

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.03.010

横向谷冷通风技术在大跨度平房仓稻谷储藏中的应用

杨冬平, 于素平, 齐国忠, 巴瑞新

(北京东方孚德技术发展中心, 北京 100037)

摘要: 研究横向谷冷通风技术在 36 m×24 m 大跨度平房仓稻谷储藏中的应用。结果表明: 大跨度平房仓采用横向谷冷通风技术后, 通风路径为传统通风系统的 4 倍以上, 冷热交换更加充分, 谷冷通风降温耗能低。降温后粮堆温度均匀性好, 粮堆高度方向粮温基本一致, 沿谷冷通风的气流前进方向温度梯度差平均不大于 0.3 /m。在大跨度平房仓稻谷储藏中应用横向谷冷通风技术冷却效率和降温均匀性更好。

关键词: 横向谷冷通风; 稻谷仓降温实验; 温度均匀性

中图分类号: TS205.9; S379.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)03-0056-04

Application of transverse grain-cooling ventilation technology in paddy storage in long-span warehouse

YANG Dong-ping, YU Su-ping, QI Guo-zhong, BA Rui-xin

(Beijing Orient Food Technology & Development Center, Beijing 100037)

Abstract: The application of transverse ventilation technology for cooling grain in long-span warehouse (36×24) was studied. The result showed that the ventilation path was more than four times of that by tradition ventilation, the cold-heat exchange more sufficient, with lower energy consumption. After ventilation the temperature in grain pile was more uniform in grain height direction. The average difference of temperature gradient along the cool air direction was less than 0.3 /m. The cooling efficiency and temperature uniformity was better in long-span warehouse by transverse grain-cooling ventilation technology.

Key words: transverse grain-cooling ventilation technology; paddy warehouse cooling experiment; temperature uniformity

传统的谷物冷却技术主要是竖向谷冷通风技术, 从上世纪 90 年代引入我国, 90 年代末国产化后在粮食行业得到了迅速推广, 现已成为高温高湿地区必要的储粮手段, 在我国南方高温高湿地区, 谷物冷却技术对安全、绿色储粮和粮食的保质保鲜等起到了重要作用。随着横向通风技术在储粮行业的推广, 横向谷冷通风技术也已成为

高温高湿地区横向通风的一个必备的技术手段, 在行业内逐渐推广应用。于素平等人在 2015 年已经研究了横向谷冷通风技术在 21 米跨度的平房仓中小麦储藏中的应用, 研究表明该技术在提高降温效率和减小能耗方面具有明显效果^[1]。

通过对横向谷冷通风技术在 24 m 大跨度平房仓稻谷储藏中的应用研究, 对大跨度平房仓储存稻谷的降温效率和耗能指标进行了进一步的验证实验, 对推进横向通风技术在行业内的进一步应用, 促进储粮技术的发展起到一定的推动作用。

收稿日期: 2019-02-17

基金项目: 国家重点研发项目(2016YFD0401002-4)

作者简介: 杨冬平, 1978 年出生, 男, 高级工程师。

1 材料与方法

1.1 实验条件

1.1.1 实验仓房

湖南粮食集团长沙开慧粮库 4# 仓房 (大跨度高大平房仓), 仓房跨度为 24 m, 长度为 36 m, 堆粮高度为 5.8 m, 安装有粮情检测系统和横向通风系统。对粮仓的气密性检测结果为: 负压从 -300 Pa 上升到 -150 Pa 的时间为 4 min 30 s。

1.1.2 仓内粮食情况

仓内储藏的粮食为晚籼稻, 总量 2 773.6 t, 水分为 13.5%, 杂质含量为 1.0%。

1.2 实验设备

1.2.1 谷物冷却机

采用 3 台 GLA55f 型分体谷物冷却机。设备的性能参数和实验设备安装如表 1 和图 2 所示。

表 1 谷物冷却机主要性能参数

项目	GLA55f 型性能参数
标准工况制冷量/kW	55
标准工况吸风量/(m ³ /h)	3 500
总配备功率/kW	31
温/湿度控制系统	有
无线控制系统	有

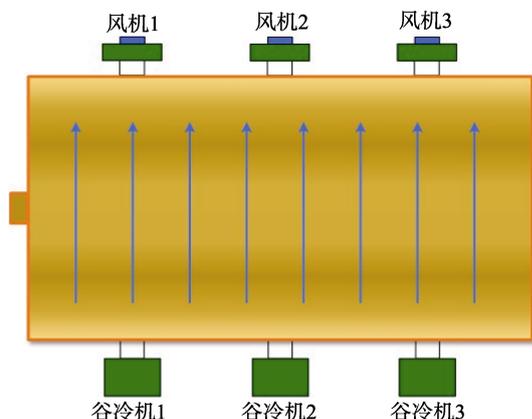


图 1 谷物冷却机在平房仓中的安装位置俯视图 (上北下南)

1.2.2 测温系统

测温系统为一套粮情检测系统。与粮堆长度方向垂直的方向上, 从东到西分 8 个截面, 与仓跨度方向垂直的方向上, 从南到北分 6 个截面, 在粮堆高度方向分 4 个截面。全仓共铺设 48 根电缆, 每根电缆设有 4 个温度传感器, 温度传感器南北方向水平间距约为 4.4 m, 东西方向水平间距

约为 4.8 m, 高度方向的间距约为 1.6 m, 距离四周墙体 1 m, 表层和底层传感器分别距离粮面和地坪 0.5 m。与南北方向垂直的每个截面 32 个测点, 与东西方向垂直的每个截面 24 个测点, 每个水平截面 48 个点, 全仓共 192 个测点。其测温点的布置符合《粮情测控系统》(LS/T 1203—2002) 的要求, 粮情检测温度测点布置俯视图如图 2 所示 (图中方向为上北下南)。

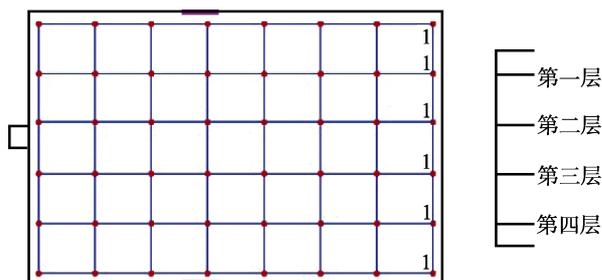


图 2 谷冷机和全仓粮情测温点布置俯视图 (上北下南)

1.3 实验方法

按图 1 所示, 在粮仓南侧 3 通风口分别连接 3 台谷冷机, 北侧接相应的风机。准备完成后, 在 3 台谷冷机端设置统一的冷风出风温湿度, 一般设置谷物冷却机出风湿度为 85%, 出口温度根据环境和粮堆温度的情况设定, 然后开启谷冷机对粮堆进行全仓通风。记录通风前后粮仓的温度, 观察全仓冷却通风实验效果。设备稳定运行后, 每 2 个小时, 测试记录谷冷机和风机进出风的温湿度。开启粮情检测系统, 每 1 小时观察整仓粮温变化, 输出 1 次各个粮情监测点的温度。待冷风截面从南侧入口移到北侧出口, 粮堆的平均粮温达到目标温度后, 结束实验。

2 结果与分析

2.1 全仓横向冷却通风

横向冷却通风实验从 2017 年 9 月 7 日试运行 1 h 后中断通风, 检查粮面和仓门上的密封情况, 漏点修补完成后, 通风实验从 2017 年 9 月 8 日上午 11 点开始, 于 9 月 12 日上午 9 点结束, 期间由于密封条脱落等意外情况出现过短暂的停机情况, 实际通风时间共计约 94 h。实验期间的环境温度为 19.3~35.6 ℃, 相对湿度为 52.7%~91.9%, 粮面没有保温, 9 月 10 日 16 点启动粮面空调。

通风前整仓平均粮温 31.4℃,最高粮温 41.8℃。整仓横向冷却通风各个时段的粮温变化情况见表 2。

全仓谷冷通风降温结果表明：在环境温度 19.3~35.6℃,相对湿度 52.7%~91.9%下,谷物冷却机满负荷全仓冷却通风约合 94 h 期间,整仓粮温从平均粮温 31.4℃ 降到 17.7℃ (含顶层),降温幅度 13.7℃。降温速度快,平均约每 4 h

冷风向前推进 1 m,图 3 是整个通风实验期间粮堆南北截面的温度变化趋势。图 4 是整个通风实验期间粮堆整仓和各水平截面的温度变化趋势。

2.2 冷却通风降温的均匀性分析

为了验证横向谷冷通风后粮堆内部的粮温是否均匀,实验过程中记录了垂直粮堆宽度方向各截面冷却通风前后的粮食均温变化和粮堆高度方

表 2 冷却通风各时段整仓粮温变化情况

仓温	检测时间/(y/m/d h)					
	2017/9/7 16:14	2017/9/8 12:11	2017/9/9 11:51	2017/9/10 11:51	2017/9/11 12:00	2017/9/12 9:26
仓高温	41.8	41.2	36.8	31.6	25.1	23.0
仓低温	25.5	21.4	19.2	16	12.6	12.5
仓均温	31.4	31.0	25.7	22.4	19.2	17.7

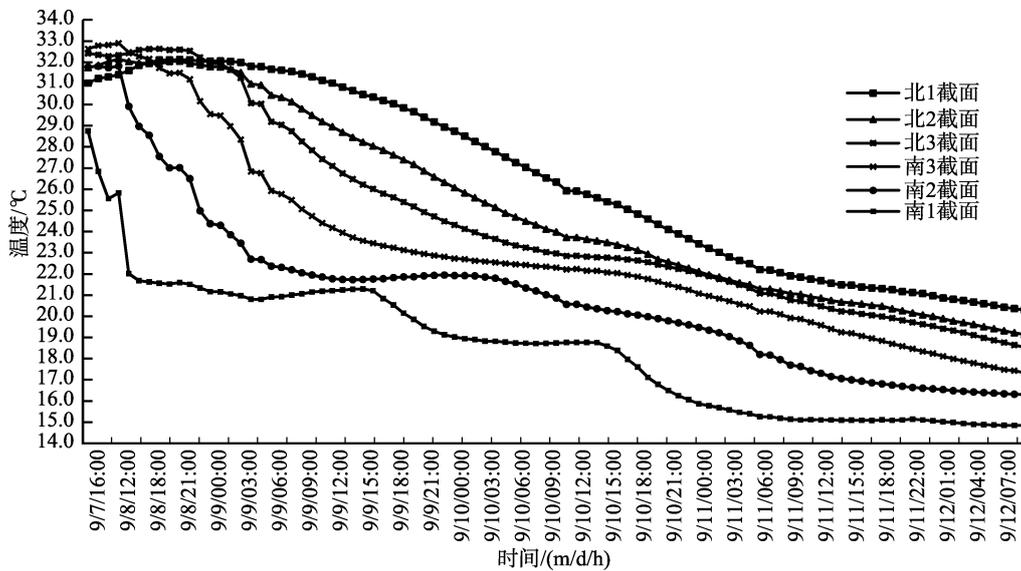


图 3 全仓冷却通风过程各截面粮温变化趋势图

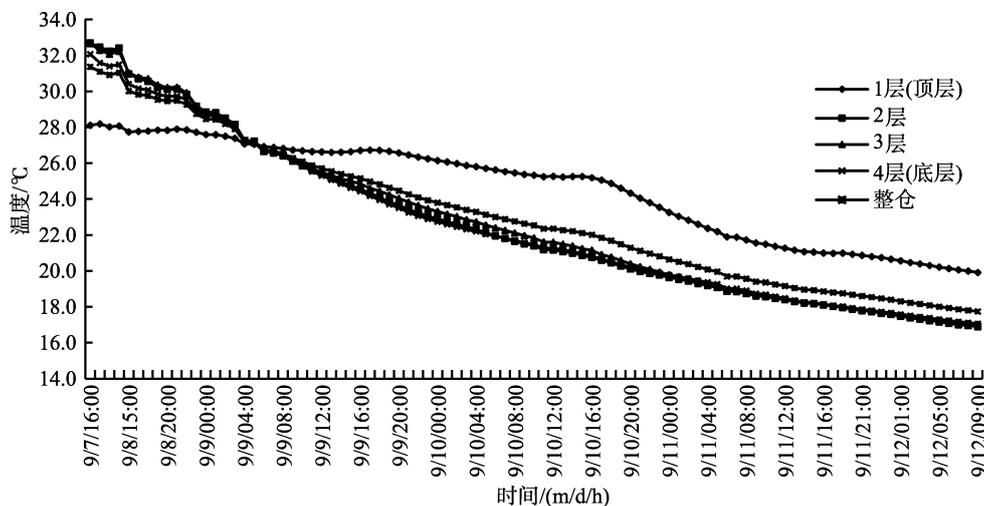


图 4 实验过程整仓及水平截面平均粮温变化趋势

向各水平截面谷冷通风前后粮食均温变化, 结果见表 3 和表 4。

表 3 垂直粮堆宽度方向各截面冷却通风开始和结束时粮温对比

状态	时段	北一截面	北二截面	北三截面	南三截面	南二截面	南一截面
开始	2017/9/7 16:14	31.0	31.7	32.4	32.6	31.8	28.8
结束	2017/9/12 9:26	20.3	19.1	18.5	17.3	16.3	14.8

表 4 粮堆高度方向各水平截面谷冷通风开始和结束时粮温对比

状态	时段	0.5 m 堆高 (底)	2.1 m 堆高	3.7 m 堆高	5.3 m 堆高 (顶)
开始	2017/9/7 16:14	32.1	32.7	32.7	28.1
结束	2017/9/12 9:26	17.1	17.0	16.9	19.9

结果表明: 在垂直粮堆宽度方向的截面, 冷风从南面的谷冷机端(南一截面)推进到北面的风机端(北一截面), 逐步推进降低粮温。在南北方向间距约为 4.4 m 的相邻两个截面之间的平均粮温不大于 1.1 ℃, 在粮堆宽度方向单位粮层的粮食温度差不大于 0.3 ℃。

在粮堆高度方向的四个水平截面上, 第 2~4 层粮食均温基本一致, 1 层(顶层)粮温从 28.1 ℃ 降到了 19.9 ℃, 也有明显降低。另外, 从图 4 的 1 层(顶层)粮温降温曲线可以发现, 由于仓内粮面没有保温覆盖, 降温比其它层慢, 在实验中后期启动粮面空调(22 ℃)后, 降温速度有明显加快, 如果实验开始前就做好覆盖保温或启动粮面空调保温, 实验后顶层降温效果会明显改善。

2.3 冷却通风实验的能耗分析

横向冷却通风实验自 9 月 7 日开始到 9 月 12 日结束, 期间根据现场情况冷却通风实验出现过中断, 实际谷物冷却机全负荷运行约 94 h, 实际用电为 7 705 kW·h, 整仓粮食的降温幅度为 13.7 ℃。

根据国家标准 GB/T 29374—2012《粮油储藏谷物冷却机应用技术规程》^[2]给出的计算公式, 计算本次冷却通风的单位能耗为:

$$E=W/[(T_1-T_2)\times m]^{[2]}=7\ 705/(13.7\times 2\ 774)=0.2\text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{t}\cdot\text{ })$$

式中: E —本次实验的单位能耗, kW·h/(t·);
 W —总用电量, kW·h; T_1 —实验前的平均粮温, ℃;
 T_2 —实验后的平均粮温, ℃; m —粮食质量, t;
 在本次实验中, 横向谷冷通风降温能耗明显小于标准中限定的最大能耗指标 0.5 kW·h/(t·)

3 结论

湖南粮食集团长沙开慧粮库稻谷仓横向冷却通风的实仓测试结果表明, 在具有横向通风系统的稻谷粮仓中应用横向谷冷通风技术, 与竖向谷冷通风一样可以实现降低粮温的目的, 并且由于仓房跨度是粮堆高度的 4 倍以上, 通风路径也是传统方式的 4 倍以上, 解决了在平房仓中竖向谷冷通风时通风路径短的问题, 提高了谷冷通风中的能效利用率, 与传统谷物冷却通风技术相比, 具有降温速度快, 降温后粮温均匀性好, 冷却效率高等优点。沿冷风推进方向粮堆温度差异平均不大于 0.3 ℃/m。通过本次横向冷却通风实仓测试实验, 确认在粮堆高度方向和粮堆宽度方向的降温均匀性都比较好, 验证了横向谷冷通风技术在大跨度稻谷平房仓的应用上, 具有良好的通风降温效果。横向谷冷通风完全适用于 24 m 及以下大跨度平房仓储存稻谷应用。

由于横向通风是在较大的负压状态下运行, 通风作业状态与竖向通风要求有较大不同, 在本次实验中发现仓门和粮面覆膜的密封条容易脱落, 熏蒸管道没有关闭, 导致热风进入粮堆影响谷冷通风效果。因此通风作业前应仔细检查仓体、仓门、粮面覆膜、风道口、熏蒸通道等相关通道的密闭情况, 并辅以气密性测试, 在有条件的情况下应尽可能提高仓内的气密性, 以提高降温效率, 降低储粮成本, 使横向谷冷通风技术在保障粮食质量安全、降低储粮成本方面发挥更大作用。

参考文献:

- [1] 于素平, 赵会义, 马显庆, 等. 横向谷冷通风技术在平房仓小麦储藏中的应用[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(增刊): 56-60.
- [2] 粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程: GB/T 29374—2012[S].