



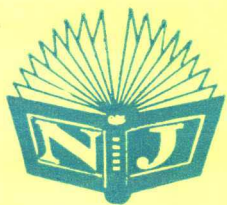
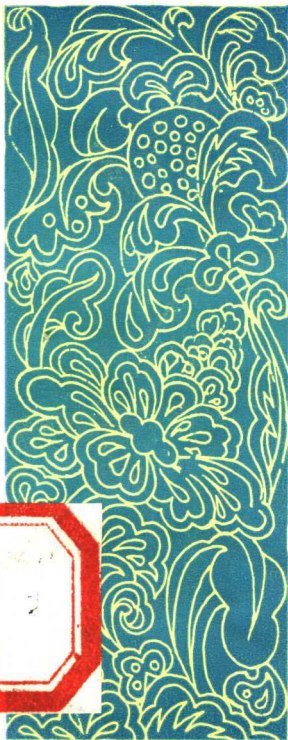
中华人民共和国农业部主编



农业生产技术基本知识

地下水开发利用

李益三 陈梅芬编著



241
81



农业出版社

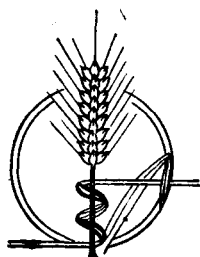


中华人民共和国农业部主编

农业生产技术基本知识

地下水开发利用

李益三 陈梅芬 编著



农业出版社

中华人民共和国农业部主编

农业生产技术基本知识

地下水开发利用

李益三 陈梅芬 编著

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 4印张 81千字
1982年12月第1版 1982年12月北京第1次印刷
印数 1—6 200册

统一书号 16144·2572 定价 0.35 元

《农业生产技术基本知识》编审委员会

主任委员 刘锡庚

副主任委员 邢毅 臧成耀 常紫钟

委员 (依姓氏笔划为序)

王天铎	王金陵	王树信	方中达	方原	冯玉麟
冯秀藻	庄巧生	庄晚芳	关联芳	许运天	李连捷
吴友三	陈仁	陈陆圻	陈华癸	郑丕留	郑丕尧
张子明	季道藩	周可涌	姚鸿震	赵善欢	袁平书
高一陵	陶鼎来	奚元龄	黄耀祥	曹正之	彭克明
韩湘玲	栗宗嵩	管致和	戴松恩		

出 版 说 明

近年来，我国广大农村干部、社员，为了加快发展农业生产，建设起发达、富庶的农村，逐步地实现农业现代化，学习农业科学技术知识的热情空前高涨，广大农村出现了爱科学、学科学、用科学的新气象。为了适应广大读者学习上的迫切需要，这一套《农业生产技术基本知识》，经过重新增补修订，体现了知识更新，反映了农业科技发展的新水平，现在以其崭新的风貌和读者见面了。

《农业生产技术基本知识》原是在五十年代组织编写的。自初版问世以来，经三次增补修订，由最初的二十三分册发展为三十三分册，再版四次，深受农村干部和群众欢迎，对发展农业生产起到一定的积极作用。这次重新修订编写，为便于读者按专业阅读，在原来三十三分册的基础上发展为一百多分册，力求每个学科既突出重点，又有系统性。丛书内容注重理论联系实际，以阐明科学知识为主，兼顾技术上的应用；文字力求通俗易懂，深入浅出，是一套适于广大农村干部和群众自学的农业科普读物。

为使这套涉及农林牧副渔多学科的丛书保证质量，我们邀请了有关方面的专家、学者组成了本书的编审委员会。值此丛书重新出版之际，谨向本书编著者及各位编审委员致以

衷心的感谢。

农业科技人员的勤恳工作和广大农业生产者的创造性劳动，推动着我国的农业科学技术蓬勃发展，科技成果层出不穷，由于我们掌握的资料有限，未能充分地反映到这套丛书中来，不足之处，热诚希望读者提出宝贵意见，以便今后在修订中逐步补充完善。

中华人民共和国农业部

一九八一年六月

目 录

第一节 地下水基本知识	1
一、水文地质基本知识	1
二、怎样寻找地下水	14
三、地下水资源评价	22
四、地下水动态观测	44
第二节 地下水开发利用技术	58
一、井灌规划	58
二、开发利用技术	70
三、机井的维修	118

第一节 地下水基本知识

一、水文地质基本知识

(一) 地下水在国民经济中的作用 水是一种自然资源，是生物赖以生存、社会赖以发展的必要条件。人类的生活与文明离不开水，人类从事的生产实践也离不开水。农业生态环境中，水是最基本的要素之一。植物的生长和生存依赖于对它的水分供应。如莴笋、黄瓜、菠菜的含水量为95%；竹笋、蘑菇、胡萝卜重量的90%是水；生产1斤小麦，需水1,000—2,000斤，生产1斤玉米，需水680—1,200多斤，生产1斤棉花需水5,000斤；一棵中等大小的榆树一天至少蒸腾200斤水。目前，农业是最大的用水部门，全世界用水量中农业用水约占总用水量的90%。任何一种工业也都离不开水。就我国目前的工业生产水平，生产1斤化肥需水约4,000斤；轧制1吨钢材，从炼焦、炼铁直至轧钢需耗水100吨以上；热能工业用水量更大，一座容量为100万千瓦的热电站，每年需用12—16亿立方米的水。交通运输也是如此，火车、汽车非水不行。所以，兴办工业也需要大量的

水，没有水源保证工业难以发展。

我国水资源不算丰富，水土资源很不平衡。黄河以北广大地区是重要的粮食、棉花产区和牧区，耕地面积约占全国总耕地面积的一半，但这些地区的年降雨量较少，多则 500—600 毫米，少则几十甚至十几毫米，而且分布不均，多集中在某几个月内，地表径流只占全国总径流量的 6%，因此，使西北和华北经常遭到干旱的威胁。但是，在这些地区，一般都蕴藏着较丰富的地下水。长江流域及其以南地区，耕地面积占全国总耕地面积的三分之一，一般来说，地表水充沛，地表径流占全国总径流量的 75%，农田灌溉以地表水为主，但对每一个省、区来说又不尽然，部分地区地表水仍有不足之虞。由于地表水无论在时间或空间的分布极不均匀，因而在干旱和缺乏地表水的地区，采用凿井和其他方式开采、利用地下水，就成为解决国民经济各部门用水的重要方面。据地质部门提供，我国已探明的地下水储量每年约 8,000 亿吨（不包括台湾省），但分布很不均匀，其中北方约 3,000 亿吨，南方约 5,000 亿吨，为发展工农业生产和满足人民生活需要，创造有了利条件。

以国内外最近二三十年的农业灌溉发展情况来看，在较大的利用地表水的灌区中，由于地下水位在短期内迅速上升，迫使大部或全部土地变成为次生盐碱化和沼泽化，严重者甚至被迫弃耕。但是，利用地下水灌溉的灌区，却从未发生过类似情况。近十多年来，在国内外一些大型地表水灌区，注意发展井灌，实行井排井灌，“以井补渠、以渠养井”，收效甚佳。印度利用地下水的历史很久，一百年前已有 3,000 万亩耕地用地下水灌溉。印度的水井一般不深、十分注意防止地

下水位抬高。规定地下水位距地表小于3—4.6米时，只准用地下水灌；4.6—7.6米时可用25%的地表水；7.6—12米时可用40%的地表水；大于12米时可用75%的地表水，以防止土壤次生盐渍化。在我国有的大型地表水灌区，由于地下水位抬高，发生了土壤盐碱化或沼泽化，对农业生产造成被动局面。所以在地下水位较高的地区，应当开采地下水，以防弊害的发生。

地下水在分布上比较广泛，水源比较稳定，不受泥砂的威胁。许多国家和我国许多省，把地下水作为工业和生活用水的主要水源。特别在地表水源不足的我国北方地区，开发利用地下水源，发展了农田灌溉，改善和开辟了牧区缺水草场，解决了广大地区人畜饮水。的困难所以，地下水是水资源中很重要的组成部分，是解决国民经济建设中用水的重要方面。

（二）地下水的来源 地面上的一切水体，如河流、湖泊、海洋、水库、池塘里的水都叫地表水。凡是地面以下，贮存在岩石和土层中的水叫做地下水。

由土、石组成能为水流透过的岩层叫透水层，如砂层、砾卵石层都是常见的透水层。具有贮存地下水的条件并饱含水的透水层叫含水层。不透水的岩层无论它含水或不含水，都称为隔水层，如粘土层、页岩完整的火成岩等，都是隔水层。

我们还把贮存在砂卵石等松散岩层孔隙里的水叫做孔隙水。在基岩分布的地方，有的岩层发育有大量裂隙，也具有透水和贮存地下水的的功能。这种贮存在基岩裂隙里的地下水叫做裂隙水。在石灰岩大片分布的地区，由于地下水的溶蚀作用，在岩层中形成了许多连通的溶洞。贮存在溶洞中的地

下水，叫做溶洞水。我国北部和西北部，广布着黄土，尤其是黄河中游陕、甘、宁、晋、豫等省(区)黄土连续，厚度也大，是我国黄土主要堆积区。由于黄土层孔隙、裂隙发育，地下水贮存于裂隙与孔洞之中，所以黄土层地下水多属孔隙、裂隙水。

大家知道，海洋和陆地上的水被太阳照射，受热变成蒸汽上升至高空，一部分随气流移动，遇冷凝结成雨、雪等降落在陆地上，这叫做大气降水。降于地面的雨水，其消纳的途径有三。一是沿地面沟溪、江河流入海洋；二是由地面及植物蒸发回到空中；三是渗入土壤。渗入地下的水，在植物根部所能吸收范围以外时，依照重力定律而继续向下，直至不透水岩层为止，形成了地下水。当江湖、河库、池塘水面高于地下水面时，地表水的渗入也补充给地下水。当地下水面高于江河地表水面时，通过地层中的孔隙通道又排入江河，转化为地表水，再流入海洋。自然界中水的这种循环过程，叫做自然界水循环（图1）。

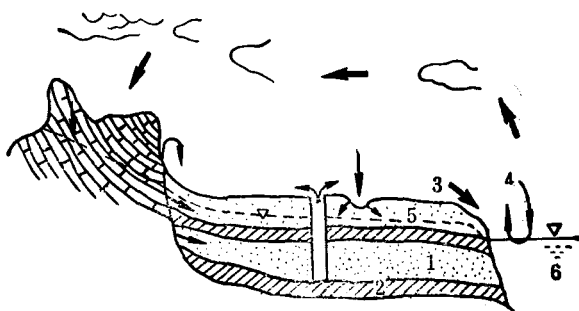


图1 自然界中水循环示意图

1. 含水层 2. 隔水层 3. 大循环水的流向 4. 小循环水的流向
5. 地下水面 6. 海洋

大气降水和地表水渗入是地下水的重要来源。贮存并运动于岩石空隙中的水，按其物理力学性质的不同，一般分气态水、吸着水、薄膜水、毛管水、重力水与固态水几种主要形态。

1. 气态水 气态水是指呈水气状态贮存和运动于未被饱和的岩石空隙中的水。它可以随着空气的流动而运动。即使空气不运动时，气态水本身也可以由水汽压较高的地方向水汽压较低的地方移动。气态水很容易被吸附在岩石颗粒表面上，形成所谓的结合水。

2. 结合水 结合水可分为强结合水和弱结合水。强结合水即吸着水。吸着水是指由分子引力和静电引力紧密地吸附在岩石颗粒表面的水。这种水是处在非常强大的压力下（通常相当于几千甚至上万个大气压力），因此，它的性质起了变化。吸着水的数量和空气湿度有关。在完全干燥的空气中吸着水等于零，在湿度饱和的空气中，吸着水达到最大量，此时的土壤含水量的百分比叫做最大吸着量。在吸着水层以外的液态水膜即为弱结合水或称薄膜水。

3. 薄膜水 这种水的形成是由于颗粒吸引水分子到达最大吸着含水量以后，虽然消耗了颗粒大部分分子的引力，但是分子引力并没有完全消失，因此，当液体水分子和含有最大吸着含水量的颗粒接触时，剩余的分子引力将继续吸附水分子而形成薄膜水。薄膜水并不受重力作用的影响，又因它未充满整个空隙，故也不能传递静水压力。但薄膜水可以在分子力的作用下由薄膜厚的地方向薄膜较薄的地方运动。当薄膜水达到最大厚度时，多余的水分子在重力和毛管力的作

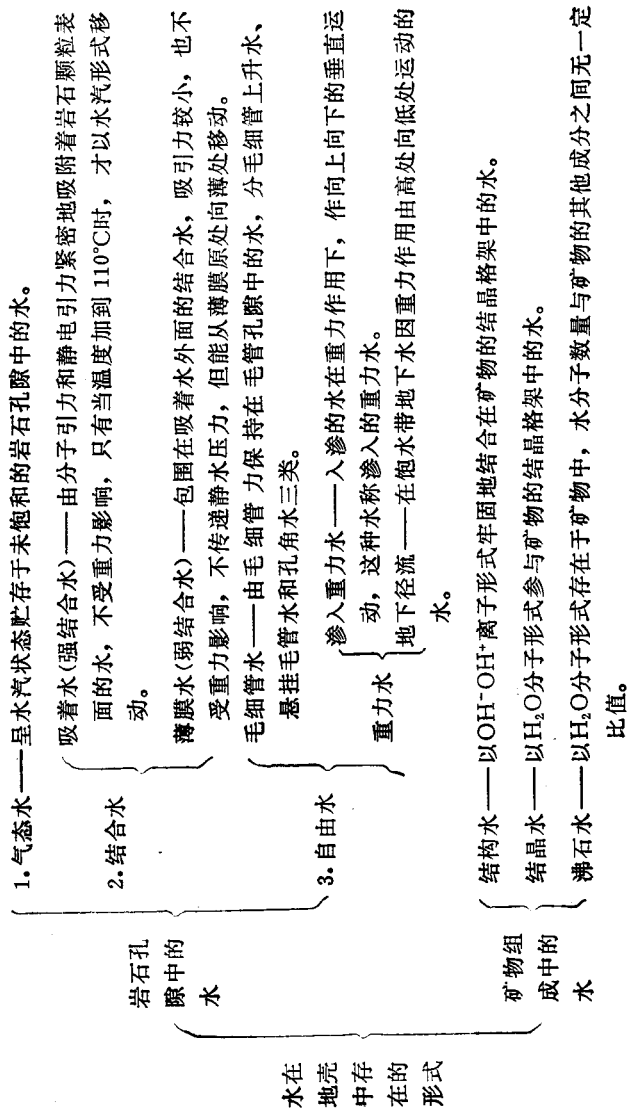
用影响下运动，形成了毛细管水和重力水。

4. 毛细管水 是受毛管力支配存在于毛管孔隙中的水分。根据它的形成与存在形式分为：毛管上升水、悬挂毛管水和孔角水。毛管上升水，是指贮存在饱水带地下水面上岩石或土壤毛细管孔隙中的水，并且与饱水带的地下水直接相连，当地下水面上升或下降时，毛管水的位置相应变动；悬挂毛管水，是指一种贮存在包气带的岩石和土壤的毛管中，并与饱水带的地下水没有水力联系，呈“悬挂”状态；孔角水，是指贮存在岩石毛细管和岩石颗粒接触处的许多孔角狭窄的地方，呈个别的点滴状态，与孔壁形成弯液面，结合紧密，很难移动。

5. 重力水 重力水是指重力作用下，贮存在岩石和土壤的非毛管孔隙中自由运动的水。当降水或其他水体渗入到岩石或土壤的孔隙中并达到饱和状态，渗入的水在重力作用下，做自上向下垂直运动，这种水称渗入的重力水。在饱水带地下水因重力作用自高处向低处运动，并传递静水压力，这时的重力水称地下径流。通常见到的井水、泉水都是重力水。

(三) 地下水的埋藏条件 各种形式中的水在地下分布是有一定规律的。气态水、吸着水、薄膜水、毛管水和渗入重力水都贮存在包气带；地下径流水则在饱水带中。凡是埋藏在包气带中的地下水统称包气带水。埋藏在饱水带中的水，按其埋藏条件不同，可分两种情况：一种是埋藏地表以下第一个稳定的不透水层以上具有自由水面的重力水，称潜水；另一种则是埋藏在地表以下任何两个稳定不透水层之间的含水层中的承压重力水，称承压水。

地下水的存在形式可概括如下：



水在地壳中存在的形式

所以，按地下水的埋藏条件，可分为包气带水、潜水和承压水三大类。

1. 包气带水 在地表以下到潜水位之间，称为“包气带”。在包气带岩石空隙中存在着气态水、吸着水、薄膜水、毛细管水和在移动中的重力水，统称为包气带水，也叫做土壤水。包气带水距地表最近，受水文、气象影响变化剧烈，例如降雨后，雨水渗入，久旱时，强烈蒸发，都迅速影响包气带水分的变化。

在包气带的范围内，往往还存在一种叫做上层滞水，也属于包气带水，它是存在于包气带中局部隔水层之上的重力水，一般分布范围不大，由于距地表最近，多雨季节出现，干旱季节消失。

2. 潜水

(1) 潜水的特征 潜水是埋藏在地面以下第一个稳定隔水层以上，具有自由水面。潜水一般埋藏在第四纪疏松沉积物的孔隙中及出露地表基岩的裂隙中。潜水的自由表面称潜水面。潜水面至地表面的距离称潜水的埋藏深度。由潜水面往下至隔水层顶板之间，称为含水层，其距离则为含水层的厚度。潜水面的绝对标高称为潜水位(图2)。潜水面以上，一般均无稳定隔水层，通过包气带可与地表面

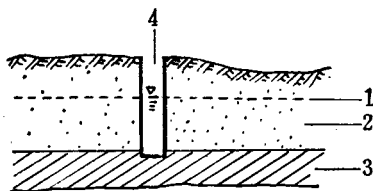


图2 潜水示意图

1. 潜水面 2. 含水层 3. 隔水层 4. 水井

深度。由潜水面往下至隔水层顶板之间，称为含水层，其距离则为含水层的厚度。潜水面的绝对标高称为潜水位(图2)。潜水面以上，一般均无稳定隔水层，通过包气带可与地表面

相连通。因此，大气降水或地表水可以通过包气带直接渗入而补给潜水。所以，在绝大多数情况下，潜水的分布区，就是它的补给区。同时，还可以看出，由于潜水含水层通过包气带直接与大气圈连接，大气圈中各气象要素的变化，可以直接影响潜水各要素（水位、水量等）的变化。

潜水既然有自由水面，而不承受静水压力，故为无压水。

潜水面形状有倾斜的、抛物线状的和水平的各种形状。

最常见的潜水面形状是倾斜的曲面，通常起伏很小，倾斜于邻近的低凹地区，即潜水的排泄区，如冲沟、河谷或盆地中的汇水低地等。潜水根据水面坡度和含水层岩性的不同以不同的速度向低处渗流，形成潜流。在山区潜流的坡度较大，平原区很平缓。

盆地或洼地中堆积有较厚的松散沉积物时，成为潜水聚集的场所，如潜水不能溢出洼地之外，则潜水面成为水平状态。此种情况在内陆河流的汇水区较易形成，此时，就构成潜水湖或潜湖。

潜水的埋藏深度及含水层厚度变化很大，它们受气候、地形及地质结构的影响，而以地形的影响最显著。山区地形切割厉害，潜水埋藏深度达几十米，甚至百余米。平原区地形平坦，切割微弱，潜水埋藏浅，甚至露出地表，形成沼泽。

（2）潜水的补给与排泄

①潜水的补给 潜水与降雨和地表水之间的联系最为密切。降雨和地表水是潜水的主要补给来源。当承压水与潜水

之间有联系时，在一定条件下也能补给潜水。

降雨入渗 大气降水的渗入是潜水的主要补给来源。由于地表面至潜水面之间没有隔水层存在或仅有零星分布的不连续的隔水层，因此，在潜水分布的整个面积上，降雨几乎都可以直接渗入，补给潜水。

地表水的补给 这种情况常见于大河的下游及河流中上游的洪水期间，这是因为在河流上游洪水期间，河水位往往高于岸边的潜水位。在大河流的下游和河床高于平原地面之上，则河水经常补给潜水，如黄河下游，黄河河床高于大堤以外平原地面数米，因此，黄河河水经常补给附近的潜水。

承压水的补给 承压水补给潜水，常是通过岩石的各种裂隙而产生（图3）。有的潜水分布于承压水层的排泄区，则二者可以发生直接的水力联系。只有当承压水位高于潜水位时，才能产生补给关系。

无论是降雨入渗或地表水流，对潜水补给的数量，既决定于补给源水量的变化及延续时间，也决定于潜水面之上包

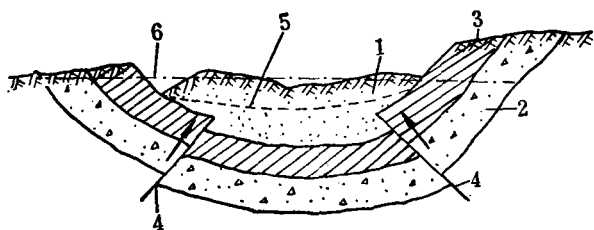


图3 承压水通过构造断面带补给潜层水示意图

1. 透水层 2. 含水层 3. 隔水层 4. 断层 5. 潜水面 6. 承压水面