

地下水变化与地质灾害相互作用机制及预警研究

刘 瑶

江西省煤田地质勘察研究院 江西南昌 330000

【摘要】作为全球水循环的主要组成部分，地下水变化主要承担着提供环境变化趋势的作用，且可能同环境具有相互影响。地下水具备物理特性和化学成分，是与岩石、土壤相互作用的重要地质力量，且二者相互作用主要表现在物理相互作用及化学相互作用层面。在此之中，物理作用有润滑，软化，粘土化和加强结合水的方法；化学作用包括离子的交换，溶解，水合，水解，氧化还原等化学作用；一般情况下，地下水与地质灾害相互作用可能会引发地面下陷、地壳变形、大型滑坡及地下水水资源风险等自然灾害。因此，探寻地下水与地质灾害之间的关联，在提前预防自然灾害及保护生态环境中至关重要。

【关键词】地下水变化；地质灾害；危险性分析；环境风险

1 地下水对岩土地的驱动因素及作用研究（以物理、化学及机械作用为例）

1.1 地下水对岩土体产生的物理相互作用

一方面，地下水对岩土体产生的物理相互作用主要表现在润滑特性^[1]，具体来看，位于不连续面边界上的岩土体（如未固结的沉积物和土壤颗粒表面，或结构面如裂隙面、节理面、断层面等）可产生润滑作用，使得不连续面的摩擦阻力减小，在这个面上的剪应力作用增强，从而在这个不连续面上引起岩土体的剪切运动。另一方面，地下水对岩土体产生的物理相互作用主要表现出软化和泥化特性^[2-5]，软化和泥化作用是指由于含水量的变化，主要体现在填充物的物理性质发生变化的地下水对岩土体的作用。从固态到塑态再到液态，都会产生弱化的作用。通过水的强化作用：对于包气带土体来说^[6]，其地下部分呈现负压状态，因为土体是不饱和的^[3]。故土中之水，非重力之水，乃合水也。地下水根据有效应力原理，加强了土体的力学性能，提高了土体的强度，在非饱和土体中，有效应力超过了总应力。

1.2 地下水对岩土体产生的化学相互作用

离子交换(离子交换)是指土壤颗粒上吸附的离子和分子与地下水的物理、化学作用过程中^[7]，地下水与岩石之间发

生的一种过程。溶解力和溶蚀作用在地下水的水化学演化过程中起着举足轻重的作用，而导致地下水体中的各种离子的形成，主要是由这两种效应共同产生的。水化作用是指水分子进入岩土体内^[8]，使岩石结构在微观、细观和宏观尺度上发生变化，从而减少岩土体内聚力的矿物晶体结构或附着于可溶性岩石中的离子。水解反应(waterreaction)：是指地下水和岩土体中的物质(主要是岩土物质中的离子)发生化学反应的过程^[6]。氧化还原反应(氧化还原反应)是指电子的化学作用从一个原子转移到另一个原子。氧化是指物质失去了电子，还原物(reduction)则是物质得到了电子。

2 地下水与地质灾害相互作用的安全性分析

2.1 地下水与地质灾害相互作用：可能会引起地面下陷和地壳变形

一是地下水下渗压力减小导致有效应力增大，进而造成含水层受压^[9]，应考虑三方面因素计算地下水开采引起的地面沉降量。由于地下水下渗压力减小，在土层中引起弱透水层固结变形，导致岩土中的有效应力增大。由于地下水下渗压力减小，朝向水井聚集的强劲水流在地下含水层中形成，使空隙中的水压增大^[10]。含水层中的水和土粒在空隙中受到水压的作用下，就会运动起来。土粒水平移动会

使含水层产生垂向变形,也会因压实和颗粒重排而使孔隙变小。此外,部分地区的地面沉降量还包括由于公路、铁路等动荷载造成的市区建筑物等地面静荷载和沉降量^[11]。地下工程(如地铁、人防工程、地下商场等)、新沉积物的天然固结、新构造运动造成的区域下沉积量等因素,都可能造成地面沉降量的产生。

2.2 地下水与地质灾害相互作用:可能会引起大坝失稳

拱坝溃决的原因是由于拱坝部分受到拉伸应力的作用,在下游方向产生岩体结构面张开的倾向,造成靠近坝脚的岩体向外拉伸,形成裂缝,从而引起水的渗漏。库区蓄水后,水就会顺着这些裂口往里渗,不停地往里渗。由于下游断层封闭了渗水通道,从而促使裂缝扩大(使有效应力减缓)^[12],如空间静水压力也与水库的总水压一样,在裂缝中产生。间隙的水压作用,使结构面抗剪强度减弱,造成坝肩岩体不稳。保持基础稳固,对于重力坝来说十分关键。除通常考虑的坝基扬压外,还应考虑通过坝基岩体间隙或结构面,以及地下水对结构面的物理、化学作用等因素对重力坝坝基稳定性产生的动水压力。当前公式在评价坝基岩体的抗滑稳定性时,仅将间隙静态水压力考虑在内^[13],而对动态水压力的影响考虑得不够充分。地下水压力在裂隙内平行作用于裂隙面,在裂隙面上与静水压力共同作用于地下水压力。岩体裂隙和堤坝溃决往往与增大裂隙面上的剪切应力有很大关系。

2.3 地下水过多的危险:可能会引起污染地下饮用水资源风险

地下水过多,有可能造成地下水位上涨^[14],造成地下水喷涌现象的出现。当地下水位升高到一定程度时,可能会冲刷土壤中的矿物质和有毒物质,将其带入地下水中,造成地下水资源的严重污染。这种污染一旦出现,危害很大,不管是对周围的居民,还是对生态环境都是如此。

地下水过多,也容易造成地下水位下降,使本已枯竭的

地下水资源更加恶化^[15]。地下水超采导致地下水资源得不到有效补充和恢复,随着城市用水需求的增加,地下水位逐渐下降。这种情况下,地下饮用水资源可能会因为水质变差而难以供应,给人们的生活和健康带来不利影响。另外,地下水过多还可能带来土壤沉降和地基沉降等问题。地下水位的上升或下降都会影响土壤的稳定性,导致土地沉降和地基不稳定,对建筑物和基础设施造成损坏。这些后果不仅会增加维修和修复的成本,也可能影响周边居民的生活和安全。

3 总结

要减少地下水超标带来的危险,就需要在保护地下水资源方面采取有效措施。当务之急是加强对地下水资源的监测和管理,发现地下水超采的问题,及时解决。其次,减少过度开采地下水资源,应采取节约用水、合理利用水资源等措施。同时,还要加强对工业废水和生活污水的治理,防止有害物质渗入地下水中,保护地下饮用水资源的纯净和安全。

参考文献:

- [1] 张丽娟,吴佩鹏,张盛艳,等.河床地形起伏变化对地表水-地下水-湿地水交互过程的影响研究[J].水文地质工程地质,2024,51(01):22-29.
- [2] RezaAN, S. K. S. Rainfall Assessment and Water Harvesting Potential in an Urban area for Artificial Groundwater Recharge with Land Use and Land Cover Approach [J]. Water Resources Management, 2023, 37 (13): 5215-5234.
- [3] WangW, LiY, ZhangY, et al. Pedestrian evacuation planning under dam-break flood disaster considering road risk and road pedestrian demand [J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2024, 104104355-.
- [4] D. V, V. R, J. G, et al. Effects of sediment transport on flood hazards: Lessons learned and remaining challenges [J]. Geomorphology, 2024, 446108976-.

- [5] Yuming G, Jixiong Z, Meng L, et al. Preventing water inrush hazards in coal mines by coal gangue backfilling jobs: influences of the particle size and stress on seepage characteristics. [J]. Environmental science and pollution research international, 2023, 30 (47): 104374-104387.
- [6] 党学亚, 顾小凡, 常亮. 柴达木盆地地下水位上升灾害防治对策[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2023, 42 (08): 64-69.
- [7] 贾超, 姚越, 杨霄, 等. 线性工程地下水开采诱发地面沉降风险研究[J]. 人民长江, 2022, 53 (12): 104-110+156.
- [8] 张建峰, 郑晓悦, 于国亮, 等. 富水炭质千枚岩隧道突涌水灾变机制及防控措施研究[J]. 现代隧道技术, 2022, 59 (05): 221-227+236.
- [9] 郑石明, 宋悦. 灾害治理组织网络的演化机理: 一个“结构—过程—价值”整合性分析框架[J/OL]. 中国地质大学学报(社会科学版): 1-15 [2024-04-20].
- [10] 万欣, 丁欣宇, 张天天, 等. 考虑基础设施中断的暴雨灾害社会影响研究——基于公众视角的情感与行为演化分析[J]. 自然资源学报, 2023 (11): 2919-2932.
- [11] 谢振华. 自然灾害社会风险演变分析: 驱动因素、阶段特征与内在规律[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2023 (03): 63-69.
- [12] 肖亚龙, 冯皓, 朱承璋, 等. 基于社会网络分析的重大自然灾害事件线上社会支持寻求与供给研究[J]. 情报杂志, 2023 (03): 190-198.
- [13] 武艳敏, 罗婷. 新中国灾害治理政策的逻辑理路——基于52份政策文本的分析[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版), 2021 (04): 99-104.
- [14] 张云山, 吴南, 贾永刚, 等. 海底滑坡典型特征及石油地质学意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2023 (01): 94-104.
- [15] 焦守涛, 张旗, 汤军, 等. 量子科学与大数据科学: 推动地质学跨越式发展的两大利器[J]. 地学前缘, 2023 (03): 294-307.

作者简介:

刘瑶 (1996.04.09—), 女, 汉, 江西赣州人, 学历: 本科, 学校及职称: 江西省煤田地质勘察研究院助理工程师, 研究方向: 地质灾害。