

# 建筑暖通系统中热泵技术的设计与应用

王金波<sup>1</sup>, 姜来岩<sup>2</sup>

(1. 山东众博工程设计有限公司, 山东 济南 250000;

2. 北京华源泰盟节能设备有限公司, 北京 100010)

**摘要** 本文首先分析了热泵技术在建筑暖通领域的应用现状及其节能潜力; 其次针对不同建筑类型和气候条件, 提出了热泵系统的设计原则和关键技术参数, 接着探讨了热泵系统在设计与应用过程中所面临的挑战, 如成本控制、系统集成以及与传统能源系统的互动问题; 最后提出了一系列优化策略, 旨在通过先进控制算法、智能管理和维护, 以及热泵技术与可再生能源结合的创新应用, 旨在为进一步提升建筑暖通系统的能效和可持续性提供借鉴。

**关键词** 热泵技术; 建筑暖通系统; 节能原则; 环保原则; 绿色建筑

中图分类号: TU2

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)07-0064-03

全球能源危机和环境污染问题日益严重, 节能与环保已成为当今社会关注的焦点。在建筑领域, 暖通系统作为建筑能耗的主要组成部分, 其节能技术的研发与应用显得尤为重要。热泵技术作为一种高效、环保的能源利用方式, 近年来在建筑暖通系统中得到了广泛应用。本研究深入探讨热泵技术在建筑暖通系统中的设计与应用, 以期为建筑行业的节能减排和可持续发展提供理论支持和实践指导。

## 1 热泵技术的基本原理与分类

### 1.1 热泵技术的基本原理

热泵技术是一种利用少量高位能驱动, 从低温热源中吸取热量, 并将其提升到高位热源中的节能技术。其基本原理基于热力学第二定律, 即热量可以从低温物体传递到高温物体, 但需要消耗一定的功。热泵系统通过循环工作介质(如制冷剂)在蒸发器、压缩机、冷凝器和膨胀阀等组件中的循环流动, 实现热量的传递和转换。(1) 蒸发过程。在蒸发器中, 工作介质吸收低温热源(如室外空气、地下水等)中的热量, 从而蒸发成低温低压的气体。(2) 压缩过程。压缩机将蒸发后的低温低压气体压缩成高温高压气体, 提高其温度和压力。(3) 冷凝过程。高温高压气体在冷凝器中释放热量, 将热量传递给高温热源(如室内空气、热水等), 同时自身冷凝成高温高压液体。(4) 膨胀过程。高温高压液体通过膨胀阀降压, 变成低温低压液体, 再次进入蒸发器, 完成一个循环。

通过上述过程, 热泵技术实现了从低温热源到高温热源的热量转移, 同时消耗了一定的功, 使得系统能够持续运行<sup>[1]</sup>。

### 1.2 热泵技术的分类

根据热源类型和应用场景的不同, 热泵技术可以分为多种类型。(1) 空气源热泵。以室外空气为热源, 通过空气换热器与室外空气进行热量交换。空气源热泵适用于温度波动较大的地区, 广泛应用于住宅、办公楼等建筑的供暖和制冷。(2) 地源热泵。以地下土壤或地下水为热源, 通过地埋管或地下水井与地下介质进行热量交换。地源热泵具有稳定的热源和节能环保的优点, 适用于温度波动较小的地区, 常用于大型商业建筑、别墅等。(3) 水源热泵。以河水、湖水等淡水或海水为热源, 通过水换热器与水体进行热量交换。水源热泵适用于水资源丰富的地区, 具有高效节能的特点, 常用于工业建筑和大型公共设施。(4) 太阳能辅助热泵。结合太阳能技术与热泵技术, 利用太阳能集热器收集太阳能热量, 作为热泵系统的辅助热源。太阳能辅助热泵在日照充足的地区具有较好的应用前景, 能够进一步提高系统的能效和环保性能<sup>[2]</sup>。

## 2 热泵技术在建筑暖通系统中的设计

### 2.1 设计原则与目标

热泵技术在建筑暖通系统中的设计应遵循节能、环保、经济、可靠的原则, 确保系统能够满足建筑供暖和制冷的需求, 同时实现能源的高效利用和环境的可持续发展。设计目标是在保证室内环境舒适度的前提下, 最小化能源消耗和运行成本, 最大化能源利用效率和环保效益。

### 2.2 设计流程与方法

热泵技术在建筑暖通系统中的设计流程包括需求

分析、系统选型、负荷计算、设备配置、管道设计、控制系统设计等步骤。具体方法如下：（1）需求分析。根据建筑的使用功能、地理位置、气候条件等因素，分析建筑的供暖和制冷需求，确定热泵系统的应用场景和负荷特性。（2）系统选型。根据需求分析结果，选择合适的热泵类型（如空气源热泵、地源热泵等），并确定系统的运行模式和控制策略。（3）负荷计算。根据建筑的热工性能、室内设计参数、室外气象参数等因素，计算建筑的供暖和制冷负荷，作为系统设计的依据。（4）设备配置。根据负荷计算结果，选择合适的热泵机组、辅助设备（如风机、水泵等）和控制系统，确保系统能够满足建筑的供暖和制冷需求。（5）管道设计。根据建筑的结构特点和系统布局，设计合理的管道走向、管径和连接方式，确保热量能够高效传递和分配<sup>[3]</sup>。

### 2.3 设计案例分析

以某办公楼为例，其采用地源热泵系统进行供暖和制冷。在设计过程中，首先进行了需求分析，确定了系统的应用场景和负荷特性。然后，根据负荷计算结果，选择了合适的地源热泵机组和辅助设备，并设计了合理的管道布局 and 控制系统。具体设计参数如表 1 所示。

表 1 某办公楼设计参数表

设计参数	数值
建筑面积	10 000 m <sup>2</sup>
设计室内温度（冬季）	20 ℃
设计室内温度（夏季）	26 ℃
设计室外温度（冬季）	-5 ℃
设计室外温度（夏季）	35 ℃
供暖负荷	800 kW
制冷负荷	1 000 kW
地源热泵机组型号	VRF-1 200 kW
辅助设备配置	风机、水泵等
管道材质	HDPE 管
管道连接方式	热熔连接
控制系统	智能控制系统

### 2.4 设计优化与建议

在实际设计过程中，应根据具体情况进行优化设计，以提高系统的能效和可靠性。建议采取以下措施：

（1）合理选择热泵类型和运行模式，根据建筑的使用功能和气候条件进行优化设计。（2）优化管道布局 and 连接方式，减小热量损失和阻力损失，提高系统的传热效率。（3）采用智能控制系统，实现系统的自动化运行和智能化管理，提高系统的能效和可靠性。（4）加强系统的维护和保养，定期检查设备的运行状况和管道的连接情况，确保系统的正常运行和延长使用寿命<sup>[4]</sup>。

## 3 绿色建筑暖通设计的关键策略

随着全球对环境保护和可持续发展的日益关注，绿色建筑已成为建筑行业的重要发展方向。暖通设计作为绿色建筑的重要组成部分，其关键策略的制定与实施对于实现建筑的绿色化至关重要。本章将详细探讨绿色建筑暖通设计的关键策略，旨在推动建筑行业向更加环保、高效、可持续发展的方向发展。

### 3.1 绿色建筑暖通设计的目标与原则

绿色建筑暖通设计的目标是实现建筑内部环境的舒适与健康，同时最大限度地降低能源消耗 and 环境影响。为实现这一目标，设计应遵循以下原则：（1）节能原则。通过高效的设计和技术手段，降低暖通系统的能源消耗。（2）环保原则。选择环保材料和技术，减少对环境的污染和破坏。（3）可持续原则。确保暖通系统与建筑整体设计相协调，实现建筑的可持续发展。

### 3.2 绿色建筑暖通设计的关键策略

（1）优化系统设计。通过合理的系统布局和设备选型，降低暖通系统的能耗。例如，采用分区控制、变风量控制等策略，根据实际需求调节系统运行状态。

（2）提高能效。采用高效节能的设备和技术，如高效热泵、智能控制系统等，提高暖通系统的能效。同时，通过合理的运行策略，如定时开关、负荷预测等，进一步优化系统运行。（3）利用可再生能源。积极利用可再生能源，如太阳能、地热能等，为暖通系统提供清洁能源。例如，采用太阳能热水系统、地源热泵等技术，降低对传统能源的依赖。（4）优化建筑热工性能。通过改善建筑的热工性能，降低暖通系统的负荷。例如，采用保温材料、遮阳措施等，提高建筑的保温隔热性能。

### 3.3 案例分析

以某绿色建筑为例，其暖通设计采用了多种关键策略。通过优化系统设计、提高能效、利用可再生能源、优化建筑热工性能以及智能控制与监测等手段，该建筑的暖通系统实现了显著的节能效果和环境效益。具体数据如表 2 所示。

表2 暖通系统节能数据与环境效益对比表

策略	实施前能耗 (kW·h/m <sup>2</sup> ·a)	实施后能耗 (kW·h/m <sup>2</sup> ·a)	节能率
优化系统设计	120	90	25%
提高能效	90	70	22%
利用可再生能源	70	50	29%
优化建筑热工性能	50	40	20%
智能控制与监测	40	30	25%

通过综合应用多种关键策略，该建筑的暖通系统总能耗降低了42%，实现了显著的节能效果。同时，这些策略的应用也提高了建筑的舒适性和健康性，为用户创造了更加宜居的环境。

#### 4 热泵技术在建筑暖通系统中的优缺点与发展趋势

##### 4.1 热泵技术在建筑暖通系统中的优点

热泵技术作为一种高效、节能的供暖与制冷方式，在建筑暖通系统中具有显著的优势。以下是热泵技术在建筑暖通系统中的主要优点。（1）高效节能。热泵技术能够从低温热源中提取热量，通过少量的电能驱动，实现高效的热量转移。与传统的电暖器或燃气锅炉相比，热泵系统的能效比更高，能够节省大量的能源。

（2）环保减排。热泵技术不燃烧任何燃料，因此不会产生废气排放，对环境无污染。同时，热泵技术还可以利用可再生能源，如地热能、太阳能等，进一步降低对环境的影响。（3）适用范围广。热泵技术适用于各种气候条件，无论是寒冷的冬季还是炎热的夏季，都能提供稳定的供暖与制冷效果。此外，热泵技术还可以与建筑一体化设计，适应不同的建筑类型和空间需求。（4）运行稳定可靠。热泵系统采用先进的控制技术和自动化管理，能够实现稳定运行和智能化控制。同时，热泵系统的维护成本较低，使用寿命长，具有较高的经济效益。

##### 4.2 热泵技术在建筑暖通系统中的缺点

尽管热泵技术在建筑暖通系统中具有诸多优点，但也存在一些缺点和局限性。以下是热泵技术在建筑暖通系统中的主要缺点：（1）初始投资较高。热泵系统的设备成本较高，包括热泵机组、管道、控制系统等。因此，对于一些经济条件有限的建筑项目，初始投资可能会成为一大负担。（2）安装复杂度高。热泵系统

的安装需要专业的技术和设备，且安装过程中需要考虑建筑的结构、管道布局等因素。因此，安装复杂度较高，需要经验丰富的施工团队。（3）受环境因素影响。热泵技术的性能受到环境因素的影响，如室外温度、土壤条件等。在极端气候条件下，热泵系统的能效可能会受到一定程度的影响。

##### 4.3 热泵技术在建筑暖通系统中的发展趋势

随着科技的不断进步和环保意识的日益增强，热泵技术在建筑暖通系统中呈现出以下发展趋势：（1）技术创新升级。热泵技术将不断进行创新升级，提高能效比、降低噪声、优化控制系统等方面将成为研发的重点。同时，新型的热泵技术，如低温热泵、高温热泵等也将不断涌现。（2）与可再生能源结合。热泵技术将更多地与可再生能源结合，如太阳能、地热能等。通过利用可再生能源作为热源或冷源，热泵系统将进一步降低能源消耗和环境影响。（3）智能化与网络化。热泵系统将实现更高级别的智能化和网络化控制，通过物联网、大数据等技术手段实现远程监控、智能调控等功能，提高系统的运行效率和舒适性<sup>[5]</sup>。

#### 5 结束语

热泵技术在建筑暖通系统中展现出了显著的优势和巨大的潜力，其高效节能、环保减排的特点使得它在现代建筑领域中占据了重要的地位。随着技术的不断创新和进步，热泵系统的能效比将进一步提高，运行成本将进一步降低，从而更好地满足人们对舒适生活环境的需求。同时，热泵技术与可再生能源的结合将为建筑暖通系统带来更多的可能性。太阳能、地热能等可再生能源的利用将使得热泵系统更加环保、可持续，为未来的建筑暖通领域注入新的活力。

#### 参考文献：

- [1] 张晓亮,李永安,王志刚.热泵技术在建筑节能中的应用研究[J].建筑科学,2016,32(06):1-5.
- [2] 陈晓亮,赵立伟,刘玉杰.建筑暖通系统中热泵技术的节能性能分析[J].能源与环保,2017,39(08):82-85.
- [3] 胡建辉,王庆伟,张斌.地源热泵技术在建筑暖通系统中的应用研究[J].土木工程与管理,2018,15(02):76-80.
- [4] 刘杰,李春艳,郭宇.空气源热泵在寒冷地区建筑暖通系统中的应用研究[J].低温建筑技术,2019,41(01):36-39.
- [5] 魏东明,赵宇,王瑞.热泵技术在绿色建筑中的应用与展望[J].绿色建筑,2020,06(02):58-61.