

地源热泵技术的特点及其在空调工程中的应用

文 / 张小东 宝鸡市建筑设计院

袁琳超 宝鸡市建筑设计院

摘要：地源热泵技术作为一种以地热为核心的热能装置，利用地热安装建筑工程空调体系与质量体系，实现空调工程低温向高温的位能转移，提高地源热泵技术使用效益，发挥其环境优化、稳定性较高的优势。地源热泵使用可以输入少量高位能热量的方式转化能源，实现对热源的存储、取用和冷源传输的目的。通过分析阐述地源热泵技术的特点，推动地源热泵技术在空调工程中的应用，能够显著提高空调节能效果与环保效果。

关键词：地源热泵技术；空调工程；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.121

引言

地源热泵技术具有显著的节能性和环保性特征，主要是利用地球表面的地热资源发挥热泵工作原理，通过少量高位电能输入实现低位热能向高位热能转移，在空调工程中的应用，显著减少了空调供暖、制冷对一次能源的使用依赖。强化地源热泵技术在空调工程中的应用，不仅符合节能环保、绿色减排的生产发展目标，也显著提高了资源使用效率，为空调供暖制冷提供清洁能源，助力空调工程的高质量发展。

一、地源热泵技术的特点

（一）经济高效

地源热泵技术是一种借助热泵系统直接从地下或地下水中吸收热能的方式，减少了直接燃烧的能源消耗和热量损失，具有显著的经济高效特点。在地源热泵技术使用过程中，热泵可以直接吸收地下土层和地下水的热量，在能源转换中实现热能转换（见图1），与传统空调工程的运转系统相比工作效率和节能效果显著提高。地源热泵技术有效节省了空调的能源使用，提高经济效益的同时，也具有较高的稳定效果，对于满足可持续发展要求有着重要意义。此外，地源热泵技术对其他能源的依赖程度不高，直接能源消耗需求不高，尤其是地源热泵系统采用的热泵循环工作原理，与传统供暖系统相比不仅能保障提供相同的供暖或制冷效果，也进一步降低了能源消耗，避免了能源过度使用产生的污染排放问题。

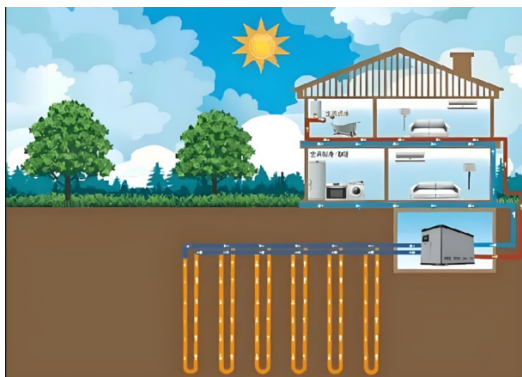


图1 地源热泵技术系统运行

（二）可再生

地源属于地热资源，是一种存储于地下并广泛分布的可再生资源。地源热泵技术一般应用于地下、土壤、地下水、河流等低温位热能区域，地球表面就是一个范围极广的太阳能集热器，大量太阳能被地表吸收为人类提供了额外的热能资源。地源热泵技术所使用的地源可再生性能较高，不受地域和其他自然资源限制，能够优化空调工程的能源供给方式。

（三）环境友好

地源热泵技术对一次能源的需求不高，直接使用地下热能作为能源，不需要直接燃烧化石能源供暖或制冷。与传统的供暖系统相比，地源热泵技术减少了大量一次能源燃烧所产生的温室气体排放，而是直接将地源作为能源并将其转化为热能，二氧化碳、氮氧化物等气体的排放量大大减少，对于节能减排延缓气候变化有着重要意义，具有显著的环境友好特点。

（四）稳定性较高

地源热泵技术一般需要使用热泵系统来吸收或释放热能，系统主要利用地下热交换器这一重要组件进行能源转化。交换器长期处于稳定温度的地下环境中，外界气候影响对地下环境的影响较小，地下温度变化幅度更低。在这种情况下，地源热泵技术的能源收集也将更加稳定，在能源转换过程中，热源的汇聚能够保持在相对稳定的范围内，实现地源热泵系统的长期运转^[1]。在空调工程中应用地源热泵技术，可以采取多台独立运行的热泵机组，减少系统冗余流程，即便某台设备发生故障需要维修，其他设备也可以独立运作，不会影响系统的整体稳定运行，减少因故障导致的中断、停工时间。

二、地源热泵技术在空调工程中的应用要点分析

（一）优化空调节能方式

地源热泵技术在空调工程中的应用，需要结合建筑空调的使用需求优化节能方式，同时考虑地源热泵技术的具体应用方法，表现为：其一，尽可能提高空调运行中地源获取效率。地源热泵技术能够提高空调运行中从土层、地下水等方面的能源吸收效率，搭配冷水机组优化空调节能方式，尽可能提高空调工程的施工性价比。

其二，尽可能构建闭式环路地源热泵系统。空调工程对地源热泵技术的应用，需要尽可能满足空调系统负荷方面的要求，将节能减排作为重点，促使空调能源使用和节能方式的不断优化。同时，立足于工程实际情况，优化空调的能源使用，实现对空调工程的节能处理。

（二）提高空调换热能力

地源热泵技术的应用，可以将地源作为空调供暖或制冷的能源，因此如果空调系统缺少足够空间容纳换热器，则会大幅削弱空调的换热能力。结合建筑物室内不同季节的供暖、制冷需求，通过对地源及其辅助热源的利用，逐渐提高空调系统的换热能力，提高空调的地源使用效果。首先，地源热泵技术在空调工程中的使用，需要利用地下埋管加冷却塔的方式提高空调节能效果。地下埋管+冷却塔能够有效降低空调系统的运行负荷问题，同时在地源热泵技术的支持下，能够较为高效、持续地稳定空调系统换热状态，逐步提升空调的换热能力。其次，地源热泵技术的应用不仅能提高空调换热能力，实现对地源的高效使用，同时也减少了其他能源使用成本，体现出地源热泵系统的应用价值，并确保空调能够维持在一个良好的节能状态。

（三）完善空调节能方案

空调工程节能方案的制定，需要综合考虑多方因素，利用地源热泵技术的节能优势完善空调节能方案，加强技术的高效使用，具体表现为：其一，尽可能选择集中空调方面。在节能环保和提升能源使用率的目标导向下，建筑物内部除了一些特殊房间外，其他房间都采用集中空调方案。同时，综合考虑地源热泵技术的应用优势，利用地埋管换热器加强对地源的吸收效果，优化空调换热性能，尽可能提高空调的节能应用状态^[2]。其二，空调工程节能方案的制定与实施，可借助地源热泵技术中的热泵系统与热回收机配合，应对空调运行期间可能产生的热污染问题，实现对废热的高效利用。同时，在完善节能方案的过程中，也能挖掘空调系统其他的节能路径，提高节能效果。

三、地源热泵技术在空调工程中的具体应用

（一）钻孔施工技术

钻孔施工是地源热泵技术在空调工程中应用的首要环节，用于空调系统对地下热能和冷能的获取。地源热泵系统钻孔一般采用垂直钻孔的方式，根据空调能源使用要求和具体的地质条件，选用单孔钻孔和双孔钻孔搭配的施工方法，满足系统的安装需求。根据地下温度变化和空调安装的能源获取需求，确定系统钻孔深度，一般情况下空调工程中地源热泵的钻孔深度需要保持在40m~150m区间。在钻孔施工期间，首先钻出1口抽水井和1口观察井进行稳定流试验及非稳定流试验，并深应穿透目标含水层。结合工程施工图纸要求，选择合适的钻孔设备并进行质量检测，检测完毕后开始钻孔施工：首先建立钻孔平台，平台的建立需要根据施工现场条件和空调的安装位置确定，用于安装钻机并为钻机提供施

工空间。根据设计要求和空调的布置方案，确定钻孔位置，同时根据钻孔设计深度利用垂直钻孔的方式，逐渐向下钻孔。钻孔期间需要做好钻头的持续清理工作，避免钻头附近大量破碎物堆积影响后续钻孔的稳定性。其次是进行钻孔管安装。在钻孔作业完成后，在钻出孔道处安装钻孔管，其间需要注重孔道内壁的稳定性，避免产生坍塌问题。最后是进行后封孔处理。在钻孔管安装完毕后，将水泥浆和其他密封材料注入孔道，将其进行完全填筑，确保孔道封堵的完整性与密封性。在钻孔施工过程中，需要做好全过程的质量控制，对孔道内壁的坚固度、钻孔推进速度和钻孔质量进行全方位控制，确保钻孔符合设计要求。包括钻孔位置的准确性、钻孔直径控制和钻孔深度控制等，如图2所示。



图2 钻孔施工示意图

（二）现场预组装施工

地源热泵系统的各类组件，需要在预制车间或施工现场临时组装并调试，调试完成后才能进行现场安装。这种施工方式能够显著减少事后风险，提高施工效率，对于提高地源热泵系统的稳定运行效果有着重要意义。首先，将热交换器、水泵、管道和热泵机组等重要设备组件在现场临时组装。预组装的设备移动至车间检查、测试，确保设备的运行状态稳定、运行效果能够满足空调供暖、制冷需求。其次，在设备预组装完成后，进行系统的测试与调试。测试内容包括管道系统的密封性、系统整体的运行质量、电器线缆的连通性以及控制系统的功能测试。上述工作需要在预制车间完成，并在现场完成调试，能够尽早解决问题，加强系统的优化效果。然后，在完成组件的质量检测与功能测试后，将预组装好的设备和组件运送到安装现场，做好安装准备^[3]。在现场安装过程中，因为组件的预先调试已经完成了大部

分准备工作，可以节省大量施工时间。最后，在现场安装完毕后，进行系统的全面运作调试，包括设备的连接调试、管道的冲洗和压力测试、控制系统的调试和调整等。通过现场调试的方式，能够最大限度明确地源热泵系统各组件运行情况，确保系统运作能够满足空调工程的能源使用情况，通过提前组装和调试的方式大大减少了工作量。

（三）下管施工

在各类组件安装完毕后，需要将地埋管道埋设在设计位置，下管施工的质量和施工方式，将直接影响地源热泵系统的运行效果和寿命。其一，结合空调工程要求选择合理的管道材料。地源热泵管道材料包括PE管、PPR管和钢管等。在选择下管材料时，需要根据实际情况和地质条件选择合适的管道材料，确保管道材料能够具有耐腐蚀、耐压和耐热性能，确保管道能够在地下空间产生良好效益。其二，根据建筑物结构和空调布局完成管道的优化设计。根据施工图纸要求，确定地下管道的埋设深度、管道路径和斜度，确保管道布局能够满足空调工程的建设要求。在优化管道布局的基础上，能够减少压力损失，降低能源损耗，提高系统的整体运行效率。其三，地下管道的埋设工作需要确定掘槽深度和宽度，确保管道埋设槽体能够满足地下管道的铺设要求。在确定槽体各项数据的过程中，注意地下管道与其他地下设施的交叉安装，减少冲突，加强管道运行的安全性^[4]。其四，下管施工期间需要根据管道材料性质采取不同的连接方式，如钢管可选用螺纹连接、PE管可选择热熔连接等。其五，在地下管道安装完毕后，做好填埋与回填工作，选择合适的回填材料，做好压实与夯实处理。下管施工技术的正确使用，是确保地源热泵系统正常运行的关键，必须做好管道布局，加强管道质量控制，提高系统的可靠性与整体性能，选择合适的下管施工技术做好严格的质量控制，具体见图3。



图3 管道布局设计

四、确定地源热泵中央空调系统

设计阶段关注地源热泵中央空调系统的选择，在对建筑信息、周边环境与水文地质情况的基础上，选择合适的系统。充分勘察了解工程施工现场的情况，精

准掌握现场各项信息，仔细审阅各种和建筑物有关的文件资料，了解工程施工制度，确定中央空调系统与地源热泵系统的对接效果。在地源热泵土壤换热器设计的过程中，需要做好地下岩土热物性参数，保证设计的可靠性，避免因负荷不足或规模太大产生的不必要浪费。在中央空调系统的安装过程中，借助已有资料确定导热系数范围，获取更可靠的系统安装数据。可以将地下水测试设备独立于工艺流程外，将单孔换热器连接到空调循环热源系统中，做好系统运行的各项技术记录，如系统进出水温、运行时间等。

五、管道压力试验

地源热泵技术管道压力测试，可以确保地下管道系统的密封性和承压性能满足各项要求。在管道压力试验过程中，检测管道系统的泄漏问题以及其他缺陷问题，保障系统安全运行、正常运转。其一，在管道压力试验前的准备阶段，需要做好试验准备，确保管道系统和各个管道组件之间的密封效果与安装效果。要求所有的阀门、连接件和组件都能保持一定的密封效果，确保管道能够满足试验压力要求。其二，准备好压力表、压力传感器、压力泵等用于压力试验的专用设备，确保测出结果的精准、可靠^[5]。其三，做好压力试验的观察记录，仔细观察管道系统的下降、漏水情况，能够记录试验压力、试验时间和各类结果信息。完成试验后评估实验结果，如果管道系统压力稳定且管道未产生明显的泄漏现象，则表明管道密封性较好。

结语

综上所述，地源热泵技术在空调工程中的应用，能够实现对地源的热能转化，全面提高空调工程的节能效果与稳定效果，通过地下能源的利用，为空调供热、制冷提供充足的能源支持，减少对化石燃料的依赖，提高空调工程的节能减排成效。在应用期间，需要从钻孔施工技术、现场预组装施工、下管施工、确定地源热泵中央空调系统、管道压力试验几方面加强应用，对于提高空调工程整体效果有着重要意义。

参考文献

- [1] 辛立明, 花京春, 蔺树奇, 等. 地源热泵地埋换热孔优化设计技术 [J]. 建筑技术, 2024, 55 (23): 2908-2912.
- [2] 刘闯. EPC项目中地源热泵系统的设计优化与施工技术 [J]. 山西建筑, 2024, 50 (07): 25-29.
- [3] 申思, 李云云, 鹿巍, 等. 高校地埋管地源热泵空调及热水系统设计策略 [J]. 化学工程与装备, 2023, (10): 155-157.
- [4] 黄雪婷, 郝好, 扈光霞. 地源热泵耦合水蓄能及常规能源复合式系统在工程中的应用分析 [J]. 暖通空调, 2023, 53 (S1): 154-158.
- [5] 屈高阳, 李佳. 地埋管地源热泵技术在大型公共建筑群的应用研究 [J]. 中国设备工程, 2024, (10): 205-207.