

对于裂隙型冒水地层（例如裂隙冒水量中等且分布较广的情况），其布孔采取深孔和浅孔组合形式，即先钻深孔以将裂隙水体予以引出，随后沿着裂隙倾向钻浅孔并布置灌浆管，同时在裂隙口凿深5~10cm凹槽、铺设铁皮并填以速凝砂浆以封闭裂隙开口，然后由裂隙底端向上依次注入浆液，使浆体在裂隙内呈“堵、渗、固”组合作用。然后，在裂隙注浆初固后，再对深孔实施高压灌浆，以更高层次压紧裂隙体系。另外，当涌水地层伴随承压水条件（如低于水库水位或含水层受压状况）时，应采用闭浆法或压力屏障灌浆法：常规灌浆完成后，将进浆与回浆阀门同时关闭，使浆液处于受压状态停留一定时段（一般6~8小时），以防止浆液被承压水冲走；如仍不能满足封堵要求，则采用化学灌浆将化学溶液注入裂隙体系，结合浓浆注入，以实现快速凝固、细裂隙封堵。整个过程中，需要通过实时监测灌浆压力变化、注入速率、进浆量及回水量、涌水量变化情况参数，依据压力-时间-注入量曲线，判断灌浆效果是否达到“进浆率降至低值/停浆状态”标准。

3.5 破碎裂隙带灌浆方法

破碎裂隙带灌浆施工针对断层破碎、裂隙连通性强及渗透性高的地层特征，应采用密集钻孔布置与分序分段注浆相结合的工艺。钻孔布置以 $\phi 56 \sim 76\text{mm}$ 孔径为宜，孔距2.5~6m，排距依裂隙主走向确定，以实现浆液对破碎带的全面控制。施工分I序、II序孔两阶段进行：I序孔用于裂隙探测与冲洗试验，钻至设计深度后实施风—水交替脉冲冲洗，风压为灌浆压力的10~20%，水压为80%且不超1.0MPa，持续20min或至清水回流，以清除孔内残渣并确认裂隙连通性，随后开展压水试验以确定渗透系数及分段注浆参数。注浆流程采用由上而下的分段注浆法，先封上部裂隙再向深部推进。浆液初始水灰比3:1，逐步调整为2:1、1:1、0.5:1，并参加限流剂或增稠剂以控制扩散速度和

防止跑浆。注浆压力控制严格分级：I序孔第1至第4段分别为0.2、0.3、0.4、0.4MPa；II序孔为0.2、0.4、0.6、0.6MPa。施工中实时监测注入率，当在设计压力下每10min读取一次注入率且1h内连续4次 $\leq 0.001\text{L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ，并持续4h未变化，可认定该段灌浆结束^[5]。最后，在灌浆结束后立即施行闭浆操作，关闭进浆与回浆阀门使孔内受压保持6~8h，随后将水泥浆从回浆管注入、从进浆管顶出化学浆体，实现置换封孔；待水泥浆凝结达8h后实施扫孔与封孔，孔顶余高大于3.0m者采用机械压浆法压实，其余采用水砂泥浆人工密实。

4 结语

综上所述，水利水电工程建设中存在着各种特殊性的地层，因而在基础灌浆施工准确识别它们并选择最优法选择是保障工程实施质量的关键环节。本文结合中国工程实践，从承压水、大吸量、岩溶、冒水及破碎裂隙五类特殊地层入手，剖析其施工工艺、参数选择、措施布置与监控流程，以期为相关技术人员提供可参考之作业路线。上述方法虽未涵盖全部现场变型情况，但可作为制定专项灌浆方案的重要依据。

参考文献

- [1] 李玉勇.分析水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆方法[J].建筑与装饰, 2024(14):148-150.
- [2] 黄彩霞.探析水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆方法[J].大科技, 2024(26).
- [3] 吴明园.水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆技术应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(1):4.
- [4] 白华.水利水电工程特殊地层灌浆施工要点及对策[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023.
- [5] 薄文村.水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆方法[J].中国房地产业, 2024(3).

Variation Trends of Groundwater Levels and Their Influencing Factors in the Turpan Basin

XiaoJu Li

Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co. Ltd, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

This study systematically investigates the evolutionary characteristics of regional groundwater levels in the Turpan Basin (covering Gaochang District, Shanshan County, and Tuokexun County) based on dynamic monitoring data from 2017 to 2023, employing time-series analysis methods. The results indicate that groundwater levels exhibited distinct periodic fluctuations during the monitoring period but demonstrated a significant overall declining trend. Through the establishment of a multiple regression model, a notable correlation was identified between groundwater dynamics and anthropogenic activities: a significant quadratic polynomial relationship exists between irrigated area and groundwater depth, whereas the correlation between groundwater extraction and water level changes was less pronounced. This suggests that pumping activities exert a measurable yet limited influence on groundwater dynamics, potentially modulated by other environmental factors. Further in-depth analysis incorporating longer-term monitoring data and refined numerical models is required to elucidate the underlying mechanisms.

Keywords

irrigated area; groundwater depth; groundwater extraction.

吐鲁番盆地地下水位变化规律及影响分析

李晓菊

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

本研究基于吐鲁番盆地高昌区、鄯善县和托克逊县2017-2023年的地下水动态监测数据,采用时间序列分析方法对区域地下水位演变特征进行了系统研究。结果表明:监测期间地下水位呈现明显的周期性波动特征,但整体表现出显著的持续下降趋势。通过建立多元回归模型发现,研究区地下水位动态与人类活动存在显著关联:灌溉面积与地下水埋深之间呈现显著的二次多项式关系;而地下水开采量与水位变化的相关性不明显,表明开采活动对水位动态存在一定影响,但其作用机制可能受其他环境因素的干扰,需要结合更长时序的监测数据和更精细的数值模型进行深入解析。

关键词

灌溉面积;地下水埋深;地下水开采

1 引言

吐鲁番市位于新疆维吾尔自治区中部,下辖高昌区、托克逊县、鄯善县一区两县。东临哈密,西、南与巴音郭楞蒙古自治州的和静、和硕、尉犁、若羌县毗连,北隔天山与乌鲁木齐市及昌吉回族自治州的奇台、吉木萨尔、木垒县相接。吐鲁番市四面环山,中部低凹,为典型的封闭式盆地,盆地由山区和平原组成,平原区由戈壁、沙漠和绿洲组成。吐鲁番盆地干旱少雨蒸发量大,多年平均降水量仅16.5mm,多年最大月均降水量仅为3.4mm,出现在6月,冬季基本无降雪,多年月均最小降水量为0.4mm,出现在2

月;多年平均蒸发量为2707.2mm,多年月均最大蒸发量为475.0mm,出现在7月,多年月均最小蒸发量为18.8mm,出现在12月,蒸发量远大于降水量。

吐鲁番盆地是新疆维吾尔自治区水资源短缺情况最为严峻的地区之一,吐鲁番盆地水资源总量仅占全疆水资源总量的1.51%,人均水资源量不足全疆平均水平的60%。根据第三次水资源调查评价,吐鲁番市地表径流量为10.48亿 m^3 ,仅为全疆地表水资源量的1.26%。为满足经济社会发展需求,当地长期依靠超采地下水支撑发展用水。由于地下水长期超采,地下水位持续降低,致使含水层趋于枯竭、泉水流量衰竭、坎儿井流量衰减(干涸、甚至废弃)、土地沙化等一系列地质与生态环境问题,危及供水安全和生态安全^[1-3]。基于上述研究结果,系统解析区域地下水位动态演变特征,揭示其变化规律,对于实现地下水资源可持续开发利用具有重

【作者简介】李晓菊(1993-),女,中国新疆塔城人,工程师,从事水资源规划方面的研究。

要指导意义。本研究可为制定科学合理的地下水超采综合治理方案提供理论依据和数据支撑。

2 地下水位变化

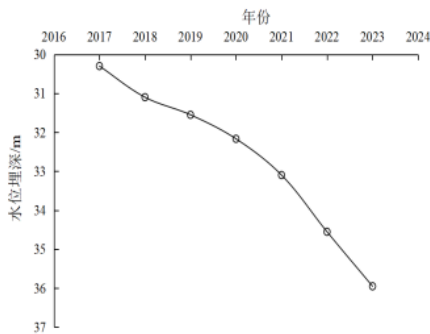
地下水位上升与下降产生的动态变化,直接反映了地下水补给与消耗量的变化[4]。吐鲁番盆地地下水系统呈现显著的地形控制型径流特征。研究区地下水动力场表现出以下空间分异规律:北盆地地下水系统,径流方向受地形控制呈 NNW-SSE 向;冲洪积扇中上部含水层以粗颗粒沉积为主,渗透系数较大,随着向扇缘过渡,相应地下水渗透系数、径流速度降低。南盆地地下水系统,形成典型的向心式径流模式,地下水由周边山前带和沙漠区向艾丁湖洼地汇聚;水力坡度随高程降低呈现递减趋势,径流条件空间分异显著,山前带径流条件良好,湖心区径流阻滞明显。

基于行政区划的空间分布特征,本研究采用从西(托克逊县)向东(鄯善县)的空间分析序列。

2017~2023年7年间,各县区地下水位呈现下降趋势,托克逊县平均水位由2017年的10.92m下降到2023年的12.57m,平均下降速率为0.28m/a,2017年至2019年水位略有回升,托克逊县在2023年出现最高水位25.95m。高昌区平均水位由2017年的30.30m下降到2023年的35.95m,多年下降速率为0.94m/a,高昌区英吐尔村在2023年出现最大埋深水位75.77m。鄯善县平均水位由2017年的34.20m下降到2023年的40.87m,多年下降速率为1.11m/a,鄯善县鲁克沁镇在2023年出现最大埋深水位79.68m。



托克逊县



高昌区



鄯善县

图1 各区县近年平均地下水位变化图

3 地下水埋深影响因素分析

影响地下水埋深变化的主要驱动因子包括气候要素(降水与蒸发)、地形地貌特征以及人为开采活动等。近年来随着经济社会发展、耕地增加、粮食安全保障要求提升,在水资源短缺的吐鲁番市,地下水资源是支撑社会发展的重要水源。

根据《吐鲁番市水资源公报》的统计数据,区域地下水年度平均开采量达到 $7.6509 \times 10^8 \text{m}^3$,远大于地下水可开采量,当前开采强度已严重超过含水系统的自然补给能力。这种长期超采状态导致区域地下水位持续下降,含水层储量呈现负均衡特征,对区域水资源的可持续利用构成了严峻挑战。

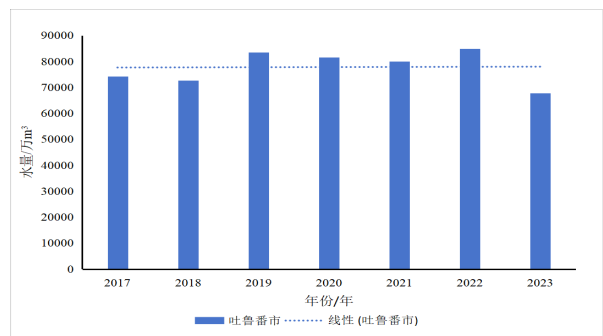


图2 吐鲁番市地下水实际开采量

以吐鲁番市水资源公报实际灌溉面积为基础,综合考虑国土第三次调查与吐鲁番市农用地核查成果,分析确定吐鲁番一区两县2017年~2023年实际灌溉面积。为定量描述灌溉面积对地下水埋深的关系,将一区两县的灌溉面积和地下水的关系采用二次多项式进行拟合。拟合 R^2 均大于0.9,由此可知,在吐鲁番市各区县灌溉面积与地下水埋深呈现较好的二次多项式关系。

以吐鲁番市水资源公报为基础,结合新疆维吾尔自治区地下水超采区划定报告成果,分析确定吐鲁番一区两县实际地下水开采量。根据图4成果可以得知,地下水位动态变化趋势与地下水开采量存在正相关关系,地下水开采量在一定程度上影响地下水位变化,其变化的相关性表现不明显,影响水平还需要进一步监测研究。