

# 复杂地形地质条件岩土工程勘察

谢伟标

中水珠江规划勘测设计有限公司 广东 广州 510000

**摘要：**复杂地形地质条件下的岩土工程勘察是确保工程安全与稳定的关键环节。勘察工作需遵循全面性、针对性和安全性的原则，综合运用钻探、物探及原位勘察等多种技术手段，全面揭示地质构造特征，精确评估岩土层物理力学性质，识别潜在地质灾害风险。在复杂地形限制下，勘察面临诸多挑战，但通过加强体制化建设、引入先进技术和完善评价体系，可有效提升勘察精度与效率，为工程设计和施工提供科学依据，确保工程安全、顺利进行。

**关键词：**复杂地形地质条件；岩土工程；勘察技术

引言：在复杂地形地质条件下进行岩土工程勘察，是确保各类工程结构物安全稳定的基础工作。这些地区的地形起伏大、地质构造复杂，给勘察工作带来了极大的挑战。为了获取准确的地质信息，评估岩土层的物理力学特性，并识别潜在的地质灾害风险，必须采用先进的勘察技术与方法。本文旨在探讨复杂地形地质条件下岩土工程勘察的关键技术、面临的主要挑战以及应对策略，以期对相关工程实践提供有益的参考和指导。

## 1 复杂地形地质条件下岩土工程勘察的核心原则

### 1.1 全面性原则

全面性原则是岩土工程勘察的基础。它要求勘察人员必须全方位地获取区域地质、地形、地下水、地表水、植被、人类活动以及可能影响工程稳定性的其他相关信息。这意味着勘察工作不仅要关注岩土层的物理力学性质，还要对地形地貌、水文地质条件、地质灾害等进行深入调查。只有掌握了全面而准确的信息，才能为工程设计和施工提供科学依据，确保工程的稳定性和安全性。

### 1.2 针对性原则

针对性原则是岩土工程勘察的关键。在复杂地形地质条件下，不同地区的岩土特性和地质问题各不相同。因此，勘察人员需要根据具体地形地质特点，有针对性地制定勘察方案。例如，在岩溶地区，需要特别注意溶洞、地下暗河等地质构造的探测；在滑坡体发育的地区，则需要加强对滑坡体稳定性的评估。通过针对性的勘察，可以更加准确地揭示潜在的地质问题，为工程设计和施工提供更加精确的指导。

### 1.3 安全性原则

安全性原则是岩土工程勘察的保障。勘察作业通常需要在野外进行，面临着复杂多变的自然环境和潜在的地质灾害风险。因此，勘察人员必须严格遵守安全操作

规程，确保勘察作业过程的安全。同时，还需要加强对勘察现场的环境监测和保护，避免对自然环境和人类社会造成不必要的危害。只有在确保安全的前提下，才能顺利进行勘察工作，为工程建设提供有力支持。

## 2 复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术

### 2.1 钻探勘察技术

钻探勘察技术是岩土工程勘察中最基本也是最重要的方法之一，它通过直接钻探获取地下岩土样本，以揭示地下岩土层的性质、分布及其与工程稳定性的关系。

(1) 钻探方法的分类与应用。钻探方法主要分为回转钻探、冲击钻探、振动钻探和空气钻探等。回转钻探是最常用的方法，适用于各种硬度的岩层；冲击钻探主要用于软岩和土层；振动钻探则适用于粘土和砂土；空气钻探则适用于干旱和缺水地区。在复杂地形地质条件下，应根据地层特性、钻探深度、设备能力和勘察目的等因素选择适当的钻探方法。(2) 钻探参数的控制与取样质量的保证。钻探参数的控制对于取样质量和钻探效率至关重要。主要参数包括钻压、转速、冲洗液类型和流量等。钻压和转速的选择应根据岩土层的硬度和可钻性来确定，以保证钻进的稳定性和取样的完整性。冲洗液的选择和流量控制则关系到岩芯的采取率和完整性，以及钻探过程中的冷却和清洗效果。为确保取样质量，还需采用合适的取样工具和方法，如双层管取样、活塞取样等，以减少样本的扰动和污染<sup>[1]</sup>。(3) 大口径孔和倾斜导向孔在复杂地质条件下的应用。在复杂地质条件下，如岩溶地区、断层带、滑坡体等，大口径孔和倾斜导向孔技术的应用显得尤为重要。大口径孔可以容纳更多的勘察设备和仪器，便于进行原位测试和长期观测。倾斜导向孔则可以根据实际需要调整钻孔方向，穿越复杂地质构造，获取更加准确的地下信息。这两种技术的应用大大提高了岩土工程勘察的精度和效率。

## 2.2 物探勘察技术

物探勘察技术是通过测量和分析地球物理场的变化来推断地下岩土性质的一种方法。它具有非破坏性、探测范围广、分辨率高等优点。(1)高密度电阻率法、大地电磁法等的基本原理与应用。高密度电阻率法是通过测量地下岩土层的电阻率差异来推断其性质和分布。它适用于各种地质条件,特别是在岩溶地区、地下水富集区和土壤污染区等方面具有显著优势。大地电磁法则是通过测量地下电场和磁场的分布来推断岩土层的电导率,从而揭示地下结构。它特别适用于探测深部的地质构造和岩石性质<sup>[2]</sup>。(2)物探数据的解释与分析方法。物探数据的解释和分析需要借助专业的软件和算法。通过反演计算,可以将测量数据转换为地下岩土层的二维或三维图像,从而直观地展示地下结构。同时,还需结合地质背景知识和勘察目的进行综合解释,以提高解释结果的准确性和可靠性。在复杂地形地质条件下,还需特别注意异常值的识别和处理,以及多源数据的融合和分析。(3)浅层反射/折射地震勘测在界面结构描绘中的应用。浅层反射/折射地震勘测是一种利用地震波在地下传播的特性来推断地下结构的方法。它特别适用于描绘地下界面结构、识别断层和岩层产状等方面。在复杂地形地质条件下,如断层带、滑坡体和岩溶地区等,浅层反射/折射地震勘测可以提供更加准确的地下信息,为工程设计和施工提供重要参考。

## 2.3 原位勘察技术

原位勘察技术是在不扰动岩土层的情况下,直接测量岩土层的物理力学性质的一种方法。(1)钻孔剪切波测试技术、原位渗透试验技术等的基本原理。钻孔剪切波测试技术通过测量剪切波在岩土层中的传播速度来推断岩土层的剪切模量和阻尼比;原位渗透试验技术则通过测量渗透压力和水流速度来评估岩土层的渗透性能。这些方法在评估岩土层的稳定性和承载力方面具有重要意义。(2)原位测试数据的获取与处理方法。原位测试数据的获取需要采用专业的测试设备和仪器,如剪切波速测试仪、渗透仪等。测试过程中需要严格控制测试条件和环境因素,以确保测试结果的准确性和可比性。数据处理方面,需要采用合适的数学模型和算法对测试数据进行处理和分析,以提取出有用的岩土层信息<sup>[3]</sup>。(3)原位勘察技术在复杂地质条件下的应用实例。在复杂地质条件下,原位勘察技术展现出了其独特的优势和广泛的应用价值。例如,在岩溶地区,由于地下岩溶洞穴和裂隙的发育,使得传统的钻探方法难以准确揭示岩溶形态和分布。此时,原位勘察技术,如钻孔剪切波测

试技术和原位渗透试验技术,可以有效地评估岩溶洞穴对岩土层稳定性的影响。通过测量剪切波在岩土层中的传播速度和渗透性能,可以推断出岩溶洞穴的位置、大小和形态,为工程设计和施工提供关键信息。

## 3 复杂地形地质条件下岩土工程勘察的实践案例分析

### 3.1 工程概况与勘察目标

在本案例中,选择位于我国西南山区的一条高速铁路建设项目作为研究对象,该项目穿越多座高山、深切峡谷和复杂地质构造带,地形起伏剧烈,地质条件极为复杂。工程沿线分布着广泛的碳酸盐岩、砂页岩互层以及断层、褶皱等地质构造,且伴有岩溶、滑坡、泥石流等地质灾害的潜在风险。因此,对该工程进行准确而全面的岩土工程勘察,对于确保高速铁路的安全、稳定和高效运营具有重要意义。

勘察的主要目标是:全面揭示沿线地质构造特征,特别是断层、岩溶等不良地质体的分布、规模及活动性;精确评估各岩土层的物理力学性质,为高速铁路的路基、隧道、桥梁等结构物的选址和设计提供科学依据;识别并分析潜在的地质灾害风险,制定相应的防治措施;综合上述信息,为施工方案的制定和运营期间的安全管理提供地质保障。

### 3.2 勘察方法与过程

#### 3.2.1 勘察方案的制定与实施

针对项目特点,制定了详细的勘察方案,包括现场踏勘、资料收集与分析、钻探勘察、物探勘察、原位试验及综合研究等阶段。勘察点位的布置充分考虑了地形地质条件、工程结构物的位置及潜在地质灾害风险,确保勘察结果的代表性和全面性。

在踏勘阶段,详细调查了地形地貌、地表水系、植被覆盖及已知地质灾害点等信息,结合地质图和遥感影像,初步判断了沿线地质构造特征和潜在风险区域。随后,根据踏勘结果和工程需求,精心设计了钻探和物探勘察的布点方案,并明确了各勘察点位的钻孔深度、取样要求及原位试验内容。

#### 3.2.2 钻探、物探、原位勘察等技术的综合运用

钻探勘察方面,采用了金刚石钻探和冲击钻探相结合的方法,以适应不同地层和地质构造的特点。在钻探过程中,严格控制钻进速度和压力,确保取样的完整性和代表性。同时,还进行了岩芯编录和初步测试,如岩石抗压强度测试、含水率测试等,为后续分析提供了基础数据。

物探勘察方面,采用了地震勘探、电磁法勘探及地质雷达探测等多种技术手段。地震勘探通过测量地震波的传

播速度和反射特性，揭示了地下岩层的分布和构造特征；电磁法勘探则利用地下介质的电磁性质差异，探测了岩溶、断层等不良地质体的位置和规模；地质雷达探测则用于探测浅层地质体的分布和形态。这些物探结果的相互印证，提高了地质构造识别的准确性和可靠性<sup>[4]</sup>。

原位勘察方面，实施了标准贯入试验（SPT）、圆锥动力触探试验（CPT）及静力触探试验（CPTU）等，直接测定了岩土层的物理力学参数，如承载力、侧摩阻力、剪切模量等。这些原位试验数据的获取，为路基、隧道、桥梁等结构物的设计提供了关键参数。

### 3.3 勘察数据解释与分析

#### 3.3.1 综合解释与分析

对收集到的钻探、物探和原位勘察数据进行了综合解释与分析。通过对比不同勘察手段的结果，揭示了沿线地质构造的复杂性和多样性，准确识别了断层、岩溶等不良地质体的分布和规模。同时，还根据原位试验数据，评估了各岩土层的物理力学性质，为工程结构物的设计提供了科学依据。

#### 3.3.2 勘察数据的应用

基于勘察结果，对高速铁路的选址进行了优化调整。在断层穿越区域，选择了绕避或采取特殊加固措施；在岩溶发育区域，设计了岩溶处理方案，以确保路基和隧道的稳定性。此外，还根据岩土层的物理力学性质，为桥梁、隧道等结构物的基础设计提供了参数支持。同时，还制定了针对性的地质灾害防治措施，如滑坡治理、泥石流拦挡等，以确保工程运营期间的安全稳定。

## 4 复杂地形地质条件下岩土工程勘察中存在的问题与对策

### 4.1 主要问题分析

（1）野外勘探工作中的问题：由于复杂地形的限制，勘察点的布设往往难以做到完全合理。在某些陡峭或难以到达的区域，勘察点的数量可能不足，导致地质信息的获取不够全面。此外，原位测试的不规范也是常见问题之一。由于操作人员的技能水平差异或设备条件的限制，原位测试的结果可能不准确，进而影响后续的分析评价。（2）岩土工程分析评价中的问题：在复杂地质条件下，地基的均匀性评价变得尤为困难。不同岩层的分布、厚度、物理力学性质等差异显著，使得地基的承载力、变形特性等难以准确评估。此外，地震效应评

估也是一大难题。复杂地形地质条件下的地震波传播特性复杂，地震动的空间分布不均，给地震效应的准确评估带来了挑战。

### 4.2 对策与建议

（1）加强岩土工程勘察的体制化建设与工作人员的培训：建立健全的勘察管理制度，明确勘察工作的流程和标准，确保勘察工作的规范性和有效性。同时，加强对勘察人员的培训和教育，提高其专业技能和综合素质，使其能够更好地适应复杂地形地质条件下的勘察工作。（2）引入先进的勘察技术与设备：随着科技的进步，越来越多的先进勘察技术和设备被应用于岩土工程勘察中。如无人机航拍、三维激光扫描、地质雷达等新技术，可以极大地提高勘察的精度和效率。因此，应积极引入这些先进技术和设备，提升勘察工作的科技含量和水平。（3）完善勘察评价体系：针对复杂地形地质条件下的岩土工程勘察，应建立一套完善、科学的评价体系。该体系应包括地基均匀性评价、地震效应评估等多个方面，确保勘察结果的准确性和可靠性。同时，还应加强与其他相关学科的交叉融合，如地质学、地震学等，以形成更加全面、深入的评价体系。

### 结束语

综上所述，复杂地形地质条件下的岩土工程勘察是一项综合性强、技术难度高的工作。通过综合运用多种勘察技术和方法，我们可以更全面、准确地掌握地质信息，为工程设计和施工提供科学依据。然而，面对复杂多变的地形地质条件，我们仍需不断探索和创新，提高勘察技术的精度和效率。未来，随着科技的进步和勘察技术的不断发展，我们有理由相信，岩土工程勘察将在复杂地形地质条件下发挥更加重要的作用。

### 参考文献

- [1]周琦.复杂地质条件下的岩土工程勘察方法[J].散装水泥,2020,(05):66-67.
- [2]黄小平.复杂地形地质条件岩土工程勘察方案分析[J].世界有色金属,2020,(19):199-200.
- [3]叶起行.复杂地形地质条件岩土工程勘察及实践研究[J].四川水泥,2020,(07):89-90.
- [4]朱鸿,王阳.复杂地形地质条件岩土工程勘察及实践研究[J].中国金属通报,2020,(16):196-197.