

# 复杂地质环境下岩土工程分析

董远远

江苏省中成建设工程总公司 江苏 南京 210000

**摘要:** 本论文聚焦于复杂地质环境下的岩土工程分析。深入剖析复杂地质环境的特性及其对岩土工程的影响,系统阐述在该环境下岩土工程分析所涉及的关键技术与方法,包括地质勘察技术、岩土力学参数确定方法、稳定性分析方法等。结合实际案例,探讨针对不同复杂地质条件的工程应对策略与措施,旨在为复杂地质环境下岩土工程的科学规划、设计与施工提供理论支撑和实践指导,提升岩土工程在复杂地质条件下的安全性、可靠性与经济性。

**关键词:** 复杂地质环境; 岩土工程; 分析

## 引言

岩土工程作为土木工程的关键领域,其重要性不言而喻。在复杂多变的地质环境中,如软土、膨胀土等特殊地质条件,给岩土工程带来了诸多挑战。这些复杂地质环境增加了工程的不确定性,对设计、施工和运营均构成严峻考验。因此,深入研究复杂地质环境下的岩土工程分析,对于确保工程安全、优化设计方案、提升工程质量具有至关重要的作用。

## 1 复杂地质环境概述

复杂地质环境,作为自然界中多种地质因素相互交织、相互作用的产物,呈现出一种特殊且多变的地质条件组合。这些地质条件往往对工程建设构成严峻挑战,其主要类型包括软土地质、膨胀土地质、岩溶地质、滑坡地质以及断裂带地质等。软土地质,以其高含水量、高压缩性和低强度等特性而著称,这种地质条件极易导致地基沉降和稳定性问题,给建筑物带来潜在的安全隐患;膨胀土地质则因其吸水膨胀、失水收缩的特性,对建筑物基础产生较大的胀缩力,严重威胁着结构的安全稳定。岩溶地质中,大量的溶洞和溶蚀裂隙如同隐藏在地下的“陷阱”,一旦处理不当,就可能引发地基塌陷等严重后果;滑坡地质则受地形、岩土体性质以及地下水等多重因素影响,易发生滑坡灾害,对工程设施造成毁灭性的破坏。断裂带地质,其岩石破碎、岩体完整性差,且地震活动频繁,这无疑增加了工程建设的难度和风险;在这样的地质环境下进行工程建设,必须充分考虑地质因素的复杂性,采取科学有效的工程措施来确保工程的安全稳定。复杂地质环境的形成,是地质构造运动、气候条件以及水文地质等多种因素共同作用的结果。地质构造运动导致地层变形、断裂,形成了如今复杂多变的地质结构;气候条件则影响着岩土体的物理化学性质,如干湿交替作用加剧了膨胀土的胀缩性;而水

文地质条件,如地下水位的变化,更是对岩土体的稳定性和强度产生了深远影响<sup>[1]</sup>。

## 2 复杂地质环境对岩土工程的影响

复杂地质环境对岩土工程的影响是深远且多方面的,它不仅关乎工程的安全性、稳定性,还直接影响到工程的施工进度和成本控制。(1)在地基基础设计这一关键环节,复杂地质环境所带来的挑战尤为显著。以软土地质为例,其高压缩性特性使得地基在承受建筑物荷载时容易发生较大沉降。这种沉降若超出建筑物的允许变形范围,将严重影响建筑物的正常使用功能,甚至威胁到其结构安全。同样,膨胀土地质由于其独特的胀缩性,会导致基础产生不均匀沉降,进而引发建筑物开裂、墙体剥离等一系列问题,对建筑物的耐久性和使用性能构成严重威胁。

(2)在边坡工程领域,复杂地质环境同样扮演着重要角色。滑坡地质和断裂带地质的存在,大大增加了边坡失稳的风险。滑坡地质使得边坡土体或岩体在雨水、地震等外力作用下易发生滑动,而断裂带地质则由于岩体破碎、节理发育,导致边坡稳定性极差。这些地质条件不仅增加了边坡支护设计的难度,还可能引发滑坡、崩塌等地质灾害,对工程安全及周边人员生命财产安全构成严重威胁。(3)地下工程方面,复杂地质环境的影响同样不容忽视。岩溶地质中的溶洞、溶蚀裂隙等发育特征,使得地下水渗漏成为地下工程防水设计的一大难题。一旦防水措施不到位,地下水将可能渗入地下工程内部,造成设备损坏、环境恶化等严重后果;溶洞的存在还可能引发洞顶坍塌等事故,对地下工程的施工安全构成极大威胁。而断裂带地质的岩石破碎、岩体完整性差等特点,则增加了地下工程支护的难度和成本。为了确保地下工程的稳定性和安全性,往往需要采取更为复杂且成本更高的支护措施。

(4)复杂地质环境还会对岩土工程的施工进度和成本产生深远影响。由于地质条件的不确定性,施工过程中可能

需要频繁调整设计方案和施工方法,以适应实际地质情况;这不仅增加了施工难度,还可能导致施工进度延误和工程造价上升。为了应对这些挑战,岩土工程师需要具备丰富的经验和专业知识,以便准确判断地质条件对工程的影响,并采取相应的处理措施来确保工程的顺利进行<sup>[2]</sup>。

### 3 复杂地质环境下岩土工程分析的关键技术与方法

#### 3.1 地质勘察技术

在复杂地质环境下进行岩土工程分析,地质勘察技术无疑扮演着至关重要的角色。作为基础工作,地质勘察的准确性和全面性直接影响到后续工程设计的合理性与安全性。(1) 钻探技术,作为获取深部地质信息的“利器”,在地质勘察中占据核心地位。通过钻探,工程师可以深入地下,采取岩芯样本,这些样本如同地下的“活化石”,蕴含着丰富的地质信息。随后,通过岩土物理力学性质试验,我们可以深入了解地层结构、岩土体的强度、变形特性等关键参数,为工程设计提供坚实的数据支撑。(2) 坑探技术,虽然成本较高、效率相对较低,但其直接观察地质现象的优势无可替代。在特定地质条件下,坑探能够揭示出钻探难以捕捉到的细节信息,如地层接触关系、岩土体的风化程度等,为工程师描绘出更加细致的地质画卷。(3) 地球物理勘探技术,则以其快速、高效、非侵入性的特点,在复杂地质环境中大显身手。电阻率法、地震勘探法、地质雷达法等地球物理方法,如同地下的“透视镜”,能够利用地球物理场的变化,探测出地下地质结构和岩土体性质的异常。这些方法不仅提高了勘察效率,还减少了对地质环境的干扰,是复杂地质环境下不可或缺的勘察手段。(4) 在复杂地质环境下,单一的地质勘察方法往往难以满足工程需求。因此,我们应根据具体地质条件和工程要求,综合运用钻探、坑探、地球物理勘探等多种方法,相互补充和验证,以获取全面、准确的地质信息。同时加强地质勘察过程中的质量控制,确保每一份勘察数据都可靠、准确,为岩土工程分析奠定坚实的基础。

#### 3.2 岩土力学参数确定方法

在复杂地质环境下,岩土力学参数作为岩土工程分析和设计的核心依据,其准确性直接关系到工程的稳定性和安全性。(1) 室内试验,作为获取岩土力学参数的重要手段,通过在实验室中对岩土样本进行一系列物理力学性质测试,如抗压强度、抗剪强度、压缩性等试验,能够为我们提供较为精确的数据。然而,需要注意的是,实验室条件与现场实际情况可能存在差异,因此试验结果需结合现场情况进行综合分析。(2) 原位测试,则是在工程现场直接对岩土体进行测试,如标准贯

入试验、静力触探试验、旁压试验等。这些测试方法能够更真实地反映岩土体的原位性质,为工程设计提供更为可靠的数据支持;但原位测试的成本相对较高,且测试范围有限,因此在实际应用中需要综合考虑其经济性和可行性。(3) 除了室内试验和原位测试外,经验估算也是一种常用的岩土力学参数确定方法。它根据以往工程经验和相关规范,结合当地地质条件,对岩土力学参数进行估算。这种方法简单易行,但在准确性上可能存在一定的局限性,因此在实际应用中需要谨慎对待。

(4) 在实际工程中,我们应根据具体情况,综合运用室内试验、原位测试和经验估算等多种方法来确定岩土力学参数。同时结合工程经验对这些参数进行分析和验证,以提高其准确性和可靠性;只有这样,我们才能确保岩土工程分析和设计的准确性,为工程的稳定性和安全性提供有力保障<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 稳定性分析方法

在复杂地质环境下,岩土工程的稳定性分析显得尤为关键,它是工程安全与设计合理性的核心保障。(1) 对于地基基础工程而言,稳定性分析主要聚焦于地基的承载力和沉降情况。理论计算法,依托经典的土力学理论,如太沙基极限承载力理论,为我们提供了地基承载力计算的基础框架;分层总和法则帮助我们评估地基的沉降量。而数值分析法,如有限元法、有限差分法,凭借其能处理岩土体非线性特性和复杂边界条件的优势,更精确地模拟了地基在受力下的变形状态。原位测试法,则通过现场载荷试验等手段,直接获取地基的承载力和变形模量,为设计提供实证数据。(2) 边坡工程的稳定性分析则另辟蹊径。极限平衡法,将边坡岩体或土体视作刚体,通过力学平衡原理,判断边坡在各种力作用下的稳定状态,瑞典条分法、毕肖普法便是其中的代表。数值分析法在此领域同样大放异彩,它全面考虑了岩土体的应力应变关系和变形协调条件,深入剖析了边坡的稳定性和潜在的破坏机制。(3) 至于地下工程,其稳定性分析则更为复杂。解析法,在一定假设条件下,对围岩的应力和变形进行理论推算;数值分析法,则通过模拟开挖过程 and 支护结构的作用,动态分析围岩的稳定性。而工程类比法,则借鉴以往类似工程的经验,为地下工程的稳定性评估提供实证参考。

#### 3.4 数值模拟技术

在复杂地质环境下,岩土工程的分析与设计面临着诸多挑战。而数值模拟技术,如同一双透视地质的“慧眼”,为工程师们提供了强有力的分析工具。(1) 有限元法,通过将连续的岩土体离散为有限个单元,精细地

刻画了岩土体的应力、应变和位移状态。它不仅能够考虑岩土体的非线性特性，还能准确模拟复杂的边界条件和施工过程，为工程师们提供了岩土体在受力状态下的全面“画像”。（2）有限差分法，则以其计算效率高、编程简单的特点，在岩土工程快速分析中崭露头角。它将求解区域划分为网格，通过差商近似导数，将复杂的偏微分方程转化为易于求解的代数方程，为工程师们提供了快速获取岩土体力学响应的途径。（3）离散元法，则主要用于模拟岩土体的离散特性和大变形问题。它能够考虑岩土体颗粒之间的相互作用和运动，为工程师们揭示了岩土体在受力过程中的微观机制。（4）在复杂地质环境下，数值模拟技术如同一位“虚拟工程师”，对岩土工程的施工过程、力学响应和稳定性进行模拟分析。它不仅能够预测工程可能出现的问题，为工程设计和施工提供科学依据，还能与现场监测数据相结合，进行反分析，进一步优化工程设计和施工方案。数值模拟技术的运用，使得岩土工程的分析与设计更加科学、准确，为工程的成功实施提供了有力保障<sup>[4]</sup>。

### 3.5 现场监测技术

在复杂地质环境下，岩土工程的安全与稳定是工程成功的关键。而现场监测技术，就如同一位时刻守护在旁的“哨兵”，为工程的动态设计和信息化施工提供着至关重要的数据支持。（1）现场监测，顾名思义，就是在工程现场对岩土体及工程结构进行实时、连续的观测与测量。通过位移监测，我们可以利用全站仪、水准仪、测斜仪等精密仪器，准确地捕捉到岩土体和工程结构的微小变形，无论是水平位移、垂直位移还是深层水平位移，都逃不过监测的“火眼金睛”。（2）应力监测则是通过埋设压力盒、应变片等传感器，深入岩土体和结构构件内部，实时测量其应力变化，为工程师提供岩

土体和结构受力状态的直观数据。（3）地下水监测同样不容忽视。通过观测井，我们可以密切关注地下水位的变化，分析地下水对岩土工程可能产生的影响，为工程的防水、排水设计提供科学依据。（4）在进行现场监测时，我们必须根据工程的具体特点和地质条件，合理布置监测点，确定监测的频率和时间。同时，建立完善的监测数据管理和分析系统也至关重要。这样，我们才能及时对监测数据进行整理、分析，一旦发现异常或潜在的安全隐患，就能迅速作出反应，为工程的决策提供科学依据<sup>[5]</sup>。

### 结语

复杂地质环境下的岩土工程分析是一项系统工程，需多学科知识和技术支撑。通过深入研究、合理应用关键技术及有效现场监测，可提升分析的准确性和可靠性。然而，地质环境的多样性和不确定性使现有方法存在局限。未来，应继续加强此领域研究，探索新技术、新方法，增强岩土工程应对复杂地质的能力，保障基础设施建设的可持续发展。

### 参考文献

- [1]李城.复杂地质环境下矿山岩土工程勘察钻探技术分析[J].中国金属通报,2021(22):191-192.
- [2]史季韬.岩土工程勘察在复杂地质环境下的技术分析[J].石油工程建设,2021,43(5):128-129.
- [3]胡军.复杂地质环境下矿山岩土工程勘察钻探技术分析[J].世界有色金属,2022(23):166-168.
- [4]孙金平.复杂地形地质条件下岩土工程勘察策略分析[J].建筑与装饰,2023(6):169-171.
- [5]傅志明,毛海君.岩土工程勘察在复杂地质环境下的技术分析[J].世界家苑,2021(11):157-159.