

北京钢结构组合式种子仓房夏季温湿度环境测试分析

陈明秋<sup>1</sup>, 彭高军<sup>1</sup>, 张劲柏<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学; 2 北京市种子分公司)

摘 要: 该文研究了北京地区钢结构组合式种子仓房夏季的温湿度及其分布。测试期间, 仓外最高气温 36.6℃, 仓内最高平均空气温度为 27.4℃, 种堆最高平均温度为 25.8℃, 仓内外最高空气温差达到 9.2℃, 仓内空气与种堆最高温差 1.6℃; 种堆上层温度高于下层温度, 但温度梯度较小, 最大温差为 0.5℃; 种堆最高相对湿度为 62%, 表明该类型仓房内的温湿度条件能满足玉米、小麦等种子贮藏条件。仓房南墙内外墙体表面的最高温度差 20.4℃, 仓房北墙最高热流量为 67.0 W/m<sup>2</sup>, 南墙最高热流量为 120.5 W/m<sup>2</sup>, 表明该仓房墙壁密封性能较好。最后对仓房管理和需要进一步研究的方向提出了建议。

关键词: 钢结构组合式仓房; 温度; 湿度; 热流量

中图分类号: S339.3+4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)02-0190-04

1 引言

种子贮藏过程中, 贮藏温度和种子水分是影响种子寿命和质量的最重要因素。随着种子产业现代化的发展, 世界各国都兴建了商品种子的贮藏仓房, 并规定了仓房的温湿度条件。我国近年来也兴起了一种新型商品种子仓贮建筑, 由于其采用门式钢架结构, 暂称为钢结构组合式种子仓房。此种仓房具有跨度大, 贮藏量多, 便于机械操作等优点。但目前还没有相应的建设标准, 主要参考粮食仓房的建设工艺和建筑形式, 是否能满足种子贮藏的需要, 还缺少相关检测。因此, 有必要对它进行测试研究。

2 测试场地及测试方法

2.1 测试场地

种子仓房为钢结构组合式, 建筑面积 81 m × 30 m = 2430 m<sup>2</sup>, 仓房采用 200 mm 厚防火墙分隔为 3 部分, 本次试验选用中间部分, 面积 27 m × 30 m = 810 m<sup>2</sup>, 东西长 27 m, 南北长 30 m, 檐高 6.95 m, 屋顶高 8.45 m。围护结构由两侧为彩钢板, 中间为聚苯乙烯泡沫塑料板组成的复合保温板, 墙体保温层厚度 120 mm, 屋顶保温层厚度 150 mm, 南北墙柱间设一个 3000 mm × 1800 mm 的窗户及直径 500 mm 的通风口。测量时, 仓内贮有玉米 298 900 kg, 小麦 3 200 kg, 大豆 93 800 kg, 均为袋装, 密囤堆放, 堆间几乎未留通道, 所有种堆均覆盖了塑料薄膜, 种子平均堆高 3.2 m。

2.2 试验方法

检测仓内温湿度分布、仓房墙体内外表面温度、种堆温湿度分布及墙体热流量。测试布点见图 1。图 1 中, A<sub>i</sub> 为仓内温度测点。由于种子堆放在仓房内西侧, 测点布置靠西, 逐时仓内气温布点距室内地坪 1.5 m; B<sub>w</sub> 为

逐时仓房墙体内外表面温度测点, C<sub>w</sub> 为墙体热流量测点, 仓房墙体内外表面温度、墙体热流量布点距室内地坪 2.0 m; D<sub>i</sub> 为逐时种堆相对湿度测点, E<sub>i</sub> 为逐时种堆温度测点, 种堆底层温度布点距室内地坪 1.0 m, 上层布点距室内地坪 2.5 m; F<sub>in</sub> 为逐时仓内空气相对湿度测点, 距室内地坪 1.5 m; F<sub>out</sub> 为逐时仓外空气温湿度测点, 设于阴凉通风处, 距室外地坪 1.5 m。

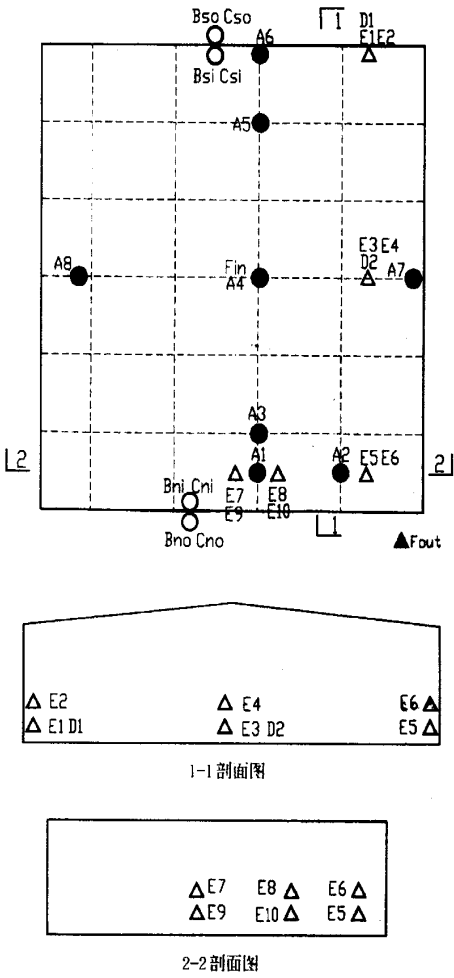


图 1 测点分布图

Fig 1 Layout of the test points

测试逐时仓内外气温、逐时仓房墙体内外表面温度、逐时墙体热流量、部分逐时种堆温度采用了 T 型热电偶传感器, 数据采集器(江藤电气, CADAC21 型, 可

收稿日期: 2002-10-04

作者简介: 陈明秋, 硕士研究生, 北京市海淀区清华东路 17 号 中国农业大学东区 192 信箱, 100083。Email: cliff\_chen@263.net

通讯作者: 彭高军, 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京东方畅想建筑设计有限公司



以同时采集 20 点); 逐时种堆相对湿度、部分逐时种堆温度、逐时仓内外空气温湿度采用了 THE RMO RECORDER RT-11/RS-11 温湿度自记仪, 湿度测量精度为 1%, 温度测量精度为 0.3; 所有数据时间间隔为 30 min, 测试日期为 2002 年 8 月 2~17 日。

### 3 试验结果与分析

#### 3.1 仓内外空气温度

图 2 表示测试期间逐日仓内外空气温度日变化。仓外空气最高温度达到 36.6, 最低温度 19.2, 仓内空气最高温度 27.4, 较仓外最高温度低 9.2, 最低温度 23.7, 较仓外最低温度高 4.5; 仓外空气温度最大日变幅为 16.0, 仓内为 2.9; 仓外空气日最高温度最大日际变幅为 2.9, 仓内仅为 0.7; 一天内仓内空气最高温度出现的时间比仓外出现的时间滞后 3 h 左右。试验表明, 测试期间, 仓内气温低于 27.5, 且在仓外空气温度变化较大的情况下, 仓内空气温度无论是日变化还是日际变化都很小, 十分稳定。

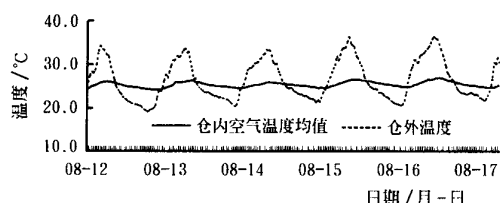


图 2 仓内外空气温度

Fig. 2 Air temperature inside and outside of the store house

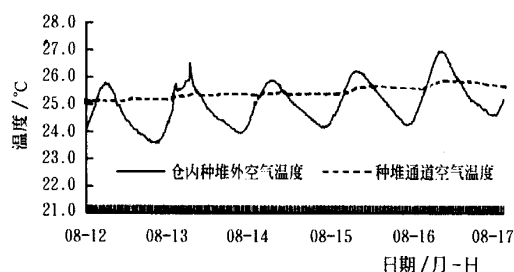


图 3 仓内不同点空气平均温度

Fig. 3 Average air temperature of different points inside the store house

图 3 表示测试期间逐日仓内不同点空气平均温度日变化。图中, 仓内种堆外空气温度为种堆外 5 个测点温度的均值, 种堆通道空气温度为种堆通道 3 个测点温度的均值。在测试期间, 仓内种堆外空气最高温度为 27.4, 最低温度为 23.7, 种堆通道空气最高温度为 26.0, 最低温度为 25.2, 仓内种堆外空气最大日变幅为 2.9, 种堆通道空气温度最大日变幅为 0.4; 仓内种堆外空气最高温度最大日际变幅为 0.8, 种堆通道空气最高温度最大日际变幅为 0.3。这表明, 种堆通道间气温比种堆外气温更低, 变化更平缓, 种堆通道空气温度受外界影响更小。

还对各测点的空气温度进行统计分析, 求算空间变

异系数  $C_i$  [15]:

$$C_i = S_i / |X|$$

式中  $S_i = \sqrt{(X_{ij} - \bar{X}_i)^2 / (n - 1)}$ ;  $n$ ——布点数;  $X$ ——总平均值;  $X_{ij}$ ——各点测试值;  $\bar{X}_i$ ——各测点测试值平均值。

结果表明,  $C_i = 0.033$ , 说明仓内空气温度分布均匀, 局部温差小。仓内最高空气温度在 30 以下, 由于玉米、小麦种子含水量在 13% 以下, 温度不超过 30 时, 即可安全贮藏 [1], 测试时段内, 本仓房内最高气温始终在 30 以下, 安全贮藏有保证。

#### 3.2 种堆温度

图 4 表示测试期间逐日仓内空气温度与种堆温度逐日变化。在测试期间, 种堆最高平均温度为 25.8, 最低平均温度为 24.4, 种堆平均温度最大日变幅为 0.9, 种堆日最高温度最大日际变幅为 0.4, 分别比仓温小 2.0 和 0.3。

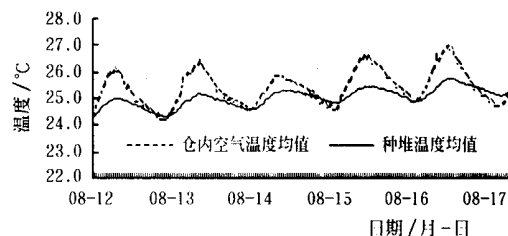


图 4 仓内空气温度与种堆温度

Fig. 4 Air and seed temperature inside store house

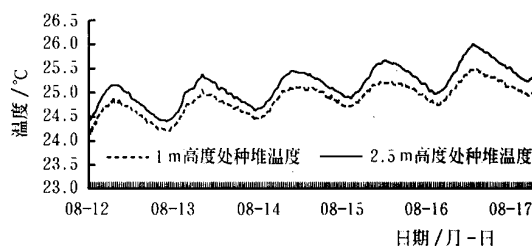


图 5 不同高度种堆温度

Fig. 5 Seed temperature of different level

图 5 表示测试期间逐日 1 m 和 2.5 m 高度处种堆温度。在测试期间, 1 m 处种堆最高平均温度 25.3, 最低平均温度 24.8, 2.5 m 处则分别为 26.0、24.4; 1 m 处种堆平均温度最大日变幅为 0.9, 2.5 m 处为 1.0。可见不同高度处种堆温度变化不大。虽然 2.5 m 处种堆温普遍比 1 m 处种堆温高, 但温度垂直梯度很小, 其最大温差为 0.5。

图 4、图 5 表明, 与仓内气温相比, 种堆温度更低, 变化更平缓, 种堆有比较均匀的垂直温度分布, 上层温度略高于下层, 这同前人的研究结果一致: 夏季贮藏的种子温度一般上层高于中层。在高温季节, 粮温低于气温、仓温, 而且粮堆内部温度低于表层温度。粮堆内部的温度日变化小, 对仓房贮藏种子是安全的 [3]。

#### 3.3 仓内外空气相对湿度及种堆相对湿度

图 6 表示测试期间逐日仓内外空气相对湿度。在测试期间, 仓外空气最高相对湿度达到 99%, 最低相对湿

度 31%，仓内分别为 73%、58%，仓内最高相对湿度较仓外低 26%；仓外空气相对湿度最大日变幅为 59%，仓内为 14%；仓外空气日最高相对湿度最大日际变幅为 9%，仓内为 4%。试验表明，仓内空气相对湿度变化幅度远远小于仓外。

图 7 表示测试期间逐日仓内空气和种堆相对湿度日变化。在测试期间，仓内空气最高相对湿度 71%，最低相对湿度 48%，最大日变幅为 12%，日最高相对湿度最大日际变幅为 5%；种堆最高相对湿度 62%，最低相对湿度 60%，较仓内空气高 12%，日最高、最低相对湿度最大日际变幅为 1%。试验表明，尽管仓内空气相对湿度有一定的浮动范围，种堆相对湿度仍基本保持稳定。

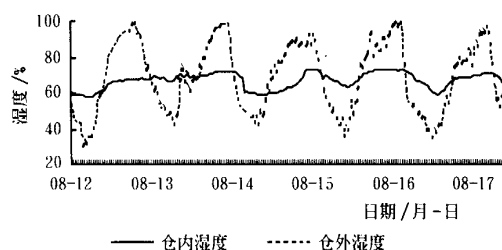


图 6 仓内外空气湿度

Fig 6 Relative humidity of outside and inside store house

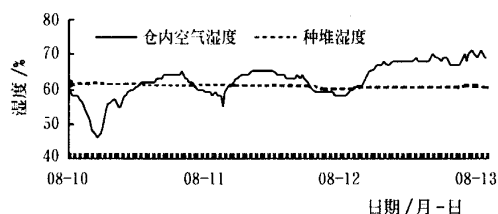


图 7 仓内空气湿度与种堆湿度

Fig 7 Air and seed relative humidity inside store house

该试验仓内空气最高相对湿度为 73%，对于种子贮藏的仓内湿度条件一般要求为 65% 以下<sup>[2]</sup>，所以仓内空气相对湿度对于种子的贮藏偏高，主要是由于夏季室外相对湿度高，而仓房设有未密闭的通风口；但由于种堆覆盖了塑料薄膜，使得种堆的相对湿度保持在 60% 左右，相对湿度日变化范围在 1% 以内。如果不采取薄膜包裹隔湿措施，该试验仓房湿度条件不能满足玉米、小麦等种子贮藏的要求。

计算了仓内空气的绝对湿度(以 8 月 12~ 13 日为例)最高值为 21.5 hPa，最低值为 18.3 hPa，日变化幅度为 3.2 hPa；种堆绝对湿度(以 8 月 12~ 13 日为例)最高值为 20.2 hPa，最低值为 19.8 hPa，日变化幅度为 0.4 hPa。表明，仓内空气与种堆的绝对湿度变化范围很小，这说明仓内空气相对湿度的变化主要是由于温度变化而引起的，并非由于仓内空气中水蒸汽含量的增加；种堆的绝对湿度几乎没有变化，说明种堆的呼吸作用很弱，产生的水汽很少；仓内空气绝对湿度比种堆绝对湿度高，水汽的主要来源应该是经通风口进入仓房。所以在设计时需要改进。

### 3 4 仓房墙体内外表面温度

图 8 表示测试期间南墙墙体内外表面温度日变化。在测试期间，南墙墙体外表面最高温度为 49.5℃，最低温度为 17.4℃，最大日变幅为 30.9℃，最大日际变幅为 2.8℃；南墙墙体内部最高温度为 28.6℃，最低温度为 23.1℃，最大日变幅为 4.7℃，最大日际变幅为 0.8℃。试验表明，墙体内表面温度远远低于外表面温度，内表面温度变化范围也远小于外表面温度变化范围，说明仓房墙体的保温隔热性能较好。

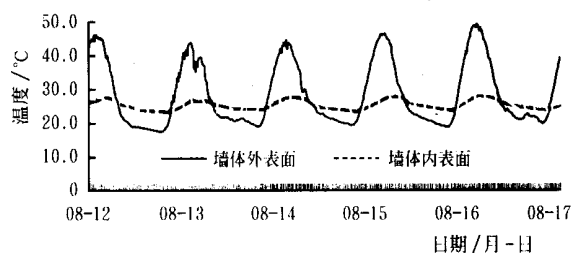


图 8 仓房墙体内外表面温度(南墙)

Fig 8 Surface temperature of two side of south wall

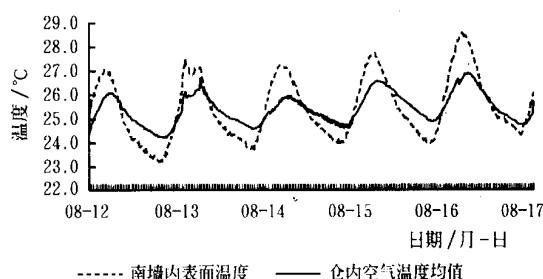


图 9 南墙体内表面温度与仓内空气温度

Fig 9 Surface temperature of the inside south wall and air temperature inside store house

图 9 表示测试期间逐日南墙内表面温度与仓内空气平均温度变化。在测试期间，南墙墙体内部最高温度为 28.6℃，最大日际变幅为 0.8℃，最低温度为 23.1℃，最大日变幅为 4.7℃；仓内空气相应为 27.4℃，23.7℃，2.9℃，仓内空气日最高温度最大日际变幅为 0.7℃。试验表明，南墙内表面温度与仓内空气平均温度相比，温差小，变化不大，南墙内表面与室内空气的热交换很小。

在测试期间，北墙墙体最高热流量为 67.0 W/m<sup>2</sup>，南墙为 120.5 W/m<sup>2</sup>。说明本试验仓房外围护结构具有良好的保温隔热性能，从而保证了仓房内温度维持较低水平，且变化平缓。

### 4 结论与建议

种子库采用了钢结构组合仓房，此种仓房外围护结构采用复合保温板，隔热性能好，仓内气温和种堆温度均在 30℃ 以下，种子呼吸作用微弱，可以保证玉米、小麦等种子的安全贮藏；并且该结构各板块之间连接紧密，几乎没有缝隙，所以仓房的密闭性较好，即使在外界高温高湿的条件下，仓内空气相对湿度与种堆相对湿度在采取一定的隔湿措施的情况下，维持在较为稳定的范

围内。仓内最大空气相对湿度略偏高,但由于种堆覆盖塑料薄膜,降低了种堆相对湿度并使之保持在贮藏湿度要求的范围内。

现今种子产业化业日益发展,如何建造适宜种子安全且大规模的贮藏的种子仓房是一个重要的研究课题。过去对种子贮藏的研究集中在对种子本身的研究上,而对于如何建立大型的种子仓房,以及已经建立的大型种子仓房是否对安全贮藏种子提供了适宜的环境条件研究较少。本文对大型的钢结构组合仓房进行了测试分析,认为采用适宜的建筑措施,可以满足种子安全贮藏要求,但采用何种建筑措施,如仓房的保温隔热等方面还需进一步研究。本仓房内空气相对湿度似偏大,这可能是由于通风口没有密闭,以及门关闭不严造成,因此除了采取相应的建筑措施外,还应加强管理。

#### [参 考 文 献]

- [1] 刁操铨 作物栽培学各论[M] 北京: 中国农业出版社, 1994
- [2] 王景升. 种子学[M] 北京: 中国农业出版社, 1994
- [3] 王成俊 作物种子贮藏[M] 成都: 四川科学技术出版社,

1985

- [4] 张 超 数量地理学在生产布局中的应用[M] 北京: 科学出版社, 1998
- [5] 科克 W. 仓房密封实践(路茜玉译)[A] 粮食储藏气调与熏蒸[M], 1986
- [6] 亚力山大 I 密封粮仓用的聚氨酯泡沫(路茜玉译)[A] 粮食储藏气调与熏蒸[M], 1986
- [7] 列宾(陈崇德译). 种子干燥与贮藏[M] 北京: 农业出版社, 1985
- [8] Delouche J C, Baskin C C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots[J] Seed Science & Technology, 1. 427~ 452
- [9] Desai B B. Seed Handbook [M] Marcel Dekker Inc, 2000
- [10] Mackay D B, Hutin C. Seed science and technology[J] 1973, 1(3): 671~ 700
- [11] Rattan Lal Agrawal Seed technology (second edition) [M] Oxford & Ibh Publication CO. PVT. LTD, 1995
- [12] Harrington J F, Douglas J E. Seed storage and packing application for India[A] National Seeds Corporation, New Delhi

## Measurement and analysis of temperature and relative humidity in combined steel structure seed store house in Beijing in summer

Chen Mingqiu<sup>1</sup>, Peng Gaojun<sup>1</sup>, Zhang Jinbo<sup>2</sup>

(1. Architecture Design Institute, China Agriculture University,

Beijing 100083, China; 2 Beijing Seed CO. LTD. Beijing 100083, China)

**Abstract:** Experiments were conducted in steel structure seed-store house in Beijing in summer to investigate temperature and relative humidity. In the test period, the maximum temperature outside is 36.6℃, the maximum average temperature of the air inside is 27.4℃, and the maximum average temperature of the seed is 25.8℃, the difference of the maximum air temperature between the outside and inside of the store house is 9.2℃, the difference between inside air and seed is 1.6℃; temperature of upper layer of seed is 0.5℃ higher than the lower one; the maximum relative humidity of seed is 62%, and this level can meet the condition of the seed store, such as corn, wheat; the difference of maximum temperature between both sides of the south wall is 20.4℃; and the maximum heat conduct of the north wall is 67.0W/m<sup>2</sup>, while the south one is 120.5W/m<sup>2</sup>. It indicates that the airtight capability of the store house is very good. Finally, the suggestions management and problems that need to be studied further are put forward.

**Key words:** combined steel structure seed store house; temperature; relative humidity; heat conduct