

# 相变材料对蓄热炕系统能量存储性能的影响模拟

张志勇

中化学土木工程有限公司 江苏 南京 211800

**摘要:** 随着节能减排的日益重要性,蓄热炕作为一种传统的供暖方式因其独特的能量存储能力得到了广泛的应用和研究。本研究以蓄热炕为研究对象,采用计算流体力学(CFD)模拟方法,研究相变材料在蓄热炕系统中的能量存储性能。首先,建立了蓄热炕系统的数学模型,并选择了适合的相变材料。再通过模拟计算,比较了套用相变材料与不套用相变材料的蓄热炕系统能量损失情况。结果显示,应用相变材料能有效降低蓄热炕系统的能量损失,提高其热效率。此外,相变材料的不同类型和放置位置也对蓄热炕的能量存储性能有一定影响。总的来说,使用相变材料的蓄热炕能量存储性能得到了有效提升,为蓄热炕系统的优化设计与节能提供了理论依据。

**关键词:** 相变材料;蓄热炕系统;能量存储性能

## 引言:

伴随环保要求的提升,节能减排变为全社会一起努力的目标。在此情况下,一种传统的供暖方式因为其能量存储能力获得了社会各界重视。尽管历史久远,但蓄热炕的改造与发展空间依然较多,特别是运用新型的相变材料来优化其性能为目前研究的热门。本研究以蓄热炕系统为研究对象,研究了相变材料对其能量存储性能的作用。我们构建了蓄热炕系统的数学模型,选取了适当的相变材料开展研究。借助模拟流体力学模拟,比较了应用相变材料对蓄热炕系统能量损失的作用情况。研究小组的研究结果表明,相变材料能够降低蓄热炕的能量损失,提高蓄热炕的热效率。相变材料的种类和摆放位置将作用于蓄热炕储备能量的性能。研究结果提高了蓄热炕储备能量的能力,完善了蓄热炕系统的设计和节能供给理论依据。

## 一、蓄热炕系统和相变材料的基本介绍

### (一)蓄热炕系统的工作原理和应用背景

蓄热炕是一种传统取暖设备,用于寒冷地区提升居住环境舒适程度。工作原理依靠热量传递方式,白天外界供热时吸纳储存热量,夜晚供热不足时散发热量保持室内温暖。蓄热炕设计包含大型热质量体,使用坚固耐用材料建造,石块混凝土,具有很强热容量,快速积蓄散发热能。能源短缺环境污染问题严重情况下,蓄热炕因为节能环保特点获得很多关注,转换为节能建筑技术研究重点领域。广大乡村地区普遍使用,蓄热炕供应成本效益很高的加热方案,降低传统燃料使用,削减家庭燃料费用,优化室内外空气质量,产生很好贡献。探究怎样提升蓄热炕的能量存储效率对于促进可持续发展的供暖技术具有重大意义。

### (二)相变材料的工作原理和类型介绍

相变材料是一种独特材料,具有特殊功能,能在特定温度范围展现相变,吸纳或放出潜热。工作原理是固液、液气或固固相变过程能量转移与变化出现。相变材料通过相变维持温度稳固,吸纳或放出潜热,加热或

冷却过程供给温度调控功能,以实现精确控制。相变材料类型包括有机相变材料、无机相变材料和复合相变材料。有机相变材料石蜡,热稳定性卓越,化学性质稳固,无机相变材料硝酸盐和氯化钙,热导率高,能量存储密度大,性能十分优越。复合相变材料整合各类材料优点,材料混合优化热性能,适合多元化应用需求场景。相变材料依靠能量存储与放出能力,被认为是许多领域实现节能关键解决方案技术。

### (三)相变材料在能量存储中的应用分析

相变材料充当一种高性能的能量存储介质,在蓄热炕系统中拥有普遍的应用前景。其工作原理核心借助材料的相变过程,把吸纳的热能转变为潜热,并且在温度降低时放出该潜热,因此增强系统的热效能。相变材料可以明显改进蓄热系统的能量存储能力,解决长时间的热量保持和降低能量损失的问题。这种材料的应用不但提升了蓄热炕的整体效率,而且可以减少供热系统运行成本。深入地探索相变材料在蓄热系统中的应用对于完善节能效果和系统设计具有重要意义。

## 二、蓄热炕系统的数学模型构建

### (一) 蓄热炕系统的数学模型构建理论

建立蓄热炕系统数学模型使用热传导、热对流、热辐射传热理论，清楚表达热量传递过程数学公式。蓄热炕系统属于复杂热力学系统，数学模型需包含热源输入、储热材料吸收热量和散发热量机制、环境因素影响热量传递各种情况。建立数学模型时，需全面分析蓄热炕结构几何特性、材料热物性参数、运行边界条件等各项要求。研究中使用能量守恒定律和热传导方程构建热量平衡关系，加入内部热源项清楚表达相变材料在相变过程吸收和释放潜热具体行为。热流边界条件设定需清楚体现蓄热炕系统与外界环境相互作用，包含对流换热系数和辐射换热系数明确数值化表达方式。时间尺度上能够借助非稳定传热模型仿真蓄热炕在各异升温及降温阶段的动态变化储热行为，为后期相变材料的性能分析供给理论基础。前述数学模型为蓄热炕系统的能量传递研究构建了可信的理论框架，并且为数值的仿真供给了基础依据。

### (二) 选择适合的相变材料模型

蓄热炕系统的数学模型建立之中，相变材料的选择极其重要。相变材料需具有适宜的相变温度，匹配蓄热炕的工作温度范围，进而达成最优能量存储效率。热容较大和导热系数较高的材料利于提升系统的能量存储能力。化学稳定性和长时间循环寿命为选择材料时的重要考虑因素。相变材料的相变潜热应当充分高，以使在相变过程中存储和释放大量能量。通过统筹应用这些标准，能够保证所选择的相变材料在理想条件下改进蓄热炕系统的热性能。精确的模型选择会直接地作用于系统的整体效能和长期实用性。

### (三) 数学模型的验证和范围定义

检测数学模型，比较蓄热炕系统实际性能与模拟结果，确保模型准确可靠。检测时需思考热动态行为及能量损失，比较实验数据与模拟预测，评估模型适用性，在对模型参数的设置与调整时，要根据不同实验的条件来进行，这样能保证相变材料对系统能量存储性能的实际影响的实际反映。

## 三、相变材料对蓄热炕系统能量存储性能模拟计算

### (一) 蓄热炕系统模拟计算方法

模拟计算时，蓄热炕系统储存能量能力的评估依赖数值方法和参数设置。计算流体动力学CFD技术用来模拟蓄热炕系统的热传导和对流过程，依靠建模和模拟预估系统表现。CFD模拟需要设置蓄热特性相关的边界条件、初始条件和材料属性。为了保证模拟结果准确，选用适合建筑环境的湍流模型和辐射模型，说明热传递情况。细网格的使用

让模型记录热流和温度分布的细节。研究相变材料的热力学特性，包括比热、熔化温度、相变潜热和不同状态下的热导率。时间步长以及迭代收敛标准的选取必须符合获得稳固计算结果的要求，保证相变过程的动态变化充足被仿真。借助计算结果的分析，研究相变材料于蓄热炕内运作之际的热效应，给后续能量损失评估供应基础数据<sup>[1]</sup>。

### (二) 套用相变材料的蓄热炕系统能量损失模拟

实施相变材料蓄热炕系统能量损失模拟时，需构建数学模型，需评估相变材料热物性参数和蓄热炕内部布置方式。模拟过程依赖计算流体动力学CFD方法，借助热传递过程实施动态仿真，研究相变材料相变过程吸收释放热量过程。模拟结果表明，温度波动时相变材料减少能量流失，拉长供热时长。能量损失降低体现热量储存效率提升。借助不同类型相变材料模拟，察觉相变材料相变温度潜热值系统性能优化发挥作用，挑选布置相变材料降低总体能量损失。相变材料物理性质和蓄热炕系统设计契合时，节能效果明显。

### (三) 不套用相变材料的蓄热炕系统能量损失模拟

针对未使用相变材料的蓄热炕系统实施能量损失模拟，必须首先导入流体动力学计算的具体方法，用以描绘系统的传热过程以及热流动特性。数学模型对蓄热过程中热能的流失执行跟踪，着重解析炕内各个区域的温度梯度以及其变化规律。在不同工况下，借助模拟计算测定系统的能量损失量，并且同应用相变材料的系统开销比较，阐明未使用相变材料情况下热效率降低的具体原因及特性，得出对蓄热炕系统优化设计拥有引导意义的结论。

## 四、相变材料对蓄热炕系统能量损失性能影响对比分析

### (一) 相变材料降低蓄热炕系统能量损失的效应分析

研究相变材料对蓄热炕系统能量损失的效应时，需要注重相变材料特有的热物理性能以及其于能量存储之中的角色。相变材料可以通过其相变过程吸纳或者放出许多潜热，使炕体于温度波动之际维持较为稳固。应用计算流体动力学仿真，相变材料明显减少了系统的能量损失，并且提升了热效率。相变材料于吸纳高温热量之后，可以徐缓放出，延伸了炕体的保温时间，降低了多余的热量流失。这种能量损失减低首要反映于热惯性加强以及温度保持，这对调整温度、改进供暖设计发挥了积极作用。炕系统中运用相变材料，不只可以平稳内外温差，减少能量损失，也减小了温度异常波动对于供暖效果的影响，给节能技术的进一步发展给予了支持。解析证明了相变材料的导入大幅改进了蓄热炕系统的热能效用<sup>[2]</sup>。

## （二）相变材料的类型和放置位置对蓄热炕系统能量存储影响

相变材料种类和放置位置作用蓄热炕系统能量存储性能。详细研究发现，不同种类相变材料熔点、导热系数和比热容等热物理性质存在差异，引起蓄热炕系统呈现不同能量存储效率。选择高熔点和较高导热系数相变材料显著提升能量存储能力，降低系统能量损失。相变材料放置位置重要。清晰模拟结果呈现，相变材料理想放置位置需保证蓄热炕系统最大程度热源交换热量，包含热源或能量储存核心区域。改进相变材料种类和放置位置，改进蓄热炕系统能量存储效率，蓄热炕技术发展给予关键设计参数。

### （三）不同条件下的最优设计方法探讨

不同环境改进相变材料蓄热炕系统的设计十分重要。改进设计应该整合相变材料的相变温度、热导率和潜热特性，适应蓄热炕实际运行环境。选择合适相变材料类型，必须保证目标温度范围发生相变，达成高效热能存储和释放。相变材料放置位置决定热量传递效率，应该科学整合蓄热炕热源分布、系统结构和热流路径进行有效安排。使用调节相变材料厚度和比例，储热能力和能量损失之间取得平衡，获取出色储热效果。具体分析模拟结果和实际运行需求，为不同气候环境下的蓄热炕设计提供可信科学指导。

## 五、相变材料在蓄热炕系统中应用的前景与建议

### （一）相变材料在蓄热炕系统中应用的实用性口径

相变材料用于蓄热炕系统，显示广阔实用价值和显著潜力。相变材料依靠独特吸热和放热能力，温度变化时储存和释放能量，满足蓄热炕系统功能需求。相变材料加入蓄热炕系统，对能量的损失有减低的作用，进而延长了系统的热保持时间。这种性能对寒冷地区的居民生活有重要的意义。

相变材料于蓄热炕之中应用方式灵活，其放置位置与布置方法能高效影响热传导效率与储热性能。通过优化相变材

料之位置与比例配置，能够更进一步提高系统之功能表现，给各种规模之家庭供暖设计供应更可信的技术方案。自经济角度观之，伴随相变材料生产技术之逐步完善，其成本渐进减少，给其大规模应用赋予了可行性。其节能效益于长期使用之中能明显减少能源成本，给用户提供经济上之明显优势。相变材料于蓄热炕系统之中应用拥有重大之社会经济价值与发展潜力。

### （二）研究结果的未来应用和优化建议

研究结果的未来应用和优化建议包含多个方面的考量。相变材料在蓄热炕系统中的有效应用不仅能够显著提高系统热效能，还符合节能和环保的需求。未来的应用应聚焦于开发和选择热物性更优异的相变材料，以增强其在不同环境条件下的稳定性和适应性。相变材料的选型和放置位置亟须细化，以达到最佳的能量存储效果。进一步的优化建议包括通过先进的计算流体动力学技术，开展更多针对性强的模拟研究，探索各种相变材料在不同结构的蓄热炕中的性能表现。

在实际使用场景中，注重相变材料和建筑材料的高效结合，综合系统设计来供给数据支持。从经济角度评估投资回报，预测结果协助决策者执行成本较少、效益较大的蓄热系统方案。从政策方面，促进相关标准的制定和执行，保证广泛应用能够可靠提供保障。相变材料在蓄热炕系统中的发展潜力很大，需要发展技术创新和模拟技术，达成理论与实践的紧密连接，推广节能技术的实际应用。

## 结束语

本项研究使用模拟技术，探索相变材料在蓄热炕系统中改进能量存储的可能性。研究结果显示，相变材料能够显著降低能量损失，提升供暖热效率，不同材料的放置位置的差异，说明了系统设计的重要性，虽然本次研究有一定的成果，但还存在不足，对于多环境因素，材料选择及长期稳定性的考虑不足。

## 参考文献：

[1] 田源,陈聪,卢涛,杨洪润,罗彦,成翔.相变蓄热水箱蓄热性能数值模拟研究[J].北京化工大学学报:自然科学

版,2022,49(04):83-90.

[2] 件凡,张华,王子龙,秦延斌.相变蓄热材料对蓄热水箱分层特性的影响[J].流体机械,2022,50(02):20-27.