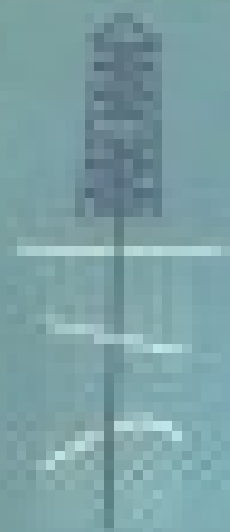


(苏联) B·B·杜布罗烏斯基著

地下水及其普查

中国工业出版社



中国地质大学（北京）地质研究所编

地下水及其普查

中国工业出版社

地下水及其普查

[苏联] B·B·杜布罗烏斯基 著

何 永 傑 譯

中国工业出版社

这本小册子主要讲述地下水的用途；研究地下水的目的和任务；地下水形成、分布等，并指出农田灌溉和民用水及工业用水的要求等等。

作者以通俗而有趣的文字描述了有关地下水及其普查的基本知识。

为使本书适合我国广大农村青年阅读，编辑者作了适当删节。本书还可供参加水文地质普查工作人员参阅。

В. В. Дубровский
БИБЛИОТЕЧКА
УЧАСТНИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОХОДА
О ПОДЗЕМНОЙ ВОДЕ И ЕЕ ПОИСКАХ
ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ
МОСКВА 1960

* * *
地 下 水 及 其 普 查

何 永 傑 譯

*
地质部地质书刊编辑部编辑 (北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路西10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $787 \times 1092\frac{1}{32}$ ·印张1·字数19,000

1963年8月北京第一版·1966年3月北京第二次印刷

印数1,771—4,287·定价(科二)0.11元

*
统一书号：15165·2380 (地质-236)

目 次

地下水的功用.....	4
研究地下水的目的和任务.....	7
水的循环和地层内地下水的生成条件.....	8
涌水量的概念.....	14
地下水的运动现象.....	16
地下水的物理性质及化学和细菌成分.....	20
地下水的分佈.....	23
普查潛水的一些标志.....	28
观测資料的編录.....	29

地下水的功用

气候酷热。汽车在祖国东南部无边无尽的广阔平原上急驶。散热器冒出腾腾的蒸汽，结果被迫停车，因为散热器已几乎空无一滴水而无法继续行驶。幸好在一小浅沟内发现了得救的泉水。将散热器加足了水和旅伴们解了渴以后，汽车才开始继续前进。

旅行队在树林里布置了宿营地，并且在燃起篝火之先就已经派专人去寻找水源，以便准备晚餐和茶水。

某个大型企业的建筑工地搬来了新住户——建筑工人，他们首先需要的就是水，有了水他们才能喝水、吃饭、洗衣、洗澡、拌合水泥。然而水源必须事先准备好。对于民用水和饮用水，应利用钻井抽取最清洁和对健康无害的地下水，而对于其他需要，则可利用水泵由河流中抽水。

假如兴建一座制药厂，那么这座工厂将需要大量的用水来制造药品制剂。但是根据生产条件的要求，不是任何一种水都可采用，而是需要那些具有一定的和稳定的温度的水，譬如不超过 10° 。这样看来，河水或是湖水是不适用的，因为河水或湖水的温度在夏季上升很高，有时达到 20° 以上。在这种情况下，就非得利用钻井从深度100—150米的地下抽取地下水不可。这样深的地下水能够经常保持稳定的低温度。

苏联南部各共和国的许多牧场上，放牧着集体农庄的成千的细毛绵羊群。酷热的亚洲夏季气候已经临到，而仅有的少数河流早已干涸，所有的水都渗入到沙漠里去了。而饮畜池需要大量的水。这里所需的饮畜水，也须利用风动发动机

带动水泵从很深的地下钻井中抽取。

聞名世界的具有疗效的矿水疗好了数十万病人。这些矿水中有波尔采矿水、叶猷图基矿水、納尔占矿水、蘆格拉矿水、阿尔芝尼矿水、塔什干和米尔戈罗德矿水……等。

在遙远的堪察加正在建造不寻常的热力发电站，即所謂地热电站。这座电站的热能是直接从地层下获取的天然热地下水 and 蒸汽。

边防部队在追击侵犯苏联边境者。經過激烈的相互射击以后，发现边防軍中有二名受伤。在急救这些伤员以前必須首先使伤员喝足水。此时，即使很小的由地深涌出的清澈的冷泉水，也能使伤员得救。

以上所述，全都是地下水有利的方面。但地下水也常常給人們带来害处。

火車疾馳。摩擦得非常光亮的鋼軌在数千吨重力的压迫下微微凹陷。但鋼軌被牢牢地固定在枕木上，而枕木則鋪在坚实的路基上。

忽然，在末尾車廂的后面塌陷了一个很大的深坑。路基塌陷了几十米，路基破坏了，鋼軌与枕木悬在半空……这只要在一秒钟以前发生，惨剧就会是不可避免的。

这是什么緣故呢？这正是地下水有害作用的結果。形成了喀斯特塌陷，使得直接在铁路路基下面造成漏斗。

夜，降临在寬闊的河流上。在河岸陡坡上住着許多人家。透过这些人家的窗戶的灯光漸漸熄灭。一切寂靜……而忽然，响起了土崩的吼声，断裂的树木和籬牆嚓嚓作响，河水飞溅，听到有喊叫声……

发生什么事情了呢？发生了地震？不，这也是地下水有害作用之一。发生了地滑，使很大一片地块与园地和居住建

筑物一起滑移。

某一工厂在五十余年以前曾經在地下打了鉆井，以便取用地下水。但是，事情做得不成功，致使在岩层內承受很大压力的地下水不能流入管內，而是沿着管壁四周向外涌，起先冲刷鉆孔周围的砂土，而后造成很大的沉陷漏斗。若想填平漏斗已經不可能，因为水不停地向外冒，漏斗不断地扩大。紧接着土基下陷，建筑物开始损坏，主要車間厂房遭到破坏的威胁。而地下水还是不断向外流，并且冲刷着砂土……人們日夜搶救，以避免灾祸。最后花費很大的力量，才避免了重大事故。

在某些地区內，在地壳深处很多年来就保持着低溫度。岩石冻结很深，形成多年冰冻层（外貝加尔、东西伯利亚等地区）。在某些冰点以下溫度情况下，土壤水处于受压状态。随着土壤冻结，这种压力逐渐增大，使得土壤水常常不得不向地表找通路。此时，土壤水可能突然冲破建筑物的地下室并很快变成冰块，边流边冻，如同在降冰。

类似这样的現象，均属自然灾害，而欲預防是非常困难的。

在矿井內，在其他矿山坑道內，甚至在建設施工基坑內，地下水也会冲进工作面，而如不及时采取必要措施的話，也同样会造成严重的破坏事故。

地下水是最重要的宝藏，尤其在苏联南部地区。但同时，地下水也能够带来严重的灾害。因此，与了解自然界中地下水运动条件的同时，不仅应学会認識地下水可利用的特性，而且还应学会預知并且及时消除地下水破坏性有害作用的能力。

研究岩石中地下水的成因、成分、性质和运动，以及岩

石与地下水的关系的科学，称为水文地质学。

参加对矿藏进行地质普查的苏联青年、学生、探矿工作者和旅行者也应当研究地下水的运动情况。所获得的观测资料，不仅有助于解决供水问题，同时也有助于确定那些地下水能够或者可能给国民经济带来害处的地段，进而有助于选择防止不利后果的必要措施。

研究地下水的目的和任务

地下水的意义无论对国家生活目的或对每个人来说，都是非常重要的。

为了更有效地使用丰富的地下水资源，合理地调整地下水的开采，及时地防止地下水的有害作用。总之，为了控制地下水资源，使其为国民经济利益服务，就必须很好地研究地下水产生和分布的规律。为此，应在全国土地范围内进行有计划的水文地质测量（这只有在苏维埃年代才有可能）。然后再根据测量所得资料画制水文地质图。水文地质图上应标明含水层的位置和分布，注明地下水的质量和数量的数据，标出地下水的运动方向和流速以及一年内各不同时间地下水水位的深度变化等等。对所测地区研究越详尽和对某地区掌握越多的有关地下水资料，则越有可能编制出详细的水文地质图 and 越有可能使水文地质图采用大比例尺。而一旦这个或那个地段有了大比例尺的水文地质图并且标有详细的含水层特性时，就会很容易地解决任何有关地下水的利用或防止其有害作用的工程技术以及经济问题。

水的循环和地层内地下水的生成条件

地球上水的循环是不间断进行的。水，由海洋、湖泊、江河和陆地表面蒸发，然后再聚集成云并以雨、雪或冰雹的形态降回到地面。降落到地面上的水量充满水池和水流，也同样渗入形成坚硬地壳的岩石裂缝和空隙内，并形成地下水。此后，地下水从谷地、冲沟、山谷等的底部流出地面；在一些地方沿河流边岸呈泉水状流出而变成地表水，并再开始蒸发。这种循环过程永恒继续不变。

按成因地下水可分成为：1. **渗透水**，即由地表渗入地壳内部并在地壳上加入水流总循环的地下水；2. **原生水**，即由氧和氢中产生的地下水，而氧和氢是从很深的地下熔化岩浆中分解产生的；3. **凝结水**，即在冷却过程中由饱和大气和在岩石孔洞或裂隙内冷凝的蒸汽中形成的地下水。

实际上，我们不可能见到上述分类法中纯属哪一类的地下水，而只能看到相互混合的地下水。

地下水总是与构成地壳的岩石有着密切的关系。按其成分和在地层中的成层条件，岩石可以分成很多种类。有些岩石可以很容易地被水透过，正如网筛；另一些岩石则相反，受水浸作用后开始膨胀，并且不透水或很少透水；第三种岩石可能象护板一样坚硬和密实，水流只有经过微小的裂缝才能渗入这种岩石内。因此，地层内地下水的生成条件在极大程度上取决于组成这个或那个地段的岩石种类，以及这些岩石的相互成层状况。

通过对地下水及其化学组成和物理性质的研究和分析，有可能确定某个地区内是否埋藏有各种矿藏的特征根据，尤

其是对于有色和稀有金属、各种盐类、石油、天然气等等。依靠上述数据，就可进一步进行普查和勘探这种或那种矿藏。

在有些矿井和采矿坑道内，地下水中含有大量的浆液状矿物化合物，甚至具有作为工业开采补充来源的实际意义。大家知道，例如有一个铜矿，铜矿内地下水的流量约为100立方米/小时，平均含铜量为0.1克/升水，每昼夜约达240公斤金属。

透水性岩石和在多数情况下的含水层岩石，包括所有种类的砂、卵石、砾石、碎石、巨砾等，也就是说中间有足够数量可使水透过和流动的大空隙的各种岩石。

隔水层岩石，即不透水或很少透水的岩石，包括密实的重质粘土、密实的砂质粘土，以及頁岩、坚实的砂岩、花岗岩和其他无裂隙的坚硬岩石。

透水性和不透水性岩石大多为层状或片状（图1）。

所谓层状，即宽广的板状岩体，岩体間保持平行的接触面——层理接触面。各层理面之間的垂直距离，称为岩层厚度。任何一个层理面都是其上复层的底板和下伏岩层的頂板（见图1， a ， b ， c ， d ）。

岩层呈水平产出，多少有些傾斜，而有时則呈垂直产状。常有这种現象，即岩层逐渐变薄，直到完全消失（不見了，“尖灭”）。也会遇到有其他形状产出的岩层，如透鏡状、脉状等。

层状或透水层和隔水层岩石通常为互层产出，因此这种岩层岩系之間的地下水則呈层状分布。

有些地方，以不同折曲的岩层露出地面，降雨落到透水岩层的露头“脊背”渗透到深部。水量积聚最良好的是厚砂

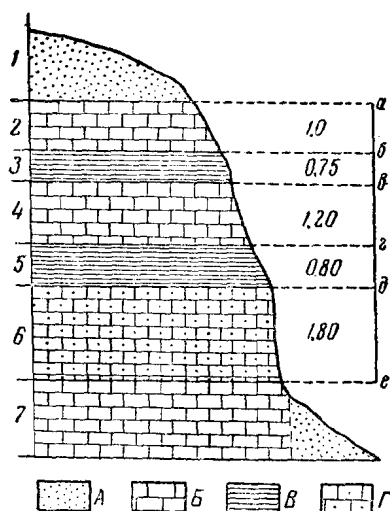


图 1 水平产状岩石素描图

1—7岩层顺序号； α —第1层底板和第2层顶板； β —第2层底板和第3层顶板； γ —第3层底板和第4层顶板； δ —第4层底板和第5层顶板，以此类推

右侧数字表示各岩层的厚度(米)。A—砂；B—石灰岩；B—粘土；l'—砂岩

层、砾石、砾岩或破碎石灰岩、页岩、砂岩等。

在报纸上有时能见到这样的报导标题，如：“瘠贫草原下地下海”或者“城镇下的地下河”……等等。这样的报导是错误的，并造成关于在地壳内部地下水存在条件的不正确概念。只是有些地区，地下水淋蚀易溶岩层以后形成空洞和地下廊道，并且确实造成了地下小溪流和小湖。然而比起地面上的江河或湖泊，上述现象是相当少见和不足道的。

地面上的水塘和水流，在水与岩石之间有明显的界限。地下水没有这种明显界限，恰恰相反，地下水与它所包含的

岩石有着非常密切的关系。例如，疏松的岩石可如同海绵一样饱和地下水；在破碎的岩石内地下水能够形成相互交错的而有时是相互隔离的水网。

因此，地下水的产生条件无论如何不同于海或江河，同时，地下水的运动和活动规律也完全不同于地面水。

饱和水的岩层称做含水层。按含水层的埋藏和补给条件，地下水可分为以下各主要类型：**上层滞水**、**潜水**（无压地下水）、**自流水**（有压水）。

此外，地下水也可按含水层特性分为：松散砂砾岩层中水和破碎岩石中水。

上层滞水 是在离地面深 2—3 米并分布在小面积隔水层（透镜体）上部的地下水（见图 2）。在有些地段内，当隔水透镜体尖灭时，上层滞水也同样消失而流入底部砂层内。上层滞水的水量不大，也不稳定，而是取决于局部水源条件，即取决于下落在该上层滞水出现地段内的大气降水量。在干旱季节和冬季内，上层滞水通常即行消失。上层滞水不能用于各种供水用途。

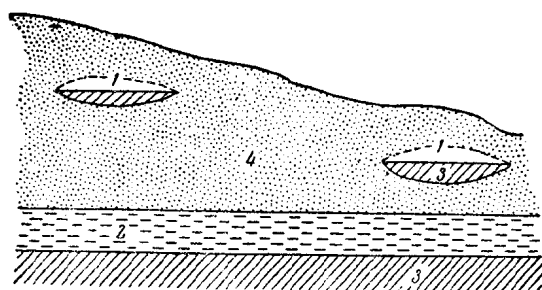


图 2 上层滞水形成条件

1—上层滞水水位；2—主要含水层；3—隔水岩层；4—透水岩层

潛水層(无压水) 埋藏在距地表附近的隔水層上部。含潛水的含水層由松散或破碎的岩石組成。這種地下水的滲透補給來源，是降落在整個含水層面積內並滲入其內部的大氣降水。潛水易被污水池、放牧場等污水的滲透逕流所污穢。因此，在借助於鑽井或水井利用地下水作為供水用途之前，必須首先保證可靠的衛生檢驗和地段防護。

潛水的水位可由鑽井確定。鑽井內水面的停滯深度即是潛水水位，如上所述，這是因為潛水沒有壓力所致。

自流水層 埋藏在兩個隔水層之間，可靠地與地面隔絕而不致被污穢。

自流水含水層的分布面積通常都比較大，可達幾十和幾百公里。

與潛水不同，自流水的補給區常常距離很遠，有時距離其最大壓力地段達數百公里。在自流水的補給區範圍內，自流水與一般潛水相同不具有壓力。

自流水在鑽井套管內的水位總是顯著地高於含水層的隔水頂板。有時這種承壓水會自動由鑽井內噴出（圖3）。

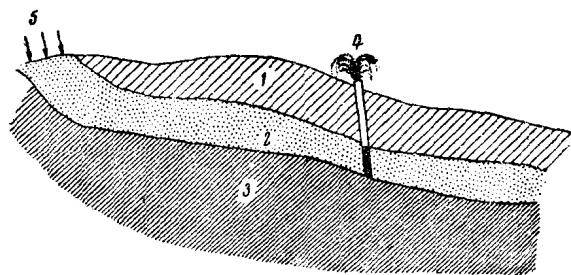


圖 3 壓力（自流）水形成示意圖

1—上層隔水層；2—自流水含水層；3—下層隔水層；4—鑽孔；
5—含水層的補給區

这种现象是因为自流含水层的补给区总是分布在大大高于形成压力的地段，正如同压水塔总是布置在高于取水地点一样。因为自流水层夹在隔水岩层之间承受压力，所以正如在自来水管内一样，即在二隔水层中间形成一定的水头压力。水头压力的大小决定于岩层的坡度和含水层本身的横断面积。

所有的地下水均处于不停的运动状态。当然，这种运动速度与地面水比较是极其缓慢的。但是，大量的地下水确系在缓慢地做垂直和水平方向的运动。促使这种运动的主要原因是重力作用。由于重力作用，大气降水才向地深渗透，然后在大多数情况下转向隔水底板的主要坡度方向。

地下水不仅在砂或卵砾层河川台地内，且大多沿平行于河床的方向运动，就是分布在底部有隔水层的易透水岩体的干谷甚至分水岭区段内，地下水也在进行运动。

在春末夏初期间，井水位逐渐升高，泉水水量增大。夏中和夏末，尤其夏季再干旱，井水位则逐渐下降，甚至某些井可能干枯，因而须要加深这些井。夏季常常有不少泉水涸竭。

造成上述现象的原因是，在地下潜水由于大气降水和渗透水的补充而逐渐增加时，潜水的总水位是逐年增高的。这种现象在初夏最为明显，此时恰好是当潜水由于溶解水和河流洪水的补充作用，而使潜水的总水位升高。潜水的最高和最低水位差在一年中平均为 2—3 米，但根据地点条件的不同，在某些地段内水位差值可能很大或者很小。

对于自流水，季节性水位变化非常微小，因为距离补水区的水路长而使补水过程在时间上非常均衡。

这样一来，视时间和渗透水的补充供水数量的不同，在

一年內各潛水水位都在逐漸地改變着。與此同時，在各水位條件下，均包含有一定的水量。此水量是指在季節變化時期內可能達到的最低水位以下的水量，故稱各該含水層的永久含水量。

在決定供水問題時，必須首先掌握每年補水水位以下的水量，並且所取用水量不得超過地下水的補水量。如果不是這樣，那麼一旦開始耗用永久含水量時，則經過若干時間以後含水層可能涸竭。為查清楚這些問題，應進行專門的水文地質研究工作，如鉆孔、做抽水試驗、測定潛水的運動方向和速度、按一年內的不同季節長期觀測水位變化以及進行計算等。

涌水量的概念

假如由水井中不停地向外抽水，則井內水位必降低；而一旦停止繼續抽水，則井水必然復升到原來的水位。總之，當由井內抽水時，地下水流便穿過透水岩層經井壁和井底滲入井內。抽水越多，涌水量越大。因此，當淘井時，常常很難使井淘干到井底。

在抽水過程中，不僅僅是井內或者鉆孔內的水位逐漸降低，而且周圍含水岩層內的水位也同樣在降低。假如由鉆孔中均衡地按單位時間抽水量抽吸一定數量的水（如利用水泵抽水），而抽水量與周圍含水層的涌水量又能保持相應的水量平衡時，則鉆孔內的水位便能保持穩定不變。相反，如果在抽水過程中水位不能保持穩定，即證明水量還不平衡。加大或相反減小抽水量，則勢必相應地使下降值增高或者降低。

在保持稳定水位的条件下，可以从钻井或者水井内抽吸的单位时间水量，称为涌水量或排水量。涌水量以立方米每小时（米³/时）或升每秒（升/秒）表示。

如果水由钻井孔内自动流出（喷射）并且水柱超出地面标高以上时，则说明此水的稳定水位高于地平面（图4）。假如此时将钻井井口的套管按垂直方向接长，则管内水位升到一定高度后便不再自动外流。

世界上钻井的最高自流涌水量，为583升/秒或约2100米³/小时。此钻井位于阿尔及尔的比斯卡拉（Бискра）城附近的托尔加（Тольга）绿洲内。这样大的涌水量足够汇集成一条小河，因此，这个钻井的自流水不仅成功地被用来作为供水水源，而且也被用来进行灌溉。

在我国（苏联）境内的自流钻井分布在莫斯科北部和东部郊区、哈萨克斯坦东南和南部地区（外伊犁和塔拉斯山脉山麓地区）、费尔干纳谷地、克拉斯诺达尔边区以及其他地方。

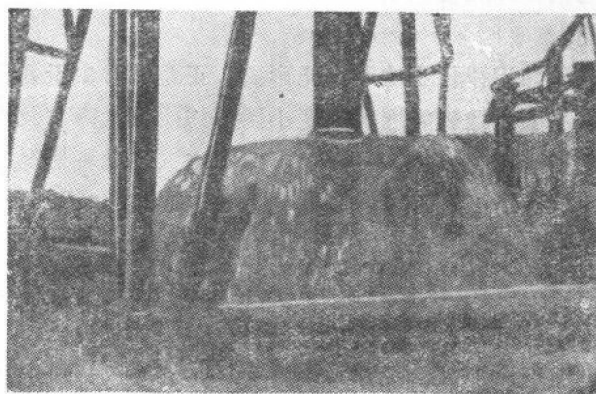


图4 在特维尔斯克（克拉斯诺达尔边区）抽水站
附近钻井后井孔自动喷水的情形