

Research on phase-change energy storage materials in Building energy conservation

Baoqing Zhai Cancan Yuan

Zhejiang Guofa Energy Conservation and Environmental Protection Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

With the increasingly serious global energy crisis and environmental problems, the research and application of building energy saving technology has gradually become the focus of attention of the society. Phase-change energy storage materials have become an important part of energy-saving building design because of their superior performance in the process of energy storage and release. This paper will discuss the application status and prospects of phase change energy storage materials in the building field, analyze their advantages in temperature regulation, energy efficiency and building performance improvement, as well as the challenges and solutions faced in practical application. Through the in-depth study of phase change energy storage materials, it can provide new ideas and practical basis for building energy conservation.

Keywords

phase change energy storage materials; building energy saving; classification; application

相变储能材料在建筑节能中的研究

翟宝庆 袁灿灿

浙江国发节能环保科技有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘要

随着全球能源危机和环境问题的日益严重,建筑节能技术的研究与应用逐渐成为社会各界关注的焦点。相变储能材料因其在能量存储和释放过程中表现出的优越性能,成为了节能建筑设计的重要组成部分。本文将探讨相变储能材料在建筑领域的应用现状与前景,分析其在温度调节、能源利用效率和建筑性能提升等方面的优势,以及在实际应用中所面临的挑战和解决方案。通过对相变储能材料的深入研究,以期能够为建筑节能提供新的思路和实践依据。

关键词

相变储能材料;建筑节能;分类;应用

1 引言

在当今社会,建筑行业的能耗占据了全球总能耗的相当大一部分,尤其是在空调和采暖等环节,能源消耗尤为突出。为了应对这一问题,各国纷纷推出了一系列建筑节能政策和技术措施,力求通过新材料的应用和设计优化来减少能耗。相变储能材料作为一种新兴的高效节能材料,以其独特的物理特性和良好的热性能,逐渐被引入到建筑节能领域中。

2 相变储能材料的分类

2.1 材料化学组成

从材料的化学组成来看,相变储能材料可以分为有机

材料、无机材料和复合材料。有机材料通常具有较低的相变温度和良好的热稳定性,常见的有机相变材料包括石蜡、脂肪酸等。这类材料的优点在于它们的相变潜热较高,能够在相对较小的体积中储存大量的热能。相较于有机材料,无机相变材料如盐类和水合盐,通常具有更高的热导率和热容量,这使得它们在快速释放热能时表现优异。复合材料则是将有机与无机材料结合,旨在综合两者的优点,实现更高效的热能储存和释放。这种材料的设计往往针对特定应用需求,提供更灵活的解决方案。

2.2 相变温度

从相变温度的角度来看,相变储能材料可以根据其相变温度的高低分为低温、中温和高温材料。低温相变材料通常在 0°C 到 60°C 之间相变,适用于建筑保温、冷链运输等领域^[1]。中温相变材料的相变温度范围一般在 60°C 到 200°C 之间,适合用于工业过程热管理和太阳能热能存储。而高温相变材料则相变温度超过 200°C ,主要应用于

【作者简介】翟宝庆(1974-),男,中国陕西咸阳人,本科,工程师,从事工业企业的节能以及储能研究。

高温工业过程或太阳能热发电等领域。这种分类方式帮助工程师和研究人员根据不同的应用场景选择最合适相变材料，以实现最佳的能量利用效率。

2.3 相变形式

从相变形式来看，相变储能材料可以分为固-固相变、固-液相变和液-气相变。固-固相变材料在温度变化时，通过晶体结构的重排来存储和释放热能。这类材料的相变过程温和，适合于一些低温应用。固-液相变材料是最常见的类型，在此过程中材料从固态转变为液态或反之，通过相变潜热进行热能的储存和释放。这种材料广泛应用于建筑、家电和可再生能源系统等领域。液-气相变材料则是在气化和凝结过程中进行热能的存储与释放，常见于一些特殊的应用领域，如制冷和热泵技术等。

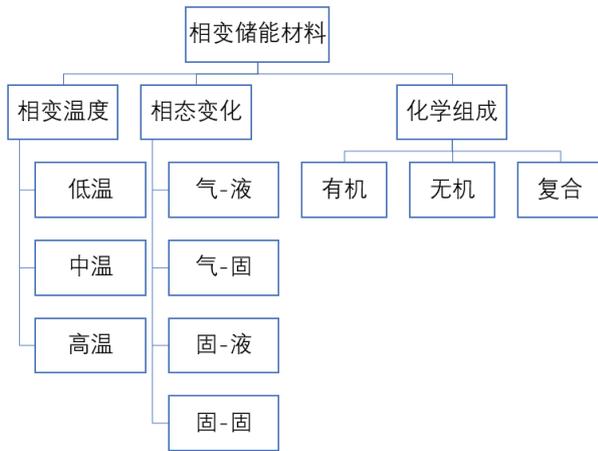


图 1 相变储能材料的分类方式

3 相变储能材料在建筑节能应用中存在的主要问题与优化策略

3.1 可用的相变储能材料的种类不足

建筑物的实际需求往往多样化，例如不同地区的气候条件、建筑物的结构特点、使用功能等都对相变材料的选择提出了不同的要求。然而，目前市场上广泛应用的相变储能材料主要集中于少数几类，如有机相变材料（如石蜡）、无机盐类相变材料（如硝酸盐）以及部分复合相变材料。这些材料各自存在优缺点，不同材料的熔点、导热性、相变焓值等参数在适用范围上有所差异，但能够全面满足建筑节能需求的材料种类仍然较为稀缺^[2]。举例来说，有机相变材料的熔点可调性较强，但其导热性能较差，且长期使用时会存在相分离或过冷的现象；而无机相变材料的导热性能较好，但往往存在腐蚀性、体积变化大等问题。因此，亟需进一步开发新型相变储能材料，尤其是那些能够在不同温度区间内高效稳定储能的材料，以适应更加多样化的建筑节能需求。

3.2 相变储能建筑材料的制备工艺尚不完善

相变储能材料的制备工艺不仅影响材料的性能，还直接关系到其在建筑材料中的应用效果。目前，常见的制备工

艺主要包括相变材料的封装技术、复合技术以及微胶囊化技术等。封装技术是通过将相变材料封闭在一定的容器中，以避免材料在相变过程中泄漏或腐蚀建筑结构；复合技术则是将相变材料与其他建筑材料复合，以提高其机械强度和导热性能；而微胶囊化技术则能够将相变材料分散在基质材料中，从而提高材料的稳定性和热响应速度。然而，尽管这些技术在一定程度上提升了相变储能材料的性能，实际应用中仍存在诸多不足。例如，复合技术则面临材料间兼容性不足的问题，复合后的材料性能往往不如单一材料理想。同时，微胶囊化技术虽然能够显著提高材料的稳定性，但在大规模生产过程中，胶囊壁材的选择、粒径控制等问题仍然有待进一步研究和优化。因此，未来在相变储能材料的制备技术上，需要进一步提升工艺水平，开发更加高效、经济的工艺流程，才能更好地实现相变储能材料与建筑材料的结合。

3.3 相变储能材料的使用成本偏高

首先是材料本身的制造成本较高，尤其是那些性能优异的高端相变材料，其生产工艺复杂，原材料价格昂贵；其次是相变储能系统的安装和维护成本也较高。相较于传统的建筑材料和节能技术，相变储能材料的应用需要更为精密的设计和施工，且在使用过程中还需要定期进行检查和维护，增加了长期使用中的费用。此外，由于相变储能材料的市场尚未成熟，规模化生产不足，导致材料的价格居高不下，进一步抑制了其在建筑领域的推广应用。为了解决这一问题，降低材料成本和提高经济效益是未来发展的重要方向^[3]。一方面，可以通过技术创新，简化制造工艺，扩大生产规模，从而降低生产成本；另一方面，政府和相关部门也可以通过政策支持、补贴等方式，鼓励相变储能材料的应用，以促进市场的成熟和材料成本的降低。

4 相变储能材料在建筑节能中的应用

4.1 被动式建筑设计

被动式建筑设计的核心在于通过建筑材料和结构设计的优化，最大程度地利用自然资源进行调温、保温，从而减少对主动供暖和制冷系统的依赖。相变储能材料正是这一领域中极具潜力的技术手段，它通过在不同温度下的相变过程，实现能量的储存和释放，进而有效调节室内温度，提升建筑的整体节能性能。

在墙体中使用相变储能材料，尤其适用于南北向建筑，因为这些方向的墙体通常受太阳辐射的影响较大。相变储能材料的融化吸热过程可以有效减缓墙体的温升，避免室内温度在白天过高^[4]。而在夜间，当外部环境温度降低时，相变储能材料又会固化放热，进一步减轻夜间的温度下降速度。通过这样自然的热交换过程，建筑物内部的温度波动幅度被大大削减，室内温度更加宜居。

相变储能材料在屋顶的应用，可以在夏季通过相变吸热过程，减少屋顶对太阳辐射热量的吸收，降低室内温度，

从而减少空调等制冷设备的使用频率和能耗。而在冬季，屋顶相变储能材料的固化放热过程则有助于保持室内热量不易流失，减少采暖设备的使用需求。此外，屋顶相变储能材料的使用还可以延长建筑物的使用寿命，因为它能够减缓由于温度变化引起的热胀冷缩对建筑结构的损害。

除了墙体和屋顶，相变储能材料在窗户和遮阳系统中的应用也非常具有前景。窗户是建筑热交换的另一大关键部位，尤其是在日照强烈的地区，窗户往往是室内温度上升的主要原因之一。通过在窗户中嵌入相变储能材料，能够有效调节通过窗户的热量传导，降低室内温度的波动。例如，透明的相变储能材料可以直接应用于玻璃窗户中，不仅在不影响采光的情况下实现了热量调节，还能通过储热和释热过程提升窗户的隔热性能。在夏季，相变储能材料能够吸收外界热量，减少室内温度的上升；在冬季，它又能通过固化放热，缓解室外寒冷空气对室内的冷却作用。

遮阳系统是建筑设计中减少热量吸收的重要手段，尤其是在夏季，遮阳措施的有效性直接影响到建筑物的能耗水平。相变储能材料在遮阳系统中的应用，能够进一步增强这一系统的节能效果。传统的遮阳系统主要依赖于遮挡阳光来减少建筑内部的热量积累，而相变储能材料的引入则使遮阳系统能够主动调节热量。相变储能材料在日间和夜间的吸热与放热特性，能够帮助遮阳系统在白天减少太阳辐射热量进入室内的同时，在夜晚释放储存的能量，维持室内温度的平衡。这一过程不仅提高了遮阳系统的功能性，还通过减少内部温度波动，进一步提升了整体的建筑节能效果。

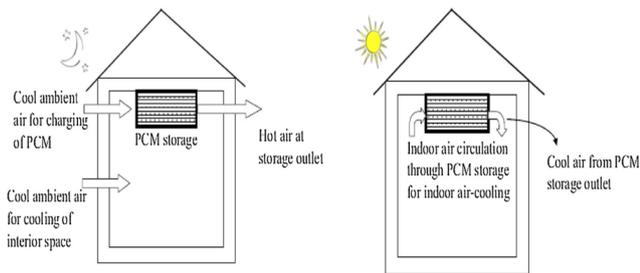


图2 相变储能材料在建筑中的应用

4.2 主动式建筑设计

相变储能材料的核心特性在于它们能够在相变过程中吸收或释放大量的热量，这种特性使得它们在暖通空调系统和热水系统中具有极大的应用潜力。通过合理设计和应用相变储能材料，可以显著提高建筑的能效，改善室内环境，进

而达到节能减排的目的。

在暖通空调系统中，相变储能材料的应用使得建筑的温度调节更加灵活和高效。相变材料通常能够在特定的温度范围内进行相变，吸收或释放热量，从而实现能源的有效存储和利用。这意味着，在电力需求较低的时段，建筑可以通过空调系统将多余的冷量或热量储存于相变材料中，而在需求高峰期，这些储存的能量可以被释放出来，帮助维持室内的舒适温度。例如，在夏季高温时段，白天的阳光照射使得建筑内部温度上升，此时空调系统可以将冷量存储在相变材料中，夜间气温下降时，这些相变材料又可以释放冷量，保持室内凉爽。这种灵活的调节手段，不仅降低了建筑的能耗，还优化了空调系统的运行效率，减少了对电网的压力。

除了在暖通空调系统中的应用，相变储能材料在热水系统中的潜力同样不容小觑。在许多建筑中，热水供应是一个重要的能耗环节，尤其是在冬季。相变储能材料能够在热水系统中储存热量，提高热水的利用效率^[5]。当太阳能热水系统或其他可再生能源系统在白天产生热水时，系统可以通过相变材料储存热量，待到夜间或阴雨天气时，这些储存的热量可以被提取出来，用于满足建筑的热水需求。这样的设计不仅减少了对传统能源的依赖，还提高了可再生能源的利用率，进而推动了建筑的可持续发展。

5 总结

总的来说，相变储能材料在建筑节能中的应用展现了广阔的前景。随着科技的不断进步和人们对节能减排意识的增强，这一领域必将迎来更多的创新与发展。通过不断探索和实践，相变储能材料将在未来的建筑设计中发挥越来越重要的作用，助力人类实现可持续发展的目标。

参考文献

- [1] 颜江龙,魏霞.相变储能材料在建筑节能中的研究进展与应用[J].现代化工,2019,39(11):48-52.
- [2] 王晓凤,宋小软,黄崧,骆诗丽.相变储能材料在建筑节能领域中的研究进展[J].化工新型材料,2024,52(S02):320-325+331.
- [3] 尹峰峰,孙焕喜.绿色建筑节能保温材料在建筑外墙中的应用研究[J].生态与资源,2024(1):0068-0070.
- [4] 刘伟斌.绿色建筑节能材料在建筑节能中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(10):0094-0097.
- [5] 陈小林.相变材料在建筑节能中的应用研究[J].新材料·新装饰,2024,6(23):5-8.