

地源热泵在暖通空调设计中的应用

王小龙

上海创霖建筑规划设计有限公司合肥分公司 安徽 合肥 230093

摘要：地源热泵技术因其高效、环保特性在暖通空调设计中受到广泛应用。该技术利用地下恒定的热能资源进行冷热交换，实现建筑物的供暖与制冷。在设计中，需充分分析建筑负荷与能源需求，优化系统布局和管路设计，确保机组匹配与控制系统智能化。面临地下热平衡、系统运行稳定性等挑战，需通过技术创新、政策扶持等措施予以解决。地源热泵技术的应用对节能减排具有重要意义。

关键词：地源热泵；暖通空调设计；应用

引言：随着环境保护和节能意识的提升，地源热泵作为一种高效、环保的供暖与制冷技术，在暖通空调设计中逐渐占据重要地位。该技术通过利用地下浅层地能，实现了能量的低能耗转换与利用，有效提高了系统效率，并减少了对传统能源的依赖。本文旨在探讨地源热泵在暖通空调设计中的实际应用及其优势，为推动地源热泵技术的发展提供参考。

1 地源热泵技术概述

1.1 地源热泵的工作原理

地源热泵的工作原理基于逆卡诺循环，这是一种通过改变制冷剂的物理状态（液态到气态，或气态到液态）来吸收和释放热量的过程。与传统的空气源热泵相比，地源热泵利用地下浅层地能（也称为地热能）作为冷热源，从而进行能量的转移和交换。在冬季，地源热泵通过地下埋设的管道（称为地埋管换热器）从土壤中吸收热量，然后利用压缩机将热量提升并传输到建筑物内，通过空气处理设备将热量释放到室内空间，达到供暖的目的。在这个过程中，制冷剂在蒸发器中吸收土壤中的热量，变为气态，随后被压缩机压缩成高温高压气体，通过冷凝器释放热量，变为液态，然后流回蒸发器再次循环。在夏季，地源热泵的工作过程相反。它利用制冷剂从室内吸收热量，然后通过地埋管换热器将热量排放到土壤中。制冷剂在蒸发器中吸收室内的热量，变为气态，经过压缩机压缩后，通过冷凝器将热量排放到土壤中，随后制冷剂变为液态，流回蒸发器继续循环。地源热泵通过地下浅层地能的利用，实现了能量的高效转换和利用。地下温度相对稳定，夏季比外界气温低，冬季则高于气温，这使得地源热泵具有较高的运行效率和稳定性。

1.2 地源热泵系统的分类与组成

地源热泵系统根据地下热源的不同可以分为三类：

（1）地下水热泵系统是利用地下深层水的恒温特性来提取和释放热量的系统。该系统通常包括水泵、板式换热器、地埋管等组成部分。地下水通过水泵抽取后，经过板式换热器与制冷剂进行热交换，然后回灌到地下，保证地下水资源的循环利用。（2）土壤源热泵系统也称为地埋管热泵系统，是通过在地下埋设管道（地埋管换热器）与土壤进行热交换的系统。该系统包括地埋管换热器、压缩机、冷凝器、蒸发器等主要部件。制冷剂在地埋管换热器中与土壤进行热交换，实现能量的转移。（3）地表水热泵系统则是利用河流、湖泊等地表水体的温度进行热交换的系统。该系统通过水泵抽取地表水，经过板式换热器与制冷剂进行热交换，然后将水体放回到处。地表水热泵系统适用于水源丰富的地区。

1.3 地源热泵的性能评价指标

地源热泵的性能评价指标主要包括系统能效比（COP）和能源利用效率。（1）系统能效比（COP）是地源热泵系统制热或制冷量与输入功率之比，反映了系统的能源利用效率。COP值越高，说明系统制热或制冷效率越高，能耗越低。（2）能源利用效率则是指地源热泵系统在整个运行周期内所消耗的能量与所提供的热量或冷量之比。这个指标考虑了系统的运行时间、负荷变化等因素，能够更加全面地评估地源热泵的性能。提高地源热泵的能源利用效率是实现节能减排的关键之一。

2 地源热泵在暖通空调设计中的应用

2.1 设计前的系统需求分析

在地源热泵应用于暖通空调设计之前，对系统进行全面的需求分析是至关重要的。这不仅确保了系统的运行效率和节能性，同时也为后续的设计、优化和施工提供了基础。（1）建筑物的热负荷与冷负荷计算：需要对建筑物进行全面的热负荷与冷负荷计算。这包括了解建筑物的结构、材料、朝向、使用功能以及外部气候条

件等因素,以确保系统能够满足建筑物在不同季节的冷热需求。在进行计算时,需要采用合适的计算方法和软件,以确保计算的准确性和可靠性^[1]。通过热负荷与冷负荷的计算,可以了解建筑物的能耗需求,为地源热泵系统的设计和选型提供基础数据。同时,还可以根据计算结果,对建筑物的节能潜力进行评估,提出相应的节能措施和建议。(2)能源需求与环境影响评估:除了热负荷与冷负荷的计算外,还需要对建筑物的能源需求进行评估。这包括了解建筑物的用电、用气、用水等能源消耗情况,以及未来的能源需求增长趋势。同时,还需要评估地源热泵系统对环境的影响,包括减少能源消耗、降低温室气体排放等方面的贡献。在能源需求评估方面,需要综合考虑建筑物的使用功能、运行时间、能源价格等因素,以确保系统的经济性和可行性。在环境影响评估方面,需要采用合适的环境影响评估方法和工具,对系统的环境效益进行量化分析,为系统的推广应用提供支持。

2.2 地源热泵系统的设计与优化

在地源热泵系统的设计与优化过程中,需要考虑多个方面的因素,以确保系统的运行效率和节能性。(1)系统布局与管路设计:首先,需要根据建筑物的实际情况和能源需求,设计合理的地源热泵系统布局。这包括确定地下换热器的埋设深度、间距和数量等参数,以确保系统能够有效地吸收和排放热量。同时,还需要对管路系统进行设计,包括管径、管道材质、保温措施等,以确保管道系统的安全、可靠和高效运行。在管路设计过程中,还需要考虑管道系统的水力学特性,如流速、流量、压力等参数,以确保管道系统的正常运行。此外,还需要对管道系统进行必要的保温措施,以减少热量损失和能源消耗^[2]。(2)热泵机组选型与匹配:热泵机组是地源热泵系统的核心部件之一,其选型和匹配对于系统的运行效率和节能性具有重要影响。在选型时,需要根据建筑物的冷热需求、能源需求、环境条件等因素,选择合适的热泵机组型号和规格。同时,还需要对热泵机组进行必要的匹配和调整,以确保机组的运行效率和节能性达到最优状态。在匹配过程中,需要考虑热泵机组的制冷量、制热量、输入功率等参数,以确保机组能够满足建筑物的冷热需求。同时,还需要考虑机组的运行模式和运行策略,以确保机组在不同的运行工况下都能够保持高效、稳定的运行。(3)控制系统与运行策略:控制系统是地源热泵系统的大脑,其设计和优化对于系统的运行效率和节能性具有决定性影响。在控制系统设计时,需要采用先进的控制算法和技术手段,以

实现系统的智能化、自动化运行。同时,还需要根据建筑物的实际情况和能源需求,制定合理的运行策略和控制方案。在运行策略方面,需要充分考虑建筑物的使用功能、运行时间、环境条件等因素,以制定合理的运行计划和控制参数。通过合理的运行策略和控制方案,可以实现系统的智能化、自动化运行,提高系统的运行效率和节能性。

2.3 地源热泵系统的施工与安装

在地源热泵系统的施工与安装过程中,需要注意多个方面的细节和注意事项,以确保系统的安全、可靠和高效运行。(1)地下换热器的施工:地下换热器是地源热泵系统的重要组成部分之一,其施工质量和效果对于系统的运行效率和节能性具有重要影响。在施工过程中,需要严格按照设计方案和施工规范进行操作,确保地下换热器的埋设深度、间距和数量等参数符合设计要求。同时,还需要注意地下换热器的密封性和保温性,以避免热量损失和环境污染等问题。(2)机组安装与调试:热泵机组的安装与调试是地源热泵系统施工过程中的关键环节之一。在安装过程中,需要注意机组的安装位置、固定方式和管道连接等细节问题,确保机组的安全、稳定和高效运行。在调试过程中,需要对机组进行必要的检查和测试,确保机组的各项性能指标符合设计要求。(3)管道系统与控制系统的安装:管道系统与控制系统的安装也是地源热泵系统施工过程中的重要环节之一。在安装过程中,需要注意管道系统的连接方式和固定方式,确保管道系统的安全、可靠和高效运行。同时,还需要注意控制系统的接线和调试工作,确保控制系统的正常运行和可靠控制^[3]。

3 地源热泵技术面临的挑战与解决方案

3.1 技术挑战

(1)地下换热器的热平衡问题。地源热泵系统的一个核心组成部分是地下换热器,它负责在地下土壤或水中吸收或排放热量。然而,长期运行可能导致地下土壤或水体的温度场发生变化,进而影响换热器的性能。当地下温度场的不均匀性或变化幅度较大时,会影响换热器的热平衡,甚至可能导致系统性能下降。针对这一问题,有多种解决方案可以考虑。首先,可以在设计阶段通过模拟分析预测地下温度场的变化趋势,并据此优化地下换热器的设计。其次,可以采用多能源联合运行模式,如与太阳能、风能等其他可再生能源结合使用,以减轻对地下温度场的依赖。此外,对于地下水热泵系统,还需要注意水资源的合理利用和回灌,避免对地下水资源造成不良影响。(2)系统运行稳定性与可靠

性。地源热泵系统的稳定性与可靠性是其长期运行的关键。然而,在实际运行中,可能会遇到多种因素导致系统性能下降或故障。例如,地下管道的腐蚀、堵塞、泄漏等问题可能会影响换热器的性能;热泵机组的故障或损坏也可能导致系统无法正常运行。为了提高系统的稳定性与可靠性,可以采取以下措施。首先,需要选择高质量、耐腐蚀的管材和换热设备,以减少管道腐蚀和堵塞的可能性。其次,可以加强系统的维护和保养工作,定期对系统进行清洗、检查和维修,确保系统的正常运行。此外,可以采用智能化监测和控制技术,实时监测系统的运行状态和性能参数,及时发现和处理问题。

3.2 市场与政策支持

(1) 市场推广与用户认知。尽管地源热泵技术具有诸多优点,但在市场上的推广和应用仍然面临一些困难。其中一个主要原因是用户对该技术的认知程度不够,对其性能和优势了解不足。此外,地源热泵系统的初投资成本相对较高,也限制了其在市场上的推广。为了推动地源热泵技术的市场推广和用户认知,可以采取以下措施。首先,需要加强宣传和推广工作,提高公众对地源热泵技术的认知度和接受度。可以通过各种媒体渠道、展览会议、现场示范等方式,向公众展示地源热泵技术的性能和优势。其次,需要降低系统的初投资成本,提高系统的性价比。可以通过技术创新、改进生产工艺、降低材料成本等方式来降低系统的成本。此外,还可以采用租赁、分期付款等灵活的融资方式,减轻用户的经济压力。(2) 政策扶持与激励机制。政策扶持和激励机制是推动地源热泵技术发展的重要手段。然而,目前在一些地区,政府对于地源热泵技术的政策支持还不够完善,激励机制也不够有力。为了促进地源热泵技术的发展,政府可以出台相关政策来鼓励和支持该技术的应用。例如,可以对地源热泵系统给予税收优惠、资金补贴等支持措施,降低用户的使用成本。同时,还可以加强与金融机构的合作,提供低息贷款、担保等金融服务,帮助用户解决融资问题。此外,政府还可以推动地源热泵技术的标准制定和认证工作,建立行业规范和

技术标准体系,提高该技术的市场竞争力。

3.3 解决方案与建议

(1) 技术创新与研发。技术创新是推动地源热泵技术发展的重要动力。通过不断的技术创新和研发,可以提高系统的能效比、降低能耗、提高稳定性和可靠性等性能指标。为了实现技术创新和研发目标,需要加强产学研合作、引进国外先进技术、加大研发投入等措施的支持。(2) 产业政策与市场培育。产业政策与市场培育是推动地源热泵技术发展的关键环节。通过制定合理的产业政策和培育完善的市场体系,可以为地源热泵技术的发展提供良好的发展环境和市场条件。具体而言,可以出台相关政策支持产业发展、建立行业协会和联盟推动产业合作与交流、加强市场监管和标准化工作规范市场秩序等措施的支持。(3) 用户体验与服务提升。用户体验和服务水平是衡量地源热泵技术发展水平的重要指标之一。通过提升用户体验和服务水平,可以增强用户对于该技术的信任度和满意度,进而推动该技术的市场推广和应用。具体而言,可以通过优化系统设计、提高施工质量、加强售后服务和维修保养等措施来提升用户体验和服务水平。

结束语

地源热泵作为暖通空调设计中的重要创新技术,凭借其高效、环保的显著优势,正日益受到行业内的青睐。其应用不仅显著提升了系统的能效,而且为节能减排、绿色发展贡献了重要力量。展望未来,随着技术的持续优化和市场需求的日益增长,地源热泵将在暖通空调设计中扮演更加关键的角色,共同推动建筑行业的绿色转型与可持续发展。

参考文献

- [1]李栋林.地源热泵在暖通空调设计中的应用[J].建筑·建材·装饰,2019,(17):209-210.
- [2]赵光宇.简析地源热泵在暖通空调设计中的应用[J].建筑工程技术与设计,2020,(20):177-178.
- [3]周燕娟.地源热泵在暖通空调设计中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2019,(04):51-52.