

基于 AquiferTest 和 GMS 的水文地质参数求解及数值模拟

Hydrogeological Parameters Calculation and Numerical Simulation Based on
AquiferTest and GMS Software

李任政, 谢世红, 董佩瑾

(上海市岩土地质研究院有限公司, 上海 200072)

LI Ren-zheng, XIE Shi-hong, DONG Pei-jin

(Shanghai Geological Engineering & Geology Institute Co. Ltd., Shanghai 200072, China)

【摘要】依据多孔非稳定流抽水试验资料,利用 AquiferTest 软件求解承压含水层的水文地质参数,并使用 GMS 软件对一定应力期内的地下水位变化和地面沉降进行了数值模拟。结果表明, AquiferTest 软件计算的水文地质参数结果准确,符合实际水文地质条件, GMS 软件模拟的结果合理可靠,对实际工作的开展具有重要的指导意义。

【Abstract】Based on the porous unsteady flow pumping test data, AquiferTest software was used to solve the hydrogeological parameters of confined aquifer, and the GMS software was used to simulate the groundwater level variation and ground subsidence during a certain stress period. The results show that the hydrogeological parameters calculated by AquiferTest software are accurate and accord with the actual hydrogeological conditions. The simulation results of GMS software are reasonable and reliable, and have important guiding significance for practical work.

【关键词】抽水试验; 数值模拟; AquiferTest; GMS; 水文地质参数

【Keywords】pumping test; numerical simulation; AquiferTest; GMS; hydrogeological parameters

【中图分类号】P641

【文献标志码】A

【文章编号】1007-9467(2017)02-0062-03

【DOI】10.13616/j.cnki.gcjsysj.2017.02.015

1 引言

渗透系数(K)、贮水系数(μ^*)、导水系数(T)等水文地质参数是进行含水层富水性评价、水资源量计算以及地下水数值模拟不可或缺的数据^[1~3]。目前,根据抽水试验资料,求取水文地质参数的方法主要分为两大类:一是传统计算方法,二是计算机软件求参法。传统计算方法包括应用于承压水井稳定流的 Dupuit 公式、Hantush-Jacob 公式以及非稳定流的配线法和直线图解法等^[4],计算机软件求参法则主要有 AquiferTest 软件求参、Modflow 软件求参以及 GMS 软件求参等^[5~7]。采用传

统计算方法时,常因主观原因,即使针对同一组抽水试验数据,计算出的结果也不尽相同,以致进行评判时较为困难;而应用计算机求参则可以更加客观地求取水文地质参数,结果较为精确,而且可比性好。

本文结合上海市某地第一承压含水层的多孔非稳定流抽水试验资料,利用 AquiferTest 软件进行水文地质参数的求取,并依据求取的水文地质参数,使用 GMS 软件对一定应力期内的地下水位变化和地面沉降进行数值模拟,最后对 AquiferTest 软件求取参数的准确性和 GMS 软件模拟结果的可靠性进行分析。

2 抽水试验资料

在上海某地第一承压含水层($\textcircled{7}_1 + \textcircled{7}_2$ 层)开展了一组多

【作者简介】李任政(1987~),男,河南商丘人,助理工程师,从事水文地质研究。

孔非稳定流抽水试验,该试验分为 2 个落程进行抽水,之后进入水位恢复阶段。试验井布置为 1 口抽水井(P_1)、3 口观测井(O_1 、 O_2 和 O_3)。试验井的相关参数见表 1。另外,抽水井(P_1)为定流量抽水,流量为 $10\text{m}^3/\text{h}$,其初始水位埋深为 6.49m,观测井 O_1 、 O_2 和 O_3 的初始水位埋深分别为 6.46m、6.52m、6.50m。 O_1 、 P_1 、 O_2 、 O_3 呈北向南排列, O_1 、 P_1 间距 11m, P_1 、 O_2 间距 13m, O_2 、 O_3 间距 22m。抽水井(P_1)观测资料如图 1 所示。

表 1 试验井参数

试验井	井深/m	井径/mm	滤水管埋深/m
抽水井 P_1	38	273	28~38
观测井 O_1	38	89	28~38
观测井 O_2	38	89	28~38
观测井 O_3	38	89	28~38

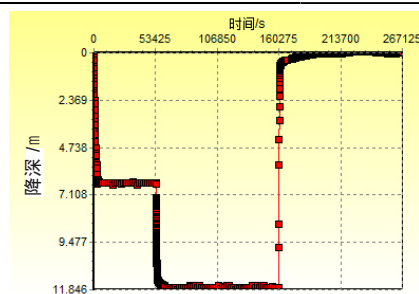


图 1 抽水井(P_1)时间 - 降深曲线

3 AquiferTest 软件求解水文地质参数

AquiferTest 软件是由 Waterloo Hydrogeologic Inc.(加拿大滑铁卢水文地质公司)开发的软件,专用于抽水试验数据的处理与分析,并以图形化图表直观显示求解结果。该软件内置 Cooper-Jacob、Hantush-Jacob、Moench、Theis 等分析计算方法,第 I 承压含水层($\textcircled{7}_1+\textcircled{7}_2$ 层)的数据处理功能较为强大。

本次抽水试验考虑抽水井及观测井的实际

配置情况,利用试验期间自动化采集的水位变化数据,选取定流量非稳定流 Cooper-Jacob Time-Drawdown(库伯-雅各布时间-降深曲线法)和 Theis Recovery(泰斯恢复曲线法)^[8-10]2 种方法求取第 I 承压含水层($\textcircled{7}_1+\textcircled{7}_2$ 层)的水文地质参数。

3.1 第一落程和第二落程抽水试验参数求解

应用 AquiferTest 软件求取抽水试验第一落程和第二落程的水文地质参数,具体步骤如下:

1)双击打开 AquiferTest 软件中试验图标,开始承压含水层的抽水试验。

2)键入各试验井的位置坐标、管径、孔径、井深、滤水管埋深、静水位埋深、流量和承压含水层厚度等基础信息;另外,导

入试验期间利用 DataTaker 自动采集的试验数据。

3)在软件面板中选择“Create Analysis”,从弹出的窗口中选择“Drawdown vs. Time”,显示水位降深和时间关系曲线。

4)在水位降深和时间的关系曲线图上单击右键,选择弹出窗口中的“Create Analysis”,然后选择“Cooper-Jacob Drawdown-Time”进行拟合。另外,根据专业判断力微调拟合曲线,以达到软件自动拟合与手工拟合的最佳效果。

由 Cooper-Jacob Time-Drawdown 方法求解的水文地质参数见图 2 和表 2,限于篇幅,仅以观测井(O_2)的数值拟合图作为展示,其余 2 口观测井 2 个落程的拟合结果图不再一一列出。

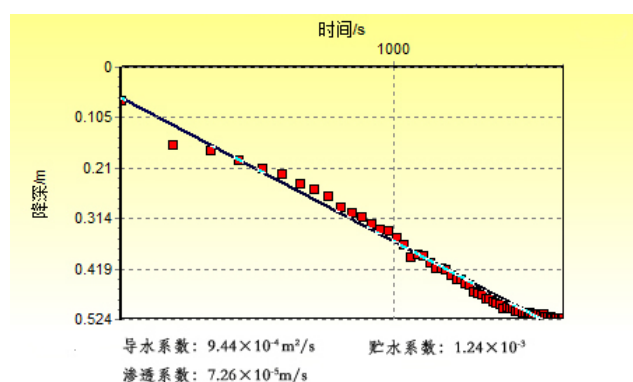


图 2 观测井(O_2)抽水试验库伯-雅各布时间 - 降深拟合成果图

表 2 第 I 承压含水层($\textcircled{7}_1+\textcircled{7}_2$ 层)水文地质参数结果

参数求解	观测井号	渗透系数/(m/s)		导水系数/(m^2/s)		贮水系数
		Cooper-Jacob 曲线法	泰斯恢复法	Cooper-Jacob 曲线法	泰斯恢复法	Cooper-Jacob 曲线法
第 I 承压含水层($\textcircled{7}_1+\textcircled{7}_2$ 层)	O_1	8.28×10^{-5}	4.08×10^{-5}	1.08×10^{-3}	3.19×10^{-4}	1.76×10^{-3}
	O_2	7.26×10^{-5}	1.63×10^{-5}	9.44×10^{-4}	5.06×10^{-4}	1.24×10^{-3}
	O_3	6.47×10^{-5}	5.72×10^{-5}	8.41×10^{-4}	7.44×10^{-4}	1.20×10^{-3}
	建议值	5.6×10^{-5}		7.4×10^{-4}		1.4×10^{-3}

3.2 水位恢复阶段参数求解

在水位恢复阶段,利用“Theis Recovery”方法求参具体步骤与第一落程和第二落程类似,仅在软件面板中选择“Create Analysis”(创建分析方法)时,选用“Theis Recovery”方法,求解结果见表 2。

4 地下水和地面沉降数值模拟

GMS 是 Groundwater Modeling System(地下水模拟系统)的简称,由美国 Brigham Young University(杨百翰大学)环境模型研究实验室开发研制的,是一款综合性的、专门应用于地下水数值模拟的图形界面软件。

根据 AquiferTest 软件求解的水文地质参数,在 GMS 软件中建立研究区的概念模型,并设置含水层的边界条件、源汇项条件等,然后转至 GMS 软件内置的 modflow 模块进行地下水地面沉降的数值模拟。模拟结果见图 3~图 5。

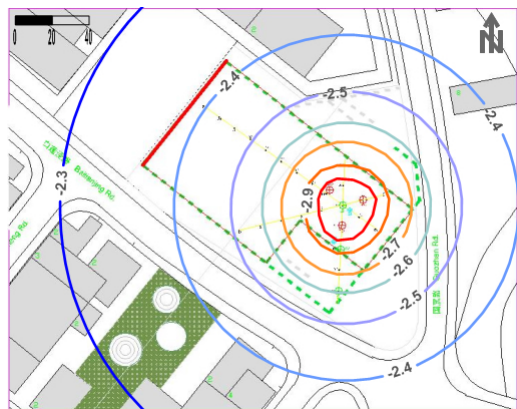


图3 群井抽水试验地下水位模拟等值线图(7d)

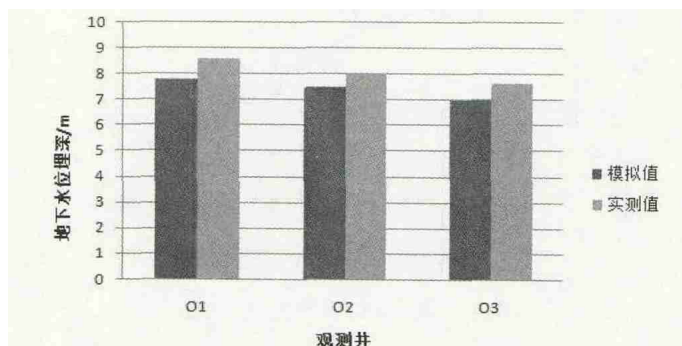


图4 第 承压含水层地下水位模拟与实测水位对比

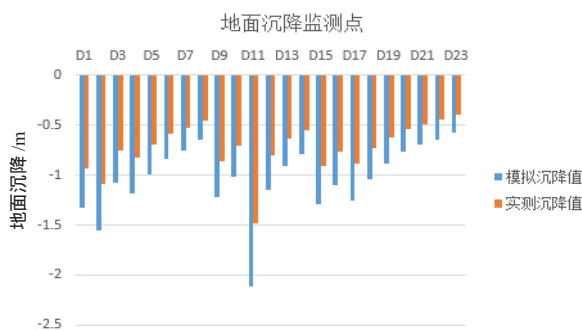


图5 地面沉降模拟值与实测沉降值对比

5 数值模拟结果可靠性分析

由图 3 和图 4 可知,第 承压含水层地下水位模拟结果与实测水位数据相近,地下水位过程线趋势与实际情况相一致,模拟出的水位埋深与实测水位埋深的最大偏差仅 0.62 m,为实际埋深的 6.30%,可认为在允许的模型拟合误差范围内。

图 5 表明,群井抽水试验期间地面沉降模拟值与实测地面沉降监测值具有较好的拟合度,由于群井抽水试验时间相对较短,总体地面沉降监测值比模拟值偏小。

综上所述,本次由 AquiferTest 软件求解的水文地质参数符合实际水文地质条件,地下水位和地面沉降数值模拟结果与群井抽水试验实测情况基本相符,可用来指导后续减压降水工作的开展。

6 结论

本文结合上海某地的一组多孔非稳定流抽水试验,运用 AquiferTest 软件计算了含水层的水文地质参数,并应用 GMS 软件对含水层地下水位及地面沉降进行了数值模拟,得出初步结论:(1)利用 AquiferTest 软件求参计算速度快,结果准确度高,相对其他方法具有明显的优势,且在一定程度上降低了人工求参主观性的影响,使得后期 GMS 软件的数值模拟结果更加合理。(2)根据抽水试验进行含水层参数计算时,选择至少 2 种以上的计算方法,以便相互对比、科学合理选择参数值。(3)使用 GMS 软件对地下水位和地面沉降进行数值模拟,方便快捷,可靠度高,结果以图表显示,非常直观,且可用以预测不同应力期地下水位和地面沉降的变化情况。

【参考文献】

- [1] 聂庆林,高广东,轩华山,等.抽水试验确定承压含水层参数方法探讨[J].水文地质工程地质,2009(4):37-40.
- [2] 靳晓颖,高业新,吴庆华,等.华北平原中部深层含水层水文地质参数研究[J].干旱区研究,2008,25(5):621-625.
- [3] 王淑梅,刘殿春,徐阳.利用单井进行多含水层分层抽水试验的方法[J].煤炭技术,2007,26(8):102-103.
- [4] 薛禹群,吴吉春.地下水动力学(第三版)[M].北京:地质出版社,2010.
- [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] 曹先仙,赵峰科.基于 GMS 的水文地质参数优化[J].勘察科学技术,2015(5):26-29.
- [7] 邱进峰,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.
- [8] 聂庆林,高广东,轩华山,等.抽水试验确定承压含水层参数方法探讨[J].水文地质工程地质,2009(4):37-40.
- [9] 刘天霸,石建省,张永波,等.抽水试验中两种直线图解法的对比[J].地质科技情报,2011,30(6):122-127.
- [10] 于传宁,宗先国,张利红,等.利用抽水试验资料确定水文地质参数[J].地下水,2006,28(1):44-50.

【收稿日期】2016-12-04