

浅层地热能特征及开发利用研究

张 跃

中冶沈勘工程技术有限公司 辽宁 沈阳 110169

摘 要：浅层地热能，作为一种可再生、清洁的能源，储量丰富且分布广泛。地源热泵技术能有效利用浅层地热能，满足建筑供暖、供冷及热水需求，实现高效节能减排。本文研究了浅层地热能的特性，分析其在开发过程中遇到的地下水回灌、热突破等问题，提供相应的开发建议，以期推动浅层地热能建筑和能源行业的广泛应用，促进清洁能源利用和环境保护的进步。

关键词：浅层地热能；温度；回灌

引言：随着全球经济的快速发展，能源需求持续增长，而传统能源的开采和使用带来的环境问题也日益凸显。浅层地热能，正以其独特的优势，逐渐崭露头角，成为传统能源的重要替代者。它不仅具有储量丰富、分布广泛的特点，而且在使用过程中几乎不产生任何污染，对于减少环境污染、保护生态环境具有重要意义。因此，积极研究和推广浅层地热能的开发利用技术，对于实现能源可持续发展、构建绿色低碳社会具有重要意义。

1 浅层地热能概述

浅层地热能是一种来自地球内部的可再生能源，是由地球内部热量向地表传递而形成的热能资源。这种能源存在于地表以下几十米到几千米的浅层区域，是一种广泛分布并且具有广泛应用前景的热能资源。浅层地热能的开发利用涉及多个领域，包括地热供暖、地热发电、温室种植等，具有重要的环保、经济和社会效益。第一，浅层地热能是一种洁净能源，相比传统的化石燃料，如煤、石油和天然气，浅层地热资源的开采和利用过程中无燃烧产物的排放，这样避免了对空气和环境造成的污染，有助于减少温室气体的排放，对于缓解气候变暖和减少环境污染具有显著的积极作用。第二，浅层地热能是一种可再生能源。地球内部热量是持续存在的，而且受地球热核和火山活动的不断补充，因此其可再生性非常高。通过科学合理的开发和利用，可以实现对浅层地热能资源的持续开采，为未来提供稳定的热能供应和能源保障。第三，浅层地热能的应用领域非常广泛。在地热供暖领域，浅层地热能可以通过地源热泵等技术提取介质中的能量，实现建筑物的供暖和制冷，减少能源消耗和温室气体的排放。在地热发电中，可以通过利用地下热水或蒸汽驱动机组，实现地热能源的电力生产^[1]。此外，浅层地热能也适用于温室种植、水资源开发利用等领域，为农业和工业生产提供稳定的热能支

持。第四，浅层地热能作为一种清洁、可再生的能源资源，不仅可以为人们提供稳定、清洁和高效的热能供应，还能够推动社会经济的可持续发展。

浅层地热能在我国利用最广的是通过地源热泵机组提取土壤/水中的能量实现对建筑物的供暖制冷，地源热泵系统分为埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。在全球能源转型和应对气候变化的背景下，浅层地热能具有重要的战略地位。因此，为了实现其最大潜力的开发利用，需要进一步深入研究浅层地热能资源概况、开发技术和应用领域，促进其在能源领域的广泛应用，为建设清洁低碳的社会、助力我国实现“双碳目标”等做出积极贡献。

2 浅层地热能特征分析

2.1 分布

浅层地热能的储量和分布是决定其开发利用潜力的重要因素，浅层地热能的储量丰富但分布不均，受地质构造、岩浆活动、水文地质条件等因素影响。浅层地热能储量丰富，地球内部的热量源源不断地向地表传递，形成了丰富的地热资源。据估算，地球上大部分地区的浅层地热资源潜力都很大，可以提供可持续的能源供应。特别是在地质活动频繁区域，如环太平洋地热带、郯庐断裂带等，浅层地热储量更加丰富，有利于资源的开发利用。浅层地热能分布不均，地球的地质构造和热流分布不均匀，导致浅层地热资源的分布也存在差异^[2]。地热活跃带和火山地区等地质构造活跃的区域通常拥有更为丰富的地热资源。而一些地质年代较老、地热条件较差的地区，其地热资源相对较少。浅层地热能的储量和分布直接影响着其开发利用的可行性和效益，科学的勘查和评估技术对于准确估算浅层地热资源的储量和分布至关重要，它们为资源开发提供了决策依据。

2.2 温度特性

浅层地热能温度特性是指其随着深度变化而发生的温度变化规律,这直接影响着地热资源的开发潜力及其利用方式,通常来说,地热资源的利用受温度高低限制,因此深入了解地热能温度特性对于有效利用这一可再生资源至关重要。浅层地热能温度特性受地球内部热核和地质构造的影响,随着深度的增加,地表以下地温往往呈线性增加的趋势,这是因为地热核向地面传递热量的原因。根据勘探数据,地温梯度的变化是决定地热能开发利用潜力的关键因素之一,较高的地温梯度通常代表着更具开发利用价值的地热能资源。浅层地热能温度特性还受地热流量的影响,地热流量是地球内部热量向地表传递的速率,其大小反映了地下热源的丰富程度。常见的地热流量较为丰富的地区包括火山地区、地热活跃带等,这些地区往往具有更高的地温和更多的地热资源可供利用。不同地区的地质情况和热水资源特点也会影响地热能温度特性,地下水的温度通常会比周围地层的温度要高,而地下岩层的导热性差异会导致地下的热量传导速率不同,从而影响地热能温度特性及其利用方式。浅层地热能温度特性直接影响着其开发利用方式和效果,深入研究地热资源温度特性,科学评估地热资源温度梯度和地热流量等参数,对于高效利用地热资源、推动地热能产业发展具有重要意义。因此,在地热资源勘探和开发过程中,应充分考虑地热能温度特性,以实现其可持续利用和环保的目标。

2.3 高效节能,实现能源的再生利用

浅层地热能是一种清洁、可再生的能源。浅层地热能的热量来源是持续的,地球内部的热量是由地球热核衍生而来,而地表的太阳能也为地热的形成提供了动力。地下恒温带以上的温度变化受太阳能的影响,地温波动较大;恒温带以下的区域,地温变化受到地球深部热源的辐射影响,随着深度的增加温度逐渐增大,这使得地热能的热量源源不断地向地表传递,呈现出持续性和稳定性,地球内部热量的持续不断补充,使得浅层地热能资源具有持续利用的潜力。浅层地热能的再生产周期短,通过科学开发和利用,可以实现对地热资源的再利用和再生产。地热水的循环、地热能的传导等过程使得地热资源具有再生产的特性,有助于保持资源的可持续开发。尤其是利用地源热泵等技术,夏季高温差的散热和冬季低温差的取热,将地热能作为制冷和供热能源,提高了地热资源的有效利用率^[2]。在产生同样热量或冷量的时候,只需小功率的压缩机即可实现,经过统计,地源热泵机组耗电量仅为常规空气源中央空调40-60%,仅在供暖期间,可节约能源30%以上。因此,应当

进一步加强浅层地热能开发利用,以推动浅层地热能的再生利用。

2.4 环境效益

浅层地热能作为一种清洁、可再生的能源资源,在环境效益方面具有独特优势。其开发利用过程中对环境的影响相对较小,地热能开发利用过程几乎不产生污染物排放,与燃煤、石油等传统能源不同,地热能开发利用过程不需要燃烧燃料,因此不会产生二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫等有害气体的排放,也不会产生烟尘和灰渣等固体废物,减少了对大气和环境的污染。地热能开发有助于减少对水资源的消耗,传统能源的开采和利用通常需要大量的水资源,而地热能开发利用主要依赖于地下热水和地热资源。通过地热水循环利用和地下水注入等措施,可有效减少对水资源的消耗,有利于水资源的节约和保护。地热能开发利用有助于减少对土地的占用和环境破坏,相比于传统能源的采矿和开采过程,地热能开发利用并不需要大规模的土地占用,减少了土地资源的开发压力,地热开采一般不伴随着生态破坏和土地退化等问题,有利于保护生态环境和生物多样性。在当前全球应对气候变化、降低污染物排放、推动绿色转型的背景下,进一步推动浅层地热能资源的开发利用,有助于降低环境压力、促进可持续发展,为人类社会和自然生态系统的协同发展做出积极贡献。因此,应当加大对地热资源开发利用的支持力度,以实现清洁能源替代和环境可持续发展的目标。

3 开发面临问题分析

3.1 地下水回灌问题

回灌是保障水热型地热能可持续利用的关键因素^[3],回灌主要采用压力回灌、重力回灌、真空回灌等。影响回灌效率的因素有区域水文地质条件、地质条件、回灌水水质、水源井成井工艺、过滤器类型及堵塞程度等。在实际应用过程中,发现大量问题,如回灌水中含砂量较大、回灌量不能满足设计要求、回灌水从井口外溢等,通过统计发现,仅少量井是由于成井工艺存在问题外,其余皆是过滤器堵塞造成的。

回灌井过滤器堵塞问题已经成为其制约其发展的重要因素。主要原因是大多数用户忽视水源井的维护,或选择的洗井方法未能有效清洗过滤器。经过长时间的运行,由于物理、化学或生物堵塞,在过滤器表面形成结垢物,致使地下水回灌量衰减,严重时甚至导致水源井的永久性损坏。部分单位为了解决回灌问题及节约成本,回灌水退入市政污水管网。造成大量的水资源浪费和资金浪费。地下水的外排,导致水源热泵系统出现

“同层回灌”的问题。长期的运行，水资源浪费严重，会产生区域性地下水位不均匀下降，形成地下水位降落漏斗，严重时诱发含水层疏干、地面沉降、地裂缝等地质环境问题。

使用（维护）单位应重视水源井的维护，定期洗井，洗井前采用水下电视等先进手段对过滤器进行探测，根据过滤器结垢物程度针对性的选择洗井方法，延长过滤器的使用寿命，确保水源热泵系统的回水“同层回灌”。这不仅能提高能源利用效率，降低能源消耗，还为人们创造一个更加舒适、健康的生活环境。

3.2 热突破问题

同一地下含水层中，不同空间位置的温度存在一定的差异，在温度高的位置进行一定规模的取水开采，在低温区进行冷水回灌，或二者同时进行，将导致冷水向热水区域运移，反之亦然。在水源热泵运行过程中，当冷（热）水达到抽水井时，导致供暖期取水井群区域内的地下水温度低于原地温、制冷期取水井群区域内地下水温度高于原地温，引起抽水井温度下降（上升），即发生“热突破”问题。该问题的发生，导致机组提取利用温度低于设计温度，引起热泵机组效率的降低，严重时机组甚至无法发挥作用。

在实际应用中发现，取水井与回灌井之间距离越近，取水井的温度受到回灌水的温度影响越大，这种现象会降低热泵机组的运行效率和工程的经济效益。从经济角度出发，最大程度的将回灌井对取水井水温的影响降至合理区间。因此，在项目设计阶段，需要准确的掌握含水层厚度及孔隙度、地下水温、地下水流向及取水量等资料，根据地质条件和取水量数据对取水井发生热突破问题的时间进行计算，也可以建立地下水温度场、流场模型模拟未来发生热突破事件的时间，以期为取水井、回灌井间距的布设提供合理依据。

4 未来发展趋势

地热能依赖于地下浅层地热能的热传导特性，通过地下埋设的系统（管井、地埋管），能够与土壤、地下水等热源进行热交换，从而提取热能用于建筑物的供暖

/制冷。浅层地热能利用具有诸多优势：一、不受地域的限制，在有地下水的区域可发展水源热泵系统、无地下水的区域可发展土壤源地热泵^[4]；二、地热能储量丰富，地温稳定，波动范围远低于环境温度，使热泵机组运行稳定，为用户提供可靠的供暖/制冷服务；三、具有较高的经济性和环保性，热泵机组运行工程中无污染，且较其他供暖制冷方式成本低，有助于能源结构的优化和环境的改善，从而越来越受到人们的重视，我国“十四五”可再生能源发展规划中提出：“有限发展土壤源地热泵，积极发展再生水源热泵、适度发展地表水源热泵、扩大浅层地热能开发规模。”各省市也相继出台政策支持浅层地热能的开发利用，随着科技的进步，浅层地热能利用技术将不断完善和创新，尤其是在管道材料、机组效率、系统设计等方面，这将推动浅层地热能的广泛应用，为实现清洁能源利用、助力“双碳”目标的实现做出重要贡献。

结语

未来，浅层地热能的开发利用将成为清洁能源领域的重要一环。我们需持续深入研究，探索更高效的技术手段，不断拓展其应用范围，使浅层地热能更好地服务于社会经济发展。这不仅有助于缓解能源紧张状况，降低环境污染，还能推动绿色低碳的社会建设。通过浅层地热能的广泛应用，我们将为构建可持续的能源体系贡献力量，为实现全球可持续发展目标奠定坚实基础。让我们携手努力，共同开创浅层地热能开发利用的美好未来。

参考文献

- [1]赵民,康维斌,李杨,等.浅层地热能常见民用建筑中的适宜性分析[J].暖通空调,2022,52(05):2-7.
- [2]邓凤强,裴鹏.复杂地质条件下浅层地热能场地开发适宜性评价[J].建筑节能(中英文),2022,50(12):111-118.
- [3]曹倩,方朝合,李云,等.国内外地热回灌发展现状及启示[J].石油钻采工艺,2021,43(02):203-211.
- [4]李娟,郑佳,雷晓东,等.地质条件及埋管形式对地埋管换热器换热性能影响研究[J].地球学报,2023,44(01):221-229.