

地球物理在水文地质勘察中的应用综述

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：地球物理方法在水文地质勘察中发挥着关键作用。其通过探究地质构造、含水量、磁性、放射性与热辐射等特征，对地下水分布进行科学判断。主要包括地球物理测井、高密度电法、瞬变电磁法、激发极化法等技术，可用于定位含水层、测算地下水深度、评价地下水质量及分布状况。这些方法不仅提高了勘察精度和效率，还减少了工作量和危险程度，为工程建设和资源利用提供了坚实的基础数据支持。

关键词：地球物理；水文地质勘察；应用

引言：水文地质勘察是水资源开发与管理的环节，而地球物理方法作为现代勘探技术的核心之一，为水文地质研究提供了有力的技术手段。地球物理方法通过探测地下介质的物理性质差异，揭示水文地质结构，为地下水资源的勘探、定位及环境保护提供科学依据。本文旨在综述地球物理方法在水文地质勘察中的应用，探讨其优势、局限性及未来发展方向，以期对相关领域的研究与实践提供参考。

1 地球物理勘查方法概述

1.1 地球物理勘查的基本概念与原理

地球物理勘查（简称物探）是一种应用物理学原理和方法来解决地质及矿产资源勘查问题的学科。它是通过研究和观测地球的各种物理场（如重力场、磁场、电场、地震波场等）的变化来探测地层岩性、地质构造等地质条件。地球物理勘查的基本原理在于，组成地壳的不同岩层介质在密度、弹性、导电性、磁性、放射性以及导热性等方面存在差异，这些差异会引起相应的地球物理场的局部变化。通过量测这些物理场的分布和变化特征，并结合已知地质资料进行分析研究，可以推断出地质性状。地球物理勘查具有设备轻便、成本低、效率高、工作空间广等优点，但由于其不能直接取样和直接观察，所以多与钻探配合使用，以达到更准确的勘探效果。物理学原理在地球物理勘查中的应用非常广泛。例如，重力勘探利用不同岩石引起的重力差异来了解地下地层的岩性和起伏状态；磁力勘探则通过观测不同岩石的磁性差异来了解地下岩石情况；电法勘探则是通过观测不同岩石的导电性差异来了解地下地层岩石情况。此外，还有利用地震波在不同介质中传播速度不同的原理进行地震勘探，以及利用放射性元素衰变产生的射线进行放射性勘探等方法。

1.2 常用的地球物理勘查方法

（1）电磁法。电磁法是地球物理勘查中常用的一种方法，它通过仪器观测人工或天然产生的电磁场，分析和解释这些场的规律和特点以实现勘探目的。电磁法包括直流电法和交流电法，其中直流电法又分为电阻率法和充电法。电阻率法通过测量地下介质的电阻率差异来推断地质结构，而充电法则直接对被测物体进行充电，根据其电场分布特征来确定物体的形状、大小和埋深。

（2）重力法。重力法是通过测量地球重力场的变化来推断地下物质的密度分布情况。地球重力场是由地球本身的质量分布所引起的，而地下物质的密度分布会对重力场产生影响，使得重力场在不同地方表现出不同变化。通过对重力场的测量，可以推断出地下物质的类型和形态。

（3）地震波方法。地震波方法是利用地震波在地下传播和反射的特性来探测地下岩层结构和地形特征。地震波由地震发生时释放的能量引起，可以在不同介质中传播，而不同介质中地震波的速度和方向都会发生变化。根据地震波的传播时间、反射和折射等特征，可以推断地下岩层的结构和性质。地震波方法包括走时法、反射法和折射法，其中反射法应用最为广泛^[1]。

（4）磁法。磁法是通过观测不同岩石的磁性差异来了解地下岩石情况的方法。磁力勘探可以圈定磁性地质体的范围，确定其性质，为矿产资源勘探和地质灾害预测提供重要依据。

（5）激发极化法。激发极化法是一种电法勘探的分支，它利用岩石和矿体在电流作用下产生的激发极化效应来探测地下异常体。该方法在找水、找矿和地质灾害预测等方面有广泛应用。

（6）高密度电法。高密度电法是电法勘探的一种拓展技术，它通过设置高密度的观测点来提高勘探的精度和效率。高密度电法在资源勘探、水文地质调查和地质灾害预测等领域有重要作用。

（7）瞬变电磁法。瞬变电磁法是通过发射一次场在地层中形成涡流，涡流形成二次场，通过分析二次场信息

来确定地层电性分布情况的方法。该方法具有探测深度大、精度高等优点,在金属矿物、石油和煤炭等资源的勘探中有广泛应用。

2 地球物理方法在水文地质勘察中的应用

2.1 地下水资源的勘探与定位

在水文地质勘察中,准确地勘探与定位地下水资源是至关重要的。地球物理方法为此提供了多种有效的手段。(1)电磁法在探测地下水资源中的应用。电磁法,特别是电阻率法和激发极化法,是探测地下水资源的常用方法。电阻率法利用不同岩石、土壤导电性的差异来推断含水层的位置、规模和埋深。当含水层存在时,由于其含水量较高,导电性通常较好,从而在电阻率剖面上形成低阻异常区。激发极化法则通过观测岩石、土壤在电流作用下的极化现象来探测地下水。含水岩石在电流激发下,由于其内部的电解质溶液和孔隙水会产生电化学极化效应,使得极化率升高,从而在极化率剖面上形成异常区。(2)重力法在监测地下水位变化中的作用。重力法通过测量地下介质密度分布的变化来推断地下水位的变化。由于水的密度远大于空气和岩石,当地下水位发生变化时,会引起地下介质密度分布的局部变化,进而在重力场上产生异常。通过长期监测这些异常的变化,可以推断出地下水位的变化趋势。重力法具有监测范围广、精度高的特点,是监测地下水动态变化的重要手段。(3)地震波方法在确定地下水文地质条件方面的应用。地震波方法通过观测地震波在地下介质中的传播速度和反射特征来确定地下水文地质条件。地震波在岩石中传播时,其速度和反射特征受岩石的密度、弹性模量和泊松比等物理性质的影响。当地下存在含水层时,由于水的存在会改变岩石的物理性质,从而在地震波剖面上形成特定的反射特征。通过分析这些特征,可以推断出含水层的位置、厚度和岩性^[2]。(4)激发极化法与高密度电法在探测含水层中的应用。激发极化法和高密度电法都是基于岩石和土壤的电性差异来探测含水层的。激发极化法通过观测岩石在电流激发下的极化现象来探测地下水,而高密度电法则通过设置高密度的观测点来提高勘探的精度和效率。这两种方法都可以有效地探测出含水层的位置、规模和埋深,为地下水资源的开发和利用提供重要依据。

2.2 水文地质结构的解析与预测

水文地质结构的解析与预测对于了解地下水的赋存、运移规律以及预测地下水位的变化趋势具有重要意义。(1)磁法在揭示地下水文地质构造中的应用。磁法勘探通过测量地下介质的磁性差异来揭示地下水文地

质构造。由于不同岩石的磁性不同,当地下存在磁性地质体(如磁性岩层、岩浆岩等)时,会在地表产生磁场异常。通过分析这些异常,可以推断出磁性地质体的位置、规模和产状,进而揭示出地下水文地质构造。磁法勘探具有探测深度大、对磁性地质体敏感的特点,是揭示地下水文地质构造的重要手段。(2)综合地球物理勘查方法在提供全面地下介质信息方面的作用。综合地球物理勘查方法通过结合多种地球物理勘探手段(如电磁法、重力法、地震波方法、磁法等),可以提供全面、准确的地下介质信息。这些信息包括地下岩层的岩性、厚度、产状、含水层的分布、地下水的赋存状态等。通过综合分析这些信息,可以建立起地下水文地质模型,为地下水资源的合理开发和利用提供科学依据。(3)地球物理方法在预测地下水位变化趋势中的应用。地球物理方法不仅可以用于勘探和定位地下水资源,还可以用于预测地下水位的变化趋势。通过长期监测地下介质物理性质的变化(如电阻率、重力异常等),可以推断出地下水位的变化情况。此外,结合气象、水文等资料,还可以建立起地下水位变化的预测模型,为地下水资源管理和保护提供决策支持^[3]。

2.3 水文地质勘察中的环境保护与监测

在水文地质勘察中,环境保护与监测同样重要。地球物理方法为此提供了多种有效的监测手段。(1)利用地球物理方法监测地下水污染通道的范围。当地下水受到污染时,污染物质会在地下介质中扩散和迁移,从而在地球物理场上产生异常。通过监测这些异常的变化,可以推断出地下水污染通道的范围和扩散趋势。例如,电阻率法可以用于监测地下水中的油类污染物质,而激发极化法则可以用于监测地下水中的重金属污染物质^[4]。(2)地球物理方法在评估地下岩层承载能力中的应用。地下岩层的承载能力是影响地下工程稳定性和安全性的重要因素。地球物理方法可以通过测量地下岩层的物理性质(如密度、弹性模量等)来评估其承载能力。例如,重力法可以用于测量地下岩层的密度分布,进而推断出岩层的重量和承载能力;地震波方法则可以用于测量地下岩层的弹性模量和泊松比等参数,从而评估其抗变形和抗破坏的能力。这些信息对于地下工程的设计、施工和维护具有重要意义。(3)地球物理方法在防止地下水位下降过快或水源污染等问题中的作用。地球物理方法不仅可以用于监测地下水资源的动态变化,还可以用于预防和解决地下水位下降过快或水源污染等问题。例如,通过重力法和电阻率法的联合监测,可以及时发现地下水位的异常下降情况,并采取相应的补救措施;

通过激发极化法和高密度电法的监测,可以及时发现地下水中的污染物质,并采取相应的治理措施。此外,地球物理方法还可以为地下水资源的合理开发和利用提供科学依据,避免过度开采和污染等问题的发生。

3 存在问题与挑战

3.1 地球物理勘查方法在水文地质勘察中的局限性

(1) 技术层面的限制与挑战。地球物理勘查方法在技术层面上存在一些固有限制。首先,各种勘查方法都有其适用的范围和条件,如电磁法受地形起伏和电磁干扰的影响较大,重力法则对低密度、低深度的含水层探测效果有限。此外,由于地球物理场本身的复杂性和不确定性,导致勘查结果的解释和推断存在一定的误差和不确定性。这些技术层面的限制在一定程度上影响了地球物理勘查方法的应用效果和准确性。(2) 地质条件的复杂性与多样性对勘查效果的影响。地质条件的复杂性与多样性也是地球物理勘查方法面临的重要挑战。不同地区的地质条件差异显著,包括岩石类型、地层结构、含水层分布等方面的差异,这些差异都会对地球物理场的分布和特征产生影响。因此,在实际应用中,我们需要根据具体地质条件选择合适的勘查方法,并进行针对性的参数调整和解释推断。然而,由于地质条件的复杂性和不确定性,往往难以准确预测和判断勘查结果,这给水文地质勘察工作带来了一定的困难。

3.2 解决方案与优化建议

(1) 提高勘查技术的精度与可靠性。为了提高地球物理勘查方法的精度与可靠性,我们需要不断推进技术创新和研发。一方面,可以加强勘查仪器和设备的研发与更新,提高其精度和稳定性;另一方面,可以开发更加先进的数据处理和分析技术,提高勘查数据的解释和推断能力。此外,还可以结合其他勘察手段(如地质钻探、水文测试等)进行联合勘查,形成综合勘察体系,提高整体勘查效果。(2) 加强综合勘查方法的应用与研究。综合勘查方法是指将多种地球物理勘查方法以及其

他勘察手段相结合,形成互补和协同的勘查体系。通过综合勘查方法的应用,可以充分利用各种方法的优势,提高勘查的准确性和可靠性。因此,我们需要加强综合勘查方法的研究和应用,探索更加有效的勘查组合和参数设置方案。同时,还需要加强跨学科的交流与合作,推动地球物理勘查与其他相关领域(如地质学、水文学、环境科学等)的融合发展。(3) 拓展地球物理勘查方法的应用领域与范围。地球物理勘查方法不仅在水文地质勘察中发挥着重要作用,还可以应用于其他领域和范围。例如,在矿产资源勘探、地质灾害预测、环境监测等方面,地球物理勘查方法都具有一定的应用潜力。因此,我们需要积极拓展地球物理勘查方法的应用领域与范围,探索其在其他领域的应用效果和可能性。同时,还需要加强相关政策和法规的制定与实施,为地球物理勘查方法的推广和应用提供有力的支持和保障。

结束语

综上所述,地球物理方法在水文地质勘察中展现出了强大的应用潜力和独特的优势。它不仅为地下水资源的勘探与定位提供了科学依据,还为水文地质结构的解析与预测以及环境保护与监测提供了有力支持。然而,地球物理勘查方法也面临技术层面和地质条件复杂性的挑战。未来,我们应继续加强技术创新,完善勘查方法,提高勘查精度与可靠性,以更好地服务于水文地质勘察及水资源管理领域,促进水资源可持续发展。

参考文献

- [1] 邓成珍.地球物理勘查方法在水文地质工程中的应用分析[J].山东工业技术,2019,(13):112-113.
- [2] 赵强.地球物理勘查方法在水文地质工程中的运用研究[J].信息记录材料,2019,(08):42-43.
- [3] 徐刚.地球物理勘查方法在水文地质工程中的运用分析[J].四川水泥,2019,(04):30-31.
- [4] 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,2019,(14):174-175.