

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.06.022

郝立群, 赵旭, 陈怡岑, 等. 基于最高粮温的储粮模式判定和储粮仓房等级划分研究[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(6): 176-180.

HAO L Q, ZHAO X, CHEN Y C, et al. Research on grain storage mode judgment and granary classification based on the highest grain temperature[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(6): 176-180.

# 基于最高粮温的储粮模式判定和 储粮仓房等级划分研究

郝立群, 赵旭, 陈怡岑, 李欣蔚

(辽宁省粮食科学研究所, 辽宁 沈阳 110032)

**摘要:** 现阶段我国建设了各类储粮仓房, 既有标准储粮仓房, 也有“非标准仓房”。由于仓房型式、所用材料多种多样, 在受太阳辐射、仓内外温度传导、粮堆内孔隙间热对流等条件的作用下, 其获得的储粮效果不尽相同。为实现安全储粮目的, 粮食仓储业制定了储粮模式判定标准, 实现了安全储粮层次化管理, 也将储粮硬件上的缺陷转化为储粮理论上的探索。本研究基于温度场分布理论, 对采取不同保温措施的平房仓、不同型式的圆形仓房, 进行常规测试、加密测试点测试与分析, 提出取消储粮模式判定标准“平均粮温”这一判定指标, 仅将“局部最高粮温”作为储粮模式唯一判定指标和储粮仓分为4个等级, 最高温度超过30℃的不作为储粮仓使用的建议, 从源头上改善储粮条件, 使我国储粮仓型得到整体提升, 旨在实现标本兼治。

**关键词:** 温度场; 最高粮温; 储粮模式; 判定指标; 分级标准

中图分类号: TS205 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)06-0176-05

## Research on Grain Storage Mode Judgment and Granary Classification Based on the Highest Grain Temperature

HAO Li-qun, ZHAO Xu, CHEN Yi-cen, LI Xin-wei

(Liaoning Grain Science Research Institute, Shenyang, Liaoning 110032, China)

**Abstract:** At present, China has built various types of grain storage warehouses, including standard grain storage warehouses and non-standard warehouses. Due to the variety of warehouse types and materials used, the grain storage effect is different under the action of solar radiation, temperature conduction inside and outside the warehouse, thermal convection between pores in the grain bulk, and other conditions. In order to achieve the purpose of safe grain storage, the grain storage industry has formulated the judgment standard of grain storage mode and realized the hierarchical management of safe grain storage, while transformed the defects of grain storage hardware into the exploration of grain storage theory. Based on the theory of temperature field distribution, the grain storage patterns of the horizontal warehouse with different heat preservation measures and the circular warehouse with different types were tested and analyzed by routine test and densified test points. We proposed to cancel the index of “average grain temperature” in judgment of

收稿日期: 2022-05-16

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC0805900)

Supported by: National Key Research and Development Project of China (No. 2017YFC0805900)

作者简介: 郝立群, 男, 1964年出生, 本科, 教授级高级工程师, 研究方向为粮油储藏、安全生产。E-mail: 517530423@qq.com.

grain storage mode, to use “the highest temperature of certain part” as the only index for judgment of grain storage mode, and classify the granary into 4 grades. Granary with the highest temperature exceeding 30 °C was not suggested to be used as a grain storage warehouse. This suggestion can improve the grain storage conditions from the source, so that the grain storage warehouse type in China can be improved as a whole, and both the symptoms and the root causes can be solved.

**Key words:** temperature field; highest grain temperature; grain storage model; judgement index; grading standard

我国在粮食产量连续增长后, 粮食储存数量也迅速增长, 为此, 建设了各类储粮仓房, 既有标准储粮仓房, 也有“非标准仓房”<sup>[1]</sup>。这些仓房在为粮食储存提供便利同时, 由于存储的粮堆呈多孔介质状态<sup>[2]</sup>, 受太阳辐射<sup>[3]</sup>、仓内外温度传导、粮堆内孔隙间热对流等边界条件的变化, 使得粮堆内部温度产生不均衡梯度的温度场<sup>[4]</sup>。为实现安全储粮目的, 粮食仓储业规定了低温储粮、准低温储粮和常规储粮三种储粮模式, 《粮油储藏技术规范》GB/T 29890—2013<sup>[5]</sup>将平均粮温与局部最高粮温两个温控指标作为判定标准, 分别对“低温储藏”和“准低温储藏”进行了定义。储粮实践中, 经常以平均粮温(即整仓平均粮温)来初步判定储粮模式, 但由于储粮堆不同部位的粮温具有梯度变化的特点, 加之储粮中所发生的异常粮情(粮温异常)通常是先在粮堆局部产生, 因此采取这种全仓粮温平均值的方法并不能真实反映出粮堆的实际储粮状况, 且用来判定储粮模式的意义不大。鉴于此, 本研究选择采取不同保温措施的房式仓和筒式仓, 进行温度场常规测试与加密测试点测试验证与分析, 通过对粮堆内部温度场动态变化规律研究, 探讨储粮模式判定指标及仓房等级划分标准, 以为整体提升适合我国安全储粮、“绿色储粮”<sup>[6]</sup>要求的储粮仓硬件标准提供理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

房式仓: 选择 3 个未作保温处置平房仓、3 个进行吊顶保温处置平房仓、2 个进行整仓保温处置平房仓作为对照仓, 进行常规测试。温度测试系统按照 LS/T 1203 粮情测控系统标准设置。

筒式仓: 选择 3 个未作保温处置浅圆仓、2 个未作保温处置立筒仓、2 个未作保温处置钢板仓作为对照仓, 进行常规测试。温度测试系统按

照 LS/T 1203 粮情测控系统标准设置。

选择 1 个未作保温处置立筒仓、1 个进行吊顶保温处置平房仓作为实验仓, 进行加密测试点测试。温度测试系统由电脑、主机、分机、控制器、无线模块、仓内外温湿度传感器、粮堆测温杆、测温电缆、通讯电缆等构成。仓内外温湿度传感器每仓各 1 组, 每组由 1 个温度传感器、1 个湿度传感器构成。粮堆测温杆长 2.0 m, 外壳为不锈钢管, 内部由顶部每隔 10 cm 布置 1 个温度传感器, 共布置 20 个温度传感器。粮堆测温杆内布置的温度传感器测温范围为-40~+60 °C、检测速度 ≤ 128 点/s、分辨率 ≤ 0.1 °C、误差 ≤ ±0.5 °C。每仓布置 2 组, 每组 20 根, 从仓壁南侧开始布点, 每间距 10 cm 布置 1 根测温杆, 连续布置至 2 m 处; 组间距 2 m。在 4 m<sup>2</sup> 测试范围内, 布置 800 (400×2) 个温度测点, 见图 1、图 2。

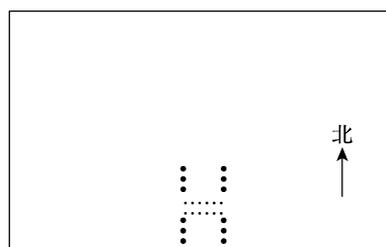


图 1 测温杆平面布置示意图

Fig.1 Plane layout of temperature measuring rod

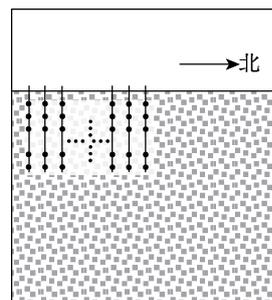


图 2 测温杆垂直布置示意图

Fig.2 Diagram of vertical arrangement of temperature measuring rod

## 1.2 实验方法

对照仓, 分别选择未作保温处置平房仓、进行吊顶保温处置平房仓、整仓保温处置平房仓以及未作保温立筒仓各1个, 在外界温度较高的3月至10月期间, 进行连续温度测试, 测试周期为每天1次。其他对照仓仅在外界温度最高的季节, 进行一次单日温度测试<sup>[7]</sup>。

对照仓与实验方法见表1、表2。

表1 不同保温型式平房仓对照仓与实验方法

Table 1 Comparison chamber and experimental method of bungalow with different insulation types

保温型式	未作保温			吊顶保温			整仓保温		
	仓号	1#	2#	3#	1#	2#	3#	1#	2#
检温周期	单日	单日	连续	单日	单日	连续	单日	连续	

表2 不同型式筒式仓对照仓与实验方法

Table 2 Comparison bins and experimental methods of different types of bobbins

保温型式	未作保温						
	浅圆仓			立筒仓		钢板仓	
仓号	1#	2#	3#	1#	2#	1#	2#
检温周期	单日	单日	单日	连续	单日	单日	单日

实验仓, 在外界温度较高的3月至10月期间, 进行连续温度测试。测试系统每天定时自动采集所测区域温湿度数据, 并实时传输至远程服务器, 以邮件方式接收。

## 2 结果与分析

### 2.1 测试结果

依据实验方法, 在外界温度最高季节, 对照仓进行单日温度测试与连续温度测试, 粮面下0.5 m处最高粮温见表3、表4。

表3 不同保温型式平房仓对照仓粮面下0.5 m处最高粮温

Table 3 Maximum grain temperatures at 0.5 m under the grain surface of the control barn of different insulation types of bungalow

保温型式	未作保温			吊顶保温			整仓保温		
	序号	1#	2#	3#	1#	2#	3#	1#	2#
粮温/°C	31.2	28.5	38.5	21.7	23.3	24.0	23.4	23.9	

表4 不同型式筒式仓对照仓粮面下0.5 m处最高粮温

Table 4 Maximum grain temperatures at 0.5 m under grain surface of different types of bobbin

保温型式	未作保温						
	浅圆仓			立筒仓		钢板仓	
序号	1#	2#	3#	1#	2#	1#	2#
粮温/°C	35.0	32.5	26.9	28.5	27.5	29.0	28.5

依据实验方法, 在外界气温较高季节, 进行连续温度测试对照仓, 粮面下0.5 m处粮温变化见图3, 对照仓平均粮温变化见图4。

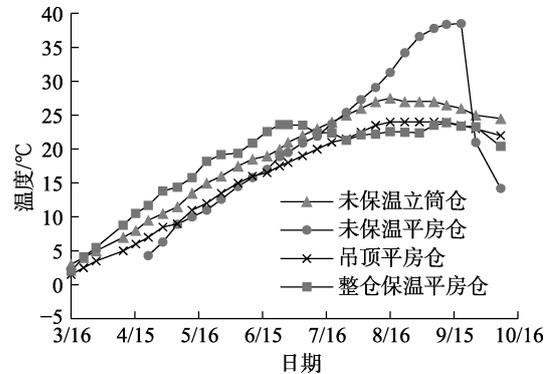


图3 对照仓粮面下0.5 m处粮温图

Fig.3 Grain temperature map at 0.5 m under the grain surface of the control barn

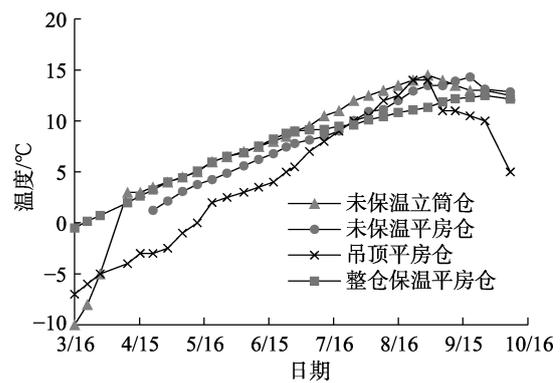


图4 对照仓平均粮温图

Fig.4 Average grain temperature in control barn

依据实验方法, 实验仓进行连续温度测试, 测试结果见图5、图6。

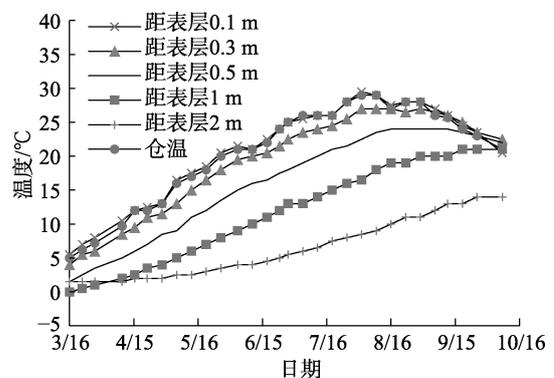


图5 平房仓实验仓粮温图

Fig.5 Grain temperature diagram of bungalow experimental barn

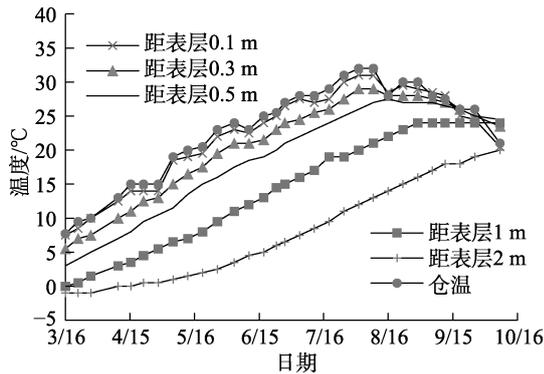


图6 立筒仓实验仓粮温图

Fig.6 Grain temperature diagram of vertical silo experiment

## 2.2 结果分析

对照仓连续温度测试结果表明,未作保温处置平房仓、进行吊顶保温处置平房仓、整仓保温处置平房仓、未做保温处置立筒仓,4种储粮条件差异较大的仓型,其平均粮温均低于 $15^{\circ}\text{C}$ ,见图4。若依照“低温储藏 平均粮温常年保持在 $15^{\circ}\text{C}$ 及以下”<sup>[5]</sup>,均可判定为低温储藏模式。而粮面下 $0.5\text{ m}$ 处局部最高粮温差异较大,见表3、表4、图3,未作保温平房仓高于 $30^{\circ}\text{C}$ ,未作保温处置立筒仓为 $27.5^{\circ}\text{C}$ ,介于 $30^{\circ}\text{C}$ 与 $25^{\circ}\text{C}$ 之间,吊顶保温与整仓保温平房仓低于 $25^{\circ}\text{C}$ 。若依照“局部最高粮温”,未作保温平房仓、未作保温处置立筒仓判定为常规储粮,吊顶保温平房仓与整仓保温平房仓为“准低温储粮”。《粮油储藏技术规范》GB/T 29890—2013,低温储藏与准低温储藏的平均粮温、局部最高粮温分别相差 $5^{\circ}\text{C}$ 。若将其理解为每相差 $5^{\circ}\text{C}$ 为一个储粮模式,则未作保温平房仓与吊顶、整仓保温平房仓可理解为相差两个储粮模式。由以上分析可知,分别依据“平均粮温”与“局部最高粮温”判定,各对照仓的储粮模式判定结果差异较大。

实验仓连续温度测试结果表明,见图5、图6,若以 $25^{\circ}\text{C}$ 作为判定指标,平房仓粮堆垂直“热皮”厚度为 $0.4\text{ m}$ ,立筒仓粮堆垂直“热皮”厚度为 $1.0\text{ m}$ ;若以 $20^{\circ}\text{C}$ 作为判定指标,平房仓“热皮”厚度为 $1.0\text{ m}$ ,立筒仓“热皮”厚度为 $2.0\text{ m}$ ;若以 $15^{\circ}\text{C}$ 作为判定指标,平房仓“热皮”厚度达 $2.0\text{ m}$ ,立筒仓“热皮”厚度在 $2.0\text{ m}$ 以上,已不再是“热皮”厚度概念,表现为“热层”厚度<sup>[8]</sup>。

由此可知,使用不同储粮模式的温控指标进行判定,其“热皮”厚度、持续时间、起始结束点均有所不同。同时,“热皮”的形成和发展相对仓温的变化具有一定的时滞性,且两者呈正相关性。

综上所述,研究结果表明,相同类型的仓房,但由于保温措施不同,其表现出的储粮结果不尽相同。因此,应通过加设符合GB/T 29890标准规定的仓体保温、强化气密性、防潮隔热等干预措施,提高粮仓建设的仓储标准,同时对最高粮温有所限定,确保储粮中尽可能减少“热皮”厚度,最大程度消除管理中人为因素对储粮状况的影响。

另由以上结果分析可知,“平均粮温”作为判定指标意义并不大,同时期在 $2\text{ m}$ 的粮层范围内温度差即可达到 $20^{\circ}\text{C}$ 之巨。在实际储粮中,因“平均粮温”判定指标的存在,当局部粮温超过“局部最高粮温”指标,或将不被认为是粮仓等级偏低所致,而被认为是偶然发生的现象。若将“局部最高粮温”作为温度判定的唯一指标,则可将粮仓级别问题展现出来。因此,建议将局部最高粮温作为储粮模式唯一判定指标,并结合最高粮温指标,以此来划分仓房等级。因为储粮模式判定标准究其根本是储粮仓房保温性能、气密性、储粮仓所处地域等外在表现形式,其中,保温性能与气密性主要取决于储粮仓房所使用建筑材料与结构型式、施工工艺及施工细节等。在我国房式仓的围护结构所使用材料通常为红砖,红砖的导热系数一般为 $0.39\sim 0.42\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。筒式仓的围护结构所使用材料相对复杂,有钢筋混凝土、砖混、钢板等,混凝土导热系数一般为 $1.6\sim 4.6\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,普通碳钢导热系数一般为 $45\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。因此,若提高仓房保温性能,既要使用导热系数较低的建筑材料和保温材料,也要提高仓房的气密性,解决微气流对储粮堆的影响,以此达到提高储粮仓房等级的目的,实现由以治标为主转向治本为主。

## 3 结论

综上所述,提出以下结论及建议:取消储粮模式判定标准中“平均粮温”这一判定指标。

将最高粮温设为温度方面的唯一判定指标，并将储粮仓房分为 4 级：

A 级仓房最高粮温不超过 15 °C，B 级仓房最高温度不超过 20 °C，C 级仓房最高温度不超过 25 °C，D 级仓房最高温度不超过 30 °C。

在中国现代化进程的今天，农业方面已有高标准农田，粮食仓储已试行高标准仓房，对于涉及国家安全的粮食，应该设定储粮标准的上限。建议最高温度超过 30 °C 的仓房，不作为储粮仓使用。

### 参考文献：

- [1] 吕纪民, 颜军, 付凯, 等. 浅谈“非标准仓”储粮安全的几点建议[J]. 粮油仓储科技通讯, 2016(3): 53-54.  
 LV J M, YAN J, FU K, et al. Some suggestions on the safety of grain stored in non-standard storehouse[J]. Grain and Oil Storage Science and Technology Communication, 2016(3): 53-54.
- [2] 施明恒, 陈永平. 多孔介质传热传质分形理论初析[J]. 南京师大学报(SE 程技术版), 2001, 1(1): 6-12.  
 SHI M H, CHEN Y P. The fractal theory of heat and mass transfer in porous material[J]. Journal of Nanjing Normal University (SE Technology Edition), 2001, 1(1): 6-12.
- [3] 欧阳莉, 刘伟. 太阳能多孔墙的传热与流动特性[J]. 可再生资源, 2008, 26(4): 82-89.
- OU Y L, LIU W. Heat transfer and flow characteristics of porous solar wall[J]. Renewable Energy Resources, 2008, 26(4): 82-89.
- [4] 赵红杰, 隋振, 张佩杰, 等. 基于温度场反演算法的保温层最佳厚度[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2009(1): 90-98.  
 ZHAO H J, SUI Z, ZHANG P J, et al. Optimal thickness of flat roof based on temperature field inversion algorithm[J]. Journal of Jilin University (Information Science Edition), 2009(1): 90-98.
- [5] 粮油储藏技术规范: GB/T 29890—2013[S].  
 Technical code for grain and oil storage: GB/T 29890—2013[S].
- [6] 曹阳, 魏雷, 赵会义, 等. 我国绿色储粮技术现状与展望[J]. 粮油食品科技, 2015(S1): 11-14.  
 CAO Y, WEI L, ZHAO H Y, et al. Status and prospect technology of green grain storage in china[J]. Science and technology of cereals, oils and foods, 2015(S1): 11-14.
- [7] 郝立群. 基于温度场与热流密度的储粮仓型研究[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(1): 142-147.  
 HAO L Q. Grain storage type based on temperature field and heat flux density, 2021, 36(1): 142-147.
- [8] 郝立群, 刘建保, 戴志桐, 等. 不同地区、不同储存条件对“热皮”厚度的研究[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(7): 80-86.  
 HAO L Q, LIU J B, DAI Z T, et al. Study on the thickness of hot skin of stored grain under different storage conditions in different areas[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2020, 35(7): 80-86. ☞

· 公益宣传 ·

## 《中国食品学报》2023 年征订启事

《中国食品学报》(月刊)是中国食品科学技术学会的会刊(国际标准连续出版物号: ISSN 1009-7848; 国内统一连续出版物号: CN 11-4528/TS), 是代表我国现代食品科学技术发展水平的学术期刊, 属中国科技核心期刊和中文核心期刊。目前已被国内外许多著名检索机构收录为源期刊, 如美国《工程索引》(EI)、美国《化学文摘》(CA)、《食品科学与技术文摘》(FSTA)、中国科学引文数据库(CSCD)、荷兰《文摘引文数据库》(Scopus)、《日本科学技术振兴机构(中国)数据库》(JSTChina)等。

《中国食品学报》刊载内容主要有: 食品及食品工业发展相关的原料、配料、工艺、工程、包装、机械、流通、检测、安全、综合利用、新产品等方面的科研成果、研究报告以及食

品科学与技术的发展趋势等方面的综述。目前设置的栏目有: 名家论坛、青年论坛、基础研究、营养与功能、加工技术、食品贮藏与保鲜、分析与检测、综述等。欢迎国内外食品及相关专业领域的科研人员踊跃订阅。

定 价: 60 元/期, 全年 12 期, 共计 720 元(含邮资)

联 系 人: 蒋老师

联系电话: 010-65223596 转 831

传 真: 010-65264731

邮 箱: chinaspbx@vip.163.com

通讯地址: 北京市海淀区阜成路北三街 8 号 9 层(邮编 100048)