

# 中深层地热勘探开发技术进展与开发对策

高 阳

山西省煤炭地质水文勘查研究院有限公司 山西 太原 030006

**摘要:** 中深层地热勘探开发技术在多个领域都取得了显著的进展。在地球物理勘探方面,利用高精度地震勘探、电磁测深等技术的不断进步,为地热资源的准确探测提供了强有力的支持。这些技术的进步使得地热资源的探测更加精准、高效。在钻井技术方面,针对中深层地热资源的特性,研究人员不断研发新型钻井液和钻具,提高了钻井效率,降低了成本。这些创新成果不仅提高了地热资源的开发效率,同时也为地热资源的可持续开发利用提供了重要的技术支持。

**关键词:** 中深层; 地热勘探; 技术进展; 开发对策

**引言:** 随着全球能源结构的转变和清洁能源的兴起,地热资源作为一种绿色、可再生的能源,越来越受到人们的关注。中深层地热资源是地热资源的重要组成部分,具有较高的温度和储量,是未来能源开发的重要方向。中深层地热勘探开发技术的发展对于满足社会对能源的需求、促进经济发展、保护环境等方面都具有重要的意义。

## 1 热源物探技术进展

### 1.1 地球物理方法创新

中深层地热勘探开发技术近年来取得了显著的进展,特别是在热源物探技术方面。地球物理方法创新是热源物探技术的重要突破,为地热资源的探测提供了更加准确和高效的技术手段。地球物理方法是一种利用物理原理研究地球内部结构和性质的学科。在热源物探领域,地球物理方法的应用可以帮助人们更好地了解地热资源的分布、储量和热源性质等信息。近年来,随着地球物理方法的不断创新,热源物探技术的准确性和效率得到了显著提高。地震成像技术是其中一种重要的地球物理方法。通过高精度地震勘探,可以获得地层内部的高分辨率图像,从而更好地了解地热资源的分布和储量情况。此外,地震成像技术还可以识别地层中的断裂带和热源等关键地质特征,为地热资源的开发利用提供更加详细的地质信息。电法勘探也是热源物探中常用的地球物理方法之一<sup>[1]</sup>。电法勘探是通过研究地层中的电场分布规律来确定地热资源的分布和储量。随着电法勘探技术的不断进步,高精度电测仪器的应用提高了电法勘探的准确性和效率。除了地震成像技术和电法勘探,电磁法也是热源物探中的重要地球物理方法。电磁法通过研究地层中的电磁场分布规律来确定地热资源的分布和储量。近年来,随着电磁法技术的不断发展,高精度电磁

测量仪器的应用为电磁法的应用提供了更加可靠的技术支持。随着技术的不断进步和创新,未来还将有更多的地球物理方法应用于热源物探领域,为地热资源的开发利用提供更加全面和详细的地质信息。

### 1.2 高精度探测仪器应用

随着中深层地热勘探开发的深入,高精度探测仪器的应用在热源物探领域中扮演着越来越重要的角色。这些高精度探测仪器不仅提高了地热资源的探测准确性,还为地热资源的开发利用提供了更加可靠的技术支持。在热源物探领域中,高精度地温测量仪是其中一种重要的高精度探测仪器。与传统的地温测量方法相比,高精度地温测量仪具有更高的测量精度和更广泛的应用范围。高精度地温测量仪可以测量地层中的温度分布情况,帮助人们了解地热资源的热源性质和分布规律。通过使用高精度地温测量仪,可以获得更加准确的地温数据,为地热资源的开发利用提供更加可靠的技术支持。除了地温测量仪,高精度地震勘探仪器也是热源物探中的重要设备。地震勘探是通过研究地震波在地层中的传播规律来确定地层内部结构和性质的一种地球物理方法。高精度地震勘探仪器可以记录地震波的细微变化,并通过对地震波的处理和分析,获取地层内部的高分辨率图像。这使得地震勘探成为地热资源勘探的重要手段,可以帮助人们了解地热资源的分布和储量情况。除了高精度地温测量仪和地震勘探仪器,还有其他的高精度探测仪器在热源物探中得到应用。例如,高精度电磁测量仪器可以用于研究地层中的电磁场分布规律,帮助确定地热资源的分布和储量。这些高精度探测仪器的应用为热源物探提供了更加全面和可靠的技术支持。随着技术的不断进步和创新,未来还将有更多的高精度探测仪器应用于热源物探领域,为地热资源的开发利用提供

更加全面和详细的地质信息。

### 1.3 人工智能与大数据应用

随着人工智能和大数据技术的快速发展，它们在热源物探领域的应用也日益广泛。人工智能和大数据技术的应用为中深层地热勘探开发提供了新的思路和方法，为热源物探带来了重要突破。人工智能在热源物探中的应用主要包括模式识别和数据分析。通过建立地热资源数据库，利用人工智能对大量数据进行处理和分析，可以识别出地热资源的分布规律和热源性质。这有助于提高地热资源勘探的准确性和效率，为地热资源的开发利用提供更加科学和可靠的支持。大数据技术在热源物探中的应用也具有重要意义。地热资源勘探涉及大量数据，包括地质数据、地球物理数据、地球化学数据等。利用大数据技术对这些问题进行高分辨率分析和处理，可以更好地了解地热资源的分布和储量情况，为地热资源的开发利用提供更加全面和详细的信息。此外，人工智能和大数据技术的应用还可以帮助优化地热资源的开发利用过程。通过建立地热资源数据库，利用人工智能和大数据技术对历史数据进行处理和分析，可以预测未来地热资源的动态变化，为地热资源的可持续开发提供决策支持。

### 1.4 动态监测技术

动态监测技术是中深层地热勘探开发的重要技术，它能够实时获取地热资源的动态变化情况，为地热资源的合理开发和利用提供决策支持。地温监测是动态监测技术的重要手段。通过在地热资源区域设置地温监测点，可以实时监测地温的变化情况。地温监测可以帮助人们了解地热资源的热源性质和分布规律，同时也可以监测地热资源的开发利用效果。通过地温监测数据的分析，可以及时发现地热资源的变化情况，为地热资源的可持续开发提供保障。除了地温监测，水位监测也是动态监测技术的关键手段之一<sup>[2]</sup>。通过在地热资源区域设置水位监测点，可以实时监测水位的动态变化情况。水位监测可以帮助人们了解地热资源的储量和补给情况，同时也可以监测地热资源的开发利用对地下水的影响。通过水位监测数据的分析，可以及时发现地下水的变化情况，为地热资源的可持续开发提供决策支持。此外，动态监测技术还可以结合其他地球物理方法进行综合应用。例如，可以利用地震监测技术实时获取地层内部的地震波变化情况，结合地温监测和水位监测数据进行分析，更全面地了解地热资源的分布和储量情况。

## 2 中深层地热勘探开发对策

### 2.1 加强地质勘查工作

地质勘查工作可以为勘探和开发提供准确的地质信息，为工程决策提供科学依据。加强地质勘查工作可以获得准确的地质信息。通过对目标区域的地质调查、地球物理勘探和地球化学分析，可以了解地下地质结构、岩石类型和热储层的分布情况。这些准确的地质信息对中深层热能资源的勘探和开发具有重要意义。通过深入地质勘查，可以确定热能资源的储量、潜在温度、产出能力和持续性等关键参数。这有助于评估热能资源的可开发性和经济性，为后续开发工作提供科学依据。在中深层地热勘探开发中，可能面临地下水位、地质构造、地热温度等方面的限制和挑战。通过充分的地质勘查工作，可以对地质风险进行识别和评估，制定相应的风险控制 and 工程设计策略。准确的地质勘查工作可以减少勘探风险和工程失败的可能性，提高中深层地热能勘探和开发的成功率。同时，地质勘查工作还可以帮助规划和设计合理的开发方案，提高资源的利用效率和经济效益。

### 2.2 优化开发方案

在中深层地热勘探开发中，优化开发方案是一种重要的对策。通过优化开发方案，可以提高勘探和开发效率，降低成本，同时保护环境。优化开发方案可以通过科学的勘探方法和技术，提高勘探的准确性和效率。采用现代化的勘探工具和技术，如地震勘探、电磁勘探、重力勘探等，可以更清晰地了解地下地质结构和热储层的分布情况，从而提高地热资源的探测准确性，并减少不必要的勘探工作和成本。优化开发方案需要进行全面的资源评估和风险评估。通过对地热资源的数量、温度、产出能力等进行准确评估，可以制定出高效、可行的开发方案。同时，对地质风险、环境风险和社会风险进行综合评估，制定出合理的风险控制措施，以保障勘探和开发工作的顺利进行<sup>[3]</sup>。优化开发方案还需要考虑可持续性和环境保护。在制定开发方案时，应注重资源的可持续利用，充分考虑生态环境和社会利益，避免对环境资源的过度破坏和污染。对于地热能开发过程中产生的废物和废水，要进行有效处理和回收，以保护环境和节约资源。优化开发方案需要合理安排开发的时间和规模。考虑地热资源的自然补给能力和地热系统的稳定性，制定出合理的开发周期和规模，以避免资源过度开采和系统失衡。

### 2.3 推广先进技术和设备

通过引进和应用先进技术和设备，可以提高勘探和开发效率，降低成本，推动行业的发展和创新。推广先进技术和设备可以提高勘探的准确性和效率。例如，

引入先进的地震勘探、电磁勘探、重力勘探等高精度的地质勘探技术,可以提供准确的地质信息和热储层的分布情况,为勘探工作提供科学依据。同时,先进的勘探设备和仪器,如先进的钻探设备、测井设备等,可以提高勘探的速度和效率。在地热能的开发过程中,引入先进的抽采设备、热交换器、输送管道及控制系统等,可以提高能源转换效率和系统运行的稳定性。例如,采用先进的热泵技术、地源热泵系统等,可以实现地热能的高效利用和集约化开发。先进的技术和设备具有高效节能、可靠性强、操作简便等特点,可以提高工作效率并减少能源的浪费。同时,先进的设备和技术通常具备较低的维护成本和风险,具有较长的使用寿命,有效降低勘探和开发的成本和风险。引进和推广先进技术和设备可以促进技术进步,推动相关行业的升级和发展。通过技术创新和不断改进,可以提高中深层地热勘探开发的效率和可持续性,为可再生能源领域的可持续发展做出贡献。

#### 2.4 建立地热资源评价体系

中深层地热资源勘探开发对于满足社会对清洁能源的需求具有重要意义。在勘探开发过程中,建立地热资源评价体系是关键的一步,它能够为后续的开发利用提供重要的基础数据和信息。地热资源储量评价是地热资源评价体系的核心部分。通过对中深层地热资源的详细勘察,获取地热资源的分布范围、储量、品质等相关信息。这些信息对于制定开发利用方案、确定开发规模等具有重要的作用。同时,地热资源储量评价还能够为地质勘查、钻井工程等提供重要的依据。地热水化学类型及循环平衡温度的确定能够为地热水的利用提供重要的参考。通过对地热水的化学成分进行分析,可以了解地热水的腐蚀性、结垢性等特性,为地热水管道设计、设

备选材等提供依据<sup>[4]</sup>。同时,循环平衡温度的确定能够为地热资源的开发利用提供重要的热力学参数。地热水循环空间探测能够为中深层地热资源的开发提供重要的空间信息。通过对地热水循环空间进行详细探测,了解地热水的主要补给源、径流方向、循环深度等信息,为地热水的开发利用提供重要的空间依据。可开采资源量估算能够为中深层地热资源的开发利用提供重要的数量依据。通过对中深层地热资源的可开采资源量进行估算,了解可开采资源的地质条件、分布范围、数量等信息,为制定开发利用方案、确定开发规模等提供重要的数量依据。通过该体系的建立,能够为中深层地热资源的开发利用提供重要的基础数据和信息,为后续的开发工作提供重要的支持和指导。

#### 结语

未来,我们应继续加强研究和实践,探索更加先进、高效的技术和方法,以推动中深层地热资源的可持续发展。我们应加大对地热资源勘探开发技术的研究力度,通过引进国际先进技术、加强自主研发等方式,不断提高我国地热资源的勘探精度和开发效率。同时,我们还应注重环境保护,采取合理的开发方案和措施,减少对环境的影响和破坏。

#### 参考文献

- [1]杨凡.中深层地源热泵系统在区域集中供热中的应用[J].建筑节能,2020,48(06):102-104+116.
- [2]黄波.中深层地热勘探开发技术进展与开发对策[J].石化技术,2018,25(06):204.
- [3]苟秋平,牛书霞.中深层地热水利用系统[P].河南省:CN210197760U,2020-03-27.
- [4]李四海,张华,王建平.中深层地热勘探技术与开发策略[J].地质学报,2020,94(1):1-11.