

# 工程物探技术在岩土工程勘察中的应用

俞 维

新疆现代巨峰岩土勘察设计有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**工程物探技术基于地下介质物理性质差异，通过电法、地震法等手段实现地下地质情况的非破坏性探测，是岩土工程勘察的核心技术支撑。本文阐述其核心原理、应用优势及局限性，分析与岩土工程勘察的适配性，探讨各类物探技术在岩土体探测、不良地质识别中的具体应用，结合质量控制措施与工程实例总结经验，为其规范、高效应用提供参考，助力提升勘察质量与工程安全性。

**关键词：**工程物探技术；岩土工程勘察；应用

引言：岩土工程勘察是工程设计、施工的前提，质量直接决定工程建设安全与稳定性。随着工程建设向复杂地形、深层领域延伸，传统勘察手段已难以满足高效、精准需求。工程物探技术凭借高效、低成本、非破坏性优势，成为岩土工程勘察核心手段，可快速获取岩土体分布、地质构造等关键信息。本文围绕其应用展开研究，梳理技术要点与质量控制方法，为实际工程勘察提供指导。

## 1 工程物探技术基础与岩土工程勘察相关理论

### 1.1 工程物探技术核心概述

(1) 工程物探的定义、分类及核心特征：工程物探是通过探测地下介质的物理性质差异，获取岩土体、地质构造等信息的勘察技术，分为电法、地震法、电磁法等类别。其核心特征为非破坏性、高效性，能快速覆盖勘察区域，同时具备连续性和间接性，需结合其他手段验证结果。(2) 工程物探技术的基本原理：基于地下各类介质的密度、导电性、弹性等物理性质差异，通过发射特定信号，接收并分析信号的传播、反射、折射规律，反演地下地质体的分布、形态及物理参数，实现对地下情况的间接探测。(3) 工程物探技术的应用优势与局限性：优势在于效率高、成本低、无破坏性，可适应复杂地形；局限性为结果具有多解性，受地质条件干扰大，对浅层细小地质体探测精度不足，需依托其他勘察手段补充。

### 1.2 岩土工程勘察的核心要求

(1) 岩土工程勘察的核心任务与勘察流程：核心任务是查明场地岩土体分布、地质构造及不良地质现象，为工程设计、施工提供可靠地质资料。流程主要包括勘察准备、现场勘察、室内试验、资料整理与报告编制四个阶段。(2) 岩土体物理力学性质勘察的核心指标：物理指标包括密度、含水率、孔隙比等，反映岩土体基本

物理状态；力学指标包括抗压强度、抗剪强度、弹性模量等，决定岩土体承载能力和变形特性，是工程设计的关键依据。(3) 岩土工程勘察的行业规范与质量标准：需严格遵循《岩土工程勘察规范》等国家标准，确保勘察点位、深度、试验项目达标，数据真实准确，报告内容完整，满足工程建设安全与设计的要求<sup>[1]</sup>。

### 1.3 工程物探与岩土工程勘察的适配性

(1) 物探技术在岩土勘察中的应用原则：坚持“先物探后钻探、先宏观后微观”，结合勘察目的和场地条件选型，注重结果验证，确保物探数据与实际地质情况一致。(2) 物探技术与传统勘察手段的协同应用逻辑：物探技术用于大范围普查，圈定异常区域；钻探、原位测试等传统手段用于定点验证，弥补物探多解性缺陷，实现“宏观把控+精准验证”的高效勘察模式。(3) 不同勘察场景下物探技术的选型依据：根据勘察深度、岩土类型、地质条件选型，如浅层勘察优先选用电法、探地雷达，深层勘察选用地震法，地下水勘察选用电磁法，确保技术适配性和探测精度。

## 2 工程物探技术在岩土工程勘察中的具体应用

### 2.1 地震勘探技术的应用

(1) 地震勘探技术的分类及工作原理：地震勘探主要分为反射波法、折射波法和透射波法三大类，其中反射波法因探测精度高、适用范围广，在岩土工程勘察中应用最广泛。其核心工作原理是通过人工激发地震波（常用锤击、爆破等方式），利用地震波在不同密度、弹性的岩土体中传播速度、反射和折射规律的差异，通过专业仪器接收传播信号并进行分析处理，反演地下岩土体的分布形态、地质构造及物理参数，实现对地下地质情况的间接精准探测。(2) 在岩土体分层、厚度及埋深探测中的应用：该技术可精准识别不同类型岩土体的界面，通过计算地震波传播时间和速度，快速确定各层

岩土体(土层、砂层、岩层)的厚度、埋深及平面分布范围。尤其适用于大面积场地勘察,能高效完成岩土体分层划分,避免传统钻探点位有限的局限性,为工程地基选型、基础埋深设计、基坑开挖方案制定提供精准的数据支撑,大幅提升勘察效率和数据全面性<sup>[2]</sup>。(3)在隐伏不良地质体探测中的应用:断层、地下暗河等隐伏不良地质体与周围正常岩土体的物理性质差异显著,会导致地震波产生异常反射、折射或信号衰减。通过分析地震波信号的异常特征,可精准定位隐伏断层的走向、倾角、规模及破碎带宽度,探测地下暗河的位置、规模、走向及补给情况,提前预判工程地质风险,为工程选址、不良地质体治理提供科学依据,避免施工过程中出现坍塌、突水等安全事故。

## 2.2 电法勘探技术的应用

(1)常用电法勘探技术介绍:直流电法是岩土工程勘察中最常用的电法技术,通过向地下通入稳定直流电,测量地下岩土体的电阻率差异,依据电阻率大小划分岩土类型、判断岩土体均匀性;激发极化法主要用于探测含水性强或含矿岩土区域,通过测量岩土体在通电后的激发极化效应,分析岩土体的导电特性和含水性,两者协同使用可有效提升勘察的全面性和准确性,弥补单一技术的局限性。(2)在岩土体含水率、孔隙度等参数探测中的应用:岩土体的含水率、孔隙度与其电阻率呈明显负相关关系,即含水率越高、孔隙度越大,岩土体电阻率越低。通过电法勘探精准测量岩土体的电阻率数值,结合室内试验数据建立电阻率与含水率、孔隙度的关联模型,可快速推算出勘察区域岩土体的关键物理参数,无需大量取样检测,既降低勘察成本,又大幅提升参数获取效率,满足工程设计对岩土体物理性质的要求<sup>[3]</sup>。(3)在地下水位、含水层分布勘察中的应用:地下水的电阻率远低于干燥岩土体,电法勘探可通过捕捉电阻率异常区域,精准定位地下水位埋深、含水层的分布范围、厚度及富水性等级。该技术适用于地下水资源勘察、基坑降水设计、防渗漏工程等场景,能为工程降水方案制定、地下水合理利用及防渗设计提供可靠依据,有效规避地下水引发的工程隐患。

## 2.3 声波探测技术的应用

(1)声波探测技术的原理与技术特点:声波探测技术的核心原理是利用声波在岩土体中传播的速度、振幅、频率等参数的变化,间接评价岩土体的物理力学性质、完整性及内部缺陷。其主要技术特点为操作简便、探测精度高、非破坏性强,可实现现场原位实时检测,无需破坏岩土体结构,同时适用于现场原位测试和室内

试验,既能探测浅层岩土体,也可用于桩基、岩体等深部工程的质量检测,应用场景十分广泛。(2)在岩土体完整性评价中的应用:声波在完整岩土体中传播时,速度快、振幅衰减小、波形稳定;而在破碎、风化、裂隙发育的岩土体中,声波传播速度会明显降低,振幅衰减加剧,波形出现畸变。通过测量声波在岩土体中的传播参数,可精准评价岩土体的完整性等级,划分强风化、中风化、微风化等风化带范围,判断岩土体的强度和稳定性,为工程岩体开挖、边坡治理、地基处理等工作提供科学依据,保障工程结构安全。(3)在桩基质量检测中的应用:声波探测技术是桩基质量检测的核心手段之一,也是工程质量验收的关键环节。检测时,在桩基混凝土浇筑过程中预埋声测管,检测阶段通过声测管向桩基内部发射声波,同时接收反射声波,根据声波传播速度、波形变化及振幅衰减情况,判断桩基混凝土的密实度、均匀性,精准识别桩基是否存在断桩、夹泥、蜂窝、空洞等质量缺陷,并确定缺陷的位置和严重程度,确保桩基承载能力符合工程设计要求,保障建筑结构的稳定性<sup>[4]</sup>。

## 2.4 其他物探技术的应用

(1)电磁勘探技术在深层岩土勘察中的应用:电磁勘探技术利用电磁波的传播特性开展探测,具有不受地下水干扰、探测深度大(可达数百米)、分辨率高的优势,主要适用于深层岩土体和深部地质构造勘察。该技术可精准探测深层岩土体的分布、厚度及物理力学性质,识别深层隐伏断层、地下暗河等不良地质体,为高层建筑、地下隧道、核电站等深层工程的勘察提供可靠数据,助力工程选址和设计优化。(2)重力勘探技术在区域地质构造勘察中的应用:重力勘探技术基于不同岩土体和地质构造的密度差异,通过专业仪器测量勘察区域的重力加速度变化,结合数据处理和分析,圈定区域地质构造的分布范围,判断褶皱、断层等构造的形态、规模及埋藏深度。该技术适用于大面积区域岩土工程勘察,可为工程选址、区域地质稳定性评价提供宏观地质依据,避免工程建设选址位于地质不稳定区域,降低工程地质风险<sup>[5]</sup>。(3)钻孔物探技术在钻孔质量验收中的应用:钻孔物探技术主要包括钻孔声波探测、钻孔电视探测等,其核心作用是对钻探钻孔进行质量验收和补充勘察。该技术可深入钻孔内部,直观观察钻孔孔壁的完整性、岩土体的分层情况,检测钻孔的垂直度、孔径、孔深是否符合行业规范要求,同时可补充探测钻孔周围岩土体的物理力学性质,及时发现钻孔存在的质量问题并整改,确保钻孔质量达标,为后续钻探、原位测试及

工程设计工作奠定坚实基础。

### 3 工程物探技术在岩土工程勘察中的应用质量控制与工程案例

#### 3.1 物探技术应用的质量影响因素

(1) 地质条件对物探成果精度的影响：勘察区域岩土体分布不均、地质构造复杂，会导致物探信号传播紊乱，出现假异常或信号衰减，降低成果精度；此外，地下水体、地下管线等干扰因素，也会干扰物探信号识别，影响数据真实性，增加成果解析难度。(2) 仪器设备与操作规范性的影响：仪器设备的精度、校准状态直接决定数据采集质量，未定期校准、性能老化的仪器会导致数据偏差；操作人员未严格遵循技术规范，如激发方式不当、测点布置不合理、信号接收不规范，会进一步加剧误差，影响物探成果的可靠性。(3) 数据处理与解析方法的影响：数据处理过程中，若未合理剔除异常数据、校正干扰因素，会导致处理结果失真；解析方法选择不当，未结合场地地质条件适配对应解析模型，会造成成果多解性偏差，无法准确反映地下实际地质情况。

#### 3.2 物探技术应用的质量控制措施

(1) 勘察前期的方案优化与技术准备：开展现场踏勘，明确场地地质背景和勘察需求，结合勘察目的优化物探技术选型和测点布置方案；对仪器设备进行全面校准，确保性能达标；对操作人员进行技术培训，明确操作规范和质量要求，提前规避潜在质量风险。(2) 勘察过程中的现场质量管控要点：严格按照优化方案实施探测，定期检查测点布置、激发方式、信号接收等环节的规范性；实时监测数据采集质量，对异常数据及时复核、补测；做好现场记录，详细记录地质现象、仪器状态和操作参数，确保数据可追溯。(3) 数据处理与成果验收的质量把控：采用适配场地地质条件的处理方法，合理剔除干扰数据、校正误差；建立多级验收机制，对处理后的数据、解析成果进行层层审核，结合钻探等手段验证成果准确性；确保成果报告完整规范，数据真实可靠，符合行业规范要求。

#### 3.3 工程实例分析

(1) 工程概况与勘察重难点：某矿边坡岩土工程勘察，场地位于低山丘陵地带，地形相对平缓，但切割细

碎。矿区面积约2km<sup>2</sup>，边坡长度1346m。勘察重难点为探查软弱结构面的空间分布特征；探测边坡的含水状况(层位、水位等)；探测结构面、深度及形态变化；探测边坡的地层结构、隐伏边界及隐伏地质体或构造；查明场地类别与演出风化程度。(2) 物探技术选型、实施过程及数据处理：结合勘察重难点，选用地震反射波法、直流电法及声波探测协同作业；严格按规范布置测点，采用锤击激发地震波，精准采集信号；数据处理中剔除干扰数据，采用专业软件进行反演解析，结合室内试验数据校正成果，确保数据精准。(3) 勘察成果应用及效果评价：本次物探勘察精准划分了岩土体分层，定位3处软弱结构面并明确其规模，查明了地下水位埋深及含水层分布。勘察成果直接用于边坡设计，指导煤层开采施工，有效规避了地质风险；施工后验证，物探成果与实际地质情况吻合度达95%以上，保障了工程施工质量和进度，取得了良好的应用效果。

#### 结束语

工程物探技术在岩土工程勘察中发挥着不可替代的作用，其各类技术的合理应用可有效解决传统勘察效率低、精度不足等问题，为工程建设提供可靠的地质数据支撑。结合工程实例可知，通过科学选型、严格质量控制，可充分发挥物探技术的优势，规避地质风险。未来需持续优化物探技术与传统勘察手段的协同模式，提升技术分辨率与成果准确性，推动工程物探技术在岩土工程勘察领域实现更高质量的发展。

#### 参考文献

- [1]梁应科.勘察技术在岩土工程施工中的应用研究[J].低碳世界,2023,(22):92-93.
- [2]叶存强.岩土工程勘察中主要技术问题与措施[J].科技资讯,2022,16(8):25-27.
- [3]郑国栋.综合勘察技术在岩土工程勘察中的应用[J].福建建筑,2023,24(2):95-97.
- [4]查道静.新型勘察技术在复杂地质岩土工程勘察中的应用[J].建材发展导向,2025,23(08):49-51.
- [5]李欣,冯晖元,赵鹏.工程物探技术在岩土工程勘察中的应用[J].石材,2024,(11):87-89.