

利用地下水动态观测资料确定面状井系的水文地质参数

张瑞莲

(福建水利电力职业技术学院, 福建 永安 366000)

摘要: 该文运用综合面状井系法, 利用地下水长期动态观测资料, 求解承压含水层水文地质参数, 并将该法及建立的模型应用于济宁地区的地下水开发利用实践。结果表明: 该方法是可靠、实用、有效的, 具有推广应用的价值。

关键词: 综合面状井系; 含水层; 水文地质参数

中图分类号: P332 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002 - 3011(2008)04 - 0016 - 02

1 概述

随着人口的增长, 近代工农业的发展, 人类对水资源的需求量日益增长。由于污水排放量的增加, 人类可利用的地表水资源不同程度地受到了污染。为满足人类生产、生活所需的水资源量, 地下水的开发利用对于当代人类经济活动日益重要。

地下水存储在地下, 与地表水有着较多的不同之处。由于地下水不易受到人为的污染, 水质一般比地表水好。但是地下水利用后, 水量补给速度一般较慢, 水质一旦受到污染, 便不易恢复。形成的地下水下降漏斗更是会产生很大的危害。鉴于此, 人类开始了对地下水的大量研究。

由于地下水的水位变化观测不易, 本文提出了利用地下水的动态观测资料来确定面状井系的水文地质参数, 从而确定出地下水的水位降深。

2 基本理论

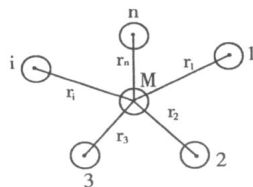


图 1 面状井系分布图

平面上分布有 n 眼井的面状井系, 如图 1 所示。各井 (1, 2, 3, ..., i , ..., n) 到任意中心观测孔 (井) M 的距离分别为 $r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n$ 。

当 n 眼井同时抽水时, 其各井的抽水流量分别为 $Q_1, Q_2, \dots, Q_i, \dots, Q_n$ 。在各井抽水的影响下, 按势叠加

原理: M 点的水位降深应等于 n 眼井对它引起的降深的总和, 即:

$$s^M = \sum_{i=1}^n s_i = \frac{1}{4T} [Q_i W(u_i)] \quad (1)$$

式中: s^M 为中心观测孔 (井) M 点的水位降深;

s_i 为第 i 眼井的水位降深;

T 为导水系数;

Q_i 为第 i 眼井的抽水流量;

$W(u_i)$ 为井函数, 可查表;

u_i 为井函数的自变量, $u = \frac{r^2}{4at}$

当 $u_i = \frac{r_i^2}{4at} \rightarrow 0.01$ 时, (1) 式可简化为

$$\begin{aligned} s^M &= \frac{2.3}{4T} [Q_i \lg \left(\frac{2.25at}{r_i^2} \right)] \\ &= \frac{2.3}{4T} [Q_i \lg \left(\frac{2.25a}{r_i^2} \right)] + \frac{2.3}{4T} (Q_i \lg t) \end{aligned} \quad (2)$$

式中: a 为压力传导系数;

r_i 为第 i 眼井到中心观测孔 (井) M 中心的距离;

t 为抽水时间。

由 (2) 式可知, s^M 与 $\lg t$ 成线性关系。

利用群井抽水时观测孔实测水位动态资料, 点绘 $s^M \sim \lg t$ 关系曲线, 找出点据分布最多的直线段, 该直线段的斜率即为 $\frac{2.3}{4T} Q_i$ 。计算斜率时, 可以在 $\lg t$ 轴上截取一个对数周期, 在图上读得其对应的降深差 S , 该 S 在数值上等于斜率, 即 $S = \frac{2.3}{4T} Q_i$, 从而可求出导水系数 T 值。

$$T = \frac{2.3}{4S} Q_i \quad (3)$$

将 $s^M \sim \lg t$ 关系曲线的直线段反向延长, 与 $\lg t$ 轴交于点 t_0 , t_0 即为起始时间。由 (2) 式得:

收稿日期: 2008 - 07 - 18

$$s^M = \frac{2.3}{4T} [Q_i \lg (\frac{2.25at_0}{r_i^2})] = 0$$

$$\text{由 } \frac{2.3}{4T} = 0 \text{ 得 } [Q_i \lg (\frac{2.25at_0}{r_i^2})] = 0。$$

将上式作如下变化：

$$[Q_i \lg (\frac{2.25at_0}{r_i^2})] = [\lg (\frac{2.25at_0}{r_i^2})^{Q_i}] = 0$$

经过公式转换，可以得到压力传导系数 a 表达式为：

$$a = \frac{1}{2.25t_0} [\prod (r_i^2)^{Q_i}]^{\frac{1}{Q_i}} \quad (4)$$

弹性释水系数 S 为：

$$S = \frac{T}{a} \quad (5)$$

综上所述，只要已知研究区中心观测孔（井）的地下水位动态资料及面状井系的开采量资料，就可确定水文地质参数——导水系数 T 、压力传导系数 a 、弹性释水系数 S 。

3 应用实例

研究区位于济宁市西北角、鲁西南平原东部，在大地构造上属新华夏系第二沉降带，与嘉祥断裂和孙氏店断裂相邻，为近南北向的济宁凹陷中心部位。区内埋藏着分布面积很广的第四系松散巨厚含水层。京杭运河在本区西侧过境。

区内工程供水水源评价面积为 20km^2 ，并有长期观测井（9A井）和深层承压水开采井的动态观测资料。

参数确定的具体步骤如下：

（1）根据 9A 井地下水位长期动态观测资料，选取水位持续下降的时段，点绘 $S \sim \lg t$ 关系曲线。

（2）量取研究区内各抽水井到 9A 井的直线距离，搜集各用水单位的用水量资料。

（3）选取 $S \sim \lg t$ 曲线中的直线段，并将其反向延长，交 $\lg t$ 轴于 t_0 。在该直线段上截取一个对数周期，在图上读取其对应的水位降深差 S ，得到的 S 值即为该直线的斜率。

（4）对落在直线段上的数据，读取它们的起迄时间，计算该段时间内各抽水井的平均抽水量。将得到的 Q_i 、 r_i 、 k 、起始时间 t_0 代入（3）式、（4）式和（5）式进行计算，即可得到承压含水层的水文地质参数。参数值的计算成果列于表 1 中。

表 1 9A 井含水层参数

| 年份 | 有效时间 起 迄 | t_0 (d) | s (m) | T (m^2/d) | a ($\times 10^6$) (m^2/d) | S ($\times 10^{-4}$) |
|------|-------------|--------------|------------|----------------------------------|--|-----------------------------|
| 1987 | 121 202 | 0.23 | 7.6 | 645 | 1.49 | 4.3 |
| 1988 | 92 167 | 0.16 | 6.6 | 663 | 2.17 | 3.1 |
| 1989 | 91 146 | 0.18 | 8.6 | 1034 | 1.89 | 5.5 |
| 1991 | 60 116 | 0.20 | 8.3 | 1074 | 1.73 | 6.2 |
| 1992 | 75 121 | 0.18 | 8.8 | 719 | 1.76 | 4.1 |
| 均值 | | | | 827 | 1.81 | 4.6 |

（5）需要指出的是，在实际计算中选取资料时，应尽量避免降雨和农业灌溉抽水的影响。选取 9A 井地下水位变动受灌溉影响较小的月份较为合适。

4 结语

众所周知，含水层参数的确定一般都是采用地下水动力学的方法——野外实地抽水试验法。该法能够获得含水层流场变化的第一手资料，直接求得参数值。但这种方法需要花费大量的人力、物力和财力，耗费大量的时间。在各井同时抽水的起始时段内，中心观测孔水位下降很快，利用现有的测量手段很难测准快速降落的降深值，从而导致计算得出的水文地质参数失真。采用面状井系干扰条件下的求参理论求取含水层的水文地质参数，充分利用了现有的地下水水位长期动态观测资料和各用水单位的用水资料，资料序列长，来源广泛、准确，易于收集，计算简便，省时省力。根据济宁地区各水源地观测到的单孔及多孔抽水试验资料，经统计分析和计算，得出济宁地区导水系数 T 取值为 $300\text{m}^2/\text{d} \sim 1600\text{m}^2/\text{d}$ 。用本文方法计算出的 T 值平均值为 $827\text{m}^2/\text{d}$ 。这说明采用地下水动态资料在面状井系干扰条件下所确定的水文地质参数 T 、 a 、 S 值是可信的。

参考文献

- [1] 叶水庭，施鑫源．地下水水文学[M]．南京：河海大学出版社，1991．
- [2] 施鑫源，方乐润，陈绍玉．应用综合面状井系法评价木里图地区的地下水资源[J]．黑龙江水专学报，1991，18（2）．
- [3] 钱孝星．水文地质计算[M]．北京：水利电力出版社，1995．

作者简介：张瑞莲（1976-），女，山东胶州人，助理教师，从事水文与水资源教学工作。

黄河小浪底水利枢纽工程

黄河小浪底水利枢纽工程不仅是中国治黄史上的丰碑，也是世界水利工程史上最具有挑战性的工程。它是一项集防洪、减淤、灌溉、供水、发电等综合效益于一体的特大型控制性工程。全坝高 208m，南起邙山，北连王屋山，坝体总长 16667m，是我国目前江河上修建的一座最大的土坝。库容量 126.5 亿 m^3 ，水域面积 296 km^2 ，正常蓄水位 250m，最高蓄水位 175m，装机容量 180 万 kW，平均年发电量 51 亿 kWh，完成总投资 337 亿元。完成后总控制流域面积 92.3%，其中防洪库容 40.5 亿 m^3 。下游防洪标准从 60 年一遇提高到 1000 年一遇，解决了下游的洪水威胁。每年可增加供水量 40 亿 m^3 ，改善黄河沿岸的工农业生产和人民生活用水条件。抗旱面积可维护 2500 万亩，年使用发电总量可节约煤炭 210 万吨以上。这是中华民族治黄史上的一个奇迹。

——摘自《中国水利报》