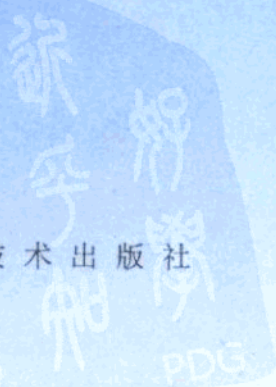


三水转化实验研究 及地下水资源计算

卜庆芳 著



北京科学技术出版社



三水转化实验研究及地下水资源计算

卜庆芳 著

北京科学技术出版社

(京)新登字 207 号

三水转化实验研究及地下水资源计算

卜庆芳 著

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街 16 号)

邮政编码:100035

中国包装公司北京印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 4.125 印张 88 千字

1993 年 10 月第 1 版 1993 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—2000 册

ISBN7-5304-1460-7/N·054 定价:3.00 元

内容提要

本书内容是以实验区的实测资料和水源地的实际开采经验为基础,经整理、分析提炼出来的。全书共分四章,第一章简要介绍实验区的概况;第二章对有关水文地质参数进行实验研究及必要的分析计算;第三章分析计算河渠附近地下水非稳定流的运动规律;第四章以三个实验区为例,说明不同地区的地下水资源计算方法。该书在分析实验资料的基础上,对“三水”转化和水资源计算提出了新的观点及方法,为水资源评价工作开辟了一条新途径,并融经验与理论为一体,是有关生产单位、科研机构科技人员的重要参考书,也是有关大专院校师生的必备教学参考书。

前 言

本书以台安、海城河地下水源地和辽河沿岸等三个实验区的实验研究成果为依据,阐述了辽河平原地区“三水”转化规律,并进而计算了地下水资源。同时对有关水文地质参数和其它影响因素,进行必要的分析计算。书中分别以台安实验区代表降水补给为主的地区;海城河地下水源地实验区代表河水补给为主、降雨补给和地下径流补给为辅的地区;辽河沿岸实验区代表河水补给和降雨补给并重的地区。

不论地表水、地下水、大气降水,还是土壤水、气态水,它们之间并没有实质的区别,只是存在的形态和环境不同而已。各种水资源不论是在天然条件下,还是在开采条件下,都是处在不断的互相转化、互相影响、互相制约的运动状态之中,并不断的从一种存在状态转化成另一种形态。因此,我们在计算水资源时,必须摸清各种水资源之间的相互联系、相互转化的关系。这就是我们在计算地下水资源之前,首先要对“三水”转化规律进行实验研究的原因。

由于“三水”转化关系的复杂性,存在环境和参数变化的多样性,使得有很多问题,在现阶段还难以用理论公式进行严格的计算。因此,对水资源进行计算时,必须重视生产实践取得的经验和实验研究获得的成果的应用。把理论计算与生产实践、成因分析与数理统计、实验研究与生产应用互相结合起来,进行多方面的分析计算,才能获得较好的成果。

本书引用台安、海城河地下水源地和辽河沿岸三个实验

区自 1983~1991 年,历时 9 年的实验资料,约几十万实验研究数据。在分析计算时,还采用了台安实验站 1983 年以前 20 多年的实验资料、海城河与辽河建国以来的水文资料,以及有关地区的地下水位常观资料。在分析计算过程中,力求室内实验资料和天然流域的观测资料互相结合,以便使分析成果符合客观实际。

各实验区在实验过程中取得的阶段性成果,分别获得东北地区水利科技优秀成果奖、全国水文水资源科技情报网优秀成果奖。撰写的论文,分别发表在《水文》、《水资源研究》、《辽宁水利》等有关国内外公开发行的杂志上,并被中国水利学会、辽宁省科技协会评为优秀论文,也曾多次在全国和地区性学术会议上交流过,受到有关专家和学者的高度赞扬。各项实验成果在生产实际应用中,创直接经济效益约达 500 万元。

本书是 9 年来实验成果的综合分析和总结。在 9 年来的实验研究过程中,得到了水利部水文司、辽宁省水利电力厅及其水文总站、松辽水利委员会、鞍山市建委水资源处、鞍山市水利局、台安县水利局、海城市水利局、鞍山市旧堡区水利局和辽宁省水利学校等单位及有关大专院校、科研机构的大力支持和帮助。特别是在实验场地的确定、试验方案的选择等方面,曾蒙水利部水文司高级工程师杨景斌的热忱帮助和亲临指导。辽宁省水电厅水资源处处长曲振富和工程师尤祥瑜也给予了大力支持。应该称颂的海城河地下水源地的实验研究,是与鞍山市自来水公司共同完成的。在实验过程中,该公司不但投入大量资金、参加具体的实验研究,而且还把实验成果直接应用于生产实践。用实验研究得到的理论指导生产,使地下水资源地年开采量增加 330 万 m^3 。

在本书的编写过程中,曾得到辽宁省水文总站领导和赵梦书、孙宏山、黄庆莲、刘先锋、陈铁诚、王希昶等同志的大力鼓励和支持,在此表示谢意。

本书承蒙水利部水资源司高级工程师、处长任光照,水利部水文司高级工程师、处长蔡克疆,水利部水文水利调度中心高级工程师、副处长刘金清,辽宁省水电厅高级工程师、处长曲振富等认真而细致的审阅,并经刘金清主编本书,避免了许多疏漏,在此表示衷心的感谢。

参加本书编写和整理工作的有:杨广信、崔庆忠、雷雅阁和梁凤国。前期工作主要由石祥林同志协助完成。

卜庆芳

1993. 1

目 录

第一章 实验区概况	(1)
一、台安实验区概况	(1)
二、海城河地下水源地实验区概况	(2)
三、辽河沿岸实验区概况	(3)
第二章 水文地质参数的实验研究及分析计算	(5)
一、土层内正、负气压的形成及对水文地质参数的影响	(5)
二、给水度的实验研究及分析计算.....	(10)
三、潜水蒸发实验研究及分析计算.....	(19)
四、降雨入渗补给及其影响因素.....	(24)
五、土壤的入渗能力及其变化规律.....	(28)
六、河渠附近水文地质参数的分析计算.....	(32)
第三章 河渠附近地下水的非稳定流计算	(50)
一、河渠定水位情况下地下水的非稳定流计算.....	(50)
二、河渠水位等速上升时附近地下水非稳定流计算.....	(53)
三、河渠水位成折线变化(分段等速升降)时地下水非稳定流计算	(56)

第四章 “三水”转化分析及地下水资源计算	(61)
一、台安实验区“三水”转化分析及地下水资源计算.....	
.....	(61)
二、海城河地下水源地(地下水库)实验研究及地下水资源计算	(75)
三、辽河下游沿岸实验区地下水资源分析计算 ...	(113)

第一章 实验区概况

一、台安实验区概况

台安实验站和所属的实验流域位于辽河平原的中部,由辽河冲沉积物形成,第四纪含水层厚度较大,一般在 200m 左右,上层由砂土、亚砂土、亚粘土组成,深层由颗粒较粗的细砂组成,中间有不完整的亚粘土隔水层。该区属于半湿润大陆性季风气候,多年平均降雨量 640mm,年降雨量的 75%集中在 6~9 月份。降雨量年际变化较大,实测最大年降雨量 967mm,最小年降雨量 412mm。由于地势低平,地下水埋深较浅(一般在 1.0~2.5m 之间),土壤入渗能力强,降雨入渗补给量大,入渗补给系数一般都在 0.20~0.32 之间,地表径流系数小,一般在 0.1 左右,地下水运动以垂直方向为主,即降雨入渗补给地下水,然后又消耗于蒸发。开采治理前(80 年代以前),由于地下水、地表水不易排出,经常出现涝灾,干旱年份和干旱季节又常有旱情发生,是旱涝并存的地区。开发利用后,降低了地下水位,增大了地下水库容的调蓄作用,再加上修建大量排灌站,大大减少了旱涝灾害,成为辽宁省的重点产粮基地之一。

台安实验站建于 1963 年,建站初期主要是对天然流域进

行实验研究。实验流域的布设原则是:大流域与小流域相结合,综合实验流域与单项实验流域相结合,已开采流域与未开采流域相结合。30多年来已对20多个不同类型的流域进行了实验研究,资料年限长,有较高的代表性。1985年增设了潜水动态实验场,利用地中蒸渗仪进行有关项目的室内实验研究。观测项目有:地表水、地下水、土壤水、大气降水、降雨入渗补给、潜水蒸发、水面蒸发、土壤水蒸发、气温、气压、空气湿度等。测点布设密度较大,资料比较丰富。

二、海城河地下水源地实验区概况

海城河地下水源地(又称地下水库)位于辽河流域海城河冲积扇的顶部与河谷平原交界处,见图1-1。主要含水层由粗砂、中砂组成,厚度在20~35m之间,属于第四纪富水区,含水层由上游沿河呈条带状分布,横断面呈沟槽状,底板由不透水岩石组成;表层土壤由砂土、亚砂土、亚粘土组成,河床质组成主要是粗砂,其水文地质剖面见图1-2。地下水库的主要补给来源是河水,河水补给量占总补给量的80%左右,其次是上游地下径流补给和库区降水补给,在特枯年份也能得到下游少量的地下径流补给,侧向补给很小可忽略不计。海城河流域面积(地下水库以上)为950km²,多年平均径流量2.20亿m³,河水流量季节性变化较大,汛期流量最大可达2000m³/s以上,枯季流量很小,特枯水年甚至发生断流。流域多年平均降雨量730mm,年内分配不均,70%的降雨量集中在6~9月份,冬春季节降水量很小,很少形成地表径流。

地下水库采取沿河布井,在7km库区河段内,共布设29

眼开采井,井与河之间的距离一般在 100~400m,井与井之间的距离 400m 左右,实验初期(1983 年)日开采量 7 万 m^3 左右,实验后期(1989 年)增加到 10 万 m^3 ,开采量增加 43%。城市工业用水占总开采量的 95%左右,农业开采集集中在 5~9 月。地下水库以年调节为主,即枯水季节开采地下水,腾空地下水库容,汛期得到补给,只有特殊年份才发生多年调节。开采形成的地下水降落漏斗区为 18km^2 左右,最大降深为 15m,库区共布设 58 眼观测井,汛期每天观测一次,非汛期 5 天观测一次地下水位。开采井每 7 天观测一次地下水位,并同时测量单井出水量。城市工业开采量由输水管道控制,每日都有较精确的测量,农业开采按灌溉面积和灌溉定额计算。为了搞清河水对地下水的补给规律,在库区的上、下游设立了两个长期的河水流量测流断面和 5 个临时测流断面,几年来共测河水流量 1500 多次,基本上摸清了河水和地下水之间的补给规律。观测井、开采井、测流断面的布设见图 1-1。在库区以下 2.5km 处是海城水文站,海城水文站建于 1937 年,至今已有 55 年的水文资料,为地下水库的可开采量计算提供了长系列的水文资料。

三、辽河沿岸实验区概况

辽河沿岸实验区,位于辽河中下游沿河地区。自然地理和人文气象条件与台安实验区相似。由于长期淤积,辽河中下游已近似形成地上河(见图 4-14),河水大量补给地下水,是辽河平原地区地下水的重要补给来源,具有较高的开采价值。该

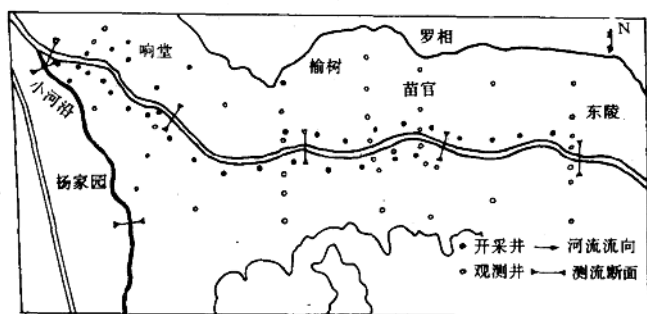


图 1-1 海城河地下水源地库区平面图

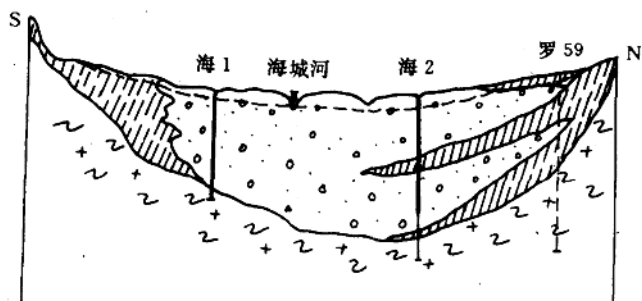


图 1-2 水文地质剖面图

实验区的主要资料有：水文站的水位、流量、降水等；沿河地下水排水井的观测记录以及实际调查的地下水开采情况等。由于资料较少，难以进行全面系统地分析，有些项目有待于今后进一步的工作。

第二章 水文地质参数的实验 研究及分析计算

一、土层内正、负气压的形成及对 水文地质参数的影响

所谓土层内正、负气压,是指由于降雨入渗补给或开采等其它原因的影响,造成土层内的气压大于或小于当地大气压的数值,大于当地大气压的称正气压,小于当地大气压的称负气压。

水文地质参数的大小及变化规律除与土壤岩性、土质结构、水文气象、植物生长、地形地貌等因素有关外,还与水分子在土层中的运动有密切的关系。过去在分析研究水分子在土层中的运动规律时,都比较重视水土分子引力作用和重力作用,而对其它影响因素,特别是对土层中正、负气压的形成及其变化,以及对水文地质参数的影响比较忽视,通常都假定土层中的气压与大气压具有一致性的变化关系,而将其影响忽略不计。我们在工作实践中注意到如果不考虑土层中气压的变化对水分子运动的影响,很难解释水分子在土层内的运动规律,很难正确地分析计算水文地质参数。为此,我们进行了土层中正、负气压的形成及对降雨入渗补给、土层持水性能影响的实验研究。

(一)土层内形成正、负气压的实验

利用台安实验站地中蒸渗仪的测筒，其中一个大筒装有五个测压管、一个排水管，见图 2—1。

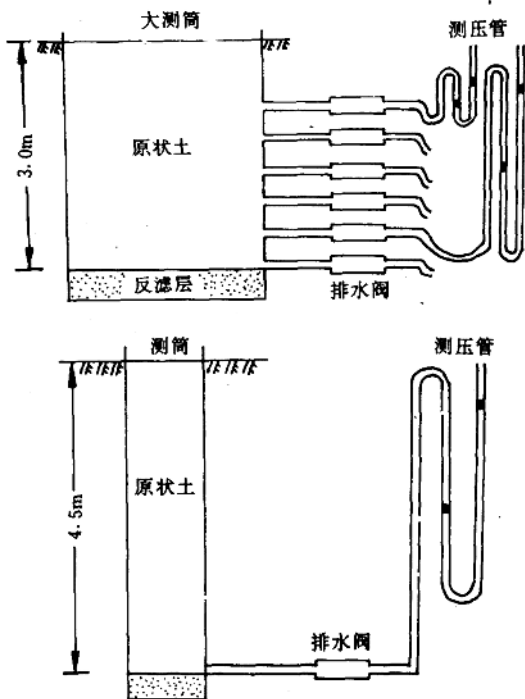


图 2—1 正、负气压及给水度试验装置

1. 土层内形成正气压的实验

模拟降雨，使降雨强度足够大，达到筒内积水保持 0.1~

0.5cm 的深度,记录不同时间各测压管的正气压和入渗量,并绘制正气压—时间、降雨累积入渗量—时间相关图,见图 2-2。

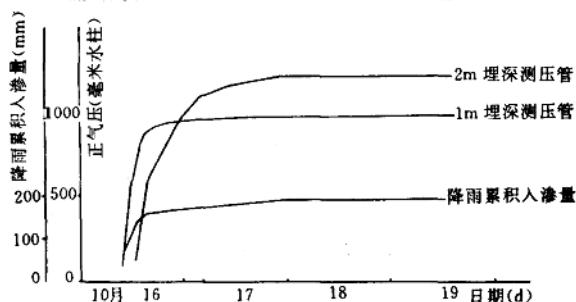


图 2-2 降雨累计入渗量与正气压过程线

从图 2-2 可以看出,土层内正气压随着降雨入渗的增加而增大。在降雨历时达到 2h、降雨量为 50mm 时,首先在埋深 1.0m 测压管内出现正气压,降雨入渗历时达到 35h、降雨入渗量达到 180mm 时,正气压达到 980 毫米水柱高的最大值,以后逐渐趋向稳定。其它埋深较大的测压管正气压的变化趋势与此类似,只是出现的时间后延,正气压值加大。例如埋深 2.0m 测压管正气压最大值出现的时间为开始降雨后的 50h,最大正气压值为 1190 毫米水柱高。正气压在土层内保持的时间,按趋势延长可达 1000 多 h。

2. 土层内形成负压的实验

降雨入渗达到土柱饱和之后,停止降水,打开下部排水阀门(相当于开采井从地下抽水),测压管出现负气压,大小变化规律与正气压变化规律基本相同,见图 2-3。只是降雨入渗

形成的正气压首先在上部出现,逐渐向下传递。排水(开采)形成的负气压与此相反,首先在下部出现,并逐渐向上传递。最大值出现在下部,向上逐渐减少。

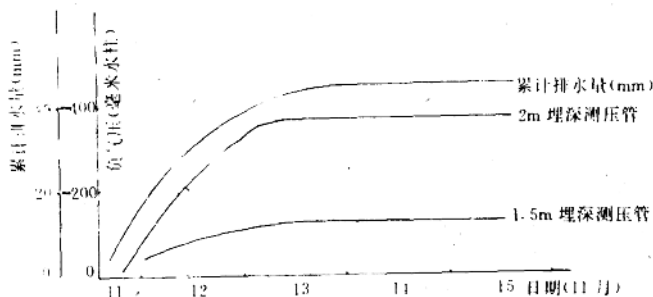


图 2-3 累计排水量与负气压过程线

(二)影响土层内正、负气压变化的因素

从实验资料可以得出如下的结论:在相同土质条件下,潜水埋深越大,土层越厚,降雨入渗强度和累积补给量越大(或开采强度和累积开采量越大),形成的正(负)气压越大。在潜水埋深和降雨入渗补给相同的条件下(或开采相同的条件下),透气性能较差的粘土、亚粘土形成的正(负)气压大于透气性能较好的砂土。潜水埋深越大,透气性能越差,正(负)气压在土层内保持的时间越长。

(三)土层内的正、负气压对水文地质参数的影响

1. 土层内存在正气压对降雨入渗补给的影响

实验证明:土层内存在正气压对降雨入渗率和入渗总量都有明显的影响。例如 10 月 19 日大筒内正气压为 976 毫米水柱高,入渗率仅为 0.008mm/min,打开阀门放气,使筒内正