術問題。

水利部考慮到上述情況，為了解決水利技術幹部缺乏的問題，除了責成井灌地區各省水利學校設水井班以便在學校里培育一部分水井技術人員外，為了解決當前急需解決的實際困難，於1956年在河北省石家庄市開辦了193人的地下水利用技術短期訓練班。本書即是在訓練班講義基礎上，根據學員建議加以修改並吸取了各地先進經驗，經葛蔭萱、李家鉞等同志編成的。

目 录

第一部分 基本地質知識

第一章 普通地質基本知識	1
第二章 地貌及第四紀地質的簡單介紹	8
第一节 地貌的概念	8
第二节 第四紀地質	12
第三章 普通水文地質基本知識	16
第一节 岩石的物理性質、含水性及水在岩石中的狀態	16
第二节 地下水的物理性質、化學成分及水質評價	25
第三节 地下水的來源	30
第四节 地下水的分類	33

第二部分 水文地質調查法

第四章 水文地質測繪	45
第一节 水文地質測繪工作的目的和要求	45
第二节 水文地質測繪方法	46
第三节 水文地質測繪結果的整理	60
第五章 水文地質勘探	63
第一节 勘探工作的目的、要求和勘探綫的布置	63
第二节 鑽探中的水文地質觀測	65
第三节 鑽孔中水文地質觀測結果的整理	74
第四节 各種類型地下水的勘探方法	74
第五节 合理利用和開采地下水的辦法	96
第六章 抽水試驗	100
第一节 概述	100
第二节 抽水試驗的集水設備、抽水工具、人員配備	107

第三节	抽水試驗的觀測方法	11
第四节	資料整理与分析	122
第七章	水文地質的長期觀測与分析	131
第一节	設置長期觀測站的目的、任务及其布置方法	131
第二节	見測項目与觀測方法	138
第三节	觀測資料的整理	149
第四节	水均衡的研究	156

第三部分 地下水利用技术

第八章	水井规划(草稿)	164
第一节	水井规划的原則	164
第二节	基本資料的收集	165
第三节	规划意見和规划方法	168
第四节	对水井规划工作几个具体問題的意見	169
第九章	水井結構——怎样增加水井的出水量	173
第一节	水井的种类	173
第二节	筒井	178
第三节	管井	188
第四节	筒管井	207
第五节	联井	209
第六节	水井进水部分(或濾水管部分)直徑与水井出水量的关系	211
第七节	增加出水量的其他方法	213
第十章	保証水井質量和施工安全的措施	222
第一节	保証水井質量的措施	222
第二节	保証施工安全的措施	228
第十一章	井水灌溉技术	231
第一节	灌水前, 灌溉地区的平整工作	231
第二节	灌溉方法	234
第三节	灌水定額和灌溉定額	239
参考文献		249

第一部分 基本地質知識

第一章 普通地質基本知識

一、什么叫地質学，地質学研究的对象

地質学是研究地球的科学。地球本身在人类認識範圍內可認為是由三个圈組成的：①气体的——大气圈；②不連續的水圈；③固体的地壳——岩石圈。对地球的研究历来是將三个圈分开的：大气圈和水圈屬於地理学研究的对象；而岩石圈則是地質学研究的主要对象。所以說地質学是研究地球外壳——岩石圈以及它与其他两个圈相互之間的关系的科学。

二、岩石圈的組成

岩石圈按其所处深度和組成物質的不同可分为三个帶：

（一）橄欖帶 深自 1,200 公里到 100 公里，这一帶的物質組成可能是熔融的物質，至于真实情况現在尚未搞清；

（二）矽鎂帶 深自 100 公里到 20 公里，这一帶的物質組成亦尚在研究中；

（三）矽鋁帶 自地面至以下 20 公里深处，是地壳最外边的一帶，这一帶是由固体岩石組成的，現在地質学中研究的主要是这一帶，因为它与人类活动的关系最为密切。

三、什么是岩石，岩石的基本分类

(一) 岩石的意义 簡單講岩石就是一些物体組成的集合体。这些物体就是由許多化学元素組成的矿物，因此說岩石就是矿物的集合体。

(二) 岩石的分类

1. 火成岩 是埋藏在地壳深处的熔融物質——岩漿，由于它迅速冷却凝結的結果形成了岩石，更由于所处的深度不同，温度与压力也不同，故組成岩石的顆粒大小也不同。一般較深处的顆粒比較淺处的顆粒細。有时岩漿也可以噴出地表，形成較致密的岩石。

2. 沉积岩 它是由于矿物在水中、空气中的积聚作用所产生的，更具体一点說，沉积岩的形成是由于矿物的剝蚀作用、搬运作用、堆积作用而生成的。这些作用我們可統称其为外力作用，現在簡介如下：

剝蚀作用 这种作用对地形起着破坏作用，如在崗岩組成的山区往往能看到許多粗粒砂，这就是由于岩石露出地表，久經風吹日晒使坚硬的花崗岩逐漸变为松散的砂粒，这就是剝蚀作用的結果。

剝蚀作用由于作用的来历不同，还可分为三种：一种是風的剝蚀，叫作吹揚作用；一种是流水的剝蚀，叫作浸蚀作用；第三种是海浪的剝蚀，叫作冲蚀作用。不論是那种岩石，受到剝蚀作用之后都將成为碎屑物質。

搬运作用 所有經剝蚀作用而被剝蚀下来的物質（矿物、岩石、碎塊等），都可由風、流水、海水等帶到很远的地方去，这种作用称为搬运作用。

搬运作用由于搬运力的不同可分为風的搬运、河水的搬运以及海水的搬运。随着風速、流速的改变而堆积到一起，因此开始了堆积作用。

堆积作用 也可以叫作沉积作用。从水中、風中堆积下来的物質，經過膠結硬化形成沉积岩或是沒有膠結硬化而成为松散的沉积

物。平常我們見到河水或是雨水流过的地方都保存下来泥沙，經過相当長的年代和膠結硬化即成为沉积岩。除此之外，沉积岩也可以由动植物遺体堆积形成，例如有的石灰岩即是由于生物遺体的分解而使介質的化学成分有所改变，与溶于水中的鹽类起反应而成的化合物（当然石灰岩的成因不仅是这一种）。

沉积岩占地球面积的75%，但其深度一般不超过几百公尺，最大深度上万公尺。所以他只占地球重量的5%左右。由于它構成了地壳的表面，所以对研究地質学来講是很重要的。而沉积岩的研究，对水文地質来講是更为重要，因为沉积岩它可以是近代松散状态的沉积物，所有的顆粒处在一种互不相連的状态，因而有大量的孔洞存在。例如砂、礫、石等。这样的天然条件，就有利于水的存在与活动。所以說松散的沉积物對我們实际工作是具有很大的意义的。另外，沉积岩也可以是古老坚硬的岩石，最常見的砂岩、礫岩、灰岩、頁岩等，同样也有孔洞，但比沉积岩要少，对水文地質来講也是有意义的。

3. 变質岩 是火成岩在高温、高压影响下形成的一种与原来岩石不同的岩石。最常見的有石英岩、大理岩、片麻岩。

岩石的变質作用是一个非常复杂的问题，究竟这些岩石是什么时候形成的？为了使大家对岩石的生成时代有一个基本的概念，所以下边简单地介紹一下地質时代的問題。

四、地質时代的划分

（一）什么叫地層学 前面我們已經講过大气圈、水圈和岩石圈，在它們三个圈之間，存在着一定的关系；由于它們之間的相互作用，形成了各种不同的沉积岩，因此它們的組織成分等可以告訴我們它們的發展过程，例如：是海水沉积的、是潮水沉积的还是大陆上河水沉积的？并且它們里边常保存着古代生物的遺体化石（化石就是生物遺体經過若干万年后石化了，有的保存下来生物的模样，有的是保存着石質的形体），从这些化石的研究中，我們不仅可以

知道地球上生物的演化情况,同时还可以更清楚地了解当时的环境,如海陆分布及气候情况,地層学就是研究这些情况的一門科学。

研究地層的方法:一个是从層序上研究,当岩層沒变动时,一定是老的在下边,新的在上边,根据这个原則我們就可以确定它的程序;另一个是从生物發展上研究,时代越老生物發展的越簡單,时代越新生物越复杂,根据不同时代的地層里存在着不同的化石的道理,就有条件来区别地層的时代。

(二) 地質时代的划分 根据地層学和古生物学的知識,把地球的历史分为几个大的阶段,每一个阶段叫一个“代”。每一个代又分成几个較小的阶段叫作“紀”。紀下还可分为統。这里要指出一点,“代”名是按生物發展的情况定的,有古生代、新生代之称;“紀”名一般是按地名定的,也有的是按地層性質定的。

以中国的具体情况为例,列表說明时代的划分如下(見表1-1)。

表 1-1

代 (界)	紀 (系)	世 (統)	距离現代 年 数 (百万年)	主 要 特 点
新生代	第四紀	全新世 更新世	58	地球表面具有現在的輪廓与其形势
	第三紀	中新世 漸新世 始新世		第三紀始哺乳动物發育, 第四紀有人类, 第四紀主要是松散的沉积物
中生代	白堊紀		182	} 沉积岩为主, 爬行动物發育
	侏罗紀			
古生代	三迭紀			} 沉积岩为主, 生物逐漸發育, 如魚类、兩棲动物
	二迭紀			
	石炭紀			
	泥盆紀			
元古代 太古代	志留紀	数百万年		} 主要是变質岩, 沒有生物
	奥陶紀			
	寒武紀			
	震旦紀			
	泰 山	数千百万年		

所有这些地層在我們中国的發育，南方和北方是不同的。但需指出一点，我們搞地下水工作的人最感兴趣的是第四紀地層，这一点在以后还要介紹。

當我們研究地質时代划分的时候，一定有一个問題提出来：这些岩層是否都是整齐的？显然，从平日我們見到的各种各样的岩層来看并不是那么整齐一致的。那么，又是什么原因使得它不整齐呢？为了解答這個問題，下边想討論另一个新的問題，即地壳的变动問題。研究地壳变动这門課叫構造地質学。

五、構造地質学

（一）地壳运动 構造地質学研究的对象主要是着重在地球的地壳部分，它是研究地壳的各种構造运动的。構造运动包括地壳的“升降运动”、“折曲运动”、“断裂运动”及“岩漿活动”。由于地壳的运动，使得岩石發生了折曲、节理、斷層等地質構造現象。

（二）地壳的升降运动 地壳的升降运动是不間断的，直到現在地壳还是繼續在运动。現在單就地壳的升降运动对地層的影响来講一下。由于地壳升降幅度的大小不同，所以沉积岩的厚度也不同。又因为地壳局部地区升出海面，所以不能有海水沉积，但这些陆地却可能有河流沉积，一旦这个地区下降到海面以下則將有海水沉积。这即是說，虽同是一个地方，由于岩石性質与厚度因時間不同、条件不同，地層也会是不同的。另外，由于地壳的升起，可能引起沉积的間断，这样就造成这个地区在某一个时期是缺少地層。陆地升起后，不但沒有海水，地表水也沒有，而且处于較高的地方，由于風吹日晒不但沒有沉积，反而会往下剝落，而以后如果下降了，則会有沉积，所以有的地方是連續的，有的地方是不連續的。連續沉积的地層就叫作整合关系；不連續的地層，也就是中間有間断的，就叫作不整合关系；有过强烈变动，使岩石發生傾斜現象的叫作斜交不整合（或不整合）；有的沒有發生斜交，則叫平行不整合。依此，我們可以判断某一个地区地層發育的情况。

(三) 岩石層位的破坏 未被破坏的岩石層位應該是近于水平的，或是水平順序迭累的。实际上我們在野外看到的并不完全是这样，而是有傾斜，有的弯曲，有的破裂，而且也有層位移动的。这是由于正常層位被破坏的結果。下边我們就順序討論一下正常層位的变化。

1. 傾斜岩層 这是正常岩層被破坏后最簡單的一种形式，由于它向一个方向傾斜，所以就叫作傾斜岩層。我們为了知道这种岩層究竟向那一个方向傾斜，向那一个方向延長以及它傾斜的角度有多大，总地来講也即是它所占空間位置是怎样的。所以我們要了解确定所以形成傾斜的几个因素：

(1) 走向 即岩層的傾斜面与任一个水平面相交的这条綫叫走向綫，这个延長方向就是傾斜岩層的走向；

(2) 傾向 垂直走向的傾斜方向就是傾向；

(3) 傾角 傾斜岩層面与水平綫所成的角度。

我們了解了这三个要素以后，就可以用地質罗盤来进行測定工作了。

2. 折曲变动与断裂变动 前边已經提到过，由于地壳的运动使得岩層产生了变形和变位，即是产生了折曲、节理和断裂。

(1) 折曲 岩層产生弯曲的形狀时，必須有傾斜，而且兩边的傾斜方向不同。如果是兩側岩層相反的向外傾斜，中部向上凸起，就叫作背斜；如果是兩側相向的向内傾斜，中部向下凹陷，就叫作向斜（圖 1-1）。無論是背斜或向斜，它的組成部分基本上都是核部和兩翼。由于構造形式不同，核部与兩翼的岩層出露也不同。例如背斜的核部是老岩層，而兩翼部分是新岩層；向斜則恰恰相

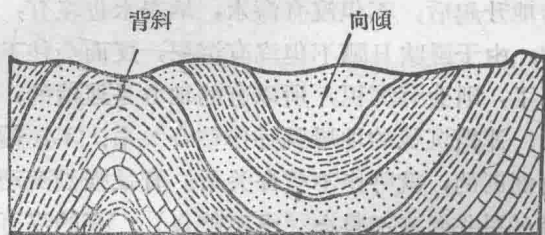


圖 1-1 折曲構造

反，核部是新的，兩翼是老的。折曲种类还很多，不一一介紹。

(2) 断裂 岩層的断裂有兩種形式：一种是岩層經過小的破坏發生断裂，但并没有显著的移动，这就叫作节理；而有显著移动的就叫断層。現分別介紹如下：

节理 当岩石受力以后發生裂縫，而裂縫是比較均匀地产生在岩石中时，即称为节理。它可以是水平的，也可以是弯的，也可以是任何角度傾斜的。节理長为几百公尺至几千公尺。其种类很多，对地下水存在的意义是很大的。

断層 前边已經講过，岩層断裂之后有显著的移动的就称为断層。断層有一个錯动面，把岩石分割成兩塊，这两塊岩層沿着这个面作相对运动。这个面叫断層面。它可能是直的，也可能是弯曲的，但多数是傾斜的。断層面的上部叫作上盤，断層面的下部叫作下盤。断層面与地表的交界綫叫断層綫，它随着断層面的形狀变化，也可能是曲綫。最常見的断層有下列两种类型（圖 1-2）：

(1) 正断層 即是上盤下降的断層；

(2) 逆断層 即是上盤上升的断層。

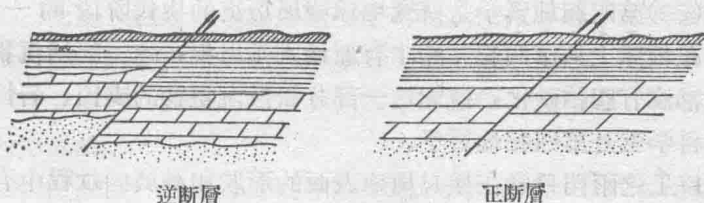


圖 1-2 断層的类型

我們应当很重視对断層的研究，因为它可以成为地下水的通道，同样也可以成为地下水的隔水板。

第二章 地貌及第四紀地質的簡單介紹

第一节 地貌的概念

一、定 义

(一)地貌学是地質学和地理学之間的一門科学。它研究的对象是現代地壳表面形狀(包括海陆)和这种形狀生成的原因、發展的方向等。它和地形学不一样,地形学只研究地表的形狀,而不研究其成因,比如同样是一个山,在地形学上只研究山的高低、坡度陡緩的情况,而在地貌学上除了上面的內容外,更重要的是要知道这个山是怎样生成的?什么时候生成的?現在的活动如何?

(二)第四紀地質学是研究地球發展历史的現代阶段的一門科学。在地球上从第四紀开始才有原始人类出現,这一紀所沉积的沉积物都沒有膠結硬化,研究这一部分松散沉积物的成因、岩性、时代的科学就是第四紀地質学。

以上这两門科学在探討地球表面的形狀和發展的过程中有密切的关系,例如对河流阶地的研究,要决定地貌的成因和时代,首先就应当了解組成这种地貌單元的岩性的成因和时代;反过来看,要是确实知道了地貌形态形成的先后次序,就可以推知組成該地貌單元岩石生成的先后次序。

二、地貌学及第四紀地質学对水文地質学的意义

在实际工作中已經証明,若是地貌条件不同、含水層的岩性和

埋藏条件也不同，地下水的埋藏深度、流动的速度、地下水的补给来源和排泄也就不一样。比如大家知道井应当打在什么地方，这种经济也就是根据地貌、第四纪地质条件决定地下水存在的原理判定的，因为在一定的地貌、岩性条件之下，就有一定的水文地质条件，现在举下面两个普通的现象作为例子。

例1. 在大河上游山区有很多很深的沟谷，地下水的含水层都在谷壁上露出，若有雨水不断渗入，地下水就会不断排出，在这种情况下，地下水的矿化度便不会很大，也就是说这些水一般都是甜水，不会是苦水。

例2. 在河流中上游河谷两岸，含水层一般都是较粗颗粒组成的，因此和上面的情况一样，水渗进来之后很快就渗到河里去了，因此，这一区的地下水也是甜的。在河流下游，岩性和地形都有变化，因此，地下水的生成条件也会随之发生变化。

三、地貌景观的主要类型

在一定的范围以内，由于同样内力或外力作用造成的一种完整的地貌形态就叫地貌景观。其主要类型可以分为下列四种：

(一)山区 它是由于造山运动形成的，但其后期可能又遭到外力作用的破坏，使山的高度和形状发生变化；

(二)平原区 其形成的重要原因是造陆作用及外力不断堆积或剥蚀而形成的；

(三)滨海区 是由海浪的冲蚀作用以及沉积作用而形成的；

(四)海底区

现只介绍与我们工作地区最密切的下列两种景观：

1. 山区的地貌 研究方法应首先按成因分类，然后再按形态、高程分类。现在把三种分类介绍如下：

(1)按成因分类 根据地质构造可分为两大类：

断块山 是块状断层的简称。是由于地壳运动使地层产生断裂之后，有升有降造成高低不平的山地地形。

褶皱山 由于地壳發生褶皱运动而高低不平的山地地形。

(2)按形态分类 按山頂、山坡的外形可分为下列几种:

圓頂山 山坡是凸出来的,表面近于圓形,是長期風化剝蝕作用造成的;

尖頂山 山頂很尖,山坡是直的,是一个有着强烈冲刷的地区;

平頂山 山頂是平的(少見),山坡凹进去是由于强烈的上升和冲刷作用形成的。

实际上,野外看見的山很少有典型的某种山,但不論怎么变化也不外乎这三种基本类型。

(3)按高程分类 把所有的山分为以下三种:

低山 相对高差每2公里內为175~350公尺,是遭受强烈風化的地区;

中級高山 相对高差每2公里內为350~1,000公尺,形成年代在低山及高山之間;

高山 相对高差每2公里內达1,000公尺以上,一般都是晚期造山运动形成的,还没有經過長期的外力作用,但这是目前外力割切最强烈的地区。

2.平原区的地貌 研究和分类的方法与山区的地貌研究方法相同,根据平原和海平面的高差(高程)、平原的外貌和平原的成因进行分类:

(1)按成因分类 根据外力和內力两种不同的造陆作用,将它分为两种基本类型:

a.外力平原 不同的外力作用造成下列不同的外力平原。

堆积平原	{	湖积平原——組成物質多为湖的沉积物。
		河流冲积平原——組成物質是河流冲积物。
		山前洪积平原——組成物質为洪积物。

剝蝕地形——主要是風化剝蝕而成。

但实际情况中,平原的形成是在堆积和風化剝蝕的共同作用之