

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.04.027

姚渠, 张忠杰, 尹君, 等. 气膜钢筋混凝土球形仓小麦储藏品质的分析研究[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(4): 199-205.

YAO Q, ZHANG Z J, YIN J, et al. Research on storage quality of wheat in air-film reinforced concrete spherical silo[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(4): 199-205.

气膜钢筋混凝土球形仓小麦储藏品质的分析研究

姚渠¹, 张忠杰¹, 尹君¹, 李彦伟²(1. 国家粮食和物资储备局科学研究院 粮食储运研究所, 北京 100037;
2. 山西天舍建筑工程有限公司, 山西 太原 030006)

摘要: 为研究新仓型气膜钢筋混凝土球形仓(以下简称“气膜球形仓”)的实仓储粮效果,以我国首座气膜球形仓为研究对象,小麦储粮粮堆为研究目标,对粮温、虫霉害、质量、品质、毒素等指标进行了分析。结果表明,储藏周期内,小麦粮堆无虫害、无霉变,各项品质指标均处于宜存标准内,粮情稳定,质量良好,气膜球形仓是一种适合粮食保质安全储藏的新型仓型。

关键词: 气膜球形仓; 储藏品质; 小麦; 虫霉; 粮温

中图分类号: S379 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)04-0199-07

Research on Storage Quality of Wheat in Air-film Reinforced Concrete Spherical Silo

YAO Qu¹, ZHANG Zhong-jie¹, YIN Jun¹, LI Yan-wei²

(1. Institute of Grain Storage and Logistics, Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China; 2. Shanxi Tian she Construction Engineering Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi 030006, China)

Abstract: The air-film reinforced concrete spherical silo (hereinafter referred to as the air-film spherical silo) is a new type of storage structure. In order to explore the effect of the air-film spherical silo, the paper takes the first air-film spherical silo in China as a research object, and takes the wheat grain pile as the research target. The grain temperature quality, quality index, toxin and other indicators were tested and analyzed. The results showed that, during the grain storage process, the wheat grain heap in the air film spherical silo had no pests, no mildew, and all quality indicators met the suitable storage standard. The grain situation was stable and the quality was good, the air-film spherical silo is a new type of warehouse suitable for grain quality and safe storage.

Key words: air-film reinforced concrete spherical silo; grain storage quality; wheat; grain temperature; toxin

现气膜钢筋混凝土储仓结构形式广泛应用于物料仓储、冷库、大型文体中心及办公场馆等,

尤其是在煤炭行业,被视为用料最省、稳定性能最好、容积最大的一种结构^[1-2]。近些年,为缓解我国粮食仓容不足的压力,逐渐将这种新型的仓储结构形式引用到粮食储藏领域,与传统结构相比,具有构建灵活,建设周期短,造价经济、机械化程度高,且占地面积小等优点^[3]。在这种仓

收稿日期: 2022-02-09

基金项目: 院企合作项目(H20051)

Supported by: College-enterprise Cooperation Projects(No. H20051)

作者简介: 姚渠,女,1984年出生,硕士,助理研究员,研究方向为粮食储藏与干燥。E-mail: yq@ags.ac.cn.

型结构的基础上, 经过专家综合论证, 并结合我国粮食仓储设计规范和储粮技术及工艺技术的具体要求, 根据我国粮食仓库建设标准, 建成了我国首座气膜式钢筋混凝土球形粮仓。

在我国, 粮食安全始终是关系国民经济发展, 社会稳定和国家自立的全局性战略问题。确保粮食安全, 不仅是实现国民经济又好又快发展的基础, 而且是促进社会稳定和谐的重要保障, 同时还是确保国家安全的战略基础^[4]。粮食储藏品质是粮食质量安全的主要。而储藏品质的变化又是粮堆这个复杂的生态系统各因素之间相互作用又相互影响的结果。如研究发现, 小麦水分变化与小麦堆内微生物的繁殖活动、储藏环境的变化均相关, 也是影响小麦储藏稳定性的重要因素^[5]; 在是以的储藏条件下, 小麦的杂质增多会增加霉菌携带量, 加速小麦品质劣变^[6]; 面筋吸水量是现行小麦储存品质控制的重要指标, 一般小麦面筋含量越多, 吸水率越高, 品质越好^[7]; 小麦主要受脱氧雪腐镰刀菌烯醇和玉米赤霉烯酮的污染严重, 粮食真菌毒素污染给人体健康带来巨大威胁^[8]。

气膜球形仓作为仓储新仓型投入应用后, 其储粮品质一直是粮食行业工作者关注的重点内容。本研究以我国首座储粮球形仓为例, 在小麦储存两年零六个月后, 对粮面下 2 m 内的小麦样品进行了质量、品质、毒素等指标的检测和分析, 同时观察了整个储粮周期内粮温、虫霉害等的变化规律。对气膜球形仓小麦储藏品质变化等提供理论支持, 以期对气膜球形仓日常科学储粮提供参考依据。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

我国首座储粮球形仓建在山西太原某粮库, 隶属于我国第四“中温干燥”储粮区, 其仓体直径为 32.00 m, 仓高 30.45 m, 储粮高度为 18.50 m, 仓体壁厚 0.25 m, 仓体的外壁采用 PVC 薄膜, 既可防水又可有效反射太阳光; 仓壁膜内喷涂 5~10 cm 发泡聚氨酯, 其具备良好的隔热保温及对防水性能, 可有效减少仓外环境湿热变化对仓内温湿度的影响; 仓地面构造采取 SBS 改性沥青防水卷材, 作为防潮处理; 总体达到粮仓高防水防

潮、良好的气密隔热保温的性能要求。

该气膜球形仓具备了粮食接收发放工艺和储藏工艺(采用粮情测控、机械通风、环流熏蒸、冷却通风、内环流均温通风、氮气气调等储粮集成技术和装备)的主要功能。存储为河南产的混合小麦, 小麦入仓时质量情况如表 1 所示。

表 1 小麦入仓质量和品质指标

Table 1 The quality indicators of wheat storage

色泽、数量/ 气味	容重/ 万 t	容重/ (g/L)	水分/%	杂质/%	不完善 粒/%	面筋吸 水量/%	品尝评 分值/分
正常	1.25	832	12.0	0.83	4.6	202.35	77.90

该仓从 2014 年 10 月分批次压仓入粮, 2015 年 12 月份完成全仓入粮, 经过三年储藏后, 于 2019 年 3 月完成出粮。储藏期间未使用化学药剂熏蒸; 分别于 2015 年 12 月与 2018 年 1 月进行了机械通风均衡粮温。

1.2 研究方法

通过检测小麦存储的期间的水分、色泽、气味、口味、杂质、不完善粒、容重、品尝评分值、面筋吸水量、硬度指数、苯并(a)芘、真菌毒素等指标, 根据《小麦存储品质判定标准》^[9]判断小麦在气膜球形仓内的储藏品质变化情况。

1.3 数据分析

数据采用 Excel 2010 和 DPSv 7.05 软件进行处理和统计分析。

2 测量指标和方法

2.1 样品采集

根据《粮食、油料检验 扦样、分样法》^[10]的扦样要求, 如图 1 所示, 对气膜球形仓粮面下 0.3、0.5、1、1.5、2 m 处, 在中心点、东南西北径向 8、15、15.7 m 处分别取样, 共扦取 65 个单个样样品。

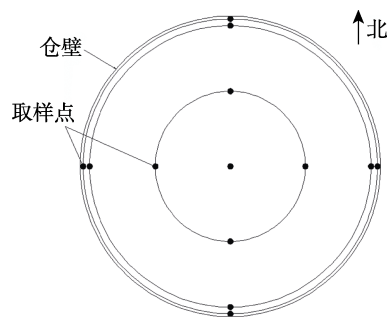


图 1 取样点图

Fig.1 Schematic of sampling point

各取样点扦取样品2次,每次扦取2 500 g样品并扦取到的样品充分混合均匀成1个集合样品,共对66个样品进行了检测。

2.2 温度检测

通过仓内布置的温度传感器监测粮堆各检测点的实时温度值,每天监测粮温、每周记录一次数据,通风期间,每天检测并记录一次数据。

2.3 虫霉筛查

小麦在储存期间每周定期进仓检查霉变情况,并使用虫筛检查害虫情况,每次筛虫点不少于10个。同时使用探管诱捕器、波纹板害虫诱捕器、粘虫板等检查害虫情况。

2.4 测量指标及方法

2.4.1 水分测定

水分按 GB5009.3—2016 方法测定^[11]。

2.4.2 色泽、气味、口味

色泽、气味、口味鉴定按 GB/T5492—2008 方法测定^[12]。

2.4.3 杂质、不完善粒

杂质、不完善粒检验按 GB/T5494—2008 方法测定^[13]。

2.4.4 容重

容重按 GB/T5498—2013 方法测定^[14]。

2.4.5 面筋吸水量

面筋吸水量按 GB/T 5506.4—2008 方法测定^[15]。

2.4.6 品尝评分值

品尝评分值按 GB/T20571—2006 方法测定^[9]。

2.4.7 硬度指数

硬度指数按 GB/T21304—2007 方法测定^[16]。

2.4.8 苯并(a)芘指标

苯并(a)芘指标按 GB/T5009.27—2016 方法测定^[17]。

2.4.9 真菌毒素限量指标

真菌毒素按 LS/T6133—2018 方法测定^[18]。

2.4 数据结果

实验结果误差不超过0.2%,取平均值作为样品的检测结果,检测结果取小数点后两位。

3 结果与分析

3.1 小麦质量指标

小麦质量筛查结果如表2所示。

表2 小麦质量指标

Table 2 The quality indicators of wheat

色泽、 气味	热损伤 粒/%	霉变率	容重/ (g/L)	水分/%	杂质/%	不完善 粒/%	硬度 指数
正常	0.5	0	800	11.7	0.9	4.6	67.2

由表2可知,小麦质量指标均在正常范围内;与原粮相比,各项质量指标未发现显著性差异。

3.2 小麦粮温

经温度传感器监测显示,整个小麦粮堆一直保持在较低温的状态下,即年平均粮温在5~0℃。夏季随环境温度升高,在8月下旬,在仓正西向小麦粮堆温度出现最高值,即为24℃。

3.3 小麦水分

粮食水分直接影响着粮食的安全储存,任何形式的水分增加都有可能引起粮堆内部有害群体的生长、爆发,水分的变化能很好地反映出储藏方式、储藏环境对小麦品质的影响。根据单个样品的检测结果,对样品的水分含量分析结果如图2所示。

由图2分析可知,考虑到检测误差等影响,仓内小麦水分均匀、稳定,无明显变化,粮堆内部无水分迁移、结露等现象发生;从日常保管方面分析,在整个储粮周期内全仓平均粮温变化幅度较小,仓内小麦水分未产生转移,也未发生仓内因水分变化而产生的粮堆发热、发霉等现象。说明在整个储藏周期内小麦粮情处于稳定状态。

3.4 杂质含量

众所周知,小麦入仓时的落点不同,杂质含量及分布也不尽相同,杂质主要是通过其携带的微生物在一定条件下生长繁殖产生危害影响储藏品质。由图3可知南北方向的部分区域出现微量的杂质聚集,在实际入仓时,采用了南北方向的扶壁折板辅助入粮。所以,为增加粮食储藏的稳定性,减轻或避免储藏过程中杂质的危害,我国《粮油储藏技术规范》^[19],限定了粮食入仓时的杂质含量。其中为缓解入仓时粮食杂质的自动分级现象,也应随时改变粮食落点,必要时可采取人为清扫杂质等相应措施。对高储粮粮堆的气膜球形仓而言,入仓时除采用南北方向扶壁折板外,还可考虑增加东西方向及其他方向的扶壁折板或其他入粮辅助设备减少籽粒破碎,并尽量采取多点入粮,或在入仓前尽可能地将杂质筛除干净。

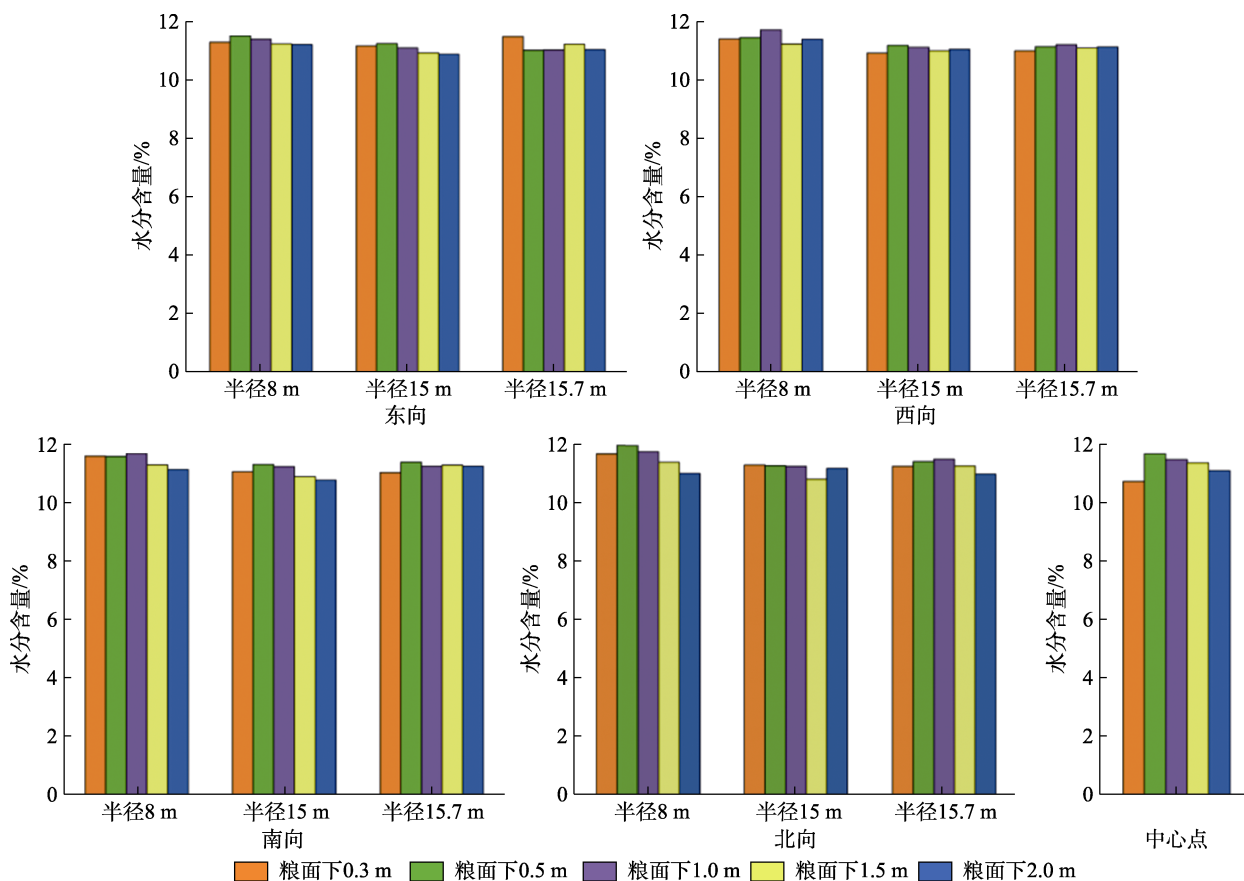


图 2 各取样点水分含量

Fig.2 Moisture content of each sampling point

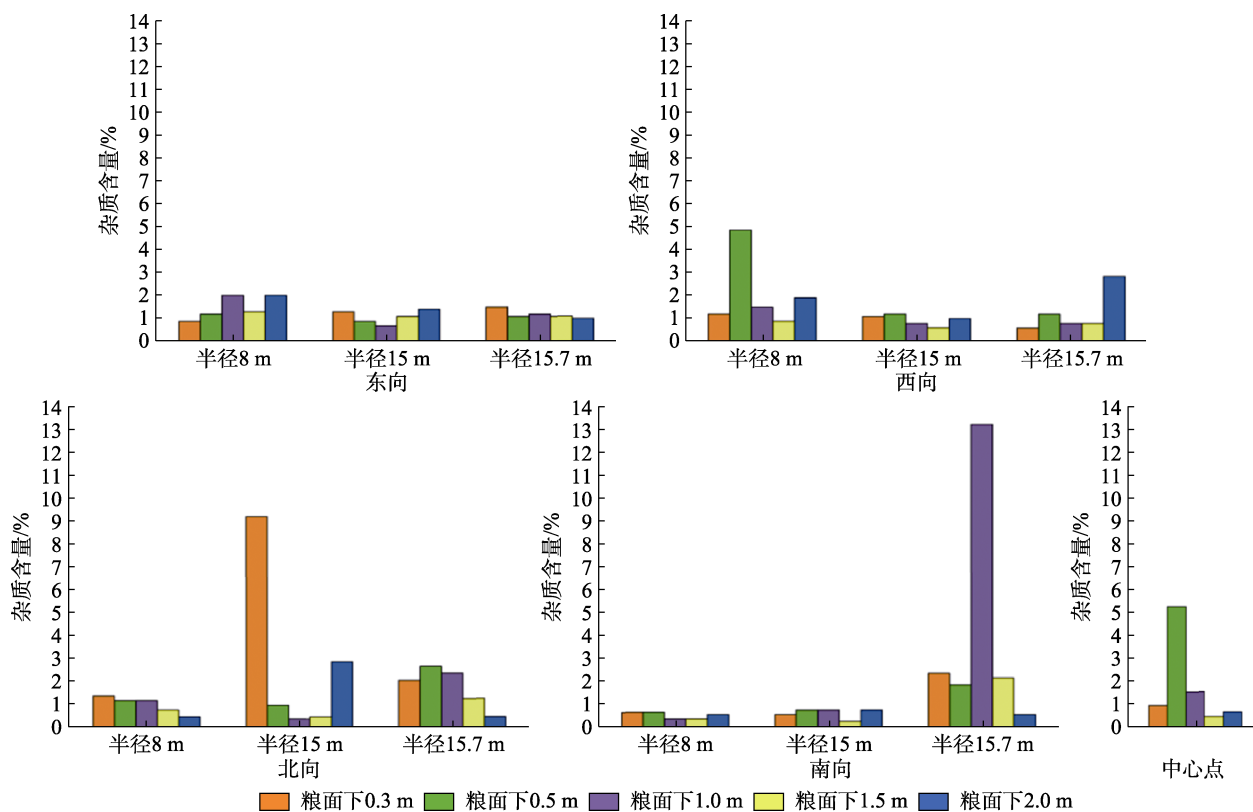


图 3 各取样点的杂质含量

Fig.3 Impurity of each sampling point

3.5 虫霉情况

有研究表明,高储粮粮堆的虫霉害多发生于粮堆表层和仓壁部位^[19],通过定期对粮堆进行虫霉害筛查,在粮堆表层和仓壁偶见少数的麦蛾、印度古螟的成虫及幼虫,未见其他害虫及霉变的发生。

气膜球形仓设置有环流熏蒸系统,但在整个储粮过程中未使用也未投放储粮杀虫剂。这是由于气膜球形仓隔热保温效果良好,平均粮温常年处于较低温度下,粮堆无发热和大量杂质聚集的现象,也减少了因局部发热引起的结露、霉变及虫害的隐患。

3.6 小麦品质

面筋吸水量不但能反映小麦蛋白质的含量,还能反映蛋白质质量和保水能力,是小麦储存过程中品质控制的重要指标,所以小麦面筋吸水量的变化可以反映小麦品质的变化,它还与储藏时

间的长短密切相关;品尝评分值是小麦品质指标的综合评定值,它与色泽、气味及面筋吸水量共同组成小麦储存品质的判定项目。

依据《小麦储存品质判定规则》,小麦储存品质可以划分为三种:一、宜存;二、轻度不宜存;三、重度不宜存^[9]。结合样品的检测结果值,对面筋吸水量、品尝评分值进行了统计,如表 3 所示,小麦的品质指标均符合宜存标准,但是经过将近三年的存储,粮面下 2 m 内的小麦品质指标面筋吸水量、品尝评分值与原粮相比略有下降,这也印证了小麦的储存品质受存储时间的影响。

由于粮面下 0~50 cm 及距仓壁 0~30 cm 范围内受外界环境影响最大,储粮品质也极易发生恶变。但从表 3 可知,粮面下 2 m 内,小麦品质指标均无明显差异。从表层小麦的品质结果可以推测,球形仓良好的隔热保温防水性能,有效抑制了外界不良环境对粮堆的影响,确保了储粮品质。

表 3 小麦储存品质指标的检测结果统计
Table 3 Statistics of storage quality indexes of wheat

项目	距仓壁 8.0 m			距仓壁 1.0 m			距仓壁 0.3 m			平均值/分	
	面筋吸水量/%	品尝评分值/分	色泽、气味	面筋吸水量/%	品尝评分值/分	色泽、气味	面筋吸水量/%	品尝评分值/分	色泽、气味	面筋吸水量/%	品尝评分值/分
距粮面 0.3 m	200.31	74.00	正常	189.54	74.00	正常	201.71	74.25	正常	197.19	74.08
距粮面 0.5 m	198.58	74.50	正常	196.08	74.75	正常	188.31	74.25	正常	194.32	74.50
距粮面 1.0 m	200.03	74.00	正常	197.97	75.00	正常	196.97	72.50	正常	198.32	73.83
距粮面 1.5 m	196.20	74.75	正常	201.15	73.00	正常	198.91	73.00	正常	198.75	73.58
距粮面 2.0 m	199.40	74.50	正常	194.23	75.75	正常	197.06	73.75	正常	196.90	74.67
平均值/分	198.90	74.35	正常	195.79	74.50	正常	196.59	73.55	正常		

3.7 苯并芘及真菌毒素限量指标

真菌毒素是真菌在生长繁殖过程中产生的次生有毒代谢产物。小麦储藏过程中也会受到不同种类真菌的污染,产生较多种类的真菌毒素,常见的有黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮、呕吐毒素、赭曲霉毒素等,因此,储存期间真菌的侵袭,也是影响存储小麦品质劣变的原因之一。

由于夏季日晒较长,午后阳光照耀的仓体会吸收部分热量,入夜后再将热量散发出来,增加西南两侧粮堆温度,为微生物及真菌的生长提供有利条件,进而影响储粮品质,本研究特地对正南向及西向靠近仓壁侧样品及集合样品进行了致癌物苯并芘及真菌毒素(黄曲霉毒素 B1(AFB1)、

黄曲霉毒素 B2(AFB2)、黄曲霉毒素 G1(AFG1)、黄曲霉毒素 G2(AFG2)、玉米赤霉烯酮(ZEN)、呕吐毒素(DON)、赭曲霉毒素 A(OTA))的检测,以检验储粮环境对储粮品质的影响,结果如表 4 所示。

从表 4 可知,检测真菌毒素及苯并芘含量均在限量指标内,其中 AFG1、ZEN、OTA 均未检出;AFB1、AFG2 在不同位置有极少量的检出,数值极小,在此忽略不计;DON、AFB2、苯并芘等虽均有检出,但其检出值也均远小于限量指标值,在此也忽略不计。但在正南向距仓壁 0.3 m,距粮面 1.5 m, DON 的检出量为 849.4 ug/kg,仅次于其限量指标 1 000 ug/kg,再结合本文 3.4 节

表 4 小麦粮堆不同取样点的真菌毒素和苯并芘含量

Table 4 Fungal toxin and benzopyrene contents at different sampling points

样品位置	真菌毒素名称							致癌物
	AFB1/ (ug/kg)	AFB2/ (ug/kg)	AFG1/ (ug/kg)	AFG2/ (ug/kg)	ZEN/ (ug/kg)	DON/ (ug/kg)	OTA/ (ug/kg)	苯并芘/ (mg/kg)
正南向距仓壁 0.3 m, 距粮面 0.3 m	0.3	< 0.1	< 0.1	0.1	<6.0	391.2	<0.6	0.9
正南向距仓壁 0.3 m, 距粮面 1.5 m	0.2	1.0	0.1	0.1	<6.0	849.4	<0.6	1.0
正南向距仓壁 1 m, 距粮面 0.3 m	0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	<6.0	162.9	<0.6	0.9
正南向距仓壁 1 m, 距粮面 1.5 m	0.2	0.8	< 0.1	0.2	<6.0	103.7	<0.6	1.0
正西向距仓壁 0.3 m, 距粮面 0.3 m	0.3	0.5	< 0.1	0.1	<6.0	390.8	<0.6	0.9
正西向距仓壁 0.3 m, 距粮面 1.5 m	0.3	< 0.1	< 0.1	0.1	<6.0	307.1	<0.6	1.0
正西向距仓壁 1 m, 距粮面 0.3 m	0.3	1.1	< 0.1	<0.1	<6.0	323.4	<0.6	0.9
正西向距仓壁 1 m, 距粮面 1.5 m	0.2	1.0	< 0.1	0.1	<6.0	287	<0.6	0.9
集合样品	0.2	1.1	< 0.1	< 0.1	<6.0	256.8	<0.6	1.0

表 5 小麦真菌毒素和污染物限量指标^[21-22]

Table 5 Fungal toxins and pollutant indexes of wheat

项目	真菌毒素名称							致癌物
	AFB1/(ug/kg)	AFB2/(ug/kg)	AFG1/(ug/kg)	AFG2/(ug/kg)	ZEN/(ug/kg)	DON/(ug/kg)	OTA/(ug/kg)	苯并芘/(mg/kg)
限量指标	5.0	5.0	5.0	5.0	60	1 000	5.0	5.0

“杂质含量”的检测结果显示（如图 2 所示）可知正南向距仓壁 0.3 m 处为杂质集聚区，此处小麦籽粒表面的真菌毒素数量变化较明显，非杂质区则趋于稳定状态。而杂质聚集区的微生物生长受外界温、湿度的影响较大^[23]，因此，推测由于气膜球形仓隔热保温性能良好，虽受阳光直射最强的区域，仓内环境变化也不明显，有效抑制了真菌的生长和繁殖，未造成真菌毒素及苯并芘的污染，很好地保持储存状态稳定。

4 结论

根据小麦各项指标检测可知，小麦在球形仓内近三年的储藏，其各项指标均完全达到储藏指标要求，粮情稳定。由此说明球形仓具有良好的隔热保温性能，能有效抑制害虫繁殖活动，确保储粮品质。能够做到在一个储粮周期内采用两次降温通风，不使用化学药剂熏蒸也能安全度夏。

气膜球形仓属于高储粮堆仓型，对下层取样存在困难。本研究在针对质量、品质、毒素等指标进行探讨的过程中，所采用的样品皆为人工可扦样区域采集的样但因样品数量有限，需增加样品数量和检测频率，以提高气膜球形仓储藏小麦期间相应指标变化规律研究以准确性。

参考文献：

- [1] 吴灵宇, 徐高翔, 邱国志. 某气膜钢筋混凝土筒仓结构设计分析[J]. 水泥技术, 2020, (4): 31-37.
WU L Y, XU G X, QIU G Z. Design and analysis of a reinforced concrete silo using inflated forms[J]. cement technology, 2020, (4): 31-37.
- [2] 郭云, 王兆明, 刘云庆, 等. 气膜钢筋混凝土储仓及其在水泥行业的应用现状[J]. 水泥技术, 2019, (5): 28-32+39.
GUO Y, WANG Z M, LIU Y Q, et al. Gas film reinforced concrete silo and its application in cement industry[J]. Cement Technology, 2019, (5): 28-32+39.
- [3] 王来新. 国内首座球形粮仓储粮效果及特性[J]. 中国粮食经济, 2018, (7): 72-74.
WANG L X. Grain storage effect and characteristics of the first spherical granary in China[J]. China's Grain economy, 2018, (7): 72-74.
- [4] 秦玉云. 中国粮食安全问题研究[D]. 中央民族大学, 2010.
QIN Y Y. Study on food security in China[D]. Minzu University of China, 2010.
- [5] 闫保青, 罗云飞, 刘志麟. 不同处理对小麦储藏品质影响的分析[J]. 现代食品, 2016, (24): 100-102.
YAN B Q, LUO Y F, LIU Z L. Effect of different treatments on storage quality of wheat[J]. Modern Food, 2016, (24): 100-102.
- [6] 周显青, 张玉荣, 王君利, 等. 筛下物杂质对小麦微生物活动与储藏品质的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 274-279.
ZHOU X Q, ZHANG Y R, WANG J L, et al. Influence of sieve-through impurities on wheat microbe activity and storage quality[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(6): 274-279.
- [7] 王瑞. 小麦籽粒后熟期间蛋白质变化机理探究[D]. 河南工业

- 大学, 2016.
- WANG R. Investigation on mechanism of changes in protein of wheat seeds during after-ripening[D]. Henan University of Technology, 2016.
- [8] 苏靖, 李云玲, 张青, 等. 储藏期内小麦品质评价指标的选择与研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(10): 204-209.
- SU J, LI Y L, ZHANG Q, et al. Research on the selection of quality evaluation index of wheat storage[J]. Food Research and Development. 2021, 42(10): 204-209.
- [9] 小麦储存品质判定规则: GB/T 20571—2006[S].
- Guidelines for evaluation of wheat storage character: GB/T 20571—2006[S].
- [10] 粮食、油料检验扦样、分样法: GB5491—2009[S].
- Inspection of grain and oilseeds Methods for sampling and sample reduction: GB5491—2009[S].
- [11] 食品安全国家标准食品中水分的测定: GB 5009.3—2016[S].
- Determination of moisture in food in national food safety standard: GB 5009.3—2016[S].
- [12] 粮油检验粮食、油料的色泽、气味、口味鉴定: GB/T 5492—2008[S].
- Inspection of grain and oils—Identification of colour, odour and taste of grain and oilseeds: GB/T 5492—2008[S].
- [13] 粮油检验粮食、油料的杂质、不完善粒检验: GB/T 5494—2008[S].
- Inspection of grain and oils—Determination of foreign matter and unsound kernels of grain and oilseeds: GB/T 5494—2008[S].
- [14] 粮油检验容重测定: GB/T 5498—2013[S].
- Inspection of grain and oils—Determination of test weight: GB/T 5498—2013[S].
- [15] 小麦和小麦粉面筋含量第4部分: 快速干燥法测定干面筋: GB/T 5506.4—2008[S].
- Wheat and wheat flour—Gluten content—Part4:Determination of dry gluten from wet gluten by a rapid drying method: GB/T 5506.4—2008[S].
- [16] 小麦硬度测定硬度指数法: GB/T 21304—2007[S].
- Determination of wheat hardness—Hardness index method: GB/T 21304—2007[S].
- [17] 食品安全国家标准食品中苯并(a)芘的测定: GB 5009.27—2016[S].
- National Food Safety Standard Determination of Benzo (a) pyrene in Food: GB 5009.27—2016[S].
- [18] 粮油检验主要谷物中16种真菌毒素的测定液相色谱-串联质谱法: LS/T 6133—2018[S].
- Inspection of grain and oils-determination of 16 mycotoxins in cereals-HPLC-MS/MS method: LS/T 6133—2018[S].
- [19] 粮食储藏技术规范: GB/T29890—2013[S].
- Technical criterion for grain and oil-seeds storage: GB/T29890—2013[S].
- [20] 吴子丹. 绿色生态低碳储粮新技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2011.
- WU Z D. New technology of green ecology and low carbon grain storage[M]. Beijing: Science and technology of China press, 2011.
- [21] 食品安全国家标准食品中真菌毒素限量: GB 2761—2017[S].
- National food safety standard limit of mycotoxins in food: GB 2761—2017[S].
- [22] 食品安全国家标准食品中污染物限量: GB 2762—2017[S].
- National food safety standard limit of pollutants in food: GB 2762—2017[S].
- [23] 张玉荣, 周显青, 王君利, 等. 小麦实仓储藏过程中杂质对微生物活动及储藏品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(9): 101-107.
- ZHANG Y R, ZHOU X Q, WANG J L, et al. Influence of below-screen matter on microbe activity and storage quality during wheat warehouse storage[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(9): 101-107. 图
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。