

钻孔分量应变地下水位与降水量关系的研究

郑晨晨¹ 徐芳芳¹ 张 曼¹ 朱 飞¹ 赵 璇²

1. 菏泽地震监测中心站 山东菏泽 274000

2. 嘉祥县公共文化服务中心 山东嘉祥 272400

摘 要: 钻孔分量应变受地下水位的影响较为明显, 通过研究地下水位与降水量的相关性, 可以进一步的研究钻孔分量应变受降水量的影响。本文利用嘉祥地震台钻孔分量应变2015—2021年观测资料中的地下水位与降水量进行相关性对比, 分析年降水量、月降水量与地下水位变化的对应关系, 从而为进一步研究钻孔分量应变形态特征与降水量的相关性提供基础。

关键词: 钻孔分量应变; 降水量; 地下水位

Study on the relation between groundwater level and precipitation

Chenchen Zheng¹, Fangfang Xu¹, Man Zhang¹, Fei Zhu¹, Xuan Zhao²

1. Heze Earthquake Monitoring Center Station, Heze, Shandong 274000

2. Jiaxiang County Public Cultural Service Center Shandong Jiaxiang 272400

Abstract: The strain of the drilling component is obviously affected by the groundwater level. By studying the correlation between the groundwater level and precipitation, the influence of precipitation can be further studied. In this paper, the correlation between groundwater level and precipitation in the observation data of 2015-2021 is used to analyze the corresponding relationship between annual precipitation, monthly precipitation and groundwater level change, so as to provide a basis for further studying the correlation between the strain form characteristics of drilling component and precipitation.

Keywords: drilling component strain; precipitation; underground water level

钻孔分量应变观测是在地表下数十米的基岩或土层中安装仪器探头, 对地震应力应变的前兆变化进行观测, 但仍存在环境因素的影响。因此, 由降水量变化引起的钻孔分量应变形态特征, 可以通过研究降水量引起的地下水位变化来予以消除^[1, 2]。目前, 国内较多学者针对区域台站进行降水量、水位的相关性分析, 认为钻孔分量应变受降水量和水位干扰较为严重^[3-5]。嘉祥地震台安装的RZB-2型钻孔分量应变仪辅助以水位观测。本文主要针对嘉祥地震台受降水量影响显著的钻孔分量应变仪的水位资料进行研究, 分析降水量引起的水位动态变化的相关性, 为后续通过研究钻孔分量应变形态特征与降水量的相关性提供研究基础。

1 研究区概况

1.1 地理位置

嘉祥地区属于华北地震区, 在大地构造上处于鲁西断块区的西南部。鲁西断块被沂沭断裂带、齐河—广饶断裂和和新乡—商丘断裂等断块分界带所包围。嘉祥地震台位于鲁西断块内鲁西南拗陷的巨野地堑西侧。台站周边区域范围近场区内发育的嘉祥断裂、郓城断裂、巨野断裂和菏泽断裂具有多期活动的特点(表1), 它们对地层分布和发育具有控制作用。郓城断裂为晚更新世早期活动断裂, 嘉祥断裂和巨野断裂为第四纪早中期断裂, 菏泽断裂为前第四纪断裂。

嘉祥地震台是山东省地震局直属地震台, 位于山东省济宁市嘉祥县城北何庙村南簸箕山南侧(坐标35.43° N、116.35° E, 高程42.4m)。2013年整体搬迁现至现址。嘉祥地震台处于丘陵地带, 基岩系奥陶系石

作者简介: 郑晨晨, 1992-7, 男, 汉, 山东济宁人, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向: 地震监测。

表1 近场区主要断裂特征一览表

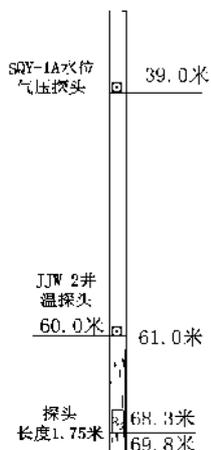
序号	断裂名称	长度/ km	走向 /°	倾向	倾角 /°	控制 地层	切割 深度
1	嘉祥断裂	150	SN	E	75	E/O	壳内
2	郛城断裂	110	EW	N	70-80	Q3	壳内
3	巨野断裂	215	SN	W	70-80	P	壳内
4	菏泽断裂	120	EW	S	70-80	Q	壳内

灰岩，基底深，岩体完整。台站附近无大型工矿企业，观测环境良好。

1.2 嘉祥地震台钻孔分量应变观测系统介绍

嘉祥地震台是中国地震局基本台之一，经过“十二五”和中国地震背景场探测项目投资建设，现形具备变形、电磁、测震等学科观测项目。形变观测现拥有RZB-2四分量钻孔应变仪、DSQ水管倾斜仪、SS-Y伸缩仪、VP垂直摆倾斜仪、气象三要素等前兆观测手段。

RZB-2型钻孔分量应变仪由中国地震局地壳应力研究所研制生产，包括4个水平分量应变观测和钻孔温度、钻孔水位和钻孔气压观测等辅助测项。嘉祥台分量应变钻孔以Φ146mm孔径开孔，开孔套管安装完成后，以孔径Φ130mm钻进，直至69.8m孔深。钻孔进尺过程整孔取芯，岩芯为完整基岩，岩性为奥陶系石灰岩。分量钻孔应变仪探头于2012年10月15日安装成功。在钻孔中安装了JJW-2高精度井温探头和SQY-1A水位气压探头作为分量钻孔应变观测的辅助手段（图1）。钻孔温度探头安装在井下60m处，水位气压探头安装在井下39m位置（水位线在井口下30m左右）。应变探头和辅助观测探头的电缆导线均穿进镀锌铁管，并经水泥线槽引入室内观测。井口使用水泥砌封井台，并用水泥板作为井盖。嘉祥台使用UPS供电系统，配有105Ah蓄电池一块，线性电源控制器一台，数据采集器一台，为设备供电的蓄电池通过设备电源稳压后输入数据采集器。


图1 嘉祥地震台钻孔分量仪钻孔分布

1.3 降水量变化特点

嘉祥县降水量年内分配十分不均衡。降水主要集中在5-9月，约占全年降水量的85%以上，其中7、8月最为集中。就空间分布特征来看，嘉祥县降水量呈现东南-西北部递减分布的格局，这是因为该县降水的水汽来源主要是西太平洋低纬度带暖气团的侵入和台风倒槽及东风波输送的大量水汽，受东南季风控制，季风带来的水汽由于传输距离增加而水量减少的缘故^[6]。

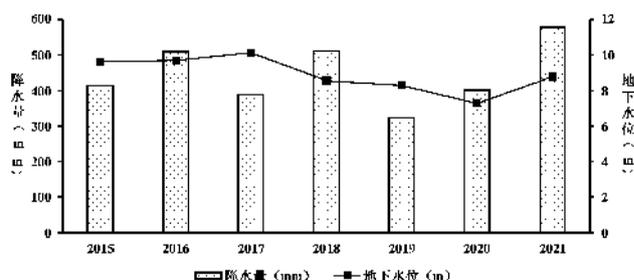
2 资料来源

选用2015-2021年嘉祥地震台逐日降水观测资料和逐日地下水位资料。降水量采用嘉祥地震台气象三要素的观测资料；地下水位采用嘉祥地震台RZB-2型钻孔分量应变仪的观测资料，主要地下水类型为潜水。

3 结果与分析

3.1 年降水量变化对地下水水位的影响规律

嘉祥地震台地下水的主要来源是降水的补给。图2为2015—2021年降水量与地下水位关系图，通过对降水量与地下水位关系进行对比，可以看出嘉祥地震台地下水整体趋势为地下水位随降水量增大而增大，其中最小地下水位出现在2020年，为5.61米，年降水量为402.9毫米；最大地下水位出现在2015年，为18.97米，年降水量为416毫米。由图2还可看出地下水位在2018年开始大幅度降低，原因为台站自2018年开始，每年6月和7月用自用井浇水灌溉院内绿化，造成地下水位降低，2020年降到最低，2021年1月起，该水井停止使用，地下水位逐渐恢复。


图2 嘉祥地震台年降水量与地下水位的关系

3.2 月降水量变化对地下水水位的影响规律

通过2015—2021年降水量资料对比，选取2016年丰水年、2017年枯水年为例，通过月降水量与地下水位资料进行分析，绘制月地下水埋深变化过程图（图3、图4）。

3.2.1 丰水年降水量变化对地下水水位的影响规律

根据嘉祥地震台的降水量资料整理可知，2016年嘉祥地震台全年降水量为510毫米，汛期（6—9月）降水量为371.5毫米，占全年降水量的72.84%。年内最小地下水位为7.17米，出现在2016年5月27日；最大地下水埋深为16.27米，出现在2016年8月21日，与台站内水井抽水绿化有关。

从图3可以看出, 2016年地下水位自1月份开始逐渐降低, 5月份达到最低点, 这是由于嘉祥县地处温带季风气候, 春季干旱少雨, 加之台站内部抽水井日常用水影响, 地下水位随之降低; 进入汛期后, 降水量增大, 有效的补给浅层地下水, 地下水位随之升高, 8月份到达最高点; 汛期过后, 降水量迅速减小, 地下水位又逐渐降低, 直至12月份。

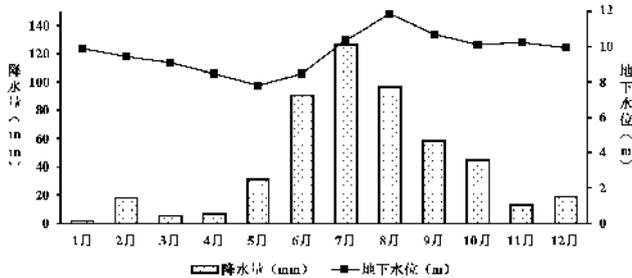


图3 嘉祥地震台2016年月降水量与地下水位的关系

3.2.2 枯水年降水量变化对地下水位的影响规律

根据嘉祥地震台的降水量资料整理可知, 2017年嘉祥地震台全年降水量为389.5毫米, 汛期降水量为301.5毫米, 占全年降水量的77.4%, 占比与丰水年差别不大。年内最小地下水位为7.58米, 出现在2017年6月19日; 最大地下水埋深为17.59, 出现在2017年8月8日。

从图4可以看出, 2017年地下水位依然受降水量和抽水的影响, 从1月份开始逐渐降低, 到6月份达到全年最低; 7月份降水量明显增大, 地下水位随之升高, 汛期过后, 降水量骤减, 地下水位逐渐降低, 直至12月份地下水位几乎和年初相同。

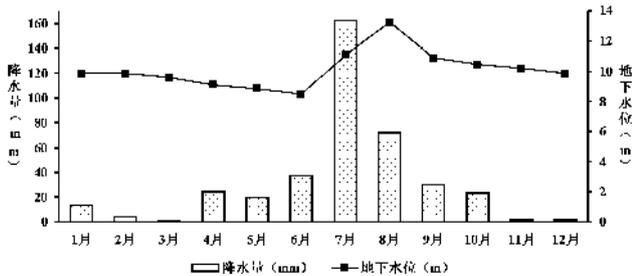


图4 嘉祥地震台2017年月降水量与地下水位的关系

由2016年和2017年降水量和地下水位的关系可知, 嘉祥地震台年内地下水位变化和降水量变化保持一致; 地下水位均受抽水影响从1月份开始逐渐降低, 至5、6月份降至最低点; 汛期降水量对地下水位抬升有极大影响, 汛期降水量大, 在满足地表径流的同时, 补给地下水, 使地下水位升高。

4 地下水位变化对钻孔分量应变的干扰机制分析

岩石孔隙中富含流体时会产生孔隙流体压力效应, 岩石孔隙内流体的压力称为孔隙压力, 孔隙压力可以抵

消岩石构造围压的作用^[8]。地下水位短时间内下降会造成局部区域孔隙压力降低, 进而改变周边的应力/应变场。嘉祥地震台院内抽水井深入水位线以下, 抽水时周围的地下水会出现“漏斗”式下降, 造成孔隙压力消失。汛期, 周围的地下水会向“漏斗”区域汇聚, 孔隙压力逐步恢复。失去孔隙压力引起的“漏斗”变化, 可以等效为在抽水源“漏斗”区域存在一个方向向下的集中力在作用。

5 结论

综上所述, 通过对嘉祥地震台2015—2021年降水量与钻孔分量应变地下水位变化关系的分析可知:

(1) 嘉祥地震台地下水位与降水量成正比关系, 随着降水量的增大, 地表对地下水的补给量增大, 地下水位随之升高。

(2) 汛期降水量对地下水位抬升有很大影响, 丰水年份汛期降水量大, 地下水位呈上升趋势, 枯水年份汛期降水量小, 地下水位呈下降趋势。

(3) 嘉祥地震台钻孔分量应变地下水位变化形态与受降水量影响显著, 而钻孔分量应变形态特征与地下水位变化相关性较高^[7], 可在后续研究中探讨钻孔分量应变形态特征与降水量的相关性。

(4) 嘉祥地震台地下水位不同典型年份在四五月份地下水位较低, 主要是因为台站周边绿化抽水的影响。

参考文献:

- [1]席继楼, 赵家骝, 高尚华, 等.青海玛多MS7.4地震前后秒采样地电场动态变化[J].地球物理学报, 2022, 65(02): 580-593.
- [2]马京杰, 李海亮.体积式钻孔应变仪的标定研究[J].大地测量与地球动力学, 2022, 42(02): 207-210.
- [3]卢双苓, 于庆民, 曲保安, 等.山东数字化钻孔体应变观测的干扰异常分析[J].西北地震学报, 2010, 32(2): 186-190.
- [4]龚丽文, 陈丽娟, 郭卫英, 等.奉节钻孔应变前兆异常机理分析——区域应力场应力传递的结果[J].地震工程学报, 2021, 43(05): 1087-1094+1102.
- [5]于紫凝.钻孔应变观测数据的震前异常提取与评价方法研究[D].吉林大学, 2021.
- [6]汤建军.近67年来济宁市降水量时空分布变化特征分析[J].陕西水利, 2019(06): 66-68.
- [7]刘川琴, 李发, 金艳, 等.安徽钻孔体应变与降雨、地下水位关系的研究[J].大地测量与地球动力学, 2016, 36(10): 933-935+940.
- [8]曾佐勋, 樊光明.2013.构造地质学(第三版)[M].中国地质大学出版社.