

地热资源开发利用中的水文地质问题及解决途径

张 玉¹ 董 伟²

1. 重庆市地质矿产勘查开发局205地质队 重庆 402100

2. 重庆市南江勘测设计有限公司 重庆 401121

摘 要: 地热资源开发利用中面临诸多水文地质问题,如地下水影响、地面沉降、热污染及地质灾害等。这些问题对地热资源的可持续利用及周边环境造成潜在威胁。为解决这些问题,需加强水文地质调查与评估,优化开发方案,实施地下水保护与回灌措施,严格控制热污染,并加强地质灾害的预防与监测。通过综合施策,确保地热资源的合理开发与环境保护相协调。

关键词: 地热资源开发;水文地质问题;解决途径

1 地热资源概述

1.1 地热资源定义

地热资源是指贮存在地球内部的可再生热能,是一种集地热能、矿物能、水、气一体的宝贵的能源矿产。它主要来源于地球内部放射性元素的衰变和地核的高温熔融体,具有储量大、可再生、清洁环保等特点。地热资源包含有三种可被利用的资源概念:第一种是地热能,像煤炭、石油和天然气一样,可以为人类提供能源;第二种是地热流体,主要是热水或热蒸汽,如人们常见的温泉;第三种是地热流体中的有用组分,如富含氟离子、碘离子、锶离子等有益人体离子的热矿水。

1.2 地热资源开发利用现状

近年来,全球地热能开发利用发展迅速,特别是在中国,地热资源直接利用连续多年位居世界首位。中国地热能开发利用形式主要分为直接利用和间接利用,目前以直接利用为主,包括地热供暖、地热制冷、地热干燥、温泉洗浴和地源热泵等。截至2023年,我国地热能直接利用能力折合已超过110GW,地热资源在供暖制冷、发电、工业供热以及种植养殖等多个领域发挥着重要作用^[1]。尽管我国地热资源丰富且利用成果显著,但在开发利用过程中仍面临诸多挑战。例如,地热资源勘查研究程度较低,不能满足市场开发需求;地热资源开发利用规模化、产业化水平不高,存在浪费资源、破坏环境等问题。对于高温地热资源的勘查与开发利用,与欧美发达国家相比还存在较大差距。

2 地热资源开发利用中的水文地质基础

2.1 地热资源开发利用中的水文地质基础

地热资源的开发利用与水文地质条件之间存在着密不可分的联系。水文地质基础作为一门研究地下水分布、运动规律及其与岩石、土壤等相互作用的学科,为

地热资源的勘查、开发和利用奠定了坚实的理论基础。在地热资源的开发过程中,深入了解和掌握地热流体(如热水、热蒸汽)的储层特性、补给来源、运移路径以及排泄方式等水文地质条件显得尤为重要。这些条件不仅直接影响着地热资源的储量和品质,还决定着地热资源的可持续利用程度。因此在进行地热资源开发前,必须对相关区域的水文地质条件进行全面、系统的研究,以确保地热资源的合理开发,同时避免对地下环境和地表生态造成不可逆转的损害。

2.2 地热资源勘查中的水文地质调查内容

地热资源勘查中的水文地质调查是地热资源开发利用不可或缺的前期工作环节。调查内容涵盖了多个方面,首先是对地热储层的岩性、结构、厚度和分布范围进行详细勘探,以了解储层的储热能力和热流体运移的通道情况。其次,需要对地热流体的温度、压力、流量和化学成分等特征进行全面分析,这些特征直接反映了地热资源的品质和利用价值。另外,还需要查明地热流体的补给、运移和排泄条件,包括补给源的位置、运移路径的走向以及排泄方式等,这对于评估地热资源的可持续利用程度具有重要意义。最后,还需要研究地热储层与周边水文地质环境的相互关系,包括地下水位的动态变化、地下水的化学成分变化以及地表水与地下水的相互转化等,以全面评估地热资源开发对周边环境的影响,为地热资源的可持续开发提供科学依据和保障。

3 地热资源开发利用中的水文地质问题

3.1 地下水影响

在地热资源的开发利用过程中,地下水的影响是一个不可忽视的问题。地热流体往往与地下水系统紧密相连,地热开发活动很可能会对地下水的水位、水质和流场产生显著影响。一方面,地热开采过程中,大量的地

热流体被抽取出来,如果补给速度跟不上抽取速度,就会导致地下水位下降,进而影响到周边地区的地下水供需平衡^[2]。另一方面,地热流体中含有的各种化学物质,在开采过程中可能会与地下水发生混合,改变地下水的化学成分,甚至造成地下水污染。这种污染不仅可能影响到地下水的饮用安全,还可能对生态环境造成长远的影响。

3.2 地面沉降

地面沉降是地热资源开发利用中另一个严重的水文地质问题。地热流体通常储存在地壳的深层,为了开采这些流体,往往需要钻打深井。在开采过程中,随着地热流体的不断抽取,地层中的孔隙压力会逐渐降低,导致地层骨架发生压缩变形。这种变形在地表就表现为地面沉降。地面沉降不仅会影响到地表的建筑物和基础设施的安全,还可能破坏地下管线和井筒,对地热开发活动本身造成威胁。此外,地面沉降还可能引发地质灾害,如地裂缝、滑坡等,对人民生命财产安全构成严重威胁。

3.3 热污染

热污染是地热资源开发利用中一个独特且严重的问题。地热流体通常具有较高的温度,当这些流体被抽取到地表并用于供暖、发电等目的时,其携带的热量会释放到环境中。如果这种热量的释放没有得到有效的控制和利用,就可能导致周边环境的温度升高,对生态环境造成破坏。例如,热污染可能会影响水生生物的生存和繁殖,破坏水生生态系统的平衡;高温的地热流体还可能对土壤和植被造成热害,影响陆地生态系统的稳定。热污染还可能引发一系列连锁反应,如加剧城市热岛效应、影响局部气候等。

3.4 地质构造稳定性

地质构造稳定性是地热资源开发利用中必须考虑的一个重要因素。地热流体通常储存在地壳的深层断裂带或岩浆房附近,这些区域的地质构造往往比较复杂且不稳定。在地热开发过程中,如果忽视了地质构造稳定性的评估和控制,就可能导致地质灾害的发生。例如,开采地热流体可能会诱发地震、地裂缝等地质灾害;地热开发活动还可能对地壳应力场产生扰动,进一步加剧地质构造的不稳定性。地质构造的不稳定性还可能影响到地热井的稳定性和安全性,对地热开发活动的顺利进行构成威胁。

4 地热资源开发利用中的水文地质问题解决途径

4.1 加强水文地质调查与评估

在地热资源的开发利用过程中,加强水文地质调查

与评估是解决相关水文地质问题的首要途径。地热资源往往与地下水系统紧密相连,因此在开发前必须进行全面、系统的水文地质调查。这包括对地热储层的岩性、结构、厚度、分布范围以及储水性能进行详细勘探,查明地热流体的补给来源、运移路径和排泄方式,以及地热流体与地下水的相互作用关系。还需要对地热流体的温度、压力、流量和化学成分等特征进行全面分析,以评估地热资源的品质和利用价值。在调查的基础上,应进行科学的水文地质评估。评估内容应包括地热资源开发的可行性、可持续性以及对周边环境的影响程度。通过评估,可以确定合理的开发规模、开发方式和开发时序,为地热资源的开发利用提供科学依据。评估还应考虑地热资源开发过程中可能遇到的水文地质问题,如地下水影响、地面沉降、热污染和地质灾害等,并提出相应的预防和治理措施^[3]。为了加强水文地质调查与评估工作,需要建立健全的调查评估体系。这包括制定完善的调查评估规范和标准,明确调查评估的内容、方法和要求;加强调查评估队伍的建设和培训,提高调查评估人员的专业素质和技术水平;加大调查评估工作的投入力度,确保调查评估工作的顺利进行。

4.2 优化地热资源开发方案

优化地热资源开发方案是解决水文地质问题的关键途径之一。在开发方案的制定过程中,应充分考虑水文地质条件的影响,确保开发方案的科学性、合理性和可行性。首先,应根据水文地质调查与评估的结果,确定合理的开发规模和开发方式。开发规模应与地热资源的储量和品质相匹配,避免过度开采导致地下水水位下降、地面沉降等问题的发生。开发方式应选择对周边环境影响较小的方式,如采用封闭式循环系统,减少地热流体与地下水的直接接触,降低对地下水的影响。其次,应优化地热井的布局和设计,地热井的布局应遵循“分散布局、合理开采”的原则,避免地热井过于集中导致局部地区地下水水位下降过快。地热井的设计应考虑地层结构、岩性特征和水文地质条件等因素,确保井筒的稳定性和安全性。另外,还应加强地热资源开发的管理和监督。建立健全的管理制度,明确开发过程中的责任和义务,加强对开发活动的监管和执法力度。应加强对地热资源开发的科学研究和技术创新,推动地热资源开发技术的进步和升级,提高地热资源的利用效率和开发效益。

4.3 实施地下水保护与回灌措施

实施地下水保护与回灌措施是解决地热资源开发中地下水影响问题的重要途径。在地热资源开发过程中,

由于大量抽取地热流体,可能会导致地下水水位下降、水质恶化等问题。为了保护地下水资源,一方面,应加强地下水的保护工作。建立健全的地下水保护制度,明确保护范围和保护要求,加强对地下水开采的监管和管理。应加强对地下水水质的监测和检测,及时发现并处理地下水污染问题。对于已经受到污染的地下水,应采取有效的治理措施,恢复地下水的使用功能。另一方面,应实施地下水回灌措施,将经过处理的地热流体或废水回灌到地下含水层中,以补充地下水储量,维持地下水水位的稳定。回灌措施应遵循“等量回灌、水质达标”的原则,确保回灌的水质符合地下水质量标准,避免对地下水造成二次污染。应加强对回灌过程的监测和管理,确保回灌效果的有效性和可持续性。为了实施地下水保护与回灌措施,需要加强相关技术的研发和应用。研发高效的地下水保护技术和回灌技术,提高地下水保护和回灌的效果和效率。同时应加强对相关技术的培训和推广,提高地下水保护和回灌工作的技术水平和普及程度。

4.4 热污染控制与治理

热污染是地热资源开发中一个独特且严重的问题。为了解决这一问题,必须采取有效的控制和治理措施。应加强热污染的控制工作,在地热资源的开发过程中,应严格控制地热流体的排放温度和排放量,避免高温流体直接排放到环境中造成热污染。同时应加强对地热开发活动的监管和管理,确保开发活动符合环保要求和标准。对于已经产生热污染的地区,应采取有效的治理措施,如建设冷却设施、增加绿化面积等,降低环境温度,减轻热污染的影响。应积极推动热污染的治理工作,对于已经受到热污染影响的区域,应制定详细的治理方案,明确治理目标、治理措施和治理时限。治理方案应充分考虑区域的环境特点和生态需求,确保治理工作的科学性和有效性。应加强对治理过程的监测和管理,确保治理效果的可持续性和稳定性。为了加强热污染控制与治理工作,需要加强相关法规的制定和执行。制定完善的热污染控制和治理法规,明确相关责任和义务,加强对违法行为的处罚和制裁力度。同时应加强对热污染控制和治理工作的宣传和教育,提高公众对热污染问题的认识和重视程度。

4.5 地质灾害预防与监测

地质灾害是地热资源开发中必须高度重视的问题。

为了预防地质灾害的发生并减少其损失,应加强地质灾害的预防工作,在地热资源的开发过程中,应充分考虑地质构造稳定性的影响,避免在地质构造复杂、不稳定的区域进行开发活动。应加强对开发区域的地质勘查和评估工作,查明地质构造特征、岩性分布和地下水活动等情,为地质灾害的预防提供科学依据^[4]。对于已经存在地质灾害隐患的区域,应采取有效的工程措施进行加固和治理,提高地质的稳定性和安全性。应加强对地质灾害的监测工作。建立健全的地质灾害监测体系,明确监测内容、方法和要求。加强对开发区域的地质灾害监测点的布设和管理,确保监测数据的准确性和可靠性,应加强对监测数据的分析和处理,及时发现地质灾害的预兆和迹象,为灾害的预警和应急响应提供有力支持。为了加强地质灾害预防与监测工作,需要加强相关技术的研发和应用。研发高效的地质灾害预测和监测技术,提高地质灾害预防和监测的效果和效率。应加强对相关技术的培训和推广,提高地质灾害预防和监测工作的技术水平和普及程度。另外,还应加强对地质灾害预防和监测工作的宣传和教,提高公众对地质灾害问题的认识和重视程度,形成全社会共同参与地质灾害预防和监测的良好氛围。

结束语

地热资源作为清洁能源,其开发利用前景广阔。面对水文地质问题,应秉持科学、谨慎的态度,采取有效措施加以解决。通过不断加强技术研发与管理创新,实现地热资源的可持续利用,为经济社会发展贡献绿色动力。同时也应注重公众参与和科普宣传,共同守护我们的地球家园。

参考文献

- [1] 薛宇泽、陶鹏飞、韩元红.渭河盆地中深层地热资源开发存在问题及改进措施[J].资源环境与工程,2020,v.34;No.141(03):115-118.
- [2] 鄂建、朱明君、杨露梅、魏永耀、陈明珠.浅层地热能开发利用存在的问题与对策分析[J].环境与发展,2020,v.32;No.172(11):219-220.
- [3] 尚宇宁.地热资源开发引起的环境地质问题初探[J].冶金与材料,2020,v.40;No.152(01):192+194.
- [4] 余静、欧阳翔.地热资源开发利用中的主要环境问题分析[J].中国资源综合利用,2020,38(04):108-110.