

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2024.192

引用格式: 李俊, 谢晓议, 韦开行, 等. 潼南高新技术产业开发区水文地质条件与地下水位动态特征[J]. 中国地质调查, 2025, 12(3): 66–74. (Li J, Xie X Y, Wei K X, et al. Hydrogeological conditions and groundwater level dynamics characteristics of Hi-tech Industrial Development Zone in Tongnan[J]. Geological Survey of China, 2025, 12(3): 66–74.)

潼南高新技术产业开发区水文地质条件与地下水位动态特征

李俊^{1,3}, 谢晓议^{2*}, 韦开行^{1,3}, 陈钰頔³, 王秋艳³, 牛雪妮⁴

(1. 重庆市地质矿产勘查开发局 208 水文地质工程地质队(重庆市地质灾害防治工程勘查设计院), 重庆 400700; 2. 重庆一三六地质队, 重庆 401147; 3. 重庆市二零八地质环境研究院有限公司, 重庆 400700; 4. 云南地质工程勘察设计院有限公司, 云南 昆明 650041)

摘要: 为探索潼南高新技术产业开发区枯水期至丰水期地下水位动态变化规律, 综合传统水文地质调查方法, 基于 35 个水文地质钻孔数据及 5 个已有监测井资料, 分析地下水类型及分布, 获取水文地质参数。根据静止地下水位数据插值分析, 划分出 3 个水文地质单元区, 分析了各单元区内水文地质钻孔及监测井的水位变幅特征。研究结果显示: ①浅埋地下水位对于降水入渗补给响应迅速, 水位变幅增大, 但在时间上存在滞后性, 部分区域接受降雨补给持续时间约 2 d; ②大溪沟、鹭鹭溪和涪江分别为 3 个水文地质单元区的侵蚀基准面, 在侵蚀基准面附近的钻孔, 地下水位变幅受降雨影响小; ③I 区孔口高程与钻孔内地下水位几乎成正相关关系, 而 III 区土层厚度超过 5.0 m 的钻孔具有同样的相关性; ④对于 II 区和 III 区土层厚度大于 5.0 m, I 区大于 10.0 m 的钻孔内, 地下水位变幅不超过 0.40 m。研究成果对潼南高新技术产业开发区地下水环境影响评价具有指导意义。

关键词: 地下水位变幅; 土层厚度; 降雨补给; 相关性

中图分类号: P641.2

文献标志码: A

文章编号: 2095–8706(2025)03–0066–09

0 引言

为满足人口激增、城市化、工业化和农业灌溉等带来的各种需求的增长, 地下水成为推动社会发展的首选资源^[1]。无论是地下水资源利用还是地下水生态环境保护, 地下水系统都是地下水评价的基本单元。水井作为获取地下水信息最直接的手段, 水井中的水位变化是衡量地下水开发利用受影响程度的标准, 并提供了有关含水层动态的重要信息^[2]。地下水位变幅不仅受降雨量^[3–4]、开采量^[5]、河流补给^[6]等因素的影响, 地下水位还会发生不同时间尺度上的波动^[7]。王赫生等^[8]对 395 个国家级监测井及地下水统测数据进行监测井优化评价, 发现淮北平原西北部的浅层地下水位持续

下降, 其余区域水位处于有升有降的波动状态。赵一等^[9]对会仙湿地两个地下水系统进行地下水均衡计算, 发现水位波动受降雨影响明显, 各监测点水位变幅不均且水位对降雨响应时间不一致。四川盆地广泛分布一套河湖相红色碎屑岩地层, 即“四川红层”, 具有沉积厚度大、基岩裂隙浅层地下水富水性贫乏的特征。红层浅层地下水主要补给为大气降水, 其次是地表水体^[10]。西南红层地区的层间裂隙和风化带裂隙含水层中的地下水位会因为裂隙发育程度的差异而出现水头差。含水层中的污染物在水动力条件作用下, 向四周运移扩散^[11–12]。相关研究表明, 红层通常具有很好的吸附性, 在一定容量内能吸附渗滤液中的特征污染物^[13]。如果地表无防渗措施, 大气降水分流导致渗滤液产量增加, 将加大地下水污染风险。地下水

收稿日期: 2024–04–14; 修订日期: 2024–09–14。

基金项目: 重庆市潼南区生态环境局“重庆潼南高新技术产业开发区(北区)地下水环境状况调查评估(编号: TNQ22C00037)”项目资助。

第一作者简介: 李俊(1990—), 男, 高级工程师。主要从事水文地质、工程地质和环境地质方面的研究工作。Email: 759304775@qq.com。

通信作者简介: 谢晓议(1988—), 女, 高级工程师。主要从事航空摄影测量、地理信息及遥感应用研究工作。Email: 931265725@qq.com。

环境系统一旦被污染,往往长时间内难以逆转^[14]。因此,加大工业园区水文地质调查对于园区布设及污染防治工作具有重大的现实意义。陈雳华等^[15]研究了某河谷盆地型工业园区的含水层渗透性对污染控制的阻隔效果,提出了针对不同含水层渗透系数对污染控制措施的选择建议,达到了理想效果。

潼南高新技术产业开发区是我国西南地区最大的数控机床(computer number control,简称CNC)加工中心,已入驻工业企业300多家。其中的某些化工新材料产业存在生产设备老化、化工废料大体量堆积无法回收处理的困境。以潼南高新技术产业开发区为研究区,分析区内及周边地下水的渗流参数和接受降雨补给后的水文地质钻孔中地下水位变幅特征,对潼南高新技术产业开发区地下水环境影响评价具有指导意义。

1 研究区概况

潼南高新技术产业开发区下设北区、南区和东区共3个园区。研究区为北区,其规划范围西至大溪沟,东至鹭鹭溪,北接潼南火车站片区,南临涪江,面积约6.7 km²。北区现有在产企业31家,停产整改1家,以发展天然气综合利用及精细化工产业为重点,已成为潼南区重点关注的地下水污染源,其中包括7家土壤重点监管单位。将北区包括在内并考虑具有相对统一边界和补给、径流、排泄条件的地下水系统边界作为研究区边界,由此,研究区南侧和东侧分别以涪江和鹭鹭溪作为侵蚀基准面边界,北侧延伸至烂桥水库,西侧延伸至城镇开发边界(图1)。研究区东西宽5.5 km、南北长5.0 km,总面积17.2 km²。

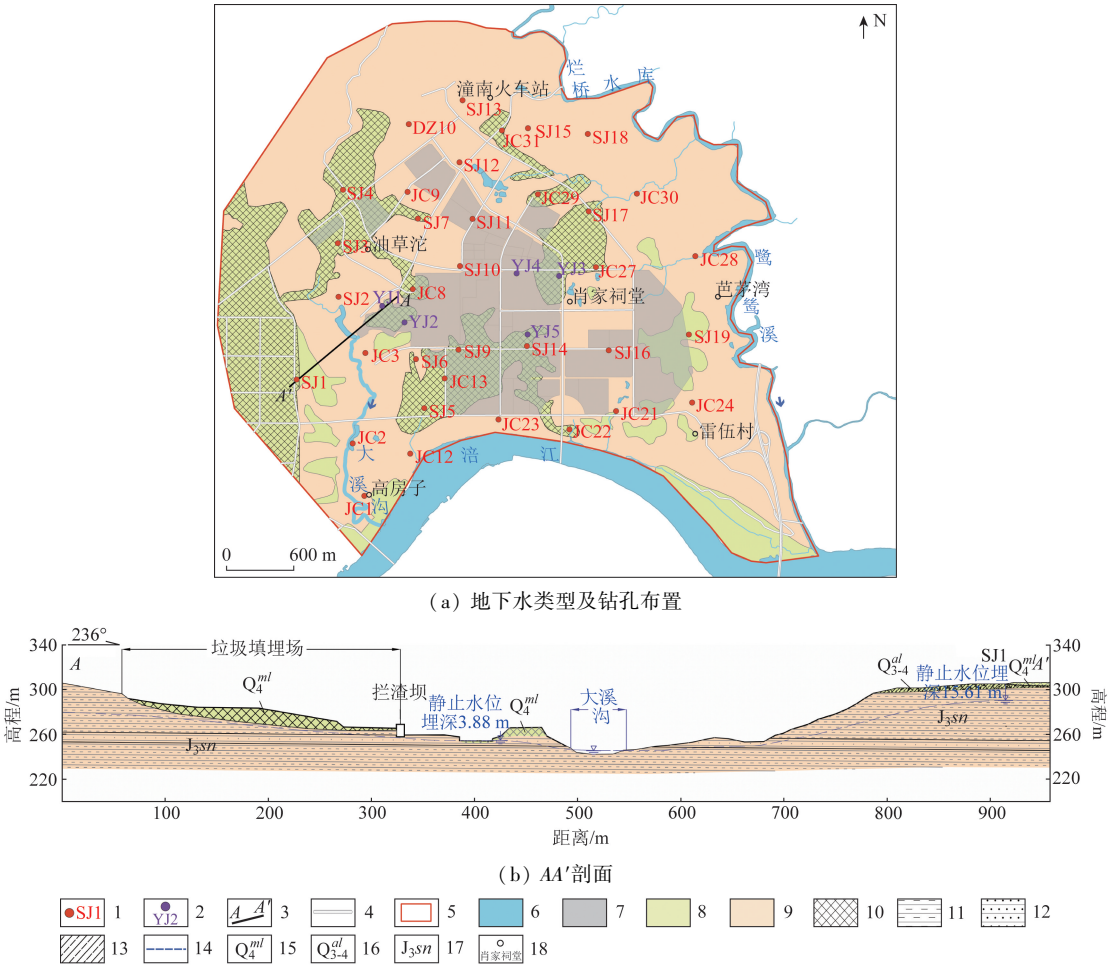


图1 研究区地下水类型及钻孔布置(a)和AA'剖面(b)

Fig.1 Groundwater type, borehole layout, and geological profile in the study area (a) and schematic diagram of AA' profile (b)

研究区属于渝西片区典型剥蚀丘陵地貌,丘坡浑圆,丘谷宽缓,整体地势北西高、南东低,海拔 200.0~350.0 m。研究区地处四川盆地东部红层丘陵地区,出露地层岩性主要为侏罗纪泥岩与砂岩互层,其次为第四系冲积层和填土,岩层产状平缓。上覆第四系全新统人工填土层主要位于北区、城镇周边及因交通建设而进行高填方的丘谷原始地貌区,厚度为 0.5~8.5 m,局部深填方可达 40.0 m。下伏基岩地层为中侏罗统沙溪庙组及上侏罗统遂宁组:前者岩性为砂质泥岩与灰白色砂岩不等厚互层,主要分布在研究区南部及东部河流沿岸;后者岩性为砖红色泥岩夹同色泥质粉砂岩、细砂岩,广泛分布于研究区中部。

2 数据来源

研究区于 2022 年 6 月开展了地下水环境状况调查,并于 7 月完成 35 个水文地质钻孔的建设,用于统测该年度研究区内枯水期和丰水期的地下水位,其中 17 个钻孔作为后期地下水监测井使用。钻孔深度的确定是在揭穿主要含水层的基础上钻探至较完整的相对隔水层,钻孔密度达到 2 个/ km^2 以上。地下水监测井孔径采用 146 mm 开孔,其他水文地质钻孔开孔孔径均为 130 mm,终孔孔径均不小于 110 mm。在满足水文地质勘探孔布置原则的基础上^[16],孔间距为 0.48~1.20 km。在研究区内对水文地质钻孔均进行试验性抽水,估算涌水量和补给条件,再选取合适的钻孔进行抽水试验。对所有钻孔进行周期性水位观测。2020 年之前,潼南高新技术产业开发区就建有地下水监测井,本次调查的 5 个监测井井况良好,均位于研究区企业周边。

利用 RTK 测量技术获取钻孔坐标及高程值,并对 35 个水文地质钻孔及北区内已有的 5 个地下水监测井进行水位埋深观测,获得钻孔及监测井内的地下水水位。由于研究区内钻孔及监测井数量有限且分布不均匀,观测的数据离散性较大,而地表水与地下水的水力联系密切,要想了解地下水位分布概况,不仅要获得地表水的水面高程,还需在钻孔之间及钻孔与地表水之间插入预测值,以弥补地下水位数据的不足,使得地下水位分布更趋近于合理。

3 结果与讨论

3.1 地下水类型及分布

无水钻进揭露的土层显示,部分上覆土层中存在地下水,且通过观测位于深填方(SJ5、SJ17)中的钻孔,均发现有水,由此判断研究区存在第四系松散岩类孔隙水。基岩钻孔终孔后,洗井并抽干孔内残余清洗水,24 h 后观测钻孔中存在地下水。由此可见,研究区地下水类型主要为第四系松散岩类孔隙水和红层风化带裂隙水。

3.1.1 第四系松散岩类孔隙水

第四系松散岩类孔隙水在研究区零星出露,补给来源是大气降水,赋存于研究区的人工填土、砂砾卵石中。砂砾卵石主要分布在临近涪江区域及东、西两侧局部地区,且多处于坡顶,由中-细粒砾石和砂泥、黏土组成,透水性好,大气降水后,一部分形成地表径流,一部分通过入渗进入砂砾卵石中。因该类地层多分布在坡顶位置,大部分降雨形成地表径流后流向坡底,仅有少部分通过入渗进入砂砾卵石中,因此水量较贫乏。

人工填土主要分布在研究区西侧及中部区域,主要为建筑填方。钻孔 SJ5 和 SJ17 孔深分别为 26.1 m 和 47.3 m,而岩心揭露的第四系土层厚度分别为 21.4 m 和 36.0 m,由此将这两个钻孔内的地下水判定为第四系松散岩类孔隙水。这两处钻孔周边人工填土厚度超过 30.0 m,主要由粉质黏土和砂泥岩碎块石组成,碎块石含量占比大,块径不均且变化大,因此土体孔隙度较大,地下水径流通道发育,周边原始地貌为冲沟,有利于地下水汇集,因此钻孔 SJ5 和 SJ17 的水量较大。其余钻孔揭露人工填土厚度一般为 0.5~8.5 m,土体孔隙度较大,同时底部没有明显的隔水层,有利于该类地下水往下部红层风化带裂隙水排泄。因此,研究区内第四系松散岩类孔隙水水量较贫乏。

3.1.2 红层风化带裂隙水

红层风化带裂隙水在研究区内分布较广,含水层岩性以中侏罗统沙溪庙组和上侏罗统遂宁组的砂岩和泥岩互层为主。该含水层是剥蚀残留的较新地层,由于区域构造作用轻微而风化剥蚀作用较强,因此在泥岩、砂岩内易形成一定深度的风化裂隙带。风化营力决定着风化裂隙层,呈壳状包裹于地面,一般厚度数米至数十米,岩体风化裂隙的发

育程度决定其含水量的大小。结合地面调查和钻孔资料,研究区风化裂隙在浅部发育强烈,致使岩心破碎,呈碎块状,深度为 1.0 ~ 25.0 m,随着深度的增加,风化裂隙逐渐减弱,岩心较为完整,地下水赋存条件逐渐减弱。

3.2 水文地质参数

研究区水文地质钻孔孔深为 20.1 ~ 80.2 m,均揭露基岩。土层主要为填土及砂砾卵石层,下伏基岩主要以泥岩或砂、泥岩互层为主。通过试验性抽水得知,JC3、JC21、JC22、SJ2、SJ18 钻孔出水量较小,小于 1.00 m³/d; JC13、JC29、JC30、JC31、SJ5、

SJ14、SJ17 钻孔出水量较大,大于 17.00 m³/d (图 2)。结合地层岩性、水文地质单元和含水层等情况,选择水量相对较大、较典型的钻孔 (JC2、JC23、JC29、JC31、SJ5、SJ17) 进行综合抽水试验。数据显示,研究区以填土为主的第四系松散岩类孔隙水含水层渗透系数 $K=0.584 \sim 1.028$ m/d,属弱透水 - 中等透水,出水量小于 100.00 m³/d,地下水资源贫乏;以砂岩和泥岩互层为主的红层风化带裂隙水含水层渗透系数 $K=0.007 \sim 0.141$ m/d,属微透水 - 弱透水,出水量小于 50.00 m³/d,地下水资源贫乏 (表 1)。

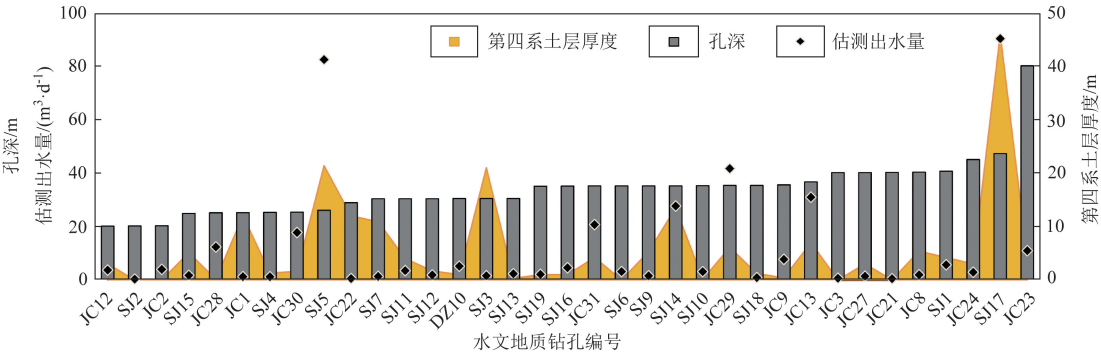


图 2 水文地质钻孔参数对照

Fig. 2 Comparison of hydrogeological borehole parameters

表 1 抽水试验水文地质参数统计

钻孔编号	试验段地层	抽水后稳定 水位埋深/m	降深/m	出水量/ (m ³ · d ⁻¹)	单位涌水量/ (L · (s · m) ⁻¹)	渗透系数/ (m · d ⁻¹)	影响半径/m
JC2	红层风化带裂隙水	12.45	7.22	3.97	0.002	0.041	11.30
JC23	红层风化带裂隙水	42.62	29.67	10.97	0.012	0.007	42.00
JC29	红层风化带裂隙水	15.43	12.50	41.73	0.047	0.141	53.19
JC31	红层风化带裂隙水	21.59	14.62	20.74	0.023	0.075	41.81
SJ5	四系松散岩类孔隙水	18.30	7.69	82.51	0.093	1.028	61.37
SJ17	四系松散岩类孔隙水	34.87	10.07	90.37	0.100	0.584	73.18

3.3 地下水流程分析

利用 ArcGIS 程序内嵌的插值工具对研究区钻孔内的枯水期静止地下水水位进行反距离权重法插值分析,得到地下水等水位线图 (图 3(a)),确定垂直于等水位线并向水位降低的方向为地下水流向。结合现场地形地貌、地层岩性、富水性、钻孔资料和观测到的地下水位,将研究区划分为 3 个水文地质单元区,编号分别为 I 区、II 区和 III 区。I 区以大溪沟为该区侵蚀基准面,地下水由沟谷两侧向大溪沟流动后整体向南流动; II 区以烂桥水库至鹭鸶溪为该区侵蚀基准面,地下水整体向东流动,往鹭鸶溪排泄; III 区以涪江为该区侵蚀基准面,地下

水由北向南流动。

3 个区主要接受大气降水补给。I 区的大溪沟为季节性河流,无短小支沟,上游河谷两岸基岩裸露。地形整体为北高南低、东部和西部高而中部低,大溪沟北侧及东、西两侧的丘顶、斜坡地带接受降水补给后,在地形地貌的控制下,地下水往大溪沟方向流动,形成径流,再向南流动,最终排入涪江。当大溪沟切割含水层时,以分散线状的形式排泄。该区中部等水位线稀疏,水力坡度小,径流相对较缓。II 区的鹭鸶溪为涪江的主要支流,常年水量丰富,测得 2022 年 8 月下游枯水期水位为 235.00 m; 短小支沟多,中上游河谷两岸基岩裸

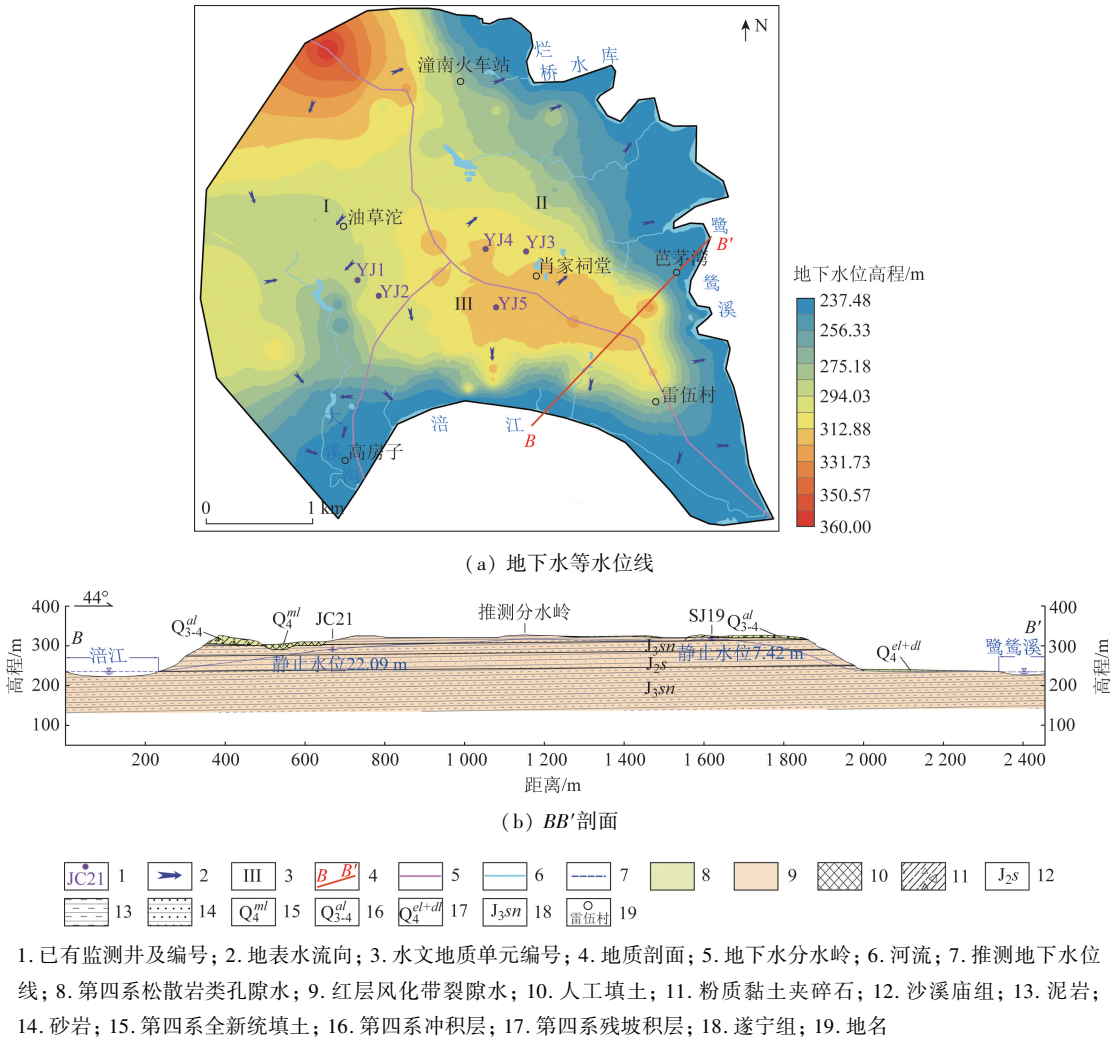


图3 研究区地下水等水位线(a)及BB'剖面示意图(b)

Fig.3 Contour of groundwater level in the study area (a) and schematic diagram of BB' profile (b)

露;地形南西高、北东低,在西部的丘顶、斜坡地带接受降水补给后,在地形地貌的控制下,地下水向东流动,形成径流;当鹭鹭溪切割含水层时,以分散线状的形式排泄。III区的涪江为I区和II区两个流域的受纳水体,据涪江流域潼南境内小河坝水文站监测资料显示^[17],2022年8月涪江水位在237.10 m~237.50 m之间波动;III区地形除涪江左岸具有陡崖微地貌外,其它地势较为平缓,起伏较小,地下水埋深较浅,在北部的丘顶、斜坡地带接受降水补给后,在地形地貌的控制下,地下水向南流动,向涪江排泄;该区南部的涪江沿岸等水位线密集,水力坡度较大(图3(b))。因此,3个水文地质单元内的地下水水位基本受控于地貌,并无统一的地下水面,具有就地补给、往低处径流、径流途径短的特点。

3.4 地下水位动态变化

2022年8月30日前,潼南区处于连续多月的

久晴无雨、干旱酷热状态。根据研究区附近气象资料^[18],研究区8月最高气温达44℃,创1961年来新高。7月累计降雨量82.6 mm,8月末共降雨3天,累计降雨量38.9 mm,8月蒸发量远大于降雨量。8月29日白天对所有钻孔进行了地下水位观测,将该水位定为枯水期水位。8月29日晚开始下雨,截止9月29日累计降雨量216.9 mm。9月29日再次进行统一地下水位观测,将该水位定为丰水期水位。

地下水位对降雨入渗补给的响应存在滞后效应(图4)。例如,水文地质钻孔JC23在8月29日之前长期得不到降雨入渗补给,钻孔内地下水位埋深日渐增大,单日水位下降10.00~20.00 mm。随后进入持续一周的阴雨天气,头2 d日均降雨量达到10.0 mm,地下水位并未立即上升,第3天地下水位逐渐恢复。9月20日遇强降雨,日累计降雨量

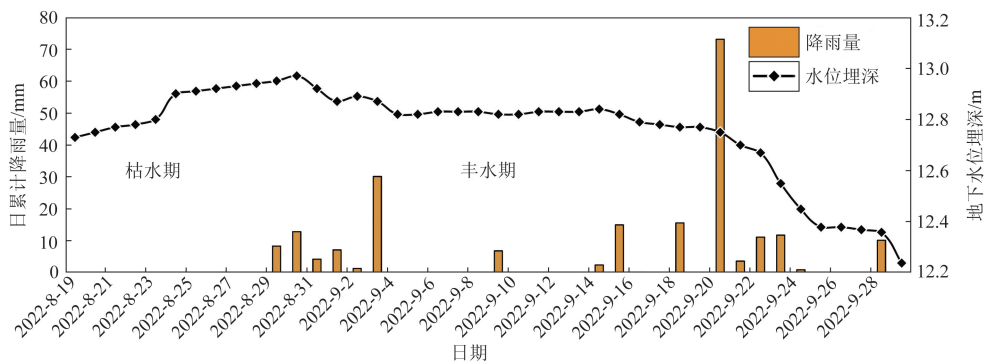


图4 钻孔JC23地下水位埋深与降雨量关系

Fig. 4 Relationship between groundwater depth and rainfall in borehole JC23

达73.0 mm,2 d后水位急剧恢复,单日恢复60.00 mm。持续降雨结束后,降雨入渗补给停止,而水位恢复仍在进行,约24 h之后各地下水系统的径流、排泄逐渐趋近平稳期。

对比枯水期和丰水期两次观测的地下水位埋深(图5),除了JC29钻孔内地下水位基本无变化外,其他钻孔丰水期测得的水位均较枯水期有一定程度的上升,最小上升0.09 m(SJ19钻孔),最大上升2.37 m(JC21钻孔)。研究区内地下水埋深与降雨量有明显的相关关系:累计降雨量越大、降雨持续时间越长,地下水埋深越浅;反之,长期干旱且得不到补给,地下水埋深就越深。此外,由于研究区范围大,地层结构变化较大,地下水补给受入渗系数、地层岩性等影响,接受的补给量也不同,故地下水位在雨季的升降值差别较大。

I区由于JC8钻孔附近的地下水常被抽取用于浇灌花木,而SJ1钻孔地面硬化,降雨入渗补给通道受阻,由此造成这两个钻孔内地下水位数据异常。除JC8钻孔和SJ1钻孔外,孔口高程与钻孔内地下水位几乎呈正相关关系。JC1、SJ3及SJ7钻

孔位于填土区,这3个钻孔揭露的上覆土层厚度超过10.0 m,而降雨引起的孔内水位上升幅度却小于0.40 m。由此推断,上覆土层厚度越大,丰水期水位与枯水期水位的差值(以下简称地下水位变幅)越小,即上覆土层厚度超过10.0 m的钻孔内由降雨引起的孔内水位上升幅度变小。JC1钻孔紧邻涪江边、大溪沟沟口,JC2钻孔位于大溪沟边,这两个钻孔的地下水位变幅受降雨影响小(图5(a))。

II区JC28、JC30钻孔位于鹭鸶溪支沟边,这两个钻孔的地下水位变幅受降雨影响小,这与I区的结论一致。SJ15、JC29、SJ17、SJ12钻孔揭露的上覆土层厚度超过5.0 m,而降雨引起的孔内水位上升幅度却小于0.40 m,由此推断,II区上覆土层厚度超过5.0 m的钻孔内地下水位变幅小(图5(b))。

III区上覆土层厚度超过5.0 m的钻孔,孔口高程与钻孔内地下水位几乎成正相关关系。JC22、SJ5、JC13、SJ9、SJ14钻孔揭露的上覆土层厚度超过5.0 m,而地下水位变幅却小于0.40 m,由此推断,III区上覆土层厚度超过5.0 m的钻孔内地下水位变幅小(图5(c))。

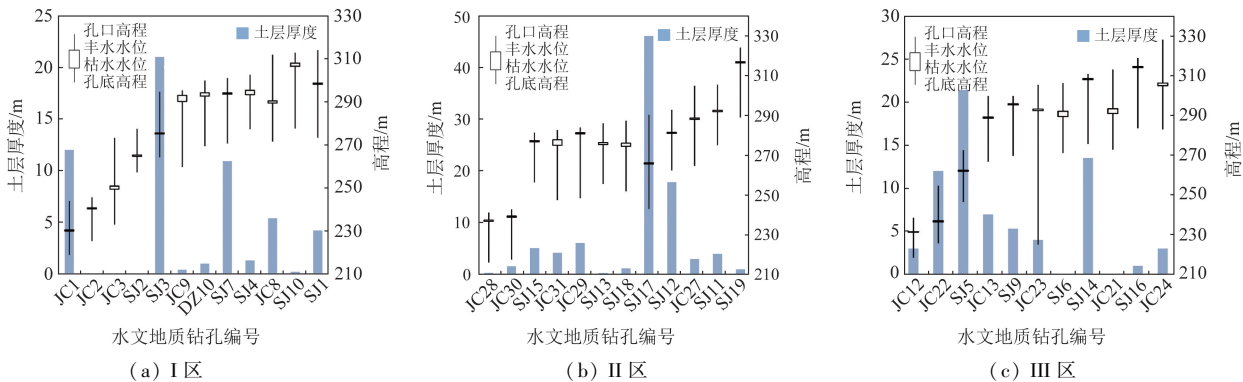


图5 枯水期至丰水期地下水位变幅

Fig. 5 Groundwater level variation during the dry season to wet season

3.5 水位变幅与土层厚度相关性

除数据异常的钻孔,当土层厚度大于 5.0 m 时,地下水位变幅与地表土层厚度之间存在一定的正相关性,Pearson 相关系数为 0.4。在研究区内选取 5 个监测井,采取与水文地质钻孔相同的观测方式进行动态水位观测。其中,I 区有两个监测井,土层厚度分别为 0.7 m 和 14.3 m; II 区有两个监测井,土层厚度分别为 2.5 m 和 8.7 m; III 区有一个监测井,土层厚度为 23.9 m。观测数据显示,所有土层厚度大于 5.0 m 的监测井内测得的地下水位变幅均位于相关性预测区间内,即地下水位变幅小于 0.40 m; I 区土层厚度大于 10.0 m 的监测井地下水位变幅位于相关性预测区间内。由此判定,虽然研究区内土层厚度分布不均匀,各个水文地质单元之间没有统一的地下水流向,但是地下水位变幅同样受制于土层厚度(图 6)。

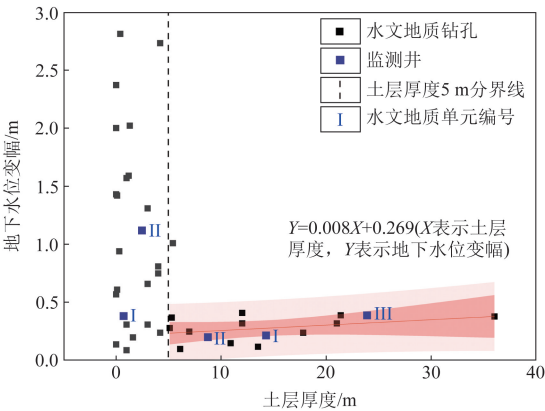


图 6 地下水位变幅与土层厚度相关性预测
Fig. 6 Correlation prediction chart between groundwater level variation and soil layer thickness

2023 年,研究区内除了地下水监测井外,其它的水文地质钻孔均遭到不同程度的破坏甚至填埋。监测井周边地形地貌未改变,选择土层厚度大于 5.0 m 的地下水监测井(包括旧监测井),并剔除地下水位受花木浇灌影响的监测井,对符合条件的 7 个监测井进行水位观测。2023 年 7 月 4 日至 7 月 20 日,研究区内基本无降雨,将 7 月 20 日观测的水位定为该期间枯水期水位;7 月 20 日单日累积降雨量达 27.0 mm,雨后测的水位定为丰水期水位。地下水位变幅均小于 0.40 m,这与 2022 年观测数据的相关性规律保持一致(图 7)。

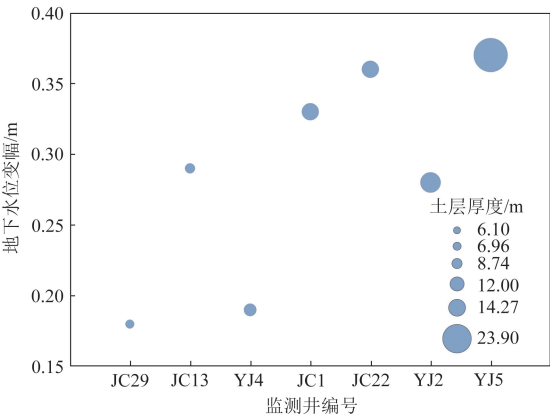


图 7 2023 年监测井地下水位变幅分布
Fig. 7 Distribution of groundwater level fluctuation amplitude in monitoring wells in 2023

4 结论

- (1) 潼南高新技术产业开发区内浅埋地下水位对于降水入渗补给响应迅速,雨后地下水位上升存在时间滞后性,部分区域接受降雨补给的持续时间约 2 d。研究区接受降雨补给后,地下水位变幅均增大。
- (2) 3 个水文地质单元内,I 区孔口高程与钻孔内地下水水位几乎成正相关关系,而 III 区土层厚度超过 5.0 m 的钻孔具有同样的相关性。大溪沟、鹭鸶溪和涪江作为侵蚀基准面,其附近的钻孔,地下水位变幅受降雨影响小。II 区和 III 区土层厚度大于 5.0 m、I 区土层厚度大于 10.0 m 的钻孔内,地下水位变幅不超过 0.40 m。
- (3) 本研究是在较短时间段内极端干旱及连续降雨条件下获取的地下水位数据,缺少周期性数据支撑,通过获取地下水位长期观测(至少一个水文年)数据将有更大的研究空间。此外,由于影响水文地质单元划分的因素很多,如人类工程活动影响降水入渗特征,导致地表水与地下水之间的转换规律常被打破,水文地质单元的边界存在变迁的可能。

参考文献(References):

[1] Lenin Sundar M, Ragunath S, Hemalatha J, et al. Simulation of ground water quality for Noyyal river basin of Coimbatore city, Tamilnadu using MODFLOW [J]. Chemosphere, 2022, 306: 135649.

[2] Butler J J Jr, Stotler R L, Whittemore D O, et al. Interpretation of wa-

- ter level changes in the high plains aquifer in western Kansas[J]. Ground Water, 2013, 51(2): 180–190.
- [3] 郑灿政. 基于统计方法的济南泉域降雨补给特征及水文单元水力联系研究[J]. 水电能源科学, 2023, 41(3): 53–56.
- Zheng C Z. Study on rainfall supply and response characteristics of Jinan spring area and hydraulic relation of hydrological unit based on statistical method[J]. Water Resources and Power, 2023, 41(3): 53–56.
- [4] 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.
- Liu C Q, Li F, Jin Y, et al. Preliminary studies of relation between bore–hole body strain, rainfall and underground water[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2016, 36(10): 933–935, 940.
- [5] 张瑜轩, 王兴菊, 张衍福, 等. 桓台县地下水水位动态变化特征及影响因素分析[J]. 中国农村水利水电, 2022(7): 110–115.
- Zhang Y X, Wang X J, Zhang Y F, et al. An analysis of the dynamic change characteristics and influencing factors of groundwater level in Huantai county[J]. China Rural Water and Hydropower, 2022(7): 110–115.
- [6] 程大伟, 詹红兵, 李洁, 等. 分层沉积物河流–地下水系统水力连通演化[J]. 水科学进展, 2022, 33(1): 135–144.
- Cheng D W, Zhan H B, Li J, et al. Evolutional characteristics of the hydraulic connectivity in a stream–groundwater system with stratified sediments[J]. Advances in Water Science, 2022, 33(1): 135–144.
- [7] 史福生. 降水和地下水位波动控制下的包气带水分运移研究——以鄂尔多斯盆地乌杜淖流域为例[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2019.
- Shi F S. A Study on Water Transport in Vadose Zone Controlled by Precipitation and Groundwater Table Fluctuation: Take Wudu Lake in Ordos Basin as an Example[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2019.
- [8] 王赫生, 龚建师, 陶小虎, 等. 淮北平原浅层地下水多年动态变化及监测评估[J]. 中国地质, 2022, 49(6): 1778–1791.
- Wang H S, Gong J S, Tao X H, et al. Analysis of multi–year rainfall variation and shallow groundwater flow field monitoring in Huabei Plain[J]. Geology in China, 2022, 49(6): 1778–1791.
- [9] 赵一, 邹胜章, 申豪勇, 等. 会仙湿地岩溶地下水系统水位动态特征与均衡分析[J]. 中国岩溶, 2021, 40(2): 325–333.
- Zhao Y, Zou S Z, Shen H Y, et al. Dynamic characteristics and equilibrium of water level of the karst groundwater system beneath the Huixian wetland[J]. Carsologica Sinica, 2021, 40(2): 325–333.
- [10] 陈启国, 郑万模, 常小军. 典型红层地区地下水的补、径、排关系探讨——以重庆市荣昌县为例[J]. 沉积与特提斯地质, 2011, 31(3): 107–112.
- Chen Q G, Zheng W M, Chang X J. An approach to the relationship between recharge, runoff and drainage of groundwater in the typical red beds: An example from Rongchang in Chongqing[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2011, 31(3): 107–112.
- [11] 魏传云, 杨武成. 基于 Visual Modflow 的某化工园区地下水污染运移研究[J]. 水电能源科学, 2019, 37(12): 33–36, 85.
- Wei C Y, Yang W C. Study on groundwater pollution transport in a chemical park based on Visual Modflow[J]. Water Resources and Power, 2019, 37(12): 33–36, 85.
- [12] 张弛. 结合升尺度方法的地下水污染物迁移研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
- Zhang C. Study on Groundwater Contaminant Transport Combined with Upscaling Methods[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2014.
- [13] 王加雷. 四川“红层”区地下水环境风险评估研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2019.
- Wang J L. Study on Groundwater Environmental Risk Assessment in “Red Bed” Area of Sichuan Province[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2019.
- [14] 陈方园, 陈颖明, 段晓芳, 等. 固体废物处理厂地下水污染预测及控制模拟[J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 187–194.
- Chen F Y, Chen H M, Duan X F, et al. Simulation on contamination forecast and control of groundwater in a solid waste treatment plant[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(4): 187–194.
- [15] 陈雳华, 张弛, 郑凌云, 等. 基于 GMS 软件的河谷盆地型工业园区地下水污染控制模拟[J]. 环境污染与防治, 2022, 44(8): 1025–1029.
- Chen L H, Zhang C, Zheng L Y, et al. Simulation of groundwater pollution control in a valley–basin industrial park based on GMS[J]. Environmental Pollution & Control, 2022, 44(8): 1025–1029.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中华人民共和国建设部. GB 50027—2001 供水水文地质勘察规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2004.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Ministry of Construction of the People's Republic of China. GB 50027—2001 Standard for Hydrogeological Investigation of Water–Supply[S]. Beijing: China Planning Press, 2004.
- [17] 重庆潼南涪江水情水位查询[EB/OL]. (2024–03–06) [2024–05–13]. http://m.xiaoyuka.com/ws/tongnan_fujiang/.
- [18] 天气后报. 潼南历史天气预报 2022 年 8 月份[EB/OL]. (2024–03–19) [2024–04–20]. <http://www.tianqihoubao.com/lishi/tongnan/month/202208.html>.

Hydrogeological conditions and groundwater level dynamics characteristics of Hi – tech Industrial Development Zone in Tongnan

LI Jun^{1,3}, XIE Xiaoyi², WEI Kaixing^{1,3}, CHEN Yudi³, WANG Qiuyan³, NIU Xueni⁴

(1. No. 208 Hydrogeology and Engineering Geology Team, Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration (Chongqing Geological Disaster Prevention and Exploration Design Institute), Chongqing 400700, China; 2. Chongqing 136 Geological Team, Chongqing 401147, China; 3. Chongqing 208 Institute of Geological Environment Co., Ltd., Chongqing 400700, China; 4. Yunnan Geologic Engineering Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Kunming Yunnan 650041, China)

Abstract: In order to explore the dynamic changes of groundwater level in Tongnan High – tech Industrial Development Zone from the dry season to wet season, the authors in this paper combined traditional hydrogeological survey methods to analyze the groundwater types and distribution and obtain the hydrogeological parameters, based on 35 water geological drilling data and 5 existing monitoring well data. Three hydrogeological units were divided according to the interpolation analysis of the static groundwater level data, and the groundwater level variation characteristics of hydrogeological boreholes and monitoring wells within each unit were analyzed. The results are as follows. ① Shallow groundwater level responds quickly to precipitation infiltration recharge, with an increase in water level amplitude, but there is also a time lag. Partial areas receive rainfall replenishment for approximately 2 days. ② Daxigou, Lusi Creek and Fujiang River are the erosion base level for the three hydrogeological units respectively. For boreholes near the erosion base level, the variation of groundwater level is slightly affected by rainfall. ③ The elevation of the borehole in Zone I is almost positively correlated with the groundwater level inside the borehole, while boreholes with soil layer thickness exceeding 5.0 m in Zone III have the same correlation. ④ For boreholes with soil layer thickness greater than 5.0 m in Zone II and III, and greater than 10.0 m in Zone I, the variation of groundwater level shall not exceed 0.40 m. The research results have guiding significance for the assessment of groundwater environmental impact in Tongnan Hi – tech Industrial Development Zone.

Keywords: groundwater level variation; soil layer thickness; rainfall replenishment; correlation

(责任编辑: 王晗)