

《水与人类》丛书



3108

奇妙的地下水

朱 济 成



《水与人类》丛书

奇妙的地下水

朱 济 成

水利电力出版社

《水与人类》丛书

奇妙的地下水

朱济成

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 2.625印张 54千字

1986年9月第一版 1986年9月北京第一次印刷

印数0001—3020册 定价0.51元

书号 15143·6132

内 容 提 要

这是一本阐述地下水基本知识的科普读物，书中深入浅出地介绍了地下水的来源、性质、功能和重要性，介绍了超量开采地下水造成的严重危害，提出了合理使用和保护地下水源的方法。

本书可供具有初中文化程度的广大青少年、水利工作者以及农村基层干部和地学爱好者阅读。

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利，开发、利用和保护水资源，为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识，让更多的人了解和掌握水利科学技术，也是两个文明建设的内容之一。为此，针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要，分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新，掌握一些现代科技知识，并使水利科技成果更广泛地得到推广应用，尽快地形成生产力；为了使广大农村水利工作人员，掌握一些实用的水利基础知识，并应用于生产实际；为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史，介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用，激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业，我们组织编写了七套水利科普丛书。包括：《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时，力求做到以思想性和科学性为前提。同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足，书中可能存在某些不妥和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

一九八四年七月

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员 史梦熊

副主任委员 董其林

委 员 丁联臻

田 园

杨启声

沈坩卿

汪景琦

赵珂经

谈国良

曹述互

颜振元

王万治

李文治

张宏全

陈祖安

郑连第

茆 智

徐曾衍

曹松润

史梦熊

酆凤山

张林祥

陈春槐

郭之章

陶芳轩

蒋元骧

董其林

(以姓氏笔划为序)

前 言

水是人类社会非常重要的资源之一。人可以连续几天不吃食物，但是不能连续七天不饮水。人体组织的 $\frac{2}{3}$ 以上是由水分构成的，一个人每天要饮用3公斤左右的水。工业生产也离不开水，工业用水一般占城市用水量的80%左右。每生产1吨钢平均需水200多吨，生产1吨烧碱需水100多吨，生产1吨石油化工产品、1吨纸或1000度电需水约200~500吨，生产1吨人造纤维需水1200~1800吨。农业生产需水量更大，每生产1吨谷物平均需水450吨，生产1吨甘蔗需水约1800吨，生产1吨肉类需水高达31500吨。由此可见，无论是人们生活还是工农业生产都离不开水，而且需要质地优良、数量可观的水。

地球上究竟有多少水呢？根据科学家的计算，地球上水的总量大约是140亿亿吨，如果把这些水平均分布在地球表面，那么，每平方厘米地球表面上可以分摊到274公斤水。这些水储藏在哪里呢？我们知道，地球上无边无际蔚兰色的海洋，占据了地球上总水量的97%以上，大体有137亿亿吨。海洋水数量虽多，但是又苦又咸又涩，不能直接供人们生活与生产之用。在南北两极和高山上，有大量的冰盖、冰川与积雪，水量约有2.9亿亿吨，占地球总水量的2.1%。在离地面5~16公里以内的大气层中，又有以水蒸气、雨、雪、冰雹组成的大气水，水量有12.9万亿吨，约占地球总水量的0.001%。在陆地上，分布着众多的江河湖泊。乍看起来，

江水滔滔不绝、湖水茫茫无际，但是实际上地球全部江河湖泊的水量只有220万亿吨，约占地球总水量的0.017%。

除此之外，在地球上，不论是河渠纵横、雨水充沛的潮湿地区，还是河干地裂、雨水稀少的干旱沙漠地区；不论是广阔无垠的平原，还是峰峦连绵的山脉丘陵；也不论是靠近地面的地层中，还是地下2公里多的深处，人们都可能见到沟谷岩石裂缝中渗出的流水、山崖老树根底下流出的涓涓细泉，砖砌井壁深处粼粼闪光的水面，平原钻井中喷出的水柱，沙漠地带地下水槽中涌出的清凉水流。它们构成了形式多样、奇异多彩的另一种水源——地下水。由于人们不能直接看到地下水埋藏的地方，所以它们往往被形象地比喻为“无形的水源”、“地下海洋”或“地下水库”。它们的水量也很可观，其数量可达8300万亿吨，约占地球总水量的0.59%，虽比不上海洋的水量，但却是江河湖泊水的数十倍。我国的地下水资源量每年可达8000亿吨，约占我国年淡水资源总量的1/4。由此可见，地下水具有举足轻重的地位。

奇妙的地下水埋藏在什么地方？它是从哪里来的？它有什么性质和特征？它有哪些类型和功能？超量开采使用地下水有什么危害，会产生什么严重后果呢？怎样合理开发利用地下水和保护地下水资源？这些问题就是本书所要介绍的主要内容。

在本书的编写、审定过程中，施鑫源同志详细审阅了全书，并提出了很多宝贵的意见；孙鹏同志精心为全书配制了插图，编著者特此表示谢意。

目 录

序

前 言

一、 无形的水源.....	1
来去需判明.....	1
种类知多少.....	6
出露不一般.....	11
水质甘又醇.....	15
清泉何处寻.....	16
二、 奥妙功用多.....	21
城乡生命线.....	21
沙漠变绿洲.....	22
无煤可取热.....	26
温泉保健康.....	31
水中有矿产.....	35
三、 超采定成灾.....	37
水位往下降.....	37
清泉闹枯竭.....	40
地面渐下沉.....	41
海水侵井泉.....	45
水质能恶化.....	48
四、 水源需保护.....	54
管理应及时.....	54
细水可长流.....	56

水源能调剂.....	60
水质要防护.....	68
水好须珍惜.....	71
结束语.....	72

一、无形的水源

来 去 需 判 明

埋藏在地壳中、人们不能直接看见的地下水是从哪里来的呢？它们又流到哪里去了呢？有这样两句话说得好：“地下的水，天上来”、“水流千转归大海”，形象地概括了地下水的来源与去向。我们知道，海洋河湖等地表水在阳光照射下，受热蒸发；大量的植物在蒸腾水分；动物也在排泄和挥发水分，这些水分都变成了水蒸气，进入大气层。水汽上升随气流转送陆地上空，并在运移过程中遇冷凝结为极细小的水滴形成了云，云在适当的条件下就变成雨、雪或冰雹降落到地面。

降落地面的雨水，其中一部分经过蒸发又回到天空；另一部分降落到江河湖海里，最终又汇聚到海洋中；还有一部分通过岩土空隙渗入并贮存到地下岩层中，从而形成了地下水。地下水的一小部分，以泉水的形式溢出地面，绝大部分以地下径流的方式，用极缓慢的速度，从高处往低处流入湖泊、河流和海洋，又变成地表水（图1）。另外，在沙漠地区的夜晚，因为气温极低，空气中的水蒸气也可以在砂土中直接凝结成小水珠，许多水珠聚集起来渗入沙漠下面，就形成了地下水。如果沙漠附近有高大的冰山雪岭，那么夏季高山融化的冰雪水也会下渗到附近沙漠里而形成地下水。当

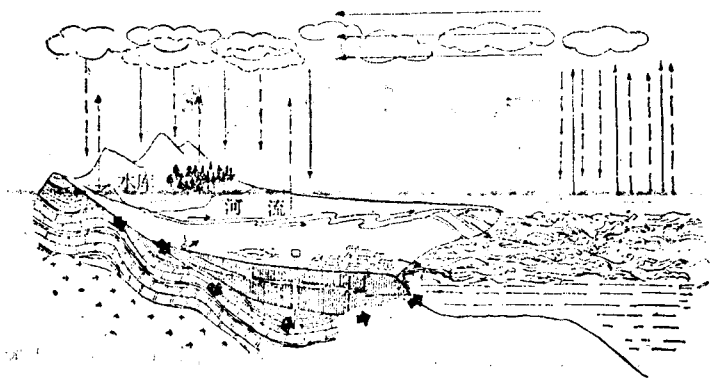


图 1 自然界水的循环

然，在地球深处炽热的岩浆入侵地壳后，在其逐渐冷却过程中，分离出来的气体和水汽遇冷凝结，也能直接化合成温度较高的地下热水，但是数量极少。

地下岩层为什么能贮存水呢？什么样的岩层才有贮水性呢？岩层贮水性能有大小吗？这得从岩石的种类谈起。某些岩石的性质人们是熟知的，如花岗岩坚硬，常做碑石材料；石灰岩由极纯的碳酸钙组成，常用来烧炼石灰；大理岩质地细密、光滑，常用来装饰地面和墙壁。这三种岩石代表了组成地壳的三大类岩石——岩浆岩、沉积岩和变质岩。岩浆岩又叫火成岩，是地球内部灼热的岩浆侵入地壳或者喷出地表，慢慢冷却凝固而形成的，如花岗岩等。沉积岩又叫水成岩，是在久远的地质年代里，主要由海洋、河流或湖泊中的泥沙和溶解物质沉积固结而形成的，如石灰岩、砂岩、页岩等。岩浆岩和沉积岩受到地壳运动或岩浆侵入的影响，在高温、高压等作用下，改变原来的成分和结构而形成的另一种岩石，我们叫它变质岩，如大理岩等。有些晚近形成的沉积

物，如卵石、砾石、砂子、粘土等，这些还没有胶结成坚硬的岩石，又叫作松散岩层。如果卵石、砾石与砂子已经被胶结成坚硬的岩石，则叫作砾岩。

松散岩层中，卵石、砾石和砂子之间保留了又大又多的孔隙，水很容易下渗，所以透水性良好。而粘土层是由极微小的颗粒组成的，虽然也有孔隙，但孔隙又细又少，往往互相连在一起，形成极微小的毛细管，水在其间被紧紧吸住，很难向下渗入，透水性就差。一般来说，沉积岩中的砂岩，松散岩层中的卵石、砾石与砂层等透水性较好(图2a)，能贮存较多的水；而沉积岩中的粘土层和页岩，还有坚实的岩浆岩、变质岩等透水性很差，几乎不能贮水。我们把贮存在松散岩石孔隙中的地下水，叫作孔隙水。

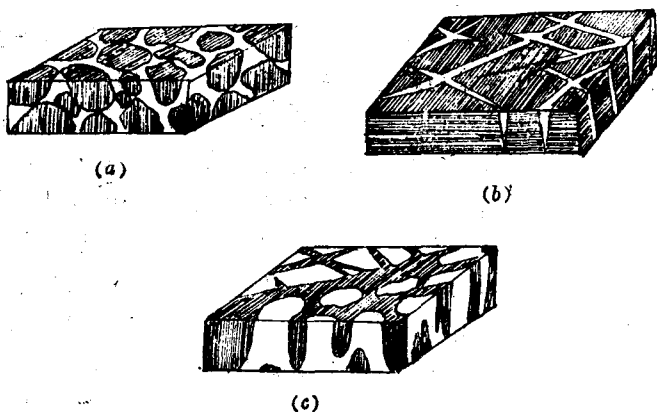


图 2 各种岩层的孔隙、裂隙与溶洞

在地壳长期运动的过程中，因为岩石受到各种自然力的作用，如岩浆岩在岩浆凝固过程中的体积收缩；各种岩石生成后受到常年的风吹、雨淋、日晒等作用，都可产生裂隙

(图2b)。岩石的裂隙越大越多，岩石的透水性就越好。如果在岩浆岩、变质岩和其它沉积岩地区，具备这些自然条件，就能发育很多的裂隙，因而这些地区往往能找到丰富的地下水。贮存在岩石裂隙中的地下水，叫作裂隙水。

具有侵蚀性的水流（如含有大量二氧化碳的降雨、地表水与地下水），会对可溶性岩层，如卤化类岩石（食盐、钾盐、镁盐等）、硫酸盐类岩石（石膏等）及碳酸盐类岩石（石灰岩、白云岩、大理岩等）进行化学溶解和机械破坏，使出露地表的这类岩层生产石林、孤峰、落水洞、波立谷等；使隐伏在地下的这类岩层产生溶孔、溶洞、暗河等，我们把这些现象，叫作岩溶作用。溶洞、溶沟和洞穴往往很大，能把大量的降水、地表水与别处流入的地下水贮存起来，从而形成了岩溶水（图2c）。但是，由于碳酸盐类岩石的分布最广泛，绝大部分的岩溶作用均发生在此类岩石中，因此，通常所说的岩溶水主要是指贮存于碳酸盐岩石中的地下水。

各种岩石的透水程度不同。我们把卵石层、砾石层、砂层、有溶洞的石灰岩以及裂隙发育的岩浆岩与变质岩等透水性较好的岩层，叫作透水岩。而把粘土层、无裂隙与孔隙的花岗岩、大理岩等透水性不好的岩层，叫作不透水层。如果透水层下面有一层相对来说不透水的岩层，那么进入这个透水层中的雨水等就会停留下来，进而充满整个含水层，形成了地下水。这个充满水的透水层就叫作含水层。而相对来说不透水的岩层，由于它起了阻挡地下水渗透和流动的作用，就叫作隔水层（图3）。地壳就是由各种透水的和不透水的岩层组成的。透水层和不透水层往往相间成层或彼此交错。每个岩层，尤其是含水层的厚度及其分布范围，在各地区是各不相同的。所谓地下水也就是积聚和贮藏在地下岩石孔

隙、裂隙和溶洞中的水，它是由各个地区许许多多断断续续的地下水体共同构成的。

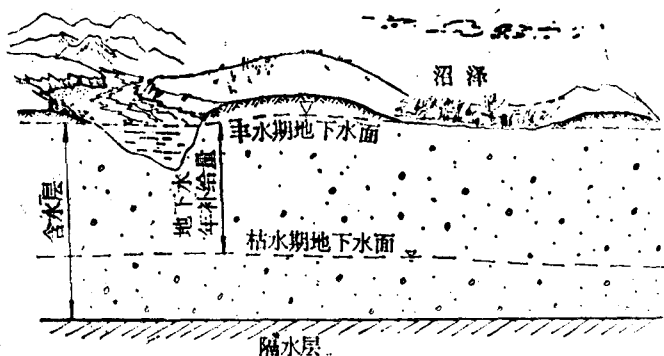


图 3 含水层与隔水层

地下水是地球上重要的液体矿产资源，这种矿产不同于金、银、铜、铁等金属矿产，也不同于煤、石油等非金属矿产。金属和非金属矿产是在长期地质过程中形成的，它们需要数百万年乃至数十亿年，才能形成这种矿产的储量，随着人类的开采使用正在日见减少着。而人类每年所开采消耗的地下淡水，只占地球上淡水总量极小部分，并往往在当年就能够得到补给和恢复。大气降水是很多地区的地下水的主要补给源，因而地下水具有年度周期性变化的规律。旱季地下水位下降，雨季地下水位上升，这已成为检验地下水资源量的一个重要标志。以冰川融雪水为主要补给来源的地下水，也有类似的年度补偿特征。枯水季节，地下水位下降，地下水量减少，是地下水枯水期；降雨季节或冰雪融化季节，地下水位上升，地下水量增加，是地下水丰水期。每年丰水期较枯水期因水位上升所增加的水量，叫作地下水的年

补给量。只要我们科学合理地开发利用地下水，使每年的开采量与补给量保持平衡，就能使地下水“取之不尽，用之不竭”。以年为周期的补偿性液体矿产资源的这种优越性，是其它任何矿产资源所望尘莫及的。

种类知多少

根据埋藏的方式，地下水主要分为潜水和承压水两大类。从地面向下渗透的水，如果遇到了粘土等隔水层，挡住了下渗的道路，它就会聚集在这个隔水层之上。这种埋藏在地面以下第一个隔水层上面的地下水，具有自由水面，叫潜水或无压水。充满于两个隔水层之间的含水层中的水，往往具有一定的压力，所以叫承压水或自流水（图4）。

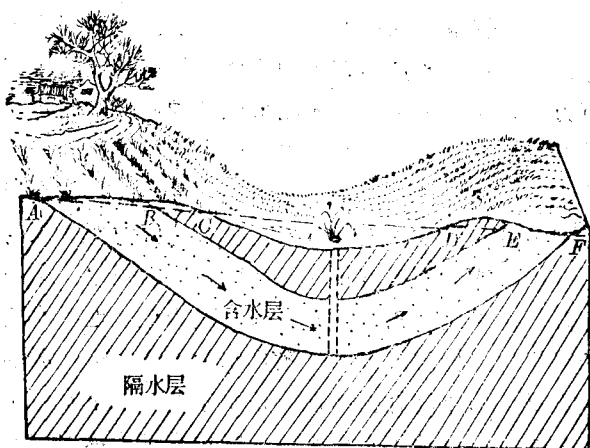


图4 潜水与承压水

AB—补给区，BE—承压区，EF—排泄区，CD—自流区

潜水在自然界中分布最广，由于潜水含水层上面一般不存在隔水层，所以在潜水分布范围内，都可以直接接受大气降水、地表水与凝结水的补给。潜水有一个自由水面，该自由水面上处处保持一个大气压力，称为潜水面。一般来说，高地上潜水面距地面的深度，要比平原或低洼的地方深得多。在重力作用下，潜水由位置高的地方向位置低的地方缓慢下降运动，从而产生了潜水径流。在潮湿多雨的丰水季节，潜水得到补给，潜水面随之上升，含水层厚度加大，埋藏深度变小，甚至露出地面，使地面沼泽化或浸没。而在干旱季节，潜水不断蒸发消耗，潜水面下降，含水层变薄，埋藏深度加大。我国西北黄土高原地区，潜水埋藏比较深，一般在地下50~80米；而东部平原的长江下游地区，潜水埋藏较浅，深度一般只有3~5米，甚至更浅。

承压水含水层与上部隔水层接触的界面叫隔水顶板，与下部隔水层接触的界面叫隔水底板。顶、底板之间的距离为含水层厚度。同一地段往往可以有几层承压水同时存在。比如，第一层承压含水层隔水底板下面，有第二层承压含水层，在其隔水底板下面又有第三层承压水含水层，等等，这样可以多达几层至十几层。承压水主要通过含水层出露地表的地方（这里的水实际上已转为潜水）获得大气降水、地表水与凝结水的补给。承压含水层出露地表的地区叫补给区，不出露的地区叫承压区。当顶底板为弱透水层时，它还可以通过弱透水层，从上部或下部的含水层获得补给（图5）。如果补给区位置较高，水由补给区进入承压区，受到隔水顶底板的限制，使含水层充满水，并使水承受压力，含水层中的水将以一定压力作用于隔水顶板。也就是说，当含水层中都充满了水的时候，含水层中的水就象自来水管中流动的水一样，具有一