

地球物理勘察方法在水文地质工程中的运用分析

刘沛岩

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300221

摘要：随着科技的进步，地球物理勘察方法已成为水文地质工程中的重要技术手段。该方法通过观测和分析地球物理场的变化，间接推断地下结构和介质性质，具有高效、非破坏性和覆盖范围广等优势。在水文地质工程中，地球物理勘察方法被广泛应用于地下水探测、地质构造分析以及地质灾害预测等方面，为工程选址、设计、施工及水资源管理提供了可靠的数据支持。本文将对地球物理勘察方法的基本原理、优缺点及在水文地质工程中的具体应用和发展趋势进行深入探讨。

关键词：地球物理勘察方法；水文地质工程；运用

引言：地球物理勘察方法作为一种非侵入式的勘探技术，在水文地质工程中发挥着日益重要的作用。该方法基于物理学原理，通过对地球物理场的观测和分析，间接揭示地下结构和介质性质，为工程选址、设计、施工及水资源管理提供了科学依据。随着科技的不断进步和勘探需求的日益提高，地球物理勘察方法在水文地质工程中的应用将更加广泛和深入。本文旨在探讨地球物理勘察方法的基本原理、优缺点及其在水文地质工程中的具体应用，以期对相关领域的研究和实践提供参考。

1 地球物理勘察方法的基本原理

1.1 地球物理勘察方法的分类

(1) 重力勘查。重力勘查是利用地球重力场的变化来探测地下的密度变化。由于地下岩石和矿体的密度不同，它们会引起局部重力场的变化。通过测定这些变化，可以推测地下的密度分布，进而揭示地质结构和矿体分布。这种方法在寻找大型矿藏、研究地质构造等方面具有独特优势。(2) 电磁勘查。电磁勘查则是通过测定地球内部不同物理性质的差异对电磁场的响应来推测地下结构。它主要利用岩石和矿石的导电性、导磁性等电磁性质差异。通过向地下发射电磁场，并观测其在地下的传播和响应特性，可以推断地下的电导率、磁导率等参数，从而揭示地下结构。这种方法在油气勘探、水文地质调查等领域应用广泛。(3) 地震勘查。地震勘查是通过在地表或井中激发人工震源，利用地震波在不同地层中的传播特性来探测地下构造和岩性变化。地震波在地下传播时会遇到不同密度的分界面，发生反射、折射等现象。通过记录和分析这些地震波的传播特性，可以推断地下的结构和性质。这种方法在油气勘探、矿产资源勘查等领域具有重要地位。(4) 放射性勘查。放射性勘查是利用放射性元素的放射性衰变特性来寻找放射

性矿产或进行环境监测。放射性元素在地下岩石和矿石中分布不均，通过测量地表或地下的放射性辐射强度，可以推断放射性元素的分布和含量。这种方法在寻找铀、钍等放射性矿产以及进行环境监测等方面具有重要意义。

1.2 地球物理勘察方法的理论依据

(1) 地球物理勘察方法的理论依据主要在于地下介质物理性质差异以及各种勘察方法的物理原理。地下介质的物理性质包括密度、磁性、电性、弹性、放射性等，这些性质的差异会导致地球物理场的变化。例如，密度差异会引起重力场的变化，导电性差异会引起电磁场的变化，弹性差异会引起地震波传播特性的变化等。(2) 各种勘察方法的物理原理及仪器设备是实现地球物理勘察的基础。重力勘查利用重力仪测定重力加速度的变化，电磁勘查利用电磁仪测定电磁场的变化，地震勘查利用地震仪记录地震波的传播特性，放射性勘查利用放射性探测器测量放射性辐射强度。这些仪器设备通过精密的测量和记录，为地球物理勘察提供了可靠的数据支持。

2 地球物理勘察方法的优缺点及局限性

2.1 各种勘察方法的优点

(1) 高效性：地球物理勘察方法通过观测和分析地球物理场的变化来探测地下结构和性质，无需进行大规模的开挖或取样工作，因此具有高效性。这可以大大缩短勘探周期，降低勘探成本。(2) 非破坏性：与传统的地质勘探方法相比，地球物理勘察方法不会对地表或地下结构造成破坏，从而保护了自然环境和生态平衡。这对于生态脆弱或重要自然保护区内的勘探工作尤为重要。(3) 覆盖范围广：地球物理勘察方法适用于各种地形和地质条件，无论是平原、山区还是水域，都可以通

过适当的勘察手段来获取地下信息。此外, 这些方法还可以用于探测不同深度和规模的地下结构, 满足不同勘探需求^[1]。

2.2 各种勘察方法的缺点及局限性

(1) 数据解释的主观性: 地球物理勘察方法所得出的数据往往需要进行复杂的解释和推断。由于地下结构的复杂性和不确定性, 数据解释往往存在一定的主观性。不同解释人员可能得出不同的结论, 从而影响勘探结果的准确性。(2) 环境因素的干扰: 地球物理勘察方法受到多种环境因素的干扰, 如地表噪声、电磁干扰、地下水位变化等。这些因素可能掩盖或干扰真实的地球物理场信号, 导致勘探结果出现误差或误判。因此, 在进行地球物理勘察时, 需要充分考虑环境因素的影响, 并采取适当的措施进行校正和消除。(3) 方法的适用条件及限制: 不同的地球物理勘察方法具有不同的适用条件和限制。例如, 电磁法适用于探测导电性好的地下结构, 但对于导电性差或屏蔽效应强的地区则效果不佳; 重力法则主要依赖于地下物质的密度差异, 对于密度相近的物质难以进行有效探测。因此, 在选择勘察方法时, 需要根据勘探目标和地质条件进行综合考虑, 以确保勘探结果的准确性和可靠性。

3 水文地质工程中的地球物理勘察方法应用

3.1 地球物理勘察方法在地下水探测中的应用

(1) 地下水资源分布探测。地下水资源是维持生态平衡和人类社会经济活动的重要基础。地球物理勘察方法通过测量地下介质对物理场的响应, 间接反映地下水的存在与分布。例如, 电磁法利用地下水的导电性差异, 通过测量地表或井中的电磁场变化, 可以推断含水层的分布和深度。重力法则通过测量地下水的密度变化引起的重力异常, 来评估地下水的储量及其动态变化。

(2) 电磁法探测地下水资源。电磁法探测地下水资源的核心在于利用地下水的导电性。当地下水存在时, 其导电性通常高于周围的岩石和土壤, 因此可以通过向地下发射电磁波并接收反射或透射信号来探测含水层。这种方法特别适用于探测浅层地下水, 尤其是在干旱和半干旱地区, 为农业灌溉和居民用水提供了重要依据。(3) 重力法监测地下水位变化。重力法通过监测地下水位变化引起的重力场变化, 可以间接反映地下水的动态。当地下水位上升或下降时, 会引起地表重力场的微小变化, 这些变化可以通过高精度的重力测量仪器捕捉到。重力法不仅适用于长期监测地下水位的动态变化, 还可以用于评估地下水资源的可持续利用性^[2]。(4) 地下水水质及水量评估。地球物理勘察方法还可以结合其他技术

手段, 如水文地质钻探和地下水化学分析, 对地下水水质和水量进行评估。例如, 通过电磁法和重力法探测到的含水层信息, 可以指导钻探工作, 获取地下水样品进行化学分析, 从而了解地下水的成分、硬度和污染程度等信息。这些信息对于合理的水资源管理和保护策略至关重要。

3.2 地球物理勘察方法在地质构造探测中的应用

(1) 地质构造分析。地质构造是控制地下水分布和运移的重要因素。地球物理勘察方法通过揭示地下岩石和土壤的物理性质差异, 可以推断地质构造的复杂性和演化历史。例如, 地震勘查可以揭示地下地层的分层结构、断裂带和褶皱等构造特征, 为水文地质模型的建立提供重要依据。(2) 地震勘查揭示地下地层结构。地震勘查利用地震波在不同地层中的传播特性来揭示地下地层结构。通过在地表或井中激发人工震源, 并接收地震波在地下的反射和折射信号, 可以绘制出地下地层的三维图像。这种方法特别适用于探测深层地下水和复杂地质构造, 如断层、褶皱和岩浆岩等^[3]。(3) 重力法揭示地下空洞和断裂带。重力法通过测量地下空洞和断裂带引起的重力异常, 可以揭示这些地质构造的存在和分布。当地下存在空洞或断裂带时, 它们会改变周围岩石和土壤的密度分布, 从而引起重力场的微小变化。这些变化可以通过高精度的重力测量仪器捕捉到, 并用于推断地下空洞和断裂带的规模和形态。(4) 地下岩性分层。地球物理勘察方法还可以用于地下岩性分层。通过测量地下岩石和土壤对物理场的响应特性, 如导电性、磁性和弹性等, 可以推断不同岩性的分布和厚度。这些信息对于了解地下水的赋存条件和运移路径具有重要意义。(5) 地球物理测井法确定含水层。地球物理测井法是一种在钻孔中进行的地球物理测量方法, 它利用钻孔中的地球物理场变化来推断含水层的位置和性质。通过测量钻孔中的电阻率、自然电位、声波速度等参数, 可以判断含水层的存在、厚度和渗透性等特征。这种方法特别适用于水文地质勘探和地下水资源的精细管理。

3.3 地球物理勘察方法在地质灾害预测中的应用

(1) 地下水位异常监测。地下水位异常是地质灾害发生的重要前兆之一。通过地球物理勘察方法监测地下水位的变化, 可以及时发现潜在的地质灾害风险。例如, 当地下水位急剧上升时, 可能引发地面塌陷和滑坡等地质灾害; 而当地下水位持续下降时, 则可能导致土壤干燥和地面沉降等问题。(2) 地下断层活动监测。地下断层活动是导致地震、地表形变等地质灾害的主要原因之一。地球物理勘察方法, 特别是地震法和重力法,

在监测地下断层活动方面具有重要作用。地震法通过监测地震波在断层区域的传播特性变化,可以推断断层的活动状态和潜在地震风险。重力法则通过测量断层活动引起的重力场变化,来评估断层活动的强度和范围。这些方法为地质灾害预警和防灾减灾提供了科学依据。

4 地球物理勘察方法在水文地质工程中的发展趋势

4.1 技术进步及新方法的开发

(1) 新型勘察仪器的研发及应用。随着科学技术的飞速发展,新型勘察仪器的研发和应用为地球物理勘察方法带来了前所未有的变革。这些新型仪器不仅提高了勘探精度和效率,还拓宽了勘探领域。例如,高精度重力仪、超导磁力仪、瞬变电磁仪等设备的出现,使得地球物理勘探能够更精确地捕捉到微弱的地球物理场信号,从而实现对地下结构和水资源的更准确探测。此外,三维地震勘探技术、电磁波全波形反演技术等新型勘探方法的应用,也极大地提高了勘探结果的可靠性和准确性。(2) 数据处理和分析技术的进步。地球物理勘察方法所得数据通常具有复杂性和多样性,因此数据处理和分析技术的进步对于提高勘探结果的质量至关重要。近年来,随着计算机技术的快速发展,数据处理和分析技术取得了显著进步。反演算法、统计算法、建模算法等数字化、自动化的工具被广泛应用于地球物理数据的处理和分析中,大大提高了数据处理的速度和精度。此外,基于机器学习和人工智能的数据分析技术也开始在水文地质勘察中崭露头角,它们能够自动识别和提取关键信息,为勘探结果提供更准确的解释和推断。

4.2 未来研究方向

(1) 地球物理勘察方法的综合应用。地球物理勘察方法的综合应用是未来发展的重要趋势。由于地下结构的复杂性和不确定性,单一勘察方法往往难以全面揭示地下信息。因此,将多种地球物理勘察方法相结合,形成综合勘探体系,将成为提高勘探精度和准确性的有效途径。例如,将地震勘探与重力勘探、电法勘探等方法相结合,可以实现对地下结构的多维度、多层次探测,为水文地质工程提供更全面的数据支持。(2) 与其他学

科的交叉研究。地球物理勘察方法与其他学科的交叉研究也是未来发展的一个重要方向。随着多学科交叉融合的不断深入,地球物理勘察方法将更多地与地质学、环境科学、计算机科学等学科相结合,形成跨学科的研究体系。这种交叉研究不仅有助于推动地球物理勘察方法的理论创新和技术进步,还能够为水文地质工程提供更丰富的理论基础和实践经验。(3) 人工智能和大数据在水文地质勘察中的应用。人工智能和大数据技术的快速发展为水文地质勘察带来了新的机遇和挑战。通过利用大数据技术对海量地球物理数据进行挖掘和分析,可以发现潜在的规律和特征,为勘探结果的解释和推断提供更准确的依据。同时,人工智能技术可以实现对地球物理数据的自动化处理和智能化解释,大大提高勘探效率和准确性。未来,随着人工智能和大数据技术的不断成熟和普及,它们将在水文地质勘察中发挥越来越重要的作用。

结束语

综上所述,地球物理勘察方法在水文地质工程中具有广泛的应用前景和重要的实践价值。通过精确、高效地探测地下结构和介质性质,该方法为水文地质工程的规划、设计和实施提供了有力支持。未来,随着技术的不断进步和勘探需求的日益增长,地球物理勘察方法将朝着更高效、更智能、更综合的方向发展。我们有理由相信,在不久的将来,地球物理勘察方法将在水文地质工程中发挥更加重要的作用,为人类社会的可持续发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]肖锐.地球物理勘查方法在水文地质工程地质中的应用[J].中国金属通报,2021,(05):222-223.
- [2]贾世俊,李朝辉,周鹏,等.地球物理勘查方法在水文地质工程中的应用分析[J].世界有色金属,2021,(06):127-128.
- [3]提云生.地球物理勘查方法在水文地质工程地质中的应用[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2019,(05):174-175.