

# 高精度地质雷达在岩土工程勘察中的应用效果评价

韩文萍

浙江南联土木工程科技有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要：**随着地质雷达技术的不断发展，其在岩土工程勘察中的应用日益广泛。高精度地质雷达以其高分辨率、高探测精度和实时成像等优势，为岩土工程勘察提供了更为准确、可靠的数据支持。

**关键词：**地质雷达；岩土工程；技术原理；勘察应用

## 引言

岩土工程勘察是工程建设的重要环节，涉及地质、水文、岩土力学等多个领域。传统的勘察方法如钻探、坑探等虽然能够获取地下地质信息，但存在成本高、周期长、对环境破坏大等缺点。而地质雷达技术作为一种非侵入性的探测手段，具有操作简便、探测速度快、分辨率高等优点，逐渐受到工程界的广泛关注。高精度地质雷达作为地质雷达技术的高级形式，在岩土工程勘察中展现出更为突出的应用效果。

## 1 高精度地质雷达技术原理

高精度地质雷达技术是一种基于高频电磁波传播和反射特性的地下结构探测方法。其基本原理在于，当高频电磁波在地下介质中传播时，会与介质发生相互作用，这种相互作用主要取决于介质的电性参数，如介电常数、电阻率、磁导率等。当电磁波遇到不同介质之间的界面时，由于电性参数的突变，电磁波会发生反射、折射或散射现象。具体来说，当高频电磁波遇到岩石、土壤、水体等不同介质之间的界面时，一部分电磁波会沿着原路径反射回来，另一部分则会穿透界面继续传播，还可能发生散射现象。这些反射回来的电磁波信号携带着地下介质的结构信息，是地质雷达探测的基础。地质雷达的接收天线负责接收这些反射回来的电磁波信号。接收到的信号通常非常微弱，且包含大量的噪声和干扰，因此需要进行数据处理和分析。数据处理的主要目的是提取出有用的信号成分，滤除噪声和干扰，并对信号进行放大和整形，以便后续的解释。高精度地质雷达通过优化发射和接收天线的设计，提高了电磁波的发射功率和接收灵敏度。发射天线的设计要考虑电磁波的频率、波长、波束宽度等因素，以确保电磁波能够有效地穿透地下介质并反射回来。接收天线则要具备高灵敏度、低噪声等特点，以准确地接收反射回来的微弱信号<sup>[1]</sup>。此外，高精度地质雷达还采用了先进的数据处理算法，对接收到的信号进行更精细的处理和分析。这

些算法包括信号滤波、去噪、增强、成像等步骤，能够提取出地下介质的更详细结构信息。通过这些处理，地质雷达可以生成地下介质的二维或三维图像，直观地展示地下结构的分布和特征。

## 2 高精度地质雷达在岩土工程勘察中的应用

### 2.1 地层划分与界面识别

在岩土工程勘察中，地层的划分和界面的准确识别是确保工程安全、稳定和经济性的关键。传统方法如钻探、坑探等虽然能提供一定深度的地质信息，但其成本高昂、耗时长，且对环境的破坏性较大。相比之下，高精度地质雷达技术以其非侵入性、高效、准确的特点，在地层划分与界面识别方面展现出了显著优势。高精度地质雷达能够发射高频电磁波，这些电磁波在地下介质中传播时，会遇到不同岩层之间的界面。由于不同岩层的电性参数（如介电常数、电阻率）存在差异，电磁波在界面处会发生反射。地质雷达的接收天线会捕捉到这些反射信号，并通过先进的数据处理和分析技术，将反射信号转换为地下岩层的二维或三维图像。这些图像能够清晰地展示地下不同岩层的分布、厚度、埋深以及它们之间的接触关系。地层划分和界面识别的准确性对于判断地层稳定性、预测地质灾害以及优化工程设计至关重要。例如，在隧道、地铁等地下工程建设中，准确识别地层划分和界面可以避免施工过程中遇到未预见的地质问题，如软弱夹层、断层、溶洞等，从而确保工程的安全和顺利进行。同时，对于可能引发地质灾害的地层（如滑坡体、泥石流源区），高精度地质雷达也能提供有效的监测和预警手段。

### 2.2 岩土体物理力学性质评估

岩土体的物理力学性质是岩土工程设计和施工的重要基础。传统的物理力学性质评估方法通常需要通过取样、试验等步骤进行，这些方法不仅耗时耗力，而且受取样位置、数量等因素的限制，难以全面反映岩土体的性质。而高精度地质雷达技术则提供了一种非侵入性的

评估方法,能够通过对地下介质中电磁波传播速度和衰减特性的测量,间接评估岩土体的物理力学参数。电磁波在岩土体中传播时,其速度和衰减特性会受到岩土体密度、弹性模量、泊松比等物理力学参数的影响。高精度地质雷达通过发射和接收高频电磁波,可以测量电磁波在岩土体中的传播时间和衰减程度。通过对这些数据的处理和分析,可以反推出岩土体的物理力学参数。这些参数对于评估岩土体的承载能力、变形特性以及稳定性等方面具有重要价值。例如,密度是反映岩土体紧实程度的重要指标,对于判断岩土体的压缩性、抗剪强度等具有重要意义;弹性模量和泊松比则是反映岩土体变形特性的重要参数,对于预测岩土体在荷载作用下的变形量和变形方式具有关键作用。高精度地质雷达技术在岩土体物理力学性质评估方面的应用,不仅提高了评估的准确性和效率,还减少了取样、试验等步骤对环境的破坏和干扰。同时,由于地质雷达技术具有实时成像的特点,可以直观地展示岩土体的物理力学性质分布情况,为岩土工程设计和施工提供更加全面、准确的信息支持。

### 2.3 地下空洞和异常体探测

在岩土工程勘察中,地下空洞和异常体的存在是对工程稳定性和安全性构成潜在威胁的重要因素。这些空洞和异常体可能由自然地质过程(如喀斯特作用、地层塌陷)或人为活动(如地下开采、隧道施工)形成,它们的存在可能导致地面塌陷、建筑物基础不稳、地下水位变化等一系列问题。高精度地质雷达技术以其独特的优势,在地下空洞和异常体探测方面发挥了重要作用。该技术能够穿透地表覆盖层,深入地下进行探测,准确识别出空洞和异常体的位置和规模。地质雷达发射的高频电磁波在地下传播时,遇到空洞或异常体的界面会发生反射,这些反射信号被接收天线捕捉并记录下来<sup>[2]</sup>。通过专业的数据处理和分析软件,地质雷达技术能够对接收到的反射信号进行细致的处理,提取出空洞和异常体的边界、形态以及填充情况等关键信息。这些信息对于工程设计和施工来说至关重要,它们可以帮助工程师准确判断地下空洞和异常体对工程稳定性的影响程度,从而制定出合理的工程措施来避免或减轻潜在的风险。例如,在城市建设规划中,如果地质雷达探测到地下存在大规模的空洞或异常体,设计师就需要考虑采取额外的地基加固措施或调整建筑物的布局,以确保建筑物的稳定性和安全性。在矿山开采和隧道施工中,地质雷达技术也可以用来监测地下空洞和异常体的变化情况,及时预警潜在的地质灾害。

### 2.4 地下管线和设施探测

随着城市化进程的加速,地下管线和设施的数量不断增加,它们构成了城市基础设施的重要组成部分。然而,这些管线和设施的分布情况往往复杂且难以直观了解,给岩土工程勘察和施工带来了很大的挑战。高精度地质雷达技术为地下管线和设施的探测提供了一种非侵入性、高效且准确的方法。该技术能够穿透地表土壤和覆盖物,探测到地下管线和设施的位置、走向和埋深。地质雷达发射的电磁波在遇到管线和设施时会发生反射,这些反射信号被接收天线捕捉并记录下来。通过专业的数据处理和分析软件,地质雷达技术能够对接收到的反射信号进行处理和分析,清晰地描绘出管线和设施的分布情况。这些信息对于城市规划和建设来说至关重要,它们可以帮助工程师准确了解地下管线和设施的位置和走向,避免在施工中损坏这些重要的基础设施。此外,地质雷达技术还具有实时成像的特点,可以在现场快速获取地下管线和设施的分布情况,为工程施工提供即时的参考信息。这对于提高施工效率、保障施工安全以及减少施工对城市基础设施的破坏具有重要意义。

## 3 应用效果评价

### 3.1 数据准确性与可靠性

高精度地质雷达技术在岩土工程勘察中的应用,以其卓越的数据准确性和可靠性而广受赞誉。这一技术的显著优势,主要归功于其先进的发射和接收天线设计、高灵敏度的接收系统,以及经过精心优化的数据处理算法。在实际应用中,通过与传统探测方法(如钻探、坑探等)或其他地质探测设备的探测结果进行对比,可以清晰地看出高精度地质雷达的探测结果更为精确,分辨率也更高。这种高精度不仅体现在对地下结构、地层划分和界面识别的准确性上,更在于它对地下空洞、异常体以及管线和设施等细节的清晰、准确的描绘。无论是微小的地质变化还是复杂的地下管线布局,高精度地质雷达都能提供详尽、可靠的数据。此外,高精度地质雷达的探测数据具有极高的可重复性。这意味着,在不同时间、不同条件下对同一区域进行探测,所得到的结果都保持高度的一致性。这一特性为工程的长期监测和评估提供了坚实、可靠的基础,使得工程师能够更准确地了解地下结构的变化情况,为工程的安全和稳定提供有力保障。高精度地质雷达之所以能够实现如此高的数据准确性和可靠性,主要得益于其先进的技术设计。发射天线能够发射出高频、稳定的电磁波,这些电磁波在地下介质中有效传播,遇到不同地质体时产生明显的反射信号<sup>[3]</sup>。接收天线则具备高灵敏度、低噪声的特点,能够

准确捕捉到这些微弱的反射信号，确保数据的完整性和准确性。同时，优化的数据处理算法对接收到的信号进行精细的处理和分析，进一步提高了数据的准确性和可靠性，使得最终的结果更加准确、可信。

### 3.2 探测效率与覆盖面积

高精度地质雷达技术不仅在数据准确性和可靠性方面表现出色，其探测效率和覆盖面积也是其显著的优势之一。相较于传统探测方法，地质雷达技术的探测速度更快，能够在短时间内完成大面积地下介质的探测。这一特性对于工程勘察来说至关重要，因为它可以大大缩短勘察周期，提高工程效率，使得工程能够更快地进入施工阶段。地质雷达技术的覆盖面积广泛，能够满足不同工程规模的需求。无论是小型建筑项目还是大型基础设施工程，地质雷达都能够提供全面、准确的地下信息。对于小型项目来说，地质雷达可以快速识别地下管线、空洞等潜在风险，确保施工的安全进行。对于大型基础设施工程来说，地质雷达则可以提供详细的地下结构信息，为工程的规划和设计提供有力支持。此外，地质雷达技术作为一种非侵入性的探测手段，对环境的破坏较小。它不需要进行钻探、挖掘等破坏性操作，就能够获取地下介质的结构和信息。这一特性符合现代工程建设的环保要求，有助于保护生态环境和减少施工对周边居民的影响。同时，非侵入性的探测方式也降低了施工过程中的安全风险，使得工程能够更加顺利地进行。

### 3.3 实际应用案例分析

以某高速公路隧道勘察为例，高精度地质雷达技术在隧道工程中的应用展现了其卓越的超前地质预报能力。在该项目中，为了确保隧道施工的安全和顺利进行，勘察团队采用了高精度地质雷达技术对隧道掌子面前方进行了详细的超前地质预报。在勘察过程中，地质雷达发射的高频电磁波穿透了掌子面前方的地层，遇到了不同地质体（如断层、破碎带等）的界面时，发生了明显的反射。接收天线准确捕捉到了这些反射信号，并通过专业的数据处理和分析软件，对信号进行了细致的处理和解释。最终，成功识别出了掌子面前方的断层位

置、破碎带的分布范围以及可能存在的其他地质异常体。这些地质异常体的准确识别，为隧道施工提供了极其重要的安全保障。施工团队可以根据地质雷达的探测结果，提前制定针对性的施工方案和应急措施，有效避免了在施工过程中可能遇到的地质风险。例如，在接近断层或破碎带时，施工团队可以采取加强支护、调整开挖方法等措施，确保隧道的稳定性和安全性。除了隧道勘察外，高精度地质雷达技术在市政管线探测方面也展现出了良好的应用效果。在城市化进程中，地下管线的数量和种类不断增加，对市政规划和施工提出了更高的要求。采用高精度地质雷达技术，可以非侵入性地探测地下管线的位置、走向和埋深，为市政规划和施工提供了准确、可靠的信息支持。这不仅提高了施工效率，还有效避免了因损坏管线而引发的安全事故和经济损失。此外，在地基处理效果评估方面，高精度地质雷达技术也发挥了重要作用。在地基处理过程中，通过对处理前后的地质雷达探测结果进行对比分析，可以准确评估地基处理的效果和质量。这有助于工程师及时发现并处理潜在的地基问题，确保建筑物的稳定性和安全性。

### 结束语

高精度地质雷达技术在岩土工程勘察中展现出了显著的应用效果。其高分辨率、高探测精度和实时成像等优势为岩土工程勘察提供了更为准确、可靠的数据支持。未来，随着技术的不断进步和创新，高精度地质雷达技术有望在更多领域得到应用和推广。同时，我们也需要继续深入研究地质雷达技术的基本原理和数据处理方法，提高其探测精度和效率，为工程建设提供更加优质的服务。

### 参考文献

- [1]李大心.高频电磁波方法在岩溶发育区土体滑坡调查中的作用[J].地质灾害与环境保护,2000(2):154-156+167.
- [2]崔富强.基于岩土工程探测的场地立体空间建模与信息管理设计[J].电子设计工程,2017(15):81-84.
- [3]袁宗征.地质雷达在岩溶隧道超前地质预报中的应用[J].勘察科学技术.2018(02):58-61