

补给和排泄对井水位变化影响的定量分析

曹新来 侯建明

(河北省地震局, 石家庄 050021)

摘 要 根据唐山开平向斜西北翼奥陶系石灰岩含水层的水文地质条件, 按地下水均衡计算原理计算了含水层地下水的补给量, 由补给量和排泄量分析了含水层水位变化幅度。选取水位变化幅度较大时段对河北省地震局 05 井和 08 井进行了计算, 比较计算值与观测值, 相差无几, 表明水位变化值是含水层补给和排泄条件变化引起的。

主题词: 地下水观测; 地下水位异常; 含水层

河北省地震局 05 和 08 井记录了唐山开平向斜西北翼奥陶系石灰岩含水层的水位动态。因水文地质条件不清, 不能正确认识水位动态变化, 为此进行了水文地质资料收集和部分调查工作。

这项研究使得对该含水层水位动态变化的认识上升到理性认识。当 05 和 08 井 1993 年 12 月到 1994 年 1 月间记录到大幅度水位下降变化时, 根据水位下降特征, 确认并非地震前兆异常, 而是含水层补给和排泄条件的变化引起的; 调查证明, 陡河清淤降低了河水位从而减少了陡河侧向渗透对含水层的补给, 同时开采量大大增加, 导致含水层水位大幅度下降。

1 唐山开平向斜西北翼水文地质条件分析

按岩性划分, 区内埋藏有第四系松散沉积物孔隙水、石碳一二迭系碎屑岩裂隙水、奥陶系石灰岩岩溶裂隙水和寒武系及中上元古界石灰岩夹碎屑岩岩溶裂隙水等。各类地下水由于含水层(组)岩性及岩层沉积厚度不同, 所处地势及构造部位不同, 其富水性及各自的分布、补给、径流和排泄也不相同。开平向斜西北翼构造复杂, 发育有一系列次级背斜、向斜, 地层倒转, 裂隙发育, 第四系沉积物不连续, 造成了地下水串层现象。各含水层(组)之间保持着一定的水力联系, 构成了一个统一的含水层系统, 但各自又有一定的独立性。下面仅分析奥陶系石灰岩含水层及与其有密切水力联系的含水层(组)。

1.1 奥陶系石灰岩含水层水文地质条件

开平向斜西北翼奥陶系石灰岩含水层是一富水性极强的岩溶裂隙水承压含水层, 位于唐山市路北区、路南区、开平区部分及市区北部和南部。北部边界为陡河断层, 因其阻水作用奥陶系石灰岩含水层被分割为开平向斜西北翼和荆各庄两个相互独立的水文地质单元。西部边界也是陡河断层, 南界为岭子背斜, 东界为唐山断层。含水层平均宽度

3000m,呈北北东向条带状展布,具层厚、质纯、性脆、溶蚀孔洞和裂隙发育等特点。

石灰岩隐伏于第四系和石炭、二迭系之下,因构造复杂,被切割得较为破碎。在背斜轴部,石灰岩出露地表直接接受大气降水补给;在剥蚀山丘一带石灰岩浅埋区,和上覆第四系含水层水力联系密切,得到孔隙水的补给;在陡河流经市区大城山地段,石灰岩裸露于西河岸,裂隙发育易接受河水侧向渗漏补给。该含水层导水性极强,水位具同步、面状变化特点,如铜厂一、二号孔做抽水试验时,位于抽水孔南部6.5km的山049井水位下降1.09m,距离较近的05井(山西水₂井)水位下降1.22m。该层地下水因被大量开采已形成下降漏斗。1986年12月底,含水层北部边界的唐118孔水位标高为-22.10m,漏斗中心钢9孔水位标高-23.02m,南部将水₅孔水位标高-22.24m。唐118孔和将水₅孔南北相距13km,与漏斗中心的钢9孔水位相差无几,说明地下水漏斗是一个平底的槽形漏斗。因为漏斗形成,含水层几乎无径流排泄,人工开采是含水层的主要排泄方式。

该含水层的补给源主要为石灰岩裸露区接受的大气降水补给,陡河侧向渗漏补给及上覆第四系含水层的垂向越流补给。

1.2 第四系含水层水文地质条件

松散岩层的含水层广泛分布于唐山市区及郊区。由于沉积环境复杂,受新构造运动和基底构造形态的影响,水文地质条件呈现明显的水平分带性,即沉积物颗粒由北向南由粗变细,单层结构变为多层结构,潜水变为承压水。根据沉积物岩性,孔隙水含水层自上而下可划分为四个含水组。Ⅰ含水组已被疏干,Ⅱ含水组分上、下两个含水段,Ⅱ₁段已被疏干,Ⅱ₂段岩性为中细砂,砂含卵砾石,厚度10—50m,底板埋深20—150m,单井最大涌水量大于5000立方米/日。Ⅲ含水组由2—3层砂砾石组成,单层厚20—60m不等,随底板埋深增大而增加。单位涌水量20—60立方米/时·米,最大可达100立方米/时·米。Ⅲ含水组在石灰岩浅埋区与下伏石灰岩含水层有密切的水力联系,在深埋区与其有10米厚的粘性土阻隔。Ⅳ含水组岩性为卵砾石含粘土,380m以下呈胶结状态,与石灰岩含水层的水力联系很弱。

Ⅰ、Ⅲ含水组之间没有连续的粘土层,水位、水量相近、水力联系密切,可概化为Ⅰ+Ⅲ含水组,主要接受大气降水补给,与下伏石灰岩含水层水力联系密切。图1给出Ⅲ含水组唐85孔、石灰岩含水层05和08孔的水位动态曲线,其动态趋势一致足以说明两层水之间水力联系密切。

2 水位拟合计算

考虑到计算区域水文地质条件的差异,把计算区域分为Ⅰ和Ⅱ两个计算小区,按不同的水文地质参数计算补给量。在1:5万的图上用求积仪计算两个小区的面积,其中Ⅰ区总面积为16.825km²,包括石灰岩露头面积0.8km²、石炭—二迭系覆盖奥陶系石灰岩面积1.525km²和第四系覆盖奥陶系石灰岩面积14.525km²;Ⅱ区总面积55.075km²,包括石灰岩裸露面积0.25km²、第四系覆盖石灰岩面积为10.474km²、岭子背斜9.226km²和石炭—二迭系、第四系覆盖的奥陶系石灰岩面积为35.125km²。

在含水层补给和排泄的不平衡发展过程中,任一时间段内补给量和排泄量之差等于

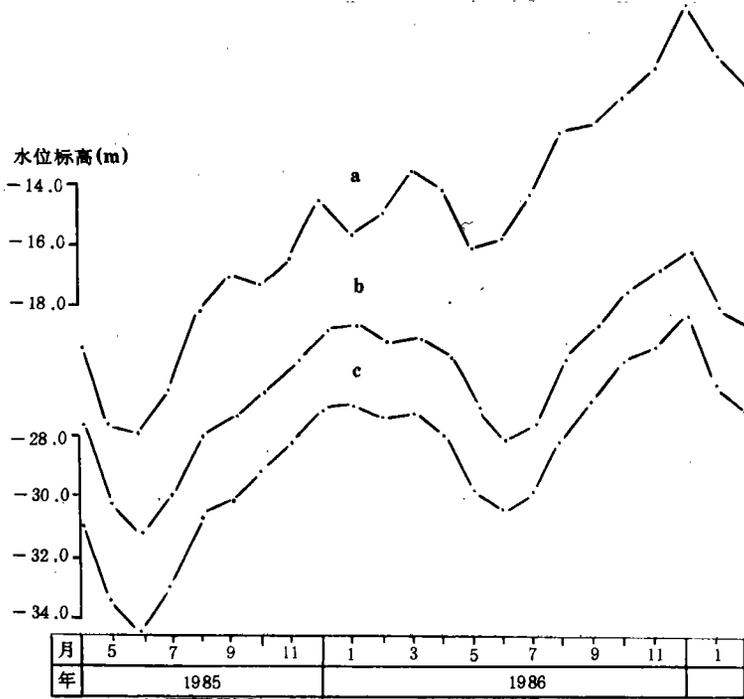


图1 Ⅲ含水组和石灰岩含水层水位动态

a. Ⅲ含水组唐85孔水位 b. 石灰岩含水层08井水位 c. 石灰岩含水层05井水位

含水层水体积变化量，并以水位变化的形势表现出来，于是建立下面的方程：

$$\Delta H = (\sum Q_{\text{入}} - \sum Q_{\text{出}}) / \mu F \tag{1}$$

ΔH ——计算时段含水层平均水位变化幅度（米）；

$\sum Q_{\text{入}}$ ——计算时段Ⅱ+Ⅲ含水组在Ⅰ和Ⅱ计算小区越流下渗补给量、陡河侧向渗漏补给量、石灰岩裸露区降雨入渗补给量之和（ m^3 ）；

$\sum Q_{\text{出}}$ ——计算时段石灰岩含水层地下水排泄量（即开采量），是本文逐井调查各开采井开采记录的统计数字，岩溶水埋藏深度大，可不计算蒸发量，因形成开采漏斗不计算径流排泄量（ m^3 ）；

μ ——含水层平均给水度，无量纲；

F ——含水层面积（ m^2 ）。

2.1 降雨入渗补给量

石灰岩裸露区直接接受大气降水补给，补给量按下式计算

$$Q_{\text{降雨入渗量}} = \alpha P F \tag{2}$$

α ——降雨入渗系数， $\alpha = 0.5$ （据唐山水文地质环境地质监测站）；

P ——计算时段的降雨量（米）；

F ——石灰岩裸露面积（ m^2 ）；

计算结果见表1。

2.2 陡河侧向渗漏补给量

陡河自建华桥至控制闸段全长3850m，河宽20m。两岸大部分地段都有砌衬，石灰岩裸露地段无砌衬，长度100m，处于缸窑背斜轴部，因岩石破碎形成了良好的透水通道。

表1 降雨入渗补给量计算结果

年、月	1986						1987					
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
月降雨量 (m)	0.164	0.097	0.031	0.005	0.006	0.004	0.003	0.018	0.054	0.067	0.081	0.155
降雨入渗量 (m ³)	86100	50925	16275	2625	3150	2100	1575	9450	28350	35175	42525	81375

河床淤积较厚，渗透性差，故不计算垂向渗漏。侧向渗漏量按下式计算：

$$Q_{\text{侧渗}} = 1.128\mu HL \sqrt{at} \quad (3)$$

μ ——含水层平均给水度，无量纲；

H——陡河水位与岩溶水位的差值；

L——陡河侧向渗漏段长度（米）；

a——水位传导系数（米²/日）；

t——计算时间段长度（日）；

表2给出计算结果。

表2 陡河侧向渗漏补给量计算结果

年、月	1986						1987					
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
渗漏量 (m ³)	347176	344782	352594	348215	353879	349196	330197	333403	323736	326792	322652	331291

2.3 II + III 含水组垂向越流量

I 区内岭子背斜水文地质条件与区内有一定的差异，越流量分 I 区、II 区及岭子背斜三部分采用不同的水文地质参数计算，然后求和即为总越流量。计算公式如下：

$$Q_{\text{越}} = KF/m (h-H) \quad (4)$$

K——II + III 含水组隔水底板渗透系数（米/日）；

F——II + III 含水组覆盖石灰岩面积（米²）；

m——II + III 含水组隔水底板厚度（米）；

h——II + III 含水组平均水位（米）；

H——石灰岩含水层平均水位（米）；

计算区内 II + III 含水组隔水底板厚度很不均匀，本文采用平均方法求得 m 值，即计算小区内各钻孔隔水底板的平均厚度。I 区 m 值取下面 13 个钻孔粘土层厚度的平均值，即钢 1 孔、北郊水厂 01 孔、02 孔、03 孔、06 孔、09 孔、10 孔、电厂 04 孔、05 孔、06 孔、08 孔、09 孔和 20 孔，h 值采用唐 65 孔、唐 19 孔、唐 78 孔和唐 76 孔水位平均值，H 值取钢 9 孔水位。II 区 m 值取下面六个钻孔粘土层厚度的平均值，即唐 06 孔、山 049 孔、山 057 孔、将水 03 孔、山 058 孔和建行补压孔；h 值采用唐 40 孔、唐 41 孔、唐 85 孔平均水位；H 值采用唐 06 孔、山 049 孔、山北 02 孔、将水 03 孔和河北省地震局 05 水

位观测孔的平均水位。岭子背斜的 m 值从水文地质剖面图上求得, h 值采用丰南 24 孔水位、 H 值采用河北省地震局 08 水位观测孔水位。表 3 给出了各计算小区垂向越流补给量计算结果。

表 3 垂向越流补给量计算结果

年·月	1986					1987						
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
I 区越流量 (m^3)	2035292	2012126	2122056	2086987	2099059	1997660	1699533	1806361	1718754	1792772	1782487	1907760
II 区越流量 (m^3)	1210922	1176614	1219855	1193905	1237722	1212708	1073563	1176081	1144627	1193948	1178776	1234595
岭子背斜越流 量 (m^3)	625313	677105	760516	752339	684634	540812	361777	336317	320562	373498	456310	583063

上述计算中各含水层(组)水位及陡河水位均使用黄海高程, 面积单位为平方米、体积单位为立方米。表 4 给出了 1986 年 8 月—1987 年 7 月间总补给量、开采量、水量差及 ΔH 的计算值和观测值、计算水位和观测水位。

表 4 唐山奥陶系石灰岩地下水均衡计算结果
水量单位: m^3 水位单位: m

年、月	1986					1987						
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
各项补给量	4304803	4261552	4471296	4384071	4378444	4102476	3467445	3661612	3536029	3722185	3782750	4138084
开采量	3901283	3921538	4038908	3990739	4067485	4497582	3736364	3699109	3700693	3914192	3985075	4015219
水量差	403527	340014	432388	409088	310959	-395106	-268919	-37497	-164664	-192007	-202325	122865
ΔH (计算)	1.12	0.95	1.20	1.14	0.86	-1.10	-0.75	-0.10	-0.46	-0.53	-0.56	0.34
ΔH (观测)	1.87	1.12	1.35	0.61	0.70	-1.96	-0.62	-0.16	-0.09	-0.26	-0.54	0.60
计算水位	-26.45	-25.50	-24.30	-23.16	-22.30	-23.40	-24.15	-24.25	-24.71	-25.24	-25.80	-25.46
观测水位	-26.32	-25.20	-23.85	-23.24	-22.54	-24.50	-25.12	-24.96	-25.05	-25.31	-25.85	-25.25

3 计算结果分析

本文计算值表示含水层平均水位, 只能用含水层各井水位平均值代表含水层水位, 才能与计算值进行比较。图 2 中含水层平均水位是 05 井、08 井、唐 06 井、山 049 井、将水₃井和山北₂井的平均水位, 计算水位的动态趋势与其完全一致, 水位值虽然有些差异, 但与多井平均水位非常接近。图 2 表示了理论拟合水位与多井平均水位吻合较好, 说明前述几项补给和开采是控制水位变化的主要因素, 同时也说明计算过程中使用的各水文地质参数较合适。

4 结束语

本文计算结果说明, 05 井和 08 井作为地震地下水动态监测孔, 只有较详细地掌握含

水层的水文地质条件,了解其多年动态规律,才能对水位变化作出正确的解释。这就要求我们对掌握的每一眼地震地下水动态监测孔,了解其水文地质条件、掌握动态规律、井的结构等一系列问题,否则在出现水位异常变化时,容易盲目地作异常看待,缺乏深刻的认识,导致错误的结论。

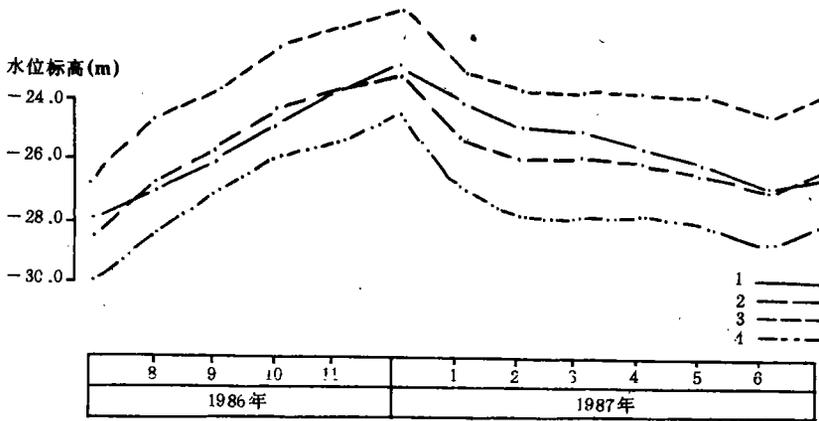


图2 计算水位值与多孔平均水位吻合

1. 拟合水位 2. 多井平均水位 3. 08井水位 4. 05井水位

(1994年6月1日收到初稿)

A QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF RECHARGE AND DISCHARGE ON WELL WATER LEVEL VARIATION

Cao Xinlai Hou Jianming

(Seismological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang City 050021)

Abstract

According to the hydrogeological condition of limestone aquifer of Ordovician system at the north-western wing of Kaiping syncline in Tangshan City, the recharge quantity of aquifer groundwater is calculated according to the isostatic computational principle and the amplitude of water level variation is analyzed by groundwater recharge quantity. The relatively large variational amplitudes of water level of No. 05 and No. 08 wells of the Seismological Bureau of Hebei Province are calculated, there is little difference between the comparatively calculated value and the observed value, which shows that the variational value of water level is caused by the variation of aquifer recharge and discharge conditions.

Subjective Words: groundwater observation, anomaly of ground-water level, aquifer, recharge, discharge.