



地质环境监测院 编
地质出版社

地下水知识漫谈

主 编 高存荣

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

地下水知识漫谈 / 高存荣主编. -- 北京: 地质出版社, 2016.9

ISBN 978-7-116-09984-5

I. ①地… II. ①高… III. ①地下水—问题解答
IV. ① P641.13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 225882 号

DIXIASHUI ZHISHI MANTAN

责任编辑: 林 建 陈 阳 朱晨光

责任校对:

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 66554528 (发行部); (010) 66554577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554577

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 889mm × 1194mm $\frac{1}{24}$

印 张: 4

字 数: 30 千字

版 次: 2016年9月北京第1版

印 次: 2016年9月北京第1次印刷

定 价: 28.00元

书 号: ISBN 978-7-116-09562-5

(如对本书有意见或建议, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

《地下水知识漫谈》

编委会

主 编: 高存荣

副 主 编: 刘文波 林 建

参编人员: (以姓氏笔画排序)

朱晨光 孙 璐 李志明 李 聪 陈 阳

陈时磊 邰托娅 郑跃军 赵 凯

前言

水是万物生命之源，是人类赖以生存和发展不可缺少的最重要的物质资源之一。人的生命一刻也离不开水，水是人生命所需要的最重要的物质。在地球上，哪里有水，哪里就有生命。一切生命活动都是起源于水，都离不开水，所以说没有水就没有生命。

水不仅是人类生存的物质基础，同时也是工农业的血脉，也许有人会说，水是生命之源，而大多工业产品都是没有生命的，为什么工业也离不开水呢，这是因为水参加了工矿企业生产的一系列重要环节，特别是现代工业中，没有一个工业部门是不用水的，也没有一项工业不和水直接或间接发生关系，如：制造1吨钢，大约需用25t的水；制造1t纸需用大约450t的水；还有更多的工业是利用水来冷却设备或产品的。在农业方面，所有的农作物，都是靠水来维持其生命和生长的，如果没有水，作物和植物就不会生根、发芽、生长、结果实等。

地球上真正可供人类利用的淡水资源是十分有限的，地下水资源则更少，由于受其存储空间和更新缓慢所限，并不是取不完，用不尽的。为此，我们特意编写了这个《地下水知识漫谈》，其目的是普及地下水方面的相关知识，让更多的人了解地下水的来源、功能和它的重要性，以及过量开采地下水的危害，如何防止地下水污染、保护地下水环境，以达到珍惜水资源、节约用水、爱护地下水、合理利用地下水的目的。在编写过程中作者力求通俗易懂，但是，由于水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

除特别注明外，本书使用的卡通示意图均为我们请专业绘图人员自己绘制；书中的其他图片多来自wik:pedia, fellgrafix.ocm等外文网站以及中文网站，文中就不一一注明。

目录

地球是一颗蓝色的水球吗.....	1	沙漠的下面也很干吗.....	37
地球上的水是怎么循环的.....	5	地下水去了哪里.....	41
渗入地下的水储存在哪里.....	9	坎儿井是怎么回事.....	43
水在土壤、岩石中的存在形式有哪些.....	11	泉是怎么形成的.....	47
渗入地下的水都是地下水吗.....	12	如何寻找地下水.....	55
地下水有多重要.....	15	温泉是怎么形成的.....	59
地下水相比地表水有哪些优点.....	17	地下水有什么颜色、气味和味道.....	63
地下水位随地形和季节如何变化.....	19	地下水中的化学成分都是怎么来的.....	69
地下水中有鱼吗.....	21	地下水是怎么被污染的.....	73
什么是含水层和隔水层.....	23	地下水污染有哪些危害.....	77
什么是潜水和承压水.....	29	我们可以为防治地下水污染做点什么.....	79
地下水流得有多快.....	31	过度开采地下水有哪些危害.....	81
地下水从哪里来.....	33	我们会用尽地下水吗.....	87

地球是一颗蓝色的水球吗

我们没有完全弄明白地球上水的来源，但它们至少已经在地球上存在了 38 亿年。

我们每天喝的、用的、习以为常的水到底是怎么来的呢？科学家对地球上水的来源这个问题有三种说法：彗星说、陨石说和内生说。

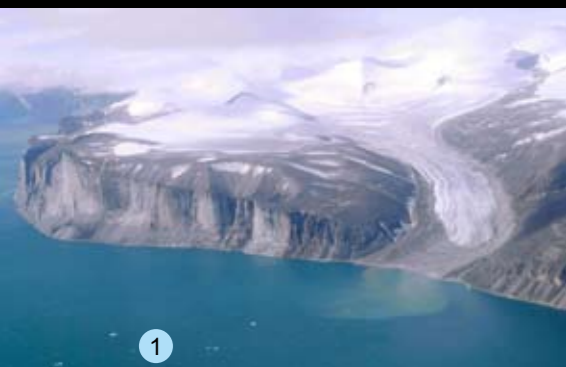


彗星

陨石说：后期重轰炸事件中，作乱的不仅有彗星，还有行星的碎片——陨石。其中有一种叫碳质球粒陨石，含水度高达20%，而且水的化学组成与地球上的水一样。因此，越来越多的人认为地球上的水是碳质球粒陨石带来的。



碳质球粒陨石



1

巴芬岛

彗星说：40~38亿年前，地球曾遭受过一次惨烈的“挨打”事件——后期重轰炸。当时，一颗又一颗的彗星撞上地球，而彗星中含有大量水分。所以人们一直以为正是这次大规模的彗星撞击给地球带来了水，但之后的研究表明地球上的水和彗星上的水化学组成不同。

内生说：2014年，科学家在加拿大巴芬岛上有了新发现——一些从地幔翻搅到地表的深部玄武岩中含有水分，这些水分的年龄几乎和地球年龄一致。这似乎说明地球在诞生的时候就将太阳系中的一些水分“抢”了过来。我们现在用的水可能是这些古老的水分随一次次的火山喷发来到地表的。



我们的星球

我们暂且不管地球上的水到底是怎么来的，如果你有幸从太空望向地球（渐渐地，这样的机会将不再千载难逢），顺便再瞧几眼另外几颗邻近的行星，你一定会惊叹：地球是一颗多么美丽的蔚蓝色星球啊！也难怪，地球表面积的70%以上都被蓝色的海洋覆盖，它也是太阳系内唯一被液态水包裹的星球。但是，我们看到的只是表象，可不要以为地球是颗水汪汪的水球哦！

2



地球的内部结构示意图

其实，地球并没有我们想象中的那么湿润，它不是一颗水球。我们知道，地球的平均半径是6378km，地壳的平均厚度是17km，而地球上所有海洋的平均深度只有区区3.2km。这意味着海水只是它表面上薄得不能再薄的一层水膜！如果地球是个苹果，那么这层水膜比苹果皮还要薄。

哪怕就是这样薄的一层水膜，却“豪饮”了地球上96.5%的水。也难怪，海洋在地球表面无边无际地铺展，大陆只是那29%的幸存者而已。然而，海水中溶解了各种盐分，若把海水蒸干，海底将堆积起60米厚的盐层，这的确太咸了点儿。事实上，我们日常生活中所依赖的是一些很少的淡水，它们不足地球全部水量的1%，存在于河流、湖泊以及地下。而且，不管你信不信，就在这些我们赖以生存的淡水中，有98.5%以地下水的形式聚集在我们脚下的岩石、土壤中，而河流、湖泊中的水其实只占1.5%。



这是南极大陆，它95%以上的面积被厚度达2000m的冰雪覆盖，局部冰层厚度达到3000m，素有“白色大陆”之称。南极洲是地球上水资源最丰富的大洲，地球上70%的淡水都在这里“冻成”冰川和冰帽，对此我们只能望而却步。

地球上的水是怎么循环的

地球自身的独特性，以及在太阳系里的好位置，是地球上水循环的关键原因。



牛顿的苹果

我们的地球体积和质量适中，给了地球万物一个刚刚好的引力常数（物理学上叫“重力加速度”，数值近似等于 9.8m/s^2 ），使我们拥有了太阳系独一无二而又得天独厚的重力特征。牛顿头上的苹果往下掉得有多快，苹果砸到他脑袋上有多疼，都是这个重力特征决定的。这样的重力条件可能使地球在38亿年前牢牢地抓住了水蒸气，而不像在月球上那样白白散失掉。在地球的吸引下，河流、冰川都会由高处流向低处，空中的雨滴、雪花与冰粒就会下落。当然，如果地球上的水都往下掉，那就形不成什么循环了。重力有一个“天敌”——浮力，正是因为浮力的作用，水蒸气才能从地表上升到空中，直到冷凝后在重力作用下再次下落。这就是水能循环的第一个方面。

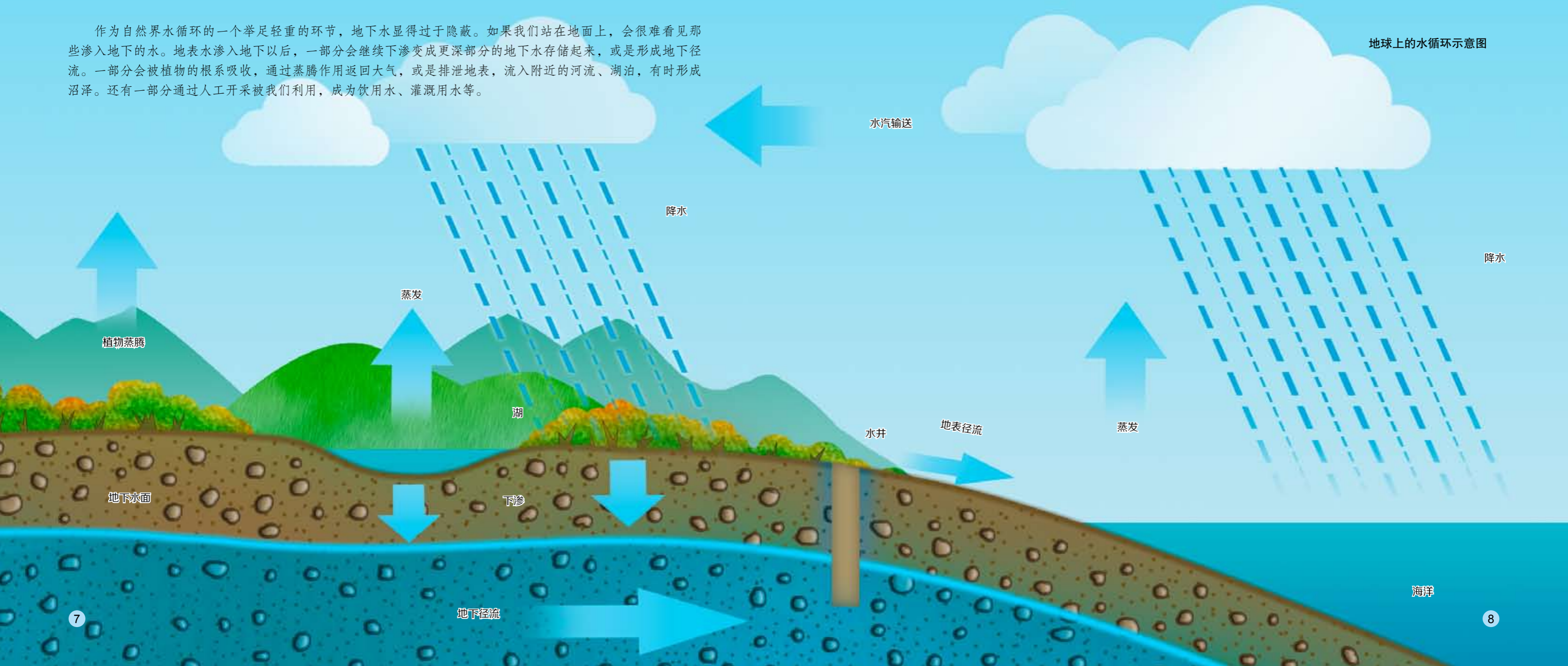
另一方面，地球与太阳既不贴近，也不疏远，这样有什么好处呢？最主要的就是在地球表面维持了一个不冷不热的环境。在这样的环境中，水可以在地球表面的不同地方、不同时刻以固、液、气三种状态出现，并在太阳辐射的驱动下相互转化。冰川和冰山在夏季会融化，流入河流、海洋；海水、河水、湖水会蒸发，进入大气。然而，太阳辐射的作用还远不止这些，因为它还能给我们带来风！有了风，一个地方的水蒸气就可以输送到另外一个地方，并降落下来。所以，如果哪天下雨了，打在你雨伞上的水滴可能是几百上千千米以外的海洋、湖泊、河流甚至是植物产生的水蒸气凝结的哦！总之，重力、浮力和太阳能作为驱动力，冰、水、汽在各自状态下的运动以及三态之间的转化就形成了自然界的水循环。

小知识

雪球地球

科学家研究发现距今7亿年前的新元古代末期，我们的地球经历了46亿年中最寒冷的一段时期。那时，从赤道到两极，整个地球表面被冰覆盖，地球成为一个巨大的“雪球”。理所当然，当时地球上的水几乎都被封冻，全球性冰川“吃了”绝大部分的水。可以想见，当时地球上的水循环也近乎停滞了。

作为自然界水循环的一个举足轻重的环节，地下水显得过于隐蔽。如果我们站在地面上，会很难看见那些渗入地下的水。地表水渗入地下以后，一部分会继续下渗变成更深部分的地下水存储起来，或是形成地下径流。一部分会被植物的根系吸收，通过蒸腾作用返回大气，或是排泄地表，流入附近的河流、湖泊，有时形成沼泽。还有一部分通过人工开采被我们利用，成为饮用水、灌溉用水等。



地球上的水循环示意图

渗入地下的水储存在哪里

要是我们脚下的土壤、岩石中没有空隙，也就不会有地下水了。

当雨水降落到地面以后，它们并没有停止运动，有的形成地表溪流流向河流或湖泊，有的会被植物吸收，有的蒸发进入大气，还有的渗入地下，这些渗入地下的水都去了哪里呢？

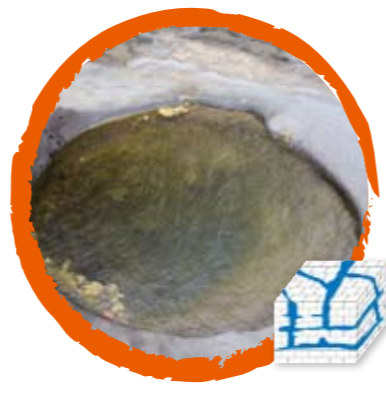
自然界的岩石，无论是松散沉积物还是坚硬的岩石中，都具有大小不一、多少不等、形状各异空隙，特别是地壳浅部1~2km以内，空隙分布较为普遍，正是这些空隙为渗入地下的水提供了通道和存储空间。这些岩土中的空隙根据成岩类型可分为三类：松散沉积物（如土壤、砂砾石等）或岩石颗粒间的空隙，不可溶坚硬岩石中的裂隙（如玄武岩的节理、花岗岩的风化裂隙、构造裂隙等），以及可溶的石灰岩被水侵蚀后的溶隙。最有趣的是石灰岩中的溶隙，它们一开始只是些细小的裂隙。地下水进入这些裂隙后，不仅在其中流动，还不断地侵蚀、塑造着它们，将溶解下来的岩石成份带走，又在另外的地方重新沉淀下来，形成像落水洞、地下暗河、钟乳石、石笋等奇特的喀斯特地貌景观。根据这些空隙类型，地下水就可以分为孔隙水、裂隙水和岩溶水了。



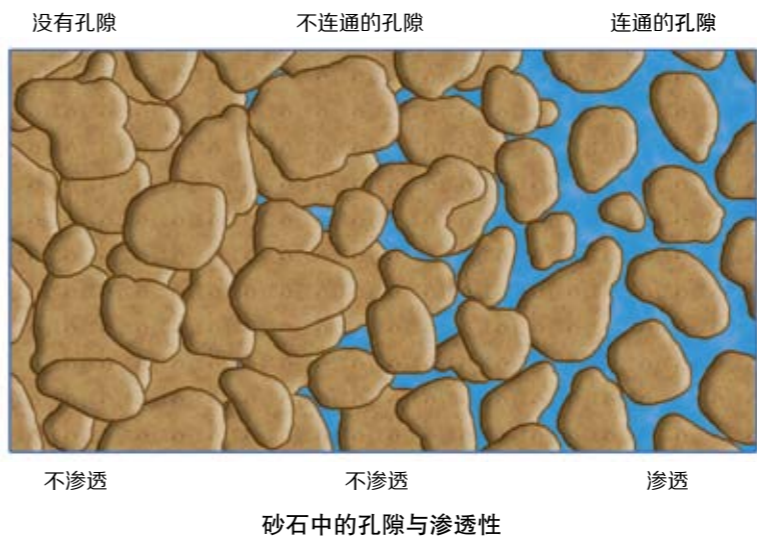
河沙孔隙



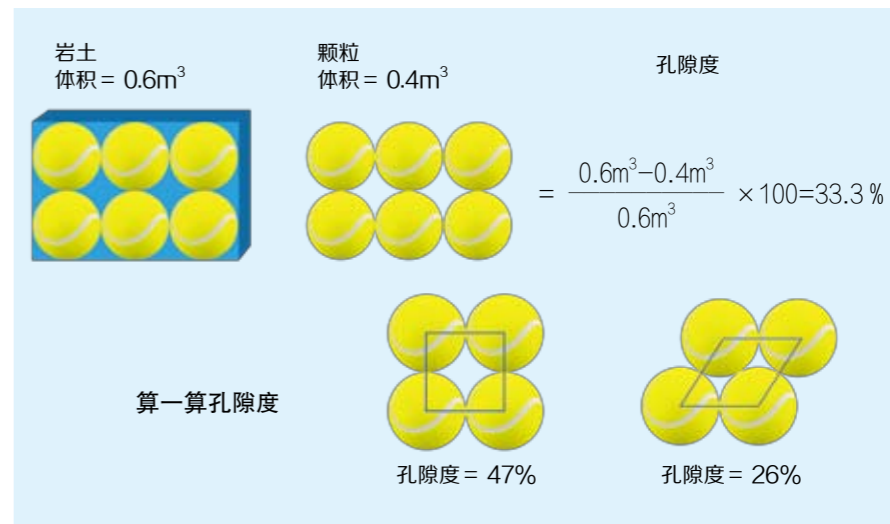
岩石裂隙



石灰岩溶隙



岩土颗粒间的孔隙体积与岩土体积的比叫做孔隙度，是空隙度的一种。如图是一盒假想的超大号网球，网球表示岩土颗粒，装有网球的盒子就是我们选定的一块岩土，网球间的空隙就是孔隙，由此可算出孔隙度（右图上）。孔隙度与颗粒大小，颗粒的排列方式、颗粒形状以及胶结程度有关。右图下显示了颗粒排列方式对孔隙度的影响。



要想透水，光有空隙还不够，它们还得“串通”起来呢！如果空隙之间不连通，只是一个一个单独的“贮水胶囊”，水就渗透不进整个岩层。地下水科学中用空隙度来描述岩土中所有空隙的体积与岩土体积的比，用渗透性来表示这些空隙之间的连通程度。如果一个岩层的空隙度高，渗透性也好，那么水就可以自由地渗入、渗出了。以砂石中的孔隙为例，左图展示了连通的孔隙才具有渗透性。

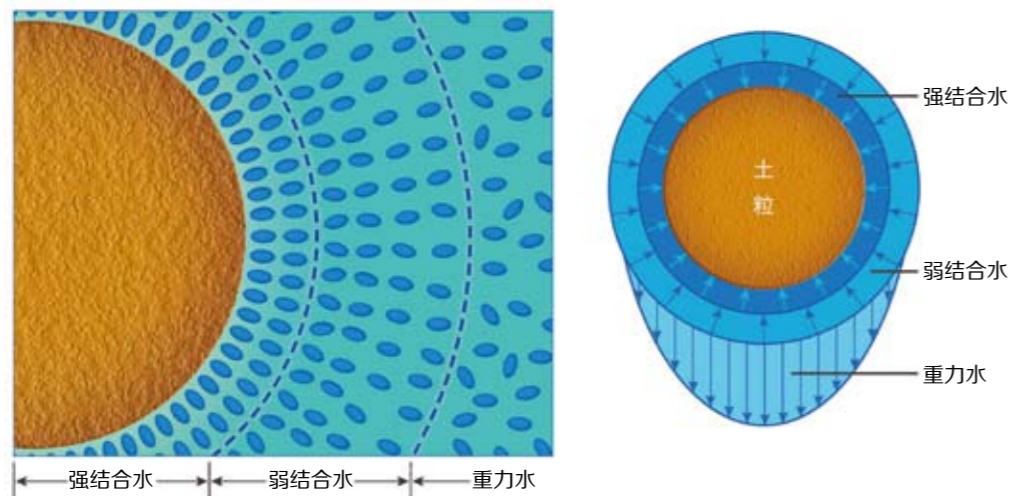
水在土壤、岩石中的存在形式有哪些

渗入地下的水统统换了名字：结合水，重力水，毛细水。

结合水：岩土空隙的表面，如松散岩土的颗粒表面以及坚硬岩石的孔隙面，都是带有电荷的，它们可以吸附水分子，从而将水分子牢牢“绑在”自己表面，这部分水叫结合水。最接近固相表面的水叫强结合水，植物根系也无法吸走这些“钉子户”。强结合水外层是弱结合水，弱结合水的外层水膜能被植物根系吸收。

重力水：岩土空隙表面的吸附力有一定的作用距离，当超过这个距离之后，水分子便不再受束缚，只在自身重力下经过一个个空隙向下流动，这部分水就叫做重力水。

毛细水：松散岩石中细小的孔隙通道也会构成毛细管，由于毛细力的作用，地下的水就能沿着毛细管上升到一定高度，成为毛细水。

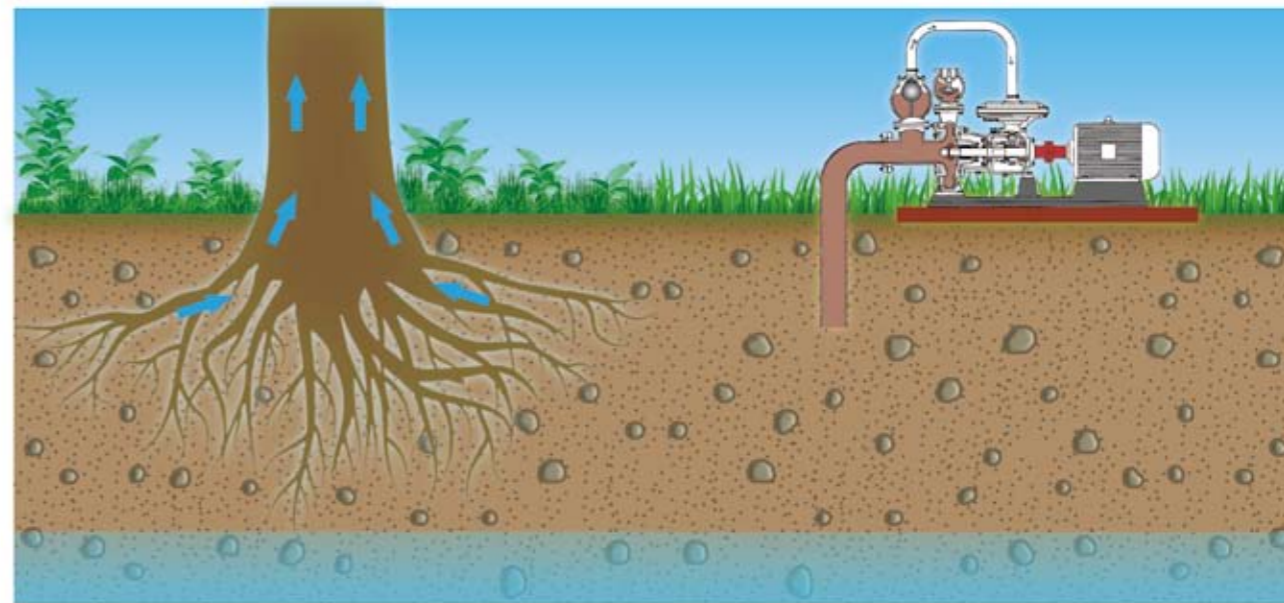


结合水比重力水更靠近颗粒表面，与颗粒“绑”的更紧

渗入地下的水都是地下水吗

地下水是埋藏在地表以下土层或岩石空隙中的水。

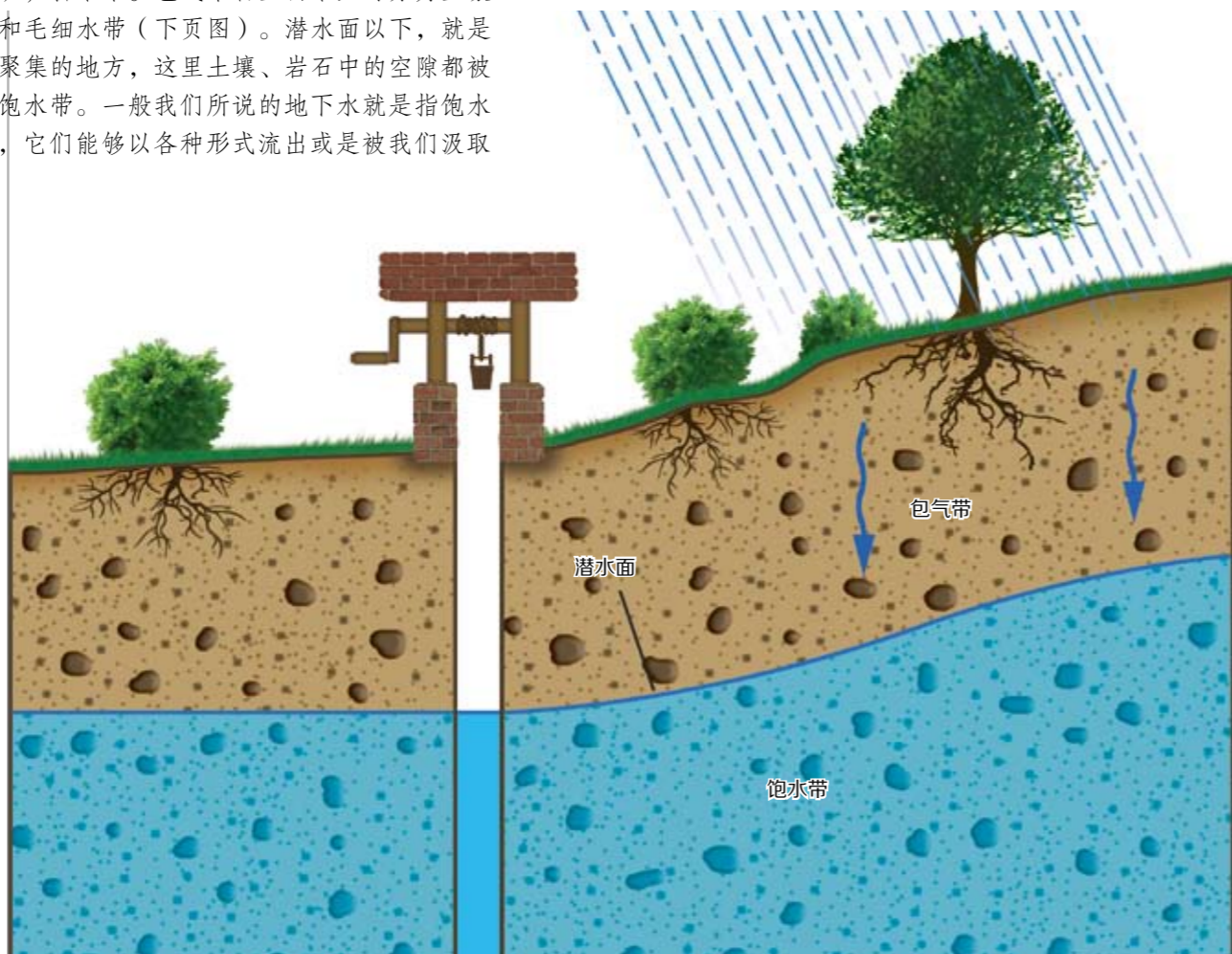
广义上说，水下渗后以结合水、重力水、毛细水的形式存在于地下岩土的空隙中，这些水都可以叫做地下水。然而，对我们人类来说，这个解释过于宽泛了，因为这些渗入地下的水可不都能被我们利用。比如，我们能像植物那样通过根把土壤中的水吸上来吗？如果在浅一点的土壤中打一口井，用泵猛抽，抽上来的肯定是泥！这是因为土壤中的水以结合水和毛细水为主，这些水要么被紧紧吸附在土壤颗粒表面，要么被束缚在非常细小的毛细管中，是无法被我们汲取利用的。



我们不能像植物的根一样吸取土壤中的水

对我们而言，可供汲取利用的地下水在地表以下较深的地方，它们是一些可以自由流动的重力水。这些水最终会在地下形成一个自由水面，称为潜水面，也就是地下水水面。潜水面以上到地表的部分叫包气带，土壤、岩石中的空隙被水和空气一起占据，大量的水在这里“打了个过场”后，在重力的引导下继续向下流。只有少量的水吸附在土壤颗粒表面（结合水），或是被土壤中的毛细管“兜住”（毛细水），留下来。包气带自上而下又可分为土壤水带、中间带和毛细水带（下页图）。潜水面以下，就是下渗的重力水聚集的地方，这里土壤、岩石中的空隙都被水填满，称为饱水带。一般我们所说的地下水就是指饱水带中的重力水，它们能够以各种形式流出或是被我们汲取利用。

包气带、潜水面与饱水带



我们还是追随一只挖洞找水的土拨鼠，看看潜水面之上的包气带吧！

包气带顶部植物根系发育与微生物活动地带为土壤层，其中含有土壤水。土壤富含有机质，具有团粒结构，能以毛细水形式大量保持水分。包气带底部由地下水支持的毛细水构成毛细水带。毛细水带的高度与岩性特征有关。包气带厚度较大时，在土壤水带与毛细水带之间还存在中间带。当然，包气带中并非完全不会有重力水，当一个局部隔水层出现在包气带中时，原本向下流动的重力水便会受到阻挡而滞留在这一局部隔水层之上，这部分水就叫上层滞水。



包气带“三明治”

地下水有多重要

“地下水在哪里？”

“地下啊！”

“你见过？”

“……”

瞧瞧吧，上面的谈话到这里就戛然而止了，但如果你已经读完本书，你们就可以有模有样地聊很久。不过，在我们正式进入地下水世界一探究竟之前，还是做点铺垫吧——如果这本书要讲的东西无关痛痒，又与你我八竿子打不着，就没有必要存在了。

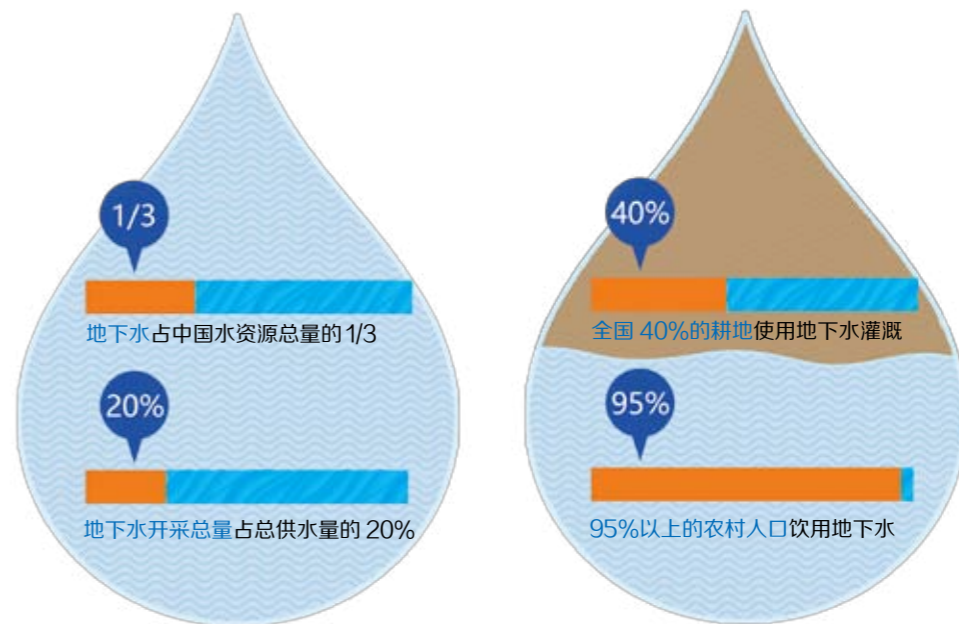
随便打开一幅世界地图，你会很容易地发现一个事实——我们生活在陆地上，陆地被海洋包围着，陆地上的我们对着这么多海水一筹莫展，因为我们无法直接喝它！当我们的陆地终有一天缺淡水玩不转的时候，海洋中的鱼就将统治地球。不过，我们想不了那么远，我们只要看一看低调到不易发觉的地下水，它到底隐藏了多少功与名。

全球范围内：

- 我们平时所用水的33%都是地下水；
- 20多亿人仰赖地下水作为他们最重要的水源；
- 50%以上的粮食需要地下水的灌溉。粮食有多重要，还要多说吗？

在中国：

- 地下水占中国水资源总量的1/3，地下水开采总量占总供水量的20%；
- 全国40%的耕地使用地下水灌溉，95%以上的农村人口饮用地下水；
- 全国近2/3的城市使用地下水供水，在华北和西北地区城市供水地地下水的供水比例分别高达72%和66%。



地下水在中国

地下水资源在我国水资源中占有举足轻重的地位，由于其分布广、水质好、不易被污染、调蓄能力强、供水保证程度高，被越来越广泛地开发利用，尤其在中国北方、干旱半干旱地区的许多地区和城市，地下水成为重要的甚至唯一的水源。

在美国，地下水为51%的总人口以及99%的农村人口提供饮用水，64%的地下水用来灌溉农作物，它还是工业生产不可或缺的一部分。

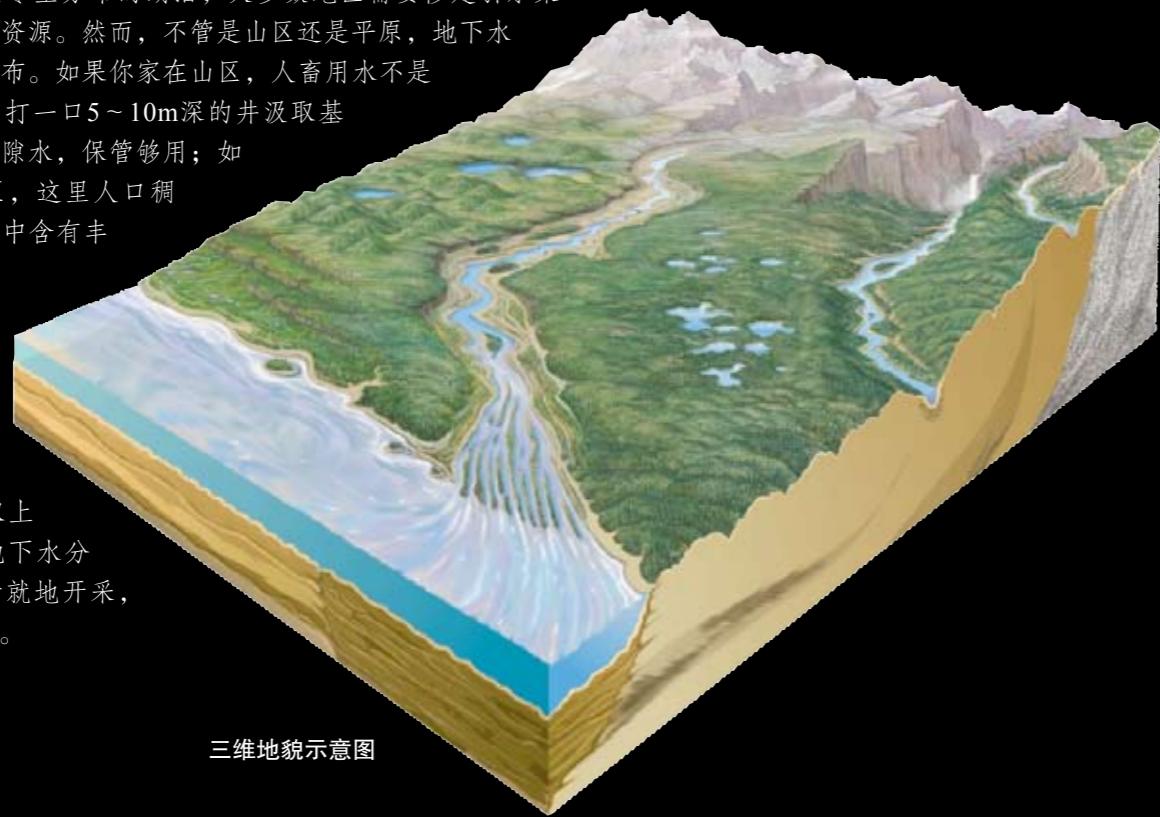
因此，在世界范围内，地下水是一种极其重要的自然资源，它与我们每个人都休戚相关。如果我们学会了解它、爱护它，它就会持续为人类所利用。

当然，地下水也是自然界水循环的一个重要方面，这不仅因为它巨大的水量，更因为它能积极参与到地表的水循环中，与江、河、湖泊、大气等“水库”互动，这样的互动过程如同血液循环一样，维持着地球水圈的正常运转。

地下水相比地表水有哪些优点

虽然地下水经常在我们看不见的地方出现，但它们的好处却是显而易见的。

这幅图描绘了地表不同地貌类型，从右向左海拔逐渐降低，依次表现出基岩山区、山前倾斜平原、冲积平原以及滨海平原等地貌单元。地表的淡水主要是河流和一些零星分布的湖泊，大多数地区需要修建引水渠来使用这些水资源。然而，不管是山区还是平原，地下水都有广泛的分布。如果你家在山区，人畜用水不是很多，就可以打一口5~10m深的井汲取基岩中的风化裂隙水，保管够用；如果住在平原区，这里人口稠密，但冲积物中含有丰富的孔隙水，石灰岩中也流动着大量的岩溶水，建个水泵就能很容易地抽取上来。因此，地下水分布广泛，便于就地开采，既省钱又省力。



三维地貌示意图

地表河流有时会漂浮一些枯枝败叶、塑料袋、水瓶，甚至还会有一些散发着腐烂味道的固态生活垃圾。这些东西，地下水中一般都不会有，因为下渗的水经过了一层土壤、岩石的过滤。另外，与地表水相比，地下水一般较为清洁，少有颜色、气味和味道，更少见能致病的细菌。因此，如果没有人为的污染与破坏，地下水的水质一般是比较好的。这也是为什么世界上许多国家的人们都把地下水当作最重要的饮用水源。当然，在这里我们说的是一般情况，因为在特殊地质环境背景下形成的地下水，如高砷水、高氟水、高铁水等是不能饮用的。我国内蒙古河套地区的地下水铁含量很高，比正常地下水高出3倍还多，就不适合饮用。

另外，当在干旱季节农作物生长受到缺水威胁的时候，地下水往往也会充当最后的“救命稻草”，在一些距地表水源较远，缺乏水渠等灌溉设施的地方尤其如此。过去几年我国西南地区以及美国加利福尼亚州大旱，“救急”的也正是地下水。



地下水被从井中抽取上来，将要去灌溉农田

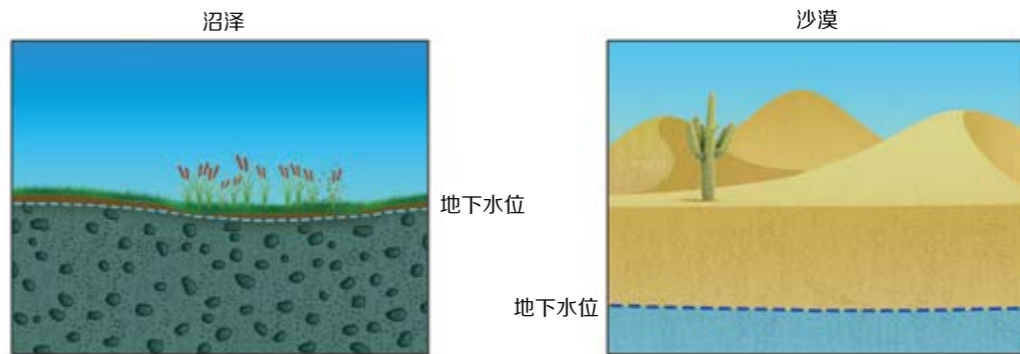
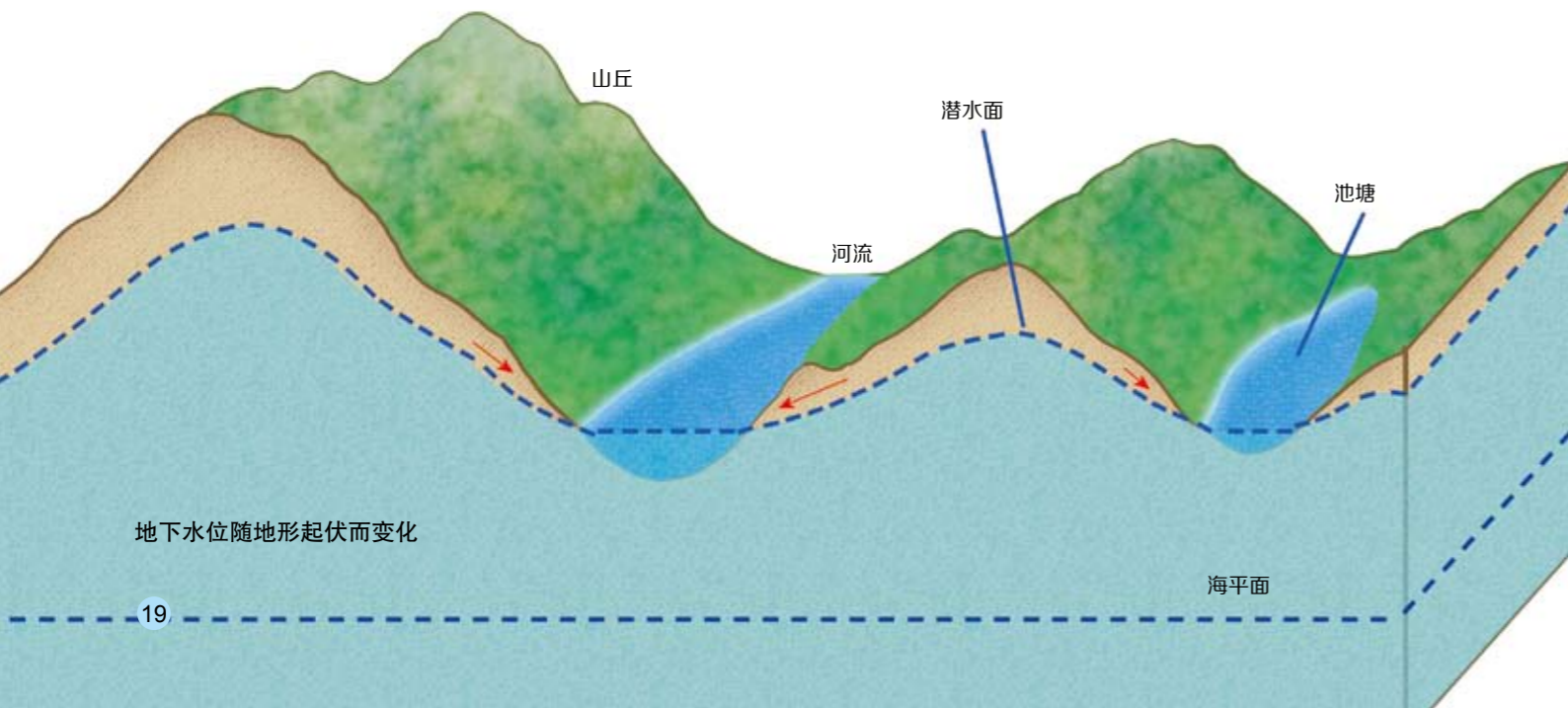


在美国加利福尼亚州的里奇维尔，地下水沿着稻田间干裂的沟渠流淌，灌溉这些“饥渴”的农作物

地下水位随地形和季节如何变化

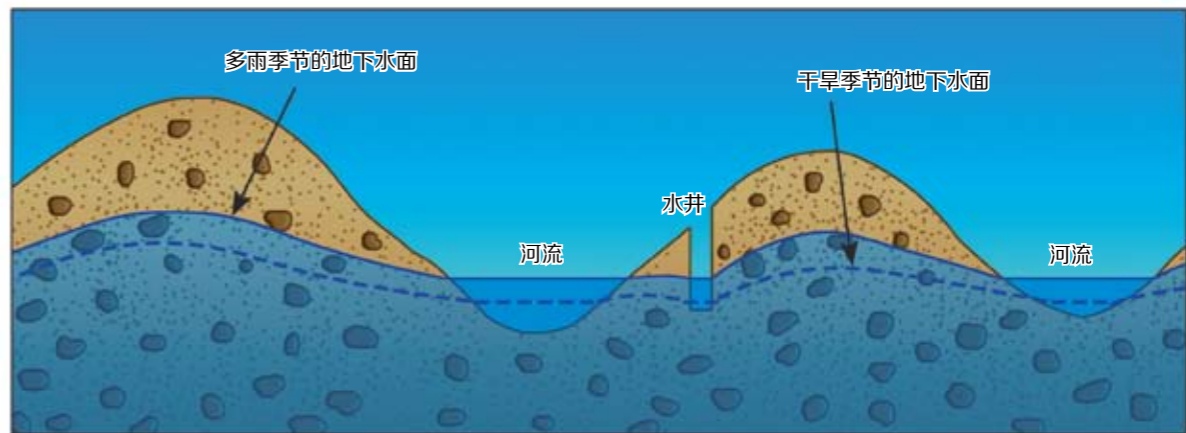
我们根据地形和季节也可以推测一下地下水的深浅。

潜水面，也就是地下水面的深度，与地表的起伏有关。比如，山腰上的潜水面就要比山谷中的高。由于地下水也是由高处向低处运移，所以在接近地表水源的地方，如河流、湖泊，经常得到地下水的补给，有些河流、湖泊本身就是由于地下水的溢出而形成的。沼泽中的水面往往是潜水面，接近地表，因此沼泽中到处都是又湿又软的淤泥，上面还会生长植物。然而，在沙漠、戈壁滩等比较干旱的地方，地下水的补给很少，潜水面往往可深达上百米。



沼泽和沙漠中的地下水位

潜水面的另一个重要特征就是它的深度会随季节、年际的变化而变化。这是因为饱水带中水的聚集会受到降水的多少、时间的影响。在暴雨或者融雪的季节，因为下渗的地表水增多，地下水位就会升高；相反在干旱少雨的季节，地下水位就会明显下降。一场大雨之后，我们会看到原本干涸的水井中又泛起水光，持续的大量降水也能使济南的趵突泉泉水猛涨，这些都是地下水位升高表现的。



地下水位随季节发生变化

地下水中会有鱼吗

有时候，我们不得不感叹生命世界的多姿多彩……以及生命的顽强。

地下水存在于土壤、岩石的空隙中，这些空隙一般很细小，因此像地表河流中常见的鱼虾等水生生物一般不会出现在地下水中。

例外的是，在我国云南、贵州、广西的喀斯特地区，地下水沿宽大的裂隙汇聚成地下河，在洞穴中穿行。幽暗的洞穴中，生活着一些盲鱼，它们原先生活在地表的河流中，之后可能掉进了石灰岩侵蚀形成的落水洞。进来容易出去难，它们便在漆黑一片的洞穴中生活下来。慢慢地，它们的形态和习性也逐渐发生了变化：身体半透明，体色很浅，眼睛退化成一个点，或者压根儿没有眼睛。它们新陈代谢的速率变慢，能较长时间地忍受饥饿，吻须更加发达，拥有敏锐的嗅觉。



洞穴中的盲鱼

除了盲鱼，洞穴生物学家还在喀斯特洞穴中发现了青蛙、虾以及多种昆虫，它们的模样也变得古怪起来，和洞穴外的“亲戚”大有不同。

除了喀斯特洞穴，在非洲喀拉哈里沙漠之下有一个“龙息洞”。因为地理环境方面的限制，这个洞穴直到二十几年前才被科学家发现，洞中的水经历了上万年甚至上百万年都不流动，其中生活着一种金鲶鱼，这种鱼非常稀有，全世界只能在这里找到它们的踪影。



洞穴中的金鲶鱼

什么是含水层和隔水层

含水层和隔水层都在饱水带中，只是透水和给水的的能力不同。

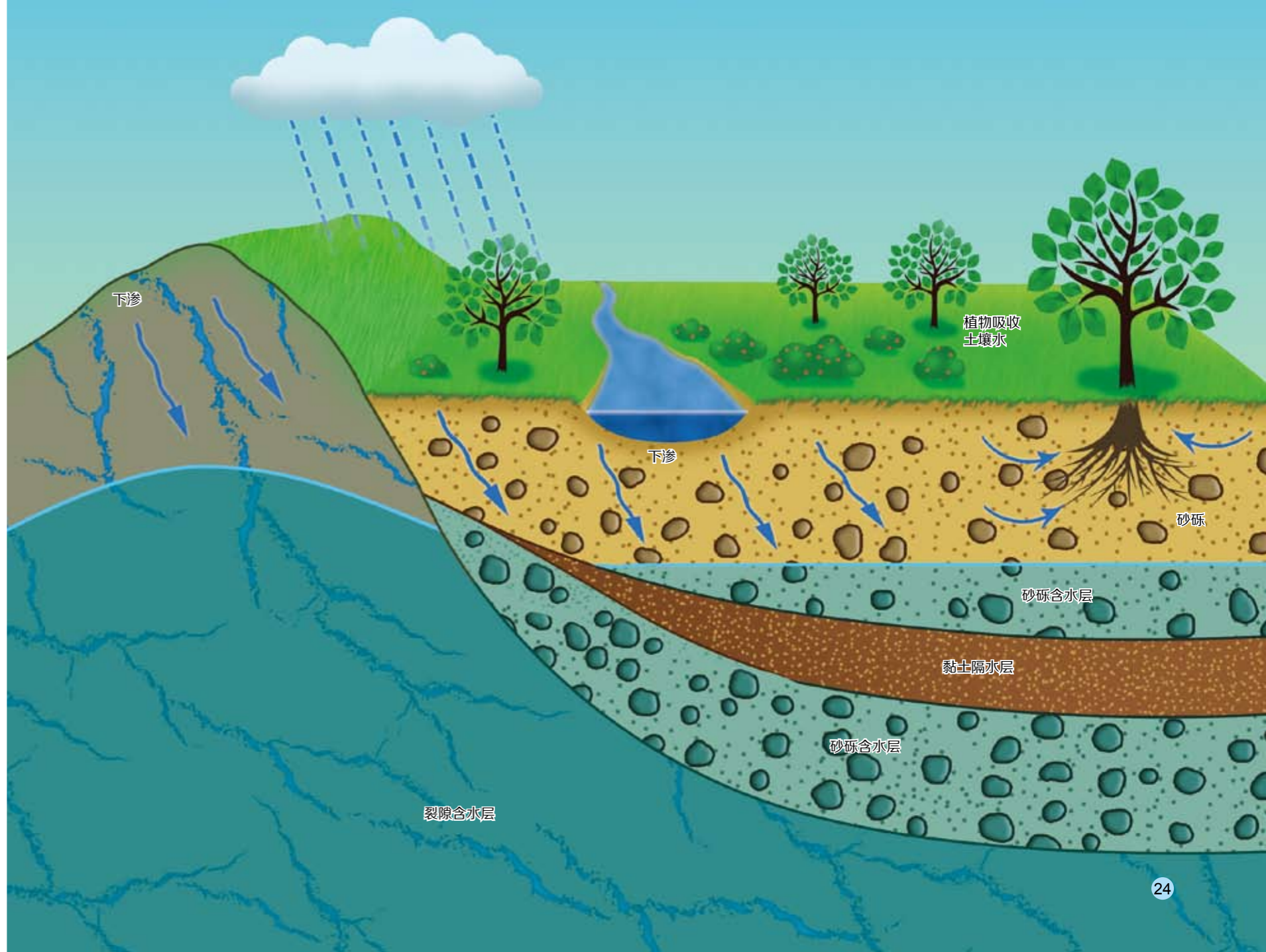
我们前面说过，饱水带岩土中的空隙都被水占据。即便如此，饱水带又可分为含水层和隔水层。对我们人类来说，含水层是指那些能透过并能给出相当数量重力水的沙层或岩层（好吧，地下水之外，又一个因人类而变得狭隘了的名词）。相对地，隔水层是指重力水几乎不能透过的黏土层或岩层。要想使重力水自由流动，岩土中的空隙就不能太小，否则大部分水就会以结合水的形式紧紧依附在岩土颗粒的表面。黏土层的孔隙虽然很多，但太细小，水就像“钉子户”一样在里面待着，既流不出去，别的水也透不进来。相反，砂砾石，裂隙发育的砂岩、花岗岩，以及石灰岩中有较大的连通空隙，重力水可以在其中自由流动，能形成非常好的含水层。

小贴士

含水层

含水层的英文叫aquifer，是一个非常专业的词汇。它包含两个拉丁词——aqua和ferre，分别是水和携带的意思。

含水层与隔水层



这是一张寒武纪鲕粒灰岩的野外露头照片。仔细观察，在照片中部的岩石断面上，可以看到许多密密麻麻的圆点，这就是矿物碳酸盐形成的鲕粒，直径小于2毫米。这种石灰岩在我国华北地区分布广泛，它们的裂隙发育，受力后容易开裂，所以溶隙也很发育，在华北地区是一个非常重要的含水层。



这是世界上最活跃的活火山——美国夏威夷的基拉韦厄火山冷凝的岩浆。溢出的炽热火红色熔岩流已经变成黑色，在公路上停止流动并冷却固结。于是，人们只能在此立牌“此路不通”。这些熔岩流在冷却过程中因收缩而产生很多裂缝，形成的破碎岩浆岩也可以成为含水层。

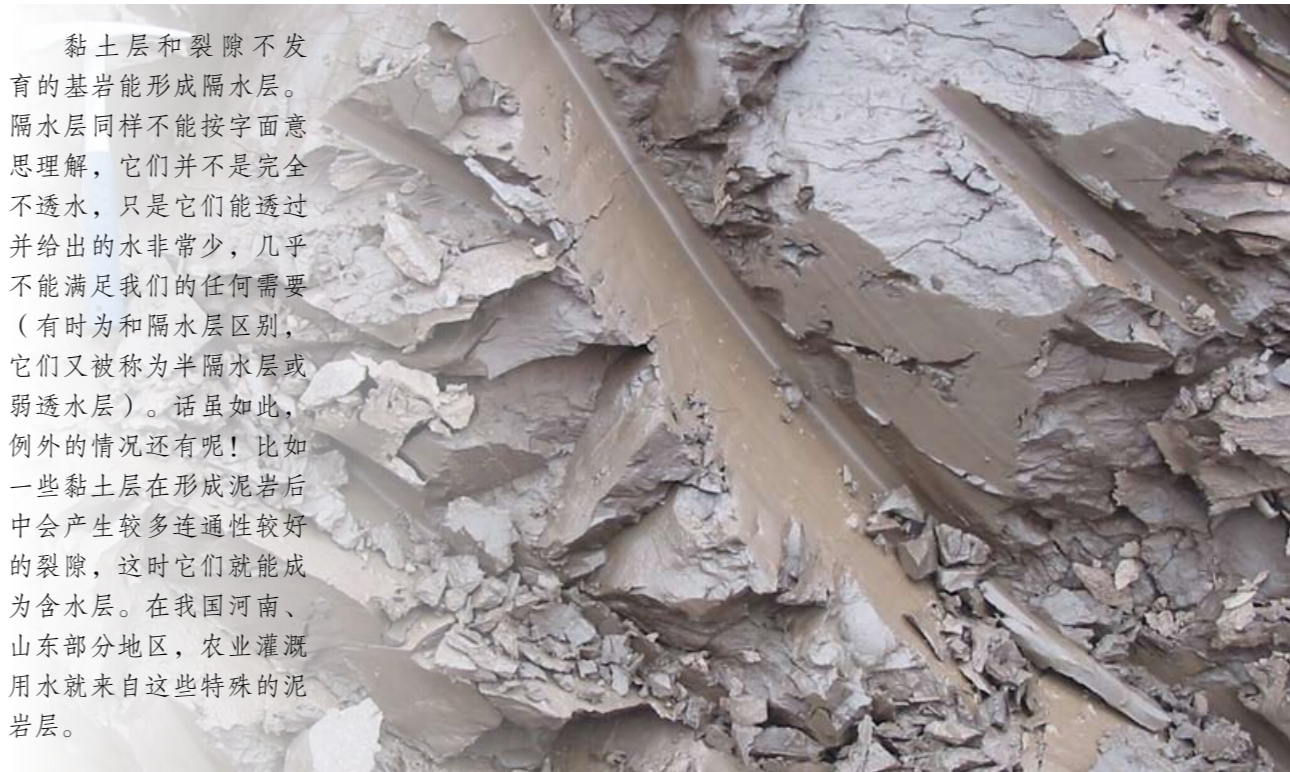


奥加拉拉含水层

奥加拉拉含水层跨越美国8个州，是世界上最大的含水层之一，面积达45万 km^2 。2003-6003年前，这里河流交错，侵蚀附近的落基山脉，携带了大量的岩石碎屑，最后堆积下来。这些沉积物最终压实形成砂砾岩含水层。奥加拉拉含水层提供了美国农业灌溉所需地下水的1/3，同时也是180万人的饮用水源。

黄山奇观是大片花岗岩经历造山运动、地壳抬升形成的。这些花岗岩中的断裂和裂隙非常发育，是冰川及自然风化作用的结果。也许有一天，黄山会被重新埋起来，到那时，说不定它就是一个特别好的含水层呢！

黏土层和裂隙不发育的基岩能形成隔水层。隔水层同样不能按字面意思理解，它们并不是完全不透水，只是它们能透过并给出的水非常少，几乎不能满足我们的任何需要（有时为和隔水层区别，它们又被称为半隔水层或弱透水层）。话虽如此，例外的情况还有呢！比如一些黏土层在形成泥岩后会产生较多连通性较好的裂隙，这时它们就能成为含水层。在我国河南、山东部分地区，农业灌溉用水就来自这些特殊的泥岩层。



爱沙尼亚的第四纪黏土层，固结成岩后成为泥岩，若再经历变质作用，则成为页岩

含水层一定能提供给我们大量的地下水吗？

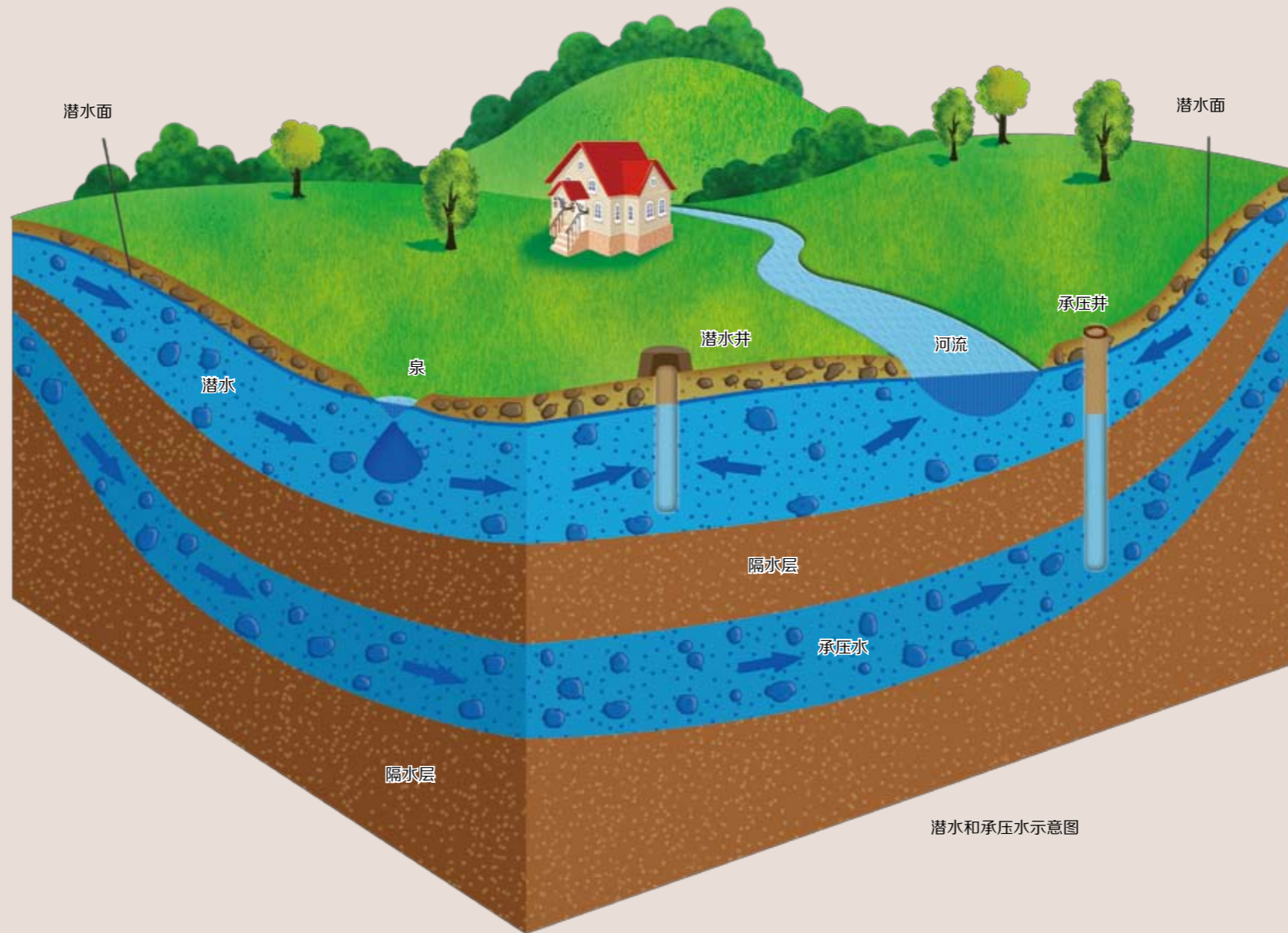
我们一开始说含水层能给出相当数量的水，但是它的水量是相对的，跟谁相对？跟我们的需求。如果一家四口住在偏僻的山区，另外还养几头牲畜，每天用水量很少，就地打一口浅井，汲取山上风化裂隙水就足够了，这些风化的岩石的裂隙水就是一个满意的含水层；然而，在人口集中的平原区，需要对城市集中供水，那么对应的含水层就得范围大、水量足，比如华北平原广布的第四纪松散岩类含水层等。

什么是潜水和承压水

地下水根据是否受压，可分为潜水和承压水。

潜水面以下，第一个稳定隔水层之上的地下水就叫潜水，它有一个自由水面，上部是透水性良好的包气带。潜水所在的含水层叫潜水含水层，如果打一口浅井下去，如果只找到了潜水含水层，那么这口井就叫潜水井，也就是我们通常所说的井。

潜水与大气圈及地表水圈联系密切，直接参与水循环。气象、水文因素的变动，对它影响显著。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，水位埋藏深度变小。干旱季节排泄量大于补给量，潜水面下降，含水层厚度变小，水位埋藏深度变大。潜水的动态有明显的季节性变化特点。由于潜水直接参与水循环，资源易于补充恢复，由于受气候影响显著，并且含水层厚度一般比较有限，其资源通常缺乏多年调节性。



潜水和承压水示意图

如果地下水填满了一个含水层，而这个含水层又处在两个隔水层中间，那这部分水就要受到静水压力的“挤压”成为承压水，它们所在的含水层就叫承压含水层。想一想朝承压水打一口井会发生什么吧——承压层中的水会突然释放压力，有时会沿着井管向上喷涌，甚至喷出井口！这种井就叫承压井或自流井。承压水上升的原理，就像倒虹吸管、联通器原理一样，从高的一端注入水，低的一端就往上冒水。

由于上部受到隔水层的隔离，承压水与大气圈、地表水圈的联系较差，一般不受季节变化的影响，水循环也缓慢得多。承压水不像潜水那样容易污染，但是一旦污染后则很难使其净化。

地下水流得有多快

在地面上，我们一般听不到地下水流动的声音。这不仅仅因为它们在地底下。

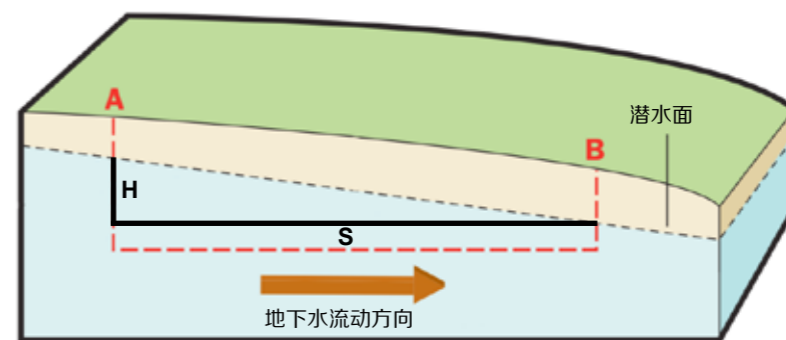
俗话说：“水往低处流”，与地表的河流一样，地下水也沿着一个斜坡由高处流向低处，好比往一个倾斜的水槽中倒水。然而，地下水所在的这个坡是隔水层形成的，倾斜方向一般与地表的坡向一致，但情况并不总是如此。除了流动方向，地下水和地表河流的流动速度也是不一样的。

河流中的水填满了整个河道，流动起来气势汹汹，发出哗啦哗啦的声音。地下水呢？别忘了，它们可是填充在土壤、岩石的空隙中！这意味着它们无法汇聚成巨大的水流，只能在一个个空隙中寻机“蠕动”，一般也不会发出声响。“蠕动”这个词再合适不过了，因为地下水的流动速度不同的地段不同含水层是不一样的，有的地段只有每小时2厘米，比蜗牛、蚯蚓走得还慢！

让我们看看河流和洋流的流动速度吧。在一个比较陡峭的河道中，河水的流动速度是每小时30千米，海洋洋流的流速一般为每小时3千米。它们的流速比地下水快10万到100万倍！

陡峭河道中的水流

即便如此，地下水的流动也有快慢之分，这主要由水力坡度（见下图）和饱水带岩层的透水性强弱决定。两点间的水力坡度越大，压力差越大，地下水在含水层中流得越快。水力坡度相同时，含水层的空隙越多，空隙之间的连通性越好，地下水的流动的速度就越快。一般情况下，地下水在松散砂砾石含水层中的流动速度要大于岩石含水层。当然，岩溶地区的地下河如同地表河流一样，流动的速度最快。



$$\text{水力坡度} = \frac{H}{S}, \text{表示两点间地下水高度的落差}$$

小贴士

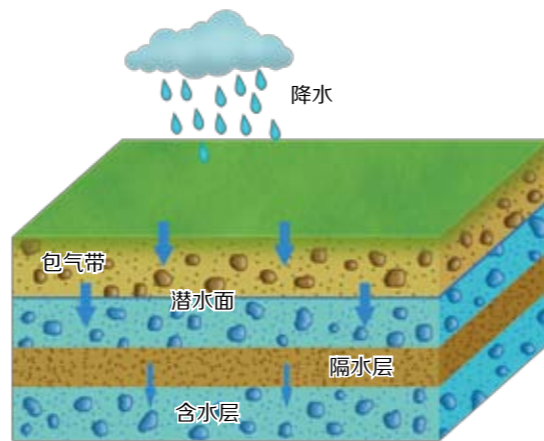
地下水的年龄

在一些地区的含水层中，地下水流动的速度太慢，因此这些水长期以来得不到替换，便拥有了足以称道的年龄。水文学家推测，一些含水层中的水已超过一万岁！也就是说，在世界上最早的农业种植社会出现的1500年前，一场降雨就已经把水带到了这些含水层中。如果这还不令人感到惊异，那么加拿大发现的最古老的地下水呢？它们埋藏在地下2.4km深的地方，已经有15亿~26.4亿岁了。

地下水从哪里来

除了大气降水的下渗，地下水还可以来自哪里呢？

我们首先要说明的是大气降水补给地下水，这一点可没我们想的那么天经地义。想想，如果只下了很小的雨，潜水的位置又比较深呢？这时为数不多的雨水就要以结合水和毛细水的形式全部被包气带“收入囊中”，根本剩不下形成重力水继续下渗。打个比方吧，包气带就像一块吸水海绵，在它湿透之前，水是不会掉下来的，除非你使劲用手去挤。因此，在大气降水比较丰富的地方，它们才能有效地补给地下水！

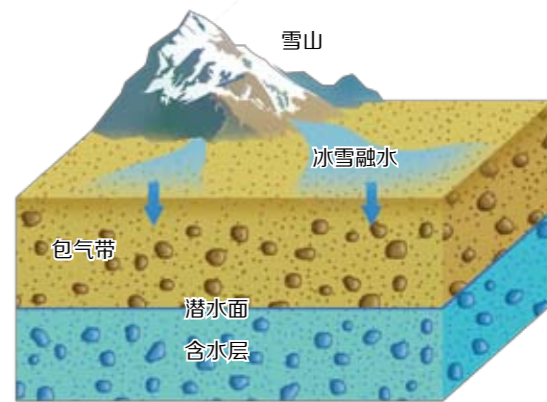


大气降水补给地下水（注意含水层之间也可发生地下水的补给，这一方面是因为隔水层也会具有微弱的渗透性，另一方面则是导水断层、隔水层缺口等使含水层之间具有了水力联系）



海绵湿透后才有水滴下来

因此到了干旱地区，大气降水就很难成为地下水主要的来源。那么地下水还能来自哪里呢？答案是地表的河流。在我国，河西走廊地区深居内陆，气候干燥，是不能指望有多少降水的，可这个地方可是闻名中外的塞外江南呢！靠的就是河流。这些河流多源于祁连山山前地带，夏季气候转暖，祁连山上雪线海拔升高，雪线以下的冰雪无法维持，因此大量融化，山前的河流水位上涨。这样，在河西走廊，若河流切过潜水面，或者河床发生渗透，河水就会补给低处的潜水了。事实上，河西走廊96%的地下水要靠河流补给，大气降水只占4%。



冰雪融水补给地下水

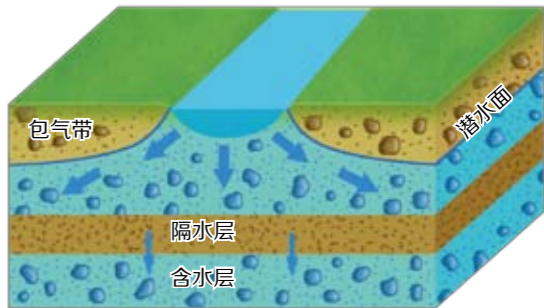


祁连山与发源于它的河流



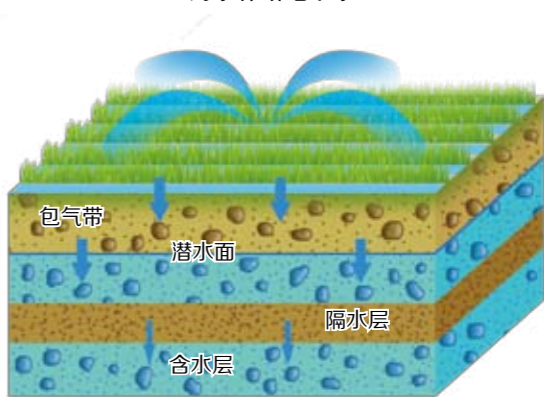
泥沙俱下的壶口瀑布

其实，地表水对地下水的补给还是很广泛的，只是在干旱地区尤其重要罢了。地表水的水面只要高于潜水面，而河水与潜水又有水力联系，地表水就会向潜水含水层渗流。一个熟悉的例子是黄河，在泥沙淤积与历代修筑堤坝的影响下，它的下游地段形成“地上河”。在河南开封，黄河“悬挂”在地面之上10m处，高处的黄河水就成了附近潜水的长期补给源。



河水补给地下水

除了大气降水、地表水这些自然的补给来源，人类活动也会补给含水层，如修建水库、农业灌溉等。有时，人们为了改善水质、制冷取暖、控制地面沉降等，也会主动补给地下水。



人工补给地下水

小贴士

人工回灌地下水

要知道，我们可不是一味地抽取地下水啊！前面说过，地下水比起地表水有很多优势，那么我们便可以把地表水灌入地下，把它转化为地下水。比如，地表水常常含有很多悬浮物、有机质和细菌，不符合供水要求，如果我们把地表水回灌，使之转化为地下水，经过土壤的过滤和吸附作用，水质就会得到净化。另外，在过度开采地下水导致地面沉降和海水入侵等灾害的地方，地下水回灌更显必要。对于城市来说，冬季供暖与夏季降温是非常耗能的，但埋藏较深的地下水水温很少受地表温度的影响，因此分别在冬季、夏季回灌就能用于夏季的降温、冬季的取暖。按照这样的原理制造的“水空调”低能耗、无污染，已经慢慢走进市井平民的生活当中。

沙漠的下面也很干吗

沙漠，也可以很湿润。

我们知道，沙漠地区气候干燥，但这并不意味着它们在地下也很干啊！中国的沙漠地区，如柴达木、塔里木、准噶尔和河西走廊等，它们都是一个个盆地，周围有积雪的高山。这些盆地内部，特别是靠近巨大山体的山麓地带，沉积了巨厚的松散砂砾物质。当源自山区、冰雪融水汇成的河流经过时，水就会下渗到这些松散的地层中，孕育为丰富的潜水和深层承压水。据初步估算，仅西北和内蒙古西部和南部的沙漠地区，可利用的地下水就有500亿 m^3 之多。这些地下水如能得到合理的开发、利用，就能解决地表水缺少、灌溉水源不足的问题。

塔克拉玛干沙漠位于塔里木中部，是中国最大的沙漠，也是世界第十大沙漠。它的名字意为“进得来，出不去”，突如其来的巨大沙尘暴、快速移动的沙丘都让人望而却步，是世界上最危险的沙漠之一。根据传说，有史以来一共有300座城市埋在了200m深的漫漫黄沙之下。但即使这样，塔克拉玛干沙漠仍然保存了丰富的潜水和深层承压水。



塔克拉玛干沙漠

这幅图展示的是莫勒切河冲出阿尔金山山口，在塔克拉玛干沙漠的南缘形成一个巨大的冲积扇。扇体左半部的蓝色是一些正在流淌的溪流，时值5月，这些溪流中充盈着阿尔金山上的冰雪融水。图片左上角的红色是一些种植的作物，附近的农民用这些溪流中的水浇灌农作物。当然，更多的水渗入了冲积扇堆积的砂砾中转化成地下水。



一望无垠的撒哈拉沙漠也是“湿润”的。科学家已经发现北非的一些国家，如利比亚、阿尔及利亚、乍得，它们所处的大型沉积盆地中地下水资源极其丰富，如果把它们抽取出来，铺在这些盆地上，将淹没至75m。目前为止，科学家已经完成了整个非洲大陆地下水的调查，他们推测干旱的非洲大陆地下水的总量是地表水的100倍！



撒哈拉沙漠

撒哈拉沙漠东北缘的苏丹、乍得、利比亚以及埃及，坐落在现今已知最大的化石水含水层——努比亚砂岩含水层之上，面积达200万 km^2 ，含水量堪比美国五大湖区。所谓化石水，就是经历了很长时间不流动的水。科学家发现，每隔2万年，撒哈拉沙漠因为季风带的摆动就会发生干湿变化，那些曾经降落在沙漠上的雨水，现在都储存在沙漠中的砂岩中。这些沙漠中的地下水每隔2万年才补给一次，是名副其实的化石水。

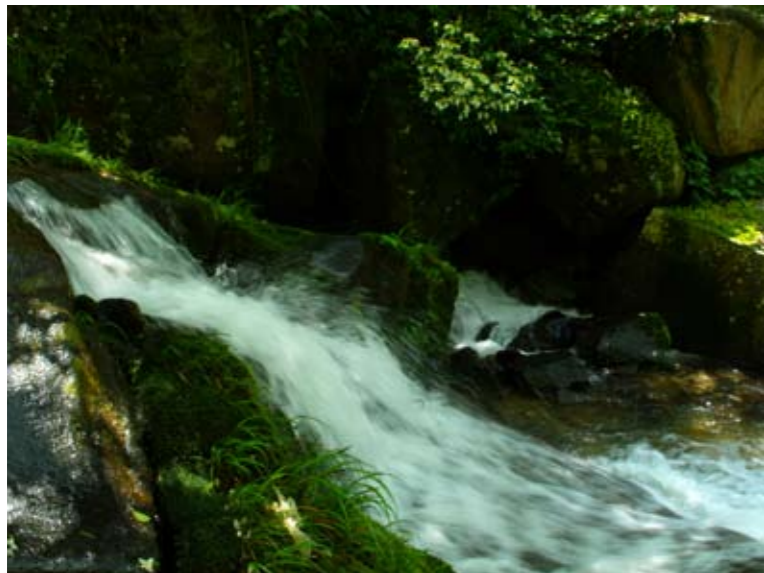


努比亚砂岩含水层分布图

地下水去了哪里

含水层中的地下水有进有出，动态平衡。

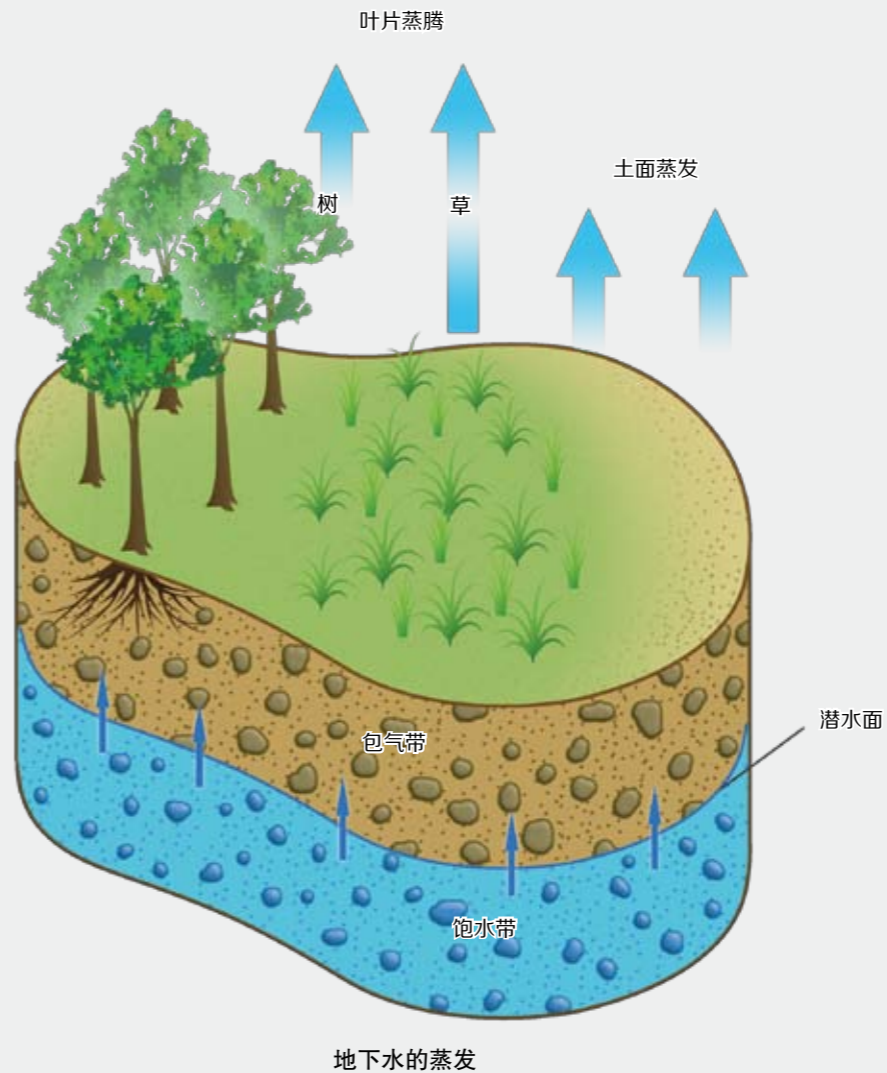
地下水处于不断运动的状态之中，这样的运动循环往复。地下水的动态平衡就是在流入、流出过程中保持的，那么，地下水流出有哪些途径呢？在大自然中，地下水可以溢出地面形成泉或沼泽，也可以在地下水位高于附近河流、湖泊时向后者排泄。另外还有两种更为隐蔽但每时每刻都在发生的排泄方式：蒸发进入大气和含水层之间的排泄。最后，人类活动，如用井、钻孔等抽取地下水等则属于地下水的人工排泄。



泉水



汲水工具——辘轳



地下水的蒸发分为两种形式，一种是潜水经过毛细力穿过包气带，上升到离地表较近的地方直接蒸发，另一种则是地下水被植物根吸收后再经过植物的叶片蒸腾进大气。若潜水有一定盐度，那么大量蒸发就会带来一个棘手的问题：蒸发的都是水分子，盐分就会在土壤中积累，强烈蒸发就会产生地土盐渍化，这样，庄稼种植就要受影响。在我国西北地区干旱的山间盆地中，由于潜水蒸发浓缩等原因，每升地下水中含盐量高达100g，地表盐度很大，即使是再喜盐的植物也不会认为这里适合它们茁壮成长吧！

坎儿井是怎么回事

坎儿井在维吾尔语中叫“坎儿孜”，是地下水道的意思。

如果你驱车在新疆的吐鲁番和哈密盆地中游览，在郁郁葱葱的绿洲外围戈壁滩上，就能看到黄褐色背景下凸起的一个个小土丘。它们顺着高坡向下，每隔二三十米就有一个。这些小土丘不过一人高，中间凹陷如蛋挞，像串珠一样向远处延伸。你可知在这些土丘下面，竟是和万里长城、京杭大运河并称的中国古代三项伟大工程之一吗？对了，这就是坎儿井。

坎儿井是一种独特的地下水引水灌溉系统。要想引水，就要有水源和水渠，那水源来自哪里呢？吐鲁番盆地是我国著名的“火州”和“干极”，年降水量只有16mm，蒸发量却在3000mm以上，因此靠天不行，只能依靠北部天山、西面喀拉乌成山的冰雪融水。可是，这些冰雪融水流出后不就渗入戈壁滩的砾石之中了，怎么才能把它们引出来呢？



土丘



吐鲁番盆地



坎儿井示意图

古代新疆人再熟悉不过的就是当地的地形了，从天山脚下到盆地内部，高差很大，坡度也很大！幸运的是，这里地下水位的坡度和地面坡度相差无几，这就为开凿坎儿井提供了有利的地形条件。地下倾斜的潜水就如同地表疾奔的河流，这时如果能有一条暗渠沟通到地表，在水头压力差的作用下，这些潜水便能流出！正是循着这样的想法，古代的新疆人决定在地下挖一条暗渠，这才有了地面上的一个个小土丘——开凿竖井之用。人们挖掘一个个容得下人的竖井，下到竖井里去挖掘水平的暗渠，一段一段地挖过去，直到见到地面的出口。这时，排出地表的水再通过一段明渠流向万家农田、果园和家庭。有意思的是，这些来自地下清清凉凉的地下水正好可以用来养殖冷水鱼。



修筑坎儿井的人们



坎儿井明渠中的水流向葡萄园



摩洛哥坎儿井土丘近照

坎儿井可不止新疆才有啊，在气候干旱的伊朗、阿富汗以及非洲的一些国家，人们也修建坎儿井。坎儿井与其它灌溉方式相比较有许多优点，它结构简单，无需动力提灌设备；常年流水，水量稳定可靠；蒸发损失很少，水的利用率高。因此，坎儿井直到今天在农田水利中仍然得到广泛利用。

小贴士

汉代的井渠

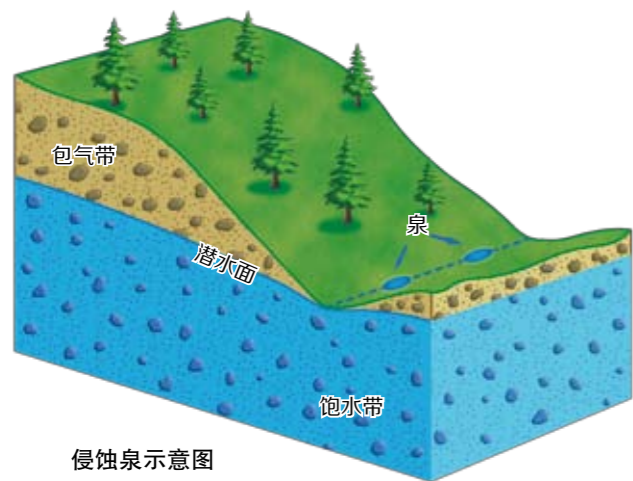
吐鲁番的坎儿井是怎么起源的呢？是吐鲁番人民自己创造的，还是从波斯传过来的？这些问题至今没有定论。然而，可以确定的是，汉代陕西的关中地区就有了类似坎儿井的井渠。据史料记载，汉武帝时曾引洛河水灌溉大荔平原，但由于傍山的渠岸经常崩塌，渠水无法通过，有个叫庄熊黑的人便带人先在山上测出渠道要经过的路线，沿着这条线凿出一眼眼直井，再把各井从地下挖通，使之成为一条和山中地面渠道相连的地下渠道，渠水就从地下渠道流过山去，到达大荔平原。有种说法认为，汉通西域后，塞外乏水且沙土较松易崩，就将“井渠法”取水方法传授给了当地人民，后经各族人民的辛勤劳作，逐渐趋于完善，发展为适合新疆条件的坎儿井。

泉是怎么形成的

泉水是地下水泄流的一种主要方式，既可以饮用，也可以形成景观。

我们知道，地下水在含水层中，而埋藏最浅的含水层——潜水含水层又在包气带下面，那么，地下水是怎么流出来的呢？泉水形成的方式多种多样，我们只选几种说一说。

第一种泉叫侵蚀泉。由于地形遭受风、雨、地表水流的侵蚀，造成被切穿的含水层中的地下水在静水压力的作用下向地表溢出形成泉。侵蚀泉多分布于沟谷或山坡坡脚处。

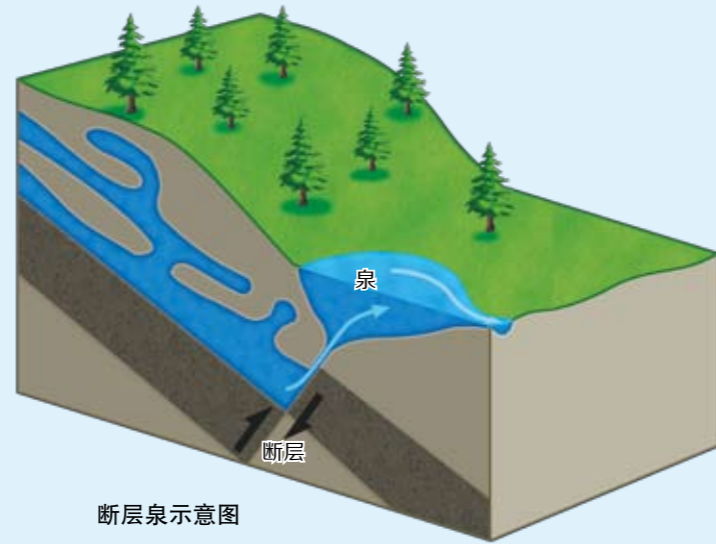


侵蚀泉示意图

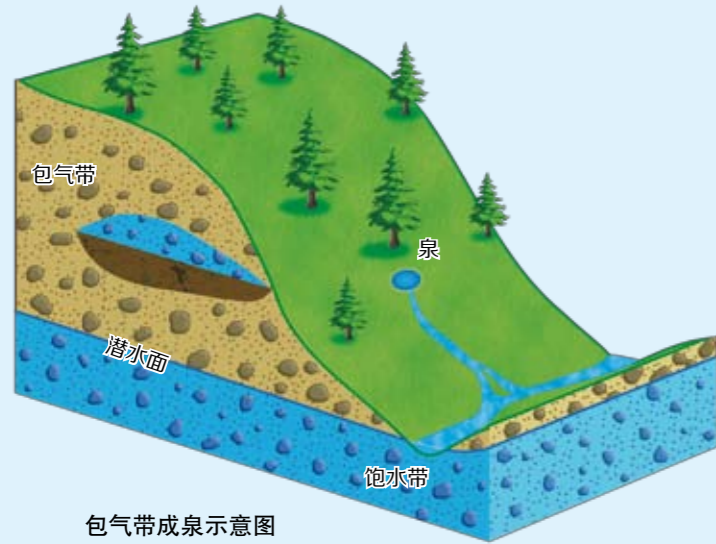


这是有“沙漠第一泉”之称的敦煌月牙泉，它是地质作用和水文地质综合作用下的产物。低洼的地形条件是月牙泉形成的一个重要因素。那么这个洼地是怎么形成的呢？首先，月牙泉附近的古地理环境处于两个冲洪积扇的接触部位，是沉积物难以进入的“死角”，该区域自然形成相对低洼的地形；其次，气候干旱，风的侵蚀作用较强，风不断吹蚀洼地，使洼地加深。再加上西北部平原区地下水位较高，当地下水流经这片洼地时便会溢出地表形成泉了。

第二种泉叫断层泉。承压含水层被导水断层所切，地下水在水压作用下，沿断裂上升至地表形成泉。因为断层在地表的形态一般较平直，因此这些断层泉就犹如珠子一样在地表沿着断层穿成一串。华清池温泉就是一处断层泉，它是骊山脚下几组断层的交汇复合部位形成断层带后泉水由此带涌出地表而形成的。



断层泉示意图



包气带成泉示意图

第三种泉比较特殊，因为它出现在包气带，而不是含水层。其实，我们脚下的大地并不像我们认为的那样“井然有序”，包气带中不一定只有透水性的土壤和砂砾。事实上，当雨水在地下运动时，在包气带就可能遇上一段小型、不透水的地层。这样，本该“溜走”的重力水就被截在潜水面以上（这就是前面所说的上层滞水）。这些水无处可去，而且越攒越多，只能被迫沿着水平方向寻找出口。这样的出口在山腰或岩壁上很常见，因为这些地方坡度较大，地形能够轻易地切过这些水，让它们流出形成泉。



岩溶泉示意图

还有一种泉，叫岩溶泉，它是岩溶水流出地表而形成的泉水，又叫管状泉。顾名思义，这些泉水的通道就像水管一样，水不用在岩石空隙中挤，因此流速很快，这些管道就如同地下的高速公路一样。这样的管道只在石灰岩中才有，因为水会不断冲刷石灰岩中的裂隙，使其加宽、加大，有的管道甚至可以容纳一个成年人在里面走来走去！当水沿这些管道向低地流动时，就会在地表破裂的地方形成泉。地球上的大泉多为管状泉。

下图这个位于欧洲的岩溶泉是阿尔巴尼亚的一个观光胜地，因泉水湛蓝而被人们形象地称为“蓝色之眼”。它实际上是个非常深的喀斯特洞穴，潜水员已下潜至50米，但没有人知道它到底有多深！对了，它还是一条25千米长的河流的源头。



“蓝色之眼”



要是根据泉水冒出的状态，我们可以更简单地把泉分为下降泉或上升泉。当然，可不是只有侵蚀泉可以分为下降泉或上升泉啊！记住一点，如果泉水来自潜水含水层，泉水从泉口自由流出，不往上冒、只往下流，在泉池里也很安静，这就是下降泉。如果泉水由承压含水层补给，只要一遇上通道，那些“重获自由”的泉水就会以冒泡、翻花的兴奋姿态涌出地表，成为上升泉。所以侵蚀泉按照侵蚀到的含水层种类，也可分为下降泉和上升泉。

趵突泉是国内最著名的上升泉。其实，济南市有很多上升泉，市区内除趵突泉泉群外，还有黑虎泉泉群、珍珠泉泉群、五龙潭泉群，市区外的有济南东郊白泉泉群，章丘明水百脉泉泉群，还有南部山区的大部分泉。

小知识

瓶装的泉水

泉的英文叫spring，源于德语词汇springer，意思是“从地下泄露出来”。所以，泉水就是地下水在地表上“露了个头”形成的。泉有大有小，有的是从地下“渗出”的涓涓细流，有的水量足够大，可以形成河流、湖泊。泉可以供我们饮用，我们每天喝的瓶装水中，可能都有一个关于地下水的故事。

趵突泉

如何寻找地下水

很早以前，人们就知道如何寻找地下水了。

古代劳动人民在长期实践中已总结出了一些寻找浅层地下水的方法。例如在干旱的沙漠、戈壁地区，生长着怪柳、铃铛刺等灌木丛，这些植物告诉我们，这里地表之下6~7m深就有地下水；有胡杨林生长的地方，则地下水位距地表不会超过5~10m；芨芨草指示地下水位于地表下2m左右；茂盛的芦苇指示地下水位只有1m左右；如果发现喜湿的金戴戴、马兰花等植物，便可知这里往下挖50cm或1m左右就能找到地下水。

胡杨林

另外，在地下水埋藏浅的地方，泥土潮湿，蚂蚁、蜗牛、螃蟹等喜欢在这里做窝聚居；冬天，青蛙、蛇类动物喜欢在此冬眠；夏天的傍晚，因其潮湿凉爽，蚊虫通常在此呈柱状盘旋飞绕。



蚂蚁窝

小贴士

齐军怎样找水？

《韩非子·说林上》记载，春秋时期，管仲、隰朋随齐桓公远征孤竹国，春季出兵，回师时已经进入隆冬时节。行走在山路中，溪流干涸，人马口渴难耐，大军无法行进。这时，隰朋向齐桓公建议说：“听说蚂蚁夏天居山之阴（北），冬天居山之阳（南）。只要顺着蚂蚁窝向下挖一点就能找到水了。”齐军按照这个建议果然找到了水源。齐国军队当时的行军路线大约在华北平原的东部，地下水埋藏较浅，挖几米见水是很正常的现象，与蚂蚁冬夏的活动并没有什么联系。

古人只是根据生活经验来找水，定井往往成为风水先生的专利。时至今日，情形已经大有不同，找水已经有了科学理论的指导，要想寻找地下水，大致要经历三个步骤：确定找水方向；实地调查访问；物探定井。

确定找水方向

要想找水，就要先知道哪些地方可能会有地下水。一是要考虑地形、地貌特征，二是要考虑水文地质条件。前面我们讲到含水层，松散堆积的砂层、砾石层，裂隙发育的岩层，石灰岩层等都具有很好的含水性。那么这些含水层都在哪呢？平原地区，湖泊和河流的冲积作用可以形成松散的砂层和砾石层，这种含水层的面积往往比较大，中国东部的几个大平原都是如此。在河流附近的古代河床中也含有地下水。在靠近山麓的平原地带往往会发现有洪积扇，扇体堆积的砂砾石也能形成一个很好的含水层。



河流冲积形成的砂层

实地调查访问

确定找水方向之后，就要到实地去调查访问。要寻找地下水，必须要对现有的水井和泉水等进行调查，了解地下水是从哪一个地层中流出来的，含水层有多厚，水质如何等。综合分析过往找水的经验和教训可以使今后的找水更有把握。

山区和丘陵地区找水的难度要大于平原地区，在这些地区找水，不仅要找到含水层，还要找有利于地下水汇集的地质构造，如断层破碎带等。在石灰岩的断层中往往会发现溶洞，其中会有丰富的地下水。总之，实地调查访问的时候要尽可能详细地搜集资料，便于分析地下水的流动和富集情况。

物探定井

接下来，我们就要通过一些地球物理的方法来探测地下具体的含水构造了，在此之前我们只是在地面上对地质情况进行分析，以确定地下是否有水，而并不清楚地下有哪些含水的构造和层位。利用物探方法，我们可以“看到”地下岩层的分布，构造裂隙的发育状况，并分析它们的含水性及导水性。物探找水有多种方法，其中核磁共振技术是目前唯一能直接找水的物探新方法，能有效地探测各类型地层中含水层的位置、厚度、含水量及平均孔隙度，从而可指示我们确定水井的位置。

温泉是怎么形成的

早在旧石器时代，原始人就已经知道用温泉泡澡了。

当然，原始人只是在天然形成的温泉池中泡澡，而右图这座建于公元前3世纪秦王朝的石头池塘是已知最早的人造温泉池，位于陕西省西安市的骊山。



秦王朝的石制温泉池

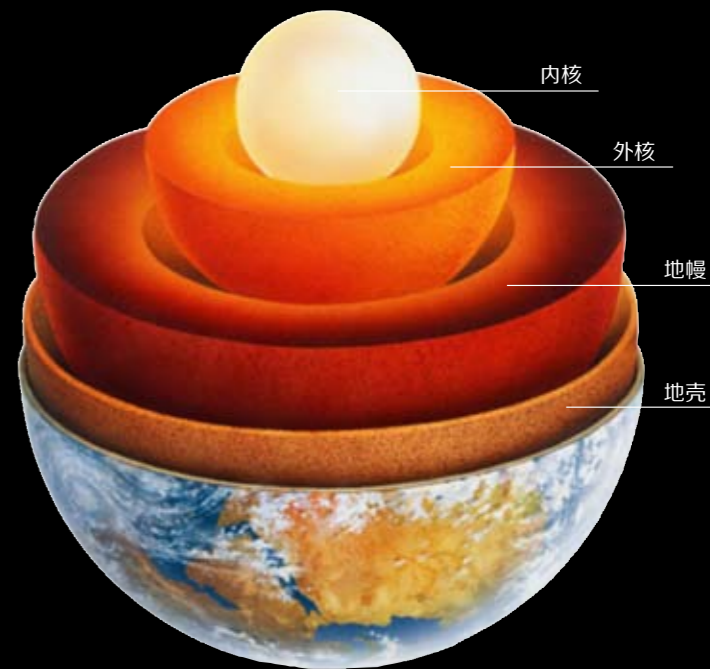
到了公元1世纪，当凯撒率领的罗马人征服了现今英格兰西南部的巴斯后，就利用那里众多的温泉修建大型公共浴池和地下取暖设备。巴斯（Bath，意为“洗澡”）城正得名于这里的大温泉浴室。巴斯温泉是英国唯一的温泉，已被列入世界文化遗产。左图是英格兰巴斯的罗马温泉浴室遗址，柱体以上是后来修建的。



巴斯温泉浴室遗址

温泉是被地热加热的地下水涌出地表形成的。在地球表面，有许多这样的温泉，它们的温度不一，有的适合人们洗澡，有的则因温度太高而对人体有伤害，有的甚至会导致死亡。温泉有时也会成为森林或城市火灾的罪魁祸首。即便如此，在世界范围内，大家对于温泉温度的定义却没有达成什么共识，例如有人认为温泉的温度要高于人体温度（ $36.5^{\circ}\text{C} \sim 37.5^{\circ}\text{C}$ ），而另有一些人主张高于 20°C 或 25°C 的泉就可以称为温泉。

加热温泉的热量来自哪里呢？答案是地球内部。我们知道，地球由外到内分为四个圈层：地壳、地幔、外核、内核。地幔和地核（分为外核、内核）的温度都非常高——内核 5500°C ，外核 4500°C ，地幔 $1500^{\circ}\text{C} \sim 3000^{\circ}\text{C}$ ，它们就如同火炉一样从下面烘烤着地壳。地球内部之所以能保持如此之高的温度，这与地球物质所含的放射性元素衰变产热有关。如果地壳非常均一，岩石的温度也会随深度增加而升高，因此深处岩石裂隙中的地下水就会被烘烤加热，再沿着地下断层上升到地表成为温泉。



地球的圈层结构示意图
(改编自 Dk.Findout)



冰岛的斯特罗库尔间歇泉

在火山活动的地方，例如美国的黄石公园，地下水和炽热的岩浆接触而被加热。在岩浆附近，水的温度变得非常高，以致于能够沸腾起来，或成为超热水。如果地下的热水和蒸汽在巨大的蒸汽压力推动下冲破地表，向上周期性地喷出数米至数十米，这就是周期性喷发的间歇泉。在现代活动的火山周围，这样的温泉水都接近或达到沸点，非常危险。当你站在安全距离观赏间歇泉的喷发，一定会被地球内部的力量和“热情”所震撼。

美国黄石公园正在喷发的间歇泉



冰岛的斯特罗库尔间歇泉



美国黄石公园正在喷发的间歇泉



美国黄石公园正在喷发的间歇泉

除了用于洗浴和旅游，更多的地下热水被用来生产电能。地热成本低、可靠、稳定、可持续，而且是环境友好型能源，具有非常广阔的发展前景。除发电外，地热还在房屋取暖、蔬菜温室、医疗等方面都有广泛的应用。

小贴士 地热资源丰富的冰岛

冰岛位于北大西洋靠近北极圈的海域，是欧洲第二大岛国。它位于北美板块和亚欧板块的边界地带（两个板块每年以2cm的速度漂移），是地球上能在海平面以上看到山脉漂流的少数几个地区之一。板块边界地幔热流活跃，这也使冰岛成为了世界上地热资源最丰富的国家之一。它的首都雷克雅未克在冰岛语中的意思就是蒸汽海滩。事实上，冰岛移民第一个注意到的就是从位于该市中部的温泉谷冒起来的蒸汽，冰岛第一个热水井就是在这里。今天，85%的冰岛人口利用地热取暖。

地下水有什么颜色、气味和味道

在一些特殊情况下，地下水也色、香、味俱全。

水是一种很好的溶剂，能将岩石、土壤、大气、生物体中的一些物质“浸泡”出来。因此地下水不是纯水，而是一种天然溶液。

如果没有人为污染或天然带有色素、气味和味道的物质进去，大部分地下水都是无色、无嗅、无味的。然而，在一些特殊的环境下，地下水中如果溶入特殊的气体、盐类、有机质等，它们便会呈现出不同的颜色、气味和味道。

右图是黄石公园的大棱镜温泉，又叫大彩虹，是美国最大的温泉，世界第三大温泉，被称为“最美的地球表面”。温泉水中富含矿物质，使得水藻和菌落中带颜色的细菌在水边得以生存，从而呈现了这些色彩。温泉中心地带由于高温没有生物生存，因此呈现出水本来的颜色。大棱镜温泉从里向外呈现出蓝、绿、黄、橙、橘色和红色等不同颜色。

大棱镜温泉





地下水一般是无色的，但一些天然的“色素”会使它缤纷多彩，如同超市里卖的饮料一样：棕色的可口可乐、绿色的苹果汽水、橙色的芬达……这些“色素”包括一些在水溶液中显色的离子与化合物，还有一些氧化环境下生长的硫细菌等。地下水的颜色可以用标准颜色的溶液或有色玻璃片与水样对比获得。



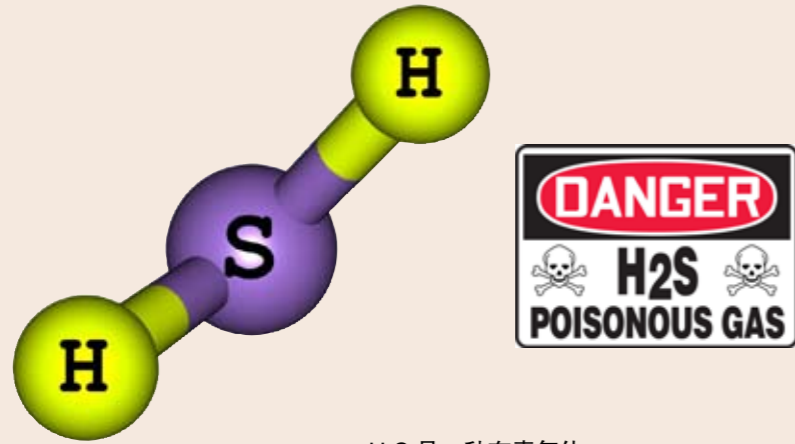
地下水调色须知

含有较多钙离子 (Ca^{2+})、镁离子 (Mg^{2+}) 的硬水是浅蓝色的；二价铁离子 (Fe^{2+}) 会使地下水呈现浅绿灰色，而三价铁离子 (Fe^{3+}) 则为地下水增添一些果酱般的黄褐色；硫化氢 (H_2S) 在熏臭地下水的同时不忘留下一丝暗绿色，而锰 (Mn) 的化合物则以一抹暗红色证明自己同样无法忽视；微生物分解植物遗骸后形成腐殖酸，再结合金属阳离子形成腐殖酸盐，它们经过土壤的淋滤进入地下水，将水染成暗黄或灰黑色。



在澳大利亚西部的佩斯，
一个石灰岩建筑物被含有
 Fe^{3+} 的地下水染上颜色

同样地，地下水一般也是没有气味的。但如果你无意之中闻见过臭水沟的味道，那你一定还记得那样的味道类似于臭鸡蛋。这是硫化氢（ H_2S ）气体在作怪，水沟里容易滋生这种气体，当然还有甲烷（ CH_4 ）。地下水中也会含有硫化氢（ H_2S ），因此地下水有时也会散发出臭鸡蛋怪味，并且会让水色变暗。除此之外，地下水含有腐殖质时闻起来会有一股霉味儿，二价铁离子（ Fe^{2+} ）的铁腥味儿有时也能闻到。



H_2S 是一种有毒气体

小贴士

甲烷有味道吗？

甲烷是由微生物消化植物时所产生的。臭水沟、沼泽、动物和人的肠道里都会产生，因此甲烷才会出现在屁里。牛比我们制造了更多的甲烷，有一些科学家推测，一只牛每天放屁大概要排出200克的甲烷气体，而全世界的牛一年能通过放屁排出一亿吨甲烷。虽然屁里含有甲烷，但甲烷却是无色、无味的，屁的臭味来自硫化氢以及吲哚等成分。



地下水的味道也能够多种多样。二氧化碳（ CO_2 ）的加入会使地下水尝起来清凉可口，氯化钠（ $NaCl$ ）则会使水变咸，氯化镁（ $MgCl_2$ ）和硫酸钠（ Na_2SO_4 ）会让水尝起来又苦又涩。地下水中还会含有铁（ Fe ）的离子，但究竟是亚铁离子（ Fe^{2+} ）还是铁离子（ Fe^{3+} ），这取决于地下水的含氧量，在含氧量少时水中的铁离子多为亚铁离子（ Fe^{2+} ），含氧量高时亚铁离子就会向铁离子（ Fe^{3+} ）转化。如果地下水含氧量少，它就会含有大量亚铁离子（ Fe^{2+} ），当这些水流出地表的时候，亚铁离子（ Fe^{2+} ）就会与空气中的氧气反应变为铁离子（ Fe^{3+} ），并结合氧原子形成铁锈一样的矿物（成分是 Fe_2O_3 ），这时，地下水喝起来就会有铁锈味儿。稀奇的是，含有腐殖质的地下水会有点甜味哦……但却不宜饮用！

如果你好奇地下水的味道，不妨取一些看起来清洁（最好不要带颜色）的水样加热至 $30^{\circ}C$ ，然后含少许在口中，数分钟之后吐出，一定不要喝进肚子！这时，你就能品尝地下水的味道了。

无论如何，我们更希望饮用无色、无嗅、无味的地下水。颗粒活性炭吸附和反渗透是除去上述这些添加剂的两种有效方法。然而，当下次你喝起一杯水时，如果发现它带着点颜色，散发出淡淡的气味，一尝还有味道，那么这就是你当地含水层中地下水的“标签”了。相信，这样的标签也是独一无二的。

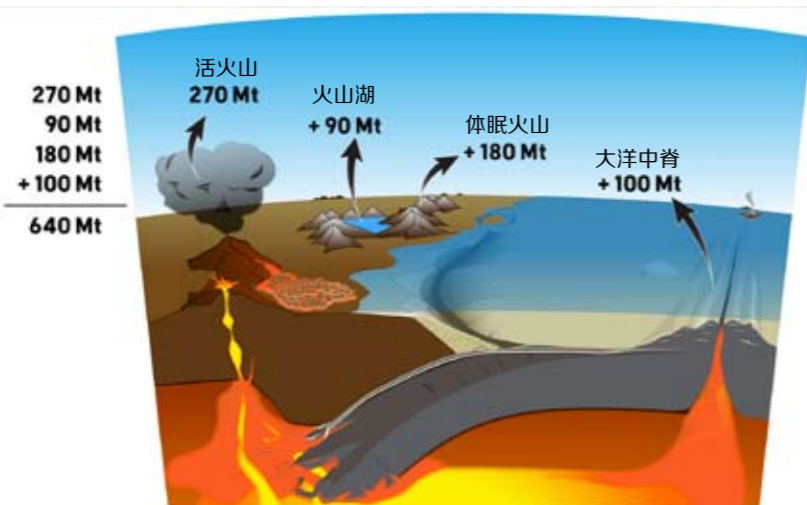


地下水中的化学成分都是怎么来的

到这里，我们就来看看地下水中到底有哪些化学成分，以及它们是怎么来的。

我们前面说过，地下水一般是无色、无嗅、无味的，但这可不是说它们就是纯净水！其实，地下水的化学组成很复杂，除了纯水，还有气体、离子、微量元素、胶体、有机质、细菌等。地下水是由各种无机物和有机物组成的天然溶液。

地下水中所含的气体主要有氧气（ O_2 ）、氮气（ N_2 ）、硫化氢（ H_2S ）、二氧化碳（ CO_2 ）等。氮气（ N_2 ）和氧气（ O_2 ）是大气中含量最多的两种气体，在水中也有较高的溶解度。硫化氢（ H_2S ）多来自硫酸盐的还原，一般见于煤田水和油田水，含量可高达每升几克。火山喷发时也能释放大量的硫化氢（ H_2S ），在熏死一批附近的动植物之余，它们也进入地下水中散发恶臭。地下水中的二氧化碳（ CO_2 ）可以来自大气，也可以经由土壤生物的呼吸作用产生（土壤中每年形成 $13.5 \times 10^{10} t CO_2$ ）。在有碳酸盐岩（成分为 $CaCO_3$ 和 $MgCO_3$ ）分布的火山活动地带，碳酸盐岩在地壳以下的地幔受到“烘烤”也会分解出二氧化碳（ CO_2 ）。



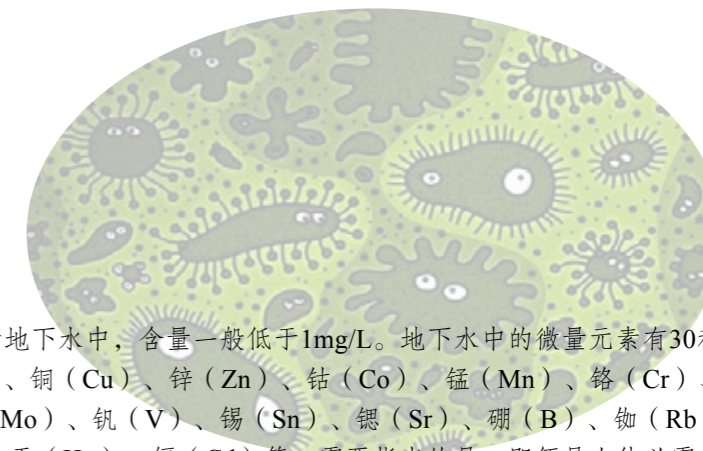
火山活动每年释放出大量 CO_2 (1Mt=10⁹t)

一般来说，地下水中二氧化碳（ CO_2 ）的含量为每升几十毫克，正因为它们的存在，地下水才有了一定的侵蚀能力，在碳酸盐岩发育地区“雕刻”出美妙的喀斯特地貌。

斯洛伐克的多米察喀斯特洞穴



地下水中会含有一些天然的离子成分。当水在包气带和含水层的土壤颗粒、沉积物、岩石的空隙中穿行时，矿物表面的可溶性离子便会缓慢的进入水中。有的离子在水中的溶解度很大，它们进入水中的速度快，一段时间之后，它们成为地下水中主要的离子，如氯离子（ Cl^- ）；而另一些离子，如钙离子（ Ca^{2+} ）等，虽然它的溶解度不高，但它在自然界的岩石中分布广泛，因此也成为地下水中的主要离子成分。像上面这样的主要离子共有7种：氯离子（ Cl^- ）、硫酸根离子（ SO_4^{2-} ）、碳酸氢根离子（ HCO_3^- ）、钠离子（ Na^+ ）、钾离子（ K^+ ）、钙离子（ Ca^{2+} ）和镁离子（ Mg^{2+} ）。这7种离子在很大程度上决定了地下水的化学特性——酸碱性、硬度以及总矿化度。



微量元素以胶体、分子和离子等形式存在于地下水中，含量一般低于 1mg/L 。地下水中的微量元素有30种之多，其中含有人体必需的微量元素如铁（ Fe ）、铜（ Cu ）、锌（ Zn ）、钴（ Co ）、锰（ Mn ）、铬（ Cr ）、硒（ Se ）、碘（ I ）、镍（ Ni ）、氟（ F ）、钼（ Mo ）、钒（ V ）、锡（ Sn ）、锶（ Sr ）、硼（ B ）、铷（ Rb ）等，以及对人体有害的微量元素，如铅（ Pb ）、汞（ Hg ）、镉（ Cd ）等。需要指出的是，即便是人体必需的微量元素，如果摄入过多，也会对身体机能产生严重的损害。例如，如果长期饮用在特殊环境背景下形成的高氟地下水，就会引发氟骨症，产生诸如骨质异常致密、硬化，斑釉牙，四肢或脊柱疼痛与变形等症状。

地下水中还还有一些胶体、有机质和细菌。胶体是一些难溶于水的物质，如氢氧化铁 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 、氢氧化铝 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ 、二氧化硅（ SiO_2 ）等在水中形成的胶状沉淀物。这些胶体微粒在矿物风化分解后进入地下水中。有机质在地下水中也比较少见，一般来自土壤中有有机微粒，以及石油、天然气的溶解。生活污水、工业废水，以及人类、牲畜的排泄物中含有致病的病原菌，它们进入水体后危害很大。



小贴士

地下水的化学特性

酸碱性：取决于水中的氢离子（ H^+ ）浓度，用pH值表示。中性水的 $\text{pH}=7$ ，小于7时的水为酸性，大于7时为碱性水。自然界中天然水的pH多在6.5和8.5之间。

硬度：地下水的硬度是由水中所含的钙离子（ Ca^{2+} ）和镁离子（ Mg^{2+} ）构成的。我们烧水的水壶一段时间后会有一些白色的水垢，这就是钙离子和镁离子形成的沉淀物。

总矿化度：每升地下水中各种离子、分子及化合物的总量，也就是每升水样在一定温度下蒸干后剩下的固体残渣的质量，以 g/L 表示。

地下水是怎么被污染的

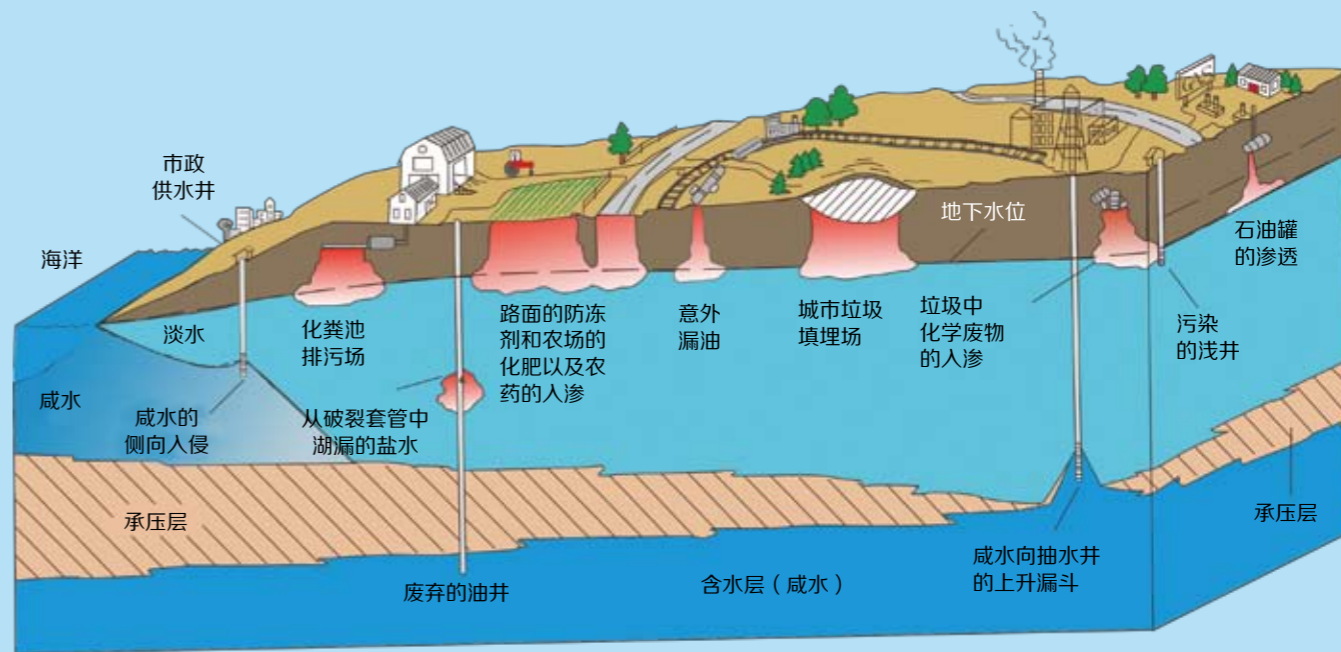
很长一段时间里，我们都以为含水层之上的土壤和砂砾是天然的污染物“过滤器”，然而……

直到20世纪70年代，人们逐渐认识到，这些过滤层往往不能有效地阻止污染物向地下含水层迁移。尽管如此，当时已经有相当数量的污染物进入土壤和地下水中。科学家在研究了这些污染产地后告诉我们：一旦地下含水层受到污染，其危害可能会持续几十年甚至更长时间，而且处理起来很困难。

地下水污染是人为或自然原因导致地下水化学、物理、生物性质改变使地下水水质恶化的现象。污染源包括家庭污水、工业废水、垃圾填埋、化粪池、地下燃料罐的泄露、农业施肥等，而且河流、湖泊的污染物也可进入地下水中。



左图是阿富汗赫拉特附近的一个传统的住宅小区。一口很浅的水井离白色蔬菜棚后的坑厕很近，这个坑厕就是附近地下水的一个污染源。如果饮用被人畜粪便污染过的地下水，严重时会引起细菌性肠道传染病，如伤寒、霍乱、痢疾等，此外还会引起某些寄生虫病。



地下水污染源

当雨水浸润地表并且接触到填埋的废物或者其他形式的污染物时，这些污染物就会随雨水进入地下水中，这是地下水污染的典型途径。有时洒落或者渗漏的污染物较多，它们无须借助雨水，只靠自身的重力便能直达含水层。因为地下水的流动一般说来非常缓慢，因此污染物不容易扩散，常常形成相对稳定的“烟羽”，随地下水缓慢运动。虽然污染“烟羽”在地下水中的运动速度不快，但因为地下水污染相当隐蔽，常常数年甚至数十年不为人所知，因此地下水污染“烟羽”长度可达几千米，破坏范围从潜水含水层、承压含水层，直到更深的基岩裂隙含水层。这些受到污染的地下水有的会被我们饮用，有的则会自流进附近的河流，重新下渗进入含水层。地下水污染因隐蔽而可怕！

常见地下水污染物质

酸	防冻剂	碱
清洁剂	冷却水	除油剂
除尘设备用水	肥料	汽油
杀菌剂	除草剂	尾矿
药品	油	漆
杀虫剂	洗涤用水	盐
生活污水	生活/工业污泥	溶剂
工业废水	含重金属液体	



地下水污染示意图

地下水污染有哪些危害

人类健康最直接地受到地下水污染的危害。

地下水的污染“烟羽”运动较慢，而且污染物的浓度也很少能达到引发急性中毒症状的程度。但是，正因为地下水污染物的含量通常较低，才难以察觉、辨别，如果长期饮用，就会危害人类健康。地下水中的砷、氟等污染元素会对肌体产生小剂量、高频次的刺激，从而诱发一些慢性疾病，比如癌症，肝、肾等的慢性损伤，神经系统紊乱，免疫功能失常，胎儿畸形等。

小贴士

拉夫运河事件

1978年，居住在美国拉夫运河社区的一些居民发现自己的孩子都患有不同程度的肝癌、癫痫、哮喘和白细胞数量少。之后，他们联合起来对人们的身体健康和生活环境做了详细的调查。美国环保署也发表报告称：“当地呈现了高流产率……拉夫运河区域可以被列入环境灾难地区，从工人的精神紊乱到哺乳妈妈的乳汁都可以发现毒素……”。调查结果显示这次环境灾难的“罪魁祸首”是50年前填埋的工业废弃物，这些废弃物的渗滤液进入到附近地下水饮用水源。这一事件在当时引起轩然大波，将之前少有人关注的地下水污染问题提升到前所未有的高度。这次事件也催生了美国庞大的地下水污染调查与修复产业。



农业灌溉

使用受污染的地下水来灌溉农田，会破坏土壤，影响农作物生长，造成减产，严重时则颗粒无收。当土壤被污染的水体污染后，会在今后长时间内失去土壤的功能作用，造成土地资源的严重浪费。

地下水污染还有可能造成生态环境破坏，例如当受污染的地下水最终排入河流时，会造成鱼类死亡、生态退化和动物绝迹。

我们可以为防治地下水污染做些什么

我们每个人都可以从身边的小事做起，让地下水环境变得更好。

在社区：

- 去了解你平时用的水来自哪里，有哪些潜在的污染源，以及当地有哪些地下水保护的机构；
- 在小区比较显眼的地方组织一个地下水知识宣传栏，对社区群众普及地下水知识；
- 通过宣讲、资助等方式支持在当地学校开展地下水教育；
-



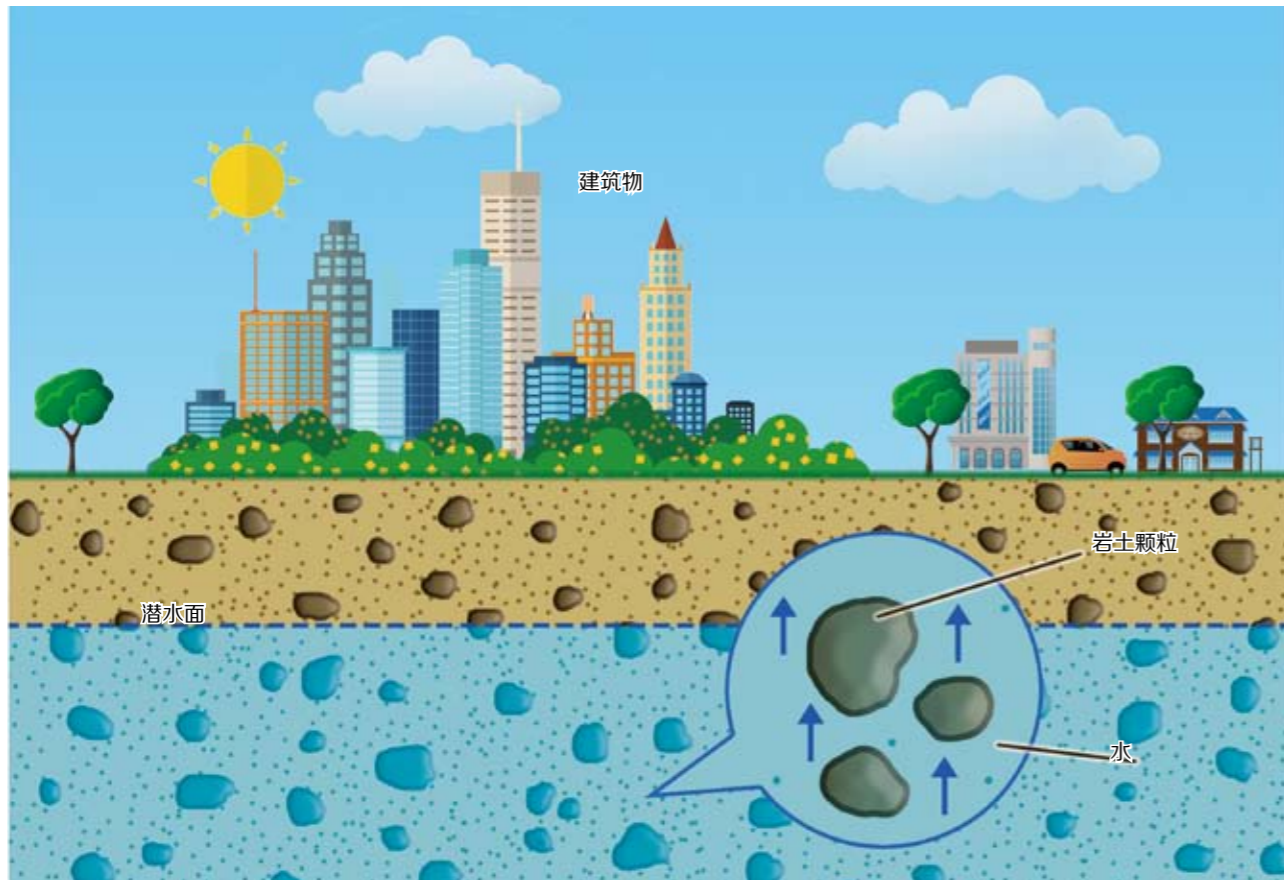
在家：

- 农药、洗涤剂、油漆等不随便倾倒进下水道，防止它们渗入地下；
- 不随便扔垃圾，一定要把它们带到垃圾池集中处理；
- 严格按照标签的指示使用、处置化肥和农药，尽量用毒性小的替代品；
- 牲畜粪便要作为肥料继续使用而不要随便丢弃；
- 不要将未使用的家庭药品以及私人护理品倒入下水道中；
- 车道和院落的地面尽量使用渗透性好的建筑材料，这样可以防止雨水将沿途的污染物（石油、重金属、农药等）冲入地下水中；
-



过度开采地下水有哪些危害

过量开采地下水会引发一系列的地质环境问题，如地面沉降、地面塌陷、地裂缝、海水入侵等。

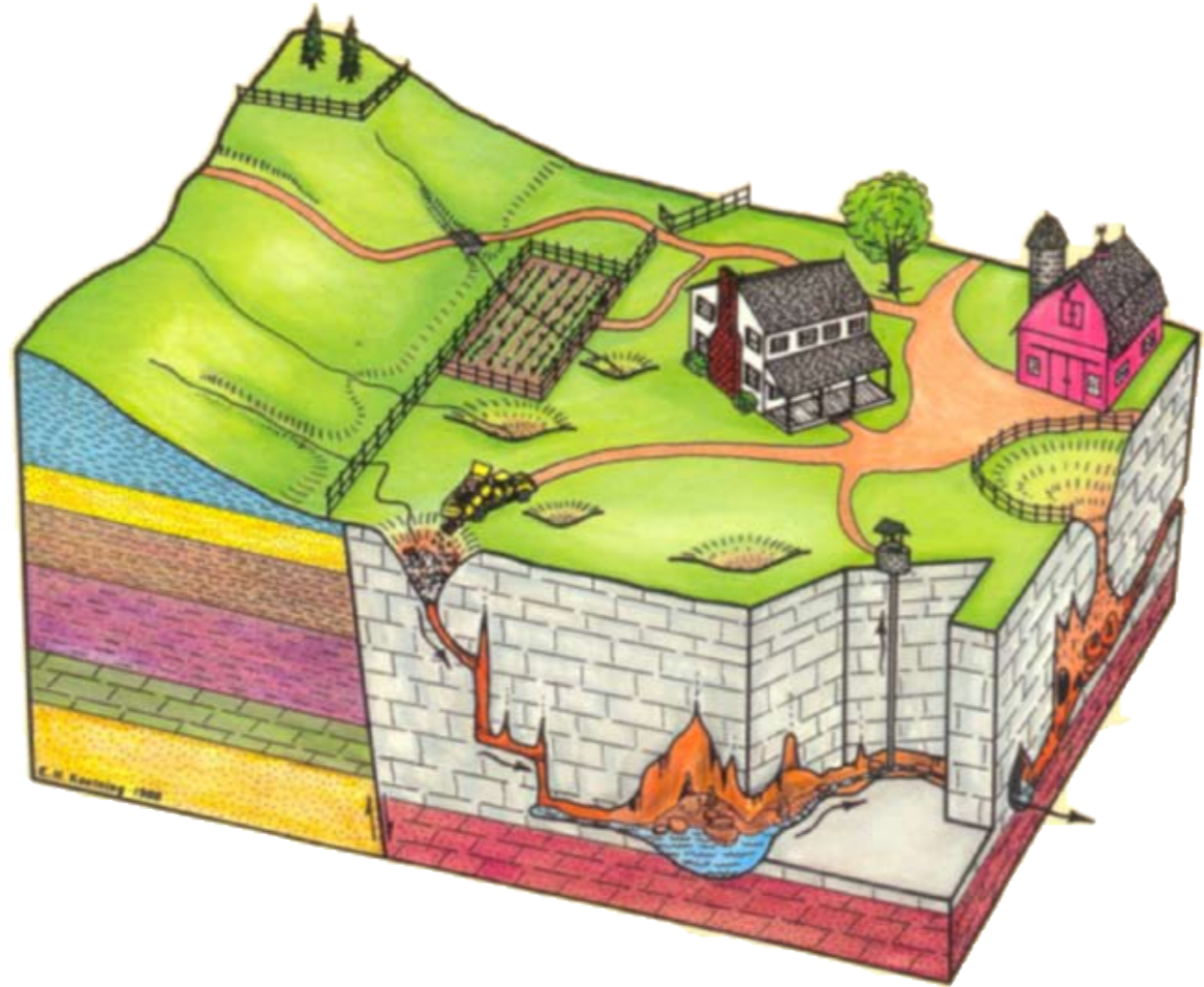


岩土颗粒和地下水承重示意图

地面沉降是指在自然和人为作用下发生的局部地表高程下降。

许多人有一个错误的认识，认为地表以下的岩土颗粒承载了地面之上所有的重力。实际上，地面上的总重量是由地表以下的岩土颗粒和颗粒之间的水共同承担的（见左图）。在地表重力的压迫下，岩土之间的空隙会减小，这时空隙间水的压力增大，对地面以上重力的支持力也会增大。然而，如果我们过度开采地下水，“掏空”岩土颗粒之间的空隙，那么水的支持力就会减弱甚至消失。这时地面以上几乎全部的重力都落在岩土颗粒上，地表以下的土层便会被迫压缩，造成地面沉降。地面沉降是目前世界上许多过量抽取地下水的平原区，特别是滨海城市所面临的严重问题。在我国，华北平原和过去上海市的地面沉降最为严重。

地面塌陷则是地表发生塌陷的现象，与地面沉降类似，但波及范围小、发生速度快，多在地表形成塌陷坑。根据塌陷的形成原因，地面塌陷一般又可分为岩溶塌陷、采空塌陷和黄土湿陷三种。岩溶地区地下溶洞很常见，洞中多被泥沙和水充填，大量抽取地下水会迫使地下水加快流动，大量的泥沙也随之从排泄口流失。如此一来，洞中的岩土层便会一点点向下落，洞顶就会出现空洞，造成突发性的地面塌陷，称为岩溶塌陷。采空塌陷多发生在矿山附近，当人们在地下开采矿石时，在地下形成空洞，岩土体一失稳，地面就陷落了。黄土湿陷发生在黄土区，黄土被水浸润后结构发生变化，引发湿陷变形。地面塌陷的危害主要表现在突然毁坏城镇设施、工程建筑、农田，干扰破坏交通线路，造成人员伤亡等。



岩溶塌陷形成演化过程示意图

如果岩溶地区的地下河发育，本身就具备非常好的流动、排泄条件，它对可溶性岩层的溶蚀、侵蚀作用非常强烈，这时就会发生溶洞的崩塌与陷落，在地表形成岩壁峭立、深不见底的天坑。这属于正常的岩溶塌陷现象，和大量抽取地下水没有关系。天坑是一种极具特色的喀斯特景观，集旅游、探险、科学研究于一身，著名的如我国广西乐业的天坑等。乐业天坑东西走向长600多米，南北走向宽420米，垂直深度613米，四周似刀削的悬崖峭壁，异常险峻，像个巨大的火山口。



广西乐业县的大石围天坑



呼伦贝尔草原上的塌陷大坑

世界闻名的三大草原之一呼伦贝尔草原，在20世纪90年代宝日希勒镇有100多个小煤窑在草原上开采煤矿，经过十几年后，一个个的塌陷大坑出现，使这片草原面目全非。

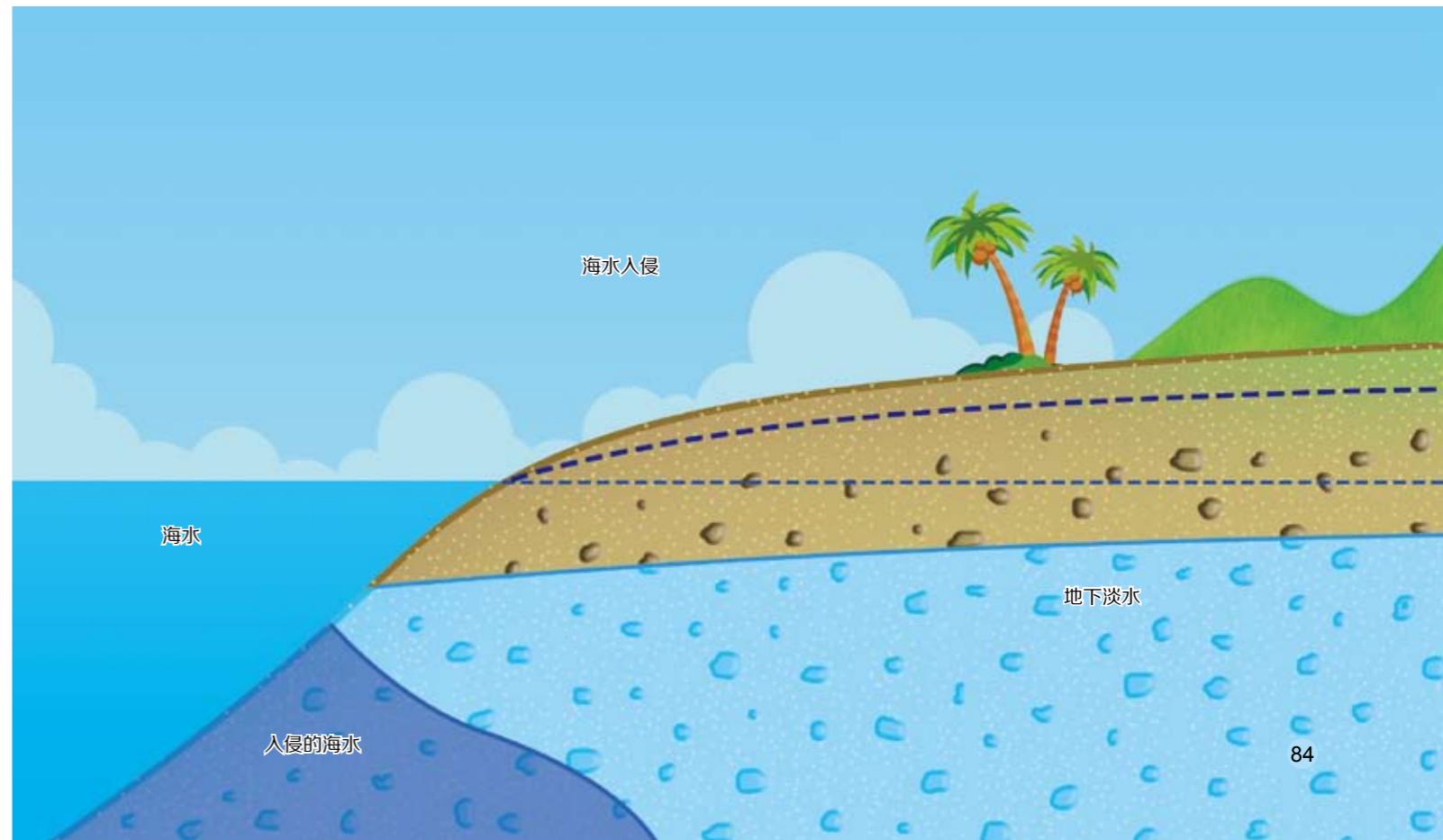
地裂缝是地表在自然或人为因素的作用下，产生开裂并在地面形成的裂缝。地裂缝的形成原因十分复杂，自然因素一般多与地震活动相关，人为因素多是过量抽取地下水导致的不均匀地面沉降所引起。

地裂缝



海水入侵又称海水倒灌。在沿海地区，由于开采地下水，特别是过量开采，会使地下水位急剧下降，当地下水面低于海平面时，在压力差的“驱赶”下，海水就会侵入到淡水含水层中。海水入侵是沿海地区地下水水质咸化或恶化的重要原因之一。如果饮用被海水咸化的地下水，会引发如氟骨症、甲状腺肿等危害身体健康的地方病。海水入侵还会造成沼泽化和土壤盐碱化。

海水入侵示意图



我们会用尽地下水吗

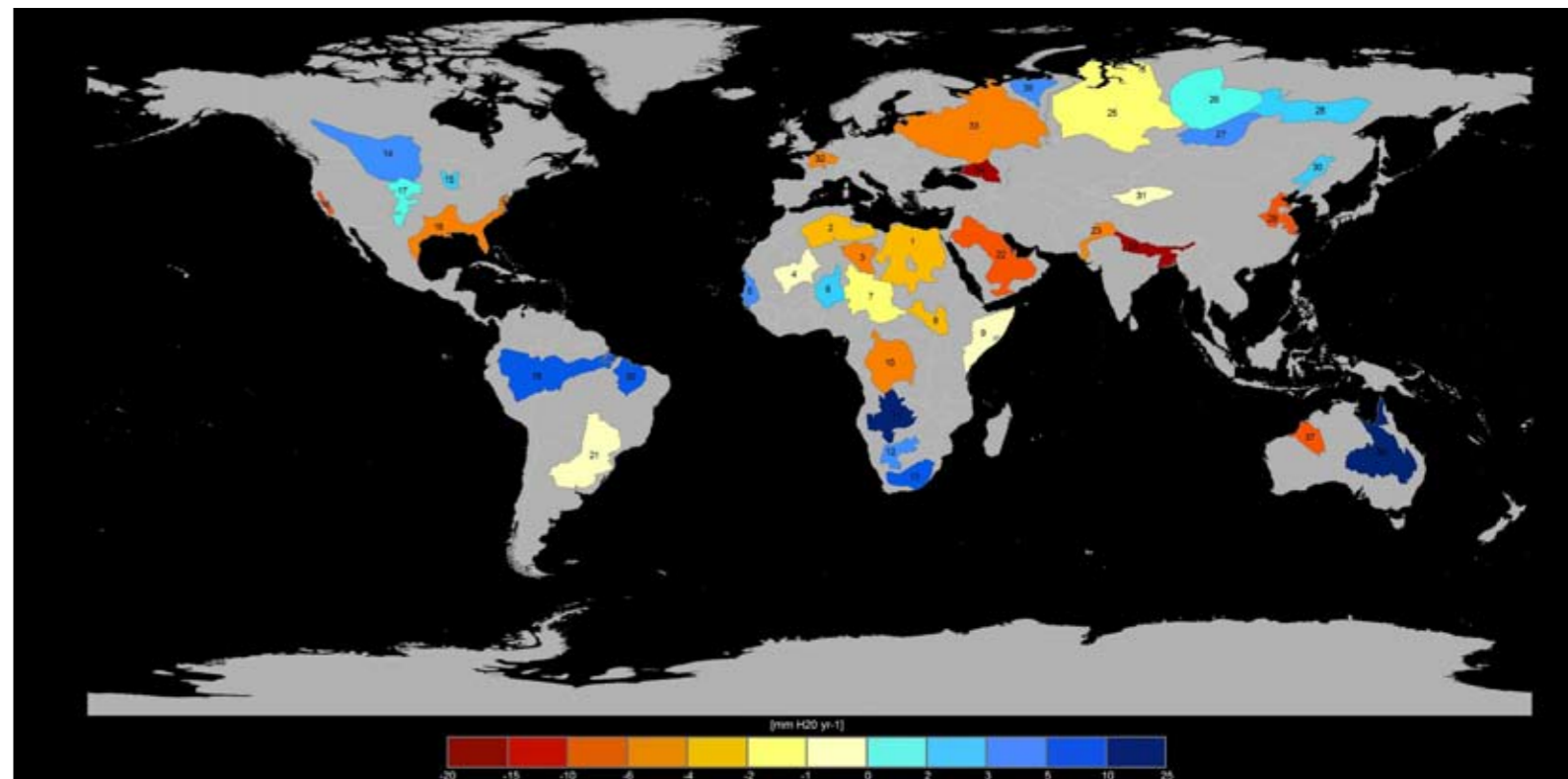
地下水是极其珍贵的自然资源。

目前，世界上大约有20亿人使用地下水，这使地下水成为我们地球人用得最多的自然资源。据估计，全世界每年的地下水产量在600~700百万km³，合6000~7000亿t。什么概念呢？不如来做个比较，我们每时每刻都在盖楼房、修道路、开汽车，那砂子和卵石、石油的产量是多少呢？我们不妨看看下面这个表格吧！

地下水产量和其他自然资源产量的比较（2001年）

自然资源	每年的产量/百万吨	自然资源	每年的产量/百万吨
地下水（总）	>600000	铁	662
砂子和卵石	18000	盐岩	213
无烟煤	3640	石膏	105
石油	3560	矿泉水和饮用水	89
褐煤	882	磷酸盐	44

在全球范围内，地下水最主要的用途是灌溉，占到开采总量的70%，工业用水和家庭用水分别占20%和10%。虽然人们已经做出很大努力来避免工业和家庭用水的浪费，但节水农业远远没有得到广泛的普及，造成地下水的大量浪费。尤其在世界上最重要的农业区，人们都仰赖大型的地下含水层来提供灌溉用水，这些地下水都是经过上千年才积攒起来的，例如美国加利福尼亚州的中央山谷含水层系统（California Central Valley aquifer system）和巴基斯坦、印度的印度河盆地（Indus basin）中的地下水。



- | | | |
|-------------------|-----------------|--------------------|
| 1、努比亚含水层系统 | 2、西北撒哈拉含水层系统 | 3、迈尔祖格-贾多盆地 |
| 4、陶丹尼-塔内兹鲁夫特盆地 | 5、塞内加尔-毛里塔尼亚盆地 | 6、伊莱梅登-尔黑泽含水层系统 |
| 7、乍得湖盆地 | 8、苏丹盆地 | 9、欧加登-朱巴盆地 |
| 10、刚果盆地 | 11、上喀拉哈里-上赞比西盆地 | 12、下喀拉哈里-斯坦普里特盆地 |
| 13、卡罗盆地 | 14、西北大平原含水层 | 15、寒武-奥陶纪含水层系统 |
| 16、加利福尼亚中央山谷含水层系统 | 17、奥加拉拉含水层 | 18、大西洋和墨西哥湾沿岸平原含水层 |
| 19、亚马逊盆地 | 20、马拉尼昂盆地 | 21、瓜拉尼含水层系统 |
| 22、阿拉伯含水层系统 | 23、印度河盆地 | 24、恒河-布拉马普特拉河盆地 |
| 25、西西伯利亚盆地 | 26、通古斯盆地 | 27、安加拉河-勒拿河盆地 |
| 28、雅库特盆地 | 29、华北含水层系统 | 30、松辽盆地 |
| 31、塔里木盆地 | 32、巴黎盆地 | 33、俄罗斯地台盆地 |
| 34、北高加索盆地 | 35、伯朝拉河盆地 | 36、大自流盆地 |
| 37、坎宁盆地 | | |

地球上37个最主要的含水层在2003~2013年间的“收支”情况

上页这幅图片向我们展示了地球上37个最主要的含水层在2003~2013年间的“收支”情况。被红色、橙色和黄色标记的含水层表示在2003~2013年间，它们流失的水要多于补给来的水，这样的含水层有21个，其中印度河盆地和北高加索盆地地下水的损失最为严重。值得注意的是，华北平原含水层也在面临地下水水量不断消减、枯竭的困境。只有16个被蓝色标记的含水层在2003~2013年间水量是增加的。研究者指出，13个含水层（包括加利福尼亚州的中央山谷含水层系统和华北平原含水层系统）——占到最主要含水层的1/3，它们被开采用来灌溉及其他用途的速度大大超过了降雨、地表水补给的速度，面临严重的地下水枯竭问题。在加利福尼亚州最近的一次持续5年的干旱中，许多农民大量抽取地下水来弥补地表水源的不足。干旱的状况正在使地下水临近枯竭。

那么这些含水层中的水什么时候会被完全耗尽呢？科学家也没法给出一个准确的答案，因为没有谁知道这些含水层中到底含有多少水。举个例子，西北撒哈拉含水层的地下水流失比较严重，但科学家对它能继续供水多少年的推测简直是天壤之别——从10年到21000年不等。这说明我们对这些含水层的了解还远远不够。我们面对这样的不确定性更应该提高警惕，尤其是在地下水流失特别快的地区。这些地区依靠地下水养活着数亿人口，一旦地下水枯竭，含水层将无水可取，后果不堪设想。

地下水危机离我们还有多远？

小贴士

地下水有价值吗？

任何自然资源都是有价值的，只是不一定明码标价而已。目前，在一些国家，地下水被认为是一种公共财产。在地下水缺乏的地方，人们对待地下水就像对待商品一样。然而，在大多数情况下，地下水被认为没有价值。尤其用于农业灌溉时，抽取的每吨水的价格很低，甚至不用花钱，因此人们一般不会主动的节水。当地下水被处理成饮用水或瓶装矿泉水之后，价格就要高很多。



主要参考资料

文献：

潘宏雨，马锁柱，刘连成. 2008. 水文地质学基础. 北京：地质出版社

齐永强，石效卷，郑春苗，等. 2015. 潜行的宝藏. 北京：中国环境出版社

J. S. Famiglietti. 2014. The global groundwater crisis. *Nature Climate Change*, 4: 945-948

Regents of the University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 2003.

Basic Concepts of Groundwater Hydrology, publication 8083

Richey, A.S., B.F. Thomas, M. Lo, et al. 2015 Quantifying renewable groundwater stress with

GRACE. *Water Resour Res*, 51(7): 5217-5238

U.S. Geological Survey. 1996. Ground Water and Surface Water: A Single Resource, Circular

1139

网站：

中国地质环境监测院网（www.cigem.info）

www.wikipedia.org

www.livescience.com

www.usgs.gov