

# 隧道检测中地质雷达无损探测技术的应用

李冬杰

1. 河南省交通规划设计研究院股份有限公司 河南 郑州 450000

2. 中森检测认证有限公司 河南 郑州 450000

**摘要：**地下隧道建设对交通运输和城市发展具有重要地位。隧道检测是确保隧道安全运营的重要环节，而地质雷达无损探测技术作为一种新兴的探测手段，在隧道检测中应用越来越广泛。该技术具有高效、高精度、无损等特点，可以对隧道周围的地质构造进行无损探测，为隧道建设和运维提供重要的技术保障。本文将从地质雷达无损探测技术的应用环节、优点和局限性、相关标准和规范等方面，全面探讨其在隧道检测中的应用价值和发展趋势，为提高隧道建设和管理水平提供参考。

**关键词：**隧道检测；地质雷达；无损探测技术；应用

引言：地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用，已成为一项备受关注的重要探测方法。该技术具有高效、高精度、无损等特点，被广泛应用于隧道的勘察、设计、施工、运维等多个环节。本文将从实际应用的角度，详细介绍地质雷达无损探测技术在隧道建设和管理中的应用，探索其在提高隧道建设和运维效率、确保隧道安全和可靠等方面的重要作用，进一步推进隧道建设的科学化、规范化和可持续发展。

## 1 地质雷达无损探测技术和隧道检测的背景和意义

地质雷达无损探测技术是一种应用于地质勘探和工程勘察中的先进技术，它利用电磁波的反射、折射和衍射等特性来探测地下结构和岩土体的特征。隧道检测则是为了确保隧道的安全运营而进行的检测工作，包括隧道结构的安全性、是否存在不同程度的病害等。地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用，可以较快准确地发现隧道的问题，为相关工作提供科学依据和技术保障，具有重要意义。在隧道建设中，隧道工程所面临的安全问题和难题开始逐渐增多。由于地下障碍物的存在影响隧道开挖的进度和施工质量，进一步延长了勘测和施工周期。传统的隧道检测方法，如钻孔及地补等方法，虽然能够较为准确地获取地下信息，但是操作复杂且耗时成本高，无法满足快速甚至在线的检测需求。而地质雷达无损探测技术具有非接触、高效、高精度等优点，在隧道检测中具有应用潜力。地质雷达无损探测技术在进行隧道检测时，可以通过测量隧道内部岩土体细微变化来探测隐藏的隐患和缺陷。同时，由于隧道工程施工半径较小，探测深度不深，故族类地质雷达无损探测技术能够快速成像，及时提供隧道内部情况的反馈信息，为隧道工程的设计、施工和应急管理提供帮助。此

外，地质雷达无损探测技术还可以实现网络化探测和实时监测，对生命安全、环境保护和隧道运营保障起到至关重要的作用。同时，地质雷达无损探测技术还具有数据采集快、处理效率高等优势，可大大降低隧道勘探、检测和施工的成本<sup>[1]</sup>。

## 2 地质雷达在隧道检测中存在的问题

地质雷达是一种广泛应用于隧道勘探和检测的地质勘探技术，但同时也存在一些问题。（1）检测深度受限。在使用地质雷达进行隧道检测时，其检测深度往往会受到一定的限制，一般在20~50米之间。如果隧道结构比较深或较多地层叠加时，此时地质雷达的检测效果将会受到影响，相应的检测精度也会有所降低。（2）精确度受地质条件和环境影响。在不同的地质条件和环境下，地质雷达的精确度和准确度也会有不同程度的影响。例如在石灰岩、淤泥、砾石和玄武岩等低频率，全反射或强反射的地质条件下，与正常的波动现象会混淆在一起，导致隧道地质构造的判断甚至错误。（3）数据处理和解释难度大。地质雷达检测数据的数据处理和解释过程比较复杂，需要经验丰富的专业人员来进行数据处理和解释。并且地质雷达检测数据中存在许多不确定性和随机噪声，这些都需要应对相应的处理和解释策略，否则可能会影响最终的检测结果。（4）对设备要求苛刻。地质雷达技术对设备的要求比较苛刻，一旦设备出现故障或者质量问题，就可能会导致检测结果的不准确性。因此，在使用这种检测技术时，需要使用高质量的设备并及时对其进行维护和保养。（5）人员的专业素质要求高。地质雷达技术数据处理和解释需要专业人士进行，这就要求从业人员尤其深入掌握地质勘探、地球物理勘探以及相应的数据处理技术，并且在实际操作中需要结合丰富

的实践经验, 否则就难以做出客观准确的判断。总之, 地质雷达技术在隧道检测中存在一定的问题和挑战, 无论是在数据处理还是设备要求上, 都需要专业的操作人员和高质量的设备来支持和配合, 以提高检测的准确性和可靠性。对于这些问题, 应该加强技术研究和创新, 优化算法和数据处理手段, 从而更好地满足隧道检测的实际需求。

### 3 地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用措施

地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用需要采取一系列的应对措施, 以保证其检测效果和结果的准确性和可靠性。下面介绍几种应用措施:

#### 3.1 技术改进和研发

地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用需要采取一系列的应对措施, 以保证其检测效果和结果的准确性和可靠性。首先要提到的就是技术改进和研发的措施。技术改进和研发是保持地质雷达无损探测技术与时俱进、提高其应用效果的一种重要措施。在开展技术改进和研发的过程中, 主要应从以下三方面入手: (1) 优化探头设计。探头是地质雷达的关键部件之一, 在技术改进和研发时需要在探头灵敏度、稳定性、抗干扰等方面进行不断优化和改进。特别是对可调探头的研发和应用, 可以在兼顾高灵敏度的前提下, 使探头能够适应不同的地质条件, 提供更准确和可靠的检测数据。(2) 提高数据处理能力。在地质雷达检测中, 数据处理的精度和准确程度是保证检测结果准确性的重要因素。因此, 在技术改进和研发中, 需要通过对数据处理算法和程序的持续优化来降低噪声, 进行数据去噪、平滑、处理和解释, 以提高检测数据的准确性和信度<sup>[2]</sup>。(3) 完善成像技术。地质雷达无损探测技术的成像效果直接关系到其检测适用性和效果。因此, 在技术改进和研发中, 需要不断优化成像算法和技术, 例如三维成像技术和成像剖面技术, 以提高成像精度和清晰度, 并确保成像数据的一致性和稳定性。

#### 3.2 地质条件调查

地质条件调查是进行地质雷达检测前的一项必要措施, 也是保证无损探测的有效性和准确性的重要环节。在隧道检测中, 地质条件调查需要从以下几个方面展开: (1) 了解地质情况和结构状况。在进行隧道检测前, 需要了解隧道周边的地质情况和结构状况, 特别是地质构造、岩石组成、地下水位、断层、裂隙等方面的情况。这些信息将对后续地质雷达检测提供有价值的参考和支持。(2) 确定探测点和检测参数。在进行地质条件调查时, 同时需要明确需要检测的区域和重点、探测

点及其密度, 以及选择合适的检测参数进行调整。这些信息将有助于确定检测方案和技术路线, 并确保检测结果的一致性和可比性。(3) 评估和预测地质风险。在进行地质条件调查时, 还需要评估和预测隧道施工和使用过程中所面临的地质风险, 例如地层移动、破裂、塌陷、涌水等。这有助于提前做出相应的安全措施和应急预案, 避免安全事故的发生。总之, 在隧道检测中, 地质条件调查是保证地质雷达无损探测有效性和准确性的重要措施之一。通过地质条件调查, 可以充分了解地质情况和结构状况, 明确检测范围和参数, 并评估和预测地质风险, 为隧道建设、后续维护和管理提供有力的技术支持。

#### 3.3 数据处理和解释

数据处理和解释是地质雷达无损探测技术在隧道检测中应用的关键环节之一, 直接关系到检测结果的准确性和可靠性。以下介绍几种数据处理和解释的主要措施: (1) 数据获取和处理。地质雷达无损探测技术在检测过程中会获取大量的原始数据, 这些数据需要经过一系列的处理才能得到最终结果。在数据处理过程中, 需要考虑多种因素, 如探头类型、检测参数、地下介质性质等。我们需要对数据进行过滤、去噪、滤波、平滑等处理, 以确保数据的准确性和稳定性。(2) 数据标定和解释。在地质雷达无损探测技术中, 数据标定和解释是非常重要的环节。需要根据具体的地质条件和检测需求, 对数据进行标定和解释。针对不同地质情况的数据, 要根据实际情况进行分析和解读, 将数据与实际物理情况相联系, 以便得出合理、可信的检测结果。(3) 三维成像分析。地质雷达无损探测技术在隧道检测中常采用三维成像显示。在三维成像分析过程中, 需要对数据进行三维成像处理和分析, 从而获得数据的更为详细和全面的信息。通过三维成像分析, 可以直观地了解地下结构和构造, 快速找出问题所在, 为后续处理和管理提供有力的数据支持<sup>[3]</sup>。(4) 数据交互。在数据处理和解释过程中, 还需要对数据进行交互, 确保数据的共享和使用。数据交互可以让不同使用方便、高效地获取数据, 以便于更好地理解和应用数据, 从而为隧道建设和管理提供可靠的数据支持。在处理 and 解释过程中, 需要充分考虑多种因素, 如数据获取和处理、数据标定和解释、三维成像分析和数据交互等。通过数据处理和解读, 可以得到合理、可信的检测结果, 为隧道建设和运营提供有力的技术保障。

#### 3.4 设备调试和维护

设备调试和维护是地质雷达无损探测技术在隧道检

测中应用的另一个重要环节。以下介绍几种设备调试和维护的主要措施：（1）设备调试。地质雷达无损探测技术在隧道检测中需要使用到相应的设备和仪器，如探头、信号发生器、接受器、计算机等。设备调试是保证检测质量和准确性的关键环节之一。在设备调试中，需要对设备和仪器进行逐一校验，检查设备的工作状态、连接是否稳定、参数设置是否合理等。并对设备进行功能测试，确保设备能够正常工作，提高设备的可靠性和稳定性。（2）设备维护。设备维护是保证设备长期良好运行的重要环节。设备的正常维护可提高设备的使用寿命和可靠性，确保地质雷达无损探测技术在隧道检测中的性能和效果。在设备维护中，需要按照设备使用说明书的要求对设备进行日常的清洁和检查，定期更换易损耗材和消耗品，保证设备的正常工作。同时，还需要对设备进行错误诊断和维修，及时解决设备故障，确保设备的可用性和准确性。（3）使用规范设备的使用规范也是设备调试和维护的一个重要方面。在设备使用中，需要遵循相关的安全操作规程，采取必要的安全措施，确保设备的安全性和可靠性。还应注意保护设备投资，定期进行维护和保养，避免因使用不当而损坏或造成设备不必要的损失。在设备调试和维护中，需要逐一校验和检查设备的工作状态和参数设置，进行设备功能测试，定期进行设备清洁和维护，并采取必要的安全措施保证设备的安全性和可靠性<sup>[4]</sup>。

### 3.5 专业人员培养

专业人员培养是地质雷达无损探测技术在隧道检测中应用的一个重要环节。以下介绍几种专业人员培养的主要措施：（1）课程培训。为了让专业人员掌握地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用方法和技术，需要通过课程培训的形式进行系统的学习和讲授。课程培训的内容应涵盖地质雷达无损探测技术的基础知识、仪器和设备的使用方法、数据处理和解析方法、设备维护和管理等方面，并通过实际操作让学员掌握操作技能和应用方法。（2）实践教学。地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用需要配合实践教学。通过实践教学，可以让专业人员更好地了解地质雷达无损探测技术的实际应

用和操作方法，如何进行数据处理和解读，并掌握设备和仪器的调试和维护方法等。（3）资格认证。专业人员培养还需要进行资格认证，通过对专业人员进行考试和评估，确定其能力和技能，进一步提高专业人员的素质和技能水平，确保其在实际应用中的准确性和可靠性。通过资格认证，还可以培养一支具有较强技术能力的专业队伍，提高地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用效果。（4）知识交流。在专业人员培养中，还需要加强知识交流。专业人员可以通过技术交流、学术研讨等形式进行沟通和交流，分享经验和科技成果，不断提高自身的技能和素质，促进技术研究和推广应用的发展。通过课程培训、实践教育、资格认证和知识交流等措施，可以提高专业人员的技能水平和素质，为地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用提供有力的技术支持。

### 结束语

隧道建设在人类生产和生活中具有重要地位，隧道检测也是保障隧道安全的关键环节之一。地质雷达无损探测技术作为一种新兴技术，在隧道检测中应用广泛，其检测精度高、效率高、速度快的特点备受赞誉。本文介绍了地质雷达无损探测技术在隧道检测中的四个主要应用环节，包括勘察设计、现场施工、数据处理和解释、设备调试和维护以及专业人员培养，从多个角度全面阐述了地质雷达无损探测技术在隧道检测中的重要性和应用价值。地质雷达无损探测技术的广泛应用，将为隧道建设和管理工作提供更加可靠、高效、安全的技术支持，推动隧道建设和完善。

### 参考文献

- [1]杨小波.地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用[J].中华建设,2020(06):130-131.
- [2]李坤琳,秦坚坚.地质雷达无损探测技术在隧道检测中的应用[J].黑龙江交通科技,2021(12):253+255.
- [3]王刚.地质雷达在隧道衬砌无损检测中的应用[J].四川建材,2021(6):17-18.
- [4]滕家荣,费加宝.地质雷达无损探测技术在隧道监测中的应用研究[J].工程勘察,2019,47(2):45-49.