

地热资源开发过程中潜在地下水环境问题

宋倩

河北省地质矿产勘查开发局第三水文工程地质大队, 中国·河北 衡水 053000

摘要: 随着全球能源危机的加剧和环保意识的提升, 地热资源作为一种清洁、可再生的能源, 其开发利用日益受到重视。然而, 地热资源的开发过程往往伴随着地下水环境的潜在问题。论文首先介绍了地热资源开发利用的背景和重要性, 其次详细探讨了地热资源开发过程中可能引发的地下水环境问题并提出了相应的防治对策, 最后总结了地热资源开发与环境保护之间的关系并提出了未来的研究方向。

关键词: 地热资源; 开发利用; 地下水环境; 环境保护; 防治对策

Potential Groundwater Environmental Issues During Geothermal Resource Development

Qian Song

The Third Hydrogeological Engineering Geological Brigade of Hebei Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Hengshui, Hebei, 053000, China

Abstract: With the intensification of the global energy crisis and the increasing awareness of environmental protection, geothermal resources, as a clean and renewable energy source, are increasingly being valued for their development and utilization. However, the development process of geothermal resources often comes with potential issues with the groundwater environment. The paper first introduces the background and importance of geothermal resource development and utilization, then explores in detail the potential groundwater environmental problems that may arise during geothermal resource development, and proposes corresponding prevention and control measures, finally, the relationship between geothermal resource development and environmental protection is summarized, and future research directions are proposed.

Keywords: geothermal resources; development and utilization; groundwater environment; environmental protection; prevention and control measures

1 引言

随着全球能源需求的不断增长和环境污染问题的日益严重, 寻找清洁、可再生的替代能源已成为全球共识。地热资源作为一种广泛分布、储量巨大的清洁能源, 具有巨大的开发潜力和应用前景。然而, 地热资源的开发过程中, 由于对地下水资源的利用和改造, 可能引发一系列地下水环境问题, 如水位下降、水质污染、地面沉降等。因此, 如何在保证地热资源有效开发的同时, 减少对地下水环境的负面影响, 成为当前亟待解决的问题。

2 地热资源的开发利用现状

地热资源的开发利用正逐渐成为全球能源战略的重要组成部分, 其主要包括浅层地热资源、中深层水热型地热资源和深部干热岩型地热资源等多种类型。这些不同类型的地热资源在开发利用过程中展现出了各自的独特优势和特点。浅层地热资源主要指的是位于地表以下一定深度(通常小于 200 米)的低温地热资源。这种资源的开发模式以土壤源热泵和地下水源热泵为主。土壤源热泵通过埋设在地下的管道系统与土壤进行热交换, 实现能量的传递与利用; 而地下水源热泵则利用地下水作为热交换介质, 通过水泵将地下水循

环送入热泵机组进行热交换。这两种方式在提供稳定的热源或冷源的同时, 对地下水环境的影响相对较小。中深层水热型地热资源通常指的是位于地下数百米至数千千米之间的高温地热资源。这类资源的开发模式主要包括直接开采、采灌结合和单井循环等。直接开采是指直接从地下热储层中抽取高温地热水进行利用; 采灌结合则是通过人工回灌的方式, 将经过利用的地热水回灌至地下热储层中, 以保持地下水位和温度的相对稳定; 单井循环则是利用同一口井进行地热水的抽取和回灌, 实现能量的循环利用。这些开发模式在提供大量热能的同时, 也可能对地下水环境造成一定影响, 如水位下降、水质变化等。深部干热岩型地热资源是指位于地下数千千米以下的高温岩体。这类资源的开发难度较大, 但潜力巨大。目前, 主要通过水力压裂或化学刺激等储层改造技术, 形成增强型地热系统(EGS)进行开发利用。在 EGS 系统中, 通过人工制造裂缝网络, 提高岩体的渗透性, 使低温流体能够注入并流经高温岩体, 从而实现热能的提取和利用。这一开发模式对地下水环境的影响较为复杂, 需要充分考虑其对地下水流场、温度场和化学场的影响。总的来说, 地热资源的开发利用在提供清洁能源的同时, 也对地下水环境产生了一定的影响。因此, 在开发过程中需要综合考虑经济效益和

环境保护的平衡问题, 确保资源的可持续利用和环境的可持续发展。

3 地热资源开发过程中潜在地下水环境问题

3.1 地下水位下降

地热资源的开采过程中, 通常会通过钻井等方式大量抽取地下热水。这种长期且大量的抽取会导致地下水位显著下降, 进而产生一系列连锁反应。首先, 地下水位的下降会影响地下水的自然补给和径流过程, 导致地表水体的水量减少, 甚至可能引发河流断流、湖泊干涸等现象。其次, 地下水位下降还会影响到地表植被的生长和土壤的水分含量, 导致土壤干燥、植被退化, 进一步加剧生态环境的恶化。最后, 地下水位下降还可能引发地面沉降等地质问题, 对建筑物和基础设施的稳定性构成威胁。

3.2 水质污染

地热水通常含有较高的硫化物、氯化物等有害物质, 这些物质在地热资源的开采和利用过程中可能会随着地下水一起被抽取出来。如果这些有害物质未经处理或处理不当就直接排放到环境中, 会对地下水环境造成严重的污染。受污染的地下水不仅失去了原有的使用价值, 还可能通过食物链等途径对人类健康造成威胁。此外, 地下水污染还可能对生态系统造成破坏, 影响生物多样性和生态平衡。

3.3 地面沉降

地热资源的长期开采和大量抽取地下热水可能导致地层结构发生变化, 进而引发地面沉降等地质问题。地面沉降不仅会对周边环境和建筑安全构成威胁, 还可能导致地壳下沉、道路损坏等问题, 对交通运输和居民生活造成不便。此外, 地面沉降还可能对地下管道和设施造成破坏, 增加维修和更换的成本。为了预防和控制地面沉降, 需要采取一系列措施, 如合理规划地热资源的开采布局和开采量、加强地层结构的监测和评估、采取适当的工程措施增强地层稳定性等。同时, 还需要加强地质灾害的预警和应急响应能力, 及时应对可能发生的地面沉降等地质灾害。

4 防治对策

4.1 提高回灌能力

面对地热资源开发过程中可能引发的地下水环境问题, 必须采取一套综合性的防治对策, 确保地下水资源的可持续利用与生态环境的稳定。第一, 需要科学规划地热资源的开采与回灌系统。这要求在进行地热开发前, 对地质条件、地下水流动情况进行详尽的勘查和模拟。基于这些数据, 可以设计出合理的开采井和回灌井布局, 确保开采过程中能够最大限度地减少对地下水资源的干扰, 同时确保回灌过程能够有效补充地下水, 维持水位的稳定。第二, 需要严格把控回灌水质。回灌水的质量直接关系到地下水环境的健康与安全。因此, 需要建立一套严格的水质监测和管理制度, 确保回灌水符合相关标准和要求。这包括控制水中的有害物质含

量、调节水的温度和 pH 值等, 以确保回灌水不会对地下水环境造成负面影响。第三, 需要积极引进和采用先进的回灌技术。这些技术能够提高回灌效率, 减少水资源的浪费, 并确保回灌水能够均匀、有效地渗透到地下含水层中。例如, 压力回灌技术可以通过增加回灌水的压力, 使水更容易渗透到地下含水层中; 真空回灌技术则可以通过降低回灌井内的压力, 使水更容易被吸入地下含水层中。第四, 需要加强回灌井的维护和管理。定期对回灌井进行检修和维护, 确保其正常运行。同时, 加强回灌井的监测和评估工作, 及时发现问题并采取相应措施解决。例如, 通过安装水位监测仪、水质监测仪等设备, 实时监测回灌井的运行状态和水质情况, 以便及时发现问题并采取相应的处理措施。第五, 需要加强与其他部门的合作与沟通。地热资源的开发涉及多个领域和部门, 需要各方共同努力才能取得良好的效果。因此, 需要与地质、环保、水利等部门加强合作与沟通, 共同制定科学合理的防治对策, 确保地热资源的合理开发和利用, 为地方经济发展和环境保护作出积极贡献。综上所述, 防治地热资源开发过程中可能引发的地下水环境问题需要采取一套综合性的防治对策。这包括科学规划开采与回灌系统、严格把控回灌水质、积极引进先进回灌技术、加强回灌井的维护和管理以及加强与其他部门的合作与沟通。只有这样, 才能确保地下水资源的可持续利用和生态环境的稳定。

4.2 加强水质监测与处理

在应对地热资源开发可能引发的地下水环境问题时, 需要制定一系列细致而全面的防治对策, 尤其需要重点关注水质监测与处理环节。建立严格且连续的水质监测系统至关重要。需要在地热资源开发的关键环节和区域设立多个监测点, 对地热水的各项关键指标进行实时监测。这些指标包括但不限于水温、pH 值、溶解氧、重金属含量、有机污染物浓度等。通过对这些指标的连续跟踪和数据分析, 能够及时了解地热水的质量变化, 并据此制定相应的管理措施。为了确保地热水在排放或利用过程中不会对环境造成污染, 需要采用科学的处理方法对地热水中的有害物质进行去除或降低其浓度。这包括物理方法(如沉淀、过滤、吸附等)、化学方法(如中和、氧化、还原等)和生物方法(如生物降解、生物吸附等)。将根据地热水的具体成分和污染程度, 选择最适合的处理方法或多种方法的组合, 确保地热水在排放或利用前达到相关标准。为了提高处理效率和效果, 将不断优化处理流程。通过引入先进的自动化和智能化技术, 可以实现处理过程的自动化控制和智能化管理, 减少人为因素对处理效果的影响。同时, 还将对处理设备定期进行维护和升级, 确保其始终处于最佳工作状态。在地热资源开发过程中, 将积极推广绿色开采技术。这些技术旨在减少地热资源开发对地下水环境的影响, 包括采用低影响开发方式、优化开采布局、加强开采过程中的环境保护措施等。通过这些措施, 可以实现地热资源的可持续利用, 同时维护地下水环境的健康

与稳定。还将加强公众对地热资源开发和水质保护重要性的宣传与教育。通过普及相关知识、增强公众环保意识、鼓励公众参与监督等方式,可以形成全社会共同关注和支持地热资源开发与水质保护的良好氛围。

4.3 优化开采方案

在地热资源的开发过程中,为了确保资源的可持续利用,并同时保护地下水环境,优化开采方案是一项至关重要的措施。这一策略不仅涉及对地质条件的深入研究和资源分布情况的精确分析,还需要综合考虑多个方面的因素,以实现地热开发与环境保护的双赢。首先,优化开采方案需要对地质构造、岩层分布以及地热流体流动规律等自然因素进行全面评估。这包括通过详细的地质勘探和先进的地球物理探测技术,获取地下的准确信息,了解地热资源的赋存状态和流动特性。基于这些信息,可以制定出符合地质特点的开采方案,避免在开采过程中破坏地质结构,减少对地下水环境的干扰。其次,资源分布情况是优化开采方案的重要依据。通过对地热资源的储量、品质、分布范围等进行综合评估,可以确定合理的开采范围和开采量。这有助于避免过度开采和浪费资源,同时确保开采活动不会对地下水环境造成过大的压力。在资源分布不均的地区,可以优先开采资源丰富的区域,以满足市场需求,并减轻对地下水环境的影响。再次,优化开采方案还需要考虑市场需求和环境保护要求。在制定开采计划时,应充分考虑市场需求的变化趋势,合理安排开采节奏和开采量,确保地热资源的稳定供应。同时,还应严格遵守环境保护法规和标准,采取必要的环境保护措施,如建设废水处理设施、减少噪声和废气排放等,以最大限度地减少开采活动对地下水环境的负面影响。最后,优化开采方案还需要加强监测和管理。通过建立完善的监测网络,实时监测地下水环境的变化情况,及时发现并处理可能出现的环境问题。同时,还应加强对开采活动的监管和管理,确保开

采活动符合相关法规和标准,防止违规操作和不当行为对地下水环境造成损害。综上所述,优化开采方案是防治地热资源开发过程中地下水环境问题的关键措施之一。通过全面考虑地质条件、资源分布情况、市场需求和环境保护要求等因素,制定出科学合理的开采方案,可以最大限度地减少对地下水环境的影响,实现地热资源的可持续利用。

5 结语

随着科技的进步和环保意识的提高,地热资源的开发利用将在未来发挥更加重要的作用。有理由相信,在政府和社会的共同努力下,地热资源产业将迎来更加广阔的发展前景。同时,地热资源的开发利用必须建立在保护地下水环境的基础之上。只有这样,才能真正实现经济效益与环境保护的双赢。

参考文献:

- [1] 张太平,刘洋,丁若伟,等.横向热扩散作用对地热资源开发过程中单井注抽试验的影响机理[J].安全与环境工程,2021,28(6):138-143+150.
- [2] 田振环,王厚杰,王威,等.海上地热能开发现状及其对中国的启示[J].海洋地质前沿,2024,40(6):1-12.
- [3] 尹欣欣,蒋长胜,翟鸿宇,等.全球干热岩资源开发诱发地震活动和灾害风险管控[J].地球物理学报,2021,64(11):3817-3836.
- [4] 赵志宏,刘桂宏,王佳铖,等.城市深层地热能可持续开采多场耦合效应数值模拟研究进展[J].煤炭学报,2023,48(3):1126-1138.
- [5] 宾德智.地热资源开发中的几个问题[C]//2006年全国城市地热资源开发保护与经济评价论坛论文集,2006:137-139.
- [6] 闫海渠.河北省煤矿区地热异常与地热资源开发前景浅议[J].地球学报,2000,21(2):147-150.

作者简介:宋倩(1984-),女,本科,高级工程师,从事水文地质、环境地质、地热地质等研究。