

基于 Aquifertest 4.2 求解水文地质参数方法分析

唐 辉, 蔡怀恩

(机械工业勘察设计院, 陕西 西安 710043)

摘要: 根据抽水试验确定的水文地质参数的精度和准确性会直接影响地下水资源评价、数值模拟等的可靠性。以往稳定流抽水试验一般用公式法求参, 非稳定流抽水试验多用配线法和直线图解法计算参数。由于主观原因, 计算结果可能不同, 结果不唯一, 评判较困难。结合在某水源地进行的非稳定流抽水试验, 运用 AquiferTest 4.2 软件计算了潜水含水层参数, 速度快, 效率高, 计算结果精确, 符合实际水文地质条件。

关键词: 抽水试验; 水文地质参数; 潜水含水层; AquiferTest 4.2

中图分类号: P641

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973 (2014) 08-0220-02

前言

导水系数 (T) 和渗透系数 (K) 等含水层参数是进行地下水资源计算和评价、地下水数值模拟与预报的重要水文地质参数^[1]。求解潜水含水层参数时可以采用稳定流方法和非稳定流方法。在传统方法中, 潜水稳定井流采用 Dupuit 和 Thiem 公式; 非稳定井流采用仿 Theis 公式、Boulton 模型、Neuman 模型、水位恢复法^[2]。目前来看, 抽水试验法是确定含水层参数的主要方法^[3]。不同人利用传统方法计算同一井孔抽水试验参数值时, 由于主观原因, 计算结果可能不同, 结果不唯一, 评判较困难, 因而影响了含水参数的精度和可靠性^[4]。近年来, 随着计算机技术在含水层参数计算中的广泛应用, 一些新的方法得以提出。邱进锋^[5]等通过某油田附近孔隙含水层的抽水试验, 应用 MODFLOW 软件进行了对含水层水文地质参数的求取。廖梓龙^[6]等运用 MATLAB 软件优化了传统的抽水试验 Jacob 直线图解法和标准曲线配线法。任国澄^[7]等结合具体算例讨论了 UCODE 在反求水文地质参数中的应用。计算机求参具有速度快, 效率高, 计算结果精确, 可比性好等优点。目前, 用计算机进行抽水试验参数计算的最新的 AquiferTest 4.2 软件, 是加拿大滑铁卢水文地质公司 (Waterloo Hydrogeologic Inc.) 开发研制的, 专门用于抽水试验资料分析、数据处理及求参的图形化分析和研究^[8]。该软件可对抽水试验数据进行计算, 并可完成对求参过程及结果的报表显示及打印。

本文以结合某水源地潜水含水层抽水资料, 应用 AquiferTest 4.2 软件根据仿 Theis 公式、Boulton 模型、Neuman 模型确定了渗透系数和导水系数, 并进行了对比分析。

一、抽水试验资料

在某水源地潜水含水层进行了一组多孔非稳定流抽水试验, 抽水井编号为 P1, 井深 45m, 井径为 0.11m, 抽水井稳定流量为 1,200m³/d; 01# 观测井井深 45m, 井径为 0.11m, 距抽水井距离 $r_1=3$ m。根据现场编录资料, 潜水含水层厚度 $M=40$ m, 含水层为中新世—全新世冲积层构成,

多具二元结构, 上部为粉土, 下部主要为细砂夹粉质粘土, 抽水井、观测井初始静止水位埋深为 4.2m, 抽水试验进行了 11,430min。抽水时, 01# 观测井的观测资料如图 1 所示。

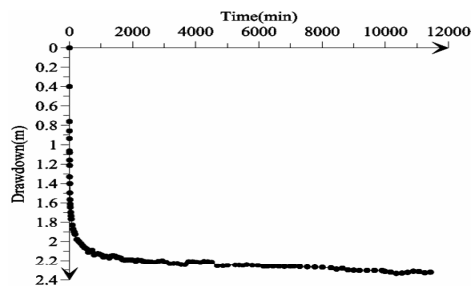


图 1 01# 观测井时间~降深曲线

二、应用 AquiferTest 4.2 求参

在 AquiferTest 4.2 中设置了两口完整井, 各井的具体设置如图 2。在 Discharge 窗口中选择 Constant, 输入 1200; 在 Water Levels 窗口中选择 01#, 输入 Time-Drawdown 数据; 在 Analysis 窗口中分别选择 Theis with Jacob correction、Neuman、Boulton 三种求解方法以专业判断力进行配线。

Name	Type	X [m]	Y [m]	Elevation (a) Benchmark [m]	Penetration [m]	R [m]	L [m]	b [m]	r [m]
1	P1	0	0	0	0	Fully	0.15	30	45
2	01#	0	3	0	0	Fully	0.15	30	45

图 2 抽水试验中各井详细资料

1. 根据 Theis with Jacob correction 公式法求参

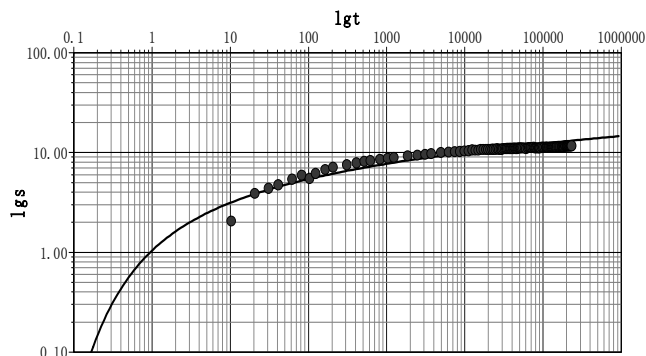


图 3 01# 观测井 Theis with Jacob correction 配线

收稿日期: 2014-06-09

作者简介: 唐 辉 (1988-), 男, 陕西汉中, 机械工业勘察设计院助理工程师, 主要从事水文地质勘察和地下水数值模拟研究。

在 Analysis 窗口中选择 Theis with Jacob correction 进行配线, 调整后的曲线如图 3。配线结果为: $T=4.86E2 \text{ m}^2/\text{d}$, 计算 K 值为 $12.15\text{m}/\text{d}$ 。拟合相关系数为 0.965 。

2. 根据 Neuman 公式法求参

在 Analysis 窗口中选择 Neuman 进行配线, 调整后的曲线如图 4。配线结果为: $T=3.80E2 \text{ m}^2/\text{d}$, 计算 K 值为 $9.50\text{m}/\text{d}$ 。拟合相关系数为 0.997 。

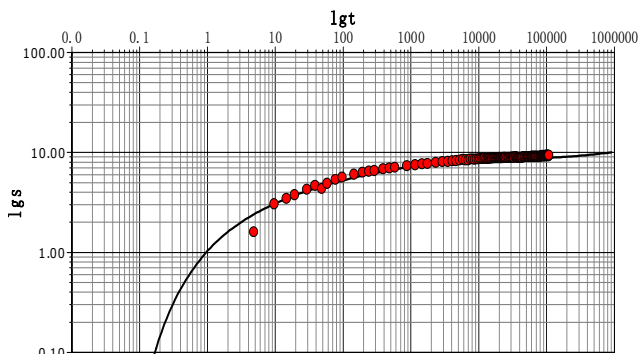


图 4 01#观测孔 Theis 配线

3. 根据 Boulton 公式法求参

在 Analysis 窗口中选择 Boulton 进行配线, 调整后曲线如图 5。配线结果为: $T=3.60E2 \text{ m}^2/\text{d}$, 计算 K 值为 $9.00\text{m}/\text{d}$ 。拟合相关系数为 0.976 。

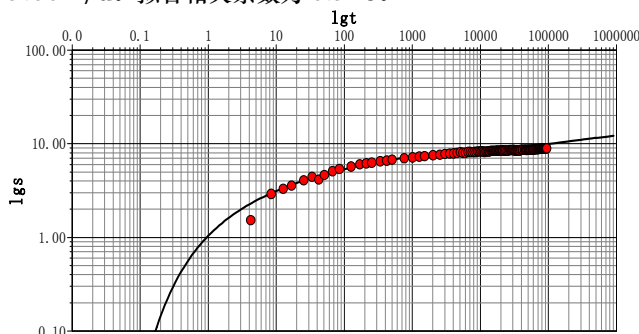


图 5 01#观测孔 Boulton 配线

4. 三种方法对比分析

综上可知, 根据三种不同的计算公式得到的参数也是不同的。从拟合相关系数来看: Neuman 公式 (0.997) > Boulton 公式 (0.976) > 仿泰斯公式 (0.965)。

潜水完整井流的仿泰斯公式, 优点是使用简单方便, 其缺点也同样显著。仿泰斯井流模型的解是在给水度 μ 和导水系数 T 为常数的假定条件下推导出来的, 但是潜水含水层的实际给水度 μ 随 t 变化, 导水系数 T 随含水层厚度的改变而变化的^[9]。因此利用仿泰斯井流公式求水文地质参数, 与实际情况有一定出入。纽曼井流公式要求潜水含水层是均质各向异性的, 重力给水度是常量, 考虑垂向渗透速度和弹性释放, 并把“重力滞后给水”近似替换为“潜水面滞后反应”^[10]。博尔顿井流公式要求潜水含水层均质各向同性, 忽略垂向渗透速度, 把重力给水度考虑为变量, 并考虑潜水含水层重力滞后给水和弹性释放^[11]。根据该水源地含水层介质以及以往研究结果, 并综合仿泰斯井流公式、博尔顿井流公式及纽曼井流公式计算的水文地质参数并对参数变化规律和配线趋势

分析, 认为把试验点含水层介质概化为各向同性是不恰当的。并且由图 5 可以看出, 抽水试验水位降深发展的三个阶段中, 重力滞后给水所用时间较短。因此, 博尔顿法考虑的重力滞后给水可以在很大程度上用纽曼法的潜水面滞后反应来近似处理。综上所述, 纽曼法较仿泰斯法和博尔顿法更适宜于该试验点潜水含水层水文地质参数, 其计算结果也是符合当地经验值的。

三、结论

本文结合某水源地进行的一组多孔抽水试验, 应用 AquiferTest 4.2 软件分别依据仿 Theis 公式、Boulton 模型、Neuman 模型确定了渗透系数和导水系数, 得到以下结论:

(1) AquiferTest4.2用于抽水试验求参效率高, 结果以图形的形式展示, 非常直观。此外很大程度上避免了人工主观影响, 大大提高了计算结果的精度和可靠性。

(2) 通过对比三种井流公式假定条件在试验点的适用性, 根据拟合相关程度, 最终分析得出利用纽曼井流公式计算试验点潜水含水层水文地质参数具有优势。

(3) 在实际进行地下水资源评价、数值模拟时, 最好用多种方法计算抽水试验参数, 合理、科学地选取参数值。

参考文献

- [1] 陈崇希. 地下水不稳定井流计算方法[M]. 北京: 地质出版社, 1983.
- [2] Bear J. Hydraulics of groundwater [M]. Beijing: Geological PublishingHouse, 1985.
- [3] 薛禹群, 吴吉春. 地下水动力学[M]. 北京: 地质出版社, 2010.
- [4] 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.
- [5] 邱进锋, 占仲国, 刘森. MODFLOW 在求解水文地质参数中的应用[J]. 中国水运, 2006, 4(12): 50-51.
- [6] 廖梓龙, 魏永富, 郭中小等. 一种基于 MATLAB 的渗透系数确定方法[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23 (2): 175-178.
- [7] 任国澄, 朱国荣, 江思珉. UCODE 在反求水文地质参数中的应用及其并行求解[J]. 勘察科学技术, 2010, (3): 7-11.
- [8] 庞国兴. 水文地质参数的可视化软件 Aquifer Test[J]. 地下水, 2012, 34 (3): 195-196.
- [9] 陈雨孙, 颜明志. 抽水试验原理与参数测定[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.
- [10] Neuman, S.P. And P.A. Witherspoon. Analysis of non-steady flow with a free surface using the finite element method [J]. Water Resour. Res, 1971, (7): 57-59.
- [11] Boulton, N.S. Analysis of data from nonequilibrium pumping test allowing for delayed yield from storage, Inst[J]. Civil Engineers Proc, 1963, 26: 469-482.