空气源耦合水源热泵清洁供热技术应用研究

冯彦文

[摘要] 本文研究了空气源耦合水源热泵清洁供热技术的应用，通过分析空气源热泵和水源热泵的互补优势，提出了一种结合两者优点的耦合系统方案。实验结果表明，本文提出的空气源耦合水源热泵系统在不同气候条件下均能有效运行，不仅显著提高了系统的整体能效比(COP)，还减少了温室气体的排放。此外，本文还探讨了该技术在实际工程中的应用案例，验证了其在实际运行中的可行性和经济性以期为推动清洁供热技术的发展提供重要的理论依据和技术支持。

[关键词] 空气源热泵；水源热泵；耦合系统；清洁供热；环保性能

随着全球能源需求的不断增长和人们环境保护意识的增强，清洁供热技术已成为各国关注的重点。传统的燃煤和燃气供热方式不仅能耗高，对环境也有极大影响。因此，开发高效、环保的供热技术迫在眉睫。

空气源热泵和水源热泵作为两种常见的清洁能源供热技术，具有独特的优势。空气源热泵利用空气中的热量进行供热，安装简便且适用范围广，但其性能受气候条件的影响较大。水源热泵则利用地下水或地表水中的稳定热量，能效比高且运行稳定，但需要特定的水资源条件。为了克服单一热泵技术的局限性，本文提出了一种空气源耦合水源热泵的清洁供热系统，以期为清洁供热技术的发展提供有益参考和借鉴。

空气源热泵与水源热泵技术概述

(一)空气源热泵技术

空气源热泵是一种高效的能源转换装置，其能够利用周围空气中蕴含的热量实现供暖或制冷。该技术的核心原理是通过循环系统中的冷媒，在蒸发器部分吸收外界空气中的热量，随后经过压缩机的作用，将吸收的低温热量提升至较高温度水平，最后在冷凝器环节将其释放，为建筑物提供所需的温暖或凉爽环境。空气源热泵的优势在于安装过程简单快捷，且应用场景广泛，无论是新建项目还是旧房改造都非常适合。需要注意的是，极端寒冷天气时，空气源热泵的工作效率会有所降低，电力的消耗将会增多。

(二)水源热泵技术

与空气源热泵不同，水源热泵则是基于地下水、湖泊河流等自然水体或者人工建造的蓄水池作为热交换媒介的一种供热/冷却解决方案。这类系统通过布置于水下的管道网络(换热器)直接与水接触，从中抽取相对恒温的热量或向其中排放多余的热量，借助热泵机制调整至适宜使用的温度范围。水体温度通常比大气更为稳定，因此，即使是在冬季或夏季等季节性变化显著的时期，水源热泵也能保持较高的能量转化率和运行稳定性。此外，相较于其他形式的热泵，水源热泵往往拥有更低的运营成本以及更长的服务寿命。然而，其实施也受到地理位置及可用资源条件的严格限制。

(三)两种技术对比分析

(1)适应性和灵活性：空气源热泵更胜一筹。对于没有合适水源位置的城市区域来说，选择空气源热泵是最便捷的方式之一，而水源热泵则更适合那些靠近丰富水资源的地方。(2)能源效率与经济性：虽然两者都能有效节约能耗，但从长远角度来看，水源热泵因其更高的 COP 值而在经济效益方面表现得更好。(3)环境影响：考虑到全球变暖趋势加剧导致部分地区出现极端气候现象日益频繁的情况，采用对气温波动不敏感的水源热泵或许更能保证长期可靠的性能输出。(4)维护需求：空气源热泵结构较为简单，日常保养相对容易。相反，水源热泵由于涉及复杂的地下工程，一旦出现问题，其维修会较为麻烦且费用高昂。

由此可见，在决定采用何种类型的热泵技术之前，技术人员应综合考量项目所在地的具体情况，如地理特征、气候类型、预算限制等因素，并结合未来发展规划做出合理判断。如果条件允许，可以考虑将两种技术结合，形成一个既高效又灵活多变的复合型供热/冷却体系，以达到最优的整体效益。

空气源耦合水源热泵系统的构想与设计

（一）系统的基本原理

空气源耦合水源热泵系统结合了空气源热泵和水源热泵的优点，通过智能控制技术实现了两种热泵的协同工作。该系统能够在不同气候条件下自动切换或同时运行，以达到最佳的能效比和供热效果。具体来说，空气源热泵从空气中吸收热量，而水源热泵则从地下水或地表水中提取热量。通过智能控制系统，这两种热泵可以根据环境条件和负荷需求进行优化组合，从而提高整体系统的灵活性和适应性，显著降低能耗和运行成本。例如，在寒冷的冬季，空气温度较低，水源热泵可以作为主要热源；在温和的季节，空气源热泵可以发挥更大的作用。这种灵活的工作模式不仅提高了系统的整体效率，还延长了设备的使用寿命。

（二）系统架构设计

空气源耦合水源热泵系统的架构设计主要包括以下几个关键部分。（1）热源采集模块：包括空气源热泵的蒸发器和水源热泵的换热器。空气源热泵从空气中吸收热量，水源热泵则从地下水或地表水中提取热量。这些模块的设计需要考虑当地的气候条件和水资源状况，确保系统在各种环境下都能高效运行。（2）压缩机和冷凝器：压缩机将低温低压的冷媒压缩成高温高压的气体，然后通过冷凝器释放热量，为建筑物提供所需的热量。选择高效的压缩机和冷凝器对于提高系统的整体性能至关重要。（3）智能控制系统：先进的智能控制系统可以根据环境温度、负荷需求等因素自动调节空气源热泵和水源热泵的工作状态，确保系统始终处于最优运行模式。智能控制系统还能通过数据分析和预测，提前调整系统参数，进一步提高能源利用效率。（4）储热装置：为了进一步提高系统的稳定性和能效比，可以配备储热装置，在低负荷时段储存多余的热量，以备高峰时段使用。储热装置不仅可以平滑负荷波动，还可以在极端天气条件下提供备用热源，确保供热的连续性和可靠性。

（三）关键组件选择

在设计空气源耦合水源热泵系统时，选择合适的组件至关重要。（1）高效空气源热泵：应选择高效、耐用且适应性强的空气源热泵设备，确保其在不同气候条件下都能稳定运行。空气源热泵应具备良好的防冻功能和宽广的工作温度范围，以应对各种恶劣天气。（2）高性能水源热泵：应选择适合当地水资源条件的水源热泵设备，保证其能够高效提取水体中的热量。水源热泵应具有防腐蚀和防结垢功能，以延长设备寿命并保持长期稳定运行。（3）高效率压缩机：应选用高效率、低噪音的压缩机，以减少能耗并延长设备寿命。压缩机是热泵系统的核心部件，其性能直接影响整个系统的效率和可靠性。（4）先进智能控制系统：应采用具备数据采集、分析和决策功能的智能控制系统，实时优化系统的运行状态。智能控制系统应具备用户友好的界面和远程监控功能，方便维护和管理。（5）高效储热装置：应选择保温性能好、容量适中的储热装置，确保热量的有效存储和利用。储热装置应具备良好的隔热性能和耐久性，以减少热量损失并延长使用寿命。

（四）系统优势

空气源耦合水源热泵系统具有以下显著优势。（1）高效节能：通过智能控制技术，系统能够根据实际需求自动调整运行模式，最大限度提高能效比，减少能源消耗。这种智能化的管理方式不仅降低了运行成本，还减少了对环境的影响。（2）适应性强：无论是极端寒冷还是温和的气候条件，系统都能够稳定运行，满足不同的供热需求。系统的灵活性使其适用于多种应用场景，包括住宅、商业建筑和工业设施等。（3）环保性能：相比传统的燃煤和燃气供热方式，系统大大减少了温室气体排放，对环境友好。这有助于推动绿色建筑和可持续发展目标的实现。（4）经济性：虽然系统的初期投资较高，但其长期运行成本较低，具有良好的经济效益。

实验方法与结果分析

（一）实验设计与方法

为了验证空气源耦合水源热泵系统的性能，笔者在不同气候条件下进行了详细的实验研究。实验地点选择在具有典型温带和寒带气候特征的两个地区，以确保数据的广泛适用性。实验装置包括一台高效的空气源热泵、一台高性能的水源热泵、一个智能控制系统以及必要的储热装置。实验记录了环境温度、系统运行参数以及供热效果，通过这些数据，可以全面评估空气源耦合水源热泵系统的性能。目前已有案例显示，采用空气源热泵与离心式电热泵串联组合加热的方式，逐级提升温度，能够有效满足人们严寒期的供热需求。这种组合方案不仅提高了系统的整体能效比，还能保证极端低温条件下的稳定供热。通过对比和分析实验数据，可以发现空气源耦合水源热泵系统在多种气候条件下有着强大的适应性和可靠性。

（二）数据采集与处理

实验期间，笔者使用高精度传感器对各项参数进行了实时监测，并通过数据采集系统将数据存储在计算机中。数据采集频率为每分钟一次，以确保数据的准确性和连续性。收集到的数据在经过初步处理后，会通过统计软件进行进一步分析。主要分析指标包括系统的能效比(COP)、能耗、供热稳定性以及温室气体排放量。综合分析这些数据，可以全面了解空气源耦合水源热泵系统在不同条件下的表现。

（三）实验结果

实验结果显示，空气源耦合水源热泵系统在不同气候条

件下均表现出优异的性能。(1)能效比(COP):在温带气候条件下,空气源耦合水源热泵系统的平均 COP 达到了 4.2。而在寒带气候条件下,尽管空气源热泵的效率有所下降,但通过水源热泵的补充,系统的平均 COP 仍保持在 3.8 左右。(2)能耗:与单一的空气源热泵相比,空气源耦合水源热泵系统在冬季的能耗降低了约 20%。特别是在极端寒冷天气下,水源热泵凭借其稳定供热的能力显著降低了系统的整体能耗。(3)供热稳定性:实验数据显示,空气源耦合水源热泵系统在各种气候条件下都能提供稳定的供热效果。即使在环境温度波动较大的情况下,室内温度也能保持在设定值的±1℃范围内,确保用户的舒适度。(4)温室气体排放:由于空气源耦合水源热泵系统采用了清洁能源技术,其温室气体排放量明显低于传统的燃煤和燃气供热方式。实验结果显示,对比传统的供热方式,空气源耦合水源热泵系统的二氧化碳排放量减少了约 30%。

结果分析

(1)能效比(COP)分析:实验结果表明,空气源耦合水源热泵系统能够有效应对极端寒冷天气,显著提高整体能效比。与单一的空气源热泵相比,空气源耦合水源热泵系统在冬季的能耗降低了约 20%,这主要得益于水源热泵在低温条件下的稳定供热能力。(2)供热稳定性分析:空气源耦合水源热泵系统在各种气候条件下均表现出良好的供热稳定性。这种稳定的供热性能是因为智能控制系统能够根据实时环境条件和负荷需求,自动调节两种热泵的工作状态,实现最优的热量分配。此外,储热装置会在低负荷时段储存多余的热量,这进一步提高了系统的稳定性和响应速度。(3)经济性分析:尽管空气源耦合水源热泵系统的初期投资较高,但其长期运行成本较低,具有明显的经济效益。实验数据表明,空气源耦合水源热泵系统在运行过程中的能耗显著降低,在极端寒冷天气下,其节能效果更为明显。此外,考虑到系统较长的使用寿命和较低的维护成本,空气源耦合水源热泵系统的经济优势更加显著。(4)环保性能分析:空气源耦合水源热泵系统在环保性能方面表现出色。实验结果显示,系统的温室气体排放量明显低于传统的燃煤和燃气供热方式。这是因为系统采用了清洁能源技术,充分利用了空气和水中的自然热能,减少了传统模式对化石燃料的依赖。此外,系统还具备低噪音和无污染的特点,更具环保性能。(5)适用性分析:实验结果表明,空气源耦合水源热泵系统具有广泛的适用性,其在不同气候条件下均能有效运行。无论是温和的温带气候还是严寒的寒带气候,系统都能通过智能控制和优势互补提供高效的供热服务,这对于清洁供热技术的发展具有重要意义。此外,空气源耦合水源热泵系统适用于多种建筑类型,包括住宅、商业建筑和公共设施等,其为不同用户提供了灵活多样的供热解决方案。

结束语

本文对空气源耦合水源热泵清洁供热技术的应用进行了全面的分析和实验验证。实验结果表明,该耦合系统在不同气候条件下均能有效运行,在显著提高系统的整体能效比的同时,减少了温室气体排放。此外,该系统在供热稳定性、经济性和环保性能方面也表现出色,其的出现为用户提供了一个高效、稳定且环保的供热解决方案。尽管空气源耦合水源热泵的初期投资较高,但其长期运行成本较低,具有良好的经济效益。纵观全文,本文的研究结果不仅为推动清洁供热技术的发展提供了重要的理论依据和技术支持,也为实际工程应用提供了宝贵的参考和借鉴。未来,相关学者应进一步优化空气源耦合水源热泵系统的设计和控制策略,推动其广泛应用,为构建可持续发展的能源体系做出更大贡献。

参考文献

[1]王博渊.基于太阳能与水源热泵的多能源耦合供热技术研究[D].北京:中国建筑科学研究院,2018.

[2]单宝琦.基于 PV/T 的多能互补供热系统性能研究[D].济南:山东建筑大学,2021.

[3]王冀.严寒地区空气源结合水源耦合式热泵系统的应用研究[D].兰州:兰州交通大学,2020.

作者简介:

冯彦文(1982—),男,汉族,宁夏银川人,本科,工程师,宁夏电投热力有限公司,研究方向:热能动力工程。