

《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》 国家标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

谷物冷却机作为低温储粮的关键设备在国内已经广泛应用，2002 年国家粮食局（现为国家粮食和物资储备局）组织行业相关单位起草了行业标准 LS/T 1204-2002《谷物冷却机低温储粮技术规程》，并指导行业内低温储粮应用 10 多年。总结多年的使用经验，2012 年国家粮食局又组织编写了 GB/T 29374-2012《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》，现在已经发行并在行业内实施。

“十一五”期间，国家粮食局科研院（现为国家粮食和物资储备局科学研究院）研制成功了横向通风技术，在通风技术方面实现了重大突破，腾空了粮仓地面，方便了进出粮作业，近几期在储存小麦和稻谷的平房仓中进行了实仓验证，通风效果良好。该技术与传统通风的最大不同是将风道移植到墙面，通风时，全部采用负压通风方式，采用分体式谷物冷却机和远程控制方式，因此，对谷冷通风的操作使用有较大的改变，现有的规程已经满足不了横向谷冷通风的要求。

为了在横向通风平房仓中高效、合理、规范使用谷物冷却机进行低温储粮，降低低温储粮成本，国家标准化管理委员会于 2019 年 7 月批准推荐性国家标准 GB/T 29374《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》修订计划（计划编号

20191877-T-449), 将横向通风技术内容补充到谷物冷却机应用技术规程, 使该规程可以指导全行业横向与传统谷冷通风技术的应用。

(二) 主要起草单位和协作单位

中国储备粮管理集团有限公司牵头, 北京东方孚德技术发展中心负责标准的起草和研制工作。

(三) 主要起草过程

1. 查询资料

本标准起草小组查阅了大量国内外科技文献及有关国家的相关标准资料, 并对搜集的资料进行分析、整理和研究。主要标准包括: LS/T 1204-2002《谷物冷却机低温储粮技术规程》、GB/T 29374《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》, GB/T 18835-2002《谷物冷却机》、GB/T 25229-2010《粮油储藏 平房仓气密性要求》、GB/T 26882《粮油储藏 粮情测控系统》、GB/T 29890《粮油储藏技术规范》、LS/T 1202《储粮机械通风技术规程》。

对谷物冷却机技术规程的应用情况进行调查了解, 发现一些标准应用中存在的一些问题, 并在修订过程中进行了修改完善。

2. 收集试验数据和分析讨论

2014 年标准编制组在河北清苑国家粮食储备库 18 米跨的小麦仓进行了为期 10 天的横向谷冷通风试验, 试验取得良好效果, 试验结果见实验验证 1。同年在长沙金霞粮食储备库 24 米稻谷仓进行了分体谷冷通风实仓试验, 试验也取

得了良好效果，试验结果见实验验证 2。

针对横向谷冷通风过程中发生的问题，项目组进行了认真总结，形成了横向谷冷通风技术要点，并在行业内进行了 1000 人以上的技术培训。会上会下也听取了一些用户对使用谷物冷却机的建议。

3. 征求意见

经过对大量文献、标准资料的研究以及实仓实验的验证，在验证数据的统计分析结果和工作组讨论形成的意见的基础上，对 GB/T 29374《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》进行了修订，并增加了横向谷冷通风相关内容，于 2019 年 7 月 14 日形成《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程（征求意见稿）》，并向行业内相关专家，谷冷机生产、使用等相关单位征求意见。

截至 2019 年 9 月 20 日，发送“征求意见稿”20 家，回函 14 家，回函并有建议或意见的 4 家，没有回函的 6 家，共征集 61 条意见，对专家及各单位返回意见进行整理并处理，采纳意见 50 条，并在标准中进行了相应的修改；未采纳意见 11 条，已给出未采纳理由。详见意见汇总处理表。

二、标准的编制原则和主要内容

（一）编制原则

按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》要求进行编写。

（二）主要内容

本标准包括范围、规范性引用文件、术语和定义、谷物

冷却机基本结构及分类、配置要求和应用条件、谷冷通风的操作条件、操作与管理 and 操作人员要求等主要内容。本标准编写符合 GB/T 1.1-2009 的定义。

1. 范围

本标准适用于具备机械通风系统的浅圆仓、房式仓和立筒仓以及具备横向通风系统的房式仓中对各类原粮、油料及非粉类成品粮的谷冷通风。

2. 规范性引用文件

增加以下 3 个文件：

GB/T 25229 粮油储藏平房仓气密性要求

GB/T 26882 粮油储藏 粮情测控系统

GB/T 29890 粮油储藏技术规范

3. 术语和定义

给出了横向谷冷通风技术所使用的术语并给出了定义如下：

3.1 谷冷通风 ventilation with grain chiller

采用谷物冷却机对粮堆进行的降温通风，包括传统谷冷通风和横向谷冷通风。

3.2 横向谷冷通风 transverse ventilation with grain chiller

利用安装在平房仓一侧通风口的吸风风机，通过横向通风管网将分置在仓房另一侧的制冷系统产生的一定温湿度的冷空气吸入，并横向穿过覆膜密闭的粮堆，与粮堆进行热交换，达到降低粮温的目的的专用冷却通风方式。

3.3 分体式谷物冷却机 split type grain chiller

将制冷系统和吸风风机分为 2 个独立单元的专用谷物冷却设备。应用时将制冷系统与吸风设备分置在仓房两侧，在横向通风条件下，将一定温湿度的空气输入粮堆以降低粮温。主要包括制冷及温湿度控制系统、吸风风机。

4. 谷物冷却机的基本结构和分类

由于横向谷冷通风的应用需要使用分体式谷物冷却机，为了区分一体式谷物冷却机，需对 2 种谷物冷却机的基本结构和分类进行描述。

4.1 基本结构

谷物冷却机是一种可移动的独立制冷通风机组，由制冷系统、温度湿度调控系统和送风系统组成；其中分体式谷物冷却机将谷物冷却机分为制冷系统（包括温湿度调控系统）和吸风风机 2 个独立的移动机组，通过控制系统自动运行。

4.2 分类

谷物冷却机根据结构和通风方式不同，分为一体式谷物冷却机和分体式谷物冷却机 2 种型式，一体式谷物冷却机适用于传统谷冷通风，分体式谷物冷却机适用于横向谷冷通风和传统谷冷通风。谷物冷却机按制冷量分为大中小 3 种规格：制冷量 80 kW 以上的为大型机；制冷量在 50 kW ~ 80 kW 之间的为中型机；制冷量在 50 kW 以下的为小型机。

5. 配制要求和应用条件

5.1 配制要求

增加横向谷冷通风适用的分体式谷物冷却机的配制要求：

(1) 应根据本单位年谷冷通风作业量和初冷与复冷作业完成时间要求,按照仓型、仓房机械通风系统形式、谷冷控温储粮的粮种、储粮数量、通风口的设置和气候条件等,合理选择谷物冷却机机型、规格和数量。

(2) 根据选用的通风方式和仓房的风网布置确定谷物冷却机的布置方式。

5.2 应用基本条件

增加横向谷冷通风时,对粮堆气密性和通风系统的要求:

(1) 采用横向谷冷通风降温时,粮堆气密性应符合 GB/T 25229 中平房仓内薄膜密封的熏蒸级二级的要求。

(2) 横向谷冷通风仓房应配备有完整的横向通风系统,横向通风系统的管网配置应满足横向通风的需求。通风口直径不宜小于 600 mm,方便与谷物冷却机、风机等可靠连接。主风道宜沿两侧檐墙敷设并固定,主风道相邻两个进风通风口之中间位置应设置隔断阀,方便局部和分区谷冷通风使用。支风道应固定安装于两侧檐墙内壁,与主风道搭接连接,并均匀设置,支风道间距为 2.5 m~3 m,两端支风道距山墙不宜大于 1 m,支风道顶端应低于装粮线 0.2 m~0.5 m。

5.3 运行条件

5.3.1 设备要求

增加横向谷冷通风对设备的要求:

(1) 根据仓房的机械通风系统,选用相应型式的谷物冷却机,谷物冷却机的制冷性能应符合 GB/T 18835 的规定。

(2) 横向谷冷通风应选制冷机组和风机具备通信和远程自动控制功能的分体式谷物冷却机，可根据环境温湿度的变化自动调节进风量，保证进仓冷风温湿度的恒定。

(3) 横向谷冷通风时，应保证同一廋间工作的分体式谷冷机之间的制冷量和出风口温湿度基本一致。特殊情况下同一廋间使用不同制冷量的分体式谷冷机时，应保证每台设备的出风温湿度基本一致。

5.3.2 环境条件

选择外界空气焓值较低的环境条件进行谷物冷却作业。

5.3.3 辅助技术

(1) 当外温低于仓温时，应适时开启仓房山墙排风扇排出仓内空间积热，降低粮堆表层温度。

(2) 在原标准 4.3.4.3 基础上，增加利用粮堆冷心降低粮温的方法。

(3) 当粮堆冷心平均温度小于谷物冷却机设定的送风温度时，可首先利用粮堆冷心的冷源降低高温部位的粮温。

6. 谷冷通风的操作条件

6.1 整仓谷冷通风的条件

(1) 整仓谷冷通风开始的条件

采用低温储藏时，粮堆平均温度高于 18 ℃，应进行整仓谷冷通风作业。

采用准低温储藏时，粮堆平均温度高于 23 ℃，应进行整仓谷冷通风作业。

(2) 整仓谷冷通风结束的条件

增加负压横向谷冷通风时，整仓谷冷通风结束的条件：

当整仓粮食平均温度降到预定值，传统谷冷通风时，冷却界面已移出粮堆上层（即距粮堆表面 50 cm 左右粮温不高于预定值 3℃），粮堆高度方向温度梯度不高于 1℃/m 粮层厚度时；横向通风时，冷却峰面已移出出风口（即距粮堆靠近出风口截面平均粮温不高于预定值 3℃~5℃）时，可结束谷冷通风作业。

6.2 分区谷冷通风的条件

增加分区谷冷通风的条件：

（1）分区谷冷通风开始的条件

在平房仓中，当因设备数量和现场条件的限制不能一次性完成整仓冷却时，宜采用分区段谷冷通风降温作业的方式。先后冷却的区段宜为相邻的区段，且应从粮温较高区域开始谷冷。

在平房仓中，当粮堆局部区域粮食温度高于周边粮温 5℃以上时，应进行分区谷冷通风作业。

（2）分区谷冷通风结束的条件

当区域粮食平均温度降到预定值，或横向通风时区域冷却峰面已移出出风口（即距粮堆靠近出风口截面粮温不高于预定值 3~5℃）时，可结束本区谷冷通风作业。

粮堆局部发热区域粮食温度降低到与周边粮温一致时，可结束本区谷冷通风作业。

7. 操作与管理

7.1 通风前的准备

7.1.1 谷物冷却机的准备

7.1.1.1 原标准中谷物冷却机移动采用车辆牵引时速度不应超过“6km/h”修订为“5km/h”。

7.1.1.3 原标准“相位”修订为“相序”。

7.1.2 谷物冷却机与通风系统的连接

增加分体式谷物冷却机与通风系统的连接要求：

7.1.2.2 横向谷冷通风时，分体式谷冷机的制冷机组和风机分置在仓房两侧，与相应的通风口采用通风管一一对应连接。

7.1.2.3 分体式谷物冷却机与通风口连接应使用耐压风管，其耐压能力应与进、出风管的负压相适应。一般仓房出风口风管的耐压能力应大于-5000 Pa，进风口风管的耐压能力应大于-2000 Pa。

7.1.3 确定谷冷通风参数

对谷物冷却机出风温度及出风相对湿度参数设置要求进行修订：

7.1.3.1 谷冷通风前应测定仓温、粮温、粮食水分和大气温度、大气相对湿度。

7.1.3.3 谷物冷却机出风温度的设置一般应不低于10℃。当采取分阶段谷冷通风时，后阶段出风温度不得高于前阶段。每阶段的谷物冷却机出风温度应比粮堆平均温度低3℃~5℃。只用于降低仓温的谷冷通风，谷物冷却机出风温度应比仓内空间温度低8℃~10℃，且需加强粮面结露检查。

7.1.3.4 谷物冷却机出风相对湿度应根据冷却目的而确定，一般应控制在 80% ~ 90%之间。当采取分阶段进行谷冷通风时，开始阶段谷物冷却机出风相对湿度可达 90%，其后每阶段出风相对湿度应逐渐降低，最后阶段谷物冷却机出风相对湿度应不低于 80%。谷物冷却机出风相对湿度的设定方法见附录 B。

7.1.3.5 根据粮情和环境条件、仓房及通风系统的条件、分体式谷冷机设备性能，确定采用一次性完成谷冷通风或分阶段完成谷冷通风的方式。

7.1.4 其他准备工作

增加横向谷冷通风时，需做的准备工作：

7.1.4.3 横向谷冷通风时，仓房至少应开启一扇窗户，并固定可靠，严防刮风或其它原因导致其关闭，保证负压谷冷通风过程中粮仓的结构安全。

7.1.4.5 横向谷冷通风时，检查仓房、粮堆覆膜、风道口、设备接口等是否漏风。

7.1.4.6 横向谷冷通风时，应在进风口和粮面膜上覆盖保温材料，以防结露。

7.1.4.7 分区横向谷冷通风时，关闭不使用的膜下通风口和主风道的隔断阀及环流阀。

7.2 通风期间的操作与管理

增加横向谷冷通风相关内容：

7.2.1 设备的操作与管理

7.2.1.2 采用横向谷冷通风，多台制冷设备同时工作时，

应顺序启动。

7.2.1.3 谷物冷却机运行中要对制冷剂流动情况、冷凝水排放、电源电压和运行电流、出风温度和湿度、风压和过滤网及仓库排气窗口的开启等情况进行检查。采用横向谷冷通风，还应检查仓库排气窗口的开启，粮面覆膜、仓门的密闭等情况，发现问题及时处理。

7.2.1.5 采用负压谷冷通风时，若出现其中 1 台设备因故停机，应立刻关闭相连接的风门，防止热空气进入粮堆。必要时，关闭其他设备。

7.2.2 运行参数的调整

7.2.2.3 分阶段进行谷冷通风过程中，当粮温下降速度明显变缓时，且没有局部高温现象时，应及时调低设备出风温度，进入下一阶段谷冷通风。

7.2.3 特殊情况的处理

7.2.3.1 开始冷却阶段若发生仓房顶部或墙壁甚至粮堆表层结露，应继续低温通风并加强仓内空间的空气流通，直到结露消失。横向谷冷通风时，若发生膜上结露现象，应及时清理并用隔热材料覆盖。

7.2.3.3 通风过程中应密切检查管道有无积水，进仓空气中有无水珠。如果在进风管道发现积水或水珠，应立即停机处理。

7.2.3.4 如遇极端天气条件时，应及时停止谷冷通风。

附录 E （规范性附录）谷物冷却机低温储粮作业卡

增加横向谷冷通风项目，修订原作业卡，使其适用于传统谷冷通风和横向谷冷通风 2 种谷冷通风模式。

单位名称：

仓号：

粮种		等级		杂质含量/%		数量/t	
仓型		直径(跨度×长度)		粮层厚度/m		粮堆体积/m ³	
风网类型		风网总阻力范围/Pa		总风量范围/(m ³ /h)			
*进风口阻力范围/Pa		*出风口阻力范围/Pa		*进风风量范围/(m ³ /h)		*出风风量范围/(m ³ /h)	
谷冷机型号		台数		总功率/kw		进 风 单 位 通 风 量 /[m ³ /(h•t)]	
*风机型号		*台数		*总功率/kw		*设备总功率/kw	
谷冷通风目的：		通风时间：		开始：	结束：	累计通风时间/h：	
谷冷通风期间参数	平均值		最高值		最低值		备注
大气温度/℃							
大气相对湿度/%							
谷冷通风前粮堆均温/℃							
谷冷通风后粮堆均温/℃							
谷冷通风前粮食水分含量/%							
谷冷通风后粮食水分含量/%							
#粮层温度梯度/(℃/m 粮层厚度)							
#粮层湿度梯度/(%/m 粮层厚度)							
*出风口截面粮食均温/℃							
*进风口粮面温差/℃							
冷风温度(设定值/检测值)			冷风湿度(设定值/检测值)				
实际冷却处理能力/(t/24h)			总电耗/(kW • h)				
单位能耗/[(kW • h)/(t • °C)]			电价/[¥/(kW • h)]		单位耗资/(¥/t)		
操作人员：			单位负责人：				

注：标*各项为负压横向谷冷通风低温储粮作业时填写；标#各项为传统谷冷通风低温储粮作业时填写；其余各项均需填写。

(三) 新旧国家标准水平的对比

随着横向通风技术的不断推广应用，新标准在原标准基础上，加入了横向谷冷通风技术规程的相关内容。并且在总结原标准应用多年的经验基础上，对相关的应用参数和技术要求进行了完善和提升。

三、主要试验（或验证）情况

(一) 横向谷冷通风在河北清苑国家粮食储备库实仓实验验证

1 材料与方

1.1 实验条件

1.1.1 实验仓房

河北清苑国家粮食储备库 9#仓房（平房仓），仓房跨度为 21 m，长度为 60 m，堆粮高度为 5.8 m，安装有横向通风系统。覆膜密闭粮堆的气密性为：负压从-500 Pa 上升到-250 Pa 的时间为 51.7 s。

1.1.2 储粮情况

储粮品种为小麦，储粮总重 5700 t，水分为 12.2%，杂质含量为 0.3%。

1.2 实验设备

1.2.1 谷物冷却机

GLA85 型分体谷物冷却机 1 台、GL60 单机型谷物冷却机 2 台。设备的性能参数如表 1 所示。

表 1 谷物冷却机主要性能参数

项目	性能参数
----	------

	GLA85 改制	GL60
标准工况制冷量/ kW	85	60
最大吸风量/(m ³ /h)	5500	3550
总配备功率/kW	49.5	15
远程控制系统	有	无
温/湿度控制系统	有	温度有，湿度无

1.2.2 测温系统

粮情检测系统一套。其测温点的布置符合《粮情测控系统》(LS/T 1200-2002)的要求,沿粮堆长度从东到西方向每层设 13 个测点,仓跨度方向从南到北分 5 个截面,粮堆高度方向分 4 层,传感器水平间距为 4.8 m。垂直间距为 1.7 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。全仓共铺设 65 根电缆,每根电缆设有 4 个传感器。南北方向每个截面 52 个测点,全仓共 260 个测点。粮情检测温度测点布置俯视图如图 1 所示(图中尺寸单位均为 mm)。

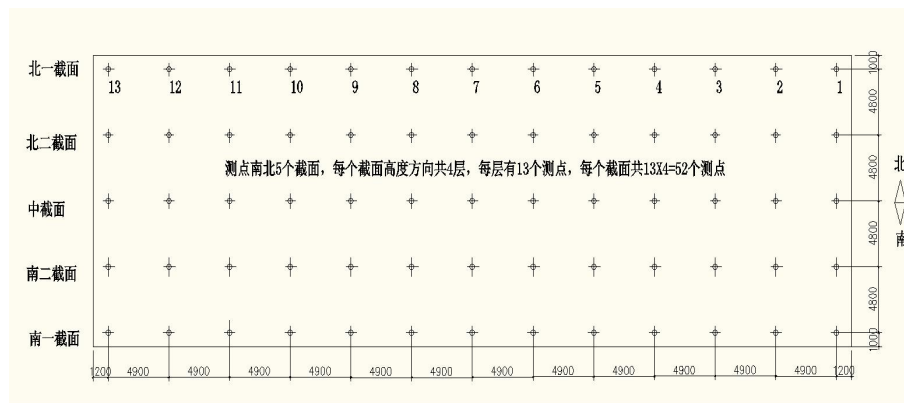


图 1 全仓粮情检测温度测点布置俯视图

1.3 实验方法

(1) 在北侧中间通风口连接 GLA85 型谷物冷却机和相应风机系统, 密闭两侧和其它中间的通风口。

(2) 开启 GLA85 型谷冷机和相应的风机, 开启主风道

的阀门，进行分区谷冷通风。

(3) 打开东西两侧 4 个通风口，在粮仓北侧东、西通风口各连接一台 GL60 型谷物冷却机和对应的风机，GLA85 型谷冷机和相应的风机位置不变，进行全仓通风实验。每 1h 观察整仓粮温变化，记录各粮情检测点粮温。

(4) 运行过程中，开启粮情测控系统，每 1 h 测定一次，记录并计算水平和垂直侧面的平均温度和粮堆的平均温度。待冷风面移到南侧出口，平均粮温达到目标温度后，结束实验。

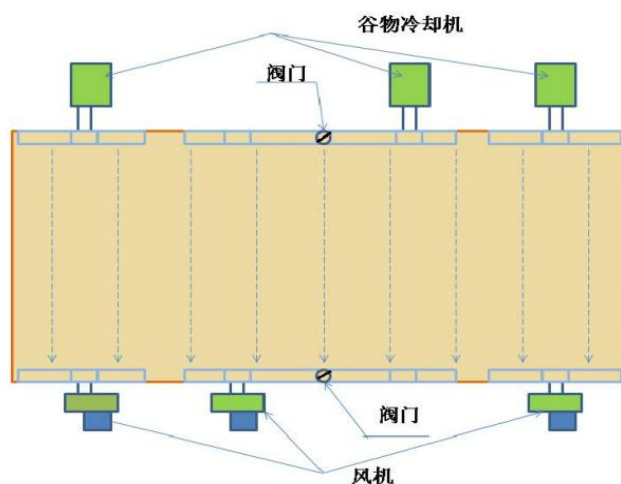


图 2 全仓谷冷通风谷物冷却机的布置图

2 结果与分析

2.1 全仓谷冷通风实验

谷冷通风实验从 2014 年 8 月 15 日开始，于 8 月 20 日 13 点 38 分结束，总计 125.5 h。期间首先对 GL60 谷物冷却机在 9#实验仓所用的风机进行了适用性实验，确定匹配的风机，然后即开始全仓横向通风实验。期间由于设备维修等原因，有部分时段通风中断，实验中记录冷却降温的温度变化、

电耗、通风参数等。

实验期间的环境温度为 20.8 ~ 32.5 ℃,湿度 40% ~ 76%,粮堆平均温度为 32.2 ℃,最高粮温 37.3 ℃。实际全负荷工作时间约合 72 h。整体横向谷冷通风的实验结果见表 2。

表 2 谷冷通风各时段粮温变化情况 ℃

检测	2014/8/14	2014/8/15	2014/8/16	2014/8/17	2014/8/17	2014/8/20
时间	21:26	8:06	11:29	14:07	16:10	13:30
仓高温	37.3	37.8	37.5	37.3	37.3	31.8
仓低温	22.8	16.3	22.5	19	19.3	15.0
仓平均	32.2	31.4	31.3	29.3	29.2	24.2

全仓谷冷通风降温结果表明：在环境温度 20.8 ~ 32.5 ℃、湿度 40% ~ 76%的条件下，谷物冷却机满负荷全仓谷冷通风约合 72 h 期间，仓内粮堆温度从 32.2 ℃降低到 24.2 ℃，降温幅度为 8 ℃。降温速度快，平均每 3.4 h 冷风向前推进 1 m。图 3 是 8 月 17 日 ~ 20 日期间粮堆各截面的温度变化趋势图。

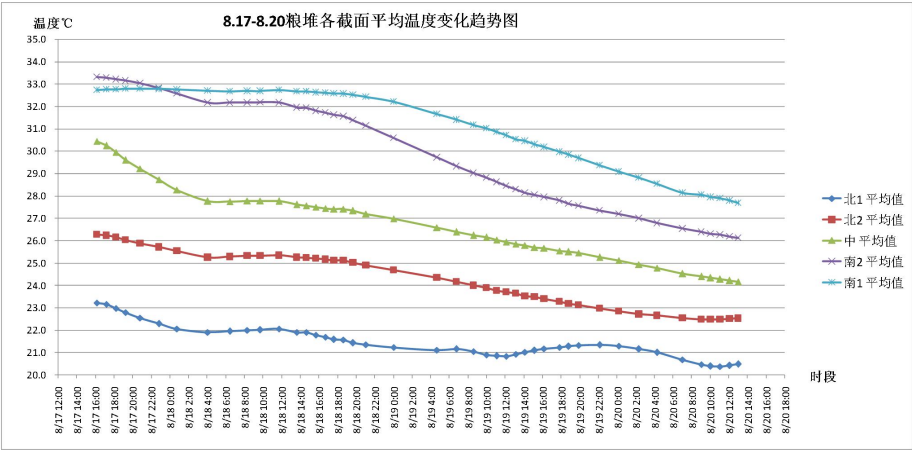


图 3 全仓谷冷通风过程各截面粮温变化趋势图

2.2 仓内粮堆降温的均匀性分析

为了考核横向通风的粮堆内部各点的粮温是否均匀，通风降温过程中记录了冷风推进方向（粮堆宽度）各垂直截面谷冷通风前后的粮食均温变化和粮堆高度方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 粮堆宽度方向各垂直截面谷冷通风开始和结束时粮食均温对比 ℃

状态	时段	北一截面	北二截面	中截面	南二截面	南一截面
开始	2014/8/14 21:37	29.7	32.9	32.9	32.8	29.7
结束	2014/8/20 13:28	20.5	22.5	24.1	26.1	27.7

表 4 粮堆高度方向各水平截面谷冷通风开始和结束时粮食均温对比 ℃

状态	时段	0.3 m 堆高	2.1 m 堆高	3.7 m 堆高	5.5 m 堆高
开始	2014/8/14 21:37	31.5	32.9	32.9	31.1
结束	2014/8/20 13:28	23.4	22.9	22.9	27.6

结果表明：在粮堆宽度方向的垂直截面，冷风从进口粮堆的北一截面推进到冷风出口的南一截面，逐步推进降低粮温。在间距约为 5 m 的相邻两个截面之间的平均粮温变化不大于 2 ℃，沿冷风推进方向单位粮层的粮食温度差不大于 0.5 ℃。

在粮堆高度方向水平截面，自上到下的 2~4 层粮食均温基本一致，1 层（顶层）粮温也有明显降低，较仓温低约 2~3 ℃。1 层（顶层）粮温与其它层粮温有一定的温差，其原因这是由于测点布置比较接近于粮面，受到仓温的影响较大。如果采用仓内粮面覆盖或仓顶空间降温，谷冷通风降温的效果会有明显改善。

2.4 谷冷通风降温能效分析

横向谷冷通风实验自 2014 年 8 月 14 日晚开始到 8 月 20

日中午结束 总计 136 h, 期间断续通风折合谷物冷却机全负荷运行约 72 h, 实际能耗为 6355 度, 粮堆的降温幅度为 8 °C。

按照国家标准 GB/T 29374-2012《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》^[2], 计算本次谷冷通风的单位能耗为:

$$E=W/[(T_1-T_2) \times m]^{[2]}=6355/(8 \times 5700)=0.14 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$$

式中“E”为谷冷通风降温的单位能耗, 单位为千瓦小时每吨摄氏度 ($\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$);

“W”为谷冷通风降温的累计耗电量, 单位为千瓦小时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$);

“T₁”为谷冷通风前的平均粮温, 单位为摄氏度 (°C);

“T₂”为谷冷通风后的平均粮温, 单位为摄氏度 (°C);

“m”为被谷冷通风的粮食质量, 单位为吨 (t);

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 $0.5 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

3 结论

河北清苑国家粮食储备库小麦仓横向通风的实仓实验验证结果表明, 谷冷通风技术在具有横向通风系统的小麦粮仓中应用, 可以实现降低粮温的目的, 与传统谷物谷冷通风技术相比, 具有明显的降温效果, 降温速度快, 冷却效率高, 降温均匀性良好。在粮堆高度方向降温均匀一致, 沿冷风推进方向粮堆温度差异平均不大于 $0.5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ 。通过多种通风方式实验, 验证了横向谷冷通风作业, 既可采用全仓谷冷通风方式, 也可以采用分区域谷冷通风方式, 均具有良好的通风效果。横向谷冷通风适用于 21 米及以下高大平房仓储粮储存

小麦应用。

(二) 横向谷冷通风在湖南粮食集团金霞粮食储备库的验证试验

1 材料与方法

1.1 实验条件

1.1.1 实验仓房

湖南粮食集团金霞粮食储备库 0p0101 仓房（平房仓），仓房跨度为 24 m，长度为 45 m，堆粮高度为 6 m，安装有横向通风系统（中间两个通风口之间未安装隔断阀）。覆膜密闭粮堆的气密性为：负压从-500 Pa 上升到-250 Pa 的时间为 53s。

1.1.2 储粮情况

储粮品种为稻谷，储粮总重 3350 t，水分为 14.25%，两种稻谷混存。

1.2 实验设备

1.2.1 谷物冷却机

GLA55f 型分体谷物冷却机 2 台。其性能参数如表 5 所示。

表 5 谷物冷却机性能参数

项目	单位	参数
名义制冷量（标准工况）	kW	55
名义工况风量（标准工况）	m ³ /h	3500
最大风量(压力 980pa 时)	m ³ /h	15000
处理量（降温 10℃）	T/d	200~400
制冷系统配备功率	kW	20
风机配备功率	kW	15
出风口直径	mm	500

外形尺寸（长 x 宽 x 高）	mm	2400x1400x2500
重量（约）	kg	1200

试验现场照片：



1.2.2 测温系统

粮情检测系统一套，沿粮堆长度从东到西方向每层设 3 个测点，仓跨度方向从南到北分 5 个截面，粮堆高度方向分 4 层，传感器水平间距为 5.37m。垂直间距为 1.67 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。全仓共铺设 13 根电缆，每根电缆设有 4 个传感器,全仓共 52 个测点。粮情检测温度测点布置俯视图如图 4 所示（图中尺寸单位均为 mm）。

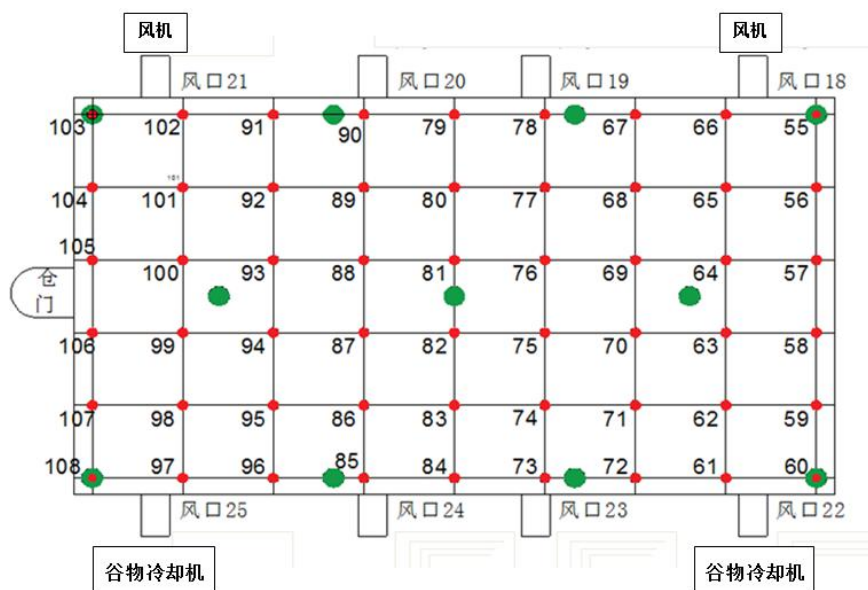


图 4 全仓粮情检测点布置图

1.3 实验方法

(1) 在仓房两侧通风口连接 GLA55f 型谷物冷却机，密闭仓房中间的通风口。

(2) 开启谷物冷却机，进行仓房两端分区谷冷通风，在谷物冷却机端设置冷风出风温度为 15℃，出风湿度为 85%，记录通风前后粮仓的温度。

(3) 待风机出口的冷风温度与出风口的粮温基本一致，待冷风面移到出风口，关闭两侧通风口。

(4) 将两台谷物冷却机分别移至中间两个通风口，进行仓房中部的谷冷通风，直至全仓平均粮温达到目标粮温，冷风面移到出风口。

(5) 通风过程中，每 1h 观察整仓粮温变化，记录各粮情检测点粮温，记录并计算水平和垂直侧面的平均温度和粮堆的平均温度。每 30 min 检测进出粮仓冷风温、湿度。

2 结果与分析

2.1 全仓谷冷通风实验

冷却实验从 2015 年 6 月 23 日下午晚上 20 点正式开始，于 7 月 1 日 8 点结束，总计 182 h。期间自 2015 年 6 月 23 日晚上 20 点~6 月 28 日 10 点两侧分区通风，共开机 114 小时。从 6 月 28 日下午 1 点~7 月 1 日早上 8 点，中间区域分区通风，共通风 68 小时。

通风期间发现粮堆上层温度传感器埋置深度不够，导致顶层温度传感器检测结果不能准确反应粮堆顶层温度，因此粮堆的温度统计分析以不包括上层粮温的数据为依据。图 5 为粮堆横向谷冷通风期间的降温结果。

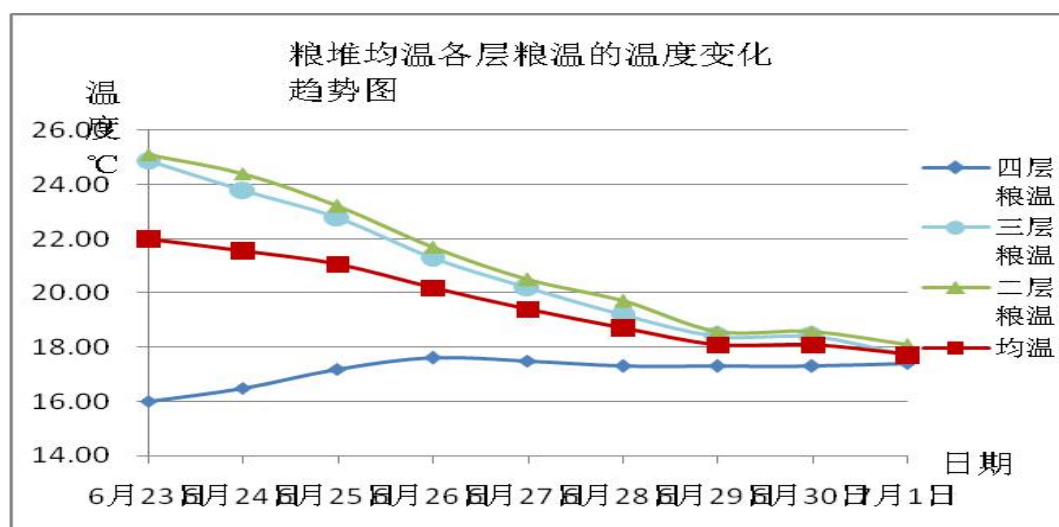


图 5 横向谷冷通风的降温趋势图

在环境温度 26.4~38.6 °C，相对湿度;44%~93%，不包括上层粮温的粮堆平均温度从 22°C 降到 17.7°C,降温幅度为 4.3°C，各层的粮温温差很小。

2.2 仓内粮堆降温的均匀性分析

为了考核横向通风的粮堆内部各点的粮温是否均匀，通风降温过程中记录了冷风推进方向（粮堆宽度）各垂直截面

谷冷通风前后的粮食均温变化和粮堆高度方向各水平截面谷冷通风前后粮食均温变化，结果见表 6 和图 6。

表 6 粮堆高度方向各水平截面谷冷通风开始和结束时粮食均温对比 ℃

状态	时段	0.3 m 堆高	2.1 m 堆高	3.7 m 堆高	顶层	均温(不包括顶层)
开始	2015/06/23 20	16.0	24.9	25.1	25.8	22.0
结束	2015/07/30 11	17.4	17.7	18.1	26.9	17.7

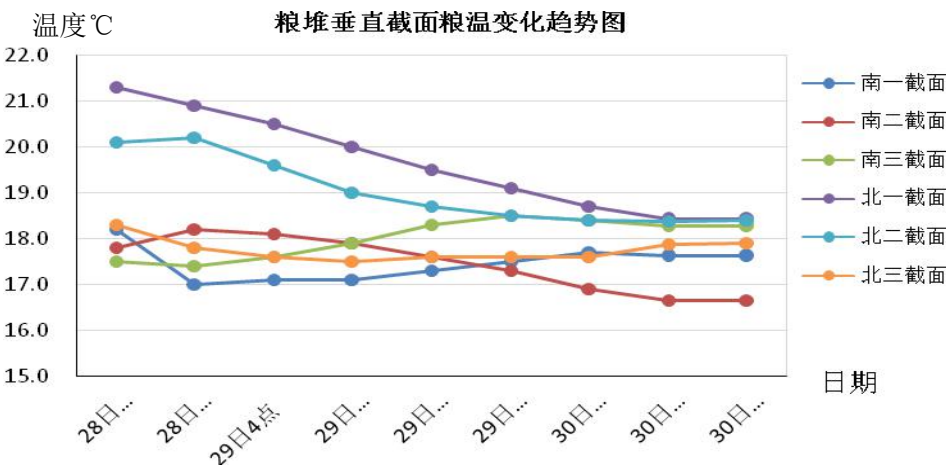


图 6 粮堆宽度各截面粮温变化趋势分析图

结果表明：在粮堆宽度方向的垂直截面，冷风从进口粮堆的北一截面推进到冷风出口的南一截面，逐步推进降低粮温。粮堆沿冷风推进方向 24m 跨度方向最大温差为 2.6℃。在粮堆高度方向水平截面，沿粮堆高度方向粮温基本一致，最大误差不超过 2℃。

2.3、谷冷通风能耗分析

从 2015 年 6 月 23 日下午 4 点开始，截止到 2015 年 7 月 1 日早 8 点，实际共耗能：7577 度，按照谷物冷却机应用技术规程计算吨粮电耗：

$$E=W/[(T1-T2) \times m]^{[2]}=7577/3350 \times 4.3=0.52(\text{kW} \cdot \text{h})/$$

(t · °C)

3、结论

湖南粮食集团金霞粮食储备库 24 米跨度的稻谷仓横向通风的实仓实验验证结果表明,谷冷通风技术在具有横向通风系统的稻谷粮仓中应用,可以实现降低粮温的目的,横向谷冷通风在环境温度 26.4℃~38.6℃,湿度 40%~93%的条件下,2 台谷冷机通风 182 小时后,粮仓均温从 22℃降低到 17.7℃,降温幅度为 4.3℃(不包括上层粮温),单位能耗约 0.52 (kW·h)/(t · °C),可以实现高温高湿环境的降温;在粮堆高度方向降温均匀一致,沿冷风推进方向 24m 跨度方向最大温差为 2.6℃;横向分区谷冷通风过程,可以实现与全仓谷冷通风同样的效果。通过多种通风方式实验,验证了横向谷冷通风作业,既可采用全仓谷冷通风方式,也可以采用分区域谷冷通风方式,均具有良好的通风效果,横向谷冷通风完全适用于 24m 及以下高大平房仓储粮储存稻谷应用。

通过高温高湿天气稻谷仓的储存试验也发现,横向谷冷通风时,仓体、仓门、粮面覆膜、风道口等应加强密闭,尽可能提高仓内的气密性,在环境温度较高时,谷冷通风前加强粮面隔热,提高粮堆降温效率,减少能耗的浪费。在谷冷通风过程中应严格按照横向通风技术规程作业,在两个贯穿的通风口中间必须安装隔断阀,保证粮堆的均匀降温,避免局部的长时间谷冷通风而造成的较多的能源消耗。

本标准适用于具备传统通风系统的房式仓、浅圆仓和立筒仓,以及具备横向通风系统的平房仓中对各类原粮、油料

及非粉类成品粮的谷冷通风。

传统谷冷通风已经在行业内推广应用多年，在低温、绿色、安全储粮方面起到了良好的作用。横向谷冷通风较传统通风由于移除了地面的风道，使进出粮作业时可以保证无障碍操作，便于实现粮食进出仓全程机械化作业，提高平房仓粮食的流通效率，降低了劳动强度，改善了作业环境。应用横向谷冷通风技术可以克服传统谷冷通风在高大平房仓通风时通风路径短、能效利用率低的问题，减少通风过程的冷量损失，提高降温效率，减少耗能，在高大平房仓储粮方面的应用效果明显，今后在储粮行业将会发挥更大的作用。

四、与国际、国外对比情况

本标准在 GB/T 29374-2012 《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》基础上，增加了横向谷冷通风的技术内容，由于横向谷冷通风技术在国外尚没有类似的报道，因此所有的数据均为在实仓试验的基础上得到的。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

无。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准未产生重大分歧意见。

七、标准性质的建议说明

本标准可以作为推荐性国家标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

随着横向通风系统的广泛推广应用，建议标准尽快实施，并进行相关技术培训及指导，使基层技术人员准确掌握

相关技术及要求。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。