

水文地质条件对工程稳定性的影响研究

李浩然 李玥蓬

河北省地质矿产勘查开发局第九地质大队 河北 邢台 054000

摘要: 水文地质条件作为工程建设中的重要环境因素,对工程稳定性具有显著影响。本文旨在探讨水文地质条件对工程稳定性的影响机制,分析地下水分布、水位变化、水理性质等因素对工程结构、岩土体稳定性及施工过程的潜在影响,并提出相应的防治措施。

关键词: 水文地质条件; 工程稳定性; 地下水分布; 水位变化; 防治措施

引言

在工程建设中,水文地质条件的复杂性往往被忽视,导致在勘察和设计阶段未能充分考虑水文地质问题,从而引发了一系列岩土工程问题。这些问题不仅损害了勘察公司的声誉,也给社会带来了显著的经济损失。水文地质学是研究地下水分布、形成规律、组成成分以及其对工程建设影响的学科。为了确保工程建设的安全,必须提高水文地质勘察的质量,明确水文地质状况,并提出有效的建议和防治措施。

1 水文地质条件概述

水文地质条件是地质环境中极为关键的一部分,它详细描述了地下水的存在状态及其与周围岩土体的相互关系。具体来说,水文地质条件涵盖了地下水的分布规律,包括其埋藏深度、流向及补给来源等;同时,水位的变化情况也是重要考量因素,它受到季节、降雨及人为活动等多种因素的影响。此外,水理性质如透水性决定了地下水流动的速度与路径,崩解性、软化性则关乎岩土体在水作用下的稳定性,而给水性及胀缩性则直接影响地基的承载力和变形特性。这些因素在工程建设中至关重要,对确保工程结构的长期稳定和安全运行具有不可替代的作用。

2 水文地质条件对工程稳定性的影响

在工程地质领域,水文地质条件是影响工程稳定性的关键因素之一。地下水的分布、水位变化、岩土体的水理性质以及地下水压力等,都直接或间接地影响着工程基础的稳定性和安全性。

2.1 地下水分布对工程稳定性的影响

地下水的分布状态对工程稳定性具有直接且深远的影响。在地下水位较高、土壤松软的地区,地下水的存在大大降低了土壤的承载力和抗剪强度。这是因为土壤颗粒间的空隙被水分填充,使得土壤颗粒之间的接触面积减小,摩擦力降低,从而导致土壤易于发生沉降和变

形。当工程基础位于这类土壤中时,基础下方的土壤在承受上部结构荷载的过程中,容易发生压缩变形,导致基础沉降。如果基础沉降量过大或沉降不均,将会对上部结构产生严重的应力集中和变形,甚至可能导致结构破坏。例如,在高层建筑中,微小的基础沉降差异都可能导致结构柱体产生额外的弯矩和剪力,进而引发裂缝或破坏。此外,地下水的分布还可能影响土壤的渗透性和排水性能。在渗透性较差的土壤中,地下水难以有效排除,容易在基础下方形成积水区。积水区的存在不仅进一步降低了土壤的承载力,还可能对基础产生浮托力,导致基础失稳。同时,积水还可能加速土壤的软化和崩解,进一步加剧基础沉降和变形的问题。

2.2 地下水位变化对工程稳定性的影响

地下水位的变化是另一个对工程稳定性产生重要影响的因素。地下水位的上升或下降都可能对岩土工程造成严重的危害。当地下水位上升时,基础土壤因吸水而软化、盐渍化甚至沼泽化。软化后的土壤承载力显著降低,抗剪强度减弱,容易导致建筑物倾斜、墙体破裂或塌方等严重问题。特别是在软土地基地区,地下水位上升还可能引发大面积的地面沉降,对周边环境和建筑物造成严重影响。盐渍化则可能导致土壤中的盐分含量增加,对建筑物的基础材料和结构产生腐蚀作用,进一步降低建筑物的稳定性^[1]。相反,地下水位下降也可能对工程稳定性产生不利影响。当地下水被大量抽取或排泄时,土壤颗粒间的空隙失去水分支撑,容易发生固结和沉降。这种沉降可能导致地裂、地面沉降等灾害,严重影响建筑物的稳定性和使用年限。此外,地下水位下降还可能改变土壤的渗透性和排水性能,使得土壤更加易于发生干缩裂缝和风华作用,进一步加剧工程稳定性的问题。

2.3 岩土体的水理性质对工程稳定性的影响

岩土体的水理性质是其与地下水相互作用的结果,

这些性质的变化直接影响着建筑物的稳定性。膨胀性岩土层是一个典型的例子。这类岩土层在吸收水分后会发显著的膨胀,造成空间挤压和地基隆起;而在地下水下降之后,岩土层又重新收缩,导致地基下沉。这种反复的胀缩变化不仅使得岩土层容易发生软化、裂隙扩展等现象,还可能引起滑坡、泥石流、坍塌等灾害。除了膨胀性外,岩土体的透水性、崩解性、软化性等水理性质也对工程稳定性产生重要影响。透水性好的岩土层有利于地下水的排泄和土壤的稳定;而透水性差的岩土层则容易形成积水区,降低土壤的承载力^[2]。崩解性强的岩土层在遇水后容易发生崩解和破坏,使得土壤颗粒之间的连接力减弱,导致土壤易于发生沉降和变形。软化性则是指岩土层在吸水后强度降低的性质,软化性强的岩土层在承受荷载时容易发生破坏,对建筑物的稳定性构成威胁。

2.4 地下水压力对工程稳定性的影响

地下水压力是另一个对工程稳定性产生重要影响的因素。在地下水压力作用下,土壤颗粒可能受到挤压和冲刷,导致土壤结构的破坏和承载力的降低。特别是在基坑开挖等工程中,如果地下水压力过大,土壤颗粒可能被水流带走,形成流沙现象;或者地下水可能突破基坑底板,形成基坑突涌现象。这些现象不仅破坏基础的稳定度,还可能对施工人员和周边环境造成严重威胁。此外,地下水压力还可能对建筑物的基础产生浮托力。当基础下方的地下水压力较大时,浮托力可能使得基础发生上浮或偏移,导致建筑物整体失稳。特别是在软土地基地区或地下水位较高的地区,浮托力对建筑物稳定性的影响尤为显著。

3 防治措施与建议

3.1 加强水文地质勘察

工程勘察是工程建设的基础,而水文地质勘察则是其中的重要组成部分。为了全面、准确地了解工程场地的水文地质条件,必须加强水文地质勘察工作。首先,应详细查明地下水的类型、分布、埋深、水位变化及其与地表水的关系。这包括了解地下水的补给来源、排泄条件、动态变化以及水质特征等。通过这些工作,可以对地下水的整体状况有一个清晰的认识,为后续的设计和施工提供可靠的依据。其次,要深入研究岩土体的水理性质,如透水性、崩解性、软化性、膨胀性等。这些性质直接影响岩土体的稳定性和承载能力。例如,透水性差的岩土层在遇水后容易发生崩解和软化,导致土壤结构破坏和承载力降低。因此,必须通过试验和测试,准确掌握岩土体的水理性质,为工程设计和施工提供科学依据。最后,在勘察过程中,还应关注地下水的动态

变化及其对工程的影响。地下水位的变化可能导致土壤的沉降、变形和破坏,对建筑物的稳定性构成威胁^[3]。因此,需要对地下水位进行长期监测,分析其变化规律,并预测未来可能的变化趋势,为工程设计和施工提供预警信息。基于勘察结果,应提出相应的防治措施。例如,对于地下水位较高的地区,建议采取降水措施,如设置降水井、采用抽水设备等,降低地下水位至基础底面以下,确保基础的稳定性和安全性。对于透水性差的岩土层,建议采取加固处理措施,如注浆加固、设置止水帷幕等,提高土壤的承载力和抗剪强度。

3.2 合理设计基础埋深

基础埋深是确保建筑物稳定性的关键因素之一。在确定基础埋深时,必须充分考虑水文地质条件及其发展变化。首先,一般情况下,基础埋深应位于地下水位以上,以避免地下水对基础的渗透和破坏。如果地下水位较高,基础埋深难以完全避开地下水,必须将基础深入到水位以下,并采取相应的降水措施。降水措施的选择应根据工程场地的具体情况和地下水的特点来确定,确保降水效果达到设计要求。其次,在考虑基础埋深时,还应充分考虑未来地下水位可能的变化。由于气候变化、城市化进程等因素的影响,地下水位可能会上升或下降。因此,在设计基础埋深时,应留有一定的余地,以适应未来地下水位的变化。例如,可以采用可调节的基础形式,如桩基、筏基等,以适应地下水位的变化。

3.3 采取有效的地下水控制措施

对于地下水位上升和下降的问题,必须采取有效的地下水控制措施。在基坑开挖过程中,合理设置排水系统是至关重要的。排水系统应包括排水沟、集水井、排水泵等设施,用于收集和排放基坑内的地下水。排水沟应设置在基坑底部和侧壁,确保地下水能够顺利排出。集水井应设置在基坑的低洼处,用于收集排出的地下水。排水泵则应根据基坑的排水量和排水速度来选择,确保排水效果达到设计要求。除了排水系统外,还可以采用其他地下水控制措施。例如,在地下水位较高的地区,可以采用注浆加固、设置止水帷幕等方法来阻止地下水对基础的渗透。注浆加固可以通过向岩土层中注入水泥浆、化学浆液等材料来提高岩土层的密实度和抗渗性。止水帷幕则可以通过在基坑周边设置连续的止水墙体来阻挡地下水的渗透。对于地下水位下降的地区,可以采取补水措施来维持地下水的动态平衡^[4]。补水措施可以包括回灌井、渗水井等。回灌井可以将经过处理的废水或雨水回灌到地下含水层中,以补充地下水的水量。渗水井则可以通过设置渗水管、渗水沟等设施来增加地

下水的补给速度。

3.4 加强施工监测与预警

在工程建设过程中，必须加强对水文地质条件的监测和预警工作。首先，应建立完善的监测体系，对地下水位、土壤湿度、土壤沉降等指标进行实时监测。监测数据应及时、准确地记录下来，并进行分析和处理。通过监测数据的分析，可以及时发现水文地质条件的变化趋势和异常现象，为后续的施工和管理提供决策依据。其次，应建立完善的预警机制。当监测数据出现异常或超过预警值时，应立即启动预警程序，通知相关人员采取应急措施。预警机制应明确责任人和应急措施，确保在紧急情况下能够迅速、有效地应对。例如，当地下水位突然上升或下降时，应立即停止施工，并采取相应的排水或补水措施来确保工程的稳定性。

4 案例分析

4.1 案例背景

某矿区地势呈现出西高东低、南北高中部低的特征，河流自盆地北侧向南流经矿区西侧。该区域地层复

杂，包括太古界泰山岩群、寒武纪岩群与奥陶系地层等。矿区北部分布有第四系松散岩类孔隙含水岩组，岩性为黏土质砂和砂质黏土层，层厚为0.5-13m，水位埋深1.5-5.5m。

4.2 水文地质条件及影响

在正常生产状态下，该矿区的矿井实际涌水量为12m³/d，最大涌水量为20m³/d。然而，由于一次矿难的发生，井下坍塌产生了膏上灰岩带泥质灰岩岩溶裂隙水、闭坑矿山老空水和四号竖井井壁涌水三类充水水源。这些水源的涌入，极大地影响了矿井的稳定性。为了应对水文地质条件变化对矿井稳定性的影响，该矿区采取了一系列措施，包括安装水位监测预警系统进行水位监测、对四号竖井岩溶水进行疏干排放、做好竖井的封堵处理，并采取疏干排放措施进行老空水排放等。

4.3 附表

以下表格展示了该矿区在不同时间段内的矿井涌水量数据，这些数据反映了水文地质条件变化对矿井稳定性的影响，详见表1：

表1 矿井涌水量数据表

时间段	矿井涌水量 (m ³ /d)	备注
正常生产状态	12	实际涌水量
正常生产状态	20	最大涌水量
矿难发生后	显著增加	井下坍塌产生多种充水水源
采取措施后	逐渐恢复	疏干排放、封堵处理等措施见效

4.4 分析与结论

(1) 水文地质条件的变化：矿难的发生导致井下坍塌，产生了多种充水水源，这些水源的涌入显著增加了矿井的涌水量，对矿井的稳定性构成了严重威胁。(2) 工程稳定性的影响：水文地质条件的变化直接影响了矿井的稳定性。涌水量的增加不仅可能导致矿井淹没，还可能引发地表开裂、地面塌陷等地质灾害。(3) 应对措施的有效性：通过安装水位监测预警系统、对岩溶水和老空水进行疏干排放以及竖井的封堵处理等措施，该矿区有效地控制了矿井涌水量，逐步恢复了矿井的稳定性。综上所述，水文地质条件对矿产工程的稳定性具有重要影响。在矿产开发过程中，必须充分考虑水文地质条件的变化，采取相应的防治措施，确保工程的安全稳定。

结语

水文地质条件对工程稳定性具有显著影响。为了确保工程建设的安全和稳定性，必须充分重视水文地质勘

察和评价工作，明确水文地质状况，并提出有效的建议和防治措施。通过加强水文地质勘察、合理设计基础埋深、采取有效的地下水控制措施以及加强施工监测与预警等措施，可以显著降低水文地质条件对工程稳定性的影响，确保工程建设的顺利进行和建筑物的长期稳定性。

参考文献

- [1]王帆,王英林,王莹.矿山采场工程水文地质条件与边坡稳定性分析[J].中国金属通报,2024,(11):188-190.
- [2]魏天文.对岩土工程勘察设计与施工中水文地质问题分析[J].当代农机,2025,(01):65-66.
- [3]赵伟.某矿山岩体稳定性预测与水文地质问题防治措施研究[J].西部资源,2023,(01):24-26.
- [4]吴若璞,赵光宝,火统曜.矿山岩体稳定性预测与水文地质问题防治措施研究[J].冶金与材料,2024,44(07):121-123.