

高等学校教材

地下水利用

西北农学院 华北水利水电学院 编

84年9月24日

水利电力出版社

5
4

65.45
1024

高等学校教材

地下水利用

西北农学院 华北水利水电学院 编

水利电力出版社

84年9月24日

042843

内 容 提 要

本书为水利类高等学校教材，适用于《农田水利》专业，也可供从事地下水开发利用及农田水利工作的技术人员参考。

全书除绪论外，共分三篇十一章。主要内容为地下水资源及其评价方法；开采地下水的建筑物以及地下水开发利用规划及管理。本书比较系统的阐述了有关开发利用地下水的基本原理、技术方法和规划管理知识，引用了国内外有关的最新成果，对于需要掌握的基本原理和重要方法还列举了例题与图表，因此也可作为自学参考书。

高等学校教材

地 下 水 利 用

西北农学院 华北水利水电学院 编

(根据水利出版社纸型重印)

*

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

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 17印张 382千字

1981年2月第一版

1984年6月新一版 1984年6月北京第一次印刷

印数 0001—8040册 定价 1.80元

书号 15143·5377

前 言

本书是根据一九七八至一九八一年水利电力类高等学校教材编审出版规划编写的。供高等院校农田水利专业“地下水利用”课程教学使用。也可供从事地下水开发利用工作的技术人员参考。

全书除绪论外,包括三篇:“地下水资源及其评价方法”,“开采地下水的建筑物”,“地下水开发利用规划与管理”。共分十一章,比较系统的阐述了有关开发利用地下水的基本原理、技术方法和规划管理知识。书中尽可能的引用国内外的有关最新成果,同时指出尚需进一步解决的问题,以便读者思考和研究。

本书由西北农学院与华北水利水电学院编写,西北农学院主编。华北水电学院霍崇仁、王禹良编写了第一、二、三、八、九各章。西北农学院赵尔慧、李佩成编写了绪论、第四、五、六、七、十、十一各章。

全书由李佩成、赵尔慧统一整编。

华北水电学院地质教研室和西北农学院水利系地下水教研室的其它同志均为编写此书作了大量的工作。

本书由武汉水电学院张蔚榛和张瑜芳同志主审,合肥工业大学张元禧、黄存礼同志参加审查。

武汉水利电力学院,合肥工业大学,新疆“八一”农学院,内蒙古农牧学院,宁夏农学院,河北农业大学,武汉师范学院,甘肃农业大学,太原工学院,郑州工学院,陕西省水利学校,水利部西北水利科学研究所,陕西省地下水工作队等单位的同志参加了本书大纲讨论和审稿工作,对编写此书提供了宝贵的意见和帮助,仅致谢意。

有关同志都热情支持并希望编好我国第一本“地下水利用”教材,但因编者水平有限,缺乏经验,加之时间短促,缺点错误在所难免,希望广大师生和读者批评指正。

编 者

1980年3月

目 录

前言

绪论	1
第一节 地下水在农田水利建设中的作用	2
第二节 国外地下水利用发展简况	4
第三节 我国在开发利用地下水方面的成就与贡献	5
第四节 《地下水利用》课程内容和学习要求	6

第一篇 地下水资源及其评价方法

第一章 地下水的赋存规律	8
第一节 基岩山区地下水	9
第二节 山间河谷区的地下水	11
第三节 山前倾斜平原区的地下水	12
第四节 冲积平原区的地下水	14
第五节 滨海平原区的地下水	15
第六节 黄土区的地下水	16
第七节 用作灌溉水源的地下水水质评价	18
第二章 地下水取水建筑物出水量的计算	21
第一节 概述	21
第二节 水井出水量的稳定渗流计算	22
第三节 地下水非稳定渗流运动及其基本方程	37
第四节 井的非稳定渗流计算	41
第五节 地下水流向沟渠的渗流计算	58
第三章 水文地质参数的确定	66
第一节 利用抽水试验资料确定水文地质参数	66
第二节 利用动态资料确定水文地质参数	86
第三节 室内方法确定水文地质参数	89
第四节 降雨入渗量和潜水蒸发量的确定	93
第四章 地下水资源的计算与评价	97
第一节 概述	97
第二节 地下水天然资源的计算与评价	100
第三节 根据天然储量评价可开采资源	103
第四节 用补给带法评价可开采资源	108
第五节 用单位释水量法评价可开采资源	110

第六节	区域下降漏斗法	111
第七节	用水量均衡法评价地下水可开采资源	112
第八节	用相关分析法评价地下水可开采资源	115
第九节	用解析法求解非稳定渗流方程评价河流阶地的地下水资源	119
第十节	用“割离井法”评价可开采资源	122
第十一节	评价地下水可开采资源的有限差分法	124
第十二节	应用模拟方法评价地下水资源	126
第十三节	关于计算和评价可开采量的具体方法的选择	132

第二篇 开采地下水的建筑物

第五章	管井	135
第一节	管井的结构形式	135
第二节	井壁管的类型	137
第三节	井管的联接	141
第四节	滤水管的结构与设计	145
第五节	滤水管的透水性及水力计算	154
第六章	筒井和辐射井	157
第一节	筒井(包括大口井)	157
第二节	辐射井	162
第三节	辐射井的施工方法	166
第七章	截潜流工程和地下水库	172
第一节	截潜流工程	172
第二节	地下水库工程	178
第八章	机井钻进	185
第一节	概述	185
第二节	常用机井钻机	186
第三节	冲击钻进	195
第四节	回转钻进	198
第五节	冲洗液与固壁泥浆	202
第六节	取样编录	205
第九章	成井工艺	208
第一节	电测井	208
第二节	破壁与疏孔	211
第三节	井管安装	214
第四节	滤料围填	218
第五节	封闭隔离	219
第六节	洗井方法	221
第七节	成井质量鉴定	225

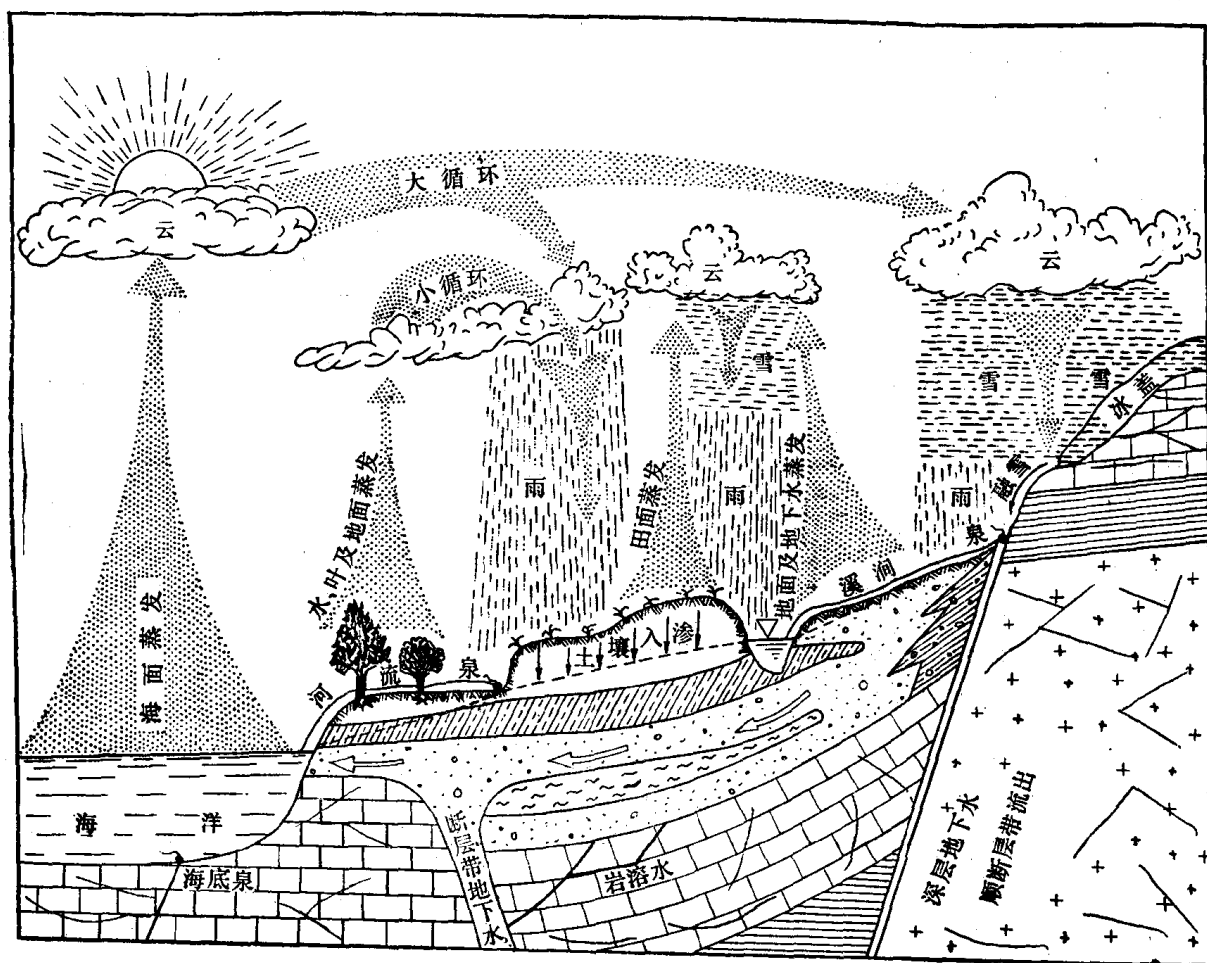
第三篇 地下水开发利用的规划与管理

第十章 地下水的开发利用规划	228
第一节 概述	228
第二节 基本资料及其分析整理	229
第三节 规划分区和图件编绘	230
第四节 水量平衡计算	233
第五节 井灌区规划	238
第六节 井渠双灌区的规划	247
第十一章 地下水开发利用的管理工作	249
第一节 概述	249
第二节 用水管理	250
第三节 机井的管理与维修	252
第四节 井灌区地下水动态的观测	255
第五节 水源调节与地下水的人工补给	260
第六节 井灌区的经济技术分析	263

绪 论

地球上，自然界的水，处在不断的循环运动之中，这种现象可以用图绪-1来表示。

由图中可以看出：大气水（气圈水）、地表水（水圈水）和地下水（岩圈水）三者之间有着密切不可分的关系，它们在不断的运动和转化着。在太阳能的作用下，水从大陆和海面蒸发，以蒸气的形式存在于大气之中，并随大气移动，在适当条件下，凝结成雨、雪的形式又降落到海面或陆面。而降至陆面时，一部分以地表水的形式汇入江河，流进海洋，一部分则渗入地下，形成地下水。后者又以潜流或泉的形式注入河海；一部分则又再次蒸发，或被植物根系吸收由叶面蒸腾，也以水蒸气的形式重新进入大气之中。就这样，水以不同的形态周而复始循环变化。但它始终服从于一条重要的原理，即“水量守恒原理”，它的含义是：一定量的水，在其循环运动过程中，可以变换形态和存在的空间，但其数量保持不变。



图绪-1 水循环示意图

一个从事现代农田水利工作的技术人员，应当深刻了解“水的循环规律”和“水量守恒原理”，并在自己所从事的改造自然，为发展农业提供廉价优质足量淡水的事业中，自觉主动的利用上述的规律和原理，统观统管“三水”——天上水，地面水和地下水。促进和诱使它们之间的循环转化朝着对我们有利的方向发展。否则，如果仍用陈旧的治水观点和方法对待现代的水利事业，势必导致错误的或不健全的设计方案，造成许多灾难性的不良后果，例如：

由于未正确认识和处理地面水和地下水相互转化的关系，一味单纯的大量引用地面水灌溉，引起地下水位上升，发生大面积土壤盐渍化，这是不乏其例的；

另一种情况是盲目过量地开采地下水，引起地下水位大幅度下降，从而在雨水稀少、缺乏补给来源的地区，会使湖涸河干，树死草亡，严重者可能招致良田变沙漠，而在另一些地区还可能招引海水入侵，地层下陷，使生态环境恶化；

至于在同一条河流上，同一个水源内，缺乏全局规划，各修各的坝，各打各的井，上下左右不顾、互相争夺，浪费资财，破坏区域性正常的水循环过程而酿成的种种后患，在世界不少国家更为常见。

值得警惕的是，这些现象，在我国也不同程度的有所出现，其中一个重要原因就是有些地方对“三水”缺乏统观统管，没有作到全面规划，综合的利用和蓄调水源。然而，要作到这一点，就必须掌握必要的有关开发利用地下水的知识。这就是学习此课的一个主要目的，也是在编写本教材时尽力贯穿的思想之一。

第一节 地下水在农田水利建设中的作用

自然界的水，就其总量而言是十分巨大的，然而，可供灌溉和其它用途的淡水资源却是相当有限的，表 1 所列是全球水量的分布情况：

表 1-1 全球水量分布表

存在空间及形式	数量(亿亿立方米)		占全球水量百分比(%)		备 注
	总 量	其中淡水	占 总 量	淡水占淡水总量	
海 洋	133.8		96.536		表层是指埋深在2000米以内
高山冰川(包括极地)	2.406	2.406	1.746	68.69	
河 湖 水	0.023	0.0136	0.017	0.387	
地壳表层中的地下水	2.372	1.083	1.711	30.91	
大气中的蒸汽水	0.0013	0.0013	0.0009	0.037	
生物含水	0.0001	0.0001	0.00008	0.003	
全球合计	138.6	3.504	100		

从该表可以看出，对人类最为有用的淡水，约69%分布在难于获取的高山冰川之上。而较易开发的江河湖水，其总量不过占全球淡水量的0.387%，而且分布不均；埋深在2000米以内的地下淡水却占约30%，为地表水的80倍；即是埋深在 200 米以内的地下水，估计

就有四千余万亿立方米，比之当今全世界地面水库的蓄水量还大 800 多倍。地下水不仅量大，而且分布比较普遍，因此，当有限的地面水源已不能满足人类迅速增长的需要，特别是不能满足占最大用水比重的农业灌溉需要的情况下，地下水很自然的理应成为最理想的补充水源；而在严重缺乏地表水的干旱、半干旱地区，地下水则更是供水和灌溉的主要甚至是唯一的有效水源。例如在我国，有不少于二亿亩的农田缺乏地表水源，需要用地下水灌溉；约有七亿亩农田，地表水源保证率不高，需要地下水补充提高；约有10亿亩以上的缺水草场，需要利用地下水灌溉和为畜牧业供水；全国还有三千二百万人民饮用水十分艰难，他们主要分布在山区、牧区、边境地区、少数民族地区和地方病流行区。为这些地区的人民解决供水问题，主要的还得依靠细心地寻找和利用地下水源。

农田水利建设的一个最主要任务，乃是防旱抗旱，适时适量的供给作物生长所需要的水分。事实证明：地下水埋藏地下，受气候影响的程度远较地表水为小，具有较强的防旱抗旱能力。在天旱需水时，一些河湖常常干涸，而地下水则不致如此。一九五八年河北省一些地区，三百天未降透雨，但绝大多数水井仍能及时的供给灌溉用水；一九六二年北京市从八月开始后的五个多月滴雨不落，渠水严重不足，但三千多眼机井不仅在抗旱秋播中发挥了巨大的作用，而且保证了各种蔬菜的大丰收。此后的十多年来，全国又有更多的事实证明利用地下水灌溉的防旱抗旱效果是毋庸置疑的。

在农田水利建设中合理开发利用地下水，还能起到防涝治碱的作用，即所谓井排的作用。在洼涝和盐渍化地区，为了排水疏干和冲洗，若采用开挖排水沟和引水渠系的办法，则不仅要占用约10%左右的耕地面积，而且基本建设和养护还要花费大量的人力物力，且常因找不到理想的容泄区而成效不大。但在大多数情况下，修建灌排两用的水井，采用竖井排水，则能在少占地、无需修建大量土建工程和不大会受容泄区限制的情况下，达到排、灌两个目的，这已为国内外的许多实践所证明，而且已被肯定为防治盐渍化的最有效措施。我们国家大约有三亿亩左右的易涝易碱农田需要通过调节地下水位加以改良，而竖井排水，很可能是需要采用的主要方法。

不仅如此，为了提高灌溉用水保证率，防治渍涝和盐渍化，以及充分利用水源，扩大灌溉面积，即使在地面水源能充分保证的灌区，适当的结合地下水灌溉仍是必要的，而且这也是预防产生渍涝与次生盐渍化的好办法。

就地打井灌溉，由于渠系短，可以大大减少输水时间和输水损失，因而在蒸发量大，渗漏剧烈的地区，采用机动灵活的井灌容易作到适时适量，减少水量损失，提高灌溉效益。地下水灌溉对于那些要求小水勤浇、及时灌水的作物尤具明显的增产效果。

地下水还是发展喷灌、滴灌和渗灌等省水高产灌溉技术的最理想水源，因为从水井中抽出的水，总是比较清澈干净的，它不会堵塞机器和渗水管道的孔眼，也不会像含泥量大的渠水那样，喷洒在叶面上堵塞作物的气孔因而危害作物。

综上所述，由于地下水量大而分布普遍，具有季节与多年的调节抗旱能力，所以开发利用地下水常能达到防治旱、涝、碱等的综合作用，获得高产稳产的良好效果。因此，它在农田水利建设事业中，起着日益重要的作用。

第二节 国外地下水利用发展简况

正因为地下水在农田水利事业中显示的重要作用,所以,尽管开发利用地下水需要消耗较多的动力,却仍然愈来愈得到世界各国的普遍重视,发展迅速。略举数例:

印度是一个井灌历史较早的国家,从1951年又开始更大规模的开发地下水。1965年的井灌面积已增达1.09亿亩,提取地下水617亿立方米,占全部灌溉引水量的25%,1966~1967年印度连年大旱,河渠水源不足,更刺激了井灌的进一步发展,到1969年,灌溉筒井已增至638万眼,管井已达25万2千眼,井灌面积增为1.64亿亩,约为总灌溉面积的30%,近年来仍在增长,现在的井灌面积在总灌溉面积中所占的比重估计在36%以上。

美国从1940年至1950年的十年间,井灌面积从1380万亩增长到4500万亩,即从占总灌溉面积的10%,增加到27%;1970年达到37%,当年为农业提取的地下水量为630亿立方米,占总灌溉引水量的36%。从1950~1970年间,每年新增水井约40万眼,近年仍在发展。

伊朗气候炎热干燥,广大高原地区雨量稀少,因此,利用坎儿井开发比较丰富的地下水已有2500年的历史,现有坎儿井二万五千条,出水量共计560每秒立米,年总出水量约为176亿立方米,除用作城乡供水外,灌溉农田2250万亩,占总灌溉面积的48%;

巴基斯坦所进行的有关工程可看作发展井灌井排,既灌溉,又治碱的成功实例。该国灌溉事业比较发达,规模较大,但因长期渠系渗漏,使地下水位逐年上升,1900年灌区地下水平均埋深27米,30年代上升到12米,1968年约有一半地区上升到3米以内,有六分之一的地区上升到1.5米以内。由于地下水位大幅度大面积的上升,从1930年到1960年的30年间,每年约有30~60万亩耕地因沼泽化盐渍化而弃耕,累计共达1200万亩,明沟排水改良效果不大。从六十年代初开始改用竖井排水,抽出地下水又排又灌,推行称为“控制盐渍化垦殖计划”;为了降低地下水位,规划打井一万三千眼,控制面积5660万亩。第一期工程由2047眼管井组成,控制面积720万亩,井深70~90米,总抽水量155.8每秒立米,两年的运行便使地下水位下降1米以上,表现出良好的排灌效果。因而被视为发展灌溉水源和防治盐渍化、沼泽化的最主要措施。

井灌井排开发利用地下水,近年来也为苏联所重视,在中亚地区和一些牧区草场都有明显的发展,尤其对自流灌区形成的大量回归水更引起他们利用的兴趣。另如日本、阿联、西德、英、法、匈牙利等国都在开发地下水,井灌有了迅速的发展。

大规模的提取地下水也带来一些急需解决的新问题,例如过量的开采引起区域性的地下水位大幅度下降,水涸量竭,地面下沉,开采条件恶化,过多的消耗能源,在有些地区招致海水侵入,含水层遭受污染等。

解决这些问题的迫切需要以及大量的实践,促进了地下水科学的发展:大区域地下水资源评价、地下水动态长期预报,地下水非稳定渗流理论,地下水资源保养、“三水”转化规律的研究等,都在世界范围内发展起来。与此同时,也迅速出现了一些新的与地下水有关的工程技术领域,如像地下水的人工补给、地下水库、地面水库与地下水库的联合运

用系统以及人造卫星、遥感遥测技术用于地下水的勘测与管理等。

这些新问题、新理论、新成果、新方法、新技术，在本教材的有关章节中将略予介绍。

第三节 我国在开发利用地下水方面的成就与贡献

我国有着利用地下水的悠久历史，远在黄帝时期（公元前2697~2500年）便开始凿井取水，尧舜时已“凿井而饮”，商汤时发展到“凿井以灌田”。公元前722年~211年的春秋战国时代，在今日四川省自贡一带，我国人民开始创造了“人工冲击法”钻凿火井（天然气井）和盐井，从而大兴所谓“汲卤煎盐”的作坊，井之深者可达500多米，这比之外国传扬的公元1126年钻于法国阿尔瓦省的所谓世界上第一眼自流井，最少要早一千三百余年。

经考证，早在汉代，我国新疆各族人民便创建了坎儿井，对当地人民定居生活及农牧业的发展起了很大的作用，至今坎儿井仍不失为截取地下水的工程措施之一。

到了唐代，水井事业有了重大的进步，太平广记中有这样的记载：“唐邓玄挺入寺行香。与诸僧诣园。观植蔬。见水车以木桶相连。汲于井中。”说明水车当时已被我国人民发明和应用。

我国的凿井技术，提水机具和地下水勘测方法到了明代又有了进一步的发展，特别经过当时著名的科学家徐光启加以总结，更加发扬光大，徐光启在他的名著《农政全书》的《旱田用水疏》中，把水井按不同砌护材料划分为石井、砖井、苇井、竹井和木井等，并明确提出井以深、大为佳。他还总结了我国人民对地下水赋存规律的认识，提出勘测地下水，选定井位的“审泉源法”，介绍了如何使用“汽试”、“盘试”、“罐试”、“火试”等方法寻找地下水源并确定井位，按照江河水位、旱涝情况的特点，确定打井的深浅。

徐光启还总结了我国人民对水质进行分析研究的经验，介绍了“煮试”、“日试”、“味试”、“秤试”、“帛试”等检验水质好坏的方法，并提出如何改良水质的“澄水”措施。同时提醒人们在打井时从不同的感受注意防止有害气体伤人。

这些简略的事例已足以说明，我们中华民族的聪明才智，足以说明在开发利用地下水方面我国人民的历史贡献，这些贡献既包含着勇敢的实践，也包含着丰硕的理论成就。

“数风流人物，还看今朝！”中国的古人是值得歌颂的，中国的今人更为伟大，解放三十年来，在中国共产党的领导下，同其它各条战线一样，地下水开发利用事业也有了更大的发展。

我国在解放以前一般只能打小井、打浅井。而现在深钻二、三百米的井已成为县社井队可办的事，三、五米直径（甚至更大）的井，也能顺利施工。而且井型因地制宜多种多样。打井工具由原来的人工掏挖，竹弓冲凿，一跃而为各种钻机成井；提水机具也由桔槔、辘轳、木制水车发展为各式现代水泵。解放前用以灌田的机井可以说是没有的，而1979年全国机井发展到二百二十万眼，它们所能控制的灌溉面积估计在两亿亩左右，约占总灌溉面积的30%。

由于党和人民政府十分关心地下水开发利用事业及其勘查研究工作，因此，我国的成就不仅表现在井灌面积的扩大方面，而且通过大量的生产实践和调查研究，已使我国的地下水开发利用科学有了重大的发展：在地下水勘探方面，与钻探相配合，地球物理勘探已被广泛采用。一些主要的开发地区大都测绘了农田供水水文地质图件。在开发方面，出现了如像黄土辐射井、大骨料井等许多优良的井型，研制出高效钻井机具和提水机泵，科学的总结出因地制宜的开发方式；在井灌管理方面也积累了许多比较成功的经验。

在理论方面：对各类地质条件下的不同地区，例如岩溶地区、黄土地区、冲洪积平原地区、滨海地区等的地下水赋存规律都有了新的发现和研究成果。在地下水渗流理论、水井水力学、人工补给、地下水库、地下水资源评价和动态预报的理论和方法等方面的研究，也都有了可喜的成就。

对于国内的这些发展和成就，本教材也将予以反映。

第四节 《地下水利用》课程内容和学习要求

地下水在农田水利建设中的重要作用，已愈来愈为人们所认识。全国水利会议1979年6月22日作出的决定中就曾指出：“要继续合理开发地下水”，不仅在北方而且在“南方（地表）水源缺乏又适宜打井的地方，也应积极的发展”。

要作到积极合理的开发地下水，使“三水”综合蓄调，充分利用。解决发展农业的需水问题，就必需培养掌握有关地下水及其开发利用知识的农田水利建设人材。

《地下水利用》是以水力学、水文学、农田水利学、水泵及水泵站等为其先导课程，融合了水文地质、地下水动力学以及农业供水与凿井等方面的直接与地下水开发利用有关的内容，所形成的农田水利专业的一门专业课程。

本教材分为三篇，共计十一章。

其中第一篇《地下水资源及其评价方法》包括四章，其学习要求是：

- 1.密切联系地下水开发利用需要，加深对地下水赋存规律的认识，特别对不同地质地貌单元的地下水，应有比较具体的了解，以便为资源评价和规划打基础；
- 2.掌握地下水向集取建筑物的渗流计算方法，和水文地质参数的确定方法，为井群规划设计，资源评价和动态管理作准备；
- 3.资源评价为本篇重点，要求辩证的认识地下水资源，并掌握评价的主要方法。

第二篇讲述《开采地下水的建筑物》，包括五章，分别介绍了各种井型结构及地下水的其它类型的集取工程，包括地下水库等的规划设计和施工方法。介绍了打井的机具、钻进技术，成井工艺等。其学习要求是：

- 1.学会根据不同水文地质条件，合理选择地下水集取建筑物的适宜类型和结构形式；
- 2.学会正确设计几种主要的井型结构；并通过作业练习重点掌握滤水结构设计的原理和方法；
- 3.通过学习和参观，熟悉主要的打井机具及其适用范围，了解造井技术及成井工艺的关键环节。

第三篇的内容是《地下水开发利用规划与管理》，虽仅两章，涉及的问题却是重要的，可说是前两篇所学知识的综合运用和深入，要求是：

1.以规划为重点，掌握规划的原则和规划的基本方法等；领会“以改土治水为中心，山水田林路综合治理”的精神，综合考虑“渠、路、树、电、井”的布局，从而建立对于规划的全局观点；

2.培养综合分析条件和解决规划问题的能力，通过作业练习，熟悉规划的具体过程和方法技术；

3.加深对管理工作重要性的认识，重视经济效益，建立“三水”统观统管的思想，初步掌握有关的技术途径。

地下水对于人类，对于我们社会主义祖国的国计民生，都具有重要的作用。我们应当运用唯物辩证法的观点和方法，深入的进行学习、实践、研究、总结。认识其赋存运动规律，掌握其开发利用技术，以便多快好省的让地下水这个重要的自然资源，为我国社会主义建设事业服务。为在本世纪内全面实现农业、工业、国防和科学技术现代化，为了给人类作出较大贡献而努力奋斗！

第一篇 地下水资源及其评价方法

第一章 地下水的赋存规律

地下水赋存于岩石的各种空隙之中，而岩石空隙则是地质历史发展的产物。一个地区或地段能否富集形成具有开采价值的地下水资源，取决于该地区或地段的地层岩性、地质构造和地貌特征等条件的组合。由于组合条件的不同，如图1-1所示，从山区到滨海，从浅部到深部，埋藏分布着不同特征的地下水。基岩山区埋藏有基岩裂隙水或岩溶水，其中有上层滞水、潜水和承压水，但以后二者为主。也有埋藏于山间河谷冲积层和其他堆积层中的孔隙水，但分布不广。山前地带和山间盆地的地下水，有极为相似的分布规律，即主要是埋藏于第四纪沉积层孔隙中的潜水和一部分承压水。而以冲积层中的地下水较有利于开采。

平原地区的第四纪沉积层厚度大，多以冲积、洪积层为主，其中由于形成的地质历史条件和沉积环境的差异，则冲积平原和滨海平原又有各自不同的水文地质特征。但是，山区、山前地带和平原地区的地下水之间，常存在着补给和排泄的密切关系。黄土高原区为一特定的地貌单元，其埋藏分布的地下水，明显的反映了干旱、半干旱地区的特征，水量一般不太丰富。但也并非是绝对的，例如在补给条件较好的地区，黄土中仍可能赋存大量的地下水。在黄土层以下的基岩裂隙和岩溶孔洞中也常埋藏着具有开采价值的地下水。

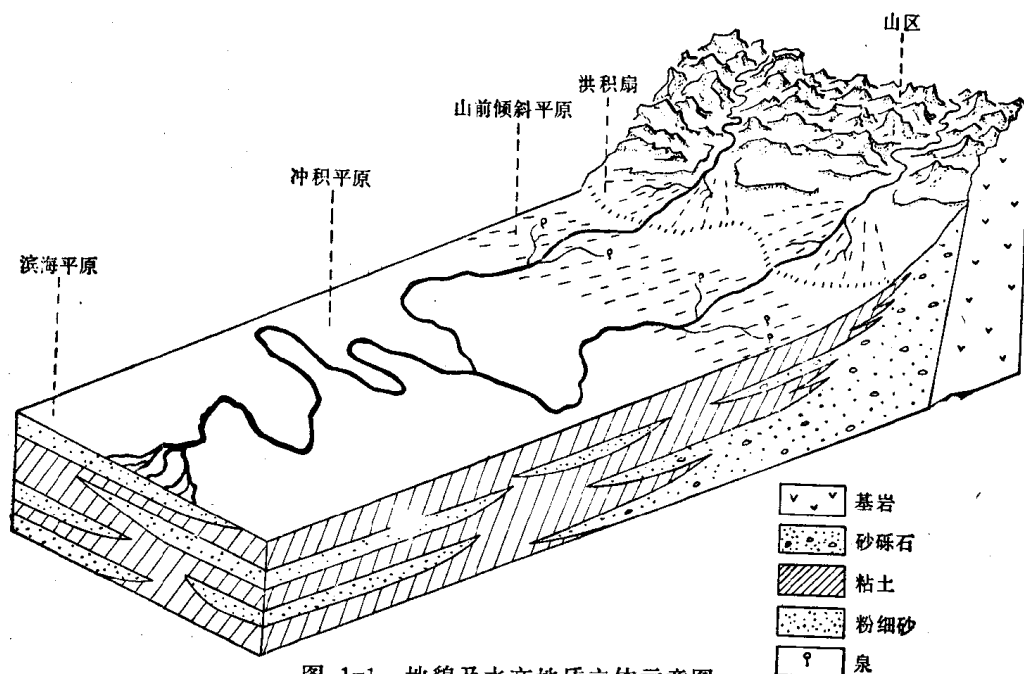


图 1-1 地貌及水文地质立体示意图

第一节 基岩山区地下水

基岩山区地下水，主要指埋藏在广大山区坚硬岩石的裂隙、溶洞中的地下水。它主要包括裂隙岩层中的裂隙水和岩溶岩层中的岩溶水。此外在一些胶结不好的粗粒碎屑岩层中，有时可能有裂隙-孔隙水的存在。

一、裂隙水

埋藏于基岩裂隙中的地下水统称为裂隙水。它的埋藏分布与裂隙的发育特点相适应。在同一地区不同成因的裂隙水可以共存，或以某一成因类型的裂隙水为主。不同地区，不同构造单元的裂隙水则有不同的埋藏分布特点。总之，裂隙水的埋藏和分布是很不均匀的。它主要受地质构造、岩性、地貌等条件的控制。

根据裂隙水埋藏分布的特征，将裂隙水划分为三种类型：面状裂隙水、层状裂隙水和脉状裂隙水。

1. 面状裂隙水

分布在各种基岩表部的风化裂隙中，其上部一般没有连续分布的隔水层，因此，它具有潜水的特征。但在某些古风化壳上覆盖有大面积的不透水层（如粘土）时，也可能形成承压水。

风化裂隙含水层含水的多少与岩石风化程度和岩性密切相关。如在泥质岩石和花岗岩地区，往往在强烈风化带中含水较少，这可能是由于泥质物充填的结果。

风化带中裂隙水分布的下部界限取决于风化带的深度，风化裂隙的数量及大小均随深度的增加而减小，直至消失。因此，由于各地风化程度不同，风化带中裂隙水的下部界限也有差异。

面状裂隙水的富水性因岩性不同或地形的起伏而发生变化。其水质一般较好，多为低矿化重碳酸钙型的淡水。

2. 层状裂隙水

贮存于成岩裂隙和区域构造裂隙中的水，其埋藏分布一般与岩层的分布一致，因而常有一定的成层性，故称为层状裂隙水。由于各种裂隙交织在一起，构成了地下水运动的网状通道，致使裂隙中的水相互之间有一定的水力联系，因而通常具有统一的水面。层状裂隙水在不同的部位和不同的方向上，因裂隙的密度、开裂度和连通性等的差异，其透水性和出水量也有较大的差别，故具有不均一的特点。层状裂隙水既有一定的成层性，其埋藏和分布必受到褶曲构造的控制。在岩层出露的浅部可形成潜水，在地下深处理藏在隔水岩层之间，便可形成承压水。

层状裂隙水的水质，因受埋深的影响，一般在浅部主要为重碳酸型，向下可逐渐过渡为硫酸盐型，到深部为氯化物型水。总矿化度多随深度增加而增加。

3. 脉状裂隙水

埋藏于构造裂隙带中的水。一般是沿断裂带呈带状或脉状分布，长度和深度远比宽度大，故具有一定的方向性。脉状含水带可以切穿数个不同时代，不同岩性的地层，可通过

不同的构造部位，致使含水带各部位的地下水贫富不均，埋藏的深度变化很大。因而，同一含水带中地下水的埋藏具有不均匀性，当断裂带通过脆性岩石时，裂隙发育，岩石破碎，通常是强含水的；当通过塑性泥岩时，裂隙不发育并被泥质充填，形成微弱的含水带或起隔水作用。

脉状裂隙水的补给源一般较远，循环深度较大，水量较丰富，一般具有统一的水面而且稳定。有些地段具有承压性质。水质良好，常为较好的水源地。

应当指出，脉状裂隙水除了自身形成一个水力系统外，它还与周围岩石裂隙中的水有一定程度的水力联系，这种联系可能比较弱，但也不可忽视。

某一地区或地段是否能有裂隙水的富集，主要看是否存在着有利的补给、汇集和贮存条件。如果裂隙发育强烈，贮水空间大，同时有范围大水量足的补给源，而且又有良好的汇水条件时，即可集存丰富的裂隙水。

二、岩溶水

贮存于可溶性岩层中的溶蚀洞穴和裂隙中的水称岩溶水。岩溶水就埋藏条件而言，可以是上层滞水，也可以是潜水或承压水。岩溶上层滞水的形成与岩溶岩层中透水性极小的个别凸镜体有关。这些凸镜体可以是不透水夹层，也可以是溶蚀残余物充填了裂隙和溶洞而成。当岩溶岩层大面积出露地表时，贮存并运动于其中的岩溶水主要为潜水。如我国云贵高原石灰岩区及广西的石灰岩低山丘陵区，广泛发育着岩溶潜水。当岩溶岩层被不透水岩层覆盖，并被地下水充满后，便形成岩溶承压水。我国北方奥陶纪石灰岩和南方石炭、二迭及三迭纪石灰岩中多埋藏有岩溶承压水。

岩溶含水层，是一种极不均匀的含水介质，因此，岩溶含水层的富水性无论在水平方向或垂直方向都变化很大。有的地段可能无水，而有的地段则可形成水量极为丰富的岩溶地下水脉或岩溶地下暗河。所谓岩溶地下水脉，就是岩溶发育比较强烈的、呈脉络状的富水条带。如水通过众多的裂隙和小溶洞汇流于巨大的岩溶通道之中，则成为岩溶地下河。其流量可达每秒数立方米到百余立方米或更多，流动速度也较其他类型地下水为快，此类地下水也具有重要的开采价值。

我国北方的气候条件和地质条件与南方不同，北方的地下岩溶含水空间也有溶洞，但主要是大量分布的溶蚀裂隙，较少象南方那样发育完整的地下河通道系统。岩溶地下水脉虽然没有地下河那种完整的洞穴通道系统，它与两侧岩溶发育程度较弱的岩层之间也没有明显的截然分界，是逐渐过渡的，但也有一些与地下河相似的特征。例如，岩溶地下水脉是富水性较强的条形地带，也是地下水运动比较通畅的强径流带。

由于沿水脉地下水径流通畅，所以这里的水位比两侧的水位低，一般都形成相对的低水位带。在横断面上地下水位呈槽谷形，地下水脉的下游直接或间接地通向地下水排泄口——岩溶泉。

由于岩溶地下水脉上接补给区，下通排泄区，所以在天然条件下，地下水的动态年变化幅度较小；而在地下水脉的上游及两侧年变幅则较大。

岩溶水在岩溶岩层与非岩溶岩层的接触处，在从山区、丘陵区流到山前地带以后，岩溶承压水在其排泄区，特别是一些沿构造断裂的排泄地带，往往在地表出露巨大的泉群。我