

王俊, 田明, 裴红云, 等. 芜湖皖28井水位异常数模研究[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 187-189. [WANG Jun, TIAN Ming, PEI Hongyun, et al. Numerical Simulation of Water Level Anomaly of Wuhu 28 Well in Anhui Province[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 187-189]

芜湖皖28井水位异常数模研究

王俊^{1,2}, 田明³, 裴红云¹, 李军辉¹, 谢庆¹, 马力⁴

(1. 安徽省地震局, 合肥 230031; 2. 安徽蒙城地球物理国家野外科学观测研究站, 安徽 蒙城 233527; 3. 合肥市地震监测中心, 合肥 230061; 4. 合肥地震监测中心站, 合肥 231607)

Numerical Simulation of Water Level Anomaly of Wuhu 28 Well in Anhui Province

WANG Jun^{1,2}, TIAN Ming³, PEI Hongyun¹, LI Junhui¹, XIE Qing¹, MA Li⁴

(1. Anhui Earthquake Agency, Hefei 230031, China; 2. Anhui Mengcheng National Geophysical Observatory, Mengcheng 233527, China; 3. Hefei Earthquake Monitoring Center, Hefei 230061, China; 4. Hefei Earthquake Monitoring Center Station, Hefei 231607, China)

关键词: 芜湖28井; 数值模拟; 水位异常; 轻轨施工

Keywords: Wuhu 28 well; Numerical Simulation; Water level anomaly; Light rail construction

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0187-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.69

0 研究背景

研究表明,地震孕育过程中孕震区内各点的应力应变都将发生变化,介质的物性参数也将改变,因此孔隙压和地下水位随之改变^[1]。孙小龙等^[2]运用有限差分方法计算了地热开采所引起的区域水位降落漏斗,并分析了水位下降异常的时间演化和空间分布特征。尹京苑等^[3]利用1995年7月120日云南孟连 $M_s7.3$ 地震和1996年2月3日云南丽江 $M_s7.0$ 地震前保山井水位异常变化的原始资料,并根据介质体膨胀变化率和水位变化的耦合关系式,用有限差分法模拟了保山井水位的变化情况。为此,本文基于有限元方法对芜湖皖28井水位异常

进行数模研究,以科学判定异常性质,为今后类似水位大幅度下降异常判定提供技术支撑和借鉴。

1 研究资料与研究方法

芜湖皖28井位于下扬子断块区,宁芜断陷盆地南段,郟庐断裂带东侧。该井钻井深268.80 m,上部套管深度41.54 m,观测含水层岩性为白垩纪黄铁矿化石英闪长玢岩,观测段为142~160 m、222~235 m,总揭露厚度31 m,由闪长玢岩构成井壁围岩,地下水类型为裂隙承压水(图2)。井孔位于黄泥山岗上,周围为农田,地下水径流条件较差,受降雨影响较小。1986年开始实行模拟水位观测,2013年1月8日进行了数字化改造(分钟采

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 中国地震局震情跟踪课题(2024010302); 安徽省芜湖市科技计划重点研发与成果转化项目(2023yf007)联合资助。

作者简介: 王俊(1984-),男,硕士,高级工程师,主要从事地震地下流体监测预报工作。

E-mail: renshi1314@126.com

通信作者: 田明(1982-),男,工程师,主要从事地震监测预报工作。

E-mail: 402894041@qq.com

样率)。该水位预报效能 2017 年评估中被评为 B 类, 以往水位异常映震效果良好, 如 2018 年 4 月 6 日芜湖市无为县发生 $M_s 3.6$ 级地震前, 该井水位出现破年变异常变化。在 2018 年 7 月 24 日该井水位出现大幅度下降, 至 9 月 8 日累计下降 70 cm, 经现场异常核实分析认为, 该井附近存在城市轻轨施工, 其肯可能对井孔水位造成影响, 基于此, 本文运用有限元数值模拟来分析两者之间的相关关系。

在几次异常核实工作及搜集到的区域工程地质、水文等资料的基础上, 建立了合适的地下介质三维数学模型以定量化分析, 即芜湖皖 28 井水位异常变化与周边轻轨施工之间的定量影响关系, 其次是取地下水样, 同步开展地下水水质、同位素等室内测试分析工作, 并根据水中阴阳离子的化学组分、同位素等结果分析芜湖皖 28 井地下水、施工钻孔抽出水的补给来源, 对数值分析结果进行验证; 最后, 根据上述研究结果来科学判断该项异常的性质, 既为今后地下流体学科的异常核实提供新技术、新思路, 又为我省震情工作, 特别是短临跟踪工作提供一定依据。

2 研究结果

2.1 实际下降水位与理论计算水位对比

现场调查表明, 自 2018 年 5 月份芜湖市轻轨 1 号线开始建设, 6 月份建设到芜湖 28 井附近, 同时进行钻井作业, 钻井深度约 32 m, 已掘进了 6 个类似的钻孔作为立柱。且施工的钻孔存在抽水情况, 抽水量约为 $400 \text{ m}^3/\text{d}$ 。从芜湖 28 井的钻孔柱状图来看, 在井口下 27.03 m 处基岩出露, 施工钻孔的深度是 32 m, 虽两者不在同一含水层, 但施工钻孔抽水时会形成降落漏斗, 影响半径为 3 km, 而 28 井在其影响范围内(两者最小间距小于 1 km), 从而造成芜湖 28 井水位出现下降变化(图 1)。根据理论公式计算获得理论的水位下降曲线(图 2), 74 d 左右水位下降最大, 最大降幅在 0.8 m, 后续水位降幅不大, 基本保持稳定。而实际情况是, 2018 年 7 月 24 日开始下降, 至 2018 年 9 月 9 日转平之后稳定, 历时 47 d 累计下降 0.75 m, 两者比较, 时间上存在较大差异, 下降幅度上基本接近, 这种误差也是允许存在的。

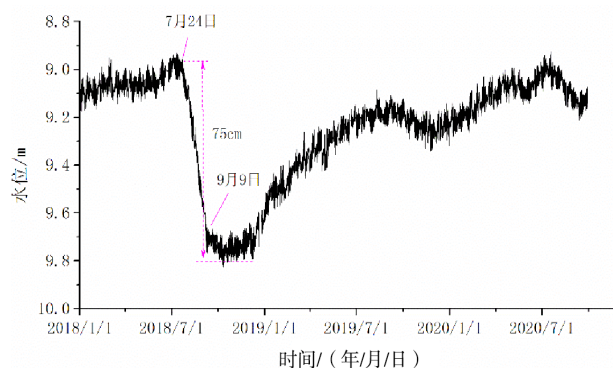


图 1 芜湖皖 28 井水位整点值曲线

Fig.1 The hourly value curve of water level of Wuhu 28 well

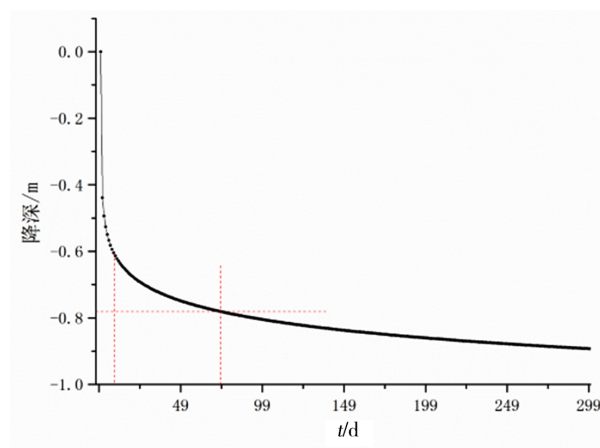


图 2 根据理论公式计算获得的水位下降曲线

Fig.2 The water level recession curve obtained in Wuhu 28 well by theoretical formula calculation

2.2 数值模拟结果分析

本次利用 FLAC^{3D} 数值模拟, 同时兼顾流固耦合计算原理, 对芜湖 28 井水位进行模拟研究。由图 3 所示, 抽水井附近地下水向孔内汇流, 井壁四周围岩水压分布在抽水完成后形成降落漏斗, 井壁处孔隙水压力近乎为零, 说明抽水井施工抽水效果较好好利于墩柱施工的进行。为进一步研究施工过程中围岩以及芜湖 28 井的水压分布情况, 根据实际工程进度模拟出开挖并抽水施工对芜湖 28 井的水压分布影响(图 4)。

由图 4 在抽水钻孔施工的过程中, 钻孔组距离芜湖 28 观测井的距离越来越近, 并且, 当抽水井的影响半径达到观测井时观测点水压开始下降, 由于抽水施工场地距离芜湖 28 井较远, 且芜湖 28 观测井水位下降与模型规格差距较大, 水压分布云图很难看出观测点水压变化, 因此根据监测点水压变化可知当施工至第三个墩柱时, 即钻孔组

3, 此时监测点水压开始下降, 直至抽水结束, 孔隙水压变化近0.06 Mpa, 故而芜湖28观测井水位降深的数值模拟结果为60 cm, 故而可以得出芜湖28观测井的水位降深与抽水施工存在相关性。

综上所述, 轻轨抽水施工会导致潜水含水层降落漏斗, 并影响到芜湖28观测井的水位变化。

此外含水层的应力分布也会受到抽水施工的影响出现类似降落漏斗的现象, 但应力下降的影响范围不广, 影响半径为抽水钻孔向外的辐射分布15 m的范围, 而芜湖28井与轻轨施工钻孔之间距离在此范围内。

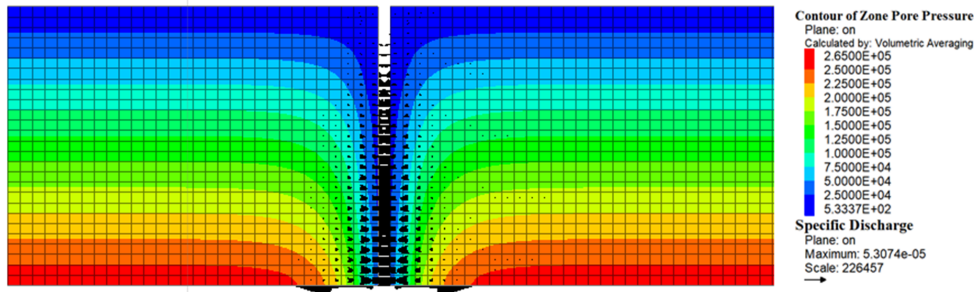


图3 单孔抽水水压分布示意图

Fig3 The schematic diagram of water pressure distribution of single hole pumping

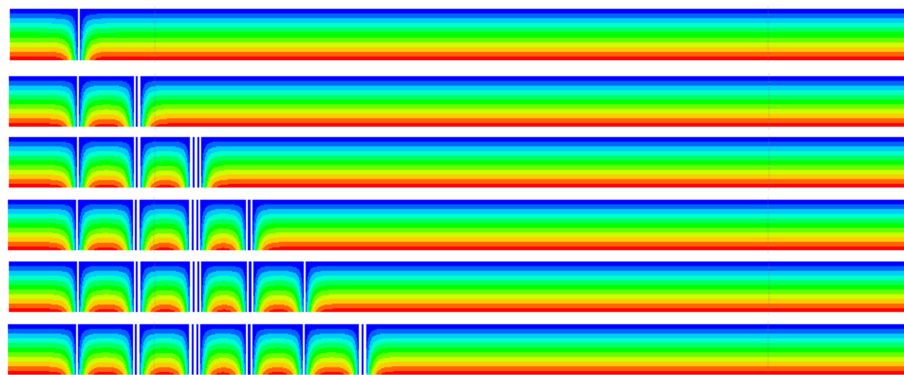


图4 施工钻孔组1至6对围岩水压分布的影响

Fig4 The impact of construction drilling groups 1 to 6 on the distribution of water pressure in the surrounding rock

3 结语

(1)根据现场调查, 芜湖28井水位异常数据变化与观测系统、观测仪器变化无关, 是真实存在的;

(2)综合数值模拟研究, 以及井水位固体潮调和分析、含水层水文地质参数计算、水质分析、氢氧同位素、震例分析等分析认为, 轻轨施工过程中, 钻孔抽水会引起潜水含水层形成降落漏斗, 从而引起芜湖28井水位下降, 且强度上是相关的, 为轻轨施工干扰异常。

(3)随今后类似环境干扰的异常, 可以开展相应分析工作, 从多个角度综合分析异常性质, 能提高异常判定的科学性和准确性。

参考文献

[1] 张永仙, 石耀霖, 张国民. 孕震过程中孔隙压及地下水位变化的数值模拟[J]. 地震, 1994(1): 65-72.
[2] 孙小龙, 刘耀炜, 马玉川, 等. 鲁豫交界地区深井水位持续大幅度下降原因分析[J]. 中国地震, 2013, 29(1): 132-141.
[3] 尹京苑, 赵利飞. 保山井水位异常的数值模拟[J]. 西北地震学报, 2000, 22(4): 397-401.