

# 地下水动态变化与地质构造稳定性分析

黄玉州

内蒙古煤炭地质勘查(集团)一一七有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要:** 地下水动态变化与地质构造稳定性是地球科学中的重要课题。随着全球气候变化和人类活动的加剧,地下水资源的合理开发与保护以及地质构造的稳定性评价变得越来越重要。地下水动态变化不仅影响土壤水盐平衡、植物生长和养分利用,还与地质构造的稳定性密切相关。因此,深入研究地下水动态变化与地质构造稳定性的关系,对于防灾减灾、资源开发和环境保护具有重要意义。本文旨在探讨地下水动态变化与地质构造稳定性之间的关系,为合理开发地下水资源和评估地质构造稳定性提供科学依据。

**关键词:** 地下水动态变化; 地质构造; 稳定性

引言: 近年来,随着全球气候变化和人类活动强度的不断增大,地下水动态变化与地质构造稳定性之间的相互作用关系变得更加复杂和敏感。极端气候事件导致的降水异常和干旱加剧,以及人类大规模的地下水开采和工程建设活动,都可能引发一系列连锁反应,对生态环境和人类社会造成严重影响。因此,深入研究这一关系并建立有效的监测和预测模型,已成为地球科学领域亟待解决的重要科学问题之一。

## 1 地下水动态变化特征

### 1.1 地下水水位变化

地下水水位展现出鲜明的时空变化特质。于时间范畴而言,受降水与蒸发要素左右,其季节性波动规律显著。降雨丰沛的雨季,大量降水渗入补给,致使水位迅猛攀升;而在干旱少雨的旱季,蒸发作用以及持续的排泄过程,又让水位缓缓回落,年际水位波动幅度往往可达数米之多。从空间视角审视,不同地貌与地质条件造就了水位的显著差异。河谷地带,因毗邻地表水且含水层渗透性优良,水位常处于较高水平;反观山区,地势高低起伏剧烈,地下水径流速度较快,水位则深埋于地下较深处。再者,人类诸如大规模抽水用于灌溉或城市供水的开采活动,会致使局部区域水位持续走低,形成区域性漏斗状,这不仅打乱了原有的水位平衡格局,更对周边生态环境与地质构造的稳定状态带来极为深远的影响。

### 1.2 地下水水量变化

地下水水量的变化由补给与排泄的动态交互所决定,呈现出复杂多变的特性。其补给来源丰富多样,其中大气降水尤为关键,降水强度大小、持续时长以及地形坡度状况等均对入渗补给量有着决定性影响。比如山区尽管降水充沛,可因坡度较大,入渗量相对而言较为

有限;而平原地区则因地势平坦更利于入渗。地表水与地下水之间存在着相互补给的关联,丰水季时地表水会为地下水提供补给,到了枯水期则反之。在干旱区域,凝结水也能为地下水贡献一定的补给量。在排泄端,蒸发和蒸腾作用受气候条件与植被覆盖情况制约,在气候干旱炎热且植被生长茂密之处,蒸发蒸腾的水量颇为可观。人工开采是极为重要的排泄途径,工业、农业以及生活用水的大量需求致使开采规模不断扩大,这打破了地下水的水量平衡,使得部分地区含水层水量急剧减少,进而引发地面沉降等地质灾害,对区域生态安全以及可持续发展构成严重威胁。

### 1.3 地下水水质变化

地下水水质变化受自然与人为因素共同作用。自然条件下,地质背景决定了水中化学成分的初始组成。如在石灰岩地区,因岩石溶解,地下水中钙、镁等离子含量较高;在沿海地区,受海水影响,氯离子和钠离子浓度增加。同时,水岩相互作用持续改变水质,矿物溶解与沉淀过程使某些离子浓度上升或下降。人为因素方面,农业活动中化肥农药使用,使氮、磷及有机污染物进入地下水;工业废水排放带来重金属、有机物等有毒有害物质,造成局部地区地下水严重污染。生活污水未经有效处理的渗漏也对水质产生不良影响,导致地下水化学组分复杂多变,水质恶化不仅影响饮用水安全,还对依赖地下水的生态系统造成破坏,修复难度大且成本高昂。

## 2 地下水动态变化对地质构造稳定性的影响机制

### 2.1 物理作用机制

地下水水位的升降会引起孔隙水压力的变化,这是影响地质构造稳定性的重要物理因素。当水位上升时,孔隙水压力增大,作用于岩石骨架上的有效应力减小。

根据摩尔-库仑准则,岩石的抗剪强度会随之降低,在一定的地应力条件下,原本处于稳定状态的岩体可能沿软弱面发生滑动或剪切破坏。例如在水库蓄水过程中,周边区域地下水位上升,增加了山体滑坡的风险。此外,地下水在岩石孔隙和裂隙中的流动会产生动水压力,当动水压力方向与重力方向不一致时,会对岩体产生侧向推力,改变岩体的应力状态,促使地质构造失稳,尤其在裂隙较为发育的岩体中这种影响更为明显。

## 2.2 化学作用机制

地下水的化学成分与岩石矿物之间的化学反应对地质构造稳定性有着长期的潜在影响。在一些地区,地下水呈酸性,其中的氢离子会与岩石中的碳酸盐矿物(如方解石、白云石)发生反应,使岩石逐渐溶解。这种化学溶蚀作用会导致岩石的孔隙度和渗透率增大,岩体结构变得疏松,降低了岩石的强度和完整性。以岩溶地区为例,长期的溶蚀作用形成了大量的溶洞和地下河,使得岩体的承载能力下降,容易引发地面塌陷等地质灾害。同时,溶蚀过程中产生的一些次生矿物可能会沉淀在岩石孔隙和裂隙中,改变岩体的力学性质,进一步影响地质构造的稳定性,例如某些沉淀矿物可能会增加岩石的硬度,但同时也降低了其韧性,在受到外力作用时更容易发生脆性破坏。

## 2.3 热作用机制

地下水温度的变化以及水岩之间的热交换也在地质构造稳定性中扮演着角色。地下水在不同地层中流动时,会与周围岩石进行热量交换。当热水上升或冷水下降时,由于温度差异,岩石会发生热胀冷缩现象。这种热胀冷缩会在岩石内部产生热应力,如果热应力超过了岩石的抗拉或抗压强度,就会导致岩石破裂或变形,进而影响地质构造的稳定性。例如在地下热水资源开发地区,长期大量抽取热水会使地层温度降低,周围岩石收缩,可能引发地裂缝的产生。而且,温度的变化还会影响地下水的化学活性,加速或减缓水岩化学反应的速率,间接对地质构造稳定性产生影响,如高温会促进某些化学反应的进行,使岩石的溶蚀或沉淀作用增强,改变岩体的结构和性质。

## 3 地质构造稳定性的影响因素

### 3.1 地质构造背景与岩石性质

地质构造背景是影响地质构造稳定性的首要因素。地质构造背景包括区域地质构造特征、褶皱、断层以及地壳运动等。这些地质构造特征直接决定了岩石的变形和应力分布。例如,在褶皱强烈、断层众多的地区,岩体往往破碎,稳定性较差。此外,岩石的性质也是决

定地质构造稳定性的关键因素。不同类型的岩石具有不同的物理和力学性质,如深成侵入岩、厚层坚硬的沉积岩以及片麻岩、石英岩等构成的边坡,一般稳定程度较高;而喷出岩边坡,如玄武岩、凝灰岩等,由于其原生的节理发育,容易形成直立边坡并易发生崩塌。岩石的力学性质如抗压强度、抗拉强度和抗剪强度等,决定了岩石在应力作用下的变形和破坏方式。

### 3.2 构造应力场与地震活动

构造应力场是影响地质构造稳定性的关键因素之一。地壳内部的应力分布和变化,是驱动岩石变形和破裂的主要动力。在复杂的构造应力场作用下,岩石会经历各种变形,形成如褶皱、断层等地质构造现象。这些变形不仅改变了岩石的原始形态和结构,还深刻影响了地质构造的整体稳定性。此外,地震活动也是威胁地质构造稳定性的重要因素。地震是地壳内部应力积累到一定程度后的突然释放,伴随着地壳的剧烈运动和岩石的剧烈破裂。地震的发生往往伴随着滑坡、崩塌等地质灾害,对地质构造的稳定性构成严重威胁。在地震活动频繁的地区,地壳的应力状态更加复杂多变,岩石的变形和破裂现象也更加普遍和剧烈。

### 3.3 水文地质条件与地下水活动

水文地质条件是影响地质构造稳定性的另一个不可忽视的因素。地下水是地壳中重要的流体介质,它的存在和活动对地质构造的稳定性具有重要影响。一方面,地下水会使岩石软化或溶蚀,导致上覆岩体塌陷,进而发生崩塌或滑坡。另一方面,地下水产生的静水压力或动水压力也会促使岩体下滑或崩倒。此外,地下水还增加了岩体的重量,使下滑力增大。在寒冷地区,渗入裂隙中的水结冰后会产生膨胀压力,进一步促使岩体破坏倾覆。因此,水文地质条件的变化和地下水活动的强弱直接影响着地质构造的稳定性。

## 4 地质构造稳定性评价方法分析

### 4.1 定性评价方法

定性评价主要依据地质构造的直观特征与历史地质信息来判断稳定性。通过对地质构造的形态进行观察,例如褶皱的紧闭程度、断层的断距大小及破碎带宽度等。紧闭褶皱区域岩石变形强烈,应力集中程度高,稳定性相对较差;宽大断层破碎带则可能导致岩体完整性受损,增加不稳定因素。同时,参考区域的地震活动历史记录,若某区域频繁发生地震,表明其处于构造活动活跃区,地质构造稳定性低。此外,岩石的类型与性质也在定性评价中起关键作用,如脆性岩石相较于韧性岩石在应力作用下更易破裂,降低构造稳定性。这种方法

简单直观,能快速对地质构造稳定性有初步的整体判断,但缺乏精确性与定量数据支撑。

#### 4.2 定量评价方法

定量评价借助先进的技术手段与数学模型精确评估地质构造稳定性。采用地球物理勘探技术,如地震波探测确定地层结构与岩石弹性参数,进而计算地应力分布。数值模拟方法是定量评价的核心,有限元法将地质体离散为有限单元,根据岩体力学参数设定边界条件,模拟不同工况下构造的应力应变状态,以判断稳定性。例如在矿山开采规划中,通过模拟开采过程中地质构造应力变化预测可能的塌陷区域。另外,监测技术如GPS测量地壳微小位移、孔隙水压力传感器监测水压力变化等为定量评价提供实时数据,结合数学模型不断修正完善评价结果,从而为工程建设、地质灾害预警等提供精准依据,但其对数据要求高且模型构建复杂。

#### 4.3 力学参数测试法

通过室内外力学试验获取岩石和岩体的力学参数,以此为依据评估地质构造稳定性。在室内,利用岩石力学试验机对岩样进行单轴抗压、抗拉、抗剪等试验,测定岩石的强度指标如抗压强度、抗拉强度、内摩擦角和粘聚力等。野外则可进行原位岩体力学测试,如现场直剪试验、岩体变形模量测试等,这些试验能更真实地反映岩体在原位状态下的力学特性。将测得的力学参数输入到相应的地质力学模型中,计算在不同荷载和地质条件下岩体的应力、应变分布情况,从而判断地质构造是否处于稳定状态。例如在大型水电工程建设前期,详细的力学参数测试能够为大坝选址及基础稳定性分析提供关键数据支持,帮助工程师确定合理的工程设计方案,保障工程长期安全运行。

#### 4.4 经验类比法

经验类比法是依据已有的相似地质构造工程实例和长期积累的地质经验来评价稳定性。收集大量已完成的地质工程案例,分析其地质构造特征、工程活动情况以及稳定性表现。例如在评估某山区公路沿线的地质构造稳定性时,参考同类型山区已建成公路的地质资料,对比地质构造类型(如褶皱、断层的相似性)、岩石性

质、地形地貌条件以及曾经出现的地质灾害情况等。如果已知类似地质条件下的公路在特定路段频繁出现山体滑坡或崩塌现象,那么在新的公路规划和建设中就可以提前采取针对性的加固和防护措施。这种方法虽然依赖于以往经验,但能够快速地对地质构造稳定性做出大致判断,为初步工程规划和决策提供有价值的参考,节省大量前期研究时间和成本。

#### 结束语

综上所述,通过对地下水水位、水量、水质变化特征的深入研究,以及对地质构造类型、分布和稳定性评价方法的系统分析,我们揭示了地下水动态变化对地质构造稳定性的多种影响机制,包括水压力作用、化学溶蚀与沉淀作用以及热动力作用等。同时,也探讨了地质构造稳定性变化对地下水动态的反馈作用,如岩体变形对地下水渗流场的影响和地质灾害对地下水系统的破坏。未来,随着科学技术的不断进步和研究方法的创新,在地下水动态变化与地质构造稳定性这一研究领域将会取得更加丰硕的成果,为人类与地球环境的和谐共生做出更大的贡献。

#### 参考文献

- [1]唐世南,史文龙,杨锋,等.关于地下水超采区水位变化通报技术问题的探讨[J].水利规划与设计,2024,(09):99-102+107.
- [2]闫鑫.地下水对地震的动态响应特征及机理探究[D].中国地质大学(北京),2023.
- [3]那荣越.朝阳市地下水资源动态变化与影响因素分析[J].黑龙江水利科技,2022,50(03):51-53.
- [4]寇力.浅层地下水动态变化特征及保护策略[J].能源与节能,2021,(08):101-102+129.
- [5]孙青言,郭辉,陆垂裕.地下水动态演变研究现状与发展趋势[J].灌溉排水学报,2021,40(S1):58-64.
- [6]高淑红.基于地下水位动态变化规律综合分析[J].黑龙江水利科技,2021,49(02):35-39.
- [7]崔英杰,魏永富,徐晓民,等.基于标准地下水指数的地下水位动态及其对降水变化的响应[J].科学技术与工程,2020,20(16):6336-6342.