

# 相变储能材料在立筒仓 稻谷控温储藏中的应用研究

高树成<sup>1,2</sup>, 李 佳<sup>1,2</sup>, 赵学工<sup>1,2</sup>

(1. 辽宁省粮食科学研究所, 辽宁 沈阳 110032; 2. 国家粮食—玉米干燥工程中心, 辽宁 沈阳 110032)

**摘要:**针对夏季粮仓温度高, 表层易发热而引起粮食品质劣变的现象, 开展了利用相变储能材料的准低温稻谷储藏实仓试验。分别选择29号常规储粮仓、保温处理后的30号储粮仓和使用相变储能材料的31号储粮仓进行储粮效果对比实验。在测试期间, 随着外温的变化, 通过对29号、30号、31号三个立筒仓仓温和表面粮温的测定, 结果表明: 使用相变储能材料的31号粮仓仓温和粮温最低, 且随着外温的变化表层粮温几乎不变, 该粮仓能有效控制粮仓温度和表层粮温, 实现准低温储粮。

**关键词:**相变材料; 准低温; 稻谷储藏

**中图分类号:**S 379.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2017)01-0085-03

## Application of phase change energy storage materials in vertical silos for controlling temperature in paddy storage

GAO Shu - cheng<sup>1,2</sup>, LI Jia<sup>1,2</sup>, ZHAO Xue - gong<sup>1,2</sup>

(1. Liaoning Grain Science Research Institute, Shenyang Liaoning 110032;

2. National Grain - Corn Drying Engineering Center, Shenyang Liaoning 110032)

**Abstract:** The storage of paddy under quasi - low temperature with phase change energy storage material was tested to solve the problem of grain damage caused by high temperature inside silos in summer and the get - hot - grain surface. Three different kinds of silo, which were general silo No. 29, heat - insulation - treated silo No. 30 and silo No. 31 made of phase change energy storage material, were chosen for contrast experiment. The temperatures inside of the silos and on the grain surface were measured with the change of outside temperatures. The results showed that for silo No. 31 both the temperatures inside of the silo and on the grain surface were the lowest, further more they hardly changed with the outside temperature. The silo can control the temperatures both inside of the silo and on the surface of grain effectively, therefore grain storage by quasi - low temperature is realized.

**Key words:** phase change material; quasi - low temperature; paddy storage

粮食是人类赖以生存繁衍的基本物质, 各国都高度重视, 发达国家对粮食储藏技术的研究更是给予了很大投入。近年来, 随着人们环保意识和对食品卫生要求的不断提高, 市场对储粮技术的需求也越来越高, 发达国家的粮食储藏技术更多提倡采用低温、储粮害虫非化学防治等新技术的应用, 更强调环境保护和可持续发展。低温储粮是国际上应用较广的一项绿色储粮技术, 目前, 世界上有 60 多个

国家和地区均采用该技术储存粮食, 低温储粮技术<sup>[1]</sup>是指在储粮过程中, 利用自然冷却或人工制冷使仓内的粮食处于较低的温度环境, 预防和消除粮食储藏过程中自然发热现象, 降低粮食呼吸强度, 防止或减缓有害生物的侵袭及粮食品质劣变的技术。粮食低温储藏技术是绿色生态储粮技术推广应用的首选方法和发展方向。

相变材料是一类在其本身发生相变的过程中, 可以吸收环境的热(冷)能, 并在需要时向环境发出热(冷)能的材料<sup>[2]</sup>。本实验通过对立筒仓内进行相变储能材料、聚氨酯发泡处理等方法, 分别对三个

收稿日期: 2016-07-04

基金项目: 辽宁省自然科学基金资助项目(2015020787)

作者简介: 高树成, 1963 年出生, 男, 学士, 教授级高级工程师。

立筒仓进行准低温储粮温控系统立筒仓稻谷实仓应用试验。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

##### 1.1.1 相变材料

杭州飞捷科技有限公司生产的 PH-22 相变储能垫属于复合无机盐类相变储能材料,里层 PVC,

外层尼龙材料,密封性能好,防水防潮;规格为 570 mm × 570 mm × 10 mm;相变储能垫置于钢骨架吊顶之上;实用面积为 60 m<sup>2</sup>。

1.1.2 试验仓房 试验仓和对照仓选定为 29#、30#、31#立筒仓,均为 2000 年 4 月交付使用。立筒仓内均安装了粮情检测系统,可实现自动检温功能。表 1 为仓房基本情况表。

表 1 仓房基本情况表

结构		仓外		仓内	
墙体	钢筋砼	檐高	19.00 m	圆柱体高	14.00 m
房顶	钢筋砼	顶高	18.86 m	圆锥体高	2.90 m
房架		筒仓外径	10.00m	檐高	18.86 m
地面	砼	外墙面积	592 m <sup>2</sup>	装粮线高	15.40 m
设计容量	720t			筒仓内径	9.21 m
核定容量	720t			仓内体积	996.63 m <sup>3</sup>
粮食散装储存情况		实际装粮高	15.40m	粮堆体积	896.74 m <sup>3</sup>

##### 1.1.3 入仓粮情

29#、30#和 31#立筒仓内稻谷均为 2016 年 1 月 28 日入仓,水份分别为 14.3%、14.5%、14.4%;杂质分别是 0.8%、0.8%、0.7%;不完善粒均为 0%。

##### 1.1.4 各立筒仓试验设施处理安排

29#立筒仓(对照仓):简易密封,仓内接测温电缆记录仓内温度。

30#立筒仓:简易密封+仓顶内做聚氨酯发泡保温处理+仓内接华图 S380 温湿度仪+接测温电缆记录仓内温度,人工记录仓内外温度。

31#立筒仓:简易密封+仓顶内做聚氨酯发泡保温处理+(石膏板吊顶+相变材料),仓内外接华图 S380 温湿度仪+接测温电缆记录仓内温度,人工记录仓内外温度。

### 1.2 试验方法

在两个试验仓和一个对照仓内分别布设五根测温电缆,每根电缆分 10 层测温(如图 1 所示),本次测试从 5 月 16 日 8:00 开始到 5 月 23 日 16:00 结束,每天 6:00、8:00、11:00、14:00、16:00、21:00 用电子检温系统记录数据和人工检测室外温湿度,同时每天 14:00 进入粮仓人工测定温湿度与电子检温系统进行校正。

### 2 结果与分析

#### 2.1 “三温”对比

图 2~图 4 分别为 29#、30#和 31#立筒仓的外温、仓温、粮温的“三温”变化曲线。

从图 2 可以看出,随着外温的变化,29#立筒仓

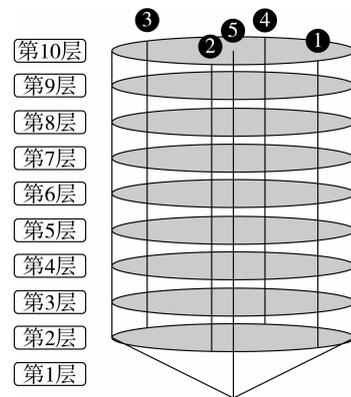


图 1 试验仓和对照仓测温电缆布设

最高仓温为 24.5℃,最低仓温为 15.4℃,曲线波动较大;29#立筒仓最高粮温为 6.4℃,最低粮温为 4.6℃,温度变化 1.8℃。

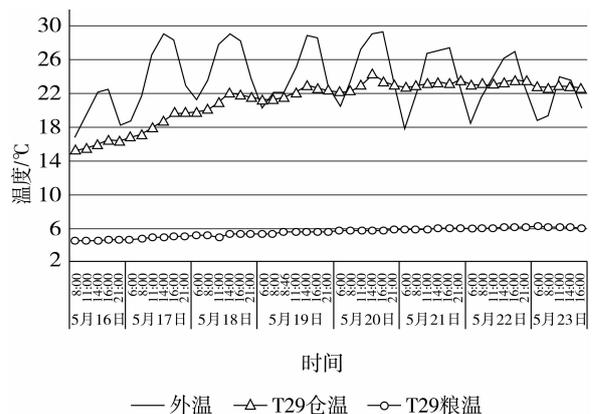


图 2 29#立筒仓“三温”变化曲线

从图 3 可以看出,随着外温的变化,30#立筒仓最高仓温为 21℃,最低仓温为 15.1℃,曲线波动较

小;30#立筒仓最高粮温为 5.1 ℃,最低粮温为 3.7 ℃,温度变化 1.4 ℃。

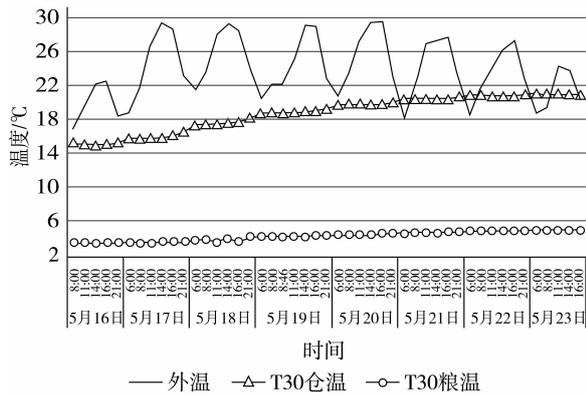


图3 30#立筒仓“三温”变化曲线

图4表明,随着外温的变化,31#立筒仓最高仓温为 20.3 ℃,最低仓温为 15.7 ℃,曲线波动很小;31#立筒仓最高粮温为 3.9 ℃,最低粮温为 2.7 ℃,温度变化 1.2 ℃。

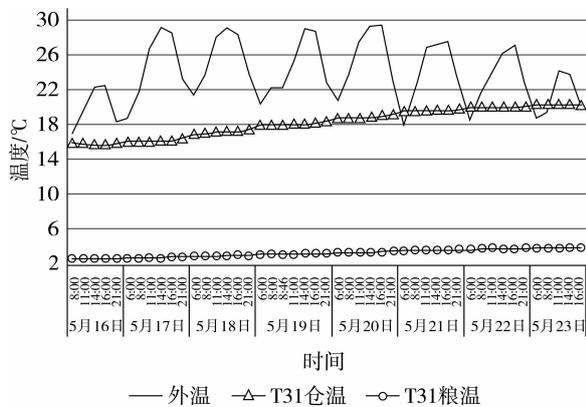


图4 31#立筒仓“三温”变化曲线

表2为三个立筒仓测试前后温度变化对比。由表2可以看出,29#、30#、31#三个立筒仓测试前后的仓温变化为 7.3 ℃ > 5.6 ℃ > 4.4 ℃,即仓温是 29# > 30# > 31#;粮温变化为 1.8 ℃ > 1.4 ℃ > 1.2 ℃,即粮温是 29# > 30# > 31#。

表2 29号、30号、31号三个立筒仓测试前后温度变化对照 ℃

	仓温			粮温		
	29#	30#	31#	29#	30#	31#
测试前	15.4	15.2	15.9	4.6	3.7	2.7
测试后	22.7	20.8	20.3	6.4	5.1	3.9
温度变化	7.3	5.6	4.4	1.8	1.4	1.2

### 2.2 表层粮温对比

图5为29#、30#、31#三个立筒仓表层粮温对比图。在测试期间,每日16时粮仓表面粮温达到最高值。从图6可以看出,29#、30#、31#立筒仓的表层粮温分别为 16.1、15.2 和 12 ℃,使用相变材料的31#立筒仓表层粮温最低。测试过程中,29#立筒仓表层

粮温从 13.2 ℃到 16.1 ℃,升高了 2.9 ℃;30#立筒仓从 12.8 ℃到 15.2 ℃,升高了 2.4 ℃;31#立筒仓从 10.2 ℃到 12 ℃,升高了 1.8 ℃,31#立筒仓表层粮温变化最小。

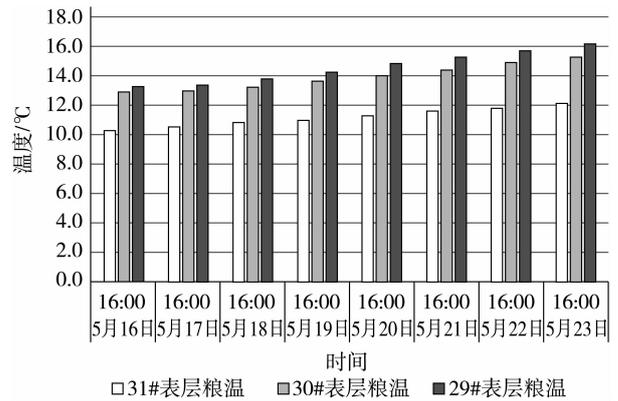


图5 29#、30#、31#立筒仓表层粮温对照图

### 2.3 表层平均粮温对比

图6为29#、30#、31#三个立筒仓表层平均粮温对比图。从图7可以看出,三个立筒仓表层平均粮温曲线 29#在最上面,30#次之,31#在最下面,即表层平均粮温  $T_{29\#} > T_{30\#} > T_{31\#}$ ,使用相变材料的31#立筒仓表层平均粮温最低。

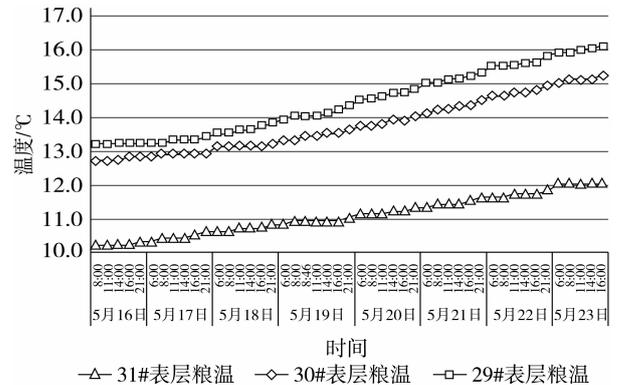


图6 29#、30#、31#立筒仓表层平均粮温对照图

## 3 结论

29#、30#、31#立筒仓的最高仓温分别为 24.5、21、20.3 ℃;29#、30#、31#立筒仓的最高粮温分别为 6.4、5.1、3.9 ℃。表明使用相变材料的31号立筒仓的仓温和粮温最低,且随着外温的变化表层粮温几乎不变。31#立筒仓储粮效果明显优于29#和30#立筒仓,采用相变储能材料储藏稻谷,能有效控制粮仓温度和表层粮温,使表层粮温升高缓慢,实现准低温储粮,储藏期间试验仓没有发生虫、霉及黄粒米等异常粮情。

### 参考文献:

[1] 吴子丹主编. 绿色生态低碳储粮新技术[M], 中国科学技术出版社, 2011. 3.  
[2] 张仁元, 相变材料与相变储能技术[M], 科学出版社 2009. 1.