

地球物理勘查技术在环境监测中的新应用

彭 飞

河北省地质矿产勘查开发局国土资源勘查中心（河北省矿山和地质灾害应急救援中心） 河北 石家庄 050000

摘要：随着全球环境问题的日益凸显，环境监测成为了保护地球、预防污染和灾害的重要手段。地球物理勘查技术，凭借其非侵入性、高效性和广泛适用性的特点，正逐渐成为环境监测领域的重要工具。本文旨在深入探讨地球物理勘查技术在环境监测中的最新应用，分析其面临的挑战，并提出相应的应对措施。

关键词：地球物理勘查技术；环境监测；地下水；土壤污染；地质灾害；挑战与应对

引言

地球物理勘查技术，作为地质探测的重要手段，已广泛应用于矿产资源勘探、地质构造研究等领域。近年来，随着环境问题的日益严重，这一技术也逐渐被引入到环境监测中，为环境保护提供了新的视角和手段。

1 地球物理勘查技术的基本原理

地球物理勘查技术主要利用岩石和土壤的物理性质差异进行探测。这些物理性质包括但不限于密度、磁导率、电导率等。通过测量和分析这些物理性质的变化，可以推断出地下的结构、物质分布及其变化。

2 地球物理勘查技术在环境监测中的新应用

2.1 地下水资源的勘探与监测

地球物理勘查技术在地下水资源的勘探与监测中发挥了重要作用。其中，电法勘探和重力勘探是两种常用的技术手段。电法勘探主要通过测量地下介质的电阻率来推断地下水的分布情况。由于地下水的存在会改变周围岩石的电阻率，因此通过测量和分析电阻率的变化，可以精确判断地下水的赋存状态。在实际操作中，电法勘探可以采用多种电极排列方式进行测量，如温纳排列、施伦贝尔排列等，以适应不同的地质环境和勘探需求。通过数据处理和解释，可以获得地下水的深度、范围、水质等关键信息，为地下水的合理开发和保护提供数据支持。重力勘探则是利用地下不同密度的岩石产生的重力异常来探测地下结构。在地下水勘探中，重力勘探可以通过测量地表的重力变化来推断地下水的赋存情况。由于地下水的存在会引起周围岩石的密度变化，从而产生重力异常，因此通过测量和分析这些重力异常，可以判断地下水的分布和储量。重力勘探具有探测深度大、精度高等优点，在地下水勘探中具有重要的应用价值。

2.2 土壤污染的评估与监测

为了有效地评估与监测土壤污染，地球物理勘查技术提供了有力的工具，特别是电磁法和地震勘探技术

（图1）。电磁法在土壤污染评估中发挥着重要作用。这一方法基于电磁感应原理，通过在地表或空中布置发射和接收设备，测量土壤中的电磁响应。当电磁波穿过土壤时，污染物的存在会对其传播特性产生影响，从而改变电磁场的分布。通过分析接收到的电磁信号，我们可以推断出土壤中的污染物种类、浓度及其分布情况。例如，某些重金属或有机污染物会改变土壤的导电性，这些变化可以在电磁测量中被捕捉并用于污染评估。地震勘探则是另一种有效的土壤污染监测技术。它通过在地表产生人工地震波并测量其在地下的传播特性来探测土壤结构。污染物的存在会改变土壤的物理性质，包括波速、衰减等，这些变化可以通过地震波的传播特性反映出来^[1]。通过布置地震检波器记录地震波的传播时间和振幅，我们可以构建出土壤的内部结构图像，并据此判断污染物的分布和浓度。这两种技术各有优势。电磁法对导电性变化敏感，适用于检测金属离子和某些有机污染物的污染情况；而地震勘探则对土壤的结构变化更为敏感，能够提供更深入的土壤内部信息。

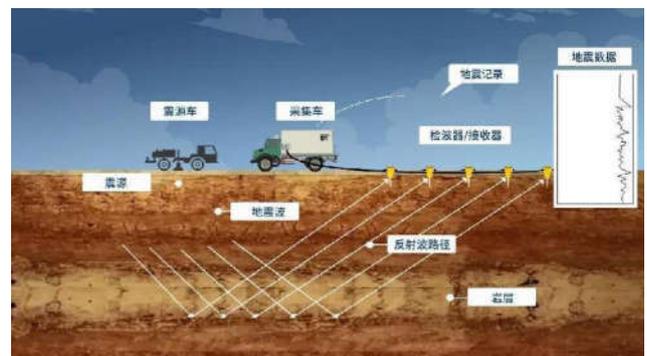


图1 地震勘探技术示意图

2.3 地质灾害的预测与监测

地球物理勘查技术被广泛应用于地质灾害的预测与监测中。其中，地震波分析是一种重要的技术手段。地震波是地球内部震动传播的能量波，当地震发生时，

这些波会在地壳中传播。通过分析地震波的传播速度、振幅和频率等特性，科学家可以了解地壳的结构和性质，进而预测地震的可能发生区域和强度。在实际操作中，地震学家会布置地震检波器网络，实时记录地震波信号，并结合地质、地球物理资料进行综合分析，以提高地震预测的准确性。重力勘探在地质灾害预测中也扮演着重要角色。重力勘探通过测量地表重力加速度的变化，可以探测到地壳内部的密度异常。这些异常可能与地壳的断裂、岩浆活动或地下水运动等地质灾害相关。因此，对重力数据的精确测量和分析，有助于识别潜在的地质灾害风险区域。在实际应用中，重力勘探数据还可以与其他地质、地球物理数据进行融合分析，以更全面地评估地质灾害的潜在风险。除了地震波分析和重力勘探外，还有其他地球物理勘查技术也被应用于地质灾害的预测与监测中。例如，电磁法可以探测地壳内的电性结构，从而识别出潜在的断裂带和岩浆囊等地质灾害源；雷达干涉测量（InSAR）技术则可以通过卫星或地面SAR系统监测地表形变，及时发现地面沉降、山体滑坡等灾害迹象^[2]。

3 技术的优势

地球物理勘查技术在环境监测中展现出明显的优势。首先，其非侵入性的特点使得在无需开挖或破坏地表的情况下，即可准确地获取地下信息。这种无损探测方式不仅保护了自然环境，还降低了探测过程中的风险和成本。其次，该技术的高效性表现在能够迅速覆盖大面积区域进行监测。通过先进的仪器和数据处理方法，地球物理勘查技术可以在短时间内完成对整个区域的扫描和分析，从而大大提高了监测工作的效率。最后，该技术的广泛适用性也是其显著优势之一。无论是山地、

平原还是水域，地球物理勘查技术都能根据不同的地质环境和监测需求进行灵活调整，确保在各种复杂条件下都能获得可靠的监测数据。

4 面临的挑战与应对措施

4.1 地质噪声干扰

在地球物理勘查过程中，地质噪声可能来源于地壳内部的各种复杂地质活动，如地下水流、岩石破裂、微小的地震事件等。地质噪声的存在会对测量数据造成严重的干扰，影响数据的准确性和可靠性，进而误导后续的数据解释和地质模型建立。为了有效应对地质噪声的干扰，我们可以采取一系列先进的信号处理技术（表1）。其中，滤波和去噪算法是最为常用的方法。滤波技术主要是通过设计特定的滤波器来去除或减弱噪声信号。在地球物理勘查中，我们常常使用带通滤波器或低通滤波器。带通滤波器可以只允许某一特定频率范围内的信号通过，从而去除该范围外的噪声。而低通滤波器则只允许低于某一截止频率的信号通过，这对于去除高频噪声特别有效。除了滤波技术外，去噪算法也是降低地质噪声干扰的重要手段。这些算法基于信号和噪声的统计特性进行设计和优化。例如，小波去噪算法通过在小波变换域中对信号和噪声进行分离，从而有效去除噪声。另外，还有一些基于机器学习的去噪算法，如稀疏编码、深度学习等，它们通过学习信号和噪声的内在规律和特征，实现更精确的去噪效果。在实施这些信号处理技术时，我们还需要注意以下几点：首先，要充分地了解勘查区域的地质背景和噪声来源，以便选择合适的滤波器和去噪算法。其次，要对处理后的数据进行质量评估，确保去噪效果满足要求且不会引入新的误差。

表1 不同信号处理技术的数据质量改善效果示例

地质噪声干扰水平 (dB)	未处理数据误差 (%)	带通滤波器处理后误差 (%)	低通滤波器处理后误差 (%)	小波去噪算法处理后误差 (%)
20	15.0	8.5	9.2	7.8
30	10.0	5.5	6.0	4.9
40	7.0	3.8	4.2	3.5
50	5.0	2.8	3.1	2.6

4.2 数据处理的复杂性

地球物理勘查在环境监测中的应用不可避免地会产生大量的数据。这些数据不仅数量庞大，而且结构复杂，涵盖了多种地球物理场的信息，如重力、电磁、声波等。这种大数据的特性为数据处理带来了巨大的挑战。传统的数据处理方法往往难以高效、准确地分析如此大规模和复杂的数据。此外，数据之间可能存在的非

线性关系、噪声干扰以及数据的不完整性都增加了处理的难度。为了应对这些挑战，我们可以引入先进的机器学习、人工智能等技术。机器学习能够从大量的数据中学习并提取有用的信息，通过建立数学模型来预测和分类数据。在地球物理勘查数据处理中，机器学习算法可以用于数据降噪、特征提取、模式识别等任务。而人工智能技术则能更进一步，模拟人类的智能行为，对数据

进行更深入的分析^[3]。例如，通过深度学习技术，我们可以训练神经网络模型来自动识别和解释地球物理数据中的异常，从而更快速地定位可能的资源或环境问题。此外，高性能计算机也是处理这些数据的关键。利用并行计算、云计算等技术，我们可以快速地处理和分析大量的地球物理数据，确保数据处理的及时性和准确性。

4.3 技术局限性

探测深度是地球物理勘查技术的一个重要局限。例如，某些电磁法技术可能在浅层探测中表现出色，但随着深度的增加，信号逐渐减弱，导致深层信息的获取变得困难。同样，重力勘探和磁法勘探也可能受到地壳深部的复杂地质结构干扰，从而影响探测的深度和精度。分辨率是另一个关键问题。高分辨率的勘查技术可以更精确地识别地下的异常体，但往往探测深度较浅。而探测深度较大的技术，可能在分辨率上有所妥协，难以识别小型的异常或结构。为了解决这些局限性，实际应用中常常需要综合考虑多种地球物理勘查技术，实现优势互补。例如，在矿产资源勘探中，可能会先用重力勘探或磁法勘探进行区域性的快速扫描，确定有利的勘探区域，然后再利用电磁法或地震勘探进行更高精度的探测。除了技术的综合应用，持续的技术创新也是突破局限性的关键。随着科技的不断进步，新的勘查设备和方法不断涌现，为地球物理勘查提供了更多的可能性。例如，近年来发展的多分量电磁法、三维地震勘探等技术，都在一定程度上提高了勘查的精度和范围。此外，与数学、计算机科学等其他学科的交叉融合，也为地球物理勘查技术的发展带来了新的机遇。通过引入先进的数学算法和计算机技术，我们可以更好地处理和分析勘查数据，从而提高解释的准确性和可靠性。

4.4 法规与政策限制

在进行地球物理勘查时，在某些特定的生态保护区、文化遗址或军事禁区内，地球物理勘查可能受到严格的限制或禁止。此外，勘查活动可能涉及的环保、土地使用、矿产资源开发等方面的法律法规，也需要勘查单位严格遵守。面对这些法规与政策的限制，确保技术

的合规应用显得尤为重要。首先，勘查单位应提前对勘查区域的法规政策进行深入的研究，确保每一项勘查活动都有明确的法律依据。这不仅可以避免不必要的法律风险，还能确保勘查活动的顺利进行。其次，加强与政府和相关机构的沟通与合作是关键。勘查单位应主动与当地政府、环保部门、文化遗产保护机构等进行沟通，明确勘查的目的和意义^[4]。通过充分的解释和说明，争取得到政策上的支持和理解。同时，与政府和相关机构的紧密合作，还能为勘查活动提供更多的资源和便利。再者，勘查单位在进行勘查活动时，应始终秉持环保、可持续发展的原则。通过选择环保型的勘查技术和设备，减少对环境的破坏和污染，以此赢得政府和公众的信任和好感。最后，勘查单位还可以通过公开透明的方式，如发布勘查报告、举办公众开放日等活动。这样不仅可以增强勘查活动的公信力，还能为勘查单位树立良好的社会形象。

结语

地球物理勘查技术在环境监测中的应用为环境保护带来了新的机遇和挑战。通过充分发挥其非侵入性、高效性和广泛适用性的优势，并结合先进的信号处理技术和数据处理方法，我们可以更好地应对地质噪声干扰、数据处理复杂性等挑战。展望未来，随着技术的不断创新和完善以及政策环境的逐步优化，地球物理勘查技术将在环境监测领域发挥更大的作用，为保护地球环境提供有力支持。

参考文献

- [1]王洁婧.地球物理勘查技术与应用探讨[J].西部探矿工程,2022,34(07):145-148.
- [2]崔勇坡.地球物理勘查技术及其应用研究[J].中国金属通报,2023,(01):80-82.
- [3]李顺利,王俊星,杜好胜.地球物理勘查技术的发展与应用研究[J].广西物理,2023,44(02):18-20.
- [4]马富安,师虎峰,甘以津,等.地球物理勘查技术的现状与发展趋势[J].中国高新科技,2022,(09):115-116.