

基于地震数据的岩土工程勘察精度提升方法

陈 旭

化学工业第一勘察设计院有限公司 河北 沧州 061000

摘 要：在岩土工程勘察中，准确获取岩土体的相关参数和特性对于工程的设计、施工以及安全性评估至关重要。地震数据作为一种能够反映地下岩土体结构和力学性质的重要信息源，在岩土工程勘察中具有巨大的应用潜力。本文深入探讨了如何利用地震数据提升岩土工程勘察精度的方法。首先，介绍了地震数据的采集和处理技术，包括地震勘探的原理、数据采集设备的选择以及数据处理算法。然后，详细阐述了基于地震数据的岩土体参数反演方法，如弹性参数反演、孔隙度反演等。同时，分析了地震数据与其他勘察手段（如钻孔勘探、地质雷达等）的联合应用策略，以实现优势互补，进一步提高勘察精度。此外，还讨论了在实际工程应用中可能遇到的问题及相应的解决措施。通过对实际工程案例的分析，验证了所提出的基于地震数据提升岩土工程勘察精度方法的有效性和实用性。

关键词：地震数据；岩土工程勘察；勘察精度；参数反演；联合应用

1 引言

岩土工程勘察是为各类工程建设提供地质资料和岩土工程设计参数的重要工作环节。随着工程建设规模的不断扩大和复杂程度的增加，对岩土工程勘察精度的要求也越来越高。传统的岩土工程勘察方法，如钻孔勘探、静力触探等，虽然能够获取一定的岩土体信息，但存在着局限性。例如，钻孔勘探只能获取钻孔位置处的岩土体信息，无法全面反映整个场地的岩土体分布情况；静力触探对于深部岩土体的探测能力有限。

地震勘探作为一种地球物理勘探方法，具有探测范围广、信息丰富等优点。地震波在地下传播时，其传播速度、振幅、频率等参数会受到岩土体的物理性质（如密度、弹性模量、孔隙度等）的影响。通过对地震数据的采集和分析，可以推断出地下岩土体的结构和力学性质，从而为岩土工程勘察提供重要的信息。因此，研究基于地震数据的岩土工程勘察精度提升方法具有重要的理论和实际意义。

2 地震数据的采集与处理

2.1 地震勘探原理

地震勘探是利用人工激发的地震波在地下介质中的传播规律来探测地下地质结构和岩土体性质的方法。当人工震源（如炸药、可控震源等）激发地震波后，地震波在地下介质中传播，遇到不同性质的岩土体界面时会发生反射、折射和透射等现象。通过在地面上布置检波器接收这些反射和折射波，并对其进行记录和分析，可以推断出地下岩土体的界面位置、岩土体的物理性质等信息。

2.2 数据采集设备的选择

震源设备：震源设备的选择应根据勘察的目的、场地条件和探测深度等因素来确定。对于浅层勘察，可以选择小型的炸药震源或电火花震源；对于深部勘察，可控震源是一种常用的选择，它能够产生不同频率和波形的地震波，并且可以通过控制震源的参数来优化地震数据的采集质量。

检波器：检波器是用于接收地震波的设备，其性能直接影响到地震数据的采集质量。在选择检波器时，应考虑其灵敏度、频率响应范围、动态范围等参数。一般来说，对于不同的勘察目的和场地条件，需要选择合适类型的检波器，如速度检波器、加速度检波器等。

2.3 数据处理算法

预处理：地震数据采集后，首先需要进行预处理，包括数据的去噪、滤波、振幅恢复等操作。去噪是为了去除采集过程中引入的噪声，如环境噪声、仪器噪声等；滤波是为了去除不需要的频率成分，保留有用的地震信号；振幅恢复是为了恢复地震波在传播过程中由于衰减等因素造成的振幅损失。

反褶积处理：反褶积处理是地震数据处理中的一个重要环节，其目的是压缩地震子波，提高地震数据的分辨率。通过反褶积处理，可以使地震反射波的波形更加尖锐，从而更准确地确定地下岩土体界面的位置。

偏移处理：偏移处理是将地震反射波归位到其真实的地下位置，以提高地震成像的精度。偏移处理可以消除地震波在传播过程中由于传播路径弯曲等因素造成的成像误差，使地下地质结构的成像更加准确。

3 基于地震数据的岩土体参数反演

3.1 弹性参数反演

岩土体的弹性参数,如弹性模量、泊松比等,是描述岩土体力学性质的重要参数。基于地震数据的弹性参数反演是通过建立地震波传播模型和岩土体弹性参数之间的关系,利用地震数据来反演岩土体的弹性参数。常用的方法包括基于Zoeppritz方程的反演方法、基于弹性波方程的全波形反演方法等。

基于Zoeppritz方程的反演方法是利用地震波在不同岩土体界面处的反射和透射系数与岩土体弹性参数之间的关系,通过对地震反射数据的分析来反演岩土体的弹性参数。该方法计算相对简单,但对地震数据的质量要求较高,并且在处理复杂地质结构时存在一定的局限性。

全波形反演方法是基于弹性波方程,通过将正演模拟得到的地震波场与实际采集的地震数据进行比较,不断调整岩土体的弹性参数,使模拟结果与实际数据尽可能匹配,从而实现岩土体弹性参数的反演。全波形反演方法能够更准确地反演岩土体的弹性参数,但计算量较大,对计算机性能要求较高。

3.2 孔隙度反演

孔隙度是衡量岩土体中孔隙空间大小的重要参数,对于评估岩土体的渗透性、储层性能等具有重要意义。基于地震数据的孔隙度反演是利用地震波速度与孔隙度之间的关系,通过对地震数据的分析来反演岩土体的孔隙度。

常用的孔隙度反演方法包括经验公式法和基于岩石物理模型的反演方法。经验公式法是根据大量的实验数据和实际工程经验,建立地震波速度与孔隙度之间的经验关系式,然后利用该关系式对地震数据进行分析,反演岩土体的孔隙度。该方法简单易行,但由于经验关系式的局限性,其反演精度可能受到一定的影响。

基于岩石物理模型的反演方法是通过建立岩石物理模型,描述地震波速度与孔隙度、岩石矿物成分、流体性质等因素之间的关系,然后利用地震数据来反演模型中的孔隙度参数。该方法能够更准确地考虑岩石的物理性质对地震波速度的影响,但需要准确的岩石物理参数和合理的模型假设。

4 地震数据与其他勘察手段的联合应用

4.1 与钻孔勘探的联合应用

钻孔勘探是获取岩土体实际样品和详细信息的重要手段,但它只能提供钻孔位置处的信息。而地震数据可以提供整个场地的岩土体结构和性质的宏观信息。将地震数据与钻孔勘探数据联合应用,可以实现优势互补。

具体来说,可以利用钻孔勘探获取的岩土体样品进行室内试验,得到岩土体的准确物理力学参数,如密

度、弹性模量、孔隙度等^[1]。然后,将这些参数与地震数据相结合,建立更准确的岩土体模型。通过对地震数据的反演和分析,可以推断出钻孔之间的岩土体性质变化情况,从而更全面地了解整个场地的岩土体分布。

4.2 与地质雷达的联合应用

地质雷达是一种用于探测地下浅层地质结构的地球物理方法,它具有较高的分辨率。地震数据虽然能够探测到较深的地下地质结构,但在浅层的分辨率相对较低。将地震数据与地质雷达数据联合应用,可以提高对浅层和深层地质结构的探测精度。

在实际应用中,可以先利用地质雷达对场地的浅层地质结构进行探测,获取浅层岩土体的界面位置、厚度等信息。然后,结合地震数据,对深层地质结构进行分析,确定深层岩土体的结构和性质。通过这种联合应用的方式,可以更准确地了解地下地质结构的全貌,为岩土工程勘察提供更可靠的依据。

5 实际工程应用中可能遇到的问题及解决措施

5.1 数据采集质量问题

在地震数据采集过程中,可能会受到各种因素的影响,导致数据采集质量不高。例如,环境噪声、仪器故障、采集参数设置不合理等都可能影响地震数据的质量。为了解决这些问题,需要在数据采集前进行充分的准备工作,包括选择合适的采集场地、检查仪器设备的性能、合理设置采集参数等。同时,在数据采集过程中,要加强对采集过程的监控,及时发现和解决问题。

5.2 反演结果的不确定性问题

在利用地震数据进行岩土体参数反演的过程中,我们面临一个复杂的问题,那就是反演结果的不确定性。这种不确定性主要来源于地震数据本身的噪声干扰以及在模型假设过程中存在的不确定性。由于这些因素的影响,反演结果往往带有一定的不确定性。为了有效地降低这种不确定性,我们可以采取多种反演方法进行对比分析,通过比较不同方法得出的结果,来识别和减少误差。此外,结合其他勘察手段获取的信息,例如地质雷达、钻孔勘探等,对反演结果进行验证和约束,可以进一步提高结果的可靠性^[2]。同时,提高地震数据的质量,例如通过滤波技术减少噪声,以及改进反演算法,例如采用更先进的数学模型和计算方法,都是提高反演结果准确性的有效手段。

5.3 不同勘察手段数据融合问题

在实际工程中,地震数据与其他勘察手段(如钻孔勘探、地质雷达等)的联合应用是常见的。然而,在将这些不同来源的数据进行融合时,我们可能会遇到一系

列挑战。不同勘察手段获取的数据在尺度、精度、格式等方面可能存在显著差异,这些差异可能会导致数据融合时出现困难。为了解决这些挑战,首先需要建立统一的数据标准和数据处理流程,确保不同来源的数据在进行融合前具有一定的兼容性。对不同勘察手段获取的数据进行预处理和转换,是实现数据融合的关键步骤。此外,采用数据融合算法,如神经网络、模糊逻辑等,可以对不同来源的数据进行综合分析和处理,从而提高数据融合的效果。通过这些方法,可以有效地整合不同勘察手段的数据,为工程决策提供更加全面和准确的信息。

6 实际工程案例分析

为了验证基于地震数据提升岩土工程勘察精度方法的有效性和实用性,下面以一个实际工程案例进行详细分析。

在某地区进行大型建筑物的建设之前,需要对场地的岩土工程条件进行深入而细致的勘察。为了确保勘察结果的准确性和可靠性,勘察团队采用了包括地震勘探、钻孔勘探和地质雷达在内的多种勘察手段。

首先,勘察团队进行了地震勘探,通过精心挑选合适的震源设备和检波器,采集到了一系列高质量的地震数据。随后,对这些地震数据进行了预处理、反褶积处理和偏移处理等一系列复杂而精细的操作,最终得到了地下岩土体的结构成像,为后续的分析工作奠定了坚实的基础。

紧接着,勘察团队进行了钻孔勘探,在场地内精心布置了多个钻孔,通过钻探获取了岩土体的样品^[3]。这些样品被送往实验室进行了一系列室内试验,从而得到了岩土体的密度、弹性模量、孔隙度等关键的物理力学参数,这些参数对于评估场地的承载能力和稳定性至关重要。

与此同时,勘察团队还利用地质雷达对场地的浅层地质结构进行了探测,通过地质雷达的高分辨率成像技术,成功获取了浅层岩土体的界面位置和厚度等重要信息,为后续的地质结构分析提供了宝贵的数据。

最后,勘察团队将地震数据、钻孔勘探数据和地质

雷达数据进行了综合分析。他们利用钻孔勘探获取的岩土体物理力学参数对地震数据的反演结果进行了精确的约束,同时结合地质雷达数据对浅层地质结构的成像进行了进一步的优化。通过这种联合分析的方法,勘察团队更准确地确定了场地的岩土体分布、岩土体的力学性质以及地下地质结构的特征,从而为建筑物的设计和施工提供了科学、可靠的依据,确保了工程的安全性和经济性。

7 结论

本文深入研究了基于地震数据的岩土工程勘察精度提升方法。通过对地震数据的采集和处理技术的介绍,阐述了基于地震数据的岩土体参数反演方法,分析了地震数据与其他勘察手段的联合应用策略,并讨论了实际工程应用中可能遇到的问题及相应的解决措施。通过实际工程案例的分析,验证了所提出的方法的有效性和实用性。在岩土工程勘察中,充分利用地震数据的优势,结合其他勘察手段,能够更准确地获取岩土体的相关参数和特性,提高岩土工程勘察的精度,为工程的设计、施工和安全性评估提供更可靠的依据。随着地球物理勘探技术和数据处理算法的不断发展,基于地震数据的岩土工程勘察精度提升方法将不断完善和发展,在岩土工程领域中发挥更加重要的作用。未来的研究可以进一步深入探讨地震数据与其他新型勘察手段的联合应用,以及如何提高反演算法的效率和精度等问题,以满足不断发展的工程建设需求。

参考文献

- [1]李世权.智能技术在岩土工程勘察中的应用探究[J].智能建筑与智慧城市,2025,(04):168-170.DOI:10.13655/j.cnki.ibci.2025.04.052.
- [2]刘晶晶.岩土工程勘察土工试验中的常见问题及对策探讨[J].价值工程,2025,44(11):162-165.
- [3]班海龙.岩土工程勘察质量管理中过程管理的应用研究[J].价值工程,2025,44(10):158-161.