

# 基于物探技术的公路工程地质隐患识别与评估

张明川

河南省交通规划设计研究院股份有限公司 河南 郑州 450003

**摘要：**本文旨在探讨物探技术在公路工程地质隐患识别与评估中的应用，通过分析物探技术的原理、方法及其在地质勘察中的优势，阐述其在提高公路工程地质勘察精度、预防地质灾害、保障施工安全等方面的重要作用。文章将详细介绍几种常用的物探技术，并讨论其在公路工程地质隐患识别与评估中的具体应用步骤和流程，以期为公路工程建设提供科学依据和技术支持。

**关键词：**物探技术；公路工程；地质隐患

## 引言

公路工程作为基础设施建设的重要组成部分，其建设质量直接关系到国计民生和社会经济发展。然而，地质条件的复杂性和不确定性往往给公路工程建设带来诸多隐患，如滑坡、崩塌、岩溶、软土地基等。因此，准确识别与评估工程地质隐患，对于保障公路工程建设安全、提高工程质量具有重要意义。物探技术作为一种非接触、无损、高效的探测手段，在公路工程地质勘察中发挥着越来越重要的作用。

## 1 物探技术概述

### 1.1 物探技术原理

物探技术（物理探测技术）主要利用物理学原理和方法对地下的各种物质和结构进行探测识别。其核心在于通过测量和分析地下介质对人工震源（如地震波、电磁波、声波等）的传播特性，推断地下结构、地质构造和地下水等信息。常用的物探方法包括地震勘探、电法勘探、探地雷达、弹性波勘探和层析成像等。

### 1.2 物探技术在公路工程中的优势

一是高精度：物探技术能够获取高精度的地下结构信息，为工程设计提供可靠依据。二是无损检测：非接触式测量，避免了对地质体的破坏。三是周期短、成本低：相比传统钻探方法，物探技术具有更高的工作效率和更低的经济成本。四是信息量大：能够同时获取多种地质参数，为综合评估提供丰富数据。

## 2 公路工程地质隐患识别与评估的物探技术应用

### 2.1 地震勘探技术

地震勘探技术作为一种高效的物探手段，在公路工程地质隐患识别与评估中发挥着重要作用。该技术通过人工激发地震波，观测其在地下介质中的传播速度和衰减规律，进而推断地下结构信息。在公路工程领域，地震勘探技术主要用于探测断层、岩溶、软弱夹层等地质

异常体，这些异常体往往是工程地质灾害的潜在源头。具体来说，地震勘探技术利用地震波在不同地质体中的传播特性差异，通过测量地震波的反射、折射和绕射等信号，来揭示地下的地质结构。在公路工程地质隐患识别中，地震勘探技术能够准确地定位断层的位置、走向和倾向，评估其活动性和对工程稳定性的影响。同时，该技术还能有效地探测岩溶发育情况，包括岩溶洞穴、溶蚀裂隙等，为工程设计和施工提供重要的地质依据<sup>[1]</sup>。此外，地震勘探技术中的地震波成像技术是一种先进的可视化手段，能够将地下结构以三维形态直观展示出来。这种三维成像技术不仅提高了地质隐患识别的准确性，还为工程师提供了更加全面、直观的地质信息，有助于制定更加科学合理的工程设计和施工方案。

### 2.2 电法勘探技术

电法勘探技术作为一种重要的物探手段，主要利用地下介质的电性差异进行探测，通过测量和分析地下电场、电流或电磁场的分布特征，来推断地下地质体的性质、分布和状态。在公路工程地质勘察中，电法勘探技术具有广泛的应用价值。其中，电阻率法是一种常用的电法勘探方法，它通过测量地下介质的电阻率变化来识别地质异常体。由于不同地质体（如岩石、土壤、水等）的电阻率存在差异，因此电阻率法可以有效地用于识别地下水分布、岩溶发育情况以及软弱土层等地质隐患。具体来说，电阻率法通过在地表布置电极阵列，并向地下注入电流，测量不同电极间的电位差，从而计算出地下介质的电阻率分布。当地下存在含水层或岩溶空洞时，由于水的电阻率通常较低，因此在电阻率图像上会呈现出明显的低阻异常区，为工程设计和施工提供重要的地质信息。除了电阻率法外，激发极化法也是电法勘探中常用的一种方法。它利用地下介质在激发极化效应下的电性差异进行探测，可以进一步识别地下地质体

的性质和状态。激发极化法对于识别含金属矿物、黏土岩层等具有一定的优势，可以为公路工程提供更加全面的地质信息。

### 2.3 探地雷达技术

探地雷达技术是一种基于高频电磁波反射原理的物探技术，在公路工程地质隐患识别中发挥着重要作用。该技术利用发射器向地下发射高频电磁波，并通过接收器接收地下介质界面反射回来的电磁波信号，通过分析这些信号的特征，可以推断出地下地质体的性质、位置和规模。在公路工程地质隐患识别中，探地雷达技术具有显著的优势。首先，该技术具有高分辨率的特点，能够准确识别地下管线、空洞、裂缝等小型地质异常体，为工程设计和施工提供精确的地质信息。其次，探地雷达的探测深度适中，既能够满足工程勘察的需求，又能避免过深的探测带来的干扰和误差。此外，探地雷达技术操作简便，能够快速进行数据采集和处理，提高工作效率<sup>[2]</sup>。具体应用中，探地雷达技术可以用于检测公路工程中的地下管线，包括金属管线和非金属管线，如电缆、水管等。通过探地雷达的扫描，可以准确确定管线的位置、走向和深度，避免施工过程中的破坏。同时，该技术还能有效识别地下空洞和裂缝等隐患，这些隐患可能导致地面塌陷、路基失稳等工程问题。通过分析雷达反射波的特征，如振幅、频率和相位等，可以准确判断空洞和裂缝的位置、规模和性质，为工程施工提供安全保障。

### 2.4 弹性波勘探技术

弹性波勘探技术是一种重要的物探方法，它利用地震波和声波在地下介质中的传播特性和衰减规律，来推断地下结构信息。这一技术包括地震波探测和声波探测两种方法，它们在公路工程地质勘察中发挥着关键作用。在公路工程地质勘察中，弹性波勘探技术主要用于评估岩体的完整性和稳定性。通过测量弹性波在岩体中的传播速度、波形变化以及衰减特性，可以推断出岩体的力学性质和结构特征。例如，当地震波或声波在岩体中传播时，如果遇到裂缝、断层或软弱夹层等地质异常体，波的传播速度和波形会发生变化，从而可以识别出这些潜在的地质灾害隐患。具体来说，地震波探测利用人工激发的地震波，观测其在地下介质中的传播特性。通过分析地震波的反射、折射和绕射等信号，可以揭示地下的地质结构，包括岩层的分布、构造特征以及地质异常体的位置和规模。而声波探测则利用声波在岩体中的传播速度来评估岩体的质量和完整性。声波速度的变化可以反映岩体的裂隙发育程度、风化程度以及岩性的

变化，为工程设计和施工提供重要的地质信息。通过对比不同波速和传播特性的差异，弹性波勘探技术可以进一步分析岩体的力学性质和结构特征。例如，波速的变化可以反映岩体的强度和变形特性，而波形的变化则可以揭示岩体的裂隙和断层等结构特征。

### 2.5 层析成像技术

层析成像技术是一种先进的地球物理勘探方法，它基于声波、地震波等物理场的传播特性，利用反演算法构建地下结构的三维图像。这一技术在公路工程地质隐患识别中发挥着重要作用，能够为工程设计和施工提供全面的地质信息支持。在公路工程地质勘察中，层析成像技术通过采集地表或井中的声波、地震波等物理场数据，利用反演算法对这些数据进行处理，从而构建出地下结构的三维图像。这些图像能够直观展示地下岩层的分布、构造特征以及异常体情况，如断层、裂隙、岩溶等。通过层析成像技术获得的三维图像，工程师可以对地质条件的复杂性和不确定性进行全面了解<sup>[3]</sup>。例如，可以分析岩层的厚度、倾角以及它们之间的接触关系，识别出潜在的滑坡、崩塌等地质灾害隐患。同时，还可以对异常体的位置、规模和性质进行准确判断，为工程设计和施工提供精确的地质依据。与传统的二维地质勘察方法相比，层析成像技术具有显著的优势。它能够提供更加丰富、全面的地质信息，帮助工程师更加准确地了解地下地质情况。此外，层析成像技术还具有高分辨率的特点，能够识别出小型的地质异常体，为工程设计和施工提供更加精细化的地质支持。

## 3 物探技术在地质隐患评估中的应用流程

### 3.1 数据采集与处理

在地质隐患评估中，物探技术的应用流程始于数据采集与处理阶段。这一阶段的关键在于根据具体的工程需求和地质条件，科学选择适合的物探方法和相应的仪器设备。例如，在岩溶发育区域，可能会优先选择电法勘探或探地雷达技术；而在需要深入了解地层结构和岩性变化的场景下，地震勘探或声波探测则更为合适。数据采集过程中，必须严格遵守操作规程，确保所获取数据的完整性和准确性。这包括合理的测线布置、适当的采集参数设置以及严格的质量控制措施。为了获得可靠的数据，有时还需要进行多次重复采集，以排除偶然误差和干扰因素的影响。数据采集完成后，接下来是利用专业的软件对数据进行处理和分析。这一步骤的目标是从原始数据中提取出有用的地质信息，如地层结构、岩性分布、地质异常体的位置和性质等。数据处理过程中可能包括去噪、滤波、增益控制等多种技术手段，以提

升数据的质量和解释性<sup>[4]</sup>。在分析阶段,解释人员会结合地质学、地球物理学等多学科的知识,对处理后的数据进行综合解读。他们通过对比不同物探方法的结果,分析地质信息的空间分布和变化规律,从而推断出地质隐患的可能位置和类型。这一阶段的成果将为后续的地质隐患评估和工程决策提供重要的科学依据。

### 3.2 隐患识别与分类

在地质隐患评估的流程中,隐患识别与分类是基于处理后的数据进行的关键步骤。这一阶段的工作要求解释人员具备丰富的地质背景和工程经验,以便准确地从数据中识别出潜在的地质隐患。隐患识别过程中,解释人员会仔细分析处理后的物探数据,如电阻率分布图、雷达反射波剖面、地震波速度切片等,寻找与周围地质环境存在显著差异的异常区域。这些异常区域可能代表着地下空洞、裂缝、软弱夹层、不良地质体等潜在隐患。识别出隐患后,接下来是对其进行分类和评估。根据隐患的规模、性质以及对工程的影响程度,可以将其分为不同的类别。例如,根据空洞的大小和深度,可以将其分为小型、中型和大型空洞;根据裂缝的宽度、长度和延伸方向,可以判断其对工程稳定性的影响程度;根据软弱夹层的厚度和分布范围,可以评估其对地基承载力的影响。在分类和评估过程中,还需要考虑隐患与工程位置的关系。例如,如果隐患位于工程的关键部位,如桥梁桩基下方或隧道洞身附近,那么其对工程的影响程度将更高,需要采取更为严格的治理措施。

### 3.3 风险评估与对策建议

在地质隐患评估流程中,风险评估与对策建议是至关重要的环节。这一环节的核心任务是基于隐患评估的结果,科学地进行风险评估,并据此制定针对性的工程对策和建议。风险评估过程中,需要综合考虑隐患的规模、性质、空间分布以及对工程的具体影响。例如,对于大型空洞或裂缝,需要评估其是否可能导致地面塌陷

或结构失稳;对于软弱夹层,则需考虑其对地基承载力和整体稳定性的影响。通过量化分析,可以确定隐患的风险等级,为后续的对策制定提供依据。在制定工程对策时,需针对不同类型的地质隐患提出具体的处理措施和施工方案。对于空洞和裂缝,可能采取注浆填充、加固支撑等措施;对于软弱夹层,则可能需要进行地基处理或调整工程布局。同时,还需考虑施工过程中的安全性和可行性,确保处理措施能够有效实施<sup>[5]</sup>。除了具体的处理措施,还应提出相应的施工方案和监测计划。施工方案应包括详细的施工步骤、所需材料和设备、工期安排等,以确保施工过程的顺利进行。监测计划则旨在施工过程中和施工后对隐患进行持续监测,及时发现并处理可能出现的新问题。

### 结语

物探技术在公路工程地质隐患识别与评估中发挥着重要作用。通过高精度、无损检测的方式获取地下结构信息,为工程设计和施工提供科学依据和技术支持。随着科学技术的不断发展和创新,物探技术将在公路工程地质勘察领域得到更广泛的应用和推广,为公路工程建设的安全和质量保障作出更大贡献。

### 参考文献

- [1]刘卓,赵虎,张泉,等.物探技术在工程地质勘察中的应用[J].世界有色金属,2023,(14):107-109.
- [2]李洋.物探技术在地质探测中的运用探析[J].矿业装备,2024,(01):72-74.
- [3]郭子鹏,任泽强.综合物探技术在工作面地质预报中的应用[J].煤炭技术,2024,43(06):156-159.
- [4]吴楚怡.工程物探技术在高速公路工程勘察中的应用探讨[J].工程技术研究,2019,4(16):101-102.
- [5]王博生,黄勇博.工程物探技术在高速公路工程勘察中的应用研究[J].工程技术研究,2019,4(07):76-77.