

华南地区浅圆仓“气调储粮+平衡气囊”技术应用效果研究

潘柏西 王欢紫 彭灿杰 周小坚 郭桂新 陈伟
广东省储备粮管理集团有限公司东莞直属库

DOI:10.32629/as.v9i4.3917

[摘要] 平衡气囊作为一种压力调节装置,能自动调节仓房内部的压力,维持仓内外气流稳定。研究表明,在华南地区气密性较高的浅圆仓中应用平衡气囊,可有效缓解因仓房“自呼吸”作用在仓门、通风口等孔洞部位形成的气调杀虫死角,促进氮气均匀分布。此外,该装置还可以显著改善气调储粮氮气浓度的维持效果,延长有效浓度维持时间,从而大幅降低气调作业成本,为推进绿色储粮、实现节能降耗与成本控制提供技术支持和数据基础。

[关键词] 绿色储粮; 平衡气囊; 气调储粮死角; 仓内压力调节; 节能降耗

中图分类号: TU267+.1 文献标识码: A

Study on the Application Effect of "Gas-Regulated Grain Storage + Balanced Airbag" Technology in Shallow Circular Silos in South China

Baixi Pan Huanzi Wang Canjie Peng Xiaojian Zhou Guixin Guo Wei Chen

Dongguan Direct Warehouse of Guangdong Grain Reserve Management Group Co., Ltd

[Abstract] As a pressure regulating device, the balance airbag can automatically adjust the pressure inside the warehouse and maintain stable airflow inside and outside the warehouse. Research has shown that the application of balanced airbags in shallow circular warehouses with high air tightness in southern China can effectively alleviate the dead corners caused by the "self breathing" effect of the warehouse on the doors, ventilation openings, and other holes, and promote the uniform distribution of nitrogen gas. In addition, the device can significantly improve the maintenance effect of nitrogen concentration in controlled atmosphere grain storage, prolong the effective concentration maintenance time, thereby significantly reducing the cost of controlled atmosphere operation, and providing technical support and data basis for promoting green grain storage, achieving energy conservation and cost control.

[Key words] Green grain storage; Balance airbag; Blind spots in controlled atmosphere grain storage; Pressure regulation inside the warehouse; energy conservation and consumption reduction

气调储粮^[1]是指通过向粮堆中充入高浓度的氮气,以实现杀虫或抑制害虫与微生物生长的储粮技术,是当今应用最广泛、最成熟的绿色储粮技术^[2]。近年来,气调储粮技术在仓储管理中应用广泛,与传统的化学熏蒸方法相比,具有绿色环保、成本较低的显著优势^[3]。在华南地区气密性较好的浅圆仓中,气调储粮技术展现出充气与补气效率高、气调效果好且成本较低的特点^[4]。我库浅圆仓已实现全面应用气调储粮技术,但由于仓房体积大,加之受华南地区气温波动影响,在仓房体积不变的情况下,仓内外压强随之变化,导致气体交换频繁^[5]。因此,仓房孔洞位置浓度下降速度较快,致使害虫反复滋生,气调补气频次增加,气调成效下降,技术应用受到限制。

平衡气囊作为一种仓内压力调节装置,可在粮仓内部压力变化时自动调整,维持内部气体环境稳定^[6]。本研究通过在仓房

通风口安装平衡气囊,系统探究在气调储粮周期内对仓房孔洞及整仓氮气浓度维持效果的影响,达到延长氮气浓度维持时间、减少补气次数的目的,后续在多个仓房进行技术推广,进一步验证其应用效果,为“气调储粮+平衡气囊”集成技术的优化与推广提供数据支撑与实践依据。

1 材料与方法

1.1 初探试验

1.1.1 试验及对照仓房

选取我库Q42仓作为试验仓房,Q41仓作为对照仓房,粮设计仓容20000吨,仓房体积30071m³,装粮线高度为41.0m,内径29m,仓顶配有4个自然通风口、4个机械通风口。Q41和Q42仓内均散储小麦20000吨,其中试验仓Q42粮堆高度37.1m,粮堆体积24492m³,仓内空间体积5579m³。

1.1.2 仓房气密检测

采用压力衰减试验法(从500Pa降到250Pa)进行气密性检测。

表1 试验仓和对照仓气密情况

仓房	半衰期/s	检测时间
Q42	3168	2023.08
Q42	3012	2024.09
Q41	3639	2024.07

1.1.3 试验设备

制氮机组: 制氮方式为变压吸附, 配套空压机功率为75kw, 产气量约350 Nm³·h⁻¹, 氮气出口浓度 99.5%。

气调浓度检测点检测设备: 量程79.00%~99.99%。

无线氮气浓度检测设备: 彭云物联S21A7远程检测仪。

压力检测监控设备: 气调系统一体的仓压自动检测系统。

无线温度检测设备: 彭云物联S11A环境检测仪。

1.1.4 气囊设计及制作

通过理想气体状态方程PV=nRT, 得出气囊充分鼓起时的体积约为144.3m³。采用聚乙烯材质制作, 气囊长20m、宽3m, 呈袋状, 并通过一个长8m、直径67cm的圆筒薄膜连接至仓顶通风口。在仓顶通风口管内安装密封槽, 通过压紧胶条使调节气囊固定。

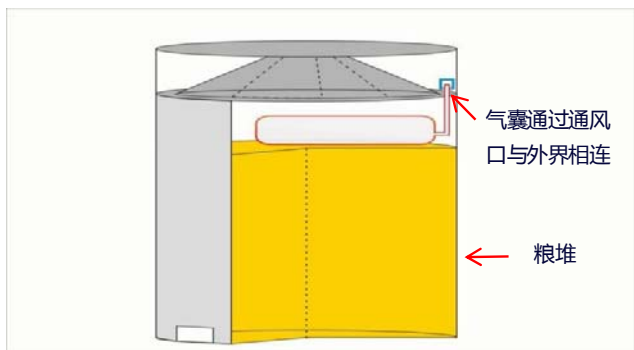


图1 气囊在仓内安装示意图

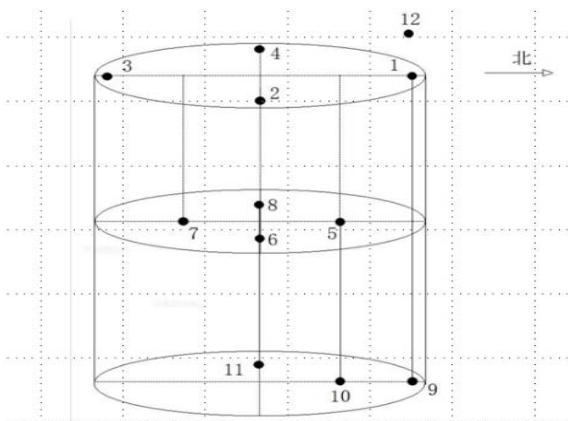


图2 整仓氮气检测点示意图

1.1.5 仓门检测点位置

在两仓仓门处均放置无线测压、测氮装置。

1.1.6 整仓氮气检测点分布

整仓共设置12个氮气检测点, 粮堆内部11个, 仓内空间(通风口孔洞)1个, 均为系统自动检测, 自动检测时间为每日上午9时。

具体位置: 1、2、3、4号点位于距仓壁2米粮堆表层深2米处; 5、6、7、8号点位于粮堆中层, 距仓壁7米(半径中); 9、10、11号点位于粮堆底层, 且分别与1、5、8号点纵向重合; 12号点位于仓内空间。

1.1.7 平衡气囊对仓房孔洞氮气浓度的作用

Q41、Q42(实验仓)为两座相邻仓房, 仓门位置、日晒方向等环境因素均一致, 均进行整仓充氮气, 全天候监测仓门点的压力和浓度变化, 对比分析气调周期内各仓孔洞的压力变化和氮气浓度变化。

1.1.8 平衡气囊对整仓平衡气调浓度和气调效果的作用

实验仓Q42布设上年同期同位置的氮气检测点并采取同样的气调方式进行整仓充氮气调, 在仓内空间增设无线测压装置监测仓压变化, 与上年气调作业效果对比分析平衡气囊对均衡仓内氮气浓度和提高气调效果的作用。

1.2 应用实验

1.2.1 实验仓房

实验仓房见下表2。

表2 试验仓房情况

仓号	品种	数量(t)	气密性(s)	仓房体积(m ³)	气调方式	气调时间
Q9	玉米	10480.44	1356	15790	下充上排	2025.1.21
Q27	稻谷	7850	1807	15054	下充上排	2025.3.13
Q31	小麦	20000	3230	30071	下充上排	2025.6.9
Q37	小麦	20000	2166	30071	上充下排	2025.3.13
Q42	小麦	20000	3012	30071	下充上排	2024.9.5
Q51	小麦	20000	5326	30071	下充上排	2025.4.25

1.2.2 实验设备

同1.1.3和1.1.4。

1.2.3 应用“气调储粮+平衡气囊”整仓氮气浓度维持分析
对已安装平衡气囊的实验仓房进行整仓充氮气调, 与上次未安装平衡气囊的同个仓房气调作业情况对比分析安装平衡气囊对均衡仓内氮气浓度分布和有效浓度维持时间的影响。

1.2.4 应用“气调储粮+平衡气囊”年均气调成本分析

对已安装平衡气囊的实验仓房进行整仓充氮气调, 与上次未安装平衡气囊的同个仓房气调作业情况对比分析安装平衡气囊对年均气调成本的影响。

2 结果与讨论

2.1 压力与温度的变化情况

如图3所示,两仓仓内压力均受气温影响较大,随着气温升高,仓内压力呈滞后上升趋势;当气温降低时,压力呈滞后下降趋势。其中Q41仓仓内压力变化幅度较大,范围在-90~80Pa,安装气囊的Q42仓仓内压力变化幅度较小,范围在-16~47Pa。

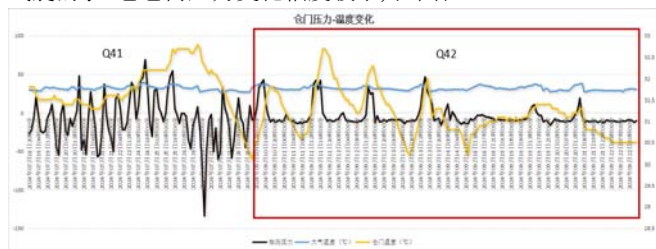


图3 仓门压力-温度变化图

2.2初探平衡气囊对仓房孔洞氮气浓度的作用

如图4所示, Q41仓随着仓内压力起伏,氮气浓度最低为83.8%,最大幅度差值为15%。安装气囊的Q42仓仓内压力变化幅度明显收窄,氮气浓度变化范围也随之减缓,最低为92.1%,最大幅度差值仅为6%,这表明气囊对缓解内外压差变化、维持仓内气压稳定具有积极作用。

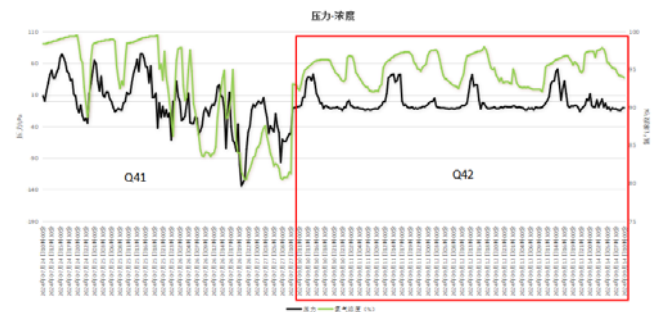


图4 仓门压力-浓度关系图

2.3初探平衡气囊对整仓均衡气调浓度和气调效果的作用

如图5所示,在未安装平衡气囊阶段,该仓首次气调作业中氮气浓度维持在98%以上的时长仅为10天;在安装平衡气囊后,该仓首次气调作业中氮气浓度维持在98%以上的时长延长至29天,一次充气便成功达到设定目标浓度维持天数,不再补气,节约气调成本约8000元,且安装气囊后整仓氮气分布较为均匀,下降幅度明显减缓,有效提高了气调储粮应用效果。

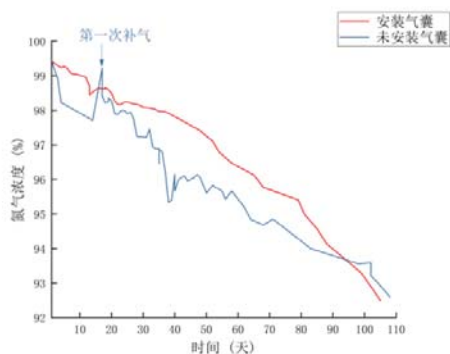


图5 Q42仓气调浓度曲线图

2.4应用“气调储粮+平衡气囊”整仓氮气浓度维持分析

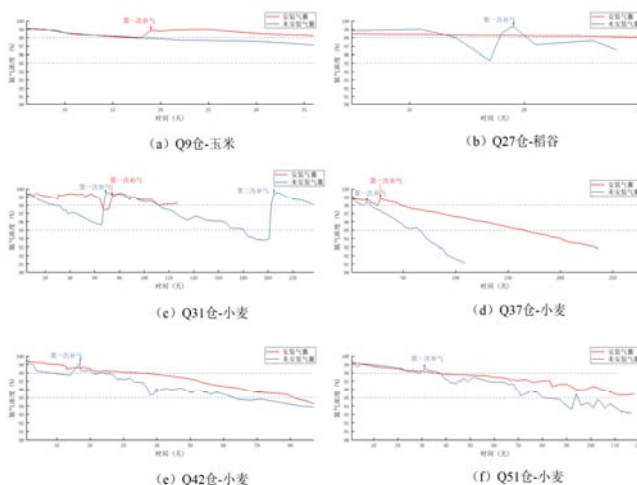


图6 安装平衡气囊前后气调浓度曲线

如图6所示,安装平衡气囊后氮气下降速度显著延缓,有效浓度在98%以上维持时间均高于未安装气囊时的气调维持时间,最大提高率达190%。Q9仓98%以上氮气浓度维持时长从16天延长至19天、Q27仓从19天延长至45天、Q31仓从30天延长至68天、Q37仓从11天延长至23天、Q42仓从10天延长至29天、Q51仓从29天延长至36天。此外Q37仓95%以上氮气浓度维持时长从64天延长至162天、Q42仓从63天延长至81天、Q51仓从79天延长至124天。

2.5应用“气调储粮+平衡气囊”年均气调成本分析

表3 未安装平衡气囊年度气调作业情况

序号	基本信息		气调时间	充气次数	补气次数	年吨粮成本(元/吨)
	仓号	粮食品种				
1	Q9	玉米	2023-11-04	1	0	1.74
			2023-06-07	1	0	
			2023-03-02	1	0	
2	Q27	稻谷	2025-11-3	1	1	0.95
3	Q31	小麦	2024-09-29	1	2	0.90
4	Q37	小麦	2024-05-31	1	1	0.65
5	Q42	小麦	2023-12-05	1	1	1.26
			2023-04-11	1	1	
6	Q51	小麦	2024-05-30	1	1	0.57

表4 安装平衡气囊后年度气调作业情况

序号	基本信息		气调时间	充气次数	补气次数	年吨粮成本(元/吨)
	仓号	粮食品种				
1	Q9	玉米	2025-01-21	1	1	1.52
			2025-09-12	1	1	
2	Q27	稻谷	2025-03-13	1	1	0.73
3	Q31	小麦	2025-06-09	1	1	0.43
4	Q37	小麦	2025-03-13	1	1	0.62
5	Q42	小麦	2024-09-05	1	0	0.38
6	Q51	小麦	2025-04-25	1	0	0.50

如表3和表4所示,安装气囊后,Q9玉米仓气调周期从一年3次降为一年2次,年吨粮成本从1.74元/吨降至1.52元/吨;Q27稻谷仓吨粮成本从0.95元/吨降至0.73元/吨;Q31小麦仓气调作业从一年1次充气2次补气降为一年1次充气1次补气,年吨粮成本从0.90元/吨降至0.43元/吨;Q37小麦仓安装气囊前后均为一

年1次充气1次补气,但年吨粮成本从0.75元/吨降至0.62元/吨;Q42小麦仓气调周期从一年2次降为一年1次,未再补气,年吨粮成本从1.26元/吨降至0.38元/吨;Q51小麦仓气调作业从一年1次充气1次补气降为一年1次充气,未再补气,年吨粮成本从0.57元/吨降至0.50元/吨。

综上,安装气囊后小麦仓的节能降耗效果最显著,玉米、稻谷仓因受储粮控温策略影响常进行谷冷作业,但安装气囊后气调成本仍然有所下降。表明“气调储粮+平衡气囊”技术在经济性、稳定性与节能性方面均表现出积极效果,具备良好的推广应用价值。

3 总结与讨论

(1) 仓内压力会随着气温的起伏而波动,高温时仓房呈正压,低温时仓房呈负压。从实际的应用情况来看,仓房的气密性只是代表了该仓的整体情况,在仓门、通风口等仓房孔洞位置因仓内压力的波动,长期会处于低浓度水平,达不到气调杀虫效果。安装平衡气囊后能显著降低仓内压力变化幅度,有效调节压差,减缓仓门、通风口等孔洞位置氮气的下降,保障气调储粮的杀虫效果。

(2) “气调储粮+平衡气囊”的技术应用使整仓气调浓度分布更加均匀,有效延长了气调储粮有效浓度的维持时间,减少补气次数,气密性较高仓房基本上一次充气便可达到设定有效浓度天数,进一步提高了气调储粮的应用效果,大幅降低了气调作业能耗和成本。

(3) 从全年的气调情况来看,“气调储粮+平衡气囊”的技术应用除了有效延长了整仓氮气杀虫高浓度(98%以上)维持时间的同时^[7],也有效延长了整仓防虫浓度(95%以上)维持时间^[8],

气密性较好仓房95%以上浓度维持时间长达5个月,具备高效防虫效果。从企业应用气调储粮技术吨粮成本上看,安装平衡气囊后能有效降低气调储粮成本,且整体年均气调作业可从原来一年2~4次降低至一年1~2次,小麦仓房基本上可以实现一年1次气调作业,成功减少企业全年气调作业次数,大幅降低企业的气调储粮的应用成本,为绿色储粮、节能降耗提供了有力支撑。

[参考文献]

- [1]张灿.充氮气调防治储粮害虫试验分析[J].农业技术与装备,2018(7):12-13.
- [2]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,2015,23(S1):11-14.
- [3]李松伟,项宽宽,李宗权,等.氮气储粮技术应用现状与展望[J].粮食科技与经济,2025,50(S1):58-61.
- [4]姚亚东,李松伟,张爱强,等.华南地区高大浅圆仓气调储粮综合应用[J].现代食品,2023,29(24):1-6+13.
- [5]赵磊,潘柏西,李松伟,等.通风口调节气囊在大直径浅圆仓中的应用[J].粮食储藏,2021,50(04):25-28+34.
- [6]夏永刚,邓广牒,李汉宏,等.“呼吸气囊”调节大直径筒仓内外压差的应用研究[J].粮食储藏,2025,54(04):47-53.
- [7]何岩,骆红彬,程德军,等.浅析浅圆仓氮气的浓度维持[J].黑龙江粮食,2023,(02):52-54.
- [8]卢佐昌,荣华生,吕旭,等.充氮气调防治储粮害虫试验[J].粮油仓储科技通讯,2016,32(04):39-40+43.

作者简介:

潘柏西(1996--),男,汉族,海南文昌人,本科,食品安全工程助理工程师,研究方向为粮食储藏、绿色储粮技术应用等。