

基于复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术

沈玥^{1, 2}

1. 江苏省中成建设工程总公司, 江苏 南京 210041

2. 江苏南京地质工程勘察院, 江苏 南京 210041

摘 要 : 岩土工程是土木工程中的一个重要依据, 勘察工作是否准确可靠直接影响着工程建设质量, 安全及成本等。复杂的地形地质条件给岩土工程勘察带来了许多困难和挑战。地形地貌复杂, 高山峡谷, 岩溶地貌发育, 多年冻土区域发育, 同时地质构造变化大, 断层, 褶皱, 节理发育, 使岩土体性质表现出高度空间不均匀性与复杂性。这样既加大了勘察工作难度, 又对勘察技术选择与运用提出更高的要求。准确把握复杂地形与地质条件岩土工程勘察技术能为工程设计与施工提供翔实可靠的地质资料并有效减少工程风险, 保障工程建设顺利实施。所以, 对复杂地形和地质条件岩土工程勘察技术进行深入的研究有着非常现实的意义。

关 键 词 : 复杂地形地质; 岩土工程; 勘察技术; 挑战应对

Geotechnical Engineering Survey Technology Based on Complex Topographic and Geological Conditions

Shen Yue^{1,2}

1. Jiangsu Zhongcheng Construction Engineering Corporation, Nanjing, Jiangsu 210041

2. Nanjing Institute of Geological Engineering Survey, Nanjing, Jiangsu 210041

Abstract : Geotechnical engineering is an important basis in civil engineering, and the accuracy and reliability of survey work directly affect the quality, safety, and cost of engineering construction. Complex topographic and geological conditions bring many difficulties and challenges to geotechnical engineering surveys. The complex topography, including high mountains and deep valleys, developed karst landforms, and permafrost regions, coupled with significant geological structural changes such as faults, folds, and joint development, result in highly spatially uneven and complex geotechnical properties. This not only increases the difficulty of survey work but also places higher demands on the selection and application of survey technology. Accurately grasping geotechnical engineering survey technology in complex terrain and geological conditions can provide detailed and reliable geological data for engineering design and construction, effectively reducing engineering risks and ensuring the smooth implementation of engineering construction. Therefore, conducting in-depth research on geotechnical engineering survey technology in complex terrain and geological conditions has very practical significance.

Keywords : complex terrain and geology; geotechnical engineering; survey technology; challenge response

一、复杂地形地质条件的特征

(一) 地形起伏大

复杂地形地质区域地形常表现出强烈的波动。山区地形落差较大, 峰谷高差可达几百米乃至几公里。这种地形起伏使勘察工作在进行过程中遇到了很多困难, 交通不方便、设备运输、人员通行等方面都受到限制。陡山坡勘察作业给勘察人员安全造成威胁, 还加大勘察设备安装作业难度。^[1]

(二) 地质构造复杂

复杂地形地质区域一般都要经过一个较长且比较复杂的地质演化历程, 地质构造也是复杂多变。断层, 褶皱等地质构造普遍发育, 造成地层结构碎裂, 岩土体完整性与稳定性大打折扣。断

层周围岩土体力学性质发生显著改变, 可产生软弱夹层和破碎带等恶劣地质现象。褶皱构造又使地层产状改变, 加大了岩土工程勘察时地层分布及岩土体性质评判的困难。

(三) 岩土体性质多变

受复杂地质历史及地质作用的影响, 岩土体性质在复杂地形地质中表现出高度多变性特征。岩土体组成, 构造, 物理力学性质等都存在着显著的空间差异。同一地区可能会同时出现多种岩土体类型, 硬岩石, 疏松砂土, 软塑质黏土等等, 这些岩土体在横向和纵向上性质都会有明显改变。岩土体这种多变性, 为岩土工程勘察时准确求取岩土体参数提出了巨大的挑战。

(四) 不良地质现象频发

复杂地形地质区域通常是不良地质现象高发地区。滑坡, 泥

石流,岩溶塌陷,地面沉降等不良地质现象频发。滑坡与泥石流是山区比较常见的一种灾害,由于地形,降水以及岩土体性质的原因给工程建设带来了严重的威胁。岩溶地区受岩溶作用的影响,地下溶洞和暗河十分发育,易造成地基塌陷的问题。由于地下水的过度开采和地层结构的变动等多种因素,地面沉降有可能发生,从而对工程设施的正常运行造成影响。^[2]

二、复杂地形地质条件下的岩土工程勘察技术

(一)地质测绘技术

1.传统地质测绘

在岩土工程勘察中,传统的地质测绘属于一种基本手段。采用实地观察与测量相结合的方法,详细勘察并记录了地形地貌,地层岩性,地质构造及不良地质现象的情况。面对复杂的地形和地质情况,地质测绘人员必须要攻克地形的难关,对每一个地区都要深入调查。用罗盘,地质锤和放大镜对岩土体出露情况进行观测,查明地层岩性,产状及接触关系。编制了地质草图并对各类地质信息进行了标记,为以后的勘察工作提供了基础资料。传统的地质测绘可以直观的了解地区的地质概况,但是在地形比较复杂的地区,效率低下,对于人员专业素质也提出了更高的要求。^[3]

2.航空地质测绘与卫星遥感地质测绘

伴随着航空航天技术的进步,航空地质测绘与卫星遥感地质测绘被广泛地应用于复杂地形地质勘察。航空地质测绘是指使用飞机携带航空摄影仪和成像雷达在地面上进行大范围航空摄影与遥感探测。从航空影像中分析可得到地形地貌,地层岩性和地质构造。卫星遥感地质测绘技术是通过搭载在卫星上的传感器来收集地球表面的遥感信息。卫星遥感图像因其广泛的覆盖范围和丰富的信息内容而受到赞誉,它能够迅速地识别出区域内的地质特征,例如大型断层、褶皱构造和岩性分布等。这些技术摆脱了地形限制,可以在短期内获得大范围地质信息并对后续勘察工作起到宏观指导作用。

(二)地球物理勘探技术

1.电法勘探

电法勘探利用岩土体电学性质不同,对地质结构及岩土体的分布进行检测。复杂地形和地质条件下常采用电阻率法和激发极化法进行电法勘探。电阻率法是通过地下岩土体电阻率分布规律的测定,反演地层结构,地下水分布和岩溶洞穴信息。岩溶地区由于溶洞中填充物质与其周边岩土体电阻率不同,采用电阻率法可对溶洞位置及大小进行有效检测。激发极化法多应用于金属矿及地下水探测,通过观察人工电场中岩土体所形成的二次电场判断井下有无极化体进而推测地质结构及岩土体性质。^[4]

2.地震勘探

地震勘探就是利用岩土体人为激发地震波传播特征,对地质结构进行检测。对于复杂的地形和地质情况,可利用地震勘探来检测地层界面,断层位置和岩土体的弹性参数。反射波法是地震探测中经常采用的技术之一,它通过捕获地震波在各种地层交界处的反射,从而准确地确定地层的深度和构造。山区地震勘探中,因地形起伏较大,需使用专门的观测系统及数据处理方法来消除地形对于地震波传播过程中的各种影响。地震勘探在探测深

度和分辨率等方面都有很大优势,但是对于地形条件以及观测环境都有很高要求。

3.重力勘探与磁力勘探

重力勘探利用岩土体密度不同所产生的重力异常,对地质结构进行勘探。复杂地形地质区域内不同岩性岩土体的密度是不一样的,可通过实测地面重力场变化推测地下地质构造及岩土体的分布情况。寻找隐伏岩体和探测断层时重力勘探有其优越性。磁力勘探是一种通过利用岩土体的磁性差异产生的磁力异常来探测地质结构的技术。有些特定的岩石,例如磁铁矿和玄武岩,它们展现出强烈的磁性。通过监测地面磁场的波动,我们能够确定这些磁性岩石的具体分布和界限。重力勘探与磁力勘探都有工作效率高,费用比较低廉等优势,但是在解释异常时还需综合其他勘察资料。^[5]

(三)钻探技术

1.常规钻探

常规钻探为取得岩土体实物样本提供了一种重要手段。复杂地形地质条件下用钻探可直接取得岩土体岩芯或者土样进行室内试验分析并测定其物理力学性质。山区钻探,因地形复杂需选用适宜的钻探设备及钻进方法。对坚硬的岩石地层一般用金刚石或硬质合金进行钻进;对松散地层既可用泥浆护壁钻进也可用套管护壁钻进。常规钻探可以提供岩土体的直观样品,但是在钻探时可能对岩土体产生一定的干扰,从而影响样品的代表性。

2.特殊钻探技术

在某些特殊而又复杂的地形和地质情况下,必须使用专门的钻探技术。岩溶地区为精确检测溶洞分布及发育规律,可以通过定向钻探技术实现钻孔按预定走向钻进并取得溶洞岩土体样品。在冻土地带,鉴于冻土的独特性质,有必要使用低温钻探方法,以确保冻土的融化不会对钻探活动和岩土体样本产生不良影响。特殊钻探技术可以解决常规钻探难以突破的难题,但其工艺要求高、装备复杂、费用比较昂贵。^[6]

(四)原位测试技术

1.静力触探试验

静力触探试验就是把圆锥形探头均匀地压入土体,并通过测定探头受到的阻力而测定土体物理力学性质的一种原位测试手段。在复杂的地形和地质环境中,对于土层分布相对均匀的区域,静力触探试验能够迅速且连续地获取土壤的各种力学参数,例如比贯入阻力、锥尖阻力和侧摩阻力等。这些参数可用来估计土体的承载力,压缩模量和其他指标。静力触探试验因其试验速度快,资料连续,受人为因素影响少等特点,但是对设备要求很高,限制了其在坚硬地层或者含较大孤石地层的使用。

2.标准贯入试验

标准贯入试验就是用标准贯入器打入土体一定深度并记录贯入要求锤击次数,从而对土体物理力学性质及工程特性进行评判的一种原位测试。标准贯入试验对复杂地形和地质条件的砂土,粉土和一般黏性土中的各种土层均有良好的适应性。标准贯入试验所得锤击数可预估土体承载力和砂土密实度。标准贯入测试装置简单易操作,但是测试结果会受到很多因素的影响,比如装置的规格,落锤方式以及土体的特性等等,这就要求测试时必须对测试条件进行严格的控制。^[7]

3. 旁压试验

旁压试验就是把旁压器置于钻孔内，通过给旁压器充水或者充气使之膨胀并给周围土体以径向压力来测定土体变形与压力之间的关系，进而测定土体力学参数的一种原位试验方法。复杂地形和地质条件下旁压试验可以较精确地确定土的变形模量和承载力，特别是软土和黏性土土层。旁压试验受土体扰动很小，其试验结果能很好的反应土体原位特性，但是其实验过程比较复杂，且对操作者有很高的工艺要求。

三、复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术应用面临的挑战及应对策略

（一）面临的挑战

1. 技术难题

勘察技术在复杂的地形地质中面临着许多技术难点。地球物理勘探技术应用于地形起伏较大地区，受地形干扰地球物理场，数据采集与处理变得更加困难，致使勘探结果精度大打折扣。地质构造复杂地区各地质体间地球物理性质相差不显著，给异常解释带来较大困难。钻探技术应用于坚硬岩石地层或者有破碎带和溶洞的特殊地质条件时钻进效率不高，易发生卡钻和掉钻事故。原位测试技术应用于岩土体性质变化较大的地区时，其测试成果的代表性与准确性很难得到保障。

2. 设备适应性

复杂的地形，地质条件，对勘察设备适应性有了更高的要求。在地形起伏较大，交通不方便的地区，要求勘察设备重量轻，便于携带与安装。这些地区很难发挥传统大型勘察设备的优势，同时小型化，便携式的装备也会出现功能与性能方面的缺陷。在多年冻土地区和岩溶地区等特殊地质条件下要适应低温和地质结构复杂的环境，必须有专用设备。当前，一些勘察设备对复杂地形地质条件适应性不足，从而影响勘察工作顺利开展。^[8]

3. 人员素质

岩土工程勘察工作在复杂地形，地质等情况下，对于勘察人员提出了更高的质量要求。勘察人员既要具有坚实的岩土工程专业知识，通晓多种勘察技术与手段，又要有处理复杂地形与地质情况的本领，例如山区野外作业技能，应对突发地质情况能力。当前，勘察行业不仅懂得专业技术，而且有丰富实践经验的高素质人才较为缺乏，这就限制了岩土工程勘察在复杂地形与地质情况下的工作质量与效益。

（二）应对策略

1. 技术研发与创新

加大复杂地形地质条件岩土工程勘察技术与开发投入力度，鼓励科研机构、企业进行技术创新。为解决地球物理勘探技术难点，研发抗干扰数据采集与处理手段，以提高勘探结果精度。研究开发适合复杂地质条件下的新型钻探技术与装备，以提高钻进效率与安全性。强化原位测试技术，增强测试结果代表性与可靠性。通过技术研发和创新不断提高勘察技术水平以满足复杂地形和地质条件需求。^[9]

2. 设备改进与优化

强化勘察设备完善与优化，增强复杂地形地质条件设备适应性。研究开发轻便，高效，多功能勘察设备方便复杂地形区域携

带作业。根据特殊地质条件研制专用装备，冻土钻探装备和岩溶探测装备。强化装备智能化开发，提升装备自动化程度与数据处理能力，降低人为因素对于勘察结果影响。通过对设备的改进和优化为复杂地形地质条件岩土工程勘察提供了强大的设备支持。

3. 人才培养

加大岩土工程勘察专业人才培养力度。各院校要对相关专业课程进行优化，加入复杂地形地质条件勘察技术及实践等方面的内容，以培养学生实际操作能力与问题解决能力。企业应加大在职人员培训力度，定期举办技术培训与交流活动，请专家授课与辅导，提升勘察人员专业素质与实践经验。建立人才激励机制吸引并保留优秀勘察人才，从而为复杂地形地质岩土工程勘察提供人才保障。^[10]

四、结论

总之，复杂的地形和地质条件对岩土工程勘察提出很多挑战，勘察技术的合理应用是解决上述难题的关键所在。地质测绘技术可以对区域地质概况有一个直观的认识，而航空地质测绘与卫星遥感地质测绘提供了宏观的地质信息；地球物理勘探技术是利用岩土体物理性质的不同来检测地质结构的技术；钻探技术取得岩土体的实物样本；原位测试技术对岩土体的力学参数进行现场测量。但这些技术的运用面临着技术难题，设备适应性以及人员素质方面的挑战。通过对技术的研发和创新，装备的完善和优化，人才的培养等应对策略的实施，能够有效地促进复杂地形和地质条件岩土工程勘察技术水平的提高，为工程建设提供了准确可靠的地质数据，确保了岩土工程质量和安全，推动了复杂地形地质地区岩土工程行业可持续发展。

参考文献

- [1] 梁瀚元，苏欢. 复杂地形地质条件下的岩土工程勘察技术研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2022(34): 85-87.
- [2] 岳小飞. 复杂地质条件下岩土工程勘察技术的运用 [J]. 有色金属设计, 2022, 49(03): 117-120.
- [3] 项文楷. 复杂地形地质条件下的岩土工程勘察技术分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2022(23): 121-123.
- [4] 徐李鑫，马丽. 岩土工程勘察中的综合勘察技术运用分析 [J]. 中国设备工程, 2022(10): 231-233.
- [5] 祁曜刚. 复杂地质条件下岩土工程勘察技术的应用探究 [J]. 房地产世界, 2022(4): 82-83.
- [6] 杨君平. 复杂地质条件下岩土工程勘察技术的运用分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (32): 163-165.
- [7] 康果，朱斌，刘君. 岩土工程勘察技术在复杂地形地质条件下的应用实践 [J]. 世界有色金属, 2019, (23): 259+261.
- [8] 周四海. 基于复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术的研究 [J]. 资源信息与工程, 2018, 33(03): 103-104.
- [9] 徐念望. 岩土工程勘察在复杂地质条件下的技术应用 [J]. 江苏建材, 2024(1): 127-129.
- [10] 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.