

多孔非稳定流承压含水层抽水试验研究

韩 晔¹, 张 涛², 张 卓²

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013)

摘 要 : 多孔非稳定流承压含水层抽水试验由于受到各方面因素制约, 容易导致观测数据和计算结果的偏差。以试验开展条件良好的高密市大牟家镇槐家村为例, 探讨了多孔非稳定流承压含水层抽水试验的参数求取过程, 并对结果进行了较为详尽的讨论。

关键词 地下水; 多孔非稳定流; 承压含水层; 抽水试验

中图分类号 P641.2 **文献标识码** A **文章编号** 1009-6159(2010)-03-0024-03

每个地区的水动力条件都会受到包括地形地貌、地表水系、地层岩性、构造等各方面因素的制约。并且各种影响叠加在一起, 具有不确定性以及复杂性。因此准确求取水文地质参数是一件比较困难的事情。

本文以一组较为典型的抽水试验为例, 讨论了参数求取过程, 并对求参过程和结果进行较为深入的分析。力求对今后的水文地质试验和水源地建设工作起到指导性作用。

1 水文地质概况

试验场地地处胶莱平原, 地势平坦。根据钻探成果, 第四系厚度 16.4m。主要含水层有两层: 11.1~13.0m 中细砂, 青灰色、灰黄色, 质纯净; 13.0~17.3m 中粗砂, 土黄色。其中 15.4~16.4m 处见砾石及土黄色粘土团块, 砾石直径可达 4.3cm。含水层上覆地层有 4.27m 厚度的粘土强隔水层; 之上为粉砂、细砂、粘质粉土等, 但非本次抽水试验目的层。因此目的含水层为典型承压水含水层。

2 试验开展情况简介

2.1 试验场地概况

本文涉及抽水试验场地位于高密市大牟家镇槐家村西北(图 1), 地处胶莱平原最南端。选用项目施工以及当地原有农灌井进行试验。共布设 1 个抽水主井, 5 个观测孔(表 1)。试验时间在 12 月份, 避开了农灌季节

以及丰、枯水期, 地下水位波动较小, 利于参数的准确求取。



图 1 抽水试验场地示意图

表 1 主井及观测孔基本情况一览表

编号	性质	与主井距离(m)
GC2	主井	0
GC2-1	观测孔	43.4
GC2-2	观测孔	126
GC2-3	观测孔	127
GC2-4	观测孔	126
GC2-5	观测孔	5.5

2.2 试验开展过程

2.2.1 天然流场观测

作者简介: 韩晔, 男, 山东济南人, 工程师

收稿日期: 2009-09-24

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

为了解地下水天然流场的变化情况，估算其对抽水试验观测数据的影响，在正式抽水试验之前进行了天然流场观测，持续 27h。共记录各井点水位埋深数据 162 点次。各井点水位埋深变幅最大的为 10.3cm，最小为 0.4cm。对抽水开始后数据观测误差影响不大于 10.3cm。

2.2.2 持续抽水观测

抽水采用水泵为 QY-30-32-3 型潜水泵，额定流量 30m³/h，额定功率 3kW，扬程 32m，三相四线交流电作为动力。抽水共持续 39h30min。各井点同步观测。在抽水开始的前 2 小时内对各井水位按照《供水水文地质勘查规范》进行加密观测；2h 后则每半小时观测一次。

2.2.3 水位恢复观测

在持续抽水结束时同时开始水位恢复观测。对各井点在停抽 2h 以内按照《规范》进行加密观测，之后每半小时测量一次水位。共进行观测 20h，直至水位基本恢复至抽水前的状态。

3 参数求取

根据实际测量结果，水泵流量基本稳定于 28m³/h，计算时取 Q=28m³/h 进行计算。

3.1 利用 lgS~lgt 配线法求取水文地质参数

由于该处地下水为承压水，因此采用标准 Theis 模型进行计算。

在透明双对数纸上绘制出 S~t 实际资料曲线，将此曲线重叠在 W(u)~1/u 标准曲线上，在保持坐标轴彼此平行的条件下，使实测曲线和标准曲线尽量拟合。拟合之后，任选一匹配点 A，读取该点坐标值 W(u)、1/u、s、t。由于抽水井具有较大的水跃值，求取参数无参考价值，因此只用观测孔数据求取参数。

代入泰斯求参公式：

$$T = \frac{Q}{4\pi[S]} W(u) \tag{1}$$

$$\mu^* = \frac{4T[t]}{r^2[1/u]} \tag{2}$$

式中：Q 为抽水流量；S 为降深；W(u)、1/u 为选取点对应标准曲线值；r 为距离抽水主井距离；t 为抽水延续时间；T 为导水系数；μ* 为贮水系数。

最终求得各观测孔参数值见表 2。

3.2 利用 S~lgt 直线图解法求取水文地质参数

将观测资料点在 S~lgt 单对数坐标系中，通过绝大多数点连一直线。读取直线在一个对数周期内的 s 值，即为该直线斜率 i。

表 2 标准曲线对比法求取参数一览表

编号	GC2-1	GC2-2	GC2-3	GC2-4	GC2-5
T(m²/d)	498.76	615.29	647.67	631.06	411.56
μ	4.75×10 ⁻⁴	4.04×10 ⁻⁴	3.35×10 ⁻⁴	3.31×10 ⁻⁴	6.8×10 ⁻³
r(m)	43.4	126	127	126	5.5

带入泰斯求参公式：最终求得各观测孔参数值如表 3 示。

表 3 s~lgt 直线法求取参数一览表

编号	GC2-1	GC2-2	GC2-3	GC2-4	GC2-5
T(m²/d)	471.48	736.87	778.84	621.50	450.76
μ	2.10×10 ⁻⁴	3.19×10 ⁻⁴	2.26×10 ⁻⁴	3.00×10 ⁻⁴	5.1×10 ⁻³
r(m)	43.4	126	127	126	5.5

经验证，各观测孔所求参数均满足 $u = \frac{r^2\mu}{4Tt} \leq 0.05$ 公式所要求的直线法近似条件，求取数据有效。

4 对于参数的讨论

4.1 求取导水系数(T)与观测孔和抽水主井距离(r)的关系分析

援引 Theis 标准曲线对比法求取的参数，根据不同观测孔与抽水主井距离(r)与各观测孔求得的导水系数(T)，绘制了求得的导水系数随离主井距离变化趋势线(如图 2)。

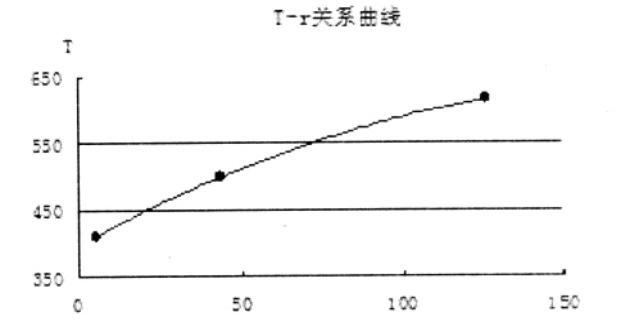


图 2 导水系数(T)随井距(r)变化关系曲线

由图 2 知，虽然试验场地内各孔水文地质条件相似，但根据各孔观测数据求取的导水系数(T)并不相同或类似，而是随观测孔距抽水主井的距离增大而显著增大。这与实际情况是有出入的。抽水试验场地范围小，沉积环境简单，无控水构造发育，因此求取的水文地质参数应当相似。

4.1.1 参数差异原因分析

下面就求取参数差异较大的原因进行讨论。

由 Theis 公式可知,观测孔距离抽水主井距离 r 越大,则观测到的降深 s 越小。以距离抽水主井由近及远顺序排列的 GC2-5、GC2-1、GC2-2 为例,在同一张双对数坐标纸上, r 越大,那么数值越偏向右下角(如图 3),那么配线时是以如图 4 所示的形式进行配线的。

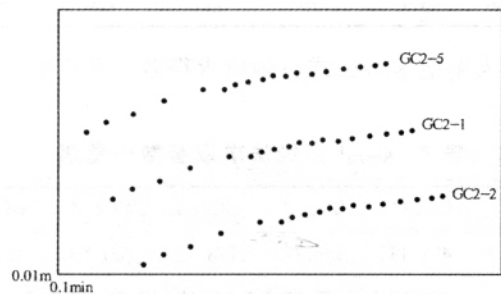


图 3 三观测孔在同一张双对数坐标纸上投点示意图

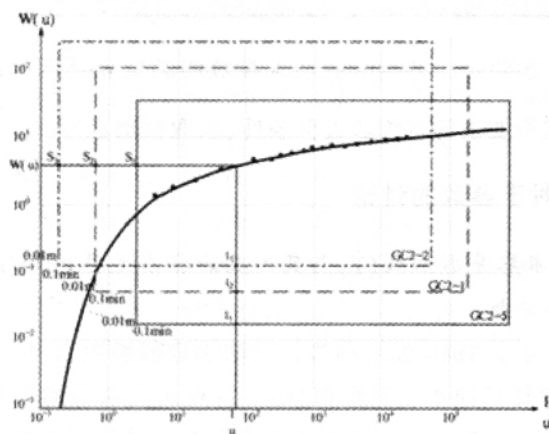


图 4 三观测孔与 Theis 标准曲线配比示意图

由图 4 可知,三观测孔配线完毕后, r 越大的观测孔在配线时的位置越偏左上角一些。若取同一个 $W(u)$, $1/u$ 值,那么在坐标纸上读取的各观测孔实际降深 s 与对应时间 t 则随 r 的增大有如下关系: $s_1 > s_2 > s_3$, $t_1 < t_2 < t_3$ 。

根据 Theis 公式 $T = \frac{Q}{4\pi[S]} W(u)$, Q 、 $W(u)$ 相同,根据 r 由小到大设各观测孔求取的导水系数为 T_1 、 T_2 、 T_3 ,则根据上式可知 $T_1/T_2 = (S_2/S_1) < 1$ 。由此 $T_1 < T_2 < T_3$ 。这就是 T 随 r 的增大而增大的原因。这是实际配线时人为因素的体现。

下面讨论一下要使各观测孔求取的水文地质参数一致需要的条件。

由上面的讨论可知,要使导水系数 T 一致,即 $T_1 = T_2$,则配合点处满足 $S_1 = S_2$ 即可,也就是说只要两个观测孔数据所在坐标纸的 S 轴坐标一致即可;要使贮水系数 μ^* 一致,即 $\mu^*_1 = \mu^*_2$,则由求取贮水系数的公式

$\mu^* = \frac{4T[t]}{r^2[1/u]}$ 可知,需要满足的条件是配合点处满足 $\frac{t_1}{t_2} =$

$\frac{r_1^2}{r_2^2}$ 的条件,也就是说两观测孔数据所处坐标纸时间轴的平移量是距主井距离的平方比。这也反映了越远的观测孔越晚达到稳定状态的客观事实。

4.1.2 解决方案

参考上述分析,在使用标准曲线配比法求取水文地质参数时,应当在观测孔数据与标准曲线尽可能重叠的前提下,兼顾各观测孔 s 轴刻度的一致,以免出现求取参数差距大、脱离客观事实的情况(如图 5)。

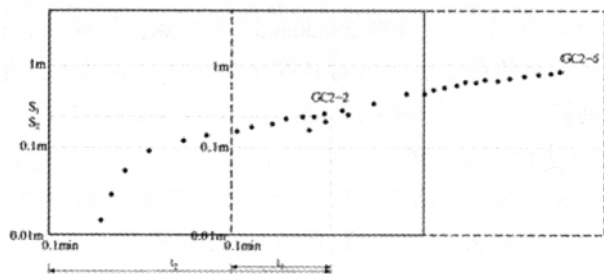


图 5 观测孔之间 $s \sim t$ 曲线横向对比示意图

由于距离抽水主井越远,观测孔数据受到距离 r 的影响越大,受到人为曲线配合的影响越大,因此利用最靠近抽水主井的观测孔求取的参数值应当最能反映实际的水文地质条件。然而在实际操作中,观测孔总是距抽水主井有一定的距离,因此实际上根据观测孔求得的导水系数也并非真值,而是较真实值偏大。综合各观测孔求取的数据,利用距离抽水主井最近的观测孔数据求取的参数值最具有参考价值。

4.1.3 需要注意的问题

需要注意的是,以上讨论仅限于均质各向同性含水层的情况。对于范围较大、规模较大、地层条件复杂的试验场地并不能得出这种结论。复杂情况下的抽水试验中根据不同观测孔求取的水文地质参数不仅受到距离主井远近的影响,更反映了含水层变化以及构造发育情况,因此不能简单的将求取参数的差异完全归因于人为配线的因素。这提示人们,任何水文地质试验都必须在充分分析了解当地水文地质概况的前提下选取合适的概化模型来进行研究。脱离客观水文地质条件的试验结果是不能作为有效地衡量水文地质参数的标准的。

4.2 参数的作用

T 值即含水层的导水系数,反映了地下水在含水介质中的运移速度。 T 值越大,说明该处含水层导水性越好。因此若求取 T 偏大,会导致水源地建设时误认为该地水文地质条件更好而高估其 (下转第 55 页)

相配套的城市水务管理法规建设,修改不适合水务管理体制建设的相关法规政策。同时,随着水务管理体制建设的不断推进,对城市供排水和污水处理回用的投资渠道需要疏通,城市供排水和污水处理回用的价格与收费政策还有待建立完善。

3.1.3 长期投入不足,抗御自然灾害的能力不够强

滕州市多处水库、排灌站等水利工程始建于20世纪50年代,防洪排灌标准偏低,5条骨干河道除新薛河达20年一遇防洪标准外,其他河道均未统一治理,局部河段防洪标准仅达5~10年一遇。农田水利基础设施薄弱,抗御自然灾害综合实力还不够强。

3.1.4 依法管理水平有待进一步提高

鉴于水行政执法无强制性措施,执法难度大,实效差,非法乱挖滥采砂土和水资源现象还没彻底根除,拖欠、少交、欠交水规费现象依然存在,加之执法队伍人员力量不足,部门联合执法力度不够,水务权属管理还存有薄弱环节,水资源开发利用水平不够高等。

3.2 发展对策

滕州市应围绕全面构建人水和谐社会这一总体目标,立足创新体制,转换机制,强化管理,全面推进城乡水务一体化建设进程,努力实现人水和谐。

3.2.1 深化配套改革,理顺管理体制

不断推进水务管理体制配套改革,在巩固污水处理厂改制成果的基础上,积极探索实施好城市供排水

和水利工程管理体制改革,同时加快水利资产管理体制、水务投融资机制、水价形成机制改革,逐步建立水务一体化良性运行机制。

3.2.2 全力抓好水利基础设施建设

尽快建立起比较完善的开源节流、城乡供水、水源保护、防洪保安、水土保持和水污染防治等工程体系,力争3年内新增年供水能力1.2亿 m^3 ,实现城乡供水一体化,农业节水灌溉面积达到80%,城市和5条骨干河道堤防防洪标准分别达到50年一遇和20年一遇,水库塘坝防洪标准达到设计标准;综合治理水土流失,水生态环境得到明显改善,努力实现污水资源化利用,保证出境水质达标排放。

3.2.3 加强水资源管理,促进水资源节约保护

在严格实施取水许可制度基础上,强化水资源权属管理,搞好水资源水功能区划分,全面加强水资源保护,大力推进节水工作,努力建设节水型社会。

3.2.4 大力推进水务综合执法

建立健全水务执法体系,提高执法水平,加大执法力度,依法加强对水资源、水工程的管理和保护,严厉查处各类水事违法案件,维护良好的水事秩序,力争各项水规费及时足额征收到位,保障水务事业和经济社会持续快速、科学和谐发展。

(本栏编辑 郑继胜)

(上接第26页)出水量,以至于在指导实际开采地下水的过程中产生严重后果。参考本文讨论,可以更为准确估计实际地下水可采资源量,计算结果更贴近客观实际,在生产实践中起到一定的指导意义。

5 结 语

(1)以研究为目的的抽水试验应当选取地层及水文地质条件变化较小的小范围场地开展。时间上最好避开丰水期及枯水期,选取地下水位天然波动较小的时间进行。

(2)均质各向同性承压含水层抽水试验求取的导水系数一般随观测孔距抽水主井的距离增大而显著增

大,这种现象是配线时人为因素的体现,并不能反映客观实际。

(3)均质各向同性承压含水层抽水试验求取水文地质参数应当以最靠近抽水主井的观测孔取得值为准。在使用配线法求解时,在充分配线前提下应兼顾降深轴(s轴)的一致性。

(4)准确求取的水文地质参数对于水源地建设具有重要意义。

参考文献:

- [1] 薛禹群.地下水动力学[M].地质出版社,1997.9.
- [2] 陈崇希.地下水动力学[M].中国地质大学出版社,1999.10.