

应用实践

DOI: 10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.240447

河南地区浅圆仓大豆储存中不同储粮控温技术的应用现状及展望

张慧民, 古争艳, 吴宗霖, 王 彬, 马国平, 李国彬

(中央储备粮新郑直属库有限公司, 河南 新郑 451100)

摘要:旨在为进口大豆储存企业的储粮控温技术创新与实践提供新思路与新方向,系统总结了河南地区某库浅圆仓大豆安全储存实践经验,深入探讨了7种适用于浅圆仓的储粮控温技术,对比分析各技术的控温原理、应用效能、成本投入、技术特性及适用场景,同时详细阐述了中心管径向通风技术的实仓应用研究,并对浅圆仓储粮控温技术的发展方向进行展望。应用于浅圆仓的储粮控温技术包括单管内环流控温技术、冷风机控温技术、整仓内环流控温技术、缓速通风降温技术、密闭环流谷冷降温技术、中心管径向通风技术和陶瓷微粒水性热反射技术等。研究表明,中心管径向通风技术能显著降低粮温,尤其对仓体中心区域降温效果突出。未来的研究可从径向通风技术实仓应用、加湿系统保水降损应用、辐射制冷隔热改造、臭氧与内环流融合防治书虱、空调与内环流组合控温等方向展开研究。

关键词:河南地区;储粮控温技术;浅圆仓;大豆储存;应用现状

中图分类号:TS210.2;TS222+.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2025)08-0133-07

Application status and prospects of different grain storage temperature control technologies in the storage of soybeans in squat silo in Henan region

ZHANG Huimin, GU Zhengyan, WU Zonglin, WANG Bin, MA Guoping, LI Guobin

(Sinograin Xinzheng Reserve Depot Co., Ltd., Xinzheng 451100, Henan, China)

Abstract: Aiming to provide new ideas and new directions for imported soybean storage enterprises in grain storage temperature control technology innovation and practice, the practical experience of safe storage of soybeans in a squat silo in Henan region was systematically summarized, seven kinds of grain storage temperature control technologies applicable to squat silo were discussed, and the principle of temperature control, application efficacy, cost inputs, technical characteristics and applicable scenarios of each technology were compared and analyzed. At the same time, the study on the application of the center pipe radial direction ventilation technology to the actual silo was elaborated in detail, and the development direction of the grain storage temperature control technologies of squat silo was looked forward. The grain storage temperature control technology applied to squat silo included inner circulation temperature control technology in a single tube, temperature control technology by the cold air fans, inner circulation temperature control technology within the entire silo, slow ventilation cooling technology, closed circulation grain cooling technology, central pipe radial direction ventilation technology and water-based heat reflective coating with ceramic particles, etc. Research showed that the center pipe radial direction ventilation technology could significantly reduce grain temperature, especially for the center area

收稿日期:2024-07-19;修回日期:2025-04-30

作者简介:张慧民(1970),男,高级工程师,主要从事仓储管理,进口大豆储藏、质量管理工作(E-mail)153193031@qq.com。

of the silo. Future research could be carried out in the direction of radial direction ventilation technology application in real silo, water retention and loss reduction application in humidification

system, radiant refrigeration heat insulation modification, ozone and inner circulation fusion control of book lice, air conditioning and inner circulation combination for temperature control and other directions.

Key words: Henan region; grain storage temperature control technology; squat silo; soybean storage; application status

浅圆仓自 20 世纪 90 年代引入我国,已成为国内新仓建设的主流仓型,与传统平房仓相比,浅圆仓具有占地面积小、受力结构优良、隔热气密性优异、机械化程度较高、进出仓效率高^[1]等优势。河南地区浅圆仓建设项目逐年增加,主要用于储存进口大豆。然而,浅圆仓中心卸料口的入库方式易造成较严重的自动分级现象,卸料口下方形成明显的重杂区,杂质含量高造成中心区粮堆孔隙度低,因此粮食及附着的微生物呼吸作用产生的湿热不能很快从粮粒空隙中散出,热量聚集产生粮堆发热现象,持续发热将加剧微生物繁殖代谢,粮温继续升高,虫霉开始滋生,继而产生结块、走油、赤变现象,严重的可能出现碳化现象^[2]。针对浅圆仓储存进口大豆的特点,控制较低的储粮温度是预防储存期间异常粮情、保持大豆品质的有效办法。低温条件能够显著降低大豆脂氧合酶的活性,减缓氧化反应速度和挥发性物质生成量,提高储存品质^[3]。

我国东北地区目前主要的储粮控温方式为内环流控温技术,因为该地区冷源充足,该技术能够满足夏季储粮需求,且系统安装成本较低,是该地区较为适宜的储粮控温方式;我国南方地区冬季短、夏季高温持续时间长,必须依赖机械制冷获得冷源才能达到低温或准低温储粮的要求,目前主要采用的储粮控温方式为空调控温和谷物冷却技术相结合;河南属于我国中部地区,该区域主要储粮仓型是平房仓,已有研究对比了内环流、空调和谷物冷却技术结合内环流 3 种储粮控温技术在平房仓储藏小麦中的应用效果,结果表明,空调控温技术可以有效延缓小麦品质劣变和提高经济效益,推荐在河南地区推广应用^[4]。然而,目前针对河南地区浅圆仓大豆储存的控温技术研究较为匮乏,随着该地区浅圆仓大豆储存规模逐年扩大,系统总结现有控温技术的应用现状,并对更多技术的融合应用进行展望,将有助于进口大豆储存企业降低储存损耗、延缓大豆品质劣变,进而实现提质增效的目标。

本文综述了河南地区某库浅圆仓大豆安全储存中不同控温技术的灵活应用,通过介绍和比对 7 种控温技术的控温原理、成本投入、应用效能、技术特性和适用场景,同时详细介绍该库点中心管径向通

风技术的实仓应用研究,并在以上技术基础上展望更多前沿的控温技术或者技术融合,作为该地区浅圆仓大豆安全储存的深入研究方向,以期让更多河南地区进口大豆储存企业灵活应用储粮控温技术提供参考和指导。

1 7 种可应用于浅圆仓的储粮控温技术介绍

1.1 单管内环流控温技术

单管内环流控温技术流程图如图 1 所示。

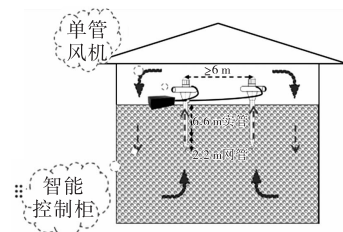


图 1 单管内环流控温技术流程图

Fig. 1 Flowchart of inner circulation temperature control technology in a single tube

单管内环流控温技术通过下设 2 组单管(6.6 m 实管和 2.2 m 网管),利用单管风机的吸排作用,将粮堆底部冷空气上吸然后排到粮仓空间,粮仓空间和粮层间空气开始流动,不断冷热交换和循环往复,实现均衡粮温和降低仓温的目的。单管内环流控温技术可将仓温有效控制在 26℃ 左右,控温效果显著,冷源利用率高,密闭循环,可减少粮堆水分损耗。此外,单管内环流控温技术还具有仓湿稳定,虫霉抑制效果好,应用便捷,实现智能控温和无人值守,杜绝过度通风和无效通风的特点。

单管内环流控温技术主要适用于处理浅圆仓中心区表层局部发热问题。受浅圆仓仓顶中心口进料方式的影响,浅圆仓大豆自动分级现象严重,中心形成杂质区,影响通风效果和热量散发,尤其是夏季,中心杂质区上层和表层粮温极易受外温、仓温影响升高,处理该区域的局部高温点就可采用单管内环流的方式,利用下层冷源降低表层粮温。由于单管内环流不同于整仓内环流,不借助仓外回风管道和仓底通风口,局限于仓内气流变化,减少了粮堆冷源损失,单位电耗成本较整仓内环流低^[5],据统计,河南地区某库单管内环流技术的单位能耗为 0.225 kW·h/(t·℃)。

1.2 冷风机控温技术

冷风机控温技术采用冷风机进行通风,利用冷风机的制冷剂在蒸发过程中吸收热能,实现维持仓温的目的。冷风机控温技术流程图见图 2。

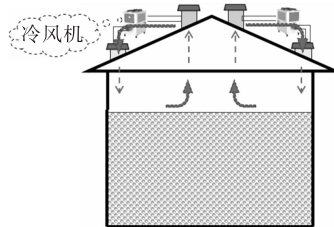


图 2 冷风机控温技术流程图

Fig.2 Flowchart of the temperature control technology by the cold air fans

冷风机控温技术控温幅度宽(仓温控制在 23 ~ 27℃),控温均衡性和稳定性好[如(25.0 ± 2.0)℃],控湿能力强(特别适用于高水分粮、新建仓),冷效高(采用专用压缩机系统,耐候性强,效率高),操作简便,实现一键式操作,可配合单管风机实现异常粮温处理,优化升级后可实现保水控温功能。

冷风机控温技术适用于炎热酷暑时节,整仓内环流冷源不足的情况,可快速有效实现降低仓温的目的,而且通过调节冷风机湿度,还可以实现保水通风的效果。缺点在于单位能耗相对高于单管内环流控温技术,据统计河南地区某库冷风机控温技术的单位能耗为 0.25 kW · h/(t · ℃)。

1.3 整仓内环流控温技术

整仓内环流控温技术将粮堆整体作为冷源,采用外置风机通风,实现均衡粮温和降低仓温的目的。整仓内环流控温技术流程图见图 3。

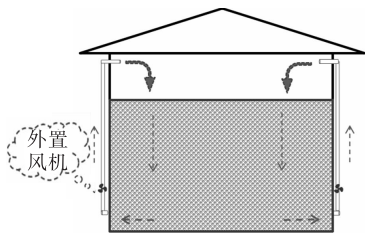


图 3 整仓内环流控温技术流程图

Fig.3 Flowchart of the inner circulation temperature control technology within the entire silo

整仓内环流控温技术控温效果显著,仓湿稳定,可抑制虫霉孳生;其系统一体性好,实现了自动控制和远程控制,但外置环流管道受外界气候影响,冷源损失大,技术应用期间需重点关注表层粮温均匀性。

整仓内环流控温技术主要适用于夏季降低仓温。浅圆仓内环流控温系统通常由混流风机、仓外

回风管道、仓底通风口、仓内空间的温湿度传感器和控制系统组成,在夏季高温时节,打开内环流控制系统,即可控制仓内底部冷源空气通过地槽、仓底通风口、环流管道、混流风机、仓外回风管道进入仓内,与仓内空间热空气进行冷热交换,如此循环往复,待检测到仓内温湿度达到目标值后,系统自动停止运行,设备停机。由于内环流技术是一个密闭环境的气流运动过程,在实现温湿度均衡的过程中,较好地减少了水分散失,因此内环流控温技术是一项节能低碳的智能化技术。另外,由于内环流控温可以保持仓内适宜的温湿度环境,夏季高温阶段可以有效抑制虫害与微生物的生长与繁殖^[6],还能够保持良好的储粮品质,所以内环流控温技术也是一项绿色技术。

1.4 缓速通风降温技术

缓速通风降温技术利用冷空气作为冷源,采用机械风机吸出式通风,实现降低整仓粮温和减少水分损失的目的。缓速通风降温技术流程图见图 4。

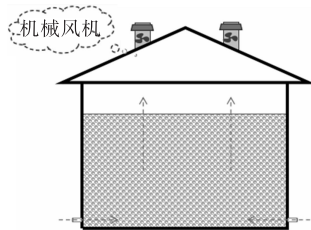


图 4 缓速通风降温技术流程图

Fig.4 Flowchart of slow ventilation cooling technology

缓速通风降温技术可使粮堆温度降低 7℃,风速小,水分损失少,降温均匀(温度纵向差幅 0.45℃)。该技术特点包括降低储存损耗、实现自动控制和远程控制等。然而,在应用过程中需结合区域特点,判断天气条件是否满足通风时间的要求,并根据不同大豆品种,优化通风时间和粮温。

缓速通风降温技术主要适用于秋季整仓降温。将浅圆仓底部自然通风口打开,仓顶轴流风机打开,利用烟囱效应,河南地区秋季昼夜温差大,夜间低温时段开启风机运行,早上气温升高即可关机,此种通风方式可以完成第一阶段的整仓降温,基础粮温可降低 7℃,由于仓顶轴流风机功率只有 2.2 kW,耗电和水分损失都较低,据统计河南地区某库缓速通风降温技术的单位能耗为 0.02 kW · h/(t · ℃)。

1.5 密闭环流谷冷降温技术

密闭环流谷冷降温技术采用谷冷机正压压入式通风,利用冷源将热量从下到上置换,实现降低粮温的目的。密闭环流谷冷降温技术流程图见图 5。

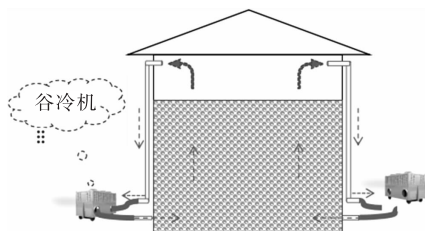


图5 密闭环流谷冷降温技术流程图

Fig. 5 Flowchart of the closed circulation grain cooling technology

密闭环流谷冷降温技术降温速度快,冷效利用率高,水分减量下降0.5个百分点左右;较常规谷冷作业,密闭环流谷冷作业周期可缩短30%左右,主要是因为其采用密闭循环技术,冷源利用率高,冬季通风冷源足够安全度夏。

密闭环流谷冷控温技术主要适用于夏季入粮整仓降温。谷冷机的制冷原理类似于空调,但是谷冷机具有湿度调节功能,能够制备出设定温湿度条件的冷空气,通过输送管路进入地槽风道,然后通过粮堆孔隙,进入仓内空间,通过冷热交换原理降低粮温,具有不受外界气候影响可以调节湿度的特点,较常规冷风机和机械通风谷冷机有利于保持粮堆原有水分不散失,具有保水功能。密闭环流谷冷技术结合谷冷和内环流的优点,实现快速降温和调节温度均匀,并利用仓内排出低于空气温度的气源降低谷冷机耗电量,降低用电成本。使用谷冷机通风的能耗较前几种技术高,一般为 $0.55 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

1.6 中心管径向通风技术

中心管径向通风技术示意图见图6。



图6 中心管径向通风技术示意图

Fig. 6 Schematic diagram of the central pipe radial direction ventilation technology

中心管径向通风技术通过中心集风管和墙壁垂直支风道进行径向通风,实现对中心杂质区粮温的“靶向处理”。中心管径向通风技术风量按需分配,对中心杂质区予以重点关注,中心区域控温效果好,提高了整体通风效率,通风均匀性更好;通风路径比从1.79降至1.26~1.43,解决中心区域杂质粮情问题。中心管径向通风技术单位能耗相较于常规机械通风低,整体通风效率高,且造价相对低(单仓中

心管径向设备造价17.40万元,简易中心管设备造价3.50万元)。

中心管径向通风技术主要适用于浅圆仓中心杂质区整体降温。通风方式通常采用负压形式,利用仓底通风口安装的混流风机负压向外排风,中心管内阻力小,气流压差带动中心杂质区热空气横向运动,集中到中心管自上向下通过地槽通风道排出仓内,冷空气随即补充到中心杂质区,一般径向通风适宜选择外温较低的天气或夜间进行,可将仓顶自然通风口打开与仓下混流风机联合动作形成气流进入和排出的运动路径,可有效降低中心杂质聚集区的温度,代替单管下设传统依靠人力的方式解决杂质区发热问题,由于横向通风大大缩短了通风路径比,可有效提高降温速率。张修霖^[7]搭建小型实验浅圆仓验证浅圆仓径向通风数值模拟预测结果是否能够实现,经过比对分析,验证了径向通风的可行性,并具有无通风死角、粮温均匀、能耗更低的优越性。

1.7 陶瓷微粒水性热反射技术

陶瓷微粒水性热反射涂料实仓应用展示图如图7所示。



图7 陶瓷微粒水性热反射涂料实仓应用展示图

Fig. 7 Actual application of water-based heat reflective coating with ceramic particles in a silo

陶瓷微粒水性热反射技术利用涂料中特瑞粉颗粒具有较高的反射率的特点,可以将太阳光中大部分红外线热量反射回去,从而起到隔热作用。该技术的太阳光全反射率为93%,红外反射率为95%,可使不锈钢表面温度降低 15°C ,有效降低大气温度对仓温的影响,且使用寿命可达10年。该技术安装方式简单,但需进一步探究隔热材料每年的反射递减情况以及温度变化情况。基于校企合作平台,与河南工业大学开展合作试验,实际造价成本 $130 \text{ 元}/\text{m}^2$ 。

陶瓷微粒水性热反射技术适用于浅圆仓和油罐的仓(罐)顶、仓(罐)壁涂膜隔热,也可用于浅圆仓外附属设施,如两个回风管道、环流管道和配电箱的隔热。开展的实仓应用试验结果显示:涂抹热反射隔热涂料能显著降低电柜表面温度,降幅可达

15℃,浅圆仓顶涂刷反射隔热涂料较未涂刷可降低9℃,油罐顶涂刷反射隔热涂料较未涂刷可降低2℃。

2 中心管径向通风技术实仓应用研究

由于浅圆仓入仓方式异于平房仓,如河南地区某库,进口大豆经输送设备至仓顶入粮口,自由落体入仓后粮堆自动分级严重,中心区杂质聚集。夏季高温时,杂质区通透性欠佳致热量积聚、粮堆发热,只能靠密布单管组通风降温,人力耗费大。近年来中心管径向通风技术在中心杂质区通风降温研究上有新突破,已在其他地区成功应用,但河南地区粮库尚未采用。河南某库安装中心通风管并开展中心管径向通风试验研究,以验证其效果。

2.1 试验仓通风前后粮温变化

河南某库在 92 号浅圆仓内安装了中心通风管,径向通风系统由仓底环形主风道、侧壁垂直支风道、中心管垂直风道、中心管离心风机及仓底混流风机等部分组成,操作时,主要采用下行吸出式通风模式,外界气流由粮堆表面和中心管垂直风道(为提高通风效率,可借助仓顶中心管配置的离心风机,将冷风压入中心管,高效提高中心粮堆内的进风量,以中心径向放射的通风方式快速穿透中心杂质区域)进入粮堆,穿过粮层后进入仓壁四周的垂直支风道,然后通过环形主风道经仓底混流风机排出仓外,实现浅圆仓通风降温的目的。

结合秋冬季通风计划,对 92 号仓开展 11 d (2023 年 11 月 25 日—12 月 03 日,12 月 12 日—12 月 13 日)的通风试验,设置与 92 号仓储粮条件相近

的 02 号仓作为对照仓,对照仓无作业,检测试验仓(储粮量 9 999.560 t,杂质含量 1.9%,混流风机风速 10.6 m/s)和对照仓(储粮量 10 014.364 t,杂质含量 1.5%)通风前后温度,分析中心管径向通风降温效果。试验仓通风前后粮温、水分及粮高变化情况如表 1 所示。

表 1 试验仓通风前后粮温、水分及粮高变化情况

Table 1 Changes in temperature, water content and height of grain before and after ventilation in the test silo			
项目	平均粮温/℃	水分/%	粮高/m
通风前	14.2	10.00	18.19
通风后	11.9	9.51	17.89
变化幅度/%	-16.2	-4.90	-1.65

由表 1 可知,92 仓径向通风后平均粮温降低 2.3℃。考虑到气温降低也会间接影响到整仓平均粮温的变化,特地记录了同时期 02 号仓单纯受外温影响的变化,为从 14.3℃下降至 13.3℃,降低了 1℃。可以推算,径向通风因素产生的整仓平均粮温变化量是 1.3℃。

2.2 实仓试验各圈粮温变化分析

河南某库浅圆仓(92 号仓)内垂直分布 31 根测温电缆,按照里圈 3 根、中圈 10 根和外圈 18 根均匀分布,里圈和中圈每根测温电缆有 12 个测温点,外圈每根测温电缆有 11 个测温点,整仓共有 354 个测温点,通过粮情检测系统可以检测和查看各层点温度情况。里圈、中圈和外圈粮温的变化情况如表 2、表 3 和表 4 所示。

表 2 里圈粮温的变化情况

Table 2 Changes in grain temperatures of the inner circle											
层数	11 月 25 日	11 月 26 日	11 月 27 日	11 月 28 日	11 月 29 日	11 月 30 日	12 月 01 日	12 月 02 日	12 月 03 日	12 月 12 日	12 月 13 日
1 层	10.6	8.1	9.4	9.4	8.9	4.7	6.3	7.6	6.6	5.0	2.0
2 层	10.3	7.9	9.1	9.1	8.7	4.5	6.2	7.0	6.3	4.9	1.9
3 层	17.0	16.1	16.6	16.6	16.4	12.8	10.8	9.2	8.1	9.9	9.3
4 层	15.8	15.9	15.8	15.8	15.9	16.5	16.6	16.0	17.0	16.9	17.0
5 层	9.8	9.9	9.9	9.9	9.9	10.5	10.6	10.9	11.2	10.8	10.8
6 层	8.8	8.9	8.9	8.9	8.9	9.4	9.6	9.7	9.3	8.1	7.9
7 层	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	10.0	9.9	9.2	8.1	6.6	6.3
8 层	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.7	9.8	8.3	6.8	5.9	5.6
9 层	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.2	11.2	10.6	9.8	7.9	7.4
10 层	11.2	11.1	11.2	11.2	11.2	11.2	9.9	8.0	6.3	5.3	5.0
11 层	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	9.8	7.0	4.7	3.4	3.6	4.1
12 层	15.6	15.4	15.5	15.5	15.4	10.0	5.9	3.6	2.9	4.2	4.9

由表 2 可看出:通风 5 d 后,表层(1~3 层)和底层(11~12 层)粮温开始下降;中上层(4~6 层)

粮温随着通风时间的延长,出现粮温不降反升现象,第 6 层粮温在 8 d 后开始下降。

表 3 中圈粮温的变化情况

Table 3 Changes in grain temperature of the centre circle℃

层数	11月25日	11月26日	11月27日	11月28日	11月29日	11月30日	12月01日	12月02日	12月03日	12月12日	12月13日
1层	10.7	8.2	8.9	9.2	7.5	5.0	6.3	7.6	6.6	5.2	2.2
2层	10.7	8.2	9.0	9.1	7.5	4.9	6.1	7.1	6.5	5.1	2.2
3层	17.8	10.5	11.4	8.5	8.0	4.8	3.6	4.4	4.6	6.7	4.2
4层	21.0	21.5	21.4	21.8	21.8	18.1	11.7	7.3	4.8	4.0	3.9
5层	15.6	16.3	16.2	17.3	17.5	19.5	20.7	18.8	15.5	10.5	8.6
6层	11.1	11.5	11.5	12.1	12.3	13.6	15.4	17.6	19.4	18.0	16.3
7层	9.0	9.2	9.1	9.4	9.5	10.0	10.8	11.8	13.3	16.1	17.7
8层	8.7	8.9	8.8	9.1	9.1	9.2	9.3	9.6	10.0	10.6	11.8
9层	9.0	9.3	9.3	9.7	9.7	9.6	9.5	9.2	9.2	8.7	9.4
10层	9.8	10.0	10.0	10.3	10.3	9.9	9.6	9.3	9.1	8.8	8.9
11层	10.9	10.9	10.9	10.9	11.0	10.7	10.5	10.3	10.2	10.0	9.9
12层	12.8	12.6	12.6	12.5	12.5	12.2	11.8	11.6	11.5	11.4	11.2

表 4 外圈粮温的变化情况

Table 4 Changes in grain temperature of the outer circle℃

层数	11月25日	11月26日	11月27日	11月28日	11月29日	11月30日	12月01日	12月02日	12月03日	12月12日	12月13日
1层											
2层	10.2	7.8	8.9	9.1	7.6	4.9	6.0	7.2	6.5	4.8	1.9
3层	13.9	8.9	9.7	9.1	7.9	4.5	4.0	4.9	5.1	5.3	3.0
4层	21.2	21.7	21.2	21.2	22.1	21.2	17.2	13.0	9.6	7.8	6.0
5层	19.3	19.5	19.1	19.0	19.5	20.2	21.3	21.4	19.7	15.8	13.1
6层	18.3	18.4	17.8	17.6	18.0	17.7	18.0	18.6	19.5	18.8	17.3
7层	18.0	17.9	17.3	17.1	17.5	17.6	17.7	17.5	17.7	17.1	17.0
8层	17.2	17.4	16.9	17.0	17.4	17.4	17.3	17.3	17.3	16.2	15.8
9层	16.0	17.7	17.2	17.6	18.3	18.7	18.7	18.0	18.6	15.6	16.6
10层	15.3	17.3	16.7	17.0	17.5	17.3	17.0	16.8	16.6	14.3	15.1
11层	14.4	15.0	14.3	14.3	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	12.6	12.3
12层	15.5	15.7	14.9	14.7	15.0	13.9	12.9	12.1	11.7	11.8	12.0

由表 3 可以看出,随着通风时间的延长,粮温高温区域由表层逐渐转移至下层。

由表 4 可以看出,底层粮温降温效果较好,考虑为吸出式通风,垂直支风道作用效果受通风方式影响。

综上,中心管径向通风可有效降低粮温,且对中心区域降温效果显著,但需注意靠近中心管表层(3 m 左右)粮温在通风前期可能出现的发热、结露问题。

3 展 望

(1)关于浅圆仓径向通风方面,虽然已经有一些基础研究和应用试验数据,但作为近年来比较新的技术,今后还需要更多实仓应用研究,可以与内环流通风、冷风机、谷冷机等技术结合应用,总结出不同储粮生态区和不同季节、不同粮情选择径向通风及相关技术组合的适用条件,便于指导粮库实际工作,实现减损降耗保质的目标。

(2)关于保水减损方面,可利用仓内安装的加湿系统提高仓内湿度,弥补通风造成的水分损失,通常是在内环流通风作业期间运行,由内环流风机带动空气流动,合理增加仓湿,通过粮粒的吸湿作用,使粮食水分增加,抵消或者降低机械通风带来的水分损耗,实现降低损耗的目的,由此可以设想,大豆入库过程中,可在输送设备尾端安装加湿系统,落料过程即可增加随下落粮粒带入仓内的气流湿度,配合内环流设备均衡粮温和湿度,弥补储存期间呼吸产热带走的水分减量。

(3)关于新型降温技术应用方面,可以引入辐射制冷技术,辐射制冷是利用一种制冷超导材料以中红外辐射形式向外释放热量,实现零能耗降温技术,该技术通过发射特定波长(8 ~ 13 μm 范围内)不被大气吸收的辐射光谱,将热量直接穿过大气层到宇宙空间。辐射制冷技术具有节能、环保的特点,可以设想浅圆仓仓顶隔热改造上可以应用辐射制冷

材料,降低受太阳辐射引起的仓温增加量,保持仓内较为稳定的温湿度环境,实现节能减损的目的。

(4)关于新型害虫治理技术应用方面,已有研究发现,一定质量浓度范围($0.80 \sim 1.07 \text{ g/m}^3$)的臭氧离子具有显著抑菌作用,将臭氧与内环流控温技术相结合,可有效抑制书虱及螨类害虫,从而减少储粮化学药剂的使用。此外,在浅圆仓储藏进口大豆的实践中发现,夏季高温季节,当仓房湿度高于60%时,仓内极易出现书虱,且其繁殖速度极快,严重威胁储粮安全。基于此,设想开展臭氧+内环流技术在浅圆仓进口大豆储存中的应用试验,以探究该技术组合对书虱的防治效果。

(5)关于空调和内环流技术融合应用方面,已有很多平房仓储粮控温技术研究证实“空调+内环流”的组合控温技术能有效解决平房仓储粮夏季“热皮冷芯”现象,有效均衡粮温,避免秋冬季表层粮食结露,较谷冷通风和离心通风,其具有能耗较低的优势,因此对于安装空调和内环流设备的浅圆仓,也可开展这两项技术融合应用的相关研究。

(上接第 116 页)

油的习惯。而通过微信群科普信息干预可显著提高受访者对散装土榨花生油质量安全有关知识的知晓率、正性态度率和正性行为意图率。这启示我们在实际的科普和风险交流工作中,可以充分利用互联网的优势,更加全面地开展多种形式的食品安全和营养健康科普教育和交流活动,提升信息的传播效能,不断提高消费者的食品安全与健康科学素养和水平。此外,受访者的年龄、受教育程度、月平均收入、身体健康状况等因素均会对其散装土榨花生油质量安全知识知晓情况、正性态度和正性行为意图产生影响。因此,科普宣传和风险交流应更具有针对性,根据不同人群的特点和需求,开展更加具体的科普活动,积极引导受众掌握必要的科学知识,以助消费者养成更加健康的饮食习惯和生活方式。

参考文献:

- [1] 蔡天舒,卓佳青,张伟爱,等. 广东消费者对食用油和散装压榨食用油认知与消费行为的调查研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(9): 104–108.
- [2] QIN M, LIANG J, YANG D, et al. Spatial analysis of dietary exposure of aflatoxins in peanuts and peanut oil in different areas of China[J/OL]. Food Res Int, 2021, 140: 109899[2024-04-02]. [https://doi.org/10.1016/j.](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109899)

参考文献:

- [1] 李杰,宋春芳,杨东,等. 浅圆仓控温技术的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(11): 288–296.
- [2] 申志成,陈建军,邱辉,等. 浅圆仓径向通风与常规通风技术对比分析[J]. 粮油仓储科技通讯, 2021, 37(5): 13–18.
- [3] 杜雅荣,刘霞,李喜宏,等. 低温储藏大豆对其所制豆浆腥味物质调控效应研究[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(10): 20–25.
- [4] 张金刚,王若兰. 河南地区不同储粮控温技术应用研究[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(8): 72–77.
- [5] 张慧民,马国平,李国彬,等. 浅圆仓进口大豆单管风机内环流控温试验[J]. 粮油仓储科技通讯, 2022, 38(4): 8–10.
- [6] 韩冰,刘建岭,杨堃,等. 内环流控温技术的运用对粮堆生态系统的影响研究[J]. 现代食品, 2022, 28(14): 7–10.
- [7] 张修霖. 浅圆仓径向通风降温实验研究与数值模拟[D]. 济南: 山东建筑大学, 2021.

foodres. 2020. 109899.

- [3] 王燕燕,陈坤才,刘于飞,等. 广州市小作坊生产散装土榨花生油黄曲霉毒素 B_1 污染状况及暴露评估[J]. 华南预防医学, 2023, 49(2): 132–136.
- [4] 杨朝慧,吴炜亮,张朵,等. 2015—2020 年我国食用植物油质量安全风险因素分析[J]. 中国油脂, 2021, 46(12): 69–78.
- [5] 张威,张文中,郭平,等. 食用油中黄曲霉毒素 B_1 快速检测试纸的评价[J]. 食品科学, 2020, 41(12): 326–331.
- [6] BUTLER W H. Review of the toxicology of aflatoxin[J]. Contr Mycotoxins, 1973, 35(3): 217–222.
- [7] LIU Y, CHANG C H, MARSH G M, et al. Population attributable risk of aflatoxin – related liver cancer: Systematic review and meta – analysis[J]. Eur J Cancer, 2012, 48(14): 2125–2136.
- [8] VO T H, LE N H, LE A T N, et al. Knowledge, attitudes, practices and training needs of food – handlers in large canteens in Southern Vietnam[J]. Food Control, 2015, 57: 190–194.
- [9] 王唯彤,陈叙汐,王贺,等. 食品安全相关人群食品安全知识、态度和行为横断面调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(1): 58–64.