

# 工程地质中的地下水问题研究

张文斌

河北省煤田地质局水文地质队 河北 邯郸 056001

**摘要:**地下水在工程地质中扮演关键角色,对岩土体性质及工程稳定性有深远影响。地下水浸润削弱岩土体强度,改变变形特性,易引发滑坡、泥石流等灾害。工程勘察与监测为防治提供基础,止水与排水措施有效截断渗流路径,保障施工安全。地下水动态调控策略综合考虑多因素,通过抽水、回灌等手段维持水位稳定,效果评估机制确保调控精准有效。地下水问题的综合防治是工程地质领域的重要课题。

**关键词:**地下水问题;工程地质;防治措施

## 引言

在工程地质研究中,地下水问题始终是一个核心议题。地下水的存在和状态不仅直接影响着岩土体的物理力学性质,还关系到工程建设的稳定性和安全性。随着城市化进程的加速和基础设施建设的不断扩大,地下水问题日益凸显,成为制约工程进展和威胁人民生命财产安全的重要因素。因此,深入探究地下水对工程地质的影响及其防治措施,对于保障工程建设的顺利进行和长期稳定运行具有重要意义。

### 1 工程地质中地下水的重要性

在工程地质领域,地下水扮演着至关重要的角色,其存在和状态对工程建设和地质环境的稳定性具有深远影响。地下水是地质体中的重要组成部分,也是影响岩土体物理、力学性质的关键因素。地下水对岩土体的强度和稳定性具有显著影响。地下水的浸润会改变岩土体的应力状态,导致有效应力减小,降低岩土体的抗剪强度和承载能力。在饱和状态下,土体的抗剪强度会大幅下降,使得土体更易于发生剪切破坏。对于岩体来说,地下水沿着裂隙、节理等结构面渗透,会溶解其中的可溶性矿物,削弱岩石颗粒间的胶结力,进而降低岩体的整体强度和稳定性,地下水还会对岩土体的变形特性产生影响。地下水的存在会改变岩土体的压缩性和流变特性,使得土体在受力时更容易发生变形。在长期的荷载作用下,地下水的持续作用可能导致岩土体的持续变形,甚至引发地质灾害;地下水还是许多工程地质灾害的重要触发因素。如基坑涌水、突涌、滑坡、泥石流等,都与地下水的活动密切相关。地下水的动态变化会导致岩土体稳定性的突然丧失,对工程建设和人民生命财产安全构成严重威胁。因此,在工程地质研究中,必须高度重视地下水的作用和影响。

### 2 地下水对岩土体性质的影响

#### 2.1 对岩土体强度的削弱

在工程地质范畴内,地下水对岩土体物理力学性质的改变作用明显,其中对强度的削弱效应尤为突出。就土体来说,地下水的浸润过程会致使土颗粒间有效应力降低。依据有效应力原理,土颗粒间的抗剪强度与有效应力紧密相关,有效应力减小,土体抗剪强度随之降低。以粘性土为例,当含水量上升,土的塑性指数显著增大,土颗粒间的分子引力及静电引力等联结力被削弱。在实际工程中,饱和软粘土在含水量增加时,其抗剪强度会急剧下降,降幅可达原本的50%甚至更多。这种强度的大幅降低,使得土体在承受上部荷载时,更容易发生剪切破坏,对工程基础的稳定性构成严重威胁。对于岩体,地下水的影响机制更为复杂。地下水会沿着岩石的裂隙、节理等天然结构面渗透。在渗透过程中,地下水溶解岩石中的可溶性矿物,如石灰岩中的碳酸钙等。随着矿物溶解,岩石颗粒间的胶结物质减少,胶结力被削弱,岩体完整性遭到破坏。长期受地下水作用的石灰岩岩体,岩溶作用会在其内部形成大量溶洞、溶蚀裂隙。这些岩溶形态的存在,不仅改变了岩体的内部结构,还大幅降低了岩体的整体强度。在工程建设中,此类岩体难以承受较大荷载,极易引发坍塌等严重事故,严重危及工程安全<sup>[1]</sup>。

#### 2.2 对岩土体变形特性的改变

地下水对岩土体变形特性的影响在工程实践中具有举足轻重的地位。(1)当土体处于饱水状态时,其压缩性会显著增强。这是因为水分在土颗粒间起到了润滑作用,减小了颗粒间的摩擦力,使得土体在外部荷载作用下更容易发生压缩变形。对于建筑物基础位于地下水水位以下的可压缩性土层,地下水位的波动会直接导致土体含水量的变化,进而引起土体体积的膨胀或收缩,导致不均匀沉降,威胁建筑物的稳定性。(2)在沿海地区,

过度抽取地下水导致地下水位持续下降,上层软土层在自重作用下发生固结沉降,引发大面积地面下沉,对区域内各类建筑物及基础设施的稳定性构成严重威胁。

(3)在岩体方面,地下水的作用使得岩石的弹性模量降低,变形模量增大,导致岩石在受力时弹性变形阶段缩短,塑性变形提前且变形量增大。特别是在高地应力地区,地下水加剧了岩体的流变特性,使岩体在长期荷载作用下更容易发生持续变形,对地下工程的稳定性造成严重威胁,如隧道、地下洞室等可能出现衬砌结构开裂、变形甚至坍塌等问题。

### 3 地下水引发的工程地质灾害

#### 3.1 基坑涌水与突涌

于城市建设的基坑工程体系里,地下水堪称引发工程事故的关键致灾因子。伴随城市化进程加速,基坑开挖深度不断增加,与地下水位的关系愈发紧密。如果基坑开挖深度逼近或低于地下水位,且未构建行之有效的止水体系,地下水便会凭借自身水头压力,源源不断地涌入基坑空间,催生基坑涌水现象。基坑涌水绝非仅造成施工场地积水,干扰正常施工流程,更会因水对土体的软化、冲刷作用,大幅降低基坑边坡土体的抗剪强度,致使边坡稳定性系数急剧下降,引发边坡失稳坍塌事故,严重危及施工人员生命安全与工程建设进度。在深厚软土地层开展基坑作业时,承压水问题尤为棘手。此类地层下部常蕴藏着承压水含水层,其水压受补给源及地质构造控制。当基坑开挖不慎揭露承压水含水层,且承压水头压力超过上覆土层的有效重量时,突涌灾害便会接踵而至。突涌发生瞬间,基坑底部土体犹如被强力顶升,出现隆起、开裂现象,土体结构遭受严重破坏。基坑底部的隆起变形,会损坏已施工的基础结构,还可能导致整个基坑支护体系失效,引发基坑整体垮塌,造成难以估量的经济损失与工期延误。在某沿海城市的地铁站基坑施工期间,由于对场地复杂水文地质条件认识不足,未能精准掌握承压水分布与压力状况,施工过程中未采取有效的降压措施,致使基坑底部突发突涌,大量泥沙随承压水涌出,基坑内一片狼藉,后续抢险与修复工作耗费了巨额资金,且工程进度滞后数月之久<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 滑坡与泥石流

(1)从滑坡形成机制来看,山区岩土体因特殊地形地貌与地质构造,原生稳定性欠佳。地下水凭借渗透作用,逐渐深入岩土体内部。一方面,增加了岩土体的重量,依据重力原理,坡体下滑力随之显著增大;另一方面,地下水的浸润致使岩土体颗粒间的内聚力与摩擦

力降低,按照抗剪强度理论,岩土体抗剪强度被大幅削弱。当坡体下滑力超过抗滑力这一阈值,滑坡灾害便会突然发生。且地下水在坡体孔隙与裂隙中流动时,会产生动水压力,该压力方向与坡体滑动方向一致,加剧坡体不稳定,尤其在暴雨天气,大量降水快速转化为地下水,地下水位急剧上升,此时成为滑坡高发期。(2)泥石流的孕育与地下水关联紧密。在山区沟谷区域,广泛分布着大量松散堆积物。地下水持续浸润,使堆积物含水量急剧增加,颗粒间摩擦力大幅减小,堆积物抗剪强度严重降低。如果遭遇地震、强降雨等触发因素,原本处于临界不稳定状态的堆积物,在重力作用下,裹挟大量水体,沿着沟谷高速流动,形成极具破坏力的泥石流。(3)以我国西南某山区为例,曾因连续多日暴雨,地下水迅速富集。在这种情况下,大量松散堆积物被饱和,最终诱发大规模泥石流灾害。灾害发生后,多条交通干道被冲断,众多居民房屋被掩埋,造成了极为惨重的人员伤亡与经济损失,凸显了地下水引发泥石流灾害的严重危害性。

### 4 地下水问题的防治措施

#### 4.1 工程勘察与监测

(1)在工程勘察阶段,需运用多元先进手段全面剖析场地水文地质条件。地质测绘是基础,勘察人员深入实地,详尽记录地形地貌特征,并细致研究地层岩性,为地下水赋存与运移的研究奠定基础。地球物理勘探技术随后跟进,利用岩土体物理性质差异,通过瞬变电磁法与地质雷达等手段,快速探测地下含水层分布与地质异常。钻探作业则直接获取地下实物资料,取出岩芯样本,直观展现地层结构与含水层特征,精确测定地下水位埋深,深入分析地下水的水文地质参数,为后续工程设计与施工提供科学依据。(2)构建长期稳定的地下水监测系统意义重大。该系统要实时监测地下水位的动态变化,要捕捉水位随季节更替产生的周期性波动,还要关注其长期演变趋势以及因工程活动引发的突变情况。水质监测同样不容忽视,通过专业检测手段分析地下水的化学成分、酸碱度、硬度等指标,评估其对工程材料的腐蚀性以及对周边生态环境的潜在影响。(3)对于大型基础设施工程,如高层建筑、大型桥梁、深埋隧道等,全生命周期的地下水动态监测至关重要。通过科学设置监测井,利用自动化设备实时采集水位数据,并无线传输至监控中心。如果监测到地下水位异常或水质恶化,即可迅速响应,调整施工方案或采取治理措施。如某大型跨海大桥建设中,实时监测数据为桥梁基础施工提供了有力保障,确保了工程的稳定性与安全性<sup>[3]</sup>。

#### 4.2 止水与排水措施

在基坑工程领域,止水技术的合理运用可有效截断地下水向基坑内部的渗流路径。地下连续墙作为一种常用且高效的止水方式,通过在基坑周边浇筑钢筋混凝土墙体,凭借其良好的整体性与抗渗性能,能有效阻挡地下水的涌入。止水帷幕则是在基坑周边构建连续的防渗屏障,常见的有水泥土搅拌桩帷幕、高压旋喷桩帷幕等。水泥土搅拌桩帷幕借助深层搅拌机械,将水泥与土体强制搅拌混合,形成具有一定强度与抗渗性的水泥土桩体,相互搭接组成帷幕;高压旋喷桩帷幕则利用高压喷射流,将水泥浆液与土体混合,凝固后形成防渗墙体,有效截断地下水渗流。在排水方面,需根据工程实际情况选用适宜的排水方法。明沟排水适用于地下水位较浅、基坑涌水量相对较小的场景。在基坑周边开挖排水沟,并设置集水井,利用重力作用,使基坑内的积水汇聚至集水井,再通过水泵将积水抽排至基坑外。井点降水技术则借助真空泵等设备,在井点管内形成负压,将地下水从井点管中抽出,降低地下水位,为基坑干作业创造有利条件。在隧道工程中,为抵御地下水对隧道衬砌的侵蚀,保障隧道结构的长期稳定性,通常在衬砌背后设置排水盲管,收集地下水,并通过铺设防水板,阻止地下水与衬砌直接接触。排水盲管将地下水引至隧道侧沟或中心排水沟,最终排出隧道外,有效降低了地下水对隧道工程的危害程度。

#### 4.3 地下水动态调控措施

(1) 制定科学合理的调控策略是关键。这需要综合考虑工程场地的水文地质条件、工程建设需求以及周边环境因素。通过构建地下水数值模型,模拟不同工况下地下水位的变化趋势,预测工程建设可能引发的地下水动态响应。在城市大规模建设区域,结合规划中的建筑群布局与地下空间开发方案,分析地下水对工程稳定性的影响,确定合理的地下水位控制目标,为后续调控措施的实施提供依据。(2) 实施多样化的调控手段来达到目标。对于地下水位过高的情况,可采用主动抽水的方式,通过布置抽水井,将地下水抽出并合理排放,以降低地下水位。在一些沿海地区,为防止海水入侵,可

在滨海地带设置地下水回灌井,向地下注入淡水,抬高地下水位,形成淡水帷幕,阻挡海水倒灌。在水利工程与城市排水系统的协同调控方面,通过合理调节水库水位、控制排水泵站的运行等措施,优化区域内地下水的补给与排泄关系,维持地下水位的相对稳定。(3) 建立完善的效果评估机制至关重要。持续监测调控措施实施后地下水位、水质等参数的变化情况,对比调控前后的地下水动态数据,评估调控措施的有效性。依据评估结果,及时调整调控方案,确保调控措施能够精准满足工程需求。在某大型工业园区建设过程中,实施地下水动态调控措施后,通过长期监测发现地下水位虽有所下降,但部分区域出现了水质恶化的迹象。经分析评估,对抽水井布局与抽水强度进行了优化调整,最终实现了地下水位合理控制且水质稳定的目标,保障了工业园区工程建设的顺利进行与长期稳定运行<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

综上所述,地下水问题在工程地质中占据着举足轻重的地位。通过工程勘察与监测,我们可以全面了解场地水文地质条件,为防治措施的制定提供科学依据。止水与排水措施的有效运用,可以截断地下水渗流路径,保障施工安全。而地下水动态调控策略的实施,则可以在维持地下水位稳定的同时,兼顾工程需求和生态环境保护。未来,我们将继续深入研究地下水问题,不断探索更加科学、有效的防治措施,为工程建设提供更加坚实的保障。

#### 参考文献

- [1]姜庆奎.工程地质中的地下水问题研究[C]//2024智慧施工与规划设计学术交流会议论文集.2024:1-3.
- [2]周杰.水利工程中的工程地质问题探析[J].工程建设与设计,2024(19):111-113.
- [3]郭云生.水文地质勘查中地下水的问题及解决方法研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(7):2337-2338.
- [4]彭柏兴,舒倩,罗玮.岳阳市地下空间开发利用的工程地质问题研究[C]//2019年全国工程地质学术年会论文集.2019:9-16.