

# 电磁法在地下水资源勘探中的应用与效果评估

李庭旺 李亚辉

辽宁省冶金地质勘查研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v8i4.5341

**[摘要]** 随着全球人口的增加和气候变化的影响,地下水资源的合理开发与高效利用愈加迫切。在该背景下,可控源音频大地电磁法(CSAMT)作为一种先进的地球物理勘探技术,吸引了广泛关注并在地下水资源勘探中取得了显著进展。本文分析了地下水资源勘探的必要性与要点,分析了可控源音频大地电磁法在地下水资源勘探中的应用与实际效果,为地下水资源勘探的技术创新提供建设性意见。

**[关键词]** 可控源音频; 大地电磁法; 地下水资源; 勘探

**中图分类号:** TV211.1+2 **文献标识码:** A

## Application and effect evaluation of electromagnetic method in groundwater resources exploration

Tingwang Li Yahui Li

Liaoning province metallurgy geology exploration research institute co., ltd

**[Abstract]** With the increase of global population and the influence of climate change, the rational development and efficient utilization of groundwater resources are becoming more and more urgent. Under this background, CSAMT, as an advanced geophysical exploration technology, has attracted extensive attention and made remarkable progress in the exploration of groundwater resources. This paper analyzes the necessity and key points of groundwater resources exploration, and analyzes the application and practical effect of controlled source audio magnetotelluric method in groundwater resources exploration, so as to provide constructive suggestions for technological innovation of groundwater resources exploration.

**[Key words]** controllable source audio; Magnetotelluric method; Groundwater resources; explore

### 前言

传统的地球物理勘探方法在面对复杂地质条件和非均质介质时存在一定的局限性,而CSAMT技术的引入为克服这些问题提供了新的解决途径。其独特之处在于通过设置可控源,产生稳定的音频频率电磁场,从而实现了对地下结构及其电性分布的高分辨率成像,该特点使CSAMT在捕捉地下水层的电性特征、揭示地下水资源分布、厚度和水质等方面具有显著的优势。尽管CSAMT在地下水资源勘探中的潜力巨大,其应用仍面临一系列挑战,实际应用的过程中需要深入探讨CSAMT技术在不同地质背景下的适用性,优化勘探参数与方案,提高数据解释的准确性,以及推动CSAMT与其他勘探技术的综合应用。本文旨在全面评估CSAMT技术在地下水资源勘探中的应用效果,并探索其不同地质环境下的适用性与局限性,为优化CSAMT在地下水资源勘探中的应用提供科学依据。

### 1 可控源音频大地电磁法的概述与原理

可控源音频大地电磁法(简称CSAMT)是一种基于电磁感应原理的地球物理勘探技术,旨在通过利用地下介质对特定频率

电磁场的响应,实现对地下结构及其电性分布的高分辨率成像。该方法的独特之处在于通过在地表设置可控源,产生稳定的音频频率电磁场,通过测量地下介质对这一场的响应,揭示地下电性结构的细节,广泛应用于地下水资源勘探、矿产勘查、地质灾害预测等领域。

CSAMT的原理基于电磁感应,其实施过程可分为源场设计、数据采集、数据处理和解释等步骤,通过设计合理的源场,即在地表布置电磁发射源,产生特定频率和振幅的音频电磁场,该源场的设计需要考虑勘探区域的地质特征和勘探目标,确保能够充分反映地下介质的电性信息。接下来,进行数据采集,通过放置接收器记录地下介质对音频电磁场的响应,通常包括多个测点和多个频率,以获取更为全面的地下信息。随后,通过数据处理步骤,对采集到的原始数据进行去噪、滤波等处理,以提高数据的信噪比和精度。最终,通过解释步骤,将处理后的数据转化为地下结构的电性分布图,为勘探工作提供直观的依据。除此之外,CSAMT的应用领域主要包括地下水资源勘探,其在这一领域的成功应用使其备受瞩目。通过CSAMT技术,可以获取地下介质

的电性信息,进而判定地下水层的存在、厚度和分布,为水资源的勘探提供重要的地质参数,在此基础上CSAMT在矿产勘查、地质灾害预测等领域也取得了显著成果,为深入认识地球内部结构、优化资源勘查方案以及提升灾害防范水平提供了一种高效、高分辨率的技术手段。

## 2 地下水资源勘探的难点

地下水资源勘探作为一项重要的地质工程活动,面临着多方面的难点和挑战,具体包括以下几个方面的内容。

其一,地下水资源分布广泛且受多种地质因素影响,其地下运移过程复杂而难以准确捕捉。地下水与岩层的相互作用、水文地质条件以及地下水位的变化都对勘探工作提出了高度的要求。其二,地下水勘探需要深入了解地下岩石的渗透性、孔隙结构等特性,而这些参数通常在地下深处,难以直接观测和测量。地质体的非均质性和各向异性使得地下水资源的分布呈现出复杂的空间变异性,对勘探方法的精准性和可靠性提出了更高的要求。其三,传统的地下水资源勘探手段存在一定的局限性,如地电法、地磁法等方法的分辨率较低,对地下水位、水质等信息获取有一定困难。在复杂地质条件下,传统勘探方法的应用效果往往不如预期,使得对地下水资源的深入了解和精准勘探成为一项具有挑战性的任务。其四,地下水资源勘探的时间和成本压力也是难点之一,特别是在地下结构复杂、岩性多变的地区,需要耗费大量的时间和资源,成本较高,影响了勘探的经济性和可行性。其五,气候变化导致降水分布和蒸发蒸腾过程发生变化,进而影响地下水位和水质的分布,使得勘探工作不仅需要考虑地质因素,还需要将气候变化的影响纳入综合考虑,提高勘探的准确性和适应性。

## 3 可控源音频大地电磁法在地下水资源勘探中的应用策略

### 3.1 合理设置勘探参数与频率范围

可控源音频大地电磁法(CSAMT)在地下水资源勘探中的应用策略中,合理设置勘探参数与频率范围是至关重要环节,通过综合考虑地下介质的复杂性和不均匀性,科学合理地设置勘探参数与频率范围,CSAMT在地下水资源勘探中将更好地发挥其高分辨率、精准性的优势,为提高勘探效果、优化勘探方案提供有力支持,该策略的实施将有助于更全面、深入地认知地下水资源的分布、性质及其在地下结构中的变化,为可持续水资源管理提供科学依据。

一方面,对于勘探参数的设置,需要充分考虑勘探区域的地质特征、水文地质情况以及勘探目的,频率、振幅等参数的选择应该根据地下介质的电性特性,以确保源场能够有效穿透地下结构,获取更为详细的电性信息,尤其是在复杂地质条件下,例如存在高阻抗层、盐水入侵等情况,需要调整频率范围,使其更适应地下介质的复杂性,提高勘探的适应性和分辨率。另一方面,CSAMT通常采用音频频率范围(几百Hz至几千Hz),这个频率范围对于地下水资源的勘探具有较好的穿透力和分辨率。然而,在实际应用中,需要根据地质条件的不同选择合适的频率范围。

较高频率的电磁场对浅层结构有更好的分辨能力,适用于浅层地下水资源的勘探;而较低频率则更能深入地下,适合深层地下水资源的探测。因此,通过灵活调整频率范围,可以实现对不同深度和复杂地质条件下地下水资源的全面勘探,提高CSAMT方法在实际应用中的适用性。此外,在勘探参数的设置与频率范围的选择中,还需要结合先前的地质调查数据、地下水位监测结果以及相关地球物理资料,以确保CSAMT的勘探策略更符合实际地质情况。

### 3.2 精细化设计勘探方案

可控源音频大地电磁法(CSAMT)在地下水资源勘探中,对于勘探方案的设计,需要深入了解勘探区域的地质结构、水文地质条件以及地下水分布状况,应该充分收集地质勘探、地球物理调查和水文监测等多源数据,实现地下介质的全面认知。在设计勘探方案时,应该精确确定CSAMT测点的布设位置和测线的方向,以最大限度地覆盖勘探区域,并确保对地下水资源分布、水文地质特征的全面掌握。

一方面,精细化的勘探方案需要合理设置CSAMT的勘探参数,包括源场的频率、振幅等,需要综合考虑地下介质的电性特征,以确保电磁场能够有效穿透地下结构,获取准确的电性信息。对于复杂地质条件,如存在高阻抗层、不均质地层等情况,应灵活调整勘探参数,以提高CSAMT的适应性和分辨率。通过合理设置勘探参数,可以最大程度地优化CSAMT勘探的效果,使其更贴近实际地质情况。另一方面,需要在实地布设测点和进行数据采集时,需要科学合理地安排时间,确保充分覆盖勘探区域,同时避免不必要的时间浪费。合理的时间规划有助于提高勘探效率,降低成本,使CSAMT在地下水资源勘探中更具可行性。此外,勘探方案的设计还应结合数值模拟和反演技术,通过模拟实验验证勘探方案的合理性,并借助反演技术将采集到的数据转化为地下结构信息。这一综合手段可以提高CSAMT数据的解释能力和可信度,为更准确的地下水资源勘探结果奠定基础。

### 3.3 开展反演与数据模拟

可控源音频大地电磁法(CSAMT)在地下水资源勘探中尤为关键,通过不断优化反演算法、提高数据模拟的精度,CSAMT技术将更好地服务于地下水资源勘探,为可持续水资源管理提供更为精准的地质信息。因此,开展反演与数据模拟成为CSAMT在地下水资源勘探中的关键策略,有助于提高勘探效果、优化勘探方案,为水资源的合理开发和管理提供可靠支持。

首先,通过数值反演技术,将实测的CSAMT数据与地下介质的电性特征相联系,以获取更为准确的地下结构信息。反演过程中,通过调整模型参数,如电导率分布,来优化模型与实测数据的拟合程度,从而实现地下水资源位置、厚度以及水文地质特征的高精度反演。其次,通过建立地下水资源勘探区域的数值模型,模拟CSAMT采集到的电磁数据,深度的模拟过程能够验证勘探方案的合理性,帮助优化勘探参数和源场设计,不断调整模型中的地下结构参数,模拟可以为实际勘探提供预期结果,从而指导实际数据采集的布点、频率范围等关键因素。最后,在进行反

演和数据模拟时,需要充分考虑地质体的复杂性和非均匀性,模型要能够真实反映地下水资源的分布情况,需要对勘探区域的地质调查、现场取样等工作,获取地下介质的详细信息,使得模型更加真实可信。这些工作为CSAMT数据反演提供了基础,确保勘探结果更加准确、可靠。

### 3.4 开展联合解释与地质验证

可控源音频大地电磁法(CSAMT)在地下水资源勘探中的战略之一是开展联合解释与地质验证,通过将CSAMT数据与实际地质情况相结合,提高对地下水资源分布和地质结构的解释精度,并且CSAMT产生的高分辨率电磁数据提供了关于地下电性结构的丰富信息,但单一的地球物理数据往往需要与地质实地观测相结合,以确保解释的准确性。此外,还需要根据联合解释的结果,将CSAMT数据与地质观测数据进行对比,有助于验证勘探结果的可靠性,消除可能存在的解释歧义。除此之外,通过地下水位监测、岩芯取样等手段获取的地质实测数据与CSAMT数据进行对照,可以更全面地了解地下水资源的性质、水位变化等信息。这种联合解释与验证的方式有助于解决CSAMT数据可能存在的局限性,提高对地下水资源分布及其在地下结构中的变化的解释能力。

## 4 可控源音频大地电磁法在地下水资源勘探中应用的效果

可控源音频大地电磁法(CSAMT)在地下水资源勘探中展现出显著的效果,为深入了解地下水资源的分布、性质和地质结构提供了强有力的手段,具体应用中,CSAMT技术以其高分辨率和灵敏性而在地下水资源勘探中脱颖而出。通过设置可控源产生的音频频率电磁场,CSAMT能够穿透地下介质,获取关于地下电性结构的详尽信息,使得CSAMT在复杂地质条件下,如非均质地层、多层介质等情况下,依然能够有效地揭示地下水资源的分布和特性。

CSAMT技术的高效性使其成为提高勘探效率的有力工具,并且相较于传统的地球物理勘探方法,CSAMT不仅能够快速获取数据,而且在处理和解释方面具有较高的效率,有助于缩短勘探周期,减少勘探成本,为地下水资源的科学开发提供了更为便捷的手段。除此之外,CSAMT在地下水资源勘探中的应用效果还体现

在其提供了更为全面和立体的地质信息,基于CSAMT获得的地下电性结构图,不仅反映了地下水层的分布,还展现了地下岩石、土层等地质结构的情况。这为勘探者提供了更全局的认知,有助于制定更精准的勘探方案和更合理的地下水资源管理策略。特殊的,CSAMT在地下水资源勘探中还发挥了在非传统勘探区域的优势。对于那些传统勘探方法难以覆盖或效果有限的地区,例如山区、高地、沉积盆地等,CSAMT展现出了其适应性和广泛适用性,为这些地区的地下水资源勘探提供了新的可能性。

## 5 结语

综上所述,CSAMT技术在地下水资源勘探领域表现出卓越的效果。其高分辨率、灵敏性和快速获取数据的特点使其成为现代勘探的重要工具。通过精细化设计勘探方案、合理设置勘探参数与频率范围以及开展反演与数据模拟,CSAMT在勘探过程中能够深入了解地下水资源的分布、地质结构及特性。CSAMT不仅提高了勘探效率,缩短了勘探周期,而且为复杂地质条件下的勘探提供了可靠手段。其全面、立体的地质信息提供了更全局的认知,为科学制定勘探方案和可持续地下水资源管理策略提供了强有力的支持。

## 【参考文献】

- [1]蔡会梅.可控源音频大地电磁法在地热资源勘查中的应用[J].科技资讯,2022,20(10):3.
- [2]秦伟桃.CSAMT法在地下水资源勘查中的应用[J].地球,2016,(2):414-413.
- [3]郑鹏.高密度电法和CSAMT法在地下水勘查中的应用研究[D].四川:成都理工大学,2018.
- [4]吴广涛,畅俊斌.CSAMT在陕北白于山区地下水勘查中的应用[C].//2014年陕西省地质灾害防治学术研讨会论文集.2014:234-242.
- [5]王茂岚.CSAMT法在地下水资源勘查中的应用[J].商品与质量,2018,(37):288-289.

## 作者简介:

李庭旺(1991--),男,满族,辽宁省鞍山市人,本科,中级工程师,研究方向:物探。