

《平房仓气密改造操作规范》 团体标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

该任务来源于 2016 年“十三五”国家重点研发计划项目“现代粮仓绿色储粮科技示范工程”的课题 1“粮仓气密及隔热性能提升新材料、新工艺开发与示范”（课题编号：2016YFD0401601）。

中国粮油学会中粮油学发〔2020〕7 号文件，将《平房仓气密改造操作规范》列为中国粮油学会第四批团体标准。

（二）协作单位

本标准负责起草单位：中储粮成都储藏研究院有限公司（以下简称“我院”），全面负责标准研究和起草工作，全面征求意见、验证等工作。

本标准参加起草单位：河南工业大学、浙江金匠建筑装饰工程有限公司、成都聚能科技有限公司、河南聚研材料科技有限公司，协助完成标准起草工作。

（三）主要工作过程

2019 年 8 月 13 日，中国粮油学会以中粮油学发〔2019〕68 号文件，开展了学会第四批团体标准的征集工作。2019 年 10 月 13 日，我院提交了“平房仓气密改造操作规范”团体标准申请。该团体标准于 2020 年 2 月 12 日以中粮油学发〔2020〕7 号文件，

正式将《平房仓气密改造操作规范》列为中国粮油学会第四批团体标准立项。2020年3月11日,我院与中国粮油学会签订了《平房仓气密改造操作规范》团体标准技术咨询服务协议(合同编号:2020GC-JS-068)。2020年3月13日提出了实施方案,在实施方案中明确了编写单位、起草人员及分工、时间进度及标准的框架结构等内容。

标准编写组按照实施方案及时启动了研究工作。用将近2个月的时间,对内墙涂料、薄膜、密封胶、聚氨酯保温板及薄膜密封附属用具等相关技术规程、规范,相关政策法规进行了全面具体的资料搜集与分析研究工作。结合“十三五”国家重点研发计划项目“现代粮仓绿色储粮科技示范工程”的课题1“粮仓气密及隔热性能提升新材料、新工艺开发与示范”的中试及应用示范情况,编写了《平房仓气密改造操作规范》的总体框架。2020年5月7日,在新冠肺炎疫情期间,以“企业微信”远程视频会议的方式召开了团标编写启动与讨论会,在会议上,介绍了本团体标准的执行情况、条款及下一步工作,各参会人员对本团体标准的总体框架进行讨论和建议,并形成了会议纪要,会后,由主要起草单位编写初稿,参会人员按任务分工补充、完善。2020年5月15日完成了本团标草案的编写并征求各编写人员的意见和建议;根据各位编写人员的意见和建议进行修改后于2020年6月12日形成了草案的修改稿,并再次发各位编写人员征求意见和建议;2020年7月16日,根据各位编写人员的意见和建议

进行多次的反复斟酌修改后形成了本团标的征求意见稿。

(四) 标准主要起草人及其所做的工作

标准主要起草人及其所做的工作详见表 1。

表 1 起草人员信息及分工

姓名	单位	职务/职称	分工
叶真洪	中储粮成都储藏研究院有限公司	高级工程师	总体负责标准编制 4.1 内墙涂料 4.2 薄膜 4.3 薄膜密封附属用具 7.1 塑料双槽管安装
付鹏程	中储粮成都储藏研究院有限公司	副总工 研究员	1 范围
张来林	河南工业大学	教授	10 气密性检测
丁永刚	河南工业大学	副院长 教授	2 规范性引用文件
付慧坛	河南工业大学	讲师	4.4 密封材料 6.4 缝隙孔洞处理
刘胜强	中储粮成都储藏研究院有限公司	助理工程师	联络员 3 术语和定义
陈炳申	浙江金匠建筑装饰工程有限公司	工程师	4.5 聚氨酯保温板 6.1 工具准备 6.2 材料准备 6.3 清扫及标记 6.5 空鼓及返潮处的处理 7.3 聚氨酯保温板方法 9 竣工验收
蔡 震	成都聚能科技有限公司	经理	5 空仓房准备 7.2 涂料方法 8.1 当天检查 8.2 整体检查 附录 B
黄正强	河南聚研材料科技有限公司	经理	附录 A

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制的原则

本标准的编写原则是按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编写。

（二）标准主要技术内容

本标准的主要技术内容见表2。

表2 《平房仓气密改造操作规范》各章节主要内容

章节	主要内容
0	前言 按标准格式编写相关内容。
1	范围 明确了本标准的基本内容和适用范围。
2	规范性引用文件 按标准格式要求列出了本标准引用的31个标准。
3	术语和定义 除引用 GB/T 25229-2010 外，定义了水性涂料和基层。
4	基本要求
4.1	内墙涂料 内墙涂料应为 水性涂料 (GB 18582-2020 室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量在2020年12月1日实施后，溶剂型建筑用墙面涂料不得在现场涂装中使用，在平房仓气密改造内墙施工时必须现场涂装，所以只能选用水性涂料)，对湿涂覆比和涂层干膜厚度的要求；对合成树脂乳液内墙涂料的要求；对有害物质限量的要求；检测拉伸强度、断裂伸长率的检测方法及其性能指标要求；耐温变性的检测方法及其性能要求；内墙涂料施工的环境要求。
4.2	薄膜 有害物质限量方面理化指标的要求；厚度的检测及要求；单位面积质量的检测及要求；拉伸性能的检测及要求；耐撕裂性能的检测及指标要求；氧气透过性的检测及指标要求；透水蒸气性的检测及指标要求。
4.3	薄膜密封附属用具 对塑料双槽管的指标要求；对与塑料双槽管配套使用的胶条的要求。

4.4	密封材料 主要是对密封胶和防水卷材方面的要求。有害物质限量的要求；对建筑密封胶性能的总体要求，对硅酮胶的要求；对窗用弹性密封胶的性能要求；混凝土接缝用建筑密封胶及裂缝修复胶的性能要求；对防水卷材的要求。
4.5	聚氨酯保温板 燃烧性能方面的要求；厚度、宽度方面的要求；压缩强度、弯曲强度、尺寸稳定性的测定及指标要求；芯材聚氨酯的导热系数、表观密度的测定方法及指标要求。
5	空仓房准备 为便于施工，地坪上应无物品堆放；清扫地坪、内墙面；检查地坪及内墙面有无返潮、空鼓等现象；灭杀白蚁。
6	预处理
6.1	工具准备 准备施工需要的登高、卫生、安全防护等相关的工具。
6.2	材料准备 预处理相关的材料，主要是填缝材料及密封胶、卷材。
6.3	清扫及标记 清除内墙面、墙角、地面的灰尘杂物；铲平较大凸出的块状物体；明显标记缝隙孔洞及返潮、空鼓处。
6.4	缝隙孔洞处理 （1）仓房裂缝处理：采用的密封材料、修补方法，刮白处理； （2）工艺孔洞处理：密封材料的选择、基材表面的清洁，对周围环境的保护，处理方法。
6.5	空鼓及返潮处的处理 空鼓处的处理方法，返潮处的处理方法。
7	气密改造
7.1	塑料双槽管安装 （1）安装方式 塑料双槽管的安装方式及适用的场合；嵌入式塑料双槽管的安装方法及要求；贴附式安装塑料双槽管的施工步骤及要求。 （2）仓房不同部位的安装 粮面、仓门、仓窗和粮情检查小门的安装位置及要求。 （3）安装质量要求 明确接头处的安装要求，直条塑料双槽管相邻及两端固定螺钉的间距要求，弯头的安装要求，塑料双槽管上下（或内外）沿口的打胶要求。
7.2	涂料方法 （1）工具准备 准备施工需要的登高、卫生、安全防护、专用设备等相关的工具。

7.3	(2) 材料准备 包括填缝材料、密封胶及底涂料、面涂料等。 (3) 内墙角涂刷 内墙角是地基沉降造成破坏的重要部位,应进行加强处理(用超强密封材料), 涂刷的部位及要求。 (4) 内墙面底涂处理 对喷涂工具的要求、对基层含水率的要求,对喷涂部位、时间间隔及次数的要求,对喷涂中流挂现象的处理,对喷涂方法的要求,对喷涂工具使用的注意事项。 (5) 内墙面面涂处理 对喷涂部位、时间间隔及次数的要求,操作及注意事项。 (6) 地面伸缩缝处理 处理时材料的选择,涂刷的次数、宽度及时间间隔要求,涂刷的操作注意事项。 聚氨酯保温板方法 (1) 工具准备 准备施工需要的登高、卫生、安全防护、专用设备等相关的工具。 (2) 材料准备 主要包括保温板、密封胶、防水卷材。 (3) 聚氨酯保温板安装 明确安装的具体步骤及相关要求。 (4) R角部位处理 主要是R角部位进行防水处理。 (5) 地面伸缩缝处理 主要是填补地面伸缩缝的缝隙、孔洞并满浇自流平。
8 8.1 8.2	施工检查 当天检查 对当天施工部位的及时检查,查漏补缺,安全文明施工,完成当天的施工日志填写。 整体检查 施工完成时,应作全面检查,及时补救缺陷,施工现场的全面清扫,工具材料的保存或归还,关闭设备开关及电源等。
9	竣工验收 涂料方法的气密改造的验收要求,聚氨酯保温板方法的气密改造的验收要求,对竣工验收问题的处理,竣工验收完成后的入粮时间要求,确保储粮安全。
10	气密性检测 粮面薄膜密闭时对薄膜、双槽管及胶条的相关要求,仓房大门内双槽管及粮膜密封的要求,通风口的密封要求,粮面四周双槽管、粮面膜以及仓房大门、通风口的气密检查方法,

	气密性检测的方法及要求。
附录 A	仓房裂缝修补方法具体操作 对不同宽度裂缝的修补方法，包括注射法、压力注浆法和填充密封法，以及 3 种修补方法的具体操作。
附录 B	施工日志 列出了编写格式的参照表。
参考文献	列出了本标准编制过程中的参考文献，主要是相关的标准以及气密性相关论文等。

三、主要试验（或验证）情况

（一）主要数据来源

主要数据来源详见表 3。

表 3 《平房仓气密改造操作规范》数据来源

序号	章节编号	数据内容	数据来源
1	4.1.1	水性有机涂料的 湿涂覆比和涂层干膜厚度 应符合 GB 50222-2017 中 3.0.6 的要求。	施涂于 A 级基材上，湿涂覆比小于 $1.5\text{kg}/\text{m}^2$ ，且涂层干膜厚度不大于 1.0mm 的有机装饰涂料，可作为 B1 级装修材料使用，内墙装饰防火的要求。
2	4.1.4	拉伸强度（标准状态下） $\geq 1.0\text{MPa}$ ，断裂伸长率（标准状态下） $\geq 100\%$ 。	拉伸强度参照 JG/T 172 和 GB/T 25229-2010；断裂伸长率参照 JG/T 172 中的内墙，结合气密涂料实测值，介于普通涂料与弹性涂料之间。
3	4.1.6	内墙涂料施工时且施工后 24h 内，基层温度应不低于 5°C 。	参照 GB 50210-2018 中 12.1.6 水性涂料涂饰工程施工的环境温度应为 $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，以保证涂料成膜充分。
4	4.2.2	粮面薄膜的厚度宜为 $0.12\text{mm} \sim 0.16\text{mm}$ 。	基于粮库粮面薄膜的使用实情，一般以 12 丝或 16 丝为主流，个别为 14 丝。
5	4.2.3	单位面积质量（克重） $\geq 120\text{g}/\text{m}^2$	GB/T 25229-2010 中 5.3.7 要求密度 $\geq 1.0\text{g}/\text{cm}^3$ ，以厚度 12 丝可折算得到。
6	4.2.4	拉伸强度（纵向、横向）	结合现有粮膜的实情和“十

		$\geq 20\text{MPa}$ 。	三五”课题开发粮膜的实测结果。
7	4.2.5	直角撕裂强度（纵向、横向） $\geq 50\text{kN/m}$ 。	结合现有粮膜的实情和“十三五”课题开发粮膜的实测结果。
8	4.2.6	氧气透过量 $\leq 2500\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa})$ 。	参照 GB/T 25229-2010 中 5.3.7 的要求。
9	4.2.7	水蒸气透过量 $\leq 60\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ 。	结合现有粮膜的实情和“十三五”课题开发粮膜的实测结果。
10	4.3.2	在 -300Pa 压力下塑料薄膜与胶条不应从塑料双槽管中脱落。	薄膜密闭气密性检测时的压力要求。
11	4.4.2	建筑密封胶。。。其性能应达到 F 类 7.5P 级及以上 密封胶要求	明确建筑密封胶使用非玻璃密封胶类。
12	4.4.3	窗用弹性密封胶。。。其性能应达到 3 级及以上 密封胶要求。	JC/T 485 中窗用弹性密封胶级别的基本要求。
13	4.4.4	混凝土接缝用建筑密封胶。。。其性能应达到弹性密封胶（ 12.5E 级及以上 ）的要求。	JC/T 881 中对弹性密封胶的最低要求，混凝土接缝用以弹性密封胶为宜。
14	4.5	燃烧性能按 GB 8624-2012 分级应达到 B1 。	内墙装饰防火的基本要求。
15	4.5.2	厚度不宜低于 20mm ，宽度不宜低于 1000mm 。	厚度见 JC/T 1061-2007 中第 5.4 条表 1，宽度要求是为了减少接缝，保障气密性。
16	4.5.4	芯材聚氨酯的。。。导热系数（ $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ） $\leq 0.025\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。	JC/T 1061-2007 中第 5.4 条表 2 中的“芯材导热系数”。
17	4.5.5	芯材聚氨酯的。。。表观密度宜为（ 40-50 ） kg/m^3 。	为达到较好的保温效果，宜采用高密度聚氨酯板，但表观密度又不能过高而影响内墙承重。
18	6.5.2	在地面与墙面转角处，涂料应刷至墙面高 1.5m 处。	现行防潮处理的通用做法。

19	7.1.2.1	宜在仓房装粮线上方 10cm~30cm 处安装塑料双槽管	粮库安装粮面双槽管的普遍做法,以方便粮面密闭操作。
20	7.1.2.2	位置选在仓外门和挡粮门之间、距离外门 20 cm 处	结合仓外门、挡粮门位置及仓墙厚度综合考虑的数值。
21	7.1.2.3	双槽管内侧距最近的仓窗内框宜为 10cm~20cm	综合考虑仓窗与上下端的间距以及安装后的美观等因素。
22	7.1.2.4	安装位置选在粮情检查小门的内侧,宜距外门 10cm	一般在粮情检查小门外门内侧有保温门,双槽管只能安装在外门与保温门间,与外门间距小于仓房大门处间距。
23	7.1.3.2	直条塑料双槽管相邻固定螺钉间距宜为 40cm ,两端的固定螺钉宜距端点 5cm	相邻固定螺钉间距的确定是结合实践的经验值,端点间距是确保安装牢固性和接头处气密性。
24	7.1.3.3	弯头两端的固定螺钉宜距端点 5cm	端点间距是确保安装牢固性和接头处气密性。
25	7.2.3.1	沿内墙角向内墙面和地面各延伸约 15cm	结合扁平毛刷及滚筒的宽度及墙角密封补强的实际需要综合考虑。
26	7.2.4.1	涂刷乳液型涂料时基层含水率 不大于 10% 。	GB 50210-2018 中 12.1.5 中的相关要求。
27	7.2.4.2	使用喷枪自上而下喷涂内墙面,喷涂到内墙角时再向地面延伸约 20cm ;待上一层表干后,可再次喷涂,共喷涂三层,相邻两层喷涂间隔时间不宜少于 24h 。	内墙面喷涂时向地面延伸的距离以超出 7.2.3.1 中内墙角密封补强的 15cm 即可。相邻两层喷涂间隔时间是为了让涂层在 2h 表干后尽可能干透,24h 的确定是白天喷涂并充分利用夜晚的时间来完成涂层的进一步干燥。
28	7.2.5.2	使用喷枪自上而下喷涂内墙面,喷涂到内墙角时再向地面延伸约 20cm ;待上一层表干后,可再次喷涂,共喷涂两层,相邻两层喷涂间隔时间不宜少于 24h 。	同 7.2.4.2。
29	7.2.6.1	地面所有伸缩缝均使用密封材料滚刷两遍,滚	结合扁平毛刷及滚筒的宽度及地坪伸缩缝密封补强的实

		刷宽度约 15cm	际需要综合考虑。
30	7.3.3.5	聚氨酯保温板上端与双槽管预留 5mm~10mm, 下端与 R 角上端预留 5mm~10mm。	预留是考虑保温板的热胀冷缩。
31	9.4	竣工验收完成后空仓开始入粮时间不宜低于 30 天。	结合示范库示范仓的施工效果后综合考虑的, 便于内墙面气密改造层的彻底干透。
32	10.4	开启风机(负压), 仓内压力达到-300Pa 左右时	气密性的查漏压力参照实仓气密性检测时的半衰期计时压力, 也是实践经验的总结。
33	附录 A	仓房存在的裂缝, 宽度小于 1.5mm 的裂缝宜采用 A.1 注射法进行填堵; 宽度大于 1.5mm 的裂缝, 宜采用 A.2 压力注浆法或 A.3 填充密封法填堵。	参照 GB 50367-2006 中 14.1.4 的相关规定。

(二) 试验情况

1. 中央储备粮绵阳直属库有限公司气密改造中试情况(涂料方法)

1 材料

1.1 试验仓房

试验在绵阳直属库的 17# 仓进行。试验仓为高大平房仓, 长 36m、宽 24m, 装粮线 6m, 仓墙厚 50cm, 仓房为砖混结构, 建设年代为 2002 年。

1.2 试验粮食

试验仓 17# 仓储藏的玉米为宁夏 2017 年产, 数量 3863t, 入仓时间为 2018 年 1 月。

1.3 气密处理材料

粮仓专用水性密封涂料; 透明超强密封材料; HEPVC 复合高弹聚氯乙烯粮仓专用膜(厚度 12 丝); 中性硅酮耐候胶。

1.4 气密处理与测试工具

墙体涂料喷涂设备，毛扁刷，涂料滚筒刷；testo 521-2 数字式微压计。

2 方法

2.1 试验仓气密性工程化改造

2.1.1 空仓预处理

2017 年 11 月 3 日，对 17# 仓内墙表面脱层、起灰、起泡等部份进行铲除，清除地坪及内墙表面吸附的粮食及灰尘，对内墙和地面的连接处及地坪伸缩缝等缝隙进行检查、清理，并用湿拖布打扫干净。对地坪或内墙的缝隙用腻子粉找平（因找平层厚度低于 1.5cm），确保基面基本平整、干净、无起泡、无松动，并在施工前进行基面验收。

2.1.2 仓房填缝气密改造

2017 年 11 月 7 日，对 17# 仓装粮线以下的工艺孔洞用中性硅酮耐候胶填实，在填缝处理完成表干后，对地坪伸缩缝、地坪和内墙局部缝隙、地坪内墙四周阴角、通风洞口内侧过墙管与墙体的缝隙，使用透明超强密封材料涂刷 2 遍。

2.1.3 内墙气密改造

2017 年 11 月 8 日~10 日，在对 17# 仓进行空仓预处理和填缝处理的基础上，用粮仓专用水性密封涂料对空仓内墙进行气密处理，只处理装粮线以下部分的内墙。由长期从事墙体涂料施工，对喷涂、涂刷和滚筒操作熟练的技术工人进行施工，喷涂要求均匀。用无色透明的粮仓专用水性密封涂料底漆喷涂 3 遍，再用白色的粮仓专用水性密封涂料面漆喷涂 2 遍，喷涂总厚度为 25 丝~30 丝。施工完成后进行保护，确保涂料完全固化。

2.1.4 玉米入仓

试验仓 17# 仓玉米入仓时间为 2018 年 1 月 13 日开始至 2018 年 1 月 25 日结束，历时 13 天，数量为 3863t；粮面平整时间为 2018 年 1 月 27 日。玉米入库的质量为：水分 13.6%，杂质 0.2%，不完善粒 6.1%，等级为一等。

2.1.5 仓门密闭

在挡粮门与外大门之间砌单砖墙，并对外墙面作刷白处理，保证仓门的气密性。

2.1.6 粮面密闭

2018 年 3 月 19 日~21 日，用气密封胶条将 HEPVC 复合高弹聚氯乙烯粮仓专用膜人工压入预

先安装在装粮线处的气密双槽管中，以双槽压紧方式密闭粮面，粮面膜采用热合好的整张薄膜，长度和宽度均比仓内尺寸大 2m。

2.2 试验仓气密性检测

在 2017 年 10 月 30 日~2019 年 3 月 28 日，用 testo 521-2 数字式微压计，分别测试试验仓气密处理前后的空仓气密性，玉米入仓后粮面薄膜密闭前后的实仓气密性，玉米储藏 1 年后的实仓气密性（粮面薄膜密闭），同时用 U 形压力计对照检测。

3 结果与分析

3.1 试验仓气密性情况

试验仓 5 次气密性检测的结果见表 1~表 5。

表 1 内墙气密处理前空仓气密性

检测次数	装粮情况	最大压力 /Pa	计时压力 /Pa	压力半衰期 /s	备注
第一次	空仓	560	500	155	检测时间： 2017 年 10 月 31 日
第二次		580	500	151	
第三次		600	500	153	

表 2 内墙气密处理后空仓气密性

检测次数	装粮情况	最大压力 /Pa	计时压力 /Pa	压力半衰期 /s	备注
第一次	空仓	580	500	178	检测时间： 2017 年 11 月 13 日
第二次		580	500	181	
第三次		580	500	177	

表 3 粮面覆膜前实仓气密性

检测次数	装粮情况	最大压力 /Pa	计时压力 /Pa	压力半衰期 /s	备注
第一次	实仓	600	500	84	检测时间： 2018 年 2 月 11 日
第二次		600	500	83	
第三次		600	500	85	

表 4 粮面覆膜后实仓气密性

检测次数	装粮情况	最大压力 /Pa	计时压力 /Pa	压力半衰期 /s	备注
第一次	实仓	-400	-300	460	检测时间： 2018 年 3 月 23 日
第二次		-400	-300	453	
第三次		-400	-300	439	

表 5 玉米储藏 1 年粮面覆膜后的实仓气密性

检测次数	装粮情况	最大压力 /Pa	计时压力 /Pa	压力半衰期 /s	备注
第一次	实仓	-406	-300	422	检测时间： 2019 年 3 月 28 日
第二次		-333	-300	430	
第三次		-333	-300	415	

3.2 试验仓以前的实仓气密性情况

2015 年 6 月 3 日，绵阳直属库在 17# 仓充氮气前测试了粮面覆膜后的实仓气密性，-300Pa 压力半衰期为 230s。

3.3 试验仓实仓气密性变化情况

试验仓 17# 仓进行气密性工程化改造后，在薄膜密闭粮堆的情况下，根据现有粮仓的气密标准（2010 年颁布的《粮油储藏平房仓气密性要求》（GB/T 25229-2010））判断，气密性等级^[4]由工程化改造前的气调储粮二级（230s，二级标准为 $150 \leq t < 300$ ）上升到了气调储粮一级（439s，一级标准为 $t \geq 300$ ），并且在玉米储藏 1 年后，试验仓的气密性等级仍维持在气调储粮一级（415s）的水平，试验仓实仓的压力半衰期经 1 年的时间仅衰减了 5.5%，表明试验仓经过气密性工程化改造后，气密性提升效果明显。

4 结论与讨论

4.1 平房仓的气密性处理是一个系统化的工程，涉及的因素较多，在气密性工程化改造施工时需重视细节问题，如空鼓、缝隙、穿线管、工艺孔洞的处理，粮面膜的查漏补漏，装粮线双槽管的密封处理，气密涂料喷涂的均匀平整等，同时在粮食入仓时，应避免输送机械或粮食对内墙造成撞击或冲击，才能确保实仓的气密性达到较高的水平，一个环节措施不到位，就会影响平房仓的整体气密性。

4.2 粮仓专用水性密封涂料以水为分散和稀释剂，制备和使用全过程不使用苯类、酮类、酯类等有毒有害溶剂，保障了气密涂料的环保性，同时避免了醇溶性气密涂料施工时的刺激气味及对消

防安全要求较高的缺点；HEPVC 复合高弹聚氯乙烯粮仓专用膜主要成份为卫生级聚氯乙烯，加入特定成分增强韧性、延展性等，保障了其安全环保性和气密性。

4.3 在一个储粮周期结束，粮食轮换出仓后的空仓，应加强仓房气密性检查，重点检查地坪内墙四周阴角等部位，若局部有损坏，用气密材料及时涂刷处理；在下一个储粮周期应继续跟踪检测实仓气密性，以判断经工程化气密性改造后，平房仓气密性的稳定性、耐久性。

4.4 如果地坪也用粮仓专用水性密封涂料处理，则粮面薄膜密闭后的实仓气密性还将得到进一步的提升。

2. 中央储备粮青岛直属库有限公司气密改造试验情况(涂料方法)

1 材料

1.1 试验仓房和储粮基本情况

试验仓选择青岛公司的 10#、22#和 25#高大平房仓。试验仓均为长 60m、宽 24m，装粮线 6m，砖混结构，拱板型屋面。试验仓 2017 年在仓顶屋面实施了光伏发电项目，采用中空通风设计理念形成架空层，并铺粘防水材料，仓顶屋面具备防水、隔热功能，同年仓内采用 1.2cm 菱镁复合板吊顶、气密窗改造，内环流控温管道安装时外通风口均已做复合保温，大门内及仓内四周装粮线均安装了塑钢材质气密双槽管。试验仓房基本情况详见表 1。

表 1 试验仓房基本情况

仓号	交付使用时间	仓容 (t)	储存方式	裂缝位置	裂缝宽度 (cm)	工艺孔洞 (个)
10	2001.8	6087	散装	地坪	<1	10
22	1999.9	6087	散装	地坪	<1	6
25	1999.11	6087	散装	地坪	<1	8

注：工艺孔洞包括通风口、粮情检测穿墙线、氮气进气管及浓度检测管穿墙管等。

1.2 气密处理材料

粮仓内墙水性密封涂料；透明超强密封材料；弹性填缝材料；12 丝厚 HEPVC 粮仓专用压延膜；中性硅酮耐候胶。

1.3 气密处理与测试设备（工具）

墙体涂料无气喷涂机，毛扁刷，涂料滚筒刷；空压机、角磨机、平面磨砂机、电锤、钢钎、自动压力灌浆机、钢刷；智能型仓房气密测定装置，风机功率 3kW，全压（990~1580）Pa，风量（2270-5270）m³/h。

2 方法

2.1 空仓局部处理

施工工艺流程：清除内墙面吸附的灰尘等——气密封胶及弹性填缝材料填补缝隙及孔洞——透明超强密封材料刷墙体缝隙 2 遍——透明超强密封材料刷内墙与通风口间隙 2 遍——透明超强密封材料刷地坪伸缩缝及其他缝隙 2 遍——透明超强密封材料刷内墙与地面连接处 2 遍。

试验仓在空仓时，对墙体吸附的灰尘及表面脱层、起灰、起泡、浸水等部份进行清扫、铲除、补水泥砂浆等处理，对墙体和地面的连接处进行检查。工艺孔洞采用高耐候气密封胶密封，裂缝采用填缝材料密封。根据试验仓情况判断裂缝属于活动裂缝，采用填充弹性填缝材料密封以达到修补目的。

弹性填缝材料填充施工方法：活动裂缝凿成 U 形槽，槽宽应根据预测的裂缝张开量确定，通常取 10mm+5t，槽深>20 mm。对缝隙内灰尘、泥土、杂物等进行清理，保证基面干燥并用空压机将缝内的尘土与余渣吹净。对蜂窝麻面和多孔表面用磨光机、钢刷等工具，将涂胶面打磨平整并露出牢固的结构层。基层处理完毕的伸缩缝对两侧非密封区，施工前在其两边 10mm 处贴上 20~30mm 宽的防护胶带，以防施工中多余的密封材料把构筑物表面弄脏。由于所用密封胶由甲、乙两组份组合而成，使用时将甲组份与乙组份按指定比例混合均匀，用毛刷涂刷于伸缩缝两侧注胶基面上，基面上底涂表面干后，即可注胶。密封胶灌注，A 组份、B 组份密封胶混合均匀后装入胶枪，将枪嘴插入待密封的伸缩缝内，按设计深度均匀的将密封胶注入伸缩缝内，然后用带弧度的专用整形工具进行刮压整形，固化后的胶体表面应光滑平整无气泡，胶体内部应保持密实无断头，并保持黏结牢固，无脱胶断裂、渗水现象。各试验仓的局部处理情况详见表 2。

2.2 空仓内墙整体气密处理

施工工艺流程：完成局部填缝处理——透明粮仓内墙水性密封涂料（底涂）均匀喷涂内墙 3 遍——白色粮仓内墙水性密封涂料（面涂）均匀喷涂内墙 2 遍——等待完全固化（3d 左右）——检查喷涂效果局部修补。

在对试验仓房进行空仓预处理和填缝处理的基础上，用开发的粮仓内墙水性密封涂料对试验仓空仓内墙进行气密处理，只处理装粮线以下内墙。根据墙体工况，每层涂料厚薄均匀喷涂厚度

为 20 丝左右，墙体与地面连接处喷涂厚度为 40 丝。施工完成后需进行保护，确保涂料完全固化，达到最佳强度。用无色透明底涂喷涂 3 遍，再用白色面涂喷涂 2 遍。各试验仓的空仓内墙整体处理情况详见表 2。

2.3 粮食入仓及密闭处理

试验仓在气密性改造全面完成后，空仓进行了开启门窗的自然通风，以确保内墙涂料干透，保障气密处理效果。试验仓在达到装粮要求后，相继入粮，粮食入满仓后平整粮面。在实仓气密检查前，对仓门和粮面进行了薄膜密闭，其中粮面采用 12 丝厚 HEPVC 粮仓专用压延膜密封，薄膜尺寸 63×26m，采用热合好的整张薄膜，用气密封胶条将压延膜压入预先安装在装粮线处的气密双槽管中。仓门密闭时，塑料薄膜在尺寸上应充裕，以便负压测试时薄膜能紧贴仓门两侧墙壁与挡粮门，防止塑料薄膜从气密双槽管中脱落。各试验仓的入粮情况详见表 2。

表 2 试验仓气密处理及储粮情况（时间表示：年.月.日）

仓号	空仓 局部处理 完成时间	空仓内墙 整体处理 完成时间	入粮 开始时间	入粮 结束时间	品种	数量（t）	粮面密闭 完成时间
10	2018.9.15	2018.10.9	2019.4.24	2019.5.24	玉米	6051	2020.5.14
22	2018.11.3	2018.11.9	2019.8.14	2019.8.21	大豆	6000	2020.5.14
25	2018.9.12	2018.10.5	2018.10.25	2018.12.19	玉米	6077	2020.5.15

2.4 粮堆气密检查和检测

在粮堆气密性检测前，重点对工艺孔洞（如：通风口、氮气进仓管道、氮气浓度检测穿墙管、环流熏蒸进仓管、测温电缆穿墙管）用中性硅酮耐候胶等方式密封处理。采用观察、听音或触摸等方法检查仓房或粮堆漏气部位并进行处理，重点检查粮面气密双槽管及薄膜、仓门槽管及薄膜、各工艺孔洞的气密效果。2020 年 6 月 11 日，采用智能型仓房气密测定装置，由国家粮食局郑州粮仓机械质量监督检验测试中心对各试验仓进行了粮堆气密性第三方检测。

3 结果与分析

3.1 改造后试验仓气密性情况

3 个试验仓在气密性改造后的气密性检测结果见表 3。

表 3 改造后试验仓气密性检测结果（第三方检测）

仓号	检测日期	最大压力（Pa）	计时压力（Pa）	压力半衰期（s）
10	2020. 6. 11	-350	-300	307

22	2020. 6. 11	-346	-300	262
25	2020. 6. 11	-342	-300	244

3.2 改造前试验仓气密性情况

3 个试验仓在气密性改造前的气密性检测结果见表 4。

表 4 改造前试验仓气密性检测结果（粮库自测）

仓号	检测日期	最大压力 (Pa)	计时压力 (Pa)	压力半衰期 (s)
10	2016. 8. 12	-345	-300	46
22	2015. 9. 16	-343	-300	45
25	2015. 9. 16	-340	-300	40

3.3 改造前后试验仓气密性对比

由表 3、表 4 可以看出，根据《粮油储藏 平房仓气密性要求》（GB/T 25229-2010）判断，3 个试验仓在气密性改造前均未达到“熏蒸储粮二级”的粮堆气密性最低要求（ $t \geq 50s$ ），而在采用“十三五”课题研发的粮仓填缝密封材料、内墙及粮面气密新材料和新工艺进行气密性改造后，粮堆气密性得到了显著提升，其中 10 号仓达到了“气调储粮一级”的粮堆气密性要求（ $t \geq 5min$ ），22 号和 25 号仓达到了“气调储粮二级”的粮堆气密性要求（ $2.5min \leq t < 5min$ ），且 3 个试验仓粮堆气密性均超过 4min。

4 结论与讨论

4.1 试验仓采用新材料、新工艺改造仓房气密性，可显著提高仓房气密性能，为内环流、空调控温以及氮气气调（或环流熏蒸）等储粮技术的运用创造了良好的条件，可降低运行成本。

4.2 粮仓内墙用水性密封涂料进行气密改造，涂料施工时且施工后 24h 内基层温度应不低于 5℃，施工结束后要加强通风，确保涂层干透，空仓开始入粮时间不宜低于 30 天，避免入粮后发生粮食粘黏在墙壁上的现象。

4.3 因仓内空间已吊顶，未用正压法检测空仓气密性。在负压检测仓房气密性时，应专人检查仓内粮面薄膜、槽管密封情况以及仓门的薄膜、槽管密封情况，若有漏气点，及时处理。为确保仓房气密性，保温内门应设置在挡粮门与仓门的气密双槽管间，且保温内门不能取代仓门处的薄膜密闭处理。

4.4 仓房气密性检测时,使用智能型测定装置,采用 PLC 控制风机启停,在压力达到设定值时通风口与风机间的电动阀自动关闭进行保压测试,测试结束后自动显示半衰期,测试简便、快捷、准确。

4.5 从安全储粮和节约成本角度考虑,每年或者两年对仓房作一次气密性检测,完善仓房基本信息。结合检测结果,查找影响仓房气密性的因素,进行相应的处理,优化处理工艺,对储粮安全和科技储粮可起到重要的作用。

3. 中央储备粮铜陵直属库有限公司气密改造试验情况(涂料方法)

1 材料

1.1 试验仓房

试验仓房为铜陵直属库 8 号、16 号高大平房仓,两栋仓房规格相同,长 42m、宽 24m,装粮线 6m,仓房为砖混结构,建设年代为 2007 年。试验前仓房裂缝的尺寸为 0.2mm~5.0mm,仓内裂缝的位置在墙体、地坪及风道口。仓房内墙装粮线以下粘贴有 3cmPEF 保温板。

1.2 试验粮食

试验仓 8 号、16 号分别储藏稻谷 3300t、3300t,入仓时间分别为 2018 年 11 月 2 日、2018 年 12 月 12 日。

1.3 气密改造材料

1.3.1 粮仓内墙水性密封涂料 材料特性:气密性好、高弹性、强度高、耐高低温优、抗老化、耐冲击、成膜好、轻质、环保、施工简易等,适用于墙体细小裂缝喷涂。

1.3.2 环氧树脂裂缝修补胶 材料特性:强度高、耐候性好、固化快、耐磨损。适用于地坪及倒角等处较大裂缝处理。

1.3.3 HEPVC 粮仓专用膜 材料特性:抗拉性强、柔韧度高、气密性好、接缝双刀焊接。适用于粮面、门窗密封。

1.3.4 施工工具 材料配比电子称,空压机,角磨机,平面磨砂机,电锤,钢钎,钢刷,高压涂料喷涂机,刷漆滚筒,100ml 弹簧注射针等。

1.4 气密检测设备

带有自动控制阀的智能仓房气密测定风机,型号 4-72-3.6A。

2 方法

2.1 空仓预处理

示范仓在粮食出完后,对墙体表面粘贴的 PEF 板部份进行清扫,更换损坏的 PEF 板,对墙体

和地面的连接处的 PEF 板自地坪向上切割 20cm 左右，对内墙四周阴角缝隙的灰尘、泥土、杂物等进行清理，要求基面基本平整、干净、无起泡、无松动，并在填缝施工前进行基面验收，确保符合要求。

2.2 内墙、地坪及孔洞的填缝处理

根据实际情况判断裂缝为静止裂缝还是活动裂缝抑或尚在发展的裂缝，采取不同措施进行处理。本次试验仓裂缝部分存在继续发展的可能，因此有静止裂缝和活动裂缝两类，尺寸范围为（0.2mm~5.0mm），根据裂缝宽度合理调配双组分环氧树脂裂缝修补胶进行填缝处理。

2.2.1 施工人员要求

长期从事裂缝修补施工的专业人员，能够熟练操作裂缝处理设备的技术工人。

2.2.2 工艺流程

清理混凝土构件表面，然后沿裂缝走向骑缝凿出 V 形槽或 U 形槽，槽的深度和宽度应符合下列要求：静止裂缝可采用 V 形槽或 U 形槽，当为 V 形槽时，其槽宽不宜小于 10 mm，槽深不应小于 15 mm；活动裂缝应凿成 U 形槽，槽宽应根据预测的裂缝张开量确定，通常取 10 mm+5x（x 为裂缝张开量），槽深不应小于 20 mm。

将上述缝内及表面的杂物清除干净，除去灰尘，保证基面干燥，并用空压机将缝内的尘土与余渣吹净。对蜂窝麻面和多孔表面用磨光机、钢刷等工具，将涂胶面打磨平整并露出牢固的结构层。

基层处理完毕的伸缩缝两侧非密封区，施工前在其两边 10mm 处贴上 20mm~30 mm 宽的防护胶带，以防施工中多余的密封胶把构筑物表面弄脏。

由于所用环氧树脂裂缝修补胶由甲、乙两组份组合而成，使用时将甲组份与乙组份按指定比例混合均匀，用毛刷涂刷于伸缩缝两侧注胶基面上，基面上底涂表面干后，即可注胶。

密封胶灌注时，A 组份、B 组份密封胶混合均匀后装入注射器，将注射嘴插入待密封的伸缩缝内，按设计深度均匀的将密封胶注入伸缩缝内，然后用带弧度的专用整形工具进行刮压整形，固化后的胶体表面应光滑平整无气泡，胶体内部应保持密实无断头，并保持黏结牢固，无脱胶断裂、渗水现象。

2.2.3 注意事项

施工时需确保墙体符合施工条件。事先确定用浆量，否则配制过多造成浪费，此过程由专业人士控制。注胶过程严格按操作规程进行，压力由小到大逐渐提高，防止造成冲胶现象。注胶时压浆嘴的粘贴一定要仔细，否则极容易在压力下跑浆及冲开压浆嘴。并且，会堵塞压浆嘴，无法注胶。

施工完成后，确保密封胶完全固化，达到最佳强度，期间不能进行气密、水密、油密等破坏性试验和各种性能测试。

2.3 空仓内墙气密处理

在对试验仓房进行空仓预处理和填缝处理的基础上，用开发的粮仓内墙水性密封涂料对空仓内墙进行气密处理，只处理装粮线以下部分内墙。

2.3.1 施工人员要求

有长期从事墙体涂料施工的专业人员，对喷涂、涂刷和滚筒操作熟练的技术工人。

2.3.2 施工

进行喷涂、涂刷或滚筒滚刷，根据所需厚度决定，喷涂要求均匀。根据墙体工况，喷涂厚度为 20 丝，墙体与地面连接处喷涂厚度为 40 丝，通风口墙体内外喷涂厚度为 40 丝，如连接处有裂缝，需在喷涂时将涂料浸入缝隙中，再进行正常施工。

施工完成后需保护，确保涂料完全固化。

用无色透明底漆喷涂 3 遍，再用白色面漆喷涂 2 遍。

2.3.4 注意事项

施工时需确保墙体符合施工条件；施工时在接缝处不能有缝隙，确保喷涂均匀平整，不能有漏涂；施工完成后，确保涂料完全固化成膜后方才能投入使用；如在施工完成后发现有施工不到位的地方，可采用再次涂刷的方式进行修补；如施工后才发现墙体基层有脱层时，可将其铲除后再次进行涂刷修补。

涂料开封后建议一次性使用完毕，未使用部份进行密封保存。

施工工具采用清水清洗，不能使用有机溶剂清洗。

2.4 粮面、大门及风道口密闭处理

在粮食入满仓并平仓后，将开发的 HEPVC 粮仓专用膜压入安装在装粮线处的气密双槽管中；粮仓大门用开发的 HEPVC 粮仓专用膜压入气密双槽管¹中；风道口清理浮灰并用清水喷潮后用聚氨酯发泡填缝剂密封^[4]。

3 结果与分析

3.1 试验仓改造前气密性情况

试验仓房气密改造目的是提升仓房的气密性，试验仓气调时采取膜下气调，只对仓房装粮线以下部分进行改造，试验分别在仓房改造前后实仓膜下对比分析，气密性测试采用负压测试法，即-300Pa 时的压力半衰期。气密测试采用智能风机连接环流系统中联通风道的环流管进行抽气实现。试验仓改造前的仓房气密性测试结果见表 1。

表 1 试验仓改造前仓房气密性测试结果

次数	最高压力（Pa）		计时压力（Pa）	压力半衰期（s）		备注
	8 号仓	16 号仓		8 号仓	16 号仓	
1	-335	-329	-300	155	149	实仓负压法，检

2	-338	-319	-300	152	144	测装置加装有自控阀门。 检测时间为2017年10月12日。
3	-330	-327	-300	152	147	
测试结果				152	144	

3.2 试验仓改造后气密性情况

2018年9月25日，试验仓8号、16号仓完成了入粮前的空仓气密性改造，分别于2018年11月2日、2018年12月12日入满了稻谷，并于2019年4月30日对试验仓粮面进行了薄膜密闭。试验仓改造后的仓房气密性测试结果见表2。

表2 试验仓改造后仓房气密性测试结果

次数	最高压力 (Pa)		计时压力 (Pa)	压力半衰期 (s)		备注
	8号仓	16号仓		8号仓	16号仓	
1	-330	-330	-300	262	248	实仓负压法， 检测装置加装有自控阀门。 检测时间为2019年5月13日。
2	-330	-330	-300	257	251	
3	-330	-330	-300	254	246	
测试结果				254	246	

4 讨论

4.1 改造过程一些局限因素会影响改造效果，一是试验仓内墙装粮线下四周粘贴有保温防潮的PEF板，在更换损坏的PEF板及清扫内墙后，分五遍将内墙气密材料喷涂在PEF板表面，虽形成密封膜，但PEF板背后的墙体如有细微裂缝会造成漏气，效果不及直接喷涂在内墙面；二是薄膜为新研制粮面专用膜，在粮面上呈横向焊接，接缝较多；三是气密双槽管安装时与墙体结合处有隐形缝隙。尽管有这些气密性不利因素的影响，但试验仓气密改造效果明显，半衰期均在4分钟以上，平均提升气密性100s左右。

4.2 该项目结合我库CO₂气调储粮实验项目，经过2018年、2019年CO₂气调结果显示，改造后的气密性完全可以满足CO₂气调储粮，设定浓度为80%情况下，单仓平均充气约11t即可确保仓内CO₂浓度35%以上20天左右，并彻底杀虫。

4. 中央储备粮金堂直属库有限公司气密改造试验情况(涂料方法)

11[#]、15[#]、22[#]仓在2018年4月中旬，4[#]仓在2018年7月初

分别用填缝材料进行了填缝处理；11[#]、15[#]、22[#]仓在2018年5月上旬，4[#]仓在2018年7月中旬分别用水性气密涂料进行了内墙的喷涂处理。2019年11月18日进行气密性第三方检测，11[#]、15[#]仓的实仓气密性（-300Pa半衰期）分别为263s、372s。11[#]、15[#]仓的实仓气密性将在2020年年底检测。

5. 江西省南良荆山粮库气密改造试验情况(聚氨酯保温板方法)

江西省南良荆山粮库1-1[#]仓装粮线下内墙四周在2018年12月进行了聚氨酯保温板气密性改造，并于2019年8月2日进行了实仓气密性第三方检测，1-1[#]仓的实仓气密性（-300Pa半衰期）为383s。

本标准的颁布实施，对规范规范平房仓的气密改造技术行为提供了科学依据，将整体提升气密改造效果，降低气密改造成本，为低温绿色储粮和气调杀虫创造良好条件，将创造良好的社会效益和经济效益。

四、与国际、国外对比情况

国际、国外目前无对应的相关标准。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准符合中国现行法律法规以及国家、行业现行粮油储藏的技术标准、粮油食品卫生、质量标准的规定。

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

建议本标准的性质为推荐性的团体标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

本标准为首次发布。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

由于新冠肺炎疫情的影响，本标准编制有所滞后（接近3个月），目前处于编制组内部完成标准起草阶段，在编制组内部已完成征求意见并修改完善，拟上报中国粮油学会网上征求意见。