

# 相变材料的研究进展及其在北方猪舍中的应用

田力匀, 孙丽丽, 刘海龙, 刘海枝, 袁月明\* (吉林农业大学工程技术学院, 吉林长春 130118)

**摘要** 从相变材料的特性、在建材中的应用以及国内外研究进展等方面进行了阐述, 并展望了相变材料在猪舍中的应用前景。

**关键词** 相变材料; 温度; 北方猪舍; 研究进展

**中图分类号** S812.93 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2012)04-01555-02

## Research Advances in Phase Change Material and Its Application in North Pig House

TIAN Li-yun et al (College of Engineering and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract** The characteristics of phase change material, application in building materials, and research advances at home and abroad were elaborated, the application prospect of phase change material in pig house was forecasted.

**Key words** Phase change material; Temperature; North pig house; Research advances

相变材料(Phase change material, PCM)是指通过固液相变过程来贮存和释放能量的材料。相变材料可以在一定的温度范围内改变其物理状态, 相变的发生需要达到一定的温度, 相变过程伴随着大量潜热的吸收或放出。相变材料因其优点很多而受到人们的重视, 这些优点主要包括: ①相变材料固液相变的显热远远小于潜热, 因此同样多的蓄热介质, 相变蓄热材料储存的热量更多; ②相变中的蓄热及放热过程能够向外界供给恒定温度的吸热源或放热源, 其原因是蓄热和放热过程都是在很小的温度范围内或恒温状态下完成的。笔者对相变材料在国内外的研究进展进行了综述, 并展望了其在北方猪舍中的应用前景, 旨在为提高猪舍的舒适度和节约猪舍的建筑能耗提供理论依据。

### 1 相变材料的研究进展

相变材料应用于建材的研究始于 1982 年, 由美国能源部太阳能司发起。从其发展过程来看, 其应用研究大致经历了 3 个阶段: 20 世纪 90 年代以前, 主要分析相变材料在建材中应用的可行性, 筛选相变材料以便应用于建筑体系中; 20 世纪 90 年代, 建材与相变材料的使用寿命、相容性和稳定性成为重要研究课题, 主要是为了更好地完善建筑基材和相变材料的复合工艺; 从 90 年代到现在工作的重点发生了转移, 定型技术及新型的相变物质的开发, 实用化建筑制品(如相变保温砂浆、相变蓄能墙板及相变混凝土等)的研制成为工作重点, 这也有效促进了其在工程实践中的应用<sup>[1]</sup>。国内对相变材料的研究起步较晚, 与发达国家相比差距较大。有关相变热传导和相变材料物性方面的研究有过相关报道<sup>[2-4]</sup>。

**1.1 国外研究进展** Benson 和 Christenson 首次建议在建筑材料中使用固-固 PCM 改善建筑物室内热环境<sup>[5]</sup>。Yamaguchi 与 Sayama 等<sup>[6]</sup>实现了将低温的热水地板采暖系统和无机相变材料的结合性应用, 分析无机相变材料蓄能采暖系

统的热性能。Feldman 等<sup>[7]</sup>应用灰泥砂浆混合法和掺混法制作相变材料, 这种相变材料是用 48% 丁基棕榈酸盐和 49% 丁基硬脂酸盐的混合物制作而成, 用这种相变材料制作相变墙板, 从而对相变墙板进行了性能测验, 测验结果表明相应的普通墙板比此种相变墙板的蓄热能力减弱了 10 倍。Peippo 等<sup>[8]</sup>研究了使用相变墙板来实现能量贮存的可行性, 在美国威斯康星州麦迪逊市 120 m<sup>2</sup> 大小的房屋中, 采用相变维护结构, 通过测试发现每年能够节省电力消耗 15%, 并且发现室内平均温度高于相变温度 1~3 ℃ 时是每天最理想的热能存储时间, 并且在夏季炎热的气候下能够减少 20% 的空调电力消耗。Hawes 和 Feldman 总结了 1990 年以前研究的成果, 总结了有机相变材料在各种水泥中的保持及吸收机理和特性, 并且重点分析了对吸收特性有影响的一些因子, 包括压力、吸收的面积、粘性、温湿度以及浸润时间<sup>[9]</sup>。Farid<sup>[10]</sup>研究了 2 类混凝土板层, 其中的 1 个掺入了球形的塑料结节含有 CaCl<sub>2</sub>, 为了预备相变材料融化所产生的膨胀, 塑料球预留了 10% 的空余。同时, 为了预防对周边结构造成挤压, 应用了刚性的塑料。评价混凝土的机械性能是为了将其应用于实际中。在连续加热 8 h 的情况下, 普通的地板仅能维持几个小时的热量, 而含相变材料的地板却可以维持 1 d 的足够热量。

**1.2 国内研究进展** 国内对相变材料的研究虽然起步较晚, 但是也取得了一定的进展。中国科技大学和清华大学在相变储能地板方面进行相关研究, 选用定形相变物质作为相变物质<sup>[11-12]</sup>。张寅平<sup>[13]</sup>制备了定形的相变材料, 这种材料的载体是高密度的聚乙烯, 其优点有固-固相变的体积突变小和固-液相变的潜热大, 在与传统建筑的材料相结合时所采取的工艺较为简单, 化学性能及物理性能都很稳定, 在使用的过程中不需要使用容器封装, 并且具有较高的热传导率。相变储能物质能够在建筑中使用, 归功于此种材料的发现。周恩泽指出了共融合金可以调控相变过程的潜热及温度, 依照不同的比例使多元醇相变物质中的 2 种或者 3 种达到混合状态<sup>[14]</sup>。田胜利制作了低温的相变储能物质, 这种物质就是正辛酸-月桂酸的一种二元分子合金, 其制作方法是结合应用超声波法和高温保温法<sup>[15]</sup>。同济大学对建筑节能

**基金项目** 吉林省重大科技攻关项目(09ZDGG008); 吉林省科技支撑计划重点项目(20110225)。

**作者简介** 田力匀(1986-), 女, 吉林白山人, 硕士研究生, 研究方向: 设施农业与生物环境调控。\* 通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事农业生物环境与建筑方面的研究, E-mail: yym\_jlu@163.com。

**收稿日期** 2012-12-18

能混凝土材料进行了研究,以工业级别的硬脂酸丁酯为主要研究对象<sup>[16]</sup>。河南省南阳石蜡精细化工厂研制了相变物质专用蜡,这种蜡的相变温度在 32.5~37.5℃及 17.5~22℃。国内外对相变材料的相关报道,张寅平<sup>[17]</sup>对其进行了总结和归纳,发现满足以下条件的材料才是理想的储能材料:①容易获得且便宜的制作原材料;②没有异常气味、没有降解、不具有腐蚀性以及不具有毒性等;③相变过程具有较好的可逆性;④相变过程中具有较小的收缩性能和膨胀性能;⑤热传导性及相变的潜热都很大;⑥相变的温度是 20~26℃,跟人体的舒适度贴近。林坤平等<sup>[18]</sup>采用数值模拟的方法评价了在不同的气候地区相变墙房间的应用效果,探讨了允许使用相变墙建筑的气候条件。这也说明了相变墙这类建筑物在不同地区使用的局限性及优点,并讨论了夏季空调型相变墙优化设计方法,在给定的气象条件及相变墙房间里。

## 2 相变材料在猪舍中的应用

随着规模化养殖业的发展,畜禽舍的环境问题引起了更多的关注。气体含量和成分、粉尘、微生物、温湿度、光照、噪声都是畜禽舍的环境因子。为了有效预防疾病发生和流行,需要适时地排除微生物、灰尘及有害气体,从而使畜禽舍的空气质量得到改善。同时,为了让动物得到适合的温、湿度,防止出现冷应激及热应激,需要采取有效的环境调控方法,其中温度是重要因素之一。在北方,冬季室外温度较低,如何提高猪舍内的温度,满足猪生长发育的需求,是一个重要问题<sup>[19]</sup>。相变材料的使用为提高猪舍的舒适度和节约建筑能耗提供了新途径。相变蓄能建筑材料可以增强建筑的蓄热能力,储存太阳能,降低夏天室内最高温度,提高冬季室内最低温度;减少室内空气温度波动,较长时间保持所需温度,提高猪的舒适度。

## 3 小结

相变材料作为 1 种新型蓄热节能材料,受到越来越多的关注。人们充分意识到节能的迫切性和重要性始于 20 世纪 70 年代的第 1 次能源危机,在工业发达国家建筑能耗占总能耗的 42%~45%,而相变材料在建筑中的应用为建筑节能提供了可靠的依据。然而,目前相变材料在猪舍中的应用还未

见报道。通过研究相变材料在猪舍中的应用以及对猪舍温度的影响,可以为猪舍结构和环境优化设计提供理论基础。综述国内外对相变材料的研究,主要集中在潜热、转变温度、耐久性和稳定性上,但是对相变材料的机械性能研究相对较少。

## 参考文献

- [1] 石磊,樊拴狮,郭开华. 储能材料(介质)导热性能研究[J]. 太阳能学报,2002,23(4):427.
- [2] 张洪济. 相变热传导[M]. 重庆:重庆大学出版社,1991:56.
- [3] 王剑峰,高广春,欧阳应秀,等. 组合和相变材料在柱状储热单元的储热特性实验研究[J]. 太阳能学报,2001,22(2):119.
- [4] 王剑峰. 相变储热研究进展(2)组合相变材料储热与应用潜力[J]. 新能源,2000,22(4):22-33.
- [5] YAMAGUSHI M, SAYAMA S. Heat Storage With Phase Change Material for House Floor Heating[C]//Pro. of the 7<sup>th</sup> Inter. Conf. on Thermal Energy Storage. Sapporo, Japan: [s. n.], 1997:349-353.
- [6] FELDMAN D, BANU D, HAWES D, et al. Obtaining an energy storing building material by direct incorporation of an organic phase change material in gypsum wallboard[J]. Solar Energy Materials, 1991, 22:231-24.
- [7] PEIPPO K, KAURANEN P. A multi-component PCM wall optimized for passive solar heating[J]. Energy Build 1991, 17:259-170.
- [8] HAWES D W, FELDMAN D. Absorption of phase change materials in concrete[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 1992, 27(1):99-101.
- [9] FARID M M. Domestic electric space heating with heat storage[J]. Proc Instn Mech Engrs, 1999, 213:83-92.
- [10] 叶宏,程丹鹏,葛新石,等. 定形相变储能式地板辐射采暖系统数值模型的实验验证及参数分析[J]. 太阳能学报,2004,25(2):189.
- [11] 陈秀英,汪学英,曹学增. 相变储能材料的研究进展与应用[J]. 材料导报,2003,17(5):42.
- [12] 张寅平. 定形相变材料的热性能[J]. 清华大学学报:自然科学版, 2003, 43(6):833-835.
- [13] 周恩泽,董华. 相变储热在建筑节能中的应用[J]. 新型建筑材料,2003(9):42-44.
- [14] 田胜利,张东,肖德炎. 正辛酸/月桂酸分子合金作为低温相变储能材料的实验研究[J]. 节能,2005(6):45-47.
- [15] 张东,周剑敏,吴科如. 相变储能混凝土制备方法及其储能行为研究[J]. 建筑材料学报,2003,6(4):374-380.
- [16] 张寅平,胡汉平,孔祥东. 相变储能-理论和应用[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1996.
- [17] 林坤平,张寅平,江亿. 我国不同气候地区夏季相变墙房间热性能模拟和评价[J]. 太阳能学报,2003,24(1):46-52.
- [18] 林坤平,张寅平,江亿. 夏季“空调”型相变墙热设计方法[J]. 太阳能学报,2003,24(2):145-151.
- [19] 薛新宇. 我国畜禽养殖环境控制技术的发展与展望[C]//中国农业机械学会 2008 年学术年会论文集. 中国农业机械学报,2008:623-625.

(上接第 1536 页)

- [52] 曲波,吕国忠,杨红,等. 苍耳柄锈菌三裂叶豚草专化型冬孢子萌发过程及萌发条件的研究[J]. 菌物学报,2009,28(3):358-392.
- [53] 曲波. 三裂叶豚草锈菌生防潜力的研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2008.
- [54] 张萍,孙晓东,张薇,等. 苍耳柄锈菌三裂叶豚草专化型冬孢子基因组 DNA 快速提取法的比较[J]. 菌物研究,2011,30(1):100-117.
- [55] ZHANG P, LV G Z, SUN X D, et al. The infection process of *Puccinia xanthii* f. sp. *ambrosia-trifidae* on *Ambrosia trifida* [J]. Botany, 2011, 89: 771-777.
- [56] 张萍. 三裂叶豚草锈菌侵染机制及其分子变异的研究[D]. 大连:辽宁师范大学,2011.

- [57] 刘绍芹,吕国忠. 豚草轴霉菌卵孢子的观察方法[J]. 菌物研究, 2005, 3(4):9-10.
- [58] 刘绍芹. 三裂叶豚草轴霉菌生物学特性及其致病机理研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2006.
- [59] 汪平姚,杨建明,吴春红,等. 豚草籽粒图提取液灭螺效果研究[J]. 湖北大学学报,2006,28(2):202-204.
- [60] 王浦海,徐军,吴美玉. 豚草化学成分的研究[J]. 中国中药杂志,1993(3):59-64.
- [61] 杨逢建,王纪坤,张莹,等. 林业有害植物豚草挥发油 GC-MS 成分分析[J]. 植物研究,2005, 25(4):457-459.
- [62] 王娟,邓旭,谭济才. 豚草提取物对 4 中植物病原真菌的抑制活性[J]. 杂草科学,2010(4):34-36.