

特殊地质条件下的岩土工程勘察与处理方法研究

周玮

江苏省地质工程勘察院

摘要：随着我国城市化进程的加速，更多特殊地质区域工程项目的增加，岩土工程勘察在特殊地质条件下的处理方法备受关注，本研究结合我国四种主要特殊地质区域特点，从岩土工程角度讨论了主要影响及问题，阐述了合理高效的处理策略及技术应用，旨在为特殊地质条件下工程的设计和和实施提供更有效的技术支持与指导，确保工程的顺利进行与安全稳定。

关键词：岩土工程勘察；特殊地质区域工程；技术应用；处理策略；合理高效

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.02.014

一、我国主要特殊地质条件的特点及影响

（一）我国主要特殊地质环境特点

我国特殊地质区域主要包括：岩溶地质区、冻土地质区、沉积地质区和海岸地质区等，岩溶地质区以溶

洞、钙华等独特地貌为特征，地下水流动复杂，容易造成地基不稳定，如贵州省喀斯特地貌区，溶洞数量超过2万个，地下河超过30条。冻土地质区，如我国东北地区，受气温变化的影响，地下部分易发生冻融变形，对基础工程和土地利用提出特殊要求。沉积地质区，如我国黄河流域，积累了大量沉积层，常存在土壤液化等问题，对基础工程的地质条件和防洪措施提出挑战。海岸地质区，如福建省沿海地区，受海水侵蚀作用，常常存在海岸侵蚀、滨海地带开发等问题，需要特殊管理和保护措施。

（二）特殊地质条件对工程的影响

在这些异常地质条件下，地层结构、水文地质、地下水位等方面存在显著差异，对工程施工存在不同的影响可能会导致不可预料事故的发生，岩土工程的勘察和处理也具有一定的难度。比对见表1.2.1。

表1.2.1 各类特殊地质条件特点及影响对比表

异常地质条件	特点	区域分布	主要影响
岩溶地质区	溶洞、钙华地貌、地下河	中国贵州、广西、广东等地	地下溶洞可能导致地质灾害和地陷问题
冻土地质区	地下冻土层，气温变化敏感	中国东北、西北地区	冻融现象对基础工程和土地利用产生挑战
沉积地质区	大量沉积层	中国黄河流域等	基础工程的地质条件和防洪措施受影响
海岸地质区	海水侵蚀、海岸侵蚀	中国福建、广东等沿海地区	海岸侵蚀和滨海开发问题，需特殊管理和保护

二、岩土工程方法及技术在特殊地质条件下应用

（一）地质调查方法在特殊地质条件下的应用

1. 岩溶地质区的地质调查方法

1) CT (Computed Tomography) 技术：CT技术通过测定地下介质的密度和电阻率，可以生成清晰的地下剖面图像，例如图2.1.1：我院在徐州地铁4号线一期工程岩溶区采用CT技术，直观地展示地下溶洞和岩层的分布情况。

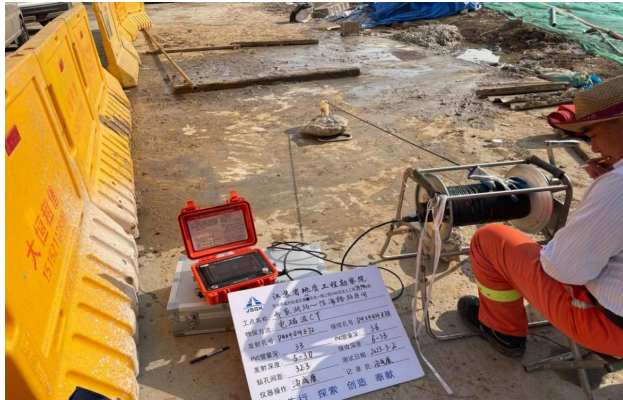


图2.1.1 岩溶地质区CT (Computed Tomography) 技术

2) 套管钻探法：在岩溶地质区，需获取地下岩石样本，通过土工实验室分析样本的物理力学特性、工程性质等参数，遇到钻探施工难度大的钻孔，可使用泥球护壁结合套管法或多元套管护壁法，可有效堵住岩

溶裂隙，阻止漏浆，保证正常的钻探施工。

2. 冻土地质区的地质调查方法

1) 冻土钻探工艺：冻土地质区的地质调查通常需要采用特殊的冻土勘探方法。其中，螺旋钻和冻土芯取器等工具被广泛应用。这些工具可以穿透冻土层，以获取原始的冻土样本。

2) 地温监测：在冻土地质区，需要进行地下温度监测以了解冻融变化情况。这通常涉及在不同深度的钻孔中安装温度传感器，以记录地下温度的变化。这些数据提供了对冻土层的深度、厚度和冻融周期的理解，有助于工程师确定合适的基础设计和施工计划，以确保工程的稳定性和安全性。

3. 沉积地质区的地质调查方法

1) 钻孔勘探：通过钻孔，可以获得地下不同深度处的岩土样本。这些样本可以用于岩土分析，以了解沉积物的物理性质、颗粒分布、压缩性质、强度等参数。

2) 地下水位监测：在不同深度的监测井中安装水位传感器，以记录地下水位的高程和波动情况。监测数据有助于确定地下水位的季节性和长期变化趋势。

4. 海岸地质区的地质调查方法

1) 潮位监测：潮位监测包括安装潮位测量仪器，以记录海水水位的高程变化。这种监测提供了海水水位的周期性和季节性变化的信息，如海岸地区的洪水风险和土地侵蚀。

2) 海岸侵蚀观测：海岸侵蚀观测包括定期测量海

岸线的位置和轮廓，监测侵蚀的速度和规模。观测数据有助于确定防护措施的必要性和优先级，例如海岸保护结构的建设或海滨开发的规划。

（二）地下水调查方法在特殊地质条件下的应用

1. 岩溶地质区井水观测

井水观测通过在地下钻井中安装井筒，实时监测地下水位、水质、水压等参数。在岩溶地质区，地下水流动常受溶洞的影响，而溶洞中的地下水位波动较为显著。井水观测可以提供高精度的数据，帮助工程师了解地下水位的季节性和长期波动。这些数据对于制定地下水管理策略至关重要。

2. 冻土区渗流试验

渗流试验通过在地下进行水压试验，观测地下水的流速和流向，以获取地下水的渗透性和导流特性。在冻土地质区，地下水流动通常受到冻融过程的影响，地下水的流动性可能会发生变化。渗流试验可以帮助工程师了解冻土层内水的运动情况，尤其是在冻土融化时，有助于确定地基设计的冻土保护措施。

（三）地形测量和测绘技术在特殊地质条件下的应用

1. 海岸地质区GPS测量

在海岸地质区，通过GPS技术卫星信号来确定特定位置的经度、纬度和海拔高度，为工程勘测提供高精度的地理信息。帮助测定沿海地区的地形特征和海岸线位置，以规划防护工程。

2. 岩溶地质区遥感技术

在岩溶地质区，使用卫星、飞机或其他传感器等遥感技术来获取地球表面的信息，包括地形、地貌、植被、土地利用等。可以提供广泛的地理数据，可用于检测溶洞的位置和规模，以及地表沉陷等现象，为地质勘察和工程设计提供重要信息。

3. 冻土地质区数字地图制作

在冻土地质区，数字地图制作是将地形和地貌数据转化为数字格式的过程，以便于工程设计和规划。这种技术使工程师能够更好地理解特殊地质条件下的地理情况，包括地下水流、地下结构和地形特征。有助于确定冻土保护策略。

三、特殊地质条件下岩土工程勘察存在的问题

（一）岩溶地质区的问题

岩溶地质区因其溶洞发育、地下水系统复杂等特点，常伴随着一系列独特的勘察问题。首先，溶洞的存在可能导致地基不稳定，增加了工程施工的难度与风险。例如，贵州省的喀斯特地区，拥有超过2万个溶洞，这些洞穴的位置、规模对工程安全产生了显著影响。其次，岩溶地区地下水流动复杂，容易造成地下水位的快速变化，需要谨慎评估地下水对工程稳定性的潜在影响。最后，溶洞可能会对地下结构设计产生不利影响，需要采取相应的填充和加固措施以确保工程的安全进行。

（二）冻土地质区的问题

在冻土地质区，由于气温变化引起的冻融作用，地下部分的土层会发生显著的变形，从而导致工程稳定性

问题。首先，冻融过程会导致地下土层的体积变化，可能引发地基沉降、变形等问题，严重影响工程的安全性。例如，俄罗斯西伯利亚地区冻土层的厚度可达500米以上，对工程提出了极高的要求。其次，地下结构的设计必须考虑冻土层的特性，以防止在冻融过程中产生裂缝和破坏。最后，需要采取地基隔热措施，以减缓冻土的融化速度，保证工程的安全性。

（三）沉积地质区的问题

在沉积地质区，地下土层由多层沉积物组成，存在液化、沉陷和地震风险等问题。首先，液化是沉积地质区的一个主要问题，当地震或振动发生时，地下水饱和的沉积层可能会失去支撑力，导致土壤呈液体状态，危害工程的稳定性。例如，1994年北美洛杉矶地震中，液化导致了大面积的地表沉陷和建筑物损毁。其次，地面沉陷是另一个沉积地质区的问题，由于多次沉积和沉积物压实导致地面下沉。这可能对建筑物和基础设施造成损害。最后，地震风险是沉积地质区的显著问题，因为地震会导致地下土层移动和地震液化现象，对工程的安全性带来威胁。

（四）海岸地质区的问题

在海岸地质区，地形和地貌受海洋影响，常伴随着海岸侵蚀、海平面上升和飓风等问题。首先，海岸侵蚀是一个严重的问题，海水侵蚀岸线，威胁着附近的建筑和基础设施。例如，孟加拉湾地区的班德尔班市，面临着严重的海岸侵蚀问题，每年数百米的海岸线后退导致了巨大的经济损失。其次，海平面上升使得海岸地质区的低洼地区更容易被海水淹没，这对城市规划和基础工程提出了额外的挑战。最后，飓风风险也是海岸地质区的问题，强风和飓风风暴潮可能引发洪水和风灾，对工程安全产生威胁。

四、特殊地质条件下岩土工程处理方法

（一）岩溶地质区的处理方法

1. 溶洞填充和加固

溶洞是岩溶地质区的主要特点，通常以各种规模存在，从小型洞穴到巨大的溶洞。为减轻溶洞对工程的不利影响，通常采用填充和加固的方法。这包括填充溶洞内部，以减少地基的不均匀性，同时采取加固措施，如灌浆、注浆、支撑系统等，以加强溶洞周围的地质层，防止溶洞扩大。这些措施有助于减少地基下陷和工程的不稳定性。

2. 地下水管理

岩溶地质区的地下水系统通常复杂，地下水位波动大。为减少地下水对工程的不利影响，需要建立有效的地下水管理系统。这包括设置井水观测点，以监测地下水位和水质的变化。通过监测地下水位的季节性和气候变化带来的波动趋势，工程师可以采取相应的措施来维持地下水位在可接受范围内。此外，地下水管理还包括建立合适的排水系统，以控制地下水位，减少地下水对地基的影响。

3. 抗岩溶地基设计

岩溶地基设计需要特别考虑地质条件，以确保工程的稳定性。这包括采用抗岩溶地基设计策略，选择适当

的基础类型、材料和结构。工程师通常会选择使用特殊的地基技术，如灌注桩、地下墙、地下支撑系统等，以增强地基的稳定性和承载能力。抗岩溶地基设计还包括对地下结构的合理规划，以防止在溶洞区域产生裂缝和破坏。这些措施可以确保工程在岩溶地质区的复杂条件下的稳定实施。

（二）冻土地质区的处理方法

1. 冻土保护和维护

冻土地质区的主要问题之一是冻融作用可能引起的地下土层变形，从而危及工程稳定性。为减少这种影响，工程师需要采取冻土保护措施，例如覆盖地表以减缓土壤冻融速度，保护冻土层的完整性。这可以包括使用绝热材料、草皮、积雪或其他覆盖物来降低地表温度和防止土壤融化。例如，在加拿大北部的道路工程中，采用了覆盖材料来保护冻土层，确保道路的稳定。

2. 地基隔热措施

地基隔热措施旨在减少地下结构的热传导，以减缓冻土的融化速度。这可以包括在地下结构周围使用绝热材料，以降低热量传导。绝热材料如泡沫玻璃、泡沫塑料、聚乙烯等，可以有效隔热并保护冻土。在俄罗斯西伯利亚的一个油田工程中，绝热材料被广泛用于油井设施的地下部分，以防止冻土融化和保护基础设施的完整性。

3. 地下结构设计考虑

工程师需要了解冻土层的厚度、冻融性质、季节性变化等，以确定合适的地基类型和结构设计。这可能包括选择适当的基础类型，如浅层基础或深层桩基，以适应冻土地质区的特性。同时，工程师需要考虑地下结构的隔热措施，以减少冻土的融化和结构的影响。

（三）沉积地质区的处理方法

1. 土壤改良和加固

沉积地质区的土壤通常具有较弱的工程特性，需要进行土壤改良和加固以增加其承载能力和稳定性。一种常见的方法是通过土壤改良剂（如水泥、石灰、聚合物等）来提高土壤的工程性能。这可以通过混合改良剂与土壤进行机械搅拌、注浆或灌浆的方式实现。例如，日本东京湾地区的一座大型桥梁工程采用了土壤改良技术，通过注浆强化地基，增加了地基的承载力，以应对地震和液化风险。

2. 抗液化工程设计

沉积地质区容易发生液化现象，尤其是在地震发生时。因此，工程师需要采取抗液化工程设计措施，以减轻液化对工程的不利影响。一种常见的方法是使用振动排水桩来降低土壤的孔隙水压力，从而减少液化风险。此外，地下水位管理和排水系统的建立也是减轻液化风险的关键步骤。例如，美国旧金山湾区的一座大型桥梁工程采用了振动排水桩和地下水管理系统，以减轻液化风险，确保工程的安全性。

3. 建筑基础选型

在沉积地质区，建筑基础的选型需要根据地质条件和工程需求来选择适当的基础类型。浅层基础（如桩基、板基）和深层基础（如钻孔桩、地下墙）是常见的选项。工程师必须综合考虑地下土层的特性、承载能

力、地震风险以及工程的结构要求来进行选择。例如，台湾地震多发，因此台北101大楼的基础采用了深层基础，包括101根深层基础桩，以确保高楼的稳定性。

（四）海岸地质区的处理方法

1. 沿海防护工程建设

沿海防护工程的建设是保护沿海地区免受海洋侵蚀和风暴潮的关键措施。这包括堤防、海堤、护坡、防波堤等结构的建设，以减少海浪和潮汐的冲击。例如，荷兰是一个海岸线较长的国家，采用了复杂的沿海防护工程，包括海堤和防波堤，以保护沿海城市免受海洋侵蚀的影响。这些工程有助于稳定沿海地区，确保人类安全和资源的可持续利用。

2. 海岸侵蚀防治

海岸侵蚀是海岸地质区的常见问题，它威胁着附近的建筑、基础设施和生态系统。海岸侵蚀防治措施包括沿海植被恢复、沿岸补浆、岸线复原等方法。例如，美国佛罗里达州的南部沿海地区经历了长期的海岸侵蚀问题，政府采取了补浆和沿海植被恢复措施，以稳定海岸线并保护当地社区。

3. 海岸生态保护

为了保护沿海生态系统，需要采取措施来平衡人类活动与自然环境之间的关系。这包括维护沿海湿地、保护海洋野生动植物、减少污染和限制开发。例如，澳大利亚大堡礁是世界著名的海岸生态系统，政府采取了广泛的措施来保护这一生态宝藏，包括限制污染、设立保护区、管理游客活动等，以维护大堡礁的生态平衡。

结论

综合而言，特殊地质条件下的岩土工程勘察和处理方法的研究对确保工程的稳定性和安全性至关重要。通过深入了解不同地质条件的特点，采用适当的勘察方法和处理措施，可以最大限度地减少潜在的地质风险。未来，随着科学技术的不断发展，我们有望进一步改进和创新工程处理方法，以更好地适应不断变化的地质条件和保护环境。特别是在气候变化对地质条件产生影响的情况下，我们需要持续努力以确保可持续的岩土工程实践。

参考文献

- [1] 陈江. 复杂地形地质条件岩土勘察技术的应用研究[J]. 建材发展导向, 2023, 021(015): 98-101.
- [2] 戴巍. 特殊地质条件下岩土工程勘察与地基施工技术研究[J]. 价值工程, 2023, 042(010): 72-74.
- [3] 周广勋. 岩土工程勘察技术在复杂地形地质条件下的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023, 000(005): 0189-0192.
- [4] 孙晓倩, 刘飞. 徐州地区某公路岩溶地质灾害勘察及稳定性评价[J]. 西部探矿工程, 2023, 035(005): 1-9.
- [5] 叶兰. 复杂地形地质条件的地质勘察技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023, 000(007): 0159-0162.

作者简介: 周玮(1988.07-), 男, 汉族, 浙江宁波, 工程师, 本科, 江苏省地质工程勘察院, 岩土工程。