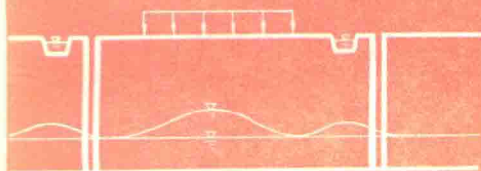


292

地下水人工补给与 地下水库

魏永纯 伍 军



水利电力出版社

25

地下水人工补给与地下水库

魏永纯 伍 军

水利电力出版社

地下水人工补给与地下水库

魏永纯 伍 军

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

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 47/8 印张 103,900 字

1979年5月第一版 1979年5月北京第一次印刷

印数 0001—6400 册 每册 0.41 元

书号 15143·3477

160125
2632

8224

66

前 言

我国北方地区，旱、涝、碱是农业生产的三大严重自然灾害。这三大灾害的关键是“水”。在治水问题上，开始是从单纯的为解决旱的问题，发展引水自流灌溉和平原洼地进行蓄水，从而抬高了地下水位，加重了涝、碱危害；后来又打井废渠，单纯发展井灌，致使地下水位持续下降，机井效益越来越低。事实说明只依靠地下水资源远不能满足灌溉用水的需要。有的地区为了解决涝的问题，单纯的开挖排水沟，特别是发展井灌以后，虽解除了涝涝威胁，但又造成排水过分，使可以利用的水资源又白白排掉。多年来的生产实践有力的说明：仅采用单一的工程措施有一定的片面性，往往是解决了这一方面的问题，但又加重了另一方面的问题。因而，旱、涝、碱的自然灾害长期以来没有从根本上得到解决。

为了解决这个问题，广大社员根据本地区的具体条件，因地制宜的引当地弃水，或拦引汛期沥水，或调引外来水，对地下水进行人工回灌，作到对地下水实行有采有补、采补结合，增加和扩大灌溉水源；在一些大型自流灌区，发展机井，实行井渠双灌，使地下水位得到较好的控制，水资源得到充分的利用，灌溉面积得到扩大；在滨海平原的一些浅层咸水地区，进行抽咸补淡，改造、利用咸水也取得了初步成效。这些措施的共同特点就是积极开发浅层地下水，充分利用地面水、降雨水，建立地下水库，采取沟、渠、坑塘等一

1297 35

系列的回灌措施，作到“三水”在空间和时间上的联合调度运用。这是最科学、最合理的对水资源的利用，不仅为工农业生产提供了水资源，而且也比较彻底的根治了旱、涝、碱三大自然灾害，保证农业高产稳产。

为了适应农田基本建设大干快上的需要，我们在从事人工回灌试验研究工作的基础上，结合个人学习体会，编写了这本科技读物，供从事农田水利工作的同志参考。

本书由魏永纯、伍军同志编写，水利电力部原科研所人工回灌专题组的同志参加了群众经验的调查总结工作。在编写过程中得到有关水利、地质部门和科研单位的大力协助，提供了许多宝贵资料。在此一并表示感谢。

由于这项工作开展时间不长，有许多技术问题的试验数据不多，加上我们的水平不高，论证得很不充分，肯定会有很多错误，望读者批评指正。

一九七八年十月

内 容 提 要

本书着重介绍了农业方面的简易可行的浅层地下水的人工补给方法、设计原则、管理运用，以及建立浅层地下水库有关技术等问题。对农业上的深层承压水的人工补给作了扼要介绍。最后一部分介绍了不同类型地区的地面水、地下水、降雨水调蓄有效地解决旱、涝、碱的典型实例。

本书可供我国北方地区从事农田水利工作的设计、管理人员和基层水利部门领导干部学习参考。

目 录

前 言

一、地下水的基本知识	1
(一) 地下水的含义和概念	1
(二) 地下水的分布及其特点	5
(三) 浅层地下水的资源评价	7
二、人工补给地下水的任务和作用	25
(一) 人工补给地下水的概念	25
(二) 人工补给地下水的任务	27
(三) 人工补给地下水的作用	27
三、人工补给地下水的水源	34
(一) 拦蓄雨水	34
(二) 河流来水	35
(三) 调引外来水	36
(四) 冬季河流闲水和灌溉退水	37
(五) 工业废水和城市污水	37
四、人工补给地下水的方法	38
(一) 浅层地下水的人工补给方式	38
(二) 中、深层承压水的补给方式	48
五、人工补给浅层地下水的设计	53
(一) 机井灌区人工补给地下水的设计问题	54
(二) 大型自流灌区地面水和地下水联合运用的规划 设计问题	66

六、建立地下水库的原则和方法	70
(一) 地下水库的概念和工作原理	70
(二) 地下水库的规划内容	75
(三) 地下水库与地面水库的比较	76
(四) 地下水库的设计水位与库容	79
(五) 地下水库的调节计算	81
(六) 地下水库的管理与运用	84
七、地下咸水地区地下水库的建立	88
(一) 地下咸水的概念及其对农业生产的影响	88
(二) 地下咸水地区建立地下水库的条件	90
(三) 地下咸水地区建立地下水库的工程设施及其布局	90
(四) 浅层地下水库工程体系的运用和地下咸水的利用方法	95
八、建立浅层地下水库的几种较好的井型结构	101
(一) 大骨料井	102
(二) 辐射井	104
(三) 真空井	106
(四) 联井	108
(五) 横管井	109
(六) 群井(排井或辐射竖井)	110
(七) 透河井	110
(八) 洞井(串通井)	111
九、跨流域调水中的两个问题	112
(一) 跨流域调水中的土壤盐碱化问题	112
(二) 跨流域调水中的蓄水问题	118
十、人工补给和调蓄浅层地下水库的实例	120
(一) 山东省桓台县利用汛末河道弃水补给地下水， 建立浅层地下水库	120
(二) 河北省吴桥县杨家寺公社浅井深沟体系对地面水 和地下水联合运用的经验	125

（三）河北省石家庄地区利用冬季河道弃水补给地下水·····	131
（四）河南省沈丘县莲池公社的深沟浅井体系实现了地 面水和地下水联合运用·····	137
（五）河南省修武县群泉汇流补给地下水，建立地下水 库的经验·····	140
（六）河南省人民胜利渠灌区实行渠井结合，引河补源 促高产·····	142
（七）河南省汲县柳庄公社利用引黄灌溉退水补给地下 水·····	143
结 束 语·····	145

一、地下水的基本知识

(一) 地下水的含义和概念

地面以下的土层(或岩层)由于颗粒间的孔隙或岩层的裂隙,蓄积着地面渗入的水,人们把这种水称为地下水。在打井开发地下水的过程中,常常见到在相隔不太远的地区内,有的井出水量很丰富,有的则很少,甚至一抽就干。产生这种差异的原因主要是由于不同地质结构形成的。在土层或岩层中,孔隙大或裂隙大的蓄积的水多,反之蓄积的水就少。我们把具有含水较多的土层或岩层叫作含水地层,一般称作含水层。如土层中有粉砂、粉细砂、细砂、中砂、粗砂、砾石和卵石等,还有裂隙粘土层,相对来说蓄水量也较多,故也属含水层。土层中含水量很少的叫作非含水层。如粘土层,也叫作不透水层或隔水层。而亚粘土层介于含水层和非含水层之间,故叫作半透水层。水透过土层或岩层的这种性能,叫作透水性。表示岩层透水性能大小的物理指标,称作渗透系数,一般都用 K 来表示。各种不同土层的渗透系数 K 值见表1-1。必须指出,这里指的含水层和非含水层是一个连续的延伸相当长的,而不是一个局部的小范围。含水层和不透水层的划分是很复杂的,搞清楚含水层的分布需要经过一定数量的钻孔勘探才能比较准确地划分出来。

由于长期地质作用的结果,在一个地区往往存在多个含水层和多个隔水层(见图1-1)。根据含水层和隔水层之间的位置又分为潜水和层间水。

1. 潜水: 图1-1中的 a_1 是地面以下第一个含水层,也叫

表 1-1

土层的渗透系数 K 值

土 质 名 称	K (米/昼夜)	土 质 名 称	K (米/昼夜)
粘 土	<0.001	中 砂	$5.0\sim20$
亚 粘 土	$0.05\sim0.1$	粗 砂	$20\sim75$
亚 砂 土	$0.1\sim0.5$	砾 石	$75\sim150$
粉 砂 土	$0.5\sim1.0$	卵 石	>150
细 砂	$1.0\sim5.0$		

作潜土层，群众习惯叫作浅层水。地面以下的第一个自由水面，叫作潜水水面。

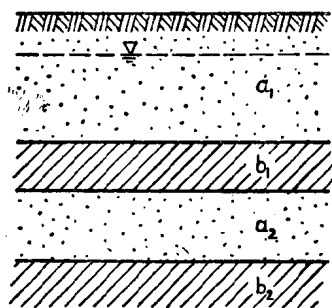


图 1-1 含水层和不透土层示意图

a_1 —潜水； b_1 、 b_2 —不透水层； a_2 —层间水

2. 层间水：图 1-1 中的 a_2 和它以下的含水层，统称为层间水。根据它的水头压力又可分为承压水 and 无压水。在承压含水层中，当打井时它的压力水头高出地面，这个含水层称作自流含水层。当压力水头低于地面，但高于它的顶部，称作承压含水层。承压含水层各点水头连线叫作水压面。承压含

水层的空隙都被水充填；而无压含水层，则是含水层的空隙部分为水充填，在含水层中有自由水面，没有压力。

目前群众习惯把潜土层以下的含水层，根据其埋藏深度又分为中层水和深层水。实际上中层水和深层水除了给人们

一个开采难的感觉外，并没有反映出它们之间的水力特征的概念和划分标准。但是，所有含水层之间必将存在一个隔水层，即相对隔水层。

浅层地下水和层间水（即承压水和非承压水）各自有其不同的特点，但其相互之间又有着水力的联系。浅层地下水的补给来源，在平原地区主要来自大气降雨，它的分布区和补给区基本上是一致的（见图1-2）。而且区域的气候变化对浅层水的各要素，如水位、水温等变化的影响相当敏感。当降落一定强度的雨水以后，浅层水水面就会升高，浅层水埋藏深度就会减小；反之，久旱不雨，浅层地下水水位就要下降，埋藏深度也会相应的增大。

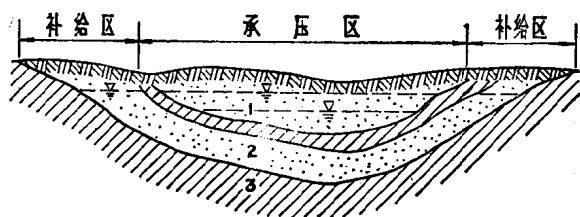


图 1-2 浅层水和深层水的补给关系示意图

1—浅层水含水层；2—深层水含水层；3—不透水层

深层水的补给来源不是直接受大气降雨的影响，就是说补给区和分布区是不一致的（见图1-2），从承压水的水位变化来看，一般雨季过后水位的升高要到第二年的二月底左右才会出现，比潜水迟约半年时间，说明它的补给来源是很远的，降雨后经过一段时间才能补充到含水层中去。

由此可见，深层地下水较之浅层地下水的年补给量要小。这种情况已被近几年来大面积开发利用深层地下水的实

践所证明，它与地下水位下降的实际情况也是相符合的（见图1-3）。

近年来，有人在研究浅层水和深层水（承压水）的水力联系中提出，透过各含水层之间的隔水层，相互可以发生补给的关系。这种相互之间的补给叫作越流补给。并且认为当深层承压水的水位下降很大时，上部潜水在其水头压力作用下，通过垂直渗透可以补给深层承压水，而且它的补给量可能要比相当长的水平渗流补给量大得多。这种越过隔水层的

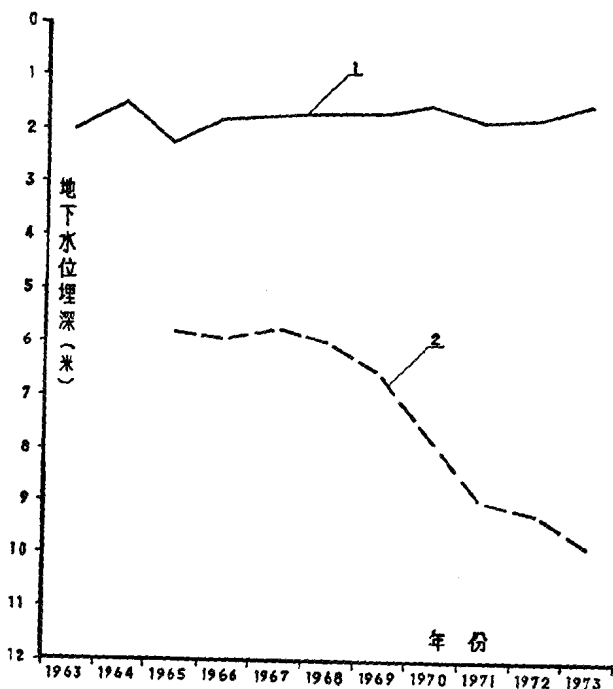


图 1-3 潜水和承压水年平均水位曲线图

1—通县东石村潜水；2—通县城关一中承压水

越流补给的关系可用下式来表示：

$$\Delta Q_s = K \frac{\Delta h}{a} s t$$

式中 ΔQ_s —— 在 t 时段内越流补给量（立米）；

K —— 隔水层的渗透系数（米/昼夜）；

a —— 隔水层的厚度（米）；

s —— 越流补给面积（平米）；

Δh —— 浅层地下水的水位与深层承压水的水位差（米）。若浅层水水位高于深层承压水水位时，则浅层地下水补给深层承压水。反之，深层承压水水位高于浅层地下水水位时，则深层承压水补给浅层地下水；

t —— 计算时段（昼夜）。

从公式中看出若 K 值很小， Δh 也很小，在含水层已被水饱和的情况下，则这种越流补给量极小，可以忽略不计。由此不难看出，浅层地下水具有比深层承压水补给容易，开采方便，投资小的特点。因此，从发展农业生产来看，开展浅层地下水的补给工作，则具有更为广泛的实际意义。

（二）地下水的分布及其特点

地下水的丰富程度，反映了含水层的结构情况，而含水层的结构，又反映出地形、地貌特征，不同的地形、地貌特点，其水文地质条件是不同的。根据地形、地貌特点，从山区到平原划分为五种地下水类型：

1. 山区基岩地下水（I类）：山区地下水主要表现为裂隙水和溶洞水。裂隙与溶洞的发育程度都与地质构造有着密切的关系，而地质构造是极为复杂的，因而反映山区的地下水在垂直和水平两个方向上也是十分复杂的（见图 1-4）。

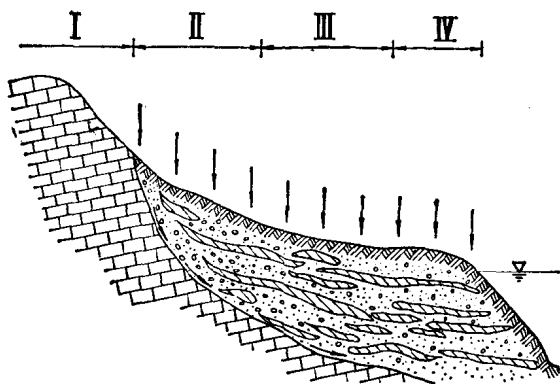


图 1-4 地下水的分布和类型

I—山区基岩地下水；II—山前冲积、洪积平原地下水；III—平原中部地下水；IV—滨海平原地下水

近几年来，在寻找和开发山区地下水方面作了大量的工作，取得了很大成绩，但在评价山区地下水方面远不及平原地区那样成熟。目前主要是研究如何寻找和开发山区地下水的问题，对人工补给山区地下水尚未进行试验研究。因此，从人工补给地下水的角度出发，对这一类型地区的地下水问题本书不作很多的介绍。

2. 山前冲积、洪积平原地下水（II类）：这一类型地区紧与山区相邻。它的水文地质条件特点是含水层主要为粗砂、砾石，多为单一含水层（一般只有浅层水），地下水的坡降比较大，除了降雨入渗补给外，还有来自山区的裂隙水，显示出地下水资源比较丰富的象征（见图1-4）。这一类型地区，一般的机井单井出水量每小时达80立米左右。地下水资源较好，为重碳酸盐水，矿化度小于1克/升，是工农业用水的极为理想的水源地。

3. 平原中部地下水(Ⅲ类): 这一类型地区地形比较平缓, 水文地质条件较前一类型稍差, 含水层多为细砂、中砂, 粗砂较少。松散沉积物较厚, 含水层次一般有数层, 除了浅层地下水外, 还有承压水(见图1-4)。浅层地下水的补给主要是降雨入渗, 而深层承压水的补给主要是来自上游侧渗。而越流补给只有在深层承压水大规模开采后, 压力水位显著下降的情况下, 才能显著的表现出来。由此可以看出, 深层承压水的补给来源远不如浅层水的条件好。这一类型地区的浅层水一般机井的单井出水量每小时60立米左右, 水质向重碳酸硫酸盐水发展, 矿化度约为1克/升左右。在这一地区的浅层地下水水位如控制不当, 易于发生土壤盐碱化问题。

4. 滨海平原地下水(Ⅳ类): 滨海平原水文地质条件与前一类型有所类似, 但地面更为平坦, 地下水的流动条件更差。含水层有浅层地下水和数层承压水。含水层岩性多为粉砂, 细砂、中砂较少(见图1-4)。浅层地下水的补给主要是降雨入渗。它的水质为硫酸盐水, 矿化度在1克/升以上, 有较大面积的高矿化水不适于灌溉, 盐碱地较多。机井出水量一般每小时40立米左右。控制地下水位, 改造咸水层, 是这个地区水利建设的重要课题。

5. 河谷平原地下水(Ⅴ类): 这里指的河谷平原, 是指比华北大平原小一级的河谷平原, 其水文地质特征是含水层多为粗砂及砂砾石层, 宽度不大, 延伸很长, 含水层不是很厚, 但水力坡降较大, 地下水水质好水量较丰富, 是农业的灌溉重要水源地。

(三) 浅层地下水的资源评价

北方地区干旱缺水, 工业盼水, 农业要水, 人们越来越

感到地下水资源的重要性。在干旱的年代里，特别是遇有大旱之年，人们在生产实践中到处可以看到这样一种情景，那里有机井，那里就高产。充分显示出地下水资源具有水量变化比较稳定，水质比较好，能抗大旱，抗连旱的显著特点。但是，地下水资源不是无限的。地面以下并没有什么“地下海”、“地下湖”，地下水更不是取之不尽，用之不竭的，近几年来在地下水的开发利用的实践中就出现了大面积的地下水位显著下降。因此，必须科学地评价地下水资源，合理地利用地下水资源，使其更好地为农业生产服务。

浅层地下水的影响因素很多，主要的是降雨、蒸发、灌溉和抽水。这些是浅层地下水资源平衡的主要因素。降雨和地面水的灌溉入渗补给地下水是地下水的主要补给水源，在没有地面水灌溉的地方，则降雨是地下水的主要补给水源。地下水的去水量主要是蒸发和机井抽水。在山前冲积平原，河道多，含水层透水性好，水力坡降大，河道渗入补给地下水量也占一定的数量。至于地下径流、排水沟的排出水量，只是在局部地方占有主导地位，但在广大平原地区它是次要的。从一个大的地段来看，地下径流必须有来量也有去量，它们的差值相差不大，特别是在平原中部地区和滨海地区，由于渗透系数 K 值小，地下水的水力坡降小，地下径流量来、去差完全可以忽略不计。对于一个具体地区来说，通常地下水的天然补给量只考虑降雨和灌溉水的入渗，消耗量是蒸发和机井抽水。下面对这四个因素分别加以说明：

1. 降雨入渗：降雨是补给地下水的最主要的因素。降雨入渗量与土壤质地、地下水埋藏深度、农田基本建设的工程情况和降雨前的土壤含水量等有着密切关系。土壤渗透性较好，渗吸速度大于降雨强度，则降雨可以全部入渗，不会