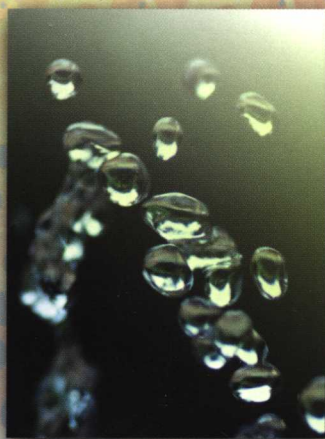




高等学校“十一五”精品规划教材

地下水利用

主编 周维博 施炯林 杨路华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



高等学校“十一五”精品规划教材

地下水利用

主 编 周维博 施炯林 杨路华
副主编 史海滨 张忠学 杨武成 王艳芳
参 编 李海燕 胡安焱 李为萍
主 审 李云峰 刘俊民



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为高等学校“十一五”精品规划教材之一,除绪论外,共分九章。内容为:地下水的分类、特点及运移规律;地下水利用中水文地质参数及其他参数的确定方法;地下水资源的计算与评价;管井出水量计算;地下水资源计算的数值法;地下水取水建筑物的设计与施工;井灌(排)工程规划;井灌(排)管理;地下水与环境保护等。

本教材适用对象为高等学校水利水电工程、农业水利工程、水文与水资源工程、给水排水工程等相关专业的本科生、研究生,也可供相关领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地下水利用/周维博,施炯林,杨路华主编. —北京:
中国水利水电出版社, 2006
高等学校“十一五”精品规划教材
ISBN 978-7-5084-4143-6

I. 地... II. ①周... ②施... ③杨... III. 地下水
资源—资源利用—高等学校—教材 IV. P641.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第129788号

书 名	高等学校“十一五”精品规划教材 地下水利用
作 者	主编 周维博 施炯林 杨路华
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 16.5印张 391千字
版 次	2007年1月第1版 2007年1月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	27.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



工程力学 (高职高专适用)

大学数学 (一) (高职高专适用)

大学数学 (二) (高职高专适用)

水资源规划及利用

水力学

环境水利学

灌溉排水工程学

水利工程施工

水利水电工程概预算

工程制图

工程制图习题集

水利工程监理

水利水电工程测量

理论力学

材料力学

土力学

工程水文学

地下水利用

结构力学

水文地质与工程地质

水利科技写作与实例

电路理论

计算机网络

高电压技术

单片机原理及接口技术

电子与电气技术

Visual FoxPro 6 数据库与程序设计

大学计算机基础

可编程控制器原理与应用

电力系统微机继电保护

电力系统继电保护原理

信号与系统

数字信号处理

数字电子技术基础

模拟电子技术

水电厂计算机监控系统

电机与拖动

控制电机

电磁场与电磁波

自动控制原理

电路分析基础

电工电子技术简明教程

前言

本书是根据教育部有关文件和《高等学校水利类〈高等学校精品规划教材〉编审会议纪要》的精神,为加强全国高等院校水利类教材建设,以农林和水资源工程专业为主要教学对象而编写的专业课教材。

从1981年《地下水利用》第一轮教材问世至今已有25年,期间虽有1988年和1993年第二轮和第三轮的编写,内容进行了多次修改。随着我国社会经济的不断发展,水资源供需矛盾日趋尖锐,尤其是地表水严重短缺和水体污染,合理开发利用地下水是我国北方解决水资源短缺的重要和基本措施,对农业灌溉和城市供水等方面起着十分重要的作用。一些地区由于地下水长期开采大于补给,地下水开发已引起了一系列环境地质问题。如何对地下水进行合理开发利用,对出现的环境问题进行治理,是新时期《地下水利用》研究和解决的问题。从1993年第三轮教材迄今已有10余年历史,对地下水研究的新成果已有不少,为了丰富《地下水利用》教材内容,及时将新的知识介绍给学生,也为从事地下水利用的研究者和工程技术人员提供技术参考,实有必要编写一本新的《地下水利用》教材。本教材与前三轮教材相比较,增加了“地下水的分类、特点及运移规律”和“地下水环境与保护”等章节内容,并对有些章节进行了补充和修改。

本书各章节编写人员分工如下:绪论由周维博(长安大学)编写,第一章由张忠学(东北农业大学)编写,第二章由胡安焱(长安大学)、周维博编写,第三章由王艳芳(宁夏大学)编写,第四章由李海燕(甘肃农业大学)编写,第五章由史海滨(内蒙古农业大学)、李为萍(内蒙古农业大学)编写,第六章由杨武成(沈阳农业大学)、周维博编写,第七章、第八章由杨路华(河北农业大学)编写,第九章施垌林(甘肃农业大学)。全书由周维博统稿。

本书承蒙长安大学李云峰教授和西北农林科技大学刘俊民教授审阅,提出了许多宝贵意见,长安大学马艳、郭小砾、曾发琛硕士承担了文本校对和部分插图工作,在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中不妥之处,承望读者批评指正。

作 者

2006年9月

目 录

前言

绪论	1
第一章 地下水的分类、特点及运移规律	6
第一节 地下水的类型及其特征	6
第二节 地下水的补给、径流、排泄条件	14
第三节 地下水的物理性质和化学成分	20
第四节 地下水运动的基本规律	25
第二章 地下水利用中水文地质参数及其他参数的确定方法	33
第一节 利用抽水试验资料确定水文地质参数	33
第二节 利用地下水动态资料确定水文地质参数	47
第三节 用室内方法确定水文地质参数	49
第四节 其他参数的确定	53
第三章 地下水资源的计算与评价	57
第一节 概述	57
第二节 地下水资源的数量计算与评价	62
第三节 地下水资源的质量计算与评价	71
第四章 管井出水量计算	78
第一节 单井出水量的计算	78
第二节 群井出水量的计算	92
第五章 地下水资源计算的数值法	98
第一节 基本概念	98
第二节 有限差分法	100
第三节 有限单元法	120
第四节 计算示例	138
第六章 地下水取水建筑物的设计与施工	149
第一节 地下水取水建筑物的分类	149
第二节 管井设计	151
第三节 管井施工	161

第四节	大口井与辐射井	173
第五节	截潜流工程	185
第七章	井灌（排）工程规划	190
第一节	概述	190
第二节	规划分区	192
第三节	水量平衡计算	194
第四节	井灌区的机井和工程规划	204
第五节	井渠双灌和综合治理规划	212
第八章	井灌（排）区管理	215
第一节	井灌（排）区的用水管理	215
第二节	水井的管理养护与修复	218
第三节	地下水动态与观测	219
第四节	井灌（排）区工程技术经济分析	224
第九章	地下水与环境保护	229
第一节	地下水超采引起的环境地质问题	229
第二节	地下水环境污染与防治	239
参考文献		255

绪 论

一、地下水利用在我国农田水利事业中的作用

全世界干旱及半干旱地区的面积分别约占陆地面积的 24% 及 10.9%，遍及 50 多个国家和地区，主要分布在亚洲、非洲、澳洲、美洲等。我国干旱及半干旱地区的面积约占全国总面积的一半，主要分布在我国西北、华北、内蒙古及青藏高原的绝大部分地区，这些地区的地表水资源比较缺乏。因此，这些地区的水资源开发利用，除应充分开发利用地面水资源外，还必须积极、合理地开发利用地下水资源。

地下水资源既是一种宝贵的自然资源，也是自然环境的重要组成部分。随着世界人口的不断增长，只有合理地利用和有效地保护地下水资源，才能保证经济和社会的持续发展。在干旱地区地下水被视为“稀缺资源”，更需要特别小心地加以保护和以珍惜的方式加以利用。

根据我国北方干旱及半干旱地区对地下水资源开发利用的经验分析，合理开发利用地下水在农田水利事业中具有以下重要作用。

(1) 水源稳定可靠，灌溉保证率高。其原因主要有两个。

1) 与地表水相比，地下水（特别是深层地下水）由于受气象因素影响较小，具有较强的季节、年调节能力，因此其防旱抗旱能力较强。在天旱需水时，一些河湖常常干涸，而地下水则不致如此。因此，地下水源比较稳定可靠，灌溉保证率高。这一点在我国旱象频繁、地表水源不稳的华北和西北地区表现得十分突出。以河北省黑龙港地区为例，该地区 1965~1968 年旱象严重时河水很少，甚至断流，地表水灌溉的保证率很低；而井水（特别是深井水）则较为稳定。

2) 浅层含水层，特别是平原地区厚度较大的潜水层，就像一个天然地下水库一样，具有较强的年内调节和多年调节作用。由于潜水埋藏较浅，补给容易。在井渠结合灌区，井灌开采的地下水，可通过渠系和田面渗漏予以补给。中国农业科学院水利部农田灌溉研究所在河南省人民胜利渠、七里营乡的观测发现，该乡每年浅井（井深 30~40m）灌溉利用地下水约 1500 万 m^3 ，与引黄（河水）渠灌的渗漏补给量 1420 万~1670 万 m^3 地下水大致相等。即浅层地下水井灌开采量，当年即可因渠灌渗漏补给而比较容易得到恢复。位于陕西黄土台塬的宝鸡峡灌区和泾惠渠灌区，由灌区渗漏在黄土地层中形成的地下水储量超过 20 亿 m^3 ，其中泾惠渠灌区可开采的年调节水量为 1.7 亿~2.3 亿 m^3 。因此，在我国北方地区，因灌溉渗漏形成的地下水，有着调节河源来水丰欠的巨大作用，它是保证灌区防旱抗旱的可贵水源。

在纯井灌区，旱季开采的水量在当年雨季（或补给季节）即可得到一定程度的补给。根据河北省水文地质队的动态观测资料，河北平原 1974~1978 年平均年开采量为 88 亿 m^3 ，浅层水基本保持稳定，虽然 1973~1976 年因降水偏少，地下水连续下降，但 1977~1978 年降水量较大，地下水位基本恢复到 1973 年的水平。这说明在枯水年适当超采的水

量,一般通过丰水年的补给,就可得到恢复。正是由于含水层(特别是平原地区厚度较大的潜水含水层)具有年调节和多年调节的作用,使得干旱季节或干旱年开采的地下水在丰水年得到恢复补给,从而使水源稳定可靠,农田灌溉用水有一定的保证率。

(2)能适时适量灌溉,增产效果明显。由于地下水灌溉工程小,灌溉面积不大,因此,管理方便,调度灵活,能适时适量进行灌溉,及时满足作物生长需水要求。实践证明,目前,一般井灌区产量都比较高,地下水灌溉的增产效果十分显著。目前我国北方地区种植的大棚蔬菜,大多采用地下水灌溉,就是因为地下水灌溉具有能适应蔬菜小水勤浇的特点。

(3)在易涝易碱地区能起到防涝治碱作用。易涝易碱地在我国西北、华北和东北地区均有分布,在这些地区发展井灌(井排)是综合治理旱、涝、碱的重要有效措施。井灌的除涝治碱作用主要表现为:能调节地下水量平衡,降低(或控制)潜水水位;改变表土盐分垂直分布;增大雨季土壤和“地下水库”蓄水能力。国内外大量试验表明,井排(垂直排水)和水平排水相比,具有水位降深大,占地小,无需修建大量土建工程,达到灌排两用的目的。在我国北方由于发展地下水灌溉而使涝碱地得到治理的例子很多,如河南省的温县,封丘、开封,河北省的南皮、曲周,山东的茌平等。井灌在河北、河南、山东、苏北、宁夏等地的盐碱地改良中已起着十分重要的作用。

(4)地下水是发展喷灌、微喷灌、滴灌、渗灌等节水灌溉技术的理想水源,因为地下水含沙量极少,比较清澈干净,不会阻塞灌水器,也不会像含泥沙量大的地表水那样,喷洒在植物叶上会阻塞植物的气孔而危害植物。

二、地下水利用发展概况

(一)国外地下水利用简况

由于世界人口的持续增长,生产建设的不断发展以及地表水资源不断被污染,促使各国更重视把优质地下水首先用作饮用水的供水水源,在一些干旱半干旱地区的国家,则把地下水作为农业灌溉利用的主要水源,下面介绍几个地下水开发规模大、经验多的国家的情况。

1. 美国

美国地下水开发的历史较长,早在19世纪后期加州中央各地、芝加哥、南达科他州等地已开采地下水,主要用于农业灌溉和生活供水。

美国地下水开发程度相对较高,1985年地下水开采量($1013 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$),占全国淡水利用量的21.7%,市政公共供水地下水占40.1%,农业用水中占34.4%,饮用地下水的人口占53%,工矿自备水源中地下水占17.3%。地下水在生活饮用,市政公共和农业供水中占有重要地位。

美国是发达国家中利用地下水灌溉规模最大的国家,而且主要集中在美国西部。西部地区气候较为干旱,农业发展在很大程度上依靠灌溉,地下水的开采强度很大。西部17个州的井灌面积占全国井灌总面积的80%以上,其中得克萨斯州的井灌面积占全州总灌溉面积的82%,加利福尼亚州为40%以上。

2. 印度

印度位于南亚次大陆,面积约为197万 km^2 。尽管全国多年平均降水量为1143mm,

但中部及南部仍有干旱缺水地区需要发展灌溉。古代印度就有利用大口浅井汲取地下水的历史,20世纪30年代,在恒河平原开始打深度百米以内的管井取水灌溉。印度地下水开采量中90%以上用于农业灌溉,用于居民供水和工业供水的量不足地下水开采量的10%,印度多年平均可恢复地下水资源为4500亿 m^3/a ,目前年抽水量达1350亿 m^3/a ,已利用30%左右。20世纪50年代以来,印度的地下水灌溉面积比重随总灌溉面积的增长而增长,1951年井灌面积0.9亿亩,占全国总灌溉面积的29%;1969年井灌面积增至1.64亿亩,占全国总灌溉面积的30%;1984年井灌面积达2.04亿亩,占全国总灌溉面积的38%;1992年井灌面积达5.7亿亩,占全国总灌溉面积的45.3%。井灌面积之大居世界第一位。

3. 巴基斯坦

巴基斯坦位于南亚次大陆西北部,面积约79万 km^2 。大部分地区属于旱、半干旱地区,年平均降雨量,北方山区为889mm,南方仅为127mm。巴基斯坦的灌溉集中在印度河平原。印度河平原面积为26.6万 km^2 ,占全国总土地面积的1/3,耕地2.7亿亩,占全国的90%,灌溉面积2.0亿亩,占全国89%。印度灌溉农业已有几千年的历史,灌溉是农业的保证。由于长期大流量引水,高渠库常年输水和有灌无排等原因,地下水位不断升高,成为农业的最大危害。1959年巴基斯坦为了发展农业生产,开始实行“盐分控制和土壤改良计划”(SCARP-Salinity Control and Reclamation Projects)。随即修建大规模的排水工程,按照这个计划,印度河平原到1996年将治理盐碱化面积1.35亿亩,主要包括修建管井5.9万眼,开挖排水沟7.7万 km 。1979年6月统计,已建管井1.2万眼,筒井15万眼,挖排水沟5600 km ,控制面积4005万亩,每年提取地下水250亿 m^3 ,占河、渠和田间渗漏年补给总量600亿 m^3 的41.7%。当地下水水质较好(矿化度小于 1g/L)时,就直接用于灌溉,否则,抽出的水送入排水系统,最后集中建抽水站排入下一级灌溉渠道,与渠水掺和供下游灌区使用。巴基斯坦是井灌井排,既灌溉,又治碱,地表水地下水联合运用的成功实例。

(二) 我国地下水开发利用简况

我国是世界上开发利用地下水最早的国家之一,早在相当于我国仰韶文化的母系氏族公社时期(距今约5700年前),我们的祖先就已经采用凿井取水。到了距今2000多年前的春秋战国时代,随着生产力的发展,凿井技术有了进一步提高,在四川自贡一带已有深达数百米的盐井,这可真是世界上在岩石中开凿的首批深井。汉武帝时,在今陕西渭北高塬上修筑了我国最早的井渠结合的农田灌溉典范“龙首渠”。驰名中外的新疆“坎儿井”,至今仍不失为开发山前倾斜平原地下水的有效措施之一。上述事例充分说明我国古代劳动人民,在开发利用地下水方面早就创造了光辉的历史,作出了卓越的贡献。

新中国成立以来,地下水开发利用事业得到迅速发展,1949年前全国水井配套动力仅有9万多 kW ,截止到1997年底,全国已配套机井343万眼。1949年全国井灌面积为1582万亩,占有效灌溉总面积2.39亿亩的6.6%;1975年全国井灌面积为1.55亿亩,占有效灌溉总面积6.92亿亩的22.4%;1985年全国井灌面积为1.67亿亩,占有效灌溉总面积7.19亿亩的23.2%;1990年全国井灌面积为1.76亿亩,占有效灌溉总面积的7.26亿亩的24.2%。灌溉面积之大,居世界第二位。

地下水在城市供水中也发挥了重要作用,1988年全国有310个城市开采利用地下水作为城市供水水源,约占全国城市总数的71%。107个重点城市中有54个城市以地下水为主要供水水源,其中北方46个城市,约占北方重点城市的70%,南方8个城市,约占南方重点城市的20%。地下水源地生产井和自备井总共约13.6万眼,地下水总开采量约占全国城市总供水量的1/3。

1997年,全国地下水实际开采量达968.78亿 m^3 (其中:农田灌溉用水占54.3%;城镇工业用水占17.5%;农村生活用水占12.8%;农村工业和林牧渔业用水占8.0%;城镇生活用水占7.4%),占全国总用水的17.4%。在我国,由于地下水资源的地区分布及需求不同,各省(自治区、直辖市)和各流域片地下水供水量占总供水量的比例相差很大。地下水供水量占供水量一半以上的有河北、北京、山西、河南等四个省(直辖市),其中,河北省地下水供水量占了总供水量的3/4,北京市地下水供水量占总供水量的2/3;山东、辽宁、陕西、内蒙古、黑龙江、天津、吉林、等省(自治区、直辖市)地下水供水量占总供水量的比例也较高,为30%~40%;福建省和上海市地下水供水量占总供水量的比例最小,只有0.79%和1.11%。

北方大多数流域的地下水供水量在总供水量中占有较大比例,其中海河流域占61.9%,黄河中游占57.8%,辽河流域占53.0%,淮河流域中23.7%,河西内陆河占25.2%;南方各流域片地下水供水量占总供水量的比例较小,一般在5%以下。

综观世界各国,地下水开发利用的历史长短不一,地下水开发程度的地区性差异也很大。地下水开发不仅受自然条件的制约,而且与各国的经济和社会发展密切相关。但总体而言,其开发过程基本上可归纳为三个不同的时期,并且也具有相应的经验和教训。

初期,在地下水开发处于数量小,地点分散的阶段,进行地下水水源地的勘察应列为地下水开发的主要前期工作,通过勘察以论证地下水的开发方案。

中期,在地下水处于连片开发,且水源地相互干扰明显增大的阶段,应将区域性大面积地下水资源评价列为论证地下水合理开发重要工作。

后期,在地下水需求量与多年评价补给量相接近,且需求量还在不断的增长阶段,应将包括技术管理、政策和法规制定的地下水管理列为支持地下水合理开发的重要工作。同时还应研究人工回灌补给地下水、地表水联合运用等问题,注意加强地下水资源保护,实施地下水系统管理。

三、《地下水利用》课程讲述的主要内容

《地下水利用》作为高等学校农业水土工程、水利水电工程、水文与水资源工程专业的一门技术基础课程,它的基本内容包括以下几方面。

(1)地下水的类型、特征及运移规律。阐述地下水的基本类型,地下水补给来源、地下水径流的形成及影响因素,地下水运动的基本方程。

(2)地下水资源的计算与评价。分别阐述地下水资源的数量计算与质量计算方法及评价方法。主要介绍地下水资源评价中水文地质参数的确定方法,地下水资源计算中有限差分法和有限单元法两种常用的数值方法。

(3)地下水取水建筑物的设计与施工。主要内容包括水井出水量的确定,管井、大口井、辐射井及水平取水工程的设计与施工方法。

(4) 井灌（排）工程规划及管理。阐述井灌工程规划的原则，单井灌溉面积、合理井距与井数的确定，井群与井网布置方法，井灌区用水管理、水井的管护与修复、井灌区地下水动态与观测以及地下水人工回补等知识。

(5) 地下水开发中的环境保护。阐述地下水开发中引起的环境负效应问题，诸如地下水超采引起的地下水位下降、地面塌陷、土地荒漠化以及地下水污染等环境地质问题，提出地下水开发利用保护的措施。

本门课程是一门集理论性与实践性较强的技术基础课。学习本门课程的目的是为了培养学生在综合运用已学过的水文地质、地下水动力学等相关专业课的基础上，通过理论联系实际，能根据不同地质地貌单元地下水的埋藏条件，结合当地地下水开发利用需要，合理选择地下水集取建筑物的适宜类型和结构形式，正确进行地下水利用工程的规划、设计、施工和管理方面的技术工作，并能开展地下水开发利用与管理保护方面的科学研究工作。

第一章 地下水的分类、特点及运移规律

第一节 地下水的类型及其特征

埋藏在地表以下岩石（包括土层）的空隙（包括孔隙、裂隙和空洞等）中的各种状态的水称为地下水。地下水这一名词有广义与狭义之分。广义的地下水是指赋存于地面以下岩土空隙中的水；包气带及饱水带中所有含于岩石空隙中的水均属之。狭义的地下水仅指赋存于饱水带岩土空隙中的水。饱水带中的重力水是开发利用或排除的主要对象。

地下水的运动和聚集，必须具有一定的岩性和构造条件。空隙多而大的岩层能使水流通过，称为透水层。贮存有地下水的透水岩层，称为含水层。空隙少而小的致密岩层是相对的不透水岩层，称为隔水层。然而，在各种不同情况下，人们所指称的含水层与隔水层涵义有所不同，他们的定义具有相对性。岩性相同、渗透性完全一样的岩层，可能在有的地方被当作含水层，而在另一些地方被当作隔水层。即使在同一个地方，渗透性相同的某一岩层，在涉及某些问题时被看作透水层，在涉及另一些问题时则可能被看作隔水层。含水层、隔水层与透水层的定义取决于运用他们时的具体条件。

地下水受诸多因素的影响，各种因素的组合错综复杂，因此，出于不同的目的或角度，人们提出了各种各样的地下水分类。但概括起来主要有两种：一种是根据地下水的某种单一的因素或某种特征进行的分类，如按硬度分类、按地下水起源分类等；另一种是根据地下水的若干特征综合考虑进行的分类。如根据地下水的埋藏条件则可分为包气带水、潜水和承压水。不论哪种类型的地下水，均可按其含水层的空隙性质分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。

一、包气带水

位于潜水面以上未被水饱和的岩土中的水，称为包气带水。包气带水主要是土壤水和上层滞水，如图 1-1 所示。

（一）土壤水

埋藏于包气带土壤层中的水，称土壤水。主要包括气态水、吸着水、薄膜水和毛细水。靠大气降水的渗入、水汽的凝结及潜水由下而上的毛细作用补给。大气降水向下渗入，必须通过土壤层，这时渗入的水一部分保持在土壤层中，成为所谓的田间持水量（即土壤层中最大悬着毛细水含水量），多余的部分呈重力水下渗补给潜水。

土壤水主要消耗于蒸发和蒸腾，水分的变化相当剧烈，主要受大气条件的控制。当土壤层透水性不好，气候又潮湿多雨或地下水位接

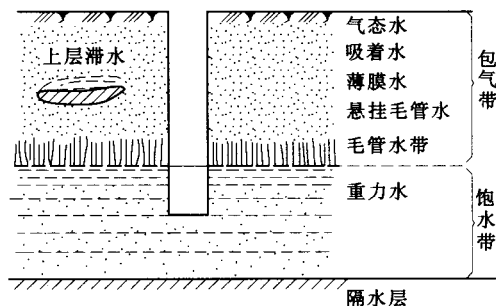


图 1-1 包气带及饱水带示意图

近地表时,易形成沼泽,称沼泽水。当地下水面埋藏不深,毛细管可达到地表时,由于地表水分强烈蒸发,盐分不断积累于土壤表层,则形成土壤盐渍化,从而危害农作物生长。所以,研究控制土壤层中的水分的变化,对农业生产和建筑物基础埋置具有重要意义。

(二) 上层滞水

上层滞水是存在于包气带中的,局部隔水层之上的重力水。上层滞水接近地表,补给区和分布区一致。接受当地大气降水或地表水的补给,以蒸发的形式排泄。雨季获得补充,积存一定水量,旱季水量逐渐消耗,甚至干涸。上层滞水一般含盐量低,但易受污染。根据上层滞水水量不大,季节变化强烈的特点,它只能用于农村少量人口的供水及小型灌溉供水。不仅松散沉积层中可以埋藏有上层滞水,就是在裂隙岩层和可溶岩层中同样也可以埋藏有上层滞水。

二、潜水

(一) 潜水及其特征

潜水是埋藏于地面以下第一个稳定隔水层之上的具有自由水面的重力水,如图 1-2 所示。潜水一般多储存在第四系松散沉积物中,也可以存储在裂隙或可溶性基岩中,形成裂隙潜水和岩溶潜水。

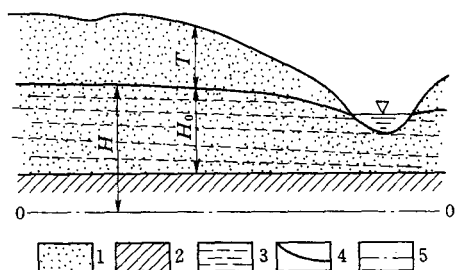


图 1-2 潜水埋藏示意图

1—砂层; 2—隔水层; 3—含水层;

4—潜水面; 5—基准面;

T —潜水平埋藏深度; H_0 —含水层厚度;

H —潜水位

潜水面任意一点的高程,称为该点的潜水位(H)。潜水面至地面的铅直距离为潜水的埋藏深度(T)。自潜水面至隔水底板之间的铅垂距离为含水层厚度(H_0)。

根据潜水的埋藏条件,潜水具有以下特征:

(1) 潜水具有自由水面。在重力作用下可以由水位高处向水位低处渗流,形成潜水径流。

(2) 潜水的分布区和补给区基本上是一致的。在一般情况下,大气降水、地面水都可通过包气带入渗直接补给潜水。

(3) 潜水的动态(如水位、水量、水温、水质等随时间的变化)随季节不同而有明显变化。

如雨季降水多、潜水补给充沛,则使潜水面上升,

含水层厚度增大,水量增加,埋藏深度变浅;而在枯水季节则相反。

(4) 在潜水含水层之上因无连续隔水层覆盖,因此,容易受到污染。

(二) 潜水面的形状及其表示方法

1. 潜水面的形状

在自然界中,潜水面的形状因时因地而异,它受地形、地质、气象、水文等各种自然因素和人为因素的影响。一般情况下,潜水面不是水平的,而是向着邻近洼地(如冲沟、河流、湖泊等)倾斜的曲面。只有当盆地或洼地中潜水集聚而潜水面呈水平状态时,则形成潜水湖,如图 1-3 所示。

潜水面的形状与地形有一定程度的一致性,一般地

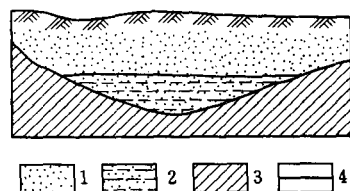


图 1-3 潜水湖示意图

1—砂; 2—含水砂;

3—隔水层; 4—潜水面

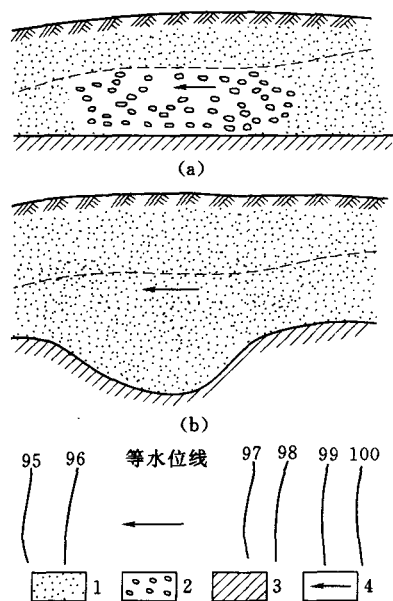


图 1-4 潜水面形状与岩层透水性及厚度的关系

- (a) 岩层透水性沿流程变化;
(b) 岩层厚度沿流程变化
1—含水砂; 2—含水砾石;
3—隔水底板; 4—流向

面坡度越陡, 潜水面坡度也就越大。但潜水面坡度总是小于相应的地面坡度。其形状比地形要平缓得多。

当含水层的透水性和厚度沿渗流方向发生变化时, 会引起潜水面形状的改变。在同一含水层中, 当岩层透水性随渗流方向增强或含水层厚度增大时, 则潜水面形状趋于平缓, 反之变陡, 如图 1-4 所示。

气象、水文因素会直接影响潜水面的变化, 如大气降水和蒸发, 可使潜水面上升或下降。在某些情况下, 地面水体的变化也会引起潜水面形状的改变, 如图 1-5 所示。

人为修建水库或渠道以及抽取或排除地下水, 都会引起地下水位的升高或降低, 改变潜水面的形状。

2. 潜水面的表示方法

为清晰地表示潜水面的形状, 常用两种图示方法, 并且两种图常配合使用。

(1) 剖面图。按一定比例尺, 在具有代表性的剖面方向上, 先根据地形绘制地形剖面图, 再根据钻孔、试坑和井、泉的地层柱状图资料, 绘制地质

剖面图。然后画出剖面图上各井、孔等的潜水位、连出潜水面, 即绘成潜水剖面图, 如图 1-6 所示。它也称为水文地质剖面图。从这种图上可以反映出潜水面与地形、含水层岩性及厚度、隔水层底板等的变化关系。

(2) 等水位线图。在平面上潜水面的形状, 可以用潜水面等高线图表示, 此图称潜水等水位线图。如图 1-7 所示。其绘制方法与绘制地形等高线图基本相同, 即根据在大致相同的时间内测得的潜水面各点 (如井、泉、钻孔、试坑等) 的水位资料, 将水位标高相同的各点相连绘制而成。

潜水等水位线图一般在地形图上绘制。因为潜水面随季节时刻都在变化, 所以等水位线图要注明测定水位的日期。通过不同时期内等水位线图的对比, 有助于了解潜水的动态。

根据潜水等水位线图可以解决下列问题:

(1) 确定潜水的流向。因为潜水是沿着潜水面坡度最大的方向流动的, 所以垂直等水位线从高水位指向低水位的方向, 即为潜水的流向。常用箭头表示, 如图 1-8 所示。

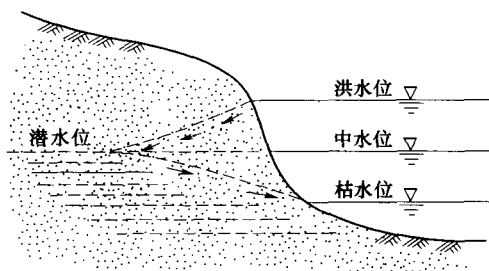


图 1-5 河水位变化与潜水面形状的关系

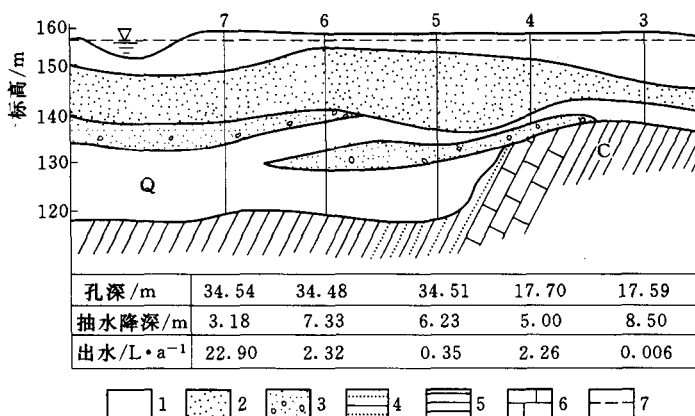


图 1-6 水文地质剖面图

1—粘性土; 2—砂; 3—砂砾石; 4—砂;
5—页岩; 6—石灰岩; 7—地下水位

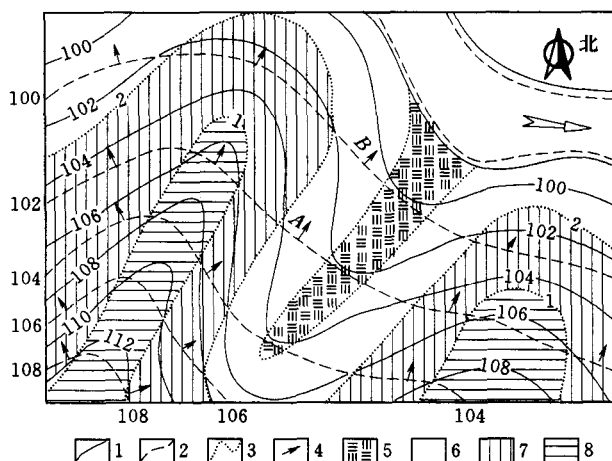


图 1-7 潜水等水位线图及埋藏深度图

1—地形等高线; 2—等水位线; 3—等埋深线;
4—潜水流向; 5—潜埋藏深度为零区(沼泽区);
6—埋深 0~2m 区; 7—埋深 2~4m 区; 8—埋深大于 4m 区

(2) 确定潜水面坡度。在潜水流向上任取两点得水位差，与水的渗流路径之比，即为潜水的坡度。一般潜水的坡度很小，常为千分之几至百分之几。

(3) 确定潜水与河水的相互关系。在近河等水位线上可以看出，潜水与河水有以下三种关系：①潜水补给河水，如图 1-8 (a) 所示，潜水面倾向河流，多见于河流的中上游山区；②河水补给潜水，如图 1-8 (b) 所示，潜水面背向河流，多见于河流的下游(如黄河下游)；③一岸河水补给潜水，另一岸为潜水补给河水，如图 1-8 (c) 所示，即

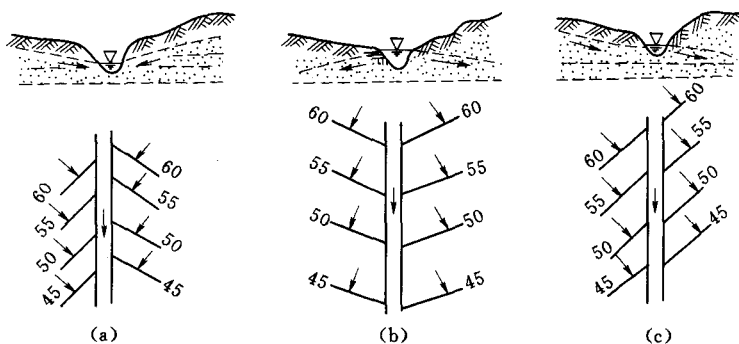


图 1-8 潜水与河水之间不同补给关系的等水位线图

潜水面一岸背向河流，另一岸倾向河流，如某些山前地区的河流可见到此种情况。

(4) 确定潜水的埋藏深度。某一地点的地面标高减去该点的水位标高，即为此点的潜水埋藏深度。根据各点的埋藏深度，可进一步做出潜水埋藏深度图（图 1-7）。

(5) 确定含水层的厚度。若在等水位线图上有隔水底板等高线时，则可确定任一点的含水层厚度，其值等于潜水位标高减去隔水底板标高。

(6) 推断含水层透水性及厚度的变化。潜水自透水性较弱的岩层流入透水性强的岩层时，潜水面坡度由陡变缓，等水位线由密变疏；相反，潜水面坡度便由缓变陡，等水位线由疏变密 [图 1-4 (a)]。潜水含水层岩性均匀，当流量一定时，含水层薄的地方水面坡度变陡，含水层厚的地方水面坡度变缓，相应的等水位线便密集或稀疏 [图 1-4 (b)]。

根据等水位线图资料，还可以合理布置给水或排水建筑物的位置，一般应平行等水位线（垂直于流向）和地下水汇流处，开挖截水渠或打井。

三、承压水

(一) 承压水及其特征

承压水是充满于两个隔水层（或弱透水层）之间具有静水压力的重力水（图 1-9）。承压水含水层上部的隔水层，称为隔水顶板；下部的隔水层，称为隔水底板；顶、底板之间的垂直距离称为承压含水层的厚度（ M ）。打井时，若未凿穿隔水顶板则见不到承压水，当凿穿隔水顶板后才能见到水面，此时的水面高程为初见水位；以后水位不断上升，达到一定高度便稳定下来，该水面高程称稳定水位，即该点处承压含水层的承压水位（测压水位）。承压水位高出地面的，称作正水头（ H_1 ），低于地面的称作负水头（ H_2 ）。在适宜的地形地质条件下，水可以溢出地表甚至自喷（ H_1 ）。

当两个隔水层之间的含水层未被水充满时，则称为层间无压水。

承压水的埋藏条件，决定了它与潜水具有不同的特征：

- (1) 承压水具有承压性能，其顶面为非自由水面。
- (2) 承压水分布区与补给区不一致。
- (3) 承压水动态受气象、水文因素的季节性变化影响不显著。
- (4) 承压水的厚度稳定不变，不受季节变化的影响。
- (5) 承压水的水质不易受到污染。