

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.06.086

上海某深基坑群井抽水试验参数分析

王庆磊

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 传统的抽水试验主要为单井抽水试验, 获得相关水文地质参数不够精确, 同时又存在较大的误差。以上海地区某深基坑工程为例, 该基坑最大开挖深度为 25.8 m, ⑦₁ 层粉砂夹粉质粘土与⑦₂ 层粉砂两者相互贯通, 针对⑦层土进行群井抽水试验, 对试验所得数据进行拟合分析, 得到导水系数平均值为 $T=115\text{ m}^2/\text{d}$, 水平渗透系数平均值 $K_h=4.61\text{ m/d}$, $K_v=0.155 \times 4.61\text{ m/d}=0.71\text{ m/d}$, 储水系数 $S=1.31 \times 10^{-3}$, 为基坑工程降水施工提供重要的参考依据。

关键词: 群井抽水试验; 数值模拟; 水文地质参数

中图分类号: TU46+3 文献标志码: B 文章编号: 1009-7716(2021)06-0337-03

0 引 言

随着上海市经济的迅速发展和城市建设的不断推进, 轨道交通工程、高层建筑、越江隧道、高架桥梁工程等大规模不断展开, 与之相关的基坑开挖深度也越来越深, 而基坑降水对基坑施工安全性至关重要。对于上海地下水位较浅的地区, 基坑降水的研究显得尤为重要。

传统的抽水试验多采用单井试验, 参数误差相对较大, 同时单井试验无法判别不同土层之间的水力联系, 局限性较大。笔者通过现场群井试验获取含水层的水文地质特征参数, 以达到群井试验在专项水文地质勘察中的应用^[1]。

1 工程概况

本基坑工程位于上海市闵行区, 基坑开挖深度为 25.8 m, 基坑开挖过程中需抽降第⑦层承压水, 为了解承压水水头埋深分布, 取得承压含水层的详细水文地质参数、从而制定合理、可行的降水设计处理方案, 确定施工期间降压井的降水施工参数, 为布置降压井提供依据^[2]。

根据现有地质勘察资料, 见表 1, 场地地基土可分为 7 层。本基坑下部承压水层分布比较均匀, 为⑦₁ 层粉砂夹粉质粘土、⑦₂ 层粉砂, 两者相互贯通, 可视为同一承压含水层, 基坑底部位于⑤₁ 层粘土层之中。

收稿日期: 2020-11-23
作者简介: 王庆磊(1991—), 男, 硕士, 工程师, 从事岩土工程勘察工作。

表 1 场地内土体分层及物理力学参数				
层号	土层名称	深度 /m	层底标高 /m	密实度
①	填土	0.4~6.5	4.23~-0.92	松散
② ₁	褐黄~灰黄色黏土	0.1~4.1	2.50~-1.58	/
② ₃	灰色粉砂夹粉质黏土	0.4~8.2	1.20~-7.54	稍密为主
③	灰色淤泥质粉质黏土	1.3~7.3	-3.05~-6.72	/
④	灰色淤泥质粉质黏土	0.9~11.5	-6.40~-17.40	/
⑤	灰色粉质黏土	3.0~15.6	-14.75~-25.83	/
⑥	暗绿~草黄色粉质黏土	1.3~7.9	-22.08~-29.05	/
⑦ ₁	草黄~灰黄色粉砂夹粉质黏土	3.6~13.1	-30.10~-38.58	中密
⑦ ₂	灰黄~灰色粉砂	8.2~43.0	-41.98~-74.38	密实

2 群井抽水试验实施

抽水试验实施的目的是为了获取本场地水文地质特征, 主要是目的层位为⑦₁ 层草黄~灰黄色粉砂夹粉质黏土和⑦₂ 灰黄~灰色粉砂, 需测定水文地质参数, 包含渗透系数、贮水系数(或贮水率)、导水系数, 以及单井最大涌水量^[3]。

采用非稳定流群井抽水试验的方式, 现场成井 10 口, 群井试验持续时间为 10 d, 其中 CA1-1~CA1-4 为抽水井, 其余 GA1-1~GA1-3 井及其它井均为观测井。抽水开始后按规范进行: 1'、2'、3'、4'、6'、8'、10'、15'、20'、25'、30'、40'、50'、60'、80'、100'、120' 的频率进行观测, 之后每隔 0.5 h 观测一次, 直到水

位恢复试验结束,见图1。群井停止抽水时,抽水已历时达7 d,各观测井水位稳定,已满足群井抽水试验停抽要求。

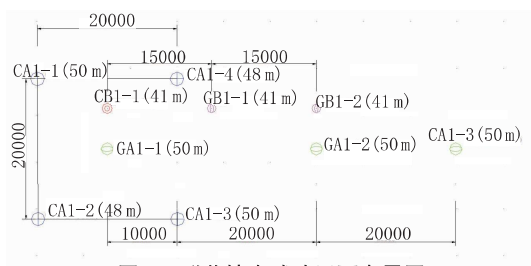


图1 群井抽水试验平面布置图

群井抽水试验共历时近6 d。其CA1-1井平均出水量约30.2 m³/h,动水位埋深基本保持在地下30.0 m;CA1-2井平均出水量约23.30 m³/h,动水位埋深基本保持在地下30.0 m;CA1-3井平均出水量约25.1 m³/h,动水位埋深基本保持在地下26.00 m;CA1-4井平均出水量约20.3 m³/h,动水位埋深基本保持在地下24.00 m。群井抽水期间,4口井出水量较稳定,见图2。

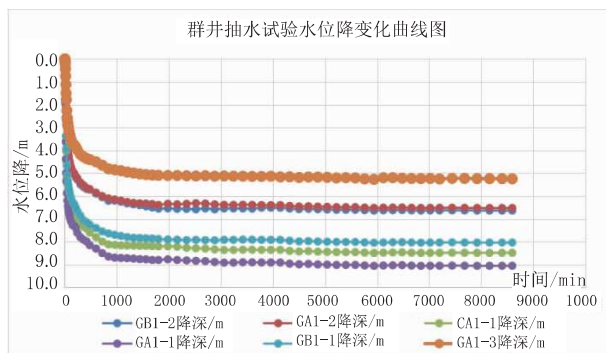


图2 降深与时间关系曲线

群井抽水试验期间,对6口观测井水位变化进行同步监测,群井抽水期间观测井水位降深情况见表2。

表2 群井试验观测井水位最大降深统计表

观测井	初始水位埋深/m	最终水位埋深/m	降深/m
GA1-1	-5.26	-14.31	9.05
GA1-2	-5.37	-11.89	6.52
GA1-3	-5.39	-10.64	5.24
GB1-1	-5.27	-13.75	8.48
GB1-1	-5.23	-13.27	8.04
GB1-2	-5.40	-12.03	6.63

4 群井试验拟合求取参数

水文地质参数是根据非稳定流抽水试验数据计算求得^[4]。本次试验地层有越流补给条件下的无界承压含水层中非稳定流抽水试验,上下隔水层有越流

补给,在巨厚含水层中,井结构为非完整井,含水层为均质、各向异性、侧向无限延伸,厚度不变。计算方法选用Hantush的计算方法,进行含水层的渗透系数(水平、垂直)、储水系数以及导水系数、越流因子等进行求参^[5]。

根据实际的抽水井和观测井的参数值,自动绘制一系列标准双对数曲线,同时根据单(群)井抽水试验后观测井水位下降,生成时间-降深的双对数曲线,并对实测曲线与标准曲线进行拟合,找出最佳的标准双对数曲线,计算含水层的各参数^[6]。拟合结果见图3。

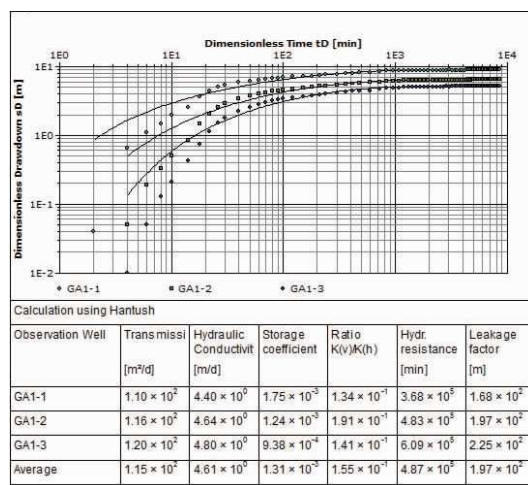


图3 群井试验标准曲线与实测曲线拟合综合图(双对数)

根据拟合曲线,可计算得出相关水文地质参数^[7],导水系数平均值: $T=115 \text{ m}^2/\text{d}$, 水平渗透系数平均值 $K_h=4.61 \text{ m/d}$, $K_v=0.155 \times 4.61 \text{ m/d}=0.71 \text{ m/d}$, 储水系数 $S=1.31 \times 10^{-3}$ 。

5 三维渗流数值模拟参数分析

通过数值法(利用ModFlow软件)建立三维渗流模型,通过反演求解参数^[8]。

根据研究区的几何形状以及实际地层结构条件,对研究区进行三维剖分。根据研究区工程地质及水文地质特性等信息,水平方向将水文地质概念模型剖分为72行、74列,最大行列间距20 m,核心区最小行列间距为2.0 m。结合抽水影响半径,在试验区向外延伸350,网格面积为800 m × 800 m,层位厚度为130 m,网格立体剖分见图4,网络最外边缘作为定水头考虑。

在Visual Modflow软件中,试验井可以设置过滤器长度、出水量等参数,与实际数据具有很强对比性,根据已有抽水试验观测井数据,建立抽水井和观测井模型。试验井模型设置见图5。

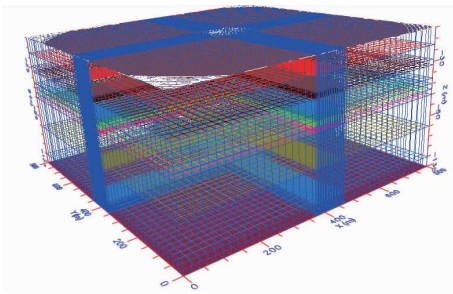


图4 离散模型网络三维图

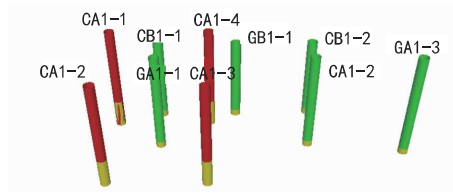


图5 试验井三维立体图

根据本工程的群井抽水试验结果,对抽水井的实测资料进行整理,在三维计算模型中设置抽水井,将抽水井涌水量代入三维数值模型中,进行群井抽水试验的数值模拟计算。对比计算结果和实测的观测井水位变化,不断调整并优化相关水文地质参数,得到合理的承压水分析参数^[9]。

群井抽水试验模拟的观测井水位结果的标准残差直方分布关系见图6,由图6可知误差中值约为0.043,标准残差的分布满足标准正态分布。

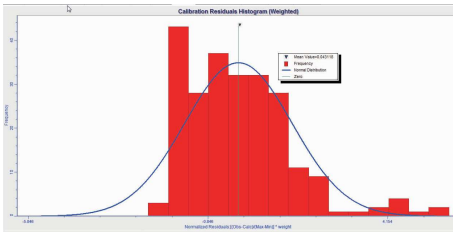


图6 群井试验标准残差直方分布图

通过以上三维数值计算反演分析,获取的模型参数见表3。

表3 群井试验模型层参数表

土层	渗透系数 $K/(m \cdot d^{-1})$		S_s 贮水率 (1/m)
	水平 K_h	垂直 K_v	
第⑦ ₁ 层粉砂夹粉质黏土	1.61	0.15	1.6E-5
第⑦ ₂ 层粉砂	5.21	0.52	2.58E-4

6 结 语

(1)本基坑工程开挖深度为25.8 m,在后期实施阶段必须考虑承压水的降水,控制水位满足安全需

求。

(2)其CA1-1井平均出水量约30.2 m³/h,动水位埋深基本保持在地下30.0 m;CA1-2井平均出水量约23.30 m³/h,动水位埋深基本保持在地下30.0 m;CA1-3井平均出水量约25.1 m³/h,动水位埋深基本保持在地下26.00 m;CA1-4井平均出水量约20.3 m³/h,动水位埋深基本保持在地下24.00 m。

(3)根据水位监测信息,群井抽水试验期间,6口观测井初始水位埋深为-5.26~-5.40 m,最终水位埋深为-10.64~-14.31 m,水位降深为5.24~9.05 m。

(4)根据不同求参方式比较,导水系数平均值: $T=115 m^2/d$,水平渗透系数平均值 $K_h=4.61 m/d$, $K_v=0.155 \times 4.61 m/d=0.71 m/d$,储水系数 $S=1.31 \times 10^{-3}$ 。

(5)群井抽水试验模拟的观测井水位结果的标准残差直方分布关系,可知误差中值约为0.043,标准残差的分布满足标准正态分布。

(6)根据不同求参方式比较,本工程⑦₁层粉砂夹粉质黏土综合水平渗透参数 $K_h=1.61 m/d$,垂直渗透参数 $K_v=0.15 m/d$,平均贮水系数 $S=1.60 \times 10^{-5}$;⑦₂层粉砂综合水平渗透参数 $K_h=5.21 m/d$,垂直渗透参数 $K_v=0.52 m/d$,平均贮水系数 $S=2.58 \times 10^{-5}$ 。

(7)群井试验求参可通过对比计算结果和实测的观测井水位变化,不断调整并优化相关水文地质参数,得到合理的承压水分析参数。

参考文献:

[1] 钟建文,李罡,牛磊,等.基于抽水试验的参数反演和基坑降水过程数值分析[J].工程勘察,2019,47(7):36-41,72.
[2] 唐德康.上海某深基坑降水抽水试验研究[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2019,37(3):363-366.
[3] 兰韡.基坑工程水文地质勘察设计与应用[J].建筑施工,2018,40(9):1506-1508.
[4] 林波,丁月双,李连营,等.天津某深基坑工程群井抽水试验研究[J].施工技术,2013,42(8):82-85.
[5] 武永霞,张楠,陆建生.地下水回灌技术在浅层承压含水层中的实践与探讨[J].岩土工程技术,2010,24(3):156-160.
[6] 缪俊发,姜荣祥,方兆昌.上海地区的承压含水层降水设计方法[J].地下空间与工程学报,2010,6(1):167-173,218.
[7] 骆祖江,刘昌军,瞿成松,等.深基坑降水疏干过程中三维渗流场数值模拟研究[J].水文地质工程地质,2005(5):48-53.
[8] 张楠.深基坑水文地质参数的确定及降水设计[J].地下空间与工程学报,2011(4):375-379.
[9] 薛禹群,吴吉春.地下水动力学[M].北京:地质出版社,2010.