

水利工程软土地基勘察技术分析

王艳龙

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300220

摘要: 水利工程中软土地基勘察技术至关重要。本文概述了软土地基的定义、分类、特性及其对工程的影响。通过分析传统勘察技术的优缺点,探讨了地质雷达、无人机图像处理及现代测量技术等新型勘察手段在软土地基勘察中的应用与优势。结合案例分析,强调综合勘察手段的重要性,提出了数据处理与成本优化的策略,旨在为水利工程设计与施工提供准确、全面的地质依据,确保工程安全与质量。

关键词: 水利工程; 软土地基; 勘察技术

引言: 水利工程建设中, 软土地基因其高含水量、低强度、高压缩性等特点, 成为亟需解决的重要问题。其复杂的物理力学特性直接关乎工程的安全性和稳定性。本文深入探讨了软土地基勘察技术的现状与发展, 分析了传统勘察技术的不足, 并重点介绍了地质雷达、无人机图像处理等新型勘察手段在软土地基中的应用。通过综合分析 with 实例研究, 旨在为水利工程的勘察设计与施工提供科学依据和技术支持。

1 软土地基概述

1.1 软土地基的定义与分类

(1) 定义与成分。软土地基, 是指由高含水量、高压缩性、低强度和低渗透性的细粒土(如黏土、粉土及有机质等)构成的地层。这些土壤成分复杂, 颗粒间结合力弱, 导致整体稳定性差, 是工程建设中需要特别关注的地质问题。(2) 成因类型与分布。软土地基的形成与地质环境密切相关, 主要包括滨海沉积、湖沼沉积及河滩冲洪积等类型。滨海沉积型软土多见于沿海地区, 受海水动力作用影响; 湖沼沉积型则常见于内陆湖泊或沼泽地带; 河滩冲洪积型则是河流在洪水期携带泥沙冲刷沉积而成。在我国, 软土分布广泛, 主要集中在东部沿海地区、长江中下游平原、珠江三角洲等区域, 这些地区的软土厚度大、分布广, 对工程建设构成较大挑战。

1.2 软土地基的特性

(1) 物理力学特性。软土地基具有显著的物理力学特性, 主要包括强度低、压缩性高、孔隙比大和固结性差。其强度远低于一般土壤, 难以承受较大荷载; 压缩性高则意味着在外部压力作用下, 土壤体积会显著减小, 产生较大沉降; 孔隙比大导致土壤渗透性差, 水分难以排出; 固结性差则表明土壤颗粒重新排列和压密的过程缓慢, 需要较长时间才能达到稳定状态。(2) 对水利工程施工的影响。这些特性对水利工程的施工质量和

安全性产生了深刻影响。首先, 强度低和压缩性高可能导致地基承载力不足, 引发结构沉降、变形甚至破坏, 严重影响工程稳定性。其次, 孔隙比大和固结性差增加了施工难度和成本, 需要采取特殊的地基处理措施来改善土壤性能。此外, 软土地基的不均匀性还可能导致结构物产生差异沉降, 进一步加剧工程安全风险。因此, 在水利工程建设中, 必须充分认识软土地基的特性及其影响, 采取科学合理的勘察、设计和施工措施, 确保工程质量和安全。

2 水利工程软土地基勘察技术

2.1 传统勘察技术

(1) 概述。传统勘察技术主要包括地面探查、钻孔取样和实验室试验等方法。地面探查主要通过人工或机械手段对地表进行直接观测, 初步判断地质情况; 钻孔取样则是通过钻探设备在预定位置钻孔, 取出土壤样本进行后续分析; 实验室试验则是对取得的土样进行物理力学性质测试, 如含水量、密度、压缩模量等指标的测定。(2) 优缺点及应用局限性。传统勘察技术的优点在于操作简便、成本低廉, 且经过长期实践积累了丰富的经验数据。然而, 其缺点也不容忽视。首先, 地面探查受地表覆盖物、地形地貌等因素影响大, 难以直接观察到深层地质情况; 其次, 钻孔取样虽然能获取较深层土壤样本, 但取样点有限, 可能无法全面反映整个场地的地质特征; 最后, 实验室试验虽然能精确测定土壤性质, 但测试周期长, 且可能受到取样、保存、运输等环节的影响而导致数据偏差。在软土地基勘察中, 传统技术往往难以准确判断地基的复杂性和不均匀性, 特别是对于深厚软土层、隐伏构造等的识别存在较大难度。

2.2 新型勘测技术

2.2.1 地质雷达技术

(1) 基本原理和 workflow。地质雷达技术是一种

基于电磁波原理的非接触式地下探测技术。其基本原理是，通过发射天线向地下发射高频电磁波（通常为10MHz至1GHz），这些电磁波在地下介质中传播时会遇到不同介质的界面而发生反射和散射。接收天线接收这些反射波后，将其转化为电信号并记录下来。通过对这些信号进行滤波、放大、叠加和解释处理，可以得到地下介质的内部结构图像^[1]。（2）优势。地质雷达技术在软土地基勘察中具有显著优势。首先，它能够实现对地基的连续、无损探测，不受地表覆盖物和地形条件的限制。其次，其成像分辨率高，能够清晰地反映地下介质的分层情况和结构特征。此外，地质雷达技术还具有实时性强的特点，能够在现场即时获取数据并进行分析解释，大大提高了勘察效率。（3）应用案例。在复杂地质环境中，地质雷达技术得到了广泛应用。例如，在某水利工程库区的软土地基勘察中，地质雷达技术成功揭示了库区下方多层软土层的分布范围、厚度变化以及与基岩的接触关系。通过与其他勘探手段相结合，为工程设计和施工提供了详尽的地质资料。

2.2.2 无人机图像处理技术

（1）数据收集和分析方法。无人机图像处理技术利用无人机搭载的高清相机、多光谱相机或激光雷达等设备，在空中对目标区域进行高空拍摄和扫描。通过高分辨率图像技术，可以获取到地形、土地、植被等详细的遥感数据。这些数据经过专业软件的处理和分析，可以提取出有用的地理信息和地质特征。（2）优势。无人机图像处理技术在快速获取大范围区域的遥感数据方面表现出色。其优势在于灵活性强、覆盖范围广、数据精度高且成本低廉。通过无人机技术，可以迅速获得水利工程区域的地形地貌、水系分布、植被覆盖等信息，为软土地基勘察提供全面的背景资料^[2]。（3）应用实例。在软土地基勘察中，无人机图像处理技术常用于前期调查和地形测绘阶段。例如，在某河流治理工程的软土地基勘察中，无人机技术被用于对河流两岸及河床进行高空拍摄和三维建模。通过构建的三维模型，工程师们能够直观地了解河流地形、河岸稳定性以及软土层的分布情况，为工程设计和施工方案的制定提供了有力支持。

2.3 现代测量技术的应用

（1）应用概述。随着数字化、信息化技术的快速发展，现代测量仪器如全站仪、GPS等数据处理系统在软土地基勘察中得到了广泛应用。这些系统不仅提高了测量精度和效率，还实现了数据的实时传输和处理分析。（2）提高效率与准确性。现代测量技术的应用显著提高了软土地基勘察的效率和准确性。全站仪能够实现高

精度的角度和距离测量，并自动计算点位坐标和高程；GPS系统则能够实时获取全球坐标和时间信息，实现全天候、无障碍的测绘作业。这些数据通过专业软件进行处理和分析后，可以生成高精度的地形图、断面图和地质剖面图等成果图件，为工程设计和施工提供精确的地质信息支持^[3]。（3）降低成本和风险。现代测量技术的应用还有效降低了勘察成本和风险。传统勘察方法需要大量的人力和物力投入，且受到地形地貌、气候条件等多种因素的影响；而现代测量技术则能够实现在复杂环境下的高效、精准测量，减少了不必要的人力物力浪费和安全隐患。同时，通过数据分析和模拟预测等手段，可以提前发现潜在的地质问题并制定相应的处理措施，从而降低了施工风险和后期维护成本。

3 软土地基勘察技术的综合应用

3.1 综合勘察手段

在软土地基勘察中，采用综合勘察手段是确保勘察结果全面、准确的关键。这一手段结合了地面调查测绘、钻探、原位测试和室内试验四种主要方法，各自发挥独特作用，并相互补充，共同为工程提供坚实的地质基础数据。（1）综合勘察手段的提出。地面调查测绘作为前期工作，通过卫星遥感、无人机等技术手段快速获取区域宏观信息，为后续勘察工作划定重点区域。钻探则深入地下，直接获取土壤或岩石样本，为原位测试和室内试验提供物质基础。原位测试在保留土体自然状态的前提下，直接评估其工程特性，而室内试验则对样本进行精确分析，得出量化的物理力学参数。（2）具体作用及配合重要性。地面调查测绘：提供宏观视野，指导钻探点位的布设，确保勘察的针对性和全面性；钻探：揭示地层结构，发现软弱夹层，是验证和补充地面调查成果的关键手段；原位测试：在现场条件下直接测试土体性能，反映实际工作状态，为室内试验提供对比基准；室内试验：精确测定土样参数，为工程设计和施工提供定量依据，同时也是原位测试结果的验证和补充。这四种手段相互配合，形成一个闭环系统，确保了软土地基勘察的全面性、准确性和可靠性^[4]。

3.2 勘察数据处理与分析

（1）数据处理方法。软土地基勘察数据往往包含噪声和冗余信息，需要通过去噪处理提升数据质量。同时，来自不同来源的数据需进行融合，形成统一、完整的勘察数据库。这些处理手段有助于提高数据的可用性，为后续分析打下坚实基础。（2）数据处理的重要性。数据处理是提升勘察结果准确性和可靠性的关键步骤。通过去噪和融合处理，可以去除无效信息，保留有

价值的数 据，从而更准确地反映软土地基的工程特性。此外，数据处理也是实现数据共享和再利用的前提，有助于推动勘察工作的信息化和智能化发展。（3）数据中心的建设。建立数据中心是实现数据全方位、多角度、多层次获取和及时、可靠共享的有效途径。数据中心能够集中存储、处理和管理勘察数据，为不同部门和人员提供统一的数据接口和访问权限。通过数据中心的建设，可以促进勘察数据的实时更新和共享，提高数据利用效率，推动勘察工作的高效开展。

3.3 勘察成本优化

（1）降低成本的方法。为了降低软土地基勘察成本，可以采取多种措施。首先，优化勘察流程，减少不必要的环节和重复工作，提高勘察效率。其次，合理规划勘测计划，根据工程需求和地质条件制定科学合理的勘察方案，避免过度勘察或遗漏关键区域。此外，还可以采用先进的勘察技术和设备，提高勘察精度和效率，降低人力物力投入。（2）保障质量下的经济效益最大化。在降低勘察成本的同时，必须确保勘察质量不受影响。通过严格的质量控制体系，对勘察过程进行全程监控和管理，确保数据的真实性和准确性。同时，加强与工程设计和施工单位的沟通协作，及时反馈勘察成果，优化工程设计方案，减少后期变更和返工风险。通过这些措施，可以在保障勘察质量的前提下实现经济效益的最大化。

4 案例分析：典型水利工程软土地基勘察案例

4.1 案例选取

以某大型水电站工程的库区软土地基勘察为例进行深入分析。该水电站位于河流交汇处，库区地基主要由深厚的软土层构成，对大坝的安全性和稳定性提出了极高要求。该案例因其地质条件的复杂性和勘察技术应用的广泛性，成为研究软土地基勘察的典型代表。

4.2 技术手段、数据处理方法及其实际效果

在勘察过程中，项目团队采用了多种技术手段相结合的方法。首先，通过无人机低空摄影测量与地面测绘，获取了库区的高精度地形图，初步确定了软土的分布范围。随后，实施了大规模的钻探作业，利用多级岩芯管取样技术确保了土壤样品的代表性，同时进行了多

种原位试验（如静力触探试验、旁压试验）以获取土体的实时力学参数。此外，还进行了系统的室内试验，对土壤样品进行了物理化学性质、力学性质等多方面的详细分析。在数据处理方面，团队运用先进的地理信息系统（GIS）与数据处理软件，对海量勘察数据进行整合、去噪、分析，构建了高精度的三维地质模型。该模型不仅清晰展示了软土地基的分层结构、物理力学性质，还通过数值模拟预测了地基在不同工况下的变形与稳定状况。这一成果为工程设计与施工提供了坚实的科学依据，确保了水电站大坝的安全性与稳定性。

4.3 经验教训与可借鉴之处

通过本案例的分析，我们可以得出以下经验教训：一是要充分利用现代科技手段，提高勘察的精度与效率；二是要注重勘察数据的全面性与系统性，确保数据的准确性与可靠性；三是要加强勘察与设计、施工的沟通与协作，实现勘察成果的快速转化与应用。可借鉴之处在于，面对复杂地质条件的水利工程软土地基勘察，应综合运用多种技术手段，建立科学的数据处理与分析体系，加强勘察与后续工作环节的协同配合，以推动工程的顺利实施与高质量发展。

结束语

综上所述，水利工程软土地基勘察技术的选择与应用直接关系到工程的安全性与经济性。通过综合运用传统与新型勘察技术，我们能够更全面、准确地掌握软土地基的地质特性，为工程设计提供可靠依据。未来，随着科技的进步，勘察技术将更加智能化、精细化，为水利工程建设保驾护航。同时，也需注重勘察数据的综合分析与应用，以实现工程效益的最大化。

参考文献

- [1]郭万鹏,冯祯辉,曹风旭,黎昱.水利工程软土地基勘察及处理技术[J].工程与建设,2022,(02):37-38.
- [2]夏磊.水利工程软土地基勘察及处理技术分析[J].工程与建设,2021,(05):107-108.
- [3]杨柱源.水利工程软土地基勘察及处理技术分析[J].智能城市,2021,(14):137-138.
- [4]何爱彬.水利工程软土地基勘察及处理技术探讨[J].造纸装备及材料,2020,(02):13-14.