

# 基于 Aquifer Test 的水文地质 参数计算方法研究

陶宗涛,闫志为

(桂林理工大学 广西 桂林 541004)

**[摘要]** 根据抽水试验结果,常用人工求参的方法确定水文地质参数。人工求参方法计算结果较为可靠,但计算过程繁琐,并且结果因人而异,具有人为随意性。利用 AquiferTest 软件求参,计算方便快捷,与人工求参方法对比,具有计算精度较高,规范性好等优点。

**[关键词]** AquiferTest; 水文地质参数; 抽水试验

**[中图分类号]** P333 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-7175(2012)12-0025-03

## Study on Calculation Methods of Hydrogeology Parameters Based on Aquifer Test

TAO Zong-tao, YAN Zhi-wei

(GuiLin University of Technology, GuiLin 541004)

**Abstract:** According to the commonly used manual demand parameters of the pumping test results to determine the hydrogeological parameters. Seek manual parameter method is more reliable results, but the calculation process is cumbersome, and the results vary from person to person, with artificial uncertainties. To use AquiferTest software Parameters to calculate fast and convenient, and higher calculation accuracy of this method, the normative comparison with the manual demand parameters.

**Key words:** AquiferTest; hydrogeology parameters; pumping test

### 1 概述

抽水试验是以地下水井流理论为基础,通过在井孔中进行抽水和观测,研究井的涌水量与水位降深的关系及其与抽水延续时间的关系、含水层之间及含水层与地表水体之间的水力联系、求得含水层水文地质参数、评价含水层富水性的一种野外水文地质试验。抽水试验是确定含水层参数,了解水文地质条件的主要方法<sup>[1]</sup>。按照井流理论,抽水试验可分为稳定流抽水和非稳定流抽水试验。抽水试验的主要任务之一是确定含水层水文地质参数,渗透系数( $k$ )、导水系数( $T$ )、贮水系数( $\mu^*$ )等,参数的精度直接影响水量计算及对地下水资源评价的准确性。以往稳定流抽水试验多用公式法求参,非稳定流抽水试验用配线法和 Jacob 直线图解法参数,但人工计算同

一井孔抽水试验参数时,因人而异会有不同的结果,进而影响了含水系统之间特性的对比。利用计算机求解水文地质参数被逐渐推广和应用<sup>[2]</sup>,AquiferTest 软件求参即是众多方法中的一种,它具有速度快,效率高,计算结果精确,可比性好等优点。

### 1 非稳定流抽水试验确定水文地质参数

#### 1.1 配线法

配线法是通过实测试验曲线与理论对比确定含水层水文地质参数的方法,又称标准曲线对比法、量板法或曲型曲线法。该方法又分时间-降深配线法和降深-时间距离配线法及降深-距离配线法 3 种<sup>[3]</sup>。在此只介绍时间-降深配线法。承压完整井的非稳定流公式可表示

**[收稿日期]** 2012-07-26

**[基金项目]** 广西自然科学基金项目(桂科自 0991249)

**[作者简介]** 陶宗涛(1987-),男,河南安阳人,硕士研究生,研究方向为水文地质与工程地质;闫志为(1963-),男,河北滦南人,教授,学士,长期从事岩溶、水文地球化学与水文地质等方面的教学和科研工作。

为:

$$\begin{cases} s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \\ t = \frac{1}{u} \times \frac{u \cdot r^2}{4T} \end{cases}$$

两端同时取对数为:

$$\begin{cases} \lg s = \lg W(u) + \lg \frac{Q}{4\pi T} \\ \lg t = \lg \frac{1}{u} + \lg \frac{r^2 \mu^*}{4T} \end{cases}$$

上面两式右端的第二项在同一次抽水试验中都是常数,所以在双对数坐标系内,对于定流量抽水  $s-t$  和  $W(u) - \frac{1}{u}$  标准曲线在形状上是一致的,只是平移了  $\frac{Q}{4\pi T}$  和  $\frac{r^2 \mu^*}{4T}$  的距离而已。只要将两条曲线重合,任选一点匹配,记下对应的坐标值,带入承压水完整井的非稳定流公式即泰斯公式,就可以确定有关参数。

### 1.2 直线图解法

当非稳定流抽水观测井满足  $u \leq 0.05$  时,承压完整井非稳定流的基本方程可以简化为:

$$s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \lg \frac{2.25\alpha t}{r^2} = 0.183 \frac{Q}{T} \lg \frac{2.25\alpha}{r^2} + 0.183 \frac{Q}{T} \lg t$$

在同一次抽水过程中  $T, \alpha, r, Q$  都为常数,因此在  $s - \lg t$  半对数坐标中呈直线关系,上式可以简写为  $s = s_0 + m \lg t$ 。因此,  $T = 0.183 \frac{Q}{m} \alpha = 0.455 r^2 \cdot 10^{\frac{s_0}{m}}$ 。

## 2 用 AquiferTest 软件求参方法简介

用计算机进行抽水试验参数计算的 AquiferTest(含水层试验)软件由加拿大滑铁卢水文地质公司(Waterloo

Hydrogeologic Inc.) 开发研制的专门为水文地质学者和其他水利专家设计,用于分析含水层抽水试验结果,用户在较短的时间里有效地处理来自含水层试验所有的信息,并且计算结果可以以图表形式输出和打印。AquiferTest 软件提供 Theis、Cooper - Jacob Time - Drawdown、Cooper - Jacob Distance - Drawdown、Cooper - Jacob Time - Distance - Drawdown、Walton (Hantush - Jacob)、Neuman、Moench、Moench Fracture Flow、Theis Steptest、Cooper - Jacob Steptest、Theis Recovery、Hantush - Bierschenk Well Loss、Specific Capacity、Theis Prediction 等 14 种方法计算含水层参数。

AquiferTest 求参步骤如下:①双击含水层试验图标,从主菜单栏中,单击 File,接着 Create database 创建数据库;②打开你刚建立的数据库 MDB,创建工程,然后选择 Units;③在创建的工程中创建抽水井,观测孔,用坐标控制井径及抽水井与观测井的距离;④输入抽水量及观测数据,生成时间与降深的曲线图;⑤在生成的时间与降深的曲线图上单击鼠标右键,选择你所需要计算方法完成水文地质参数计算,完成分析计算,形成计算图;⑥通过光标键完成计算图的人为调整,计算图下方即为调整的计算结果;⑦点击主菜单的输出项,输出该抽水孔的最终的各种方法的水文地质参数汇总表。

## 3 抽水试验实例

承压含水层进行多孔抽水试验,抽水井 14 号的稳定流量为  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ,含水层厚度为  $20 \text{ m}$ ,距离抽水井  $140 \text{ m}$  编号为 15 号的观测孔的观测资料见表 1,试求含水层水文地质参数<sup>[4]</sup>。

表 1 抽水试验资料表

Table1 The table of pumping test date

累计观测时间 /min	10	20	30	40	60	80	100	120	150
降深 /m	0.16	0.48	0.54	0.65	0.75	1	1.12	1.22	1.36
累计观测时间 /min	210	270	330	400	450	645	870	990	1185
降深 /m	1.55	1.7	1.83	1.89	1.98	2.17	2.38	2.46	2.54

### 3.1 人工求参

#### 3.1.1 配线法

利用降深 - 时间配线法求参。首先根据实测得不同时间的降深值,在透明双对数纸上绘制  $s-t$  曲线,然后将它与  $W(u) - 1/u$  标准曲线拟合,选任一点匹配点的坐标值代入 Theis 公式计算:

$$T = \frac{Q}{4\pi [s]} [Wu] = \frac{60 \times 24}{4 \times 3.14 \times 0.58} \times 1 = 197.67 \text{ m}^2/\text{d}$$

$$\mu^* = \frac{4T[t]}{r^2 \left[ \frac{1}{u} \right]} = \frac{4 \times 197.67 \times 85}{10 \times 140^2 \times 144} = 2.31 \times 10^{-4}$$

$$K = \frac{T}{M} = \frac{197.76}{20} = 9.89 \text{ m/d}$$

#### 3.1.2 直线图解法

直线图解法必须满足  $u \leq 0.01$  或放宽精度要求  $u \leq$

$0.05$  因此,使用直线图解法应尽量选用后期的资料进行计算。

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s} = \frac{2.3 \times 60 \times 24}{4 \times 3.14 \times 1.36} = 193.9 \text{ m}^2/\text{d}$$

$$\mu^* = 2.25T \left( \frac{t}{r^2} \right) = 2.25 \times 194 \times 0.00092/144 = 2.78 \times 10^{-4}$$

$$K = \frac{T}{M} = \frac{194}{20} = 9.7 \text{ m/d}$$

### 3.2 AquiferTest 求参

#### 3.2.1 配线法

选择“Theis”配线法进行理论分析,移动“Theis”曲线进行拟合,实现自动拟合和手工拟合的最佳效果。拟合结果如下(图 1):

AquiferTest 软件参数计算结果为:  $T = 1.96 \times 10^2 \text{ m}^2/\text{d}$ ;

$K=9.78 \text{ m/d}; \mu^* = 2.31 \times 10^{-4}$ 。

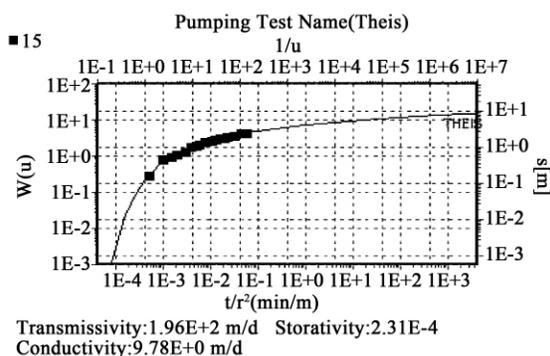


图 1 泰斯配线法

Fig1 theis curve fitting method

### 3.2.2 直线图解法

使用“Jacob Time - Drawdown”进行“雅各布直线图解法”分析,拟合结果如下(图 2):

AquiferTest 软件参数计算结果为:  $T = 2.03 \times 10^2 \text{ m}^2/\text{d}$ ;  $K = 10.1 \text{ m/d}; \mu^* = 2.20 \times 10^{-4}$ 。

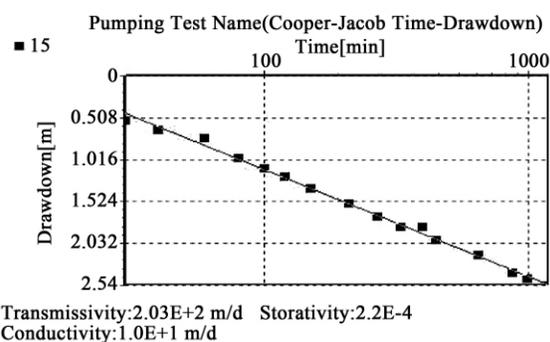


图 2 直线图解法

Fig2 linear graphic method

## 4 人工求参与 AquiferTest 求参结果对比

人工配线法与 AquiferTest 软件配线法求参结果对比见表 2。

表 2 参数对比表

水文地质参数	$K / \text{m} \cdot \text{d}^{-1}$	$T / \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$	$\mu^*$
AquiferTest 求参	9.78	196	$2.31 \times 10^{-4}$
人工求参	9.7	197.67	$2.31 \times 10^{-4}$

人工直线求参与 AquiferTest 雅各布直线图解法求参结果对比见表 3。

表 3 参数对比表

Table3 The table of parameter comparison

水文地质参数	$K / \text{m} \cdot \text{d}^{-1}$	$T / \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$	$\mu^*$
AquiferTest 求参	10.9	203	$2.20 \times 10^{-4}$
人工求参	10.1	194	$2.03 \times 10^{-4}$

从表 2,表 3 可以明显看出, AquiferTest 软件配线法比人工配线法所求渗透系数  $K$  相差 0.08,两种方法计算导水系数  $T$  相差 1.67,贮水系数  $\mu^*$  计算结果一致。总体而言,用 AquiferTest 软件配线法所求参数偏小于人工配线法求参。人工直线图解法比 AquiferTest 雅各布直线图解法所求渗透系数  $K$ 、导水系数  $T$  和贮水系数  $\mu^*$  分别相差 0.8、9 和  $0.17 \times 10^{-4}$ 。对比发现,用 AquiferTest 软件雅各布直线图解法所求参数偏大于人工求参。在进行地下水量计算时,最好采用多种方法计算抽水试验参数,合理、科学地选取参数值<sup>[5]</sup>。如果取配线法与直线图解法所求参数的平均数,则 AquiferTest 与人工所求水文地质参数基本一致。

## 5 结语

人工求参与 AquiferTest 求参结果基本一致,但人工求参过程计算步骤繁琐, AquiferTest 求参操作方便,计算结果可以图片方式输出,使结果清晰明了。人工求参与 AquiferTest 求参都存在一定误差,但相对而言 AquiferTest 求参比人工求参较为精确,求参过程及结果都可以以报表形式输出,对比性强,可以在 AquiferTest 软件上不断的调整参数,最终得到较为准确的参数。通过以上实例证明,利用 AquiferTest 计算水文地质参数操作方便,计算结果准确性较高,具有广泛的应用和推广潜力。

### [参考文献]

- [1] 唐玥,张林,杨宝全,等. 非稳定流抽水试验在农村安全供水工程中的应用[J]. 水利科技与经济 2011, 17(2): 44-47.
- [2] 蒋辉. 基于 AquiferTest 的抽水试验参数计算方法分析[J]. 水文地质工程地质 2011, 38(2): 35-38.
- [3] 刘兆昌,李广贺,朱琨. 供水水文地质: 第三版[M]. 北京: 中国建筑工业出版社 2004.
- [4] 薛禹群. 地下水动力学: 第三版[M]. 北京: 地质出版社 2010.
- [5] 肖有才,靳向红,杨兰和. 井损的消除方法及其在抽水试验中的作用[J]. 工程勘察 2009(11): 44-47.

(编辑: 杨文)