

电法勘探在地下水资源勘查中的效能评估

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：随着全球水资源日益紧缺，地下水资源的勘查与开发显得尤为重要。电法勘探，作为一种重要的地下水探测技术，因其非侵入性、经济性和高效性而备受关注。本文深入剖析了电法勘探的原理、应用方法，详细探讨了其在地下水资源勘查中的效能，包括准确性、效率和适用性等方面的评估。同时，也分析了电法勘探的优势与面临的挑战，并提出了相应的应对策略。本文旨在为相关领域提供理论支持和实践指导，以推动电法勘探在地下水资源勘查中的更广泛应用。

关键词：电法勘探；地下水资源；效能评估

引言

在全球水资源日趋紧张的背景下，地下水资源的合理勘查与开发至关重要。传统的勘查方法往往受到时间、资金和人力等因素的限制，难以满足现代社会对水资源的需求。而电法勘探凭借其独特的技术优势，为地下水资源的勘查提供了有力支持。本文旨在全面评估电法勘探在地下水资源勘查中的效能，以期对相关领域的研究和实践提供参考。

1 电法勘探的原理及应用

1.1 原理

电法勘探的核心原理在于利用地下不同地质体之间明显的电性差异来探测和分析地下水的分布。在实际操作中，工作人员会在地面上精心布置电极，这些电极作为信号的传输和接收点，起着至关重要的作用。通过电极，可以精确地测量地下不同地质体之间的电位差或电阻率差异，这些差异数据是推断地下水分布情况的关键。电位差和电阻率的变化能够反映出地下介质的导电性能，而地下水的存在会显著影响这些电性参数。因此，通过分析和解读这些数据，可以准确地描绘出地下水的赋存状态、流动路径等重要信息，为地下水资源的勘查和开发提供科学的决策依据。这种方法不仅具有非破坏性，而且能够在较大范围内快速获取地下水信息，因此在地下水资源勘查领域具有广泛的应用前景。

1.2 应用方法

电法勘探在地下水资源勘查中的应用主要涉及确定地下水位、水流方向，检测地下水的储量和质量，以及预测地下水的动态变化等。在确定地下水位方面，电法勘探可以通过测量地下介质的电阻率变化来间接判断（图1）。当地下水饱和时，地质介质的电阻率会明显降低，因此，通过对比不同深度的电阻率数据，可以大致

确定地下水位的位置。这种方法特别适用于那些不易直接观测的地区，如基岩裂隙水或深层承压水等。检测水流方向也是电法勘探的重要应用之一。通过在地面上布置一系列电极，并测量各点之间的电位差，可以绘制出

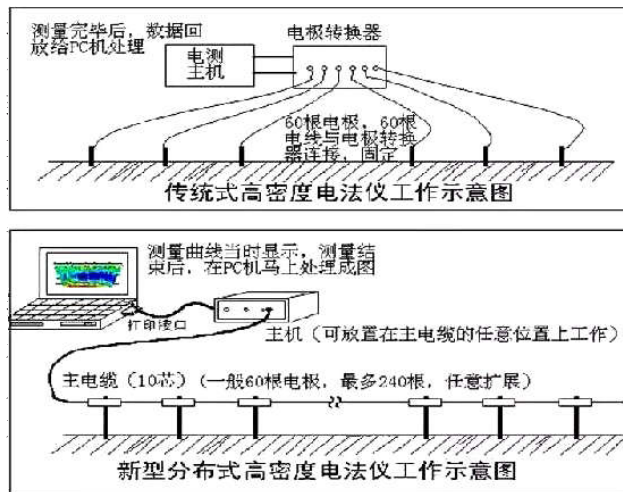


图1 电法仪工作示意图

2 电法勘探在地下水资源勘查中的效能

2.1 准确性评估

电法勘探在地下水资源勘查中的准确性主要体现在对地下水分布和储量的精确推断上。首先，电法勘探通过测量地下介质的电阻率差异来识别含水层和隔水层的位置及范围。电阻率，作为物质导电性能的一个重要参数，在地下水资源勘查中起着至关重要的作用。当地下水存在于某一地层时，该地层的电阻率会因其含水量的增加而降低，从而使得含水层与隔水层在电阻率上产生明显的差异。电法勘探正是利用这一特性，通过在地表布置电极并测量各电极间的电阻率，进而精确地识别出含水层和隔水层的位置及范围。其次，与传统的钻探方法相比（表1），电法勘探不仅具有更高的分辨率，还能

探测到更深的地下水资源。传统的钻探方法虽然能够直接获取地下岩心,但其探测范围有限,且成本较高。而电法勘探则能在不破坏地层结构的情况下,通过电阻率的测量来推断地下水的分布情况,不仅探测范围更广,而且成本更低^[2]。此外,电法勘探还结合了先进的数据处理技术,如反演计算等,来进一步提高勘查的准确性。反演计算是一种根据地表实测的电阻率数据来推断地下

介质电阻率分布模型的方法。通过这种方法,我们可以更准确地预测地下水的分布和储量,尤其是在处理复杂地质条件下的地下水勘查问题时,其效果更为显著。电法勘探的准确性得益于其科学的探测原理和先进的数据处理技术。在地下水资源勘查中,它不仅能准确地识别出含水层和隔水层的位置及范围,还能通过反演计算等方法提供更准确、更全面的地下水信息。

表1 电法勘探和传统钻探效能对比示例

探测方法	探测深度 (m)	分辨率 (m)	含水层识别准确率 (%)	隔水层识别准确率 (%)	成本 (相对值)
电法勘探	100-300	1-5	90	95	1
传统钻探	50-150	5-10	80	85	3

2.2 效率性评估

在地下水资源勘查中,传统的钻探不仅需要投入大量的人力物力,而且进度缓慢,钻探过程中还可能遇到各种技术难题。而电法勘探则通过在地表布置电极,利用地下不同地质体的电性差异来进行探测,从而大大节省了时间和成本。此外,电法勘探在数据采集和处理方面也表现出极高的效率。随着技术的进步,现代的电法勘探仪器能够实现自动化、高精度的数据采集,并通过计算机软件进行快速处理和分析。这不仅提高了勘查的工作效率,还使得勘查结果更为准确和可靠。值得一提的是,随着科技的不断进步,电法勘探的测量范围和精度也在持续提升。新一代的仪器设备具有更高的灵敏度和分辨率,能够探测到更深层次、更微小的地质变化,从而为地下水资源的勘查提供了更为精确的数据支持。在实际应用中,电法勘探还常与其他地质勘查方法相结合,形成了一种综合勘查体系。这种体系能够充分发挥各种方法的优势,实现资源共享和优势互补,从而进一步提高了勘查的效率和准确性。例如,在面临复杂地质条件时,电法勘探可以与地质钻探和地球化学勘查等方法相结合,通过多角度、多层次的综合评估,获取更为全面、准确的地下水信息。

2.3 适用性评估

在地下水资源勘查领域,电法勘探的适用性主要体现在对各种地质环境和地下水条件的适应性上。从地质环境的角度来看,电法勘探几乎不受地形地貌的限制。无论是广袤的平原、崎岖的山区,还是起伏的丘陵地带,电法勘探都能通过布置电极、测量电阻率或电位差来有效地探测地下水的赋存状态。特别是在松散沉积物、坚硬基岩以及独特的喀斯特地貌等复杂地质条件下,电法勘探更是展现出了其强大的探测能力。其次,电法勘探对于不同类型的地下水也表现出极高的适用性。无论是潜水、承压水,还是裂隙水、岩溶水,电法

勘探都能通过捕捉地下介质的电性差异来精确推断其分布和储量。这一点在寻找供水水源地时尤为关键,因为电法勘探能够准确确定含水层的位置和范围,从而为水资源的合理开发和利用提供有力支持。此外,在矿山水文地质勘查中,电法勘探也发挥着不可或缺的作用。通过预测矿井涌水量和评估突水危险性,电法勘探为矿山的安全生产提供了重要保障^[3]。同时,在环境地质调查中,电法勘探还能有效评估地下水污染状况,为制定防治措施提供科学依据。

3 电法勘探的优势与挑战

3.1 优势分析

电法勘探在地下水资源勘查中展现出多重显著优势。首先,其非侵入性和无损检测的特点备受推崇。这一特性意味着在进行地下水资源勘查时,不需要进行破坏性的钻探或其他可能干扰地下环境的操作。通过在地表布置电极并测量电位差或电阻率,电法勘探能够在完全不破坏地下环境的前提下,精准地获取地下水信息。其次,相较于传统的钻探方法,电法勘探能够在短时间内完成大面积的勘查任务。这不仅大大提高了工作效率,还降低了勘查成本。对于需要快速评估地下水资源状况的项目,或者在大范围内进行水资源普查的情境下,电法勘探的高效性和经济性优势尤为突出。此外,电法勘探还能提供丰富的地下水信息。通过测量和分析地下介质的电性差异,可以推断出地下水的分布、储量以及水质等重要信息。这些信息对于水资源管理者来说至关重要,不仅有助于他们全面了解地下水资源的状况,还能为水资源的合理规划、开发和保护提供科学的决策支持。

3.2 挑战

电法勘探在地下水资源勘查中仍然面临一系列挑战。第一,地质噪声干扰是一个不可忽视的问题。这些噪声可能来源于地壳中的自然电场、电磁干扰或人类活

动,如工业电磁干扰、雷电等。这些噪声会叠加在有效的电法信号上,导致测量数据的准确性和可靠性受到影响。第二,不同地质条件下的电阻率解释也存在一定的不确定性。电阻率是电法勘探中一个关键的参数,它直接反映了地下介质的导电性能。然而,由于地质条件的复杂性和多样性,电阻率与地下水赋存状态之间的关系并非总是明确和线性的。例如,在某些岩石类型中,高电阻率可能并不直接对应于低含水量,而低电阻率也可能不完全意味着高含水量。这种不确定性给地下水资源的定量评估和解释带来了挑战^[4]。第三,反演计算的准确性和稳定性也是电法勘探面临的一个重要问题。反演计算是电法勘探数据处理中的关键环节,它将地表测量的电阻率数据转化为地下介质的电阻率模型,从而揭示地下水的分布情况。然而,由于地下介质的复杂性和测量数据的局限性,反演计算往往存在多解性和不稳定性。这意味着从相同的测量数据中可能得出多个合理的地下电阻率模型,给地下水资源的精确定位带来了困难。

3.3 应对策略

面对电法勘探在地下水资源勘查中遇到的挑战,研究者们不断探索和创新应对策略。(1)为了降低地质噪声的干扰,研究者们正在积极应用先进的信号处理技术。这些技术包括但不限于滤波、小波变换、时频分析等,它们能够有效地从复杂的信号中提取出有用的电法信息,抑制或减小噪声的影响。通过这些处理,可以显著提高数据的质量和准确性,为后续的解释工作奠定坚实基础。(2)针对电阻率解释的不确定性问题,研究者们正尝试结合地质、地球化学等多源信息进行综合解释。这种跨学科的方法能够提供更全面的地下介质信息,帮助解释人员更准确地理解电阻率数据背后的地质意义。例如,通过结合地质构造、岩层分布、矿物成分

等数据,可以对电阻率异常进行更精确的解读,从而提高地下水赋存状态的预测精度。(3)为了提升反演计算的准确性和稳定性,研究者们正在不断开发更先进、更稳定的反演算法。这些算法通常基于复杂的数学模型和优化技术,旨在从有限的测量数据中提取出尽可能多的地下信息。通过不断改进算法的性能和效率,可以更有效地利用测量数据,减少多解性,提高地下水资源的定位精度。(4)加强与其他勘查方法的结合也是当前的一个重要研究方向。电法勘探虽然具有其独特的优势,但在某些情况下,与其他方法如地质钻探、地球物理测井等相结合,可以形成优势互补,提供更全面、更准确的勘查结果。

结语

电法勘探在地下水资源勘查中展现出显著的效能和广阔的应用前景。其准确性、效率和适用性使其成为当前和未来地下水资源勘查的重要技术手段。随着技术的不断进步和方法的完善以及与其他勘查方法的结合应用,我们有理由相信电法勘探将在地下水资源勘查中发挥更大的作用,为水资源的合理开发和保护提供有力支持。同时,我们也期待未来能够看到更多关于电法勘探技术创新和应用拓展的研究成果出现。

参考文献

- [1]曹伟.高密度电法在黔北地区找水实践中的应用研究[J].地下水,2023,45(04):146-148.
- [2]刘俊伯,张建.水文和工程地质中电法勘探应用实践[J].冶金管理,2023(05):61-62.
- [3]王宇.电法勘探在地下水资源勘查中的应用[J].科学技术创新,2019,(16):34-35.
- [4]郭磊.综合电法勘探在邵阳县地下水资源勘查中的应用研究[J].冶金管理,2019,(07):105-106+108.