

文章编号: 1000-7709(2012)10-0058-03

AquiferTest 软件求解承压含水层 水文地质参数的方法及效果

陶宗涛, 闫志为

(桂林理工大学 环境科学与工程学院, 广西 桂林 541006)

摘要: 抽水试验是获取多项水文地质参数最常用的野外水文地质试验方法之一, 其参数计算结果精度直接影响地下水资源评价精度。针对传统水文地质参数计算方法的缺陷, 以马楼水源地勘探孔抽水试验为例, 采用含水层试验软件 AquiferTest 计算水文地质参数, 并传统计算方法做了比较。结果表明, 该方法简捷、方便、实用、精度高。

关键词: AquiferTest; 水文地质参数; 抽水试验; 人工求参

中图分类号: P641.73

文献标志码: A

抽水试验是以地下水井流理论为基础, 通过在井孔中抽水与观测, 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, 是获取含水层(渗透系数 K 、导水系数 T 、贮水系数 μ^* 、给水度 μ 等)水文地质参数最有效的手段之一。参数精度直接影响井水量计算及地下水资源评价, 也为预测井涌水量和评价地下水开采量提供可靠的理论依据^[1]。稳定流抽水试验大多采用公式法求参, 非稳定流抽水试验采用传统的配线法^[2]、直线图解法求参等, 但这些传统方法人工计算同一井孔抽水试验参数时会因人为误差而得到不同结果^[3,4], 进而直接影响地下水资源的评价结果。目前, 利用计算机求水文地质参数已得到推广和应用^[5]。鉴此, 本文以河南省马楼水源地勘探孔抽水试验为例, 应用配线法、直线图解法采用 AquiferTest 软件求参, 发现利用 AquiferTest 软件计算速度快、效率高、可比性好。

1 水文地质条件

1.1 区域水文地质条件

马楼水源地位于河南省濮阳市台前县马楼乡

黄河大堤以南的黄河滩地内, 地形平坦, 略有起伏。地势西高东低, 高程在 42~48 m 之间, 地面坡降约 1/1 000~1/3 000, 大堤内坡降稍大。黄河下游平原广泛分布有新生代新近系和第四系松散堆积物。松散层中夹有较多的各类砂层, 这些砂层构成本区主要含水层, 赋存有极为丰富的地下水资源。由于各含水层埋藏深度、厚度、形成时代、成因和平面上所处位置不同, 使得含水层的岩性、胶结程度、富水性等存在很大差异; 又由于地下水均赋存于松散层的孔隙中, 所以本区地下水的含水类型均为松散岩类孔隙水。勘探内含水层以砂层为主, 夹厚度不等的亚粘土或亚砂土弱透水层。本次勘探孔揭露含水层底板埋深 128~133 m, 含水层由第四系上更新统和全新统组成, 岩性以中细砂、细砂、粉砂为主, 总厚度约为 30~80 m。将区内地下水划分为浅层潜水含水层组、深层承压水含水层组, 本次勘探重点研究对象为深层承压水含水层组。深层承压水含水层组岩性相差不大, 渗透系数大致相同, 含水层遍布全区, 厚度大, 地下水运移符合达西定律。故该含水层为均质、各向同性、各方向为无限延伸边界的承压含水层组。由于深层承压水含水层组上部有层亚粘土、亚砂土等一层厚度不均连续稳定的弱透水层覆盖, 又经现场统测水位时发现非稳定流抽水试验承压含水层组层水位与上部浅层潜水地下水

收稿日期: 2012-06-06, 修回日期: 2012-07-31

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(桂科自 0991249)

作者简介: 陶宗涛(1987-), 男, 硕士研究生, 研究方向为水文地质与工程地质, E-mail: 502262740@qq.com

通讯作者: 闫志为(1963-), 男, 教授, 研究方向为岩溶、水文地球化学与水文地质等, E-mail: zhiweiyan@tom.com

水位相差很大,说明上部潜水与深部承压水水力联系较弱,故可认为无越流补给条件。

1.2 抽水试验情况

在勘探区内深层选取 TC1 为抽水井,抽水稳定流量为 $45.8 \text{ m}^3/\text{h}$,属多孔非稳定流抽水试验,抽水试验历时 480 min。井深 125.06 m,井径 0.36 m;静止水位埋深 3.03 m;距离抽水井 110.00 m 布设有同深同结构观测井 TC1-1,井径 0.40 m,静止水位埋深 2.65 m;根据现场编录资料,有四层含水层,每层埋深为 20.65~31.05、42.80~50.35、56.85~63.20、74.80~88.60 m,中间夹厚度不等的粉土或粉质粘土弱透水层。四层含水层全部利用,含水层厚度 $M=38.10 \text{ m}$,TC1-1 观测孔抽水试验资料见表 1。可推求含水层水文地质参数。

表 1 抽水试验资料

Tab.1 Pumping test data

累计观测 时间/min	降深/m	累计观测 时间/min	降深/m
10	0.140	120	0.365
20	0.225	150	0.375
30	0.270	210	0.395
40	0.294	270	0.415
50	0.305	330	0.425
60	0.320	360	0.430
80	0.340	450	0.445
100	0.355	480	0.455

2 AquiferTest 软件求解水文地质参数

2.1 AquiferTest 软件求参方法

用于抽水试验参数计算的含水层试验 AquiferTest 软件提供了 14 种理论分析方法计算含水层参数,本文介绍其中 Theis、Cooper-Jacob Time-Drawdown 两种理论分析方法适用条件^[6]。

泰斯(Theis)理论分析方法适用条件为:①含水层为均质、等厚、各向同性、侧向无限延伸;②含水层中水流服从达西定律;③抽水前水力坡度为零;④完整井定流量抽水,井径无限小;⑤抽水过程中水头下降所引起的地下水从含水层储量中的释放是瞬间完成。严格来说,自然界不存在这样的水文地质条件。在实际中,只要水文地质条件与上述假设条件类似,即可利用 Theis 理论分析方法计算水文地质参数。而库珀—雅各布直线图解法(Cooper-Jacob Time-Drawdown)理论分析方法是在抽水持续时间满足无量纲时间 $u \leq 0.05$ 时 Theis 公式的近似表达形式。两者仅对抽水试验持续时间 t 的要求不同,其他适用条件相同。

2.2 AquiferTest 软件求参过程

根据勘探区水文地质条件和 Theis、Cooper-

Jacob Time-Drawdown 理论分析方法,利用 AquiferTest 软件计算承压含水层水文地质参数。

2.2.1 配线法

移动 Theis 曲线,用专业判断力调整曲线图以实现自动和手工的最佳拟合效果。随着理论曲线的移动,所求的水文地质参数的结果也会随之更新,AquiferTest 软件参数计算结果为: $T=889 \text{ m}^2/\text{d}$; $K=23.3 \text{ m/d}$; $\mu^*=0.0104$ 。拟合结果见图 1。图中, $w(u)$ 为泰斯井函数。

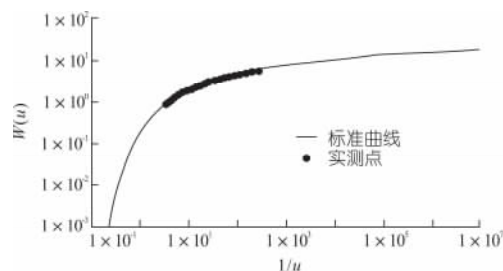


图 1 泰斯配线法

Fig.1 Theis fitting curve method

2.2.2 直线图解法

取满足 $u \geq 5r^2\mu^*/(4at)$ 的试验数据导入 AquiferTest 软件(式中, r 为计算点到抽水井的距离; α 为承压含水层导压系数; t 为自抽水开始到计算时刻的时间)。求参过程与配线法的步骤相似。选择 Cooper-Jacob Time-Drawdown 进行库珀—雅各布直线图解法的理论分析,AquiferTest 软件参数计算结果为: $T=889 \text{ m}^2/\text{d}$; $K=23.3 \text{ m/d}$; $\mu^*=0.00879$ 。拟合结果见图 2。

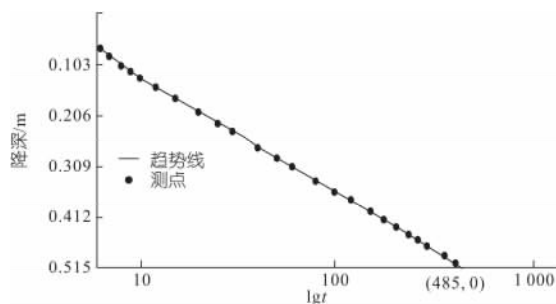


图 2 直线图解法

Fig.2 Linear graphic method

2.2.3 对比分析

由计算结果可看出, AquiferTest 软件泰斯配线法与直线图解法所求渗透系数 K 、导水系数 T 结果吻合。由于本次抽水试验持续时间较短,在使用直线图解法时造成 $s\text{-}lgt$ 直线斜率小,直线截距变小,最终导致泰斯配线法和直线图解法所求贮水系数 μ^* 计算结果相差 0.00161,偏差率为 15.5%,这并非因为软件自身原因而导致的结果。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^[7]。因此,选取以上两种方法计算结果的平均值: $T=889\text{ m}^2/\text{d}$ 、 $K=23.3\text{ m/d}$; $\mu^*=0.009\ 6$ 。

3 结 语

a. 根据 TC1 井非稳定流抽水试验资料,利用 AquiferTest 软件计算取得的结果与文献[8]河南省沿黄城市后备地下水水源地普查项目中的参数计算结果基本吻合,符合当地实际水文地质条件,说明用 AquiferTest 软件计算水文地质参数方法合理可行、计算结果可靠,是一种计算方便快捷且结果精确的新方法,为水源地的选取及开发利用提供重要的理论依据。

b. 由于本次试验中抽水时间持续较短,致使利用直线图解法计算贮水系数 μ^* 结果偏小,因此还需进一步地深入探索研究。

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(4):66-69.

[2] 薛禹群,吴吉春. 地下水动力学(第三版)[M]. 北京:地质出版社,2010.

[3] 陈广洲,汪家权,解华明. 随机优化算法在水文地质参数识别中的应用[J]. 水电能源科学,2008,26(1):75-77.

[4] 王晓惠,束龙仓,邓铭江,等. 非稳定流非完整辐射井抽水试验水文地质参数的求解[J]. 水电能源科学,2011,29(7):43-46,114.

[5] 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.

[6] Thomas Rohrich, Waterloo Hydrogeologic Inc. User's Guide for AquiferTest [Z]. Waterloo: Waterloo Hydrogeologic, 2007.

[7] 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):44-47,90.

[8] 河南省地质调查院. 河南省沿黄城市后备地下水水源地普查[R]. 郑州:河南省地质调查院,2011.

Method and Effect of Solving Confined Aquifer Hydrogeologic Parameters with AquiferTest Software

TAO Zongtao, YAN Zhiwei

(College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541006, China)

Abstract: The pumping test is one of the most common method to obtain many hydrogeologic parameters. The accuracy of parameters obtained will directly affect the accuracy of evaluation of groundwater resources. Aiming at the defect of traditional hydrogeologic parameters calculation method, AquiferTest software is adopted to calculate hydrogeologic parameters by taking pumping test of Malou water source survey hole for an example. Compared with the traditional calculation method, the results show that the method is simple, convenient, practical and high accuracy.

Key words: AquiferTest; hydrogeologic parameter; pumping test; manual calculation

(上接第 25 页)

[11] 王琴,董新光,吴彬. 干旱内陆河山前凹陷带地下水开发潜力的研究——以台兰河流域为例[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2008,26(1):83-86.

[12] 王晓惠,束龙仓,邓铭江,等. 非稳定流非完整辐射

井抽水试验水文地质参数的求解[J]. 水电能源科学,2011,29(7):43-46,114.

[13] 罗华铭,李天宏,倪晋仁,等. 多沙河流的生态环境需水特点研究[J]. 中国科学 E 辑:技术科学,2004,34(S1):155-164.

Research on Eco-environmental Water Requirement of Arid Inland River in Northwest China

HE Ping¹, SHU Longcang¹, DENG Mingjiang², JING Yandong¹, WANG Xiaohui¹, ZHANG Shuailing¹

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Department of Water Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830063, China)

Abstract: Based on the characteristic of arid inland river in Northwest China, eco-environment water requirement of inland river is studied. The eco-environmental water requirement of inland river is divided into ecological base-flow, sediment transmission water, river leakage into groundwater and natural vegetation ecological water requirement in downstream river. And then the calculation method of each part of eco-environment water requirement is presented. Finally, taking Tailan river in Xinjiang Province for an example, eco-environment water requirement is calculated.

Key words: arid region; inland river; eco-environmental water requirement; Tailan River; natural vegetation