

# 人类活动对浅层地下水文参数的影响

张元禧 高心 陈传美 倪深海 (合肥工业大学)

## 提 要

本文通过实测资料的分析计算,初步探讨人类活动对土壤给水度、潜水蒸发与降雨入渗补给等浅层地下水水文参数,以及最终集中反映在对浅层地下水资源量的影响。指出考虑人类活动影响的重要性,并强调应按开采的条件,通过科学实验进行地下水水文参数研究。

随着人口增长和生产发展,人类改造自然的活动也愈来愈广泛和深刻,从而水文循环性状也必将受到极大影响。在浅层地下水开发利用过程中,由于人类活动对土壤耕作层、田间小气候、地面作物复被、地下水埋深与包气带厚度等外界条件的变更,使浅层地下水水文参数受到直接或间接的影响。

浅层地下水水文参数主要指土壤给水度 $\mu$ 、潜水蒸发系数 $c$ 和降雨入渗补给地下水系数 $\alpha$ 等,准确估测这些参数对于浅层地下水资源的评价、开发利用、调节控制和管理运行都极为重要。人们不仅要依据在现状条件下的观测资料,通过分析计算以采用相应的参数,也应根据地下水开采的发展要求,通过实验研究以预测计划开采条件下这些参数的变动和具体数值。显然,这类问题对生产实践具有重要指导意义。本文系根据安徽五道沟径流实验场的部分资料,对上述问题作一初步探讨。

### 一、对给水度的影响

土壤给水度的概念,由于土壤重力释水的延迟性,释水土层的非均质化,浅埋地下水释水的毛管效应作用,以及土壤脱湿与吸湿机制的差异等原因,往往容易使含义不明和混淆。笔者认为主要应从简单明确的物理机制取其基本定义,对于受毛管效应制约的非饱和一饱和土水体,可定义为土壤在单位水头下降时所能释放的水层厚度。而对于其他某些特定条件,必要时可冠以相应的定语,以资区别。如:瞬时给水度、时间平均给水度、水位变幅度平均给水度与变值供水度等等。

对于不同土质,给水度达到稳定值的埋深值不等,一般自3米至10米,随土质粘重性而加大。

在冲积平原地区,土壤大都为非均一的层状土,其理化特性主要取决于成土母质。但由于人类长期进行农业耕作和实施灌排等活动的后果,使之逐渐形成

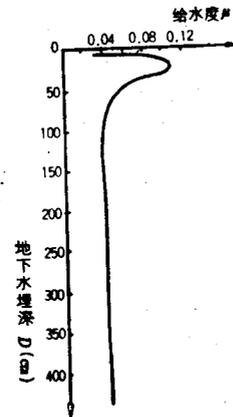


图1 五道沟原状土给水度与埋深关系曲线

表 1

深度 (m)	干容重 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙度 (%)	农作分层	岩性	根系
0.0	1.30	52	耕作层	轻粘土	多
0.1	1.47	46			
0.2	1.41	48			
0.3					
0.4	1.41	48	淋溶层	轻粘土	少
0.5	1.43	47			
0.6	1.49	45	淀积层	中粘土	很少
0.7	1.48	45			
0.8	1.53	43			
0.9	1.55	43	自然堆积层	中粘土	极少
1.0					
1.1					
1.2	1.57	42			
1.3					
1.4	1.61	40			
1.5					
1.6	1.60	41	自然堆积层	重粘土	极少
1.7					
1.8	1.53	43			
1.9					
2.0	1.58	42			

耕作层、淋溶层、淀积层和自然堆积层等层次,其主

要性质列于表 1。

在土壤耕作层,因经常受到农业耕作、灌溉排水、施肥、根系发育与菌虫繁衍等作用,使表层约 30cm 深浅范围内形成异于其它土层的疏松带。图 1 所示为该地区原状土给水度随埋深变动的实测情况,表明农业耕作等人类活动对给水度的影响是很明显的。

由于土壤给水度采用值不同,也影响潜水蒸发和入渗补给的计算。即按常规做法,依定值平均给水度计算潜水蒸发量和降雨入渗补给地下水量,同依变值给水度的计算值是不同的。据安徽水科所\*给出的按 21 年实际资料计算成果,表明:对于年潜水蒸发量,两者计算值相差自 -35.3% 至 +26.9%;对于年降雨入渗补给量,两者相差自 -27.9% 至 +23.3%;对于年降雨入渗补给量与年潜水蒸发量之差,两者相差自 -12.6% 至 +12.4%。由此可见,对于具体年的调节计算,浅层土壤变值给水度造成的影响是不容忽视的。

但是,另一方面对于地下水资源开采量的计算,尤其是在地下水位变幅带平均埋深较大的情况下,因给水度的变动值很小(参见图 1),取其平均值却是可行的。

## 二、对潜水蒸发的影响

潜水蒸发量除取决于气象、土质和地下水埋深等因素外,在有作物生长的条件下,还受地面覆盖和叶面蒸腾作用等影响,与作物的种类、生育阶段和生理形态等因素有关。由于不同时期,地面种植的作物不同,所处的发育阶段也不同,因此,对潜水蒸发量在年内分配的影响也不同。兹依据有关资料\*\*整理绘如图 2 所示,表明在有作物生长条件下,潜水蒸发量在年内分配主要由作物生育期所决定,一般在苗期和成熟期同无作物生长条件的潜水蒸发较为接近,而在作物生长旺盛的需水初期则差异较大。

不同作物在不同生育期,由于根系发育和生理需水要求不同,作物对地下水适宜埋深的要求也不同。如埋深过小,则因根系活动层土壤水分过多,通气条件差,作物生长受抑制,叶面蒸腾量减小。随埋深增加,因土壤水分条件逐渐适合作物生长,叶面蒸腾量随之加大,使潜水蒸发量也逐渐加大。但当埋深继续增加后,因上升至根系活动层的毛管水相应减小,作物蒸腾与棵间蒸发也受抑制而变小,使潜水蒸发逐渐降低。

以 1977 年中水年的资料为例,将冬小麦各生育期的潜水蒸发量( $\epsilon$ )与地下水埋深值( $D$ )的关系绘如图 3

自图 2 可以看出,在有作物生长条件下的潜水蒸发量——水文地质工程地质 1991 年第 18 卷第 1 期——

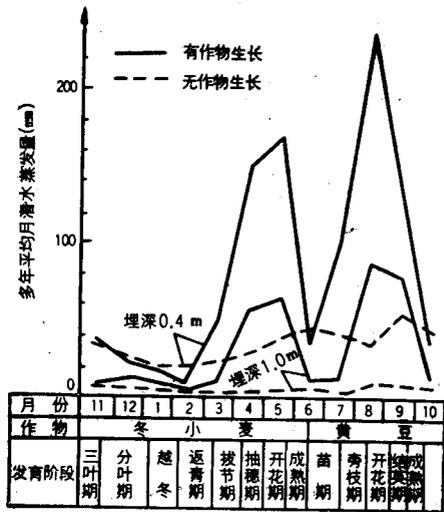


图 2 有作物生长条件下潜水蒸发量年内分配

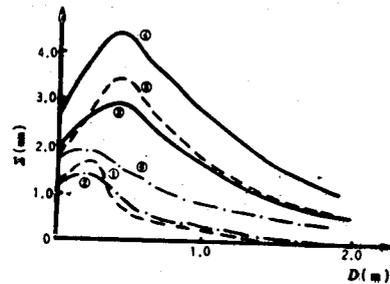


图 3 冬小麦生育期潜水蒸发  $\epsilon \sim$  地下水埋深  $D$  关系

①苗期; ②分叶期; ③拔节期; ④抽穗期; ⑤开花期; ⑥成熟期

量  $\epsilon_{有}$  与无作物生长的潜水蒸发量  $\epsilon_{无}$  之间的差异较大,尤其在浅埋深时更甚。为进一步阐明,兹将冬小麦在不同生育期两者的差值 ( $\Delta\epsilon = \epsilon_{有} - \epsilon_{无}$ ) 与地下水埋深的关系,绘如图 4 所示。

在地下水埋深很小时,对于有作物生长的情况,一方面由于作物生长受抑制,蒸腾量减小;另一方面又因种植作物的土层较疏松,切断毛管水通道,减少了潜水补给。但对于无作物生长的情况,因埋深小,潜水蒸发量相应增大。故对于浅埋深的情况,无论对于冬小麦还是黄豆,在各生育期其  $\Delta\epsilon$  均出现负值。随着埋深值加大,  $\Delta\epsilon$  渐趋正值且逐渐增大,至某一埋深值时达最大。然后,又随埋深继续加大而逐渐减

\* 赵家良、邵正,可变给水度的争论及其试验研究,水利部治淮委员会、安徽省水利科学研究所,1986年。

\*\* 金光炎、张朝新,潜水水蒸发现律分析研究,安徽省水利科学研究所,1987年。

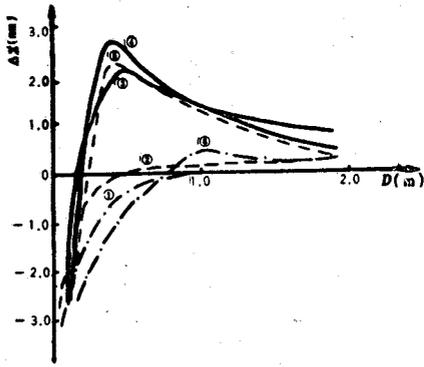


图4 冬小麦生育期 $\Delta\epsilon \sim D$ 关系

①苗期；②分叶期；③拔节期；④抽穗期；⑤开花期；⑥成熟期

少，表明在深埋深条件下，有作物和无作物的潜水蒸发量无多大差异。

再从冬小麦和黄豆的不同生育阶段来看，在作物生长初期， $+\Delta\epsilon$ 值均较小，但随作物发育进展而逐渐加大， $+\Delta\epsilon$ 的最大值往往出现在作物生长的旺盛期，即如冬小麦的拔节期和抽穗期，黄豆的开花期和结荚期。直至作物生长的后期，因作物生理作用减弱， $\Delta\epsilon$ 又逐渐缩小，此时有作物和无作物的潜水蒸发量差异不大。

### 三、对降雨入渗的影响

开采条件下的平原浅层地下水属“入渗—开采—蒸发”型。对应于不同开采水平，地下水位有不同程度的下降和变动过程，由于包气带贮水和输水性能的变化，必然影响降雨入渗补给系数和地下水补给量。

一般认为，蓄满产流文水模型普遍适用于平原地区，次降雨的水量平衡关系为：

$$P = E_p + P_r + (W_m - W_0) + R \quad (1)$$

对于地下蓄水层，其水量平衡式为：

$$P_r - E_g - M = \mu(D_t - D_{t-1}) \quad (2)$$

上两式中： $P$ ——次降雨量(mm)；

$E_p$ ——雨期蒸发量(mm)；

$E_g$ ——潜水蒸发量(mm)；

$P_r$ ——降雨入渗补给地下水量(mm)；

$W_m$ 、 $W_0$ ——分别为包气带土壤的最大、雨前蓄水容量(mm)；

$R$ ——地面径流量(mm)；

$M$ ——地下水开采量(mm)；

$\mu$ ——地下水位变幅带土壤平均给水度；

$D_t$ 、 $D_{t+1}$ —— $t$ 时段初、末的地下水埋深值(mm)。

以上所述各值均应按实际资料分析计算，对于五

道沟均衡场，地表以下60cm的土壤含水量变化不大，比较接近田间持水率；而在60cm范围内，土壤含水量则随气象条件而变化，包气带土壤蒸发量可表为：

$$\frac{E_t}{E_0} = 0.05 + \alpha \left( \frac{W_t}{W_m} \right)^b \quad (3)$$

式中： $E_t$ —— $t$ 时段包气带蒸发量(mm)；

$E_0$ ——同时段水面蒸发量(mm)；

$W_t$ —— $t$ 时段土壤含水量(mm)；

$\alpha$ 、 $b$ ——反映根系吸水性能的系数，一般可取

$\alpha = 1.07 \sim 1.15$ ， $b = 1.16 \sim 1.43$ 。逐时段算出 $W_t$ 后，按下式取值：

$$W_{t+1} = \begin{cases} W_t - E_t, & (T \text{ 日无雨}) \\ W_t - P_t - E_t, & (T \text{ 日降雨 } P_t, \text{ 但无径流}) \\ W_m & (\text{降雨量较大, 全流域蓄满}) \end{cases} \quad (4)$$

经分析计算，对不同次降雨量下的河川径流系数( $\alpha_{\#}$ )与地下水埋深( $D$ )关系，可绘如图5所示。

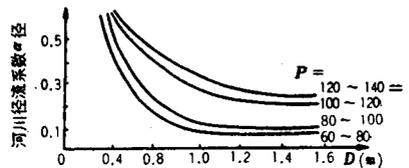


图5  $P \sim \alpha_{\#} \sim D$ 关系曲线

其中潜水蒸发量可用以下公式计算：

$$E_g = \lambda E_0 \left( 1 - \frac{D}{D_m} \right)^n \quad (5)$$

式中： $D_m$ ——地下水极限埋深，取 $D_m = 3.0$ 米；

$\lambda$ 、 $n$ ——有作物生长条件下的潜水蒸发修正系数。对于冬小麦取 $\lambda = 1.03$ ， $n = 3.53$ ；

对于黄豆取 $\lambda = 1.40$ ， $n = 4.8$ 。

为反映不同开采水平对降雨入渗补给地下水系数的影响，兹取灌水定额分别为40、50和60mm，代表三种不同开采水平，并依据1972~1985年实际资料逐

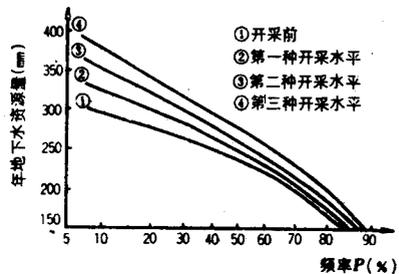


图6 不同开采水平下的浅层地下水年资源量频率曲线

(下转第30页)

(上接第40页)

日进行调节计算,

进而分别计算开采前及上述三种开采水平下的年降雨量与对应的年降雨入渗补给地下水量(即浅层地下水年补给资源量),据此点绘其频率曲线,绘如图6所示。

图6表明,随着开采水平的提高,浅层地下水年补给资源量将得以增大。但应指出,其看涨趋势,也必将随开采水平的进一步提高,而得到限制。

### 参 考 文 献

- [1] 张蔚榛,张瑜芳,土壤给水度与潜水蒸发,《平原地区水资源研究》,学林出版社,1985年。
- [2] 地质部水文地质工程地质研究所,地下水资源评价理论与方法的研究,地质出版社,1982年。

## THE HYDROLOGIC PARAMETER OF GROUNDWATER UNDER THE INFLUENCE OF HUMAN ACTIVITIES

Zhang Yuanxi, Gao Fei, Chen Chuanmei,  
and Ni Shenhai

### Abstract

The movement of groundwater is under the influence of human activities. The hydrologic parameters of groundwater should be decided by means of scientific experiment so as to exploit the resource appropriately. Based on the experimental data, the affected hydrologic parameters, such as the specific yield, the coefficient of evapotranspiration and the coefficient of rainfall penetration are discussed in this paper. Furthermore, the human influence on the quantity of shallow groundwater resource is calculated.