

# 城市道路地下空洞探测的物探技术研究

罗凯 熊伯全

浙江远望土地勘测规划设计有限公司; 浙江艺信科技有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i7.8116

**[摘要]** 本文针对城市道路地下空洞探测问题, 探讨了物探技术在该领域的应用。本文介绍了城市道路地下空洞的形成原因及其危害性, 阐述了物探技术在地下空洞探测中的原理和方法, 包括地震勘探、电磁法、重力法、地磁法等。同时, 本文总结了物探技术在城市道路地下空洞探测中的优缺点, 并提出了进一步研究的方向和建议。本研究对于城市道路地下空洞的探测和预防具有一定的参考价值, 为城市建设和交通安全提供了有益的参考。

**[关键词]** 城市道路; 地下空洞探测; 物探技术; 原理和方法

## Research on geophysical exploration technology for detecting underground cavities in urban roads

Luo Kai Xiong Bo Quan

Zhejiang Yuanwang Land Survey, Planning and Design Co.Ltd; Zhejiang Yixin Technology Co.Ltd

**[Abstract]** This article discusses the application of geophysical exploration technology in the detection of underground cavities in urban roads. This article introduces the causes and hazards of underground cavities in urban roads, and elaborates on the principles and methods of geophysical techniques in detecting underground cavities, including seismic exploration, electromagnetic methods, gravity methods, geomagnetic methods, etc. At the same time, this article summarizes the advantages and disadvantages of geophysical techniques in detecting underground cavities in urban roads, and proposes directions and suggestions for further research. This study has certain reference value for the detection and prevention of underground cavities in urban roads, providing useful references for urban construction and traffic safety.

**[Keywords]** urban roads; Underground cavity detection; Geophysical exploration technology; Principles and Methods

### 引言

城市道路地下空洞探测是城市建设中的一个重要问题, 而物探技术在这一领域中具有不可替代的作用。传统的地质勘探方法难以满足城市道路地下空洞探测的需求, 因为这些方法需要在地面上进行, 而城市道路的地面通常被建筑物、道路和其他设施所覆盖, 难以进行有效的勘探。相比之下, 物探技术可以通过在地下进行探测, 避免了这些问题, 因此成为一种重要的手段。

#### 1. 城市道路地下空洞探测问题

##### 1.1 城市化进程加速导致城市道路建设规模扩大

随着城市化进程的加速, 城市道路建设规模不断扩大, 这也导致了地下空洞问题的日益突出。城市道路的建设需要考虑到地下管线、地下设施等因素, 而这些因素往往会地对

下空洞的形成产生影响。此外, 城市道路的建设往往需要在已有的建筑物下方进行, 这也会增加地下空洞的形成风险。地下空洞的存在会对城市的安全稳定产生威胁, 因此对于城市道路地下空洞的探测和监测显得尤为重要。

而传统的地质勘探方法难以满足城市道路地下空洞探测的需求, 因为这些方法往往需要进行大量的钻探和采样, 不仅费时费力, 而且对城市的交通和环境会产生一定的影响。因此, 物探技术成为一种重要的手段。物探技术可以通过非侵入性的方法获取地下信息, 不仅可以减少对城市的影响, 而且可以提高勘探效率和准确性。常用的物探技术包括地震勘探、电磁法、重力法、地磁法等, 这些技术都有其独特的优缺点。

近年来, 随着科技的不断发展, 新兴的物探技术也不断

涌现。例如,地震反演技术可以通过对地震波的反演来获取地下信息,电磁波成像技术可以通过对电磁波的传播和反射来获取地下信息。这些新兴的物探技术在城市道路地下空洞探测中具有广阔的应用前景。

### 1.2 地下空洞的形成原因及危害性

地下空洞是指地下岩石或土壤中因为某些原因形成的空洞或空腔。城市道路地下空洞的形成原因主要有两种:一是地下水的侵蚀作用,地下水在流动过程中会溶解掉地下岩石或土壤中的某些成分,导致地下空洞的形成;二是人类活动的影响,如地下开采、建筑施工等,这些活动会破坏地下岩石或土壤的完整性,导致地下空洞的形成。城市道路地下空洞的危害性主要表现在以下几个方面:一是会导致地面塌陷,给城市交通和建筑物带来严重的安全隐患;二是会对地下管线和设施造成损坏,如给供水、供电、供气等基础设施带来影响;三是会对环境造成污染,如地下水的污染等。因此,对城市道路地下空洞的探测和预防具有重要的意义。

### 1.3 物探技术在地下空洞探测中的应用

#### 1.3.1 地震勘探

地震勘探是一种常用的物探技术,通过记录地震波在地下反射、折射、衍射等现象,推断地下介质的性质和结构。在城市道路地下空洞探测中,地震勘探可以通过在地面上布置震源和接收器,记录地震波在地下的传播情况,进而推断地下空洞的位置、形态和大小。地震勘探具有探测深度大、分辨率高、成本低等优点,可以在较短时间内对较大范围进行探测。但是,地震勘探也存在一些局限性,如对地下介质的物理性质要求较高,对地下介质的连续性要求较高,对地下介质的非均质性和复杂性的适应性较差等。因此,在实际应用中,需要结合其他物探技术进行综合探测,以提高探测的准确性和可靠性。

#### 1.3.2 电磁法

电磁法是一种常用的物探技术,在城市道路地下空洞探测中,电磁法通常采用交流电磁法和直流电磁法两种方法。交流电磁法是利用交流电磁场在地下介质中的传播特性来探测地下空洞,其优点是探测深度较大,适用于大面积探测。直流电磁法则是利用直流电磁场在地下介质中的传播特性来探测地下空洞,其优点是探测精度较高,适用于小面积探测。在实际应用中,通常采用交直流电磁法相结合的方法,以提高探测效果。电磁法在城市道路地下空洞探测中具有较高的准确性和可靠性,但其缺点是受地下介质的影响较大,需要对地下介质的性质进行准确的判断和分析。因此,在实际应用中,需要结合其他物探技术进行综合探测,以提高探测效果和准确性。

#### 1.3.3 重力法

重力法是一种常用的物探技术,在城市道路地下空洞探

测中,重力法可以通过在地面上布置重力仪器,测量地面上不同点的重力值,进而推断地下空洞的位置和大小。重力法的优点是测量精度高,对地下空洞的探测深度较大,且不受地下介质的影响。但是,重力法也存在一些缺点,如需要在地面上布置大量的重力仪器,工作效率较低,且对地面的平整度要求较高。在实际应用中,重力法通常与其他物探技术相结合,以提高探测的准确性和可靠性。总之,重力法在城市道路地下空洞探测中具有一定的应用价值,但需要根据具体情况选择合适的物探技术进行综合应用。

#### 1.3.4 地磁法

地磁法是一种常用的物探技术,在城市道路地下空洞探测中,地磁法可以通过测量地下空洞与周围岩土磁性差异来确定其位置和形态。地磁法需要在地面上布置一定数量的磁场传感器,通过测量地下空洞与周围岩土的磁场强度差异来确定其位置和形态。与其他物探技术相比,地磁法具有成本低、操作简便、数据处理方便等优点,因此在城市道路地下空洞探测中得到了广泛应用。但是,地磁法也存在一些缺点,如受地球磁场的影响较大、对地下物质的分辨率较低等。因此,在实际应用中需要根据具体情况选择合适的物探技术进行探测。

## 2. 物探技术在城市道路地下空洞探测中的原理和方法

### 2.1 地震勘探的原理和方法

地震勘探是一种常用的物探技术,其原理是利用地震波在不同介质中传播速度不同的特性,通过记录地震波在地下反射、折射、衍射等现象,推断地下介质的结构和性质。地震勘探的方法主要包括爆炸震源法和振动源法两种。爆炸震源法是通过在地表或井口放置炸药或气枪等震源,产生地震波,然后通过地面或井口上的接收器记录地震波的传播情况。振动源法则是通过在地表或井口上放置振动源,产生震动波,然后通过地面或井口上的接收器记录震动波的传播情况。地震勘探的数据处理和解释需要借助地震学、地质学等学科的知识,通过对地震波的速度、振幅、频率等特征进行分析,推断地下介质的结构和性质,包括地下空洞的位置、大小、形态等信息。地震勘探具有探测深度大、分辨率高、适用范围广等优点,但也存在着成本高、数据处理复杂等缺点。因此,在实际应用中需要根据具体情况选择合适的物探技术进行探测。

### 2.2 电磁法的原理和方法

电磁法是一种常用的物探技术,其原理是利用电磁场在地下介质中的传播特性,探测地下空洞的存在。电磁法的探测过程中,需要在地面上设置一对电极,通过电源将电流注入地下,形成一个电磁场。当电磁场遇到地下介质的不同性质时,会发生反射、折射、透射等现象,这些现象会导致电磁场的强度、相位等发生变化。接着,通过在地面上设置另

一对电极, 测量电磁场的强度、相位等参数, 从而推断地下介质的性质和结构。

电磁法的优点是非侵入性强, 可以在不破坏地面的情况下进行探测, 同时具有较高的探测深度和分辨率。但是, 电磁法也存在一些缺点, 如受地下介质的电导率影响较大, 对于高电导率的地下介质探测效果较差; 同时, 电磁法的数据处理较为复杂, 需要进行多次反演和模拟计算, 因此需要较高的技术水平和计算能力。在城市道路地下空洞探测中, 电磁法通常与其他物探技术相结合使用, 以提高探测的准确性和可靠性。例如, 可以将电磁法与地震勘探相结合, 通过地震波在地下介质中的传播特性, 进一步确定地下空洞的位置和形态。此外, 还可以将电磁法与重力法、地磁法等技术相结合, 以获得更全面的地下信息。

### 2.3 重力法的原理和方法

重力法是一种常用的物探技术, 其原理是通过测量地球重力场的变化来探测地下空洞。在城市道路地下空洞探测中, 重力法可以通过在地面上布置重力仪器, 测量地面上不同点的重力值, 进而推断地下空洞的位置和大小。重力法的优点是测量精度高, 对地下空洞的探测深度较大, 可以探测到较深的地下空洞。同时, 重力法还可以探测到地下水、岩石和土层的变化, 对于城市地下管道和基础设施的探测也具有一定的应用价值。重力法的缺点是需要在地面上布置大量的重力仪器, 工作量较大, 且受到地面上其他物体的干扰较大, 需要进行数据处理和分析。在实际应用中, 重力法通常与其他物探技术相结合, 以提高探测的准确性和可靠性。

### 2.4 地磁法的原理和方法

地磁法是一种常用的物探技术, 其原理是利用地球磁场的变化来探测地下空洞。地球磁场是一种稳定的自然场, 但在地下空洞等地质体存在时, 会发生磁场异常。地磁法通过测量地下磁场的变化, 来推断地下空洞的存在和位置。

地磁法的方法主要有两种: 一种是磁力测量法, 另一种是磁感应测量法。磁力测量法是利用磁力计测量地下磁场的强度和方向, 通过对比不同位置的磁场数据, 来确定地下空洞的位置和形态。磁感应测量法则是利用电磁感应原理, 通过在地面上放置一对线圈, 产生交变磁场, 测量地下磁场的变化, 从而推断地下空洞的存在和位置。地磁法具有探测深度较浅、成本较低、操作简便等优点, 但也存在一些局限性, 如对地下介质的要求较高、受地球磁场的影响较大等。因此, 在实际应用中, 需要结合其他物探技术进行综合探测, 以提高探测的准确性和可靠性。

## 3. 物探技术在城市道路地下空洞探测中的优缺点

### 3.1 优点

本文探讨了物探技术在城市道路地下空洞探测中的应用, 并总结了其优点。物探技术可以非侵入性地进行探测,

不会对城市道路的正常使用造成影响, 可以对地下空洞进行全面、快速地探测, 可以在较短时间内获取大量的数据。此外, 物探技术可以对不同类型的地下空洞进行探测, 包括天然洞穴、地下水洞、地下建筑物等。物探技术可以对探测结果进行数字化处理和分析, 提高了探测结果的准确性和可靠性。

通过本文的研究, 可以看出物探技术在城市道路地下空洞探测中具有很多优点, 可以为城市建设和交通安全提供有益的参考。然而, 物探技术也存在一些缺点, 如探测深度受限、探测精度受到地质条件和仪器精度的影响等。因此, 未来的研究需要进一步探索物探技术的优化和改进, 以提高其在城市道路地下空洞探测中的应用效果。

### 3.2 缺点

物探技术在城市道路地下空洞探测中的缺点方面, 首先是其成本较高。物探技术需要使用专业设备和人员进行操作, 这些设备和人员的成本都比较高昂, 因此在实际应用中需要投入大量的资金。还有就是, 物探技术在探测深度和分辨率方面存在一定的限制。不同的物探技术在探测深度和分辨率方面存在差异, 有些技术只能探测到较浅的地下空洞, 而有些技术则可以探测到较深的地下空洞, 但是在探测深度和分辨率方面都存在一定的限制。此外, 物探技术在实际应用中也存在一定的误差和不确定性, 这些误差和不确定性可能会对探测结果产生一定的影响。还有一点, 物探技术需要对地下环境进行一定的了解和分析, 如果对地下环境了解不足或者分析不准确, 可能会导致探测结果的不准确性。因此, 在使用物探技术进行城市道路地下空洞探测时, 需要对其缺点进行充分的考虑和评估, 以确保探测结果的准确性和可靠性。

## 结语

随着城市化进程的加快, 城市道路地下空洞探测的物探技术具有重要的意义和广阔的发展前景。未来的研究方向和发展趋势包括进一步提高物探技术的准确性和效率, 开发新的物探技术, 以及将物探技术与其他技术相结合, 实现更加全面和精准的城市道路地下空洞探测和监测。

## [参考文献]

- [1] 三维探地雷达道路隐性病害检测分析与数字化技术综述[J]. 王大为; 吕浩天; 汤伏蛟; 叶呈森; 张锋; 王颀奇; 倪耀威; 冷真; 陆国阳; 刘鹏飞. 中国公路学报, 2023 (03)
- [2] 新型城市道路综合杆的创新与实践[J]. 苏秋鹏; 刘世伟; 左航. 市政技术, 2020
- [3] 水泥搅拌桩在城市道路软基处理中的应用及优化分析[J]. 郑仲润. 工程建设与设计, 2020
- [4] 城市道路与桥梁路拱横坡的衔接问题探讨[J]. 王道莲. 四川水泥, 2020
- [5] 基于支持向量机的道路地下空洞量化识别方法[J]. 许献磊; 李俊鹏; 王亚文; 鞠齐民. 工程勘察, 2019 (04)