

探讨复杂地质条件下岩土工程勘察技术的应用

沈玉坤

天津城建大学建筑设计研究院有限公司

摘要：文章阐述了岩土工程勘察的内涵、复杂地质条件下的勘察要点、勘查技术以及实践应用。先进、多元化的勘查技术为岩土工程项目的开展提供了科学的数据支持，尤其是复杂地形地质的勘察工作，在高端技术的支持下，节约了大量人力物力和资源，为之后的工程施工创造了有利条件。

关键词：岩土工程；勘察技术；复杂地质；实践；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.11.024

一、岩土工程勘察概述

我国拥有960万平方公里的陆地面积，囊括了高原、丘陵、山地、平原等不同地形，黄河与长江地区还存在诸多河流分支。在岩土工程勘察中，如果不能对地形地质环境有充分了解，工程人员就无法合理选择勘查技术，甚至还可能因操作不当而引起滑坡、泥石流等灾害，严重威胁人身财产安全。所以，面对我国复杂的地形地貌，在正式开展岩土工程勘察之前，首先要对勘察地区展开实地调查，了解当地的气候、降雨量、地形和土质特点，形成书面文件，然后开会讨论，梳理勘察流程。通常而言，岩土勘察分为三个环节：首先是选址、其次是对所选区域进行初步勘察、最后再进行详细勘察。只有严格控制每个环节的工作质量，才能从整体上提高岩土工程的勘察水平。

二、复杂地质环境下的岩土工程勘察要点

（一）确定勘察点的距离与深度

岩土勘察数据的准确与否，不仅与地质条件有关，而且和勘察点的深度，以及勘察点之间的距离密切相关。首先是勘察深度：这一指标需要根据工程的特点而定。复杂地理环境下，地层的分布与岩土的性质都可能存在很大变数，为了尽量保证勘察数据的客观性与准确性，通常要达到40~60米的勘察深度，在满足这一要求的基础上，视地下水位与地质结构等因素进行细微调整。以设计的基础底板为准，勘察深度至少要达到底板以下的1.5~2倍。比如对软土层的勘察深度可以在18米以内，岩石层则可在15米以内。其次是勘察点之间的距离：复杂的地形环境下，发生的地质现象也具有多样性。根据工程勘察规模与要求，勘察点之间的距离设置100~200m即可，已经能够十分准确的判断地层的分布。如果是大型岩土工程，还需要适当缩短勘察距离。总之，工程人员要尽可能的详细了解勘察区域的地形和地质条件，让勘察距离和深度的设置更加客观准确。

（二）地基承载力

这是评估地基稳固性的重要指标，地基对工程荷载

的承受能力，在复杂地质环境下显得尤为重要。为了保证地基有足够的承载力，工程人员应把握好以下因素：

（1）地质特点：通过详细分析资料和实地勘察，了解岩石的物理、力学性能，对地基的承载力做出初步判断。（2）地基类型：通过探测地下水位，确认地基的具体类型，比如浅地基或深地基或浮基等。（3）地下水位：地基的稳固性和承载力与地下水位息息相关，工程人员要对勘察地区的地下水位了如指掌，避免水位太高使地基出现液化。（4）地质结构：了解地质断层、褶皱、裂隙等结构特点与地基承载力的关系。（5）荷载特性：根据工程荷载的具体数值、类型、持续作用的时间来把握地基的承载力。

三、复杂地质条件下，岩土工程勘察常见问题

（一）分析评价问题

地区、气候、水文、土质结构、土壤性质不同，地基的承载力也有很大差异。现阶段常用的地基承载力检测方法是查表法，但这种方法存在安全隐患，所以应用受到限制。近年来，主要通过地基的均匀性评价岩土工程的质量，我国政府部门也出台了一些相关规定，但从实际执行情况来看并不乐观，很多施工企业仍按照普通标准衡量地基的均匀性。而且高层建筑与低层建筑对地基均匀度的要求有巨大差别，如果没有严格按照规范标准评价地基质量，很可能为后续施工埋下了安全隐患。

（二）野外勘察问题

（1）为了提高勘察效率，部分工程人员无视规范标准和制度要求，擅自改变勘察方法和流程，导致勘察结果不准确，严重影响勘察质量，极大的降低了勘察数据的参考价值。

（2）复杂地形地貌环境下开展岩土工程勘察，需要用到大型的机械设备，以及多部门的沟通协作。但从实际情况来看，部门之间的沟通并不通畅，对彼此了解较少，配合缺乏默契。

（3）部分工程人员没有正确认识到岩土工程勘察的重要性，没有养成提前做好准备工作的习惯，以至于勘察效率太低，延误了施工工期。

四、复杂地质环境中岩土工程勘察技术

（一）地球物理勘查

我国作为发展中国家，该技术的引入较晚，相关理论的阐述有待进一步完善。在岩土工程中，此技术只作为辅助手段，用来弥补其他勘查技术的不足。应用地球物理勘查技术的条件有两个：一是勘察区域的规模较大、深度较深，且岩石的物理特点和周围环境存在明显差异。二是能够区分有用的信号和干扰信号。本文主要介绍两种常用的地球物理勘察技术：

(1) 高密度电阻率法：普通的电阻率法每次测量后必须要改变电极的位置，才能开始下一次测量，既影响测量效率，也会降低测量结果的准确度。而高密度电阻法可以把大量电极排成阵列的形式，自动采集数据。测量完一次数据后，在阵列中再选择一组电极组合继续测量，不需要移动电极位置。无论是普通的电阻率法还是高密度电阻率法，都利用了不同位置的岩土电阻率不同这一原理，通过接地电极构建地下电场，利用地下电场观测地表电场，根据观测结果推断岩土结构和特点。

现假设地下半无限空间是均匀的、连续的，且各向同性的，那么大地截止电阻率的计算公式为：

$$P=K \frac{\Delta U_{MN}}{I} \quad ①$$

$$K= \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} + \frac{1}{BM} + \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \quad ②$$

K表示装置系数；

I表示电流，单位A

AM、AN、BM、BN表示两个电极之间的水平距离，单位米。

(2) 探地雷达技术：利用电磁波在地下的传播情况推断出岩土层的空间结构特点，如图1所示：

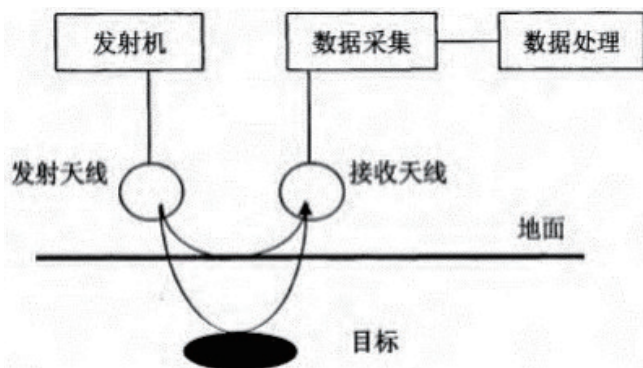


图1 探地雷达技术原理

通过发射天线，把高达 $10^6 \sim 10^9 \text{Hz}$ 的电磁波传送到地下岩层，一部分电磁波经过不同地下介质后，会被返送到地面的接收天线。未返回的电磁波会继续传播到更深层的地质结构，遇到介质后再次被反射回地面，如此往复，直到接收天线把电磁波的能量全都吸收为止。电磁波的行程时间计算公式如下：

$$t= \frac{1}{v} \sqrt{4z^2 + x^2} \quad ③$$

v表示电磁波的波速，与介电常数有关，通常空气取1、水81、岩石4~20；

z表示反射点的法向深度，单位米；

x表示发射天线与接收天线之间的距离。

以上两种地球物理勘查技术都需要对有用、无用的

信号加以区分，如果条件允许的情况下，还可以通过已知的物探参数或者钻探数据来验证勘察结果。

(二) GIS 技术

GIS是由一组技术构成，其中包括计算机、GPS定位、互联网、信息传送等。在复杂地质环境中应用GIS技术，能够准确获得岩土内部以及周围的空间信息、地理位置。工程人员利用专业软件设计三维模型图，为工程团队提供直观的地形地貌信息，为之后工程施工创造有利条件。比如，在一些同时存在内陆与沿海、山地与丘陵的地区，如果采用普通的地形勘察技术，很难满足工程勘察要求。如果引入了GIS技术，并且在无人机的辅助下，就能得到准确的地质勘察信息。

(三) 钻探勘察技术

此技术通过钻探施工的方式分析岩土结构的深层地质特点，并且能获得十分准确的勘测数据。利用钻探勘察技术，能够显著提高勘察效率和水平。技术流程如下：

(1) 对岩土结构钻芯取样，了解岩体的预应力指标，根据岩体结构的具体特点规划施工方案，选择施工技术。认真分析岩土层物理学特点，了解地下水的流动情况，提前做好防水防渗措施。

(2) 钻探施工中，详细了解地基沉降，勘察滑坡，在地层分界处以及预应力的区域合理设置钻孔，安排钻探步骤。钻孔深度约为3m，如果土质较为松软，还要适当加深孔深。完成钻孔后取样，进行抽水和注水试验。对于黏土、碎石类型的地层，还要采集岩芯，了解土层结构特点。

(3) 通过钻孔技术推断土质的含水量与土层结构的分化情况，如果存在地下水层，则需要测量水位高度与地下水的pH值，以此为依据推断水文灾害的发生风险。如果钻探施工中发现有毒有害、放射性的物质或气体，应做好安全防护措施，并详细记录检测数据。

(4) 以岩土层深度为标准，钻头的钻进深度偏差控制在 $\pm 0.05\text{m}$ 以内，每钻进20m校正一次钻孔，如果发现钻进偏差太大，需要立刻纠正。垂直钻孔施工中，每隔40m检测一次垂直度，保证误差不超过 2° 。

(四) 试验技术

这种技术包括压缩试验、抗压强度试验、三轴试验、剪切试验等，主要用来检测土壤、岩石样本的物理学性能。通过室内、室外试验，可得到样品的力学与物理学参数，为岩土工程的设计与施工提供数据支持。在反复的试验中获得的弹性模量、土壤强度、剪切模量等参数，能够为岩土工程的施工提供科学的参考数据。通过试验还能合理推测出岩土层、水质是否被污染以及污染程度。检测采样区域的水质、土壤，还能分析出其中有毒有害物质的含量，为环境治理提供参考。通过试验还能检测岩土的承载能力、隔离材料的渗透能力，对于选择施工材料以及工程的规划设计都具有参考价值。

(五) 非破坏性勘察技术

采集地下岩层土壤的物理学、力学、结构参数时，

不需要对土体造成破坏。岩土勘察中常用的非破坏性技术主要有电磁勘探、声波勘探、地震勘探三种类型。地震勘探是一种以地震波传播规律为原理的技术，通过接收、传播和反射地下岩体中的地震波，获得土质的相关参数。在岩土工程勘察工作中，这一技术主要用来识别地质结构和岩体性质，预测地震灾害的发生风险。电磁勘探利用的是电磁波的传播规律，通过监测和分析岩体中的电磁波得到磁化率、电阻率等相关数据。该技术主要用来检测地下岩体的裂隙、地下管线等。声波勘探是通过分析岩体的声波传播规律获得土体密度、波速、弹性模量等参数，主要用来了解地质结构和岩土的特点。

（六）浅层地震反射波勘察

通过人工操作设备发射地震波，作为一种岩土勘察介质，通过地震波能够充分了解某个区域的浅层地质结构特征。应用浅层地震反射波勘查技术时，首先要检查设备性能，保证能够顺利发射和准确采集地震波，还能确认地震波的振幅与频率，获得精准的数据信息与岩土参数，自动生成岩体浅层图纸。其次，在地震波的传播过程中存在差异性，所以要根据具体情况制定反射波、透射波、折射波等不同方案。如果无特殊情况，应尽量使用反射波，可避免对勘察现场和周围环境造成破坏。电磁脉冲释放时会出现压电效应，提高地震波的发射速度，以免地震波传播时无法识别地震信号和频率，影响勘查结果的准确性。

（七）原位测试技术

这一技术形式比较多样化，应用最为广泛的是岩体应力、十字板等测试技术。不同技术类型对岩土参数的勘察结果也不同。比如，以静力触深技术为例，工程人员要将触深位置的误差控制在2%以内，尽可能保证触深位置准确。锤击贯入的过程中要把握好探杆角度，保证施工的连续性。当触深位置达到10m时，每贯入1m，都要旋转探杆540°。

五、复杂地质条件下，岩土工程勘测技术的应用

（一）完善前期准备工作

岩土工程勘察是一项复杂、系统的工作，在正式施工前需要做好充分准备，比如实地了解现场环境，分析影响勘察结果的相关因素，提前做好质量控制措施。首先，工程人员使用测量设备收集勘察现场的各项数据，然后对数据进行分类、分析和整合，在此基础上设计勘察方案。其次，根据地质复杂程度，把岩土工程的地基分为三种类型：（1）一级地基：特点是结构不均匀、土质成分复杂，需要进行特殊处理。（2）二级地基：岩土类型较多、不够均匀，某些类型的岩土结构十分特殊。（3）三级地基：岩土类型十分单一，但稳定性较强。

（二）重视勘察与取样

要用先进的取样技术调查岩土环境，获得准确的数据参数。结合岩土工程的施工要求确定勘察点的间距和深度，如果工程属于砖混型结构，且高于6层，则钻孔深度通常为15m左右。如果岩土工程为框架结构，且高

于5层，就需要工程人员充分考虑地基的承载力，可适当加深孔深来扩大建筑的基础面。

勘察取样时，工程人员要根据是极其情况确定勘察深度，如果地质条件较好，孔深可不比太深。如果勘探区域为软土地基或湿陷性淤泥、黄土，则要适当增加孔深。设计钻孔方案时，需要结合土质特点而定。此外还要合理把握勘探点之间的距离，遇到复杂地形，可适当缩短间距，提高勘察数据的准确性。

（三）详细勘察地下水

岩土工程的勘察不能仅局限于土壤环境，还要重视水文特点，因为水文对土层结构、土质特点的影响是巨大的。以往的很长一段时间，我国岩土工程的勘察工作，普遍对地下水的重视程度不足，甚至因此引发了各种安全事故。随着经验的积累、勘查技术的发展和安全意识的提升，如今工程人员越发重视地下水对岩土工程的影响。水文的勘察需要了解地下水位的高低、含水层与隔水层、自然地理条件、水文地质参数等。自然地理条件包括水文特点、洪水侵袭情况、地形地貌、地下水系位置、地形堆积的形态、地下水的流速和走行等。地质环境主要了解岩土结构、岩石的类型、地壳运动等情况。地下水位是需要重点勘察的内容，还要检测地下水的成分和含量，通过抽水试验来检测相关参数。

结束语

综上所述，本文围绕复杂地质条件对岩土工程的勘查技术展开分析。得出以下结论：①岩土工程勘察工作中，存在分析评价问题（地基均匀性与操作规范性）和野外勘察问题（操作、意识、沟通问题）；②在相对复杂的地理环境下开展岩土工程勘察，只采用一种勘察技术是不现实的，通常需要联合多种勘察技术，并相互验证彼此的勘察数据是否准确；③应用较为广泛的岩土工程勘察技术包括坑探、钻孔、高密度电阻率法、地质雷达法等技术；④可通过各种类型的室内试验获得岩土工程的相关参数。总而言之，岩土工程勘察是一项需要多部门、多技术、多专业相互配合才能完成的项目，这不仅需要专业、先进的勘查技术，更需要企业完善管理制度，提高管理水平，从各方面保证岩土勘察的顺利开展。

参考文献

- [1] 叶学松. 浅复杂地质条件下岩土工程勘察技术的应用[J]. 建筑·建材·装饰, 2023(11): 187-189.
- [2] 黄辉雄. 复杂地质条件下岩土工程勘察设计和施工的质量控制因素分析[J]. 西部探矿工程, 2023, 35(10): 1-3.
- [3] 夏岩. 岩土工程勘察技术在复杂地形地质条件下的应用分析[J]. 中国金属通报, 2023(15): 201-203.
- [4] 章清. 复杂矿山地质条件下岩土工程勘察改进对策研究[J]. 中国金属通报, 2023(12): 171-173.
- [5] 李左林. 基于复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术的研究[J]. 新疆有色金属, 2023, 46(3): 20-21.