

基于 AquiferTest 和 ModFlow 求解 哈尔滨河漫滩地区水文地质参数

□ 文 / 毛喜云 张 强 于升才 王 静

【摘 要】哈尔滨地铁未来规划线路约 50% 的站位位于松花江河漫滩地区。文章通过在哈尔滨体育公园站开展专项水文地质抽水试验,获取了各含水层的试验数据,利用 AquiferTest 和 ModFlow 软件求解水文地质参数的方法,分别对单井抽水试验和群井抽水试验的数据进行了计算和模拟分析,求解出哈尔滨地区典型河漫滩二元结构地层各含水层及弱透水层的水文地质参数。

【关键词】抽水试验 水文地质参数 河漫滩 AquiferTest ModFlow 哈尔滨

各土层相关的水文地质参数对于降水设计以及分析预测降水对周边环境的影响至关重要。前期勘察报告提供的水文地质参数较为单一,不能满足基坑降水深化设计和精准设计的要求,工程中通常通过抽水试验的方法获取含水层水文地质参数。对于单个含水层,进行抽水试验可以得到其理想状态下的水文地质参数,考虑到地下各种复杂因素的影响,不但要提供含水层的相关水文地质参数,同样需要提供弱透水层甚至是隔水层的相关水文地质参数,这样得出的水文地质参数才更有针对性,计算结果才更加准确,更加接近实际情况。

工程中单一含水层抽水试验结果往往通过 Aquifer-Test 软件进行抽水试验资料分析、数据处理,通过 AquiferTest 求参比人工求得的参数对比性强且更为精确、便捷。但是 AquiferTest 软件只能较为准确的获取含水层的水文地质参数,不能获取弱透水层和隔水层的相关水文地质参数(主要涉及弱透水层和隔水层的垂直渗透系数),这是基坑涌水量计算以及基坑越流补给量计算的关键,结合以往经验,通过 ModFlow 三维渗流软件,利用 AquiferTest 软件获取的含水层水文地质参数进行数据拟合、反演,能够更加准确的获取弱透水层和隔水层的相关水文地质参数。

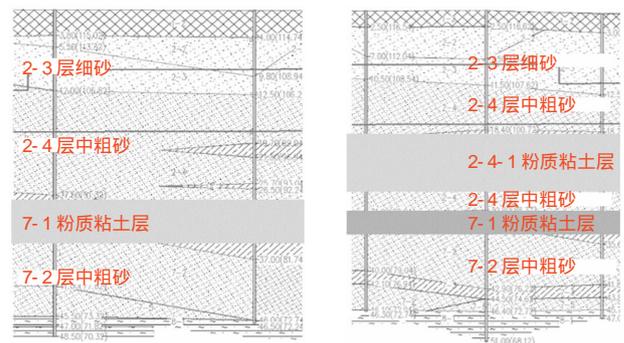
针对哈尔滨松花江河漫滩地层,土层分布较为复杂,含水层厚度较大,基坑降水设计更多的凭借当地人员的经验,并未对相关水文地质参数提出相应的要求,导致基坑降水设计偏于保守,一味地追求降水井深度,加大降水井出水量,这种设计思路虽然能够满足基坑降水的要求,但同样加大了降水对周边环境的影响,加

大了抽水量的同时水资源过度浪费,同样加大了耗电量。伴随经济的快速发展,不论资源浪费或是对周边环境的影响增大,都不能适应发展的需要,因此基坑降水设计、止水帷幕设计需要实现精准化设计,在满足需求的前提下,尽可能的与实际相接近,这也为相关水文地质参数的获取提出了更高的要求。

本文以哈尔滨地铁 3 号线体育公园站实际工程抽水试验为基础,利用 AquiferTest 和 ModFlow 软件获取更加全面且更加适用于工程实际的水文地质参数。

1 水文地质条件

拟建场地浅部分布有第 2-3 层细砂及第 2-4 层中粗砂,大部分地区 2-4 中粗砂层被 2-4-1 粉质粘土层隔成上下两部分,2-3 及上部 2-4 砂层连通,以潜水形式存在,下部 2-4 层具微承压性。对应车站基坑小里程端头井一侧 2-4-1 层粉质粘土层缺失,2-4 层完全连通为一层。两侧典型地质断面见图 1。



a) 小里程端头井一侧 b) 大里程端头井一侧

图 1 含水层组结构剖面

整个基坑范围内下部存在第 7-2 层中粗砂,基坑下部 7-1 层粉质粘土层连续分布,但厚度不均,局部较

薄处只有 1.2 m 左右且局部夹 7-1-1 层中砂层。导致 7-2 层与上部 2-4 层存在一定的水力联系。7-2 层含水层厚度差异性较大。

由体育公园站揭露的地层剖面看出,由于多层粉质粘土层(2-4-1 粉质粘土和 7-1 层粉质粘土层)相对隔水层的存在,导致基坑涌水量计算存在很大的差异。相对隔水层的垂直渗透系数的大小决定了下部各含水层的垂向越流补给量的大小,同时决定了基坑降水对周边环境地下水水位的影响。因此为了更准确的计算基坑的涌水量以及预测基坑降水对周边环境的影响,需要获取各含水层较为准确的水文地质参数,同时需要获取相对隔水层较为准确的水文地质参数,判断上下含水层之间水力联系的强弱,为后续计算提供可靠的依据。结合勘查报告提供各项参数分析,勘查报告提供的参数相对片面,未对隔水层隔水下过进行定量分析,基于此需要结合工程实际进行有针对性的专项水文地质抽水试验以获取更为全面和准确的水文地质参数。

2 抽水试验情况

2.1 抽水试验设计

结合基坑大小里程端地层差异,两个区域单独进行试验。对应小里程端头井位置为试验一区,对应大里

程端头井位置为试验二区。共设计 15 口试验井,其中试验一区 7 口、试验二区 8 口,见图 2-图 3 和表 1。

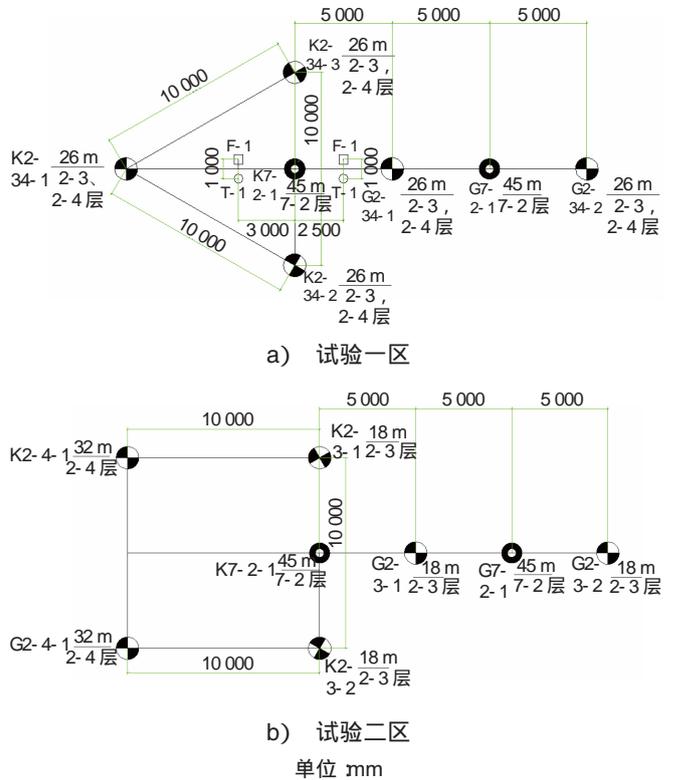


图 2 抽水试验井平面布置

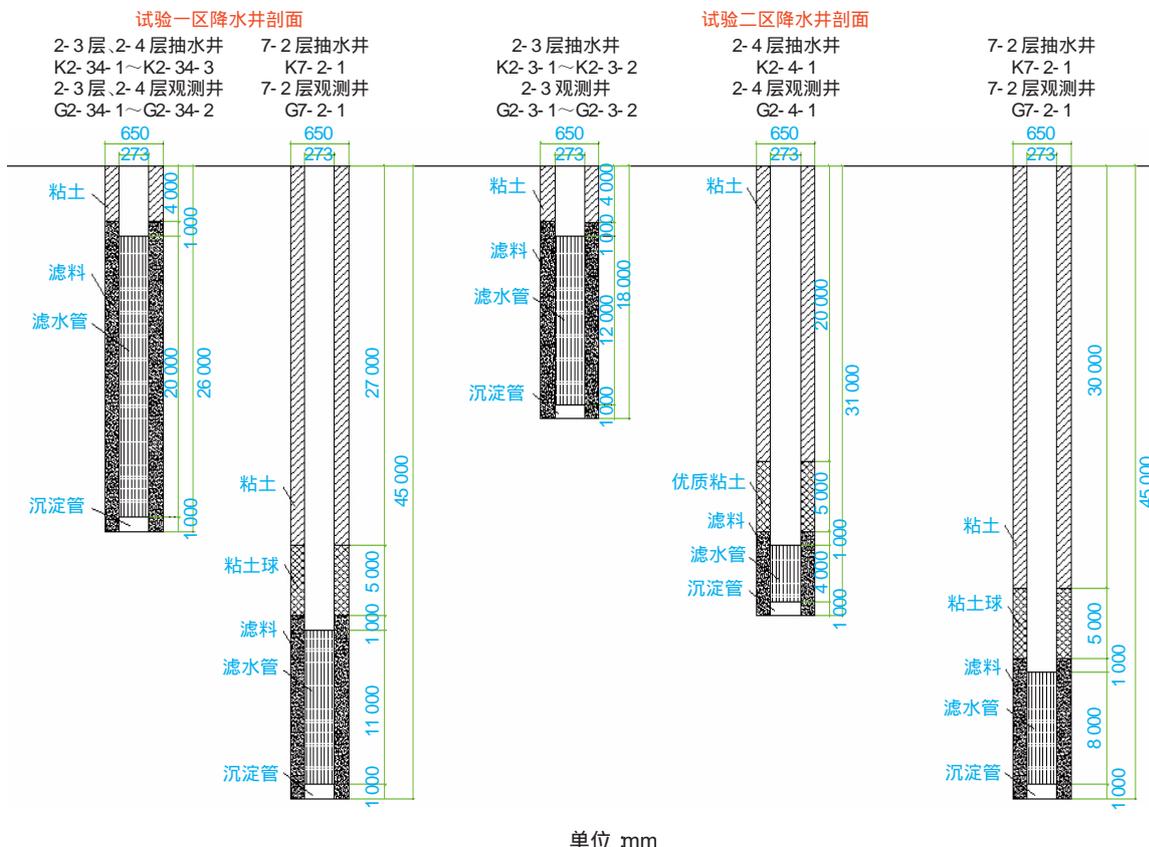


图 3 抽水试验井结构

表 1 试 验 井 结 构 参 数

区域	地层	井数	井号	孔深 / m	孔径 / mm	井径 / mm	滤管 / m
试验一区	2-3、2-4层	3	K2-34-1~K2-34-3	26	650	273	5~25
		2	G2-34-1~G2-34-2	26	650	273	5~25
	7-2层	1	K7-2-1	45	650	273	33~44
		1	G7-2-1	45	650	273	33~44
试验二区	2-3层	2	K2-3-1~K2-3-2	18	650	273	5~17
		2	G2-3-1~G2-3-2	18	650	273	5~17
	2-4层	1	K2-4-1	32	650	273	27~32
		1	G2-4-1	32	650	273	27~32
	7-2层	1	K7-2-1	45	650	273	36~44
		1	G7-2-1	45	650	273	36~44

2.2 抽水试验数据

试验采用精度较高的自动化数据采集仪器,采集频率 2 min/次。

2016年5月29日—5月31日进行试验二区现场单井抽水试验。

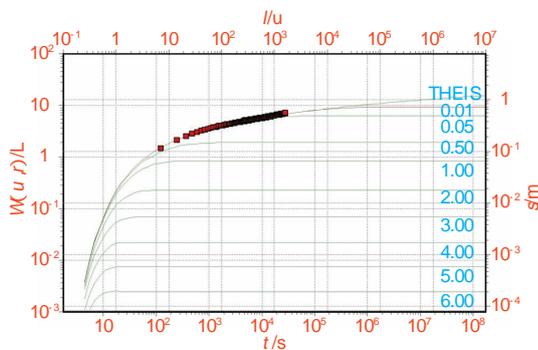
单井试验分别对设置的2-3层、2-4层和7-2层试验井进行抽水持续时间各24h。根据抽水试验数据分析,深度18.00m的2-3层抽水井的单井涌水量约为58.0 m³/h,单井水位降深3.91m;深度32.00m的2-4层抽水井的单井涌水量约为10.00 m³/h,单井水位降深30m;深度45m的7-2层抽水井单井涌水量约稳定在39 m³/h,单井水位降深24.3m。

2016年6月30日—7月1日进行试验一区现场单井抽水试验。

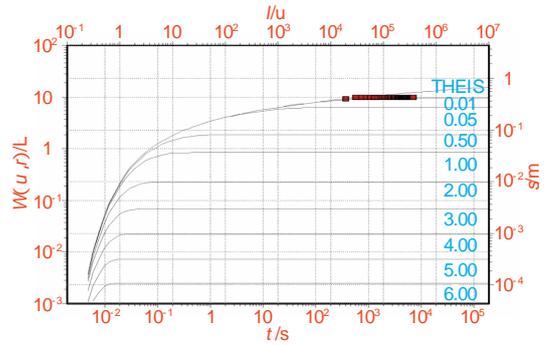
深度26m的试验井K2-34-1,单井稳定出水量60 m³/h,水位降深2.61m;深度45m的试验井K7-2-1单井涌水量约稳定在48 m³/h,单井水位降深4.97m。

3 含水层水文地质参数

运用 Aquifer Test 软件,对单井抽水试验同层位观测井实测曲线与标准曲线进行拟合,见图4和图5。

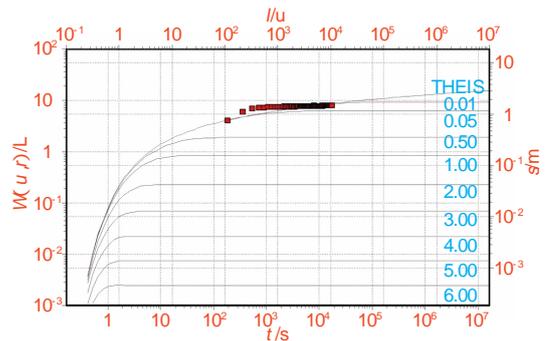


a) 2-34层

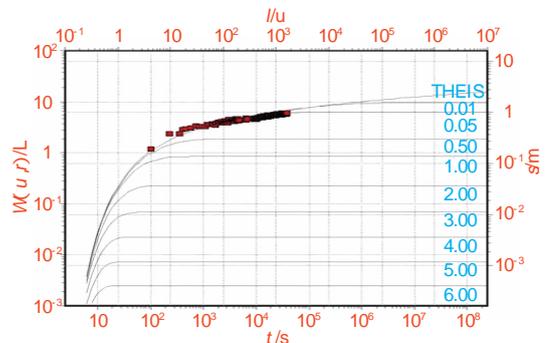


b) 7-2层

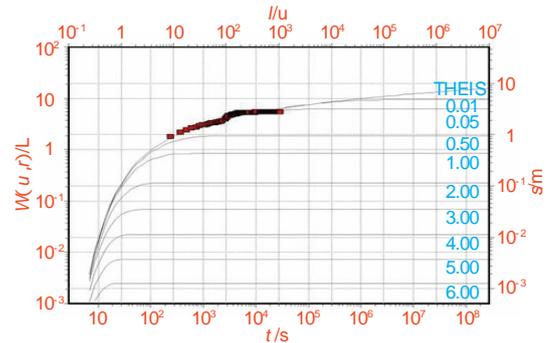
图 4 试验一区观测井实测曲线与标准曲线拟合



a) 2-3层



b) 2-4层



c) 7-2层

图 5 试验二区观测井实测曲线与标准曲线拟合

根据 Hantush-Jacob 方法进行计算,得到含水层的水文地质参数,见表2。

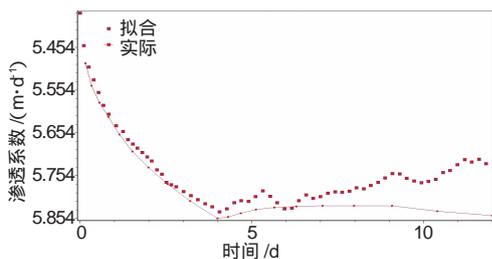
表 2 含水层水文地质参数

区域	层号	导水系数 / ($m^2 \cdot d^{-1}$)	水平渗透 系数 /($m \cdot d^{-1}$)	贮水系数
试验一 区	2-34 层	720	36	5.53×10^{-3}
	7-2 层	176	16	2.25×10^{-3}
试验二 区	2-3 层	396	33	2.12×10^{-3}
	2-4 层	156	39	3.39×10^{-2}
	7-2 层	136	17	2.01×10^{-4}

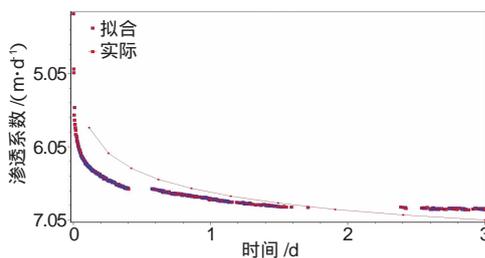
4 参数反演

根据工程水文地质条件,结合群井抽水试验结果,运用 ModFlow 三维渗流软件建立地下水渗流三维计算数值模型,初始的水文地质参数按照勘察报告及群井抽水试验结果确定,进行群井抽水试验的三维有限差分法反演分析。根据群井抽水试验中观测井水位拟合,反演出合理的计算模型水力学参数。

本次模拟周期为 8 d,分 6 个周期。根据群井抽水试验结果,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,将抽水试验井出水量代入三维数值模型中,含水层的参数采用单井抽水试验所求得参数,进行群井抽水试验的数值模拟计算,求取弱透水层 2-4-1 层粉质粘土层和 7-1 粉质粘土层的渗透系数,见图 6。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。



a) 试验一区



b) 试验二区

图 6 群井试验实测曲线与模拟曲线对比

根据上部含水层的群井抽水试验以及下部 7-2 层水位观测数据,数值模拟结果所得 7-1 粉质粘土层的

水文地质参数见表 3。

表 3 弱透水层参数

井号	水平渗透 系数 /($m \cdot d^{-1}$)	垂直渗透 系数 /($m \cdot d^{-1}$)	贮水系数
2-4-1	1.20	0.3	0.000 1
7-1	0.75	0.3	0.000 1

5 结语

1) 本文以哈尔滨轨道交通体育公园站为依托,在该站开展专项抽水试验并利用 AquiferTest 软件进行单井抽水试验资料分析、数据处理,获取含水层的水文地质参数。

2) 通过 ModFlow 三维渗流软件利用 AquiferTest 软件获取的含水层水文地质参数进行数据拟合、反演,更加准确的获取弱透水层和隔水层的相关水文地质参数。

3) 通过试验一区 2-34 层群井抽水,试验二区 2-3 层和 2-4 层群井抽水试验地下水渗流数值模型的识别与验证,从水头随时间的动态变化可以看出,模拟计算的曲线与实际观测的曲线拟合地较好,说明单井抽水试验取得的水文地质参数真实地反映了含水层的水文地质特性。将实测与数值模拟的最终稳定水位降深值进行对比,两者的偏差很小,满足工程精度要求。因此,可以使用本次数值模拟的成果预测和分析试验场地以及周围地区的承压水头的时空分布。

□ ■

参考文献:

- [1] 陶宗涛,闫志为. Aquifer Test 软件求解承压含水层水文地质参数的方法及效果[J]. 水电能源科学, 2012, 30(10): 58-60.
 - [2] 任改娟,杨立顺,回广荣,等. 传统公式法和 Aquifer Test 计算水文地质参数的对比分析[J]. 地下水, 2015, 37(4): 165-167.
 - [3] 蒋辉. 基于 Aquifer Test 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.
 - [4] 陶宗涛,闫志为. 基于 Aquifer Test 的水文地质参数计算方法研究[J]. 水利科技与经济, 2012, 18(12): 25-27.
 - [5] 王烈,李开超. 稳定流抽水试验渗透系数的对比分析[J]. 地下水, 2012, 34(2): 40-41.
- 中图分类号: P641.2
 □ 文献标识码: C
 □ 文章编号: 1008-3197(2017)06-56-04
 □ DOI 编码: 10.3969/j.issn.1008-3197.2017.06.020
 □ 收稿日期: 2017-10-10
 □ 作者简介: 毛喜云/男, 1965 年出生, 工程师, 上海长凯岩土工程有限公司, 主要从事岩土工程设计、施工、工程地下水处理等相关工作。
 □ 张强/中交哈尔滨地铁投资建设有限公司。
 □ 于升才/中国铁路设计集团有限公司。
 □ 王静/上海长凯岩土工程有限公司