

# 雷达技术在公路工程隧道无损检测中的应用

叶 飞

景宁畲族自治县交通建设工程试验检测中心 浙江 丽水 323500

**摘 要:** 公路工程隧道无损检测是公路工程建设中一项重要的技术手段。本文综述了雷达技术在公路工程隧道无损检测中的应用,介绍了雷达技术在隧道结构、地质环境和构筑物健康状态等方面的应用案例,结合实际情况,分析了雷达技术在公路工程隧道无损检测中的优势和局限性,提出了进一步完善雷达技术的建议。

**关键词:** 雷达技术;公路工程隧道;无损检测;应用

引言:公路工程隧道是现代交通基础设施的重要组成部分,其质量和安全性对于保障交通运输的顺畅和安全具有重要意义。无损检测技术作为一种非破坏性的检测方法,能够实现对公路工程隧道的非接触式、高精度、高效率的检测。在公路工程隧道无损检测中得到了广泛的应用。

## 1 雷达技术在公路工程隧道无损检测中的优势和局限性

### 1.1 优势

雷达技术是一种先进的无损检测技术,在公路工程隧道无损检测中具有以下优势:(1)高精度和高分辨率。雷达技术具有高精度和高分辨率,能够检测到微小的结构和缺陷。在公路工程隧道无损检测中,雷达技术可以检测到隧道内部的微小裂缝、脱层、空洞等缺陷,帮助工程人员了解隧道结构的健康状况,及时进行维修和加固。(2)无论是岩层、衬砌的检测,雷达技术图像直观、操作简便高效等。雷达技术适应各种环境,受光线、温度等外界因素的影响较小。在公路工程隧道无损检测中,雷达技术可以在黑暗、潮湿、狭窄的环境中工作,能够有效地避免其他检测技术的限制和干扰。(3)高可靠性和准确性。雷达技术具有高可靠性和准确性,能够准确判断缺陷的位置和大小。在公路工程隧道无损检测中,雷达技术可以对隧道结构进行全面的检测,准确判断缺陷的位置和大小,帮助工程人员制定科学的维修方案。

### 1.2 局限性

虽然雷达技术在公路工程隧道无损检测中具有很多优势,但是也存在一些局限性:(1)技术成本较高。雷达技术是一种高级的无损检测技术,需要投入较大的技术和资金支持。在公路工程隧道无损检测中,雷达技术需要投入较高的技术成本和设备成本,对于一些中小型的公路工程来说,可能会承受不起。(2)衬砌雷达天线设备体积较大,重量也大且需要人工进行长时间托

举检测,耗费人力以及减缓检测速度<sup>[1]</sup>。在公路工程隧道无损检测中,雷达技术需要逐个检测隧道内部的结构和缺陷,检测速度较慢,需要花费较长时间来完成检测任务。(3)在隧道检测过程中需要利用台车或者登高车进行作业,安全隐患较大。在公路工程隧道无损检测中,雷达技术需要专业技术人员进行操作和调试,如果操作不当或者环境条件较差,可能会对操作人员的安全造成风险。因此,在操作雷达技术时,需要严格遵守操作规程,保证操作人员的安全。(4)外界因素对雷达图像影响较大,容易造成误判漏判。由于雷达信号的传输和接收容易受到各种外界因素的干扰,例如天气、环境噪声、电磁干扰等,这些因素可能会导致雷达图像的模糊、失真或误判漏判。电磁干扰可能会干扰雷达信号的传输和接收,导致雷达图像失真。因此,在雷达图像处理中,需要充分考虑各种外界因素的影响,并采取相应的措施进行抑制和消除,以确保雷达图像的准确性和可靠性。例如,可以采用抗干扰技术、信号处理算法等手段来降低外界因素的干扰。同时,在实际应用中,还需要加强对雷达系统的维护和管理,确保雷达系统的正常运行。

## 2 雷达技术在公路工程隧道无损检测中的应用

### 2.1 雷达技术的原理

雷达技术的工作原理是基于电磁波的传播和反射特性。电磁波是一种波动形式的电磁辐射,具有波长、频率、传播速度等物理特性。雷达技术利用电磁波的传播速度和反射特性来进行被检测物体的定位和尺寸测量<sup>[2]</sup>。一般来说,波长越短、频率越高、功率越大,则雷达技术的分辨率和精度越高,但同时也会受到被检测物体的材料、表面状态、环境等因素的影响。雷达技术根据不同的应用需求和被检测物体特点,可以选择不同的工作模式和信号处理方法。例如,在地质勘探中,常用的雷达技术是地质雷达,它采用高频电磁波信号来进行地

下介质的探测和成像,可以确定地下岩层的分布和地质结构。在非破坏检测中,常用的雷达技术是微波成像技术,它采用微波信号来进行材料的无损检测和评估,可以确定材料的内部结构和缺陷。

## 2.2 雷达技术在超前地质预报的应用

开挖前对地质情况的了解,对于隧洞建设有着十分重要的作用。通过超前预报,及时发现异常情况,预报掌子面前方不良地质体的位置、产状及其围岩结构的完整性与含水的可能性,为正确选择开挖断面、支护设计参数和优化施工方案提供依据,并为预防隧洞涌水、突泥、突气等可能形成的灾害性事故及时提供信息,使工程单位提前做好施工准备,保证施工安全,节约成本。常用的方法有TSP, TST超前预报、地质雷达超前预报,二者都是在隧道内进行预报, TSP, TST可预报掌子面前方100~150m的地质情况,探地雷达能预报掌子面前方20~30m的地质情况。探地雷达因其分辨率高、图像直观、操作简便高效等优点,已经成为隧道超前预报的主要手段。

## 2.3 雷达检测隧道初支和二次衬砌的厚度,背后密实度应用

雷达检测是一种无损检测方法,具有高精度、高分辨率等特点,常用于检测各种材料的厚度和内部结构。在隧道施工中,雷达检测也被广泛应用于初支和二次衬砌的厚度和背后密实度的检测。首先,雷达检测可以用于检测隧道初支的厚度。在隧道施工过程中,初支是重要的支撑结构,必须保证其厚度和强度符合设计要求。雷达检测可以通过对初支表面进行扫描,获取初支的厚度信息,并生成厚度影像图。检测人员可以根据厚度影像图,对不符合设计要求的部位进行标注,确保初支结构的稳定性和安全性。其次,雷达检测也可以用于检测隧道二次衬砌的厚度。二次衬砌是隧道内部的重要结构,必须保证其厚度和密实度符合设计要求。雷达检测可以通过对二次衬砌表面进行扫描,获取二次衬砌的厚度信息,并生成厚度影像图。检测人员可以根据厚度影像图,对不符合设计要求的部位进行标注,确保二次衬砌结构的稳定性和安全性。此外,雷达检测还可以用于检测隧道初支和二次衬砌的背后密实度。在隧道施工过程中,初支和二次衬砌的背后密实度是影响隧道稳定性和安全性的重要因素。雷达检测可以通过对初支和二次衬砌背后进行扫描,获取背后的密实度信息,并生成密实度影像图。检测人员可以根据密实度影像图,对不符合设计要求的部位进行修正,确保隧道结构的稳定性和安全性<sup>[3]</sup>。总的来说,雷达检测在隧道初支和二次衬砌的

厚度和背后密实度检测中具有重要的作用。通过雷达检测,可以高效、准确地获取隧道初支和二次衬砌的结构信息,为检测人员提供重要的修正依据,确保隧道结构的稳定性和安全性。未来,随着雷达检测技术的不断发展和应用,其在隧道施工中的应用将更加广泛,为隧道施工提供更加可靠的技术支持。

## 2.4 雷达技术在构筑物健康状态方面的应用

在隧道工程中,构筑物的健康状态对隧道的运营安全和寿命有着至关重要的影响。然而,由于构筑物内部结构的复杂性和运行环境的多样性,对构筑物健康状态的检测和评估一直是一个难点问题。雷达技术作为一种无损检测技术,可以在不破坏构筑物结构的前提下,深入到构筑物内部进行探测,为判断构筑物的健康状态提供重要依据。首先,雷达技术可以用于检测构筑物的内部裂纹和脱层情况。由于构筑物长期运行和承受荷载的影响,构筑物内部可能会出现裂纹和脱层等问题,这些问题会对构筑物的结构和安全性产生影响。通过雷达技术,可以对构筑物内部进行无损检测,获取构筑物内部的裂纹和脱层情况,为隧道维修工作提供依据<sup>[4]</sup>。其次,雷达技术可以用于检测构筑物的渗水情况。隧道工程中,构筑物与土壤接触的部位可能会出现渗水问题,渗水会对构筑物的结构和耐久性产生影响。通过雷达技术,可以检测构筑物内部的渗水情况,包括渗水的部位、渗水深度等,为隧道维修工作提供帮助。此外,雷达技术还可以用于检测构筑物内部的其它问题,如空鼓、疏松、石膏化等。通过对这些问题进行检测和分析,可以及时发现构筑物内部的问题,为隧道维修工作提供帮助。雷达技术还能对隧道衬砌中钢筋、钢拱架以及预埋件的分布情况进行检测。

## 3 完善雷达技术的建议

### 3.1 加强技术研究

在隧道无损检测中,雷达信号往往会受到多种因素的影响,如噪声、电磁、含水量、混凝土龄期等,这会降低雷达检测的精度。因此,需要研究更加高效的雷达信号处理技术,包括信号分离、滤波、特征提取等,以提高雷达检测的精度和可靠性。其次,需要加强雷达图像处理技术的研究。在隧道无损检测中,雷达图像往往会出现模糊、失真等问题,这会阻碍检测结果的准确判断。因此,需要研究更加高效的雷达图像处理技术,包括图像增强、配准、分割等,以提高雷达图像的质量和可读性。此外,还需要加强雷达检测系统的研究。目前一些公路工程隧道无损检测中使用的雷达检测系统还存在一些问题,如检测速度慢、易受干扰等。因此,需要

研究更加高效、可靠的雷达检测系统,包括系统设计、硬件选型、软件实现等,以提高雷达检测的效率和稳定性。

### 3.2 提高雷达检测的精度和可靠性

提高雷达检测的精度和可靠性,需要从多个方面进行改进和优化。以下是一些具体的措施:(1)提高雷达传感器的性能:雷达传感器的性能是影响雷达检测精度和可靠性的关键因素之一。因此,需要开发高性能的雷达传感器,提高其检测精度和可靠性。例如,采用高分辨率的雷达传感器可以获得更精确的雷达图像,提高检测的精度和可靠性。(2)加强雷达信号处理技术的研究:雷达信号处理技术是影响雷达检测精度和可靠性的重要因素之一。因此,需要加强雷达信号处理技术的研究,开发更加高效、准确的信号处理算法,提高雷达检测的精度和可靠性。例如,采用自适应滤波算法可以减少噪声对检测的影响,提高检测的精度和可靠性。(3)加强雷达图像处理技术的研究:雷达图像处理技术是影响雷达检测精度和可靠性的重要因素之一。因此,需要加强雷达图像处理技术的研究,开发更加高效、准确的图像处理算法,提高雷达图像的质量和可读性。例如,采用图像增强算法可以改善雷达图像的清晰度和对比度,提高检测的精度和可靠性。(4)规范雷达检测操作:雷达检测操作不规范也会影响检测精度和可靠性。因此,需要规范雷达检测操作,确保检测过程正确、准确。例如,采用标准的检测流程和操作规程,确保检测设备和人员的资质和资格,避免误操作和不当使用对检测结果的影响。(5)加强雷达检测系统的维护和保养:雷达检测系统的维护和保养也是影响检测精度和可靠性的重要因素之一。因此,需要加强对雷达检测系统的维护和保养,确保其正常运行和稳定性。例如,定期进行检测设备的检查和维护,保证设备的工作状态和性能指标,提高检测的精度和可靠性。

### 3.3 推广应用雷达检测系统

随着科技的不断进步,雷达技术也在持续发展。

(1)缩小雷达天线的尺寸和减小重量。缩小雷达天线的

尺寸和减小重量可以让雷达更加便携,适用于更多的场景。目前,已有一些新型材料和技术的应用,可以让雷达天线的尺寸和重量得到有效的减小。例如,采用超材料、纳米材料等新型材料,以及利用先进的制造工艺,可以让雷达天线的尺寸和重量得到有效的减小。(2)研发无线、无人机等控制雷达天线的检测。利用无线、无人机等控制雷达天线可以进行更加高效和安全的检测。例如,利用无人机搭载雷达天线,可以对隧道进行高效的扫描,避免了人工扫描的繁琐和危险。此外,利用无线技术,可以将雷达天线的检测数据实时传输到移动终端或云端,让检测更加便捷和高效。(3)提高工作效率和保障检测人员的安全性。提高工作效率和保障检测人员的安全性是雷达技术应用中非常重要的问题。通过采用先进的雷达技术和设备,可以大大提高工作效率,同时保障检测人员的安全性。例如,利用高分辨率的雷达技术,可以对目标进行更精细的扫描,提高检测的准确性和效率。此外,利用安全的雷达技术和设备,可以避免检测人员暴露在危险的环境中,保障检测人员的安全性。

### 结束语

雷达技术在公路工程隧道无损检测中具有广泛的应用前景和重要的实际意义。通过雷达技术可以对隧道内部结构、构筑物健康状态和地质环境进行高精度、高效率的检测,为隧道维护和管理提供科学依据和数据支持。未来,随着技术的不断发展和创新,雷达技术将在公路工程隧道无损检测领域发挥更加重要的作用。

### 参考文献

- [1]李建明.雷达技术在公路工程隧道无损检测中的应用研究[J].居舍,2021(09):169-170.
- [2]张辉,倪凯男.雷达技术在公路工程隧道无损检测中的应用[J].交通世界,2022(08):123-124.
- [3]胡振兴.基于地质雷达的公路隧道无损检测与养护管理[J].黑龙江交通科技,2021,44(09):153-154.
- [4]孙晓红.高速公路桥梁工程检测技术及实施要点分析[J].科技创新与应用,2020,(26):154-155.