

《华南地区（第七储粮生态区）立筒仓储粮 技术规范》

（征求意见稿）
编制说明

广东省粮食科学研究所有限公司
广州岭南穗粮谷物股份有限公司

二〇二二年五月八日

1.编制的目的和意义

1.1 编制的必要性

立筒仓占地面积小，便于实现机械化、自动化操作，而且劳动生产率高，适应粮食流通量大、周转快的特点，世界粮食物流发达国家都非常重视立筒仓的建设。我国自 2017 年起粮食储备规模进一步增加，立筒仓这一仓型在增储中占据较大规模，成为港口码头和中转库及粮食加工行业的中转设施和大型粮库长期储粮设施。同时，全球粮食行业在使用立筒仓过程中，因设计、使用不当、粉尘爆炸等发生的安全事故时有发生。因此，科学合理使用立筒仓，提高立筒仓储粮的安全性，对加强地方储备粮管理具有重要意义。

1898 年，美国俄亥俄州托莱多第一个大型粮食立筒库发生粉尘爆炸。1977 年 12 月 22 日，美国路易斯安那州一个谷物储存立筒仓，因传送装置在抢险过程中因磨擦生热，引起现场谷物粉尘着火爆炸发生粉尘爆炸，73 座立筒仓中有 48 座遭严重破坏，造成 36 人死亡，9 人受伤。1981 年 12 月 10 日，由于电焊作业飞溅的火花点燃了管道内悬浮的小麦粉尘，引起广州黄埔港立筒仓群发生爆炸，造成了严重的人身伤亡和经济损失。1998 年 9 月 1 日，甘肃省天水市第一粮库钢板立筒仓 7 号仓因设计设计问题，导致倒塌，造成人员伤亡事故。2002 年 12 月 11 日，内蒙古自治区通辽市奈曼旗大沁他拉国家粮食储备库在按计划轮出中央储备粮时，因工作人员没有严格按照粮食仓储的有关操作规程进行科学作业，严重违反了《浅圆仓储粮技术规程（试行）》（国粮仓储[1999]289 号）中粮食出仓“自流卸粮时，严禁人

员进入仓内”的规定，发生重大人员伤亡事故。2006年4月1日，山东省滕州市东郭镇山东恒仁工贸有限公司淀粉厂（民营）一储粮钢板立筒仓，因未按照施工技术要求和操作规范进行施工，致使该钢板立筒仓随着储粮数量的逐步增加，仓体受力不均，导致立筒仓中部紧固件相继崩开，发生崩裂坍塌事故，造成10人死亡、3人受伤。2007年4月29日，中国华粮物流集团公司所属北良有限公司在清理浅圆仓作业时，该公司聘用的庄河劳务公司职工李某在用钢钎疏通板结大豆时因用力过猛，身体失去平衡，坠入仓内出粮口，被粮食掩埋窒息死亡。2008年，广州经济开发区西区新港码头一个1.3万吨级的大麦立筒仓倒塌，事故未造成人员伤亡。

以华南地区为例，地处亚热带高温高湿气候区，粮食质量劣变速度快，储粮有害生物为害严重，并且粮源复杂，粮食保管的难度大，立筒仓安全保管粮食的难度更大。因此，立筒仓在实际应用中安全性能、储粮害虫防治和使用管理等方面还需不断完善和规范。从长远角度分析，广东省的粮食储备总量不断增加、粮食物流能力逐步加强，而且由于立筒仓占地面积小，便于实现机械化、自动化，周转快的特点，进一步研究和制定立筒仓使用安全规范，不仅可以提高立筒仓中粮食的安全储藏，还可以提高立筒仓的应用水平，提高效率。

制定《华南地区（第七储粮生态区）立筒仓储粮技术规范》，提高粮食储备安全性，促进粮食储备技术发展，保障储备粮安全将起到积极的作用，并具有重要经济和社会价值。本规程是在现有储粮条件下编制，适用于立筒仓的储粮要求，若将来使用新的立筒仓储粮，需

对规程进行修订。

1.2 编制目的

为了推动安全使用立筒仓储粮，进一步适应粮食流通领域新的变化，规范立筒仓储粮技术工艺，特制订本标准。本标准明确规定了以储备型为主和贸易型为主的立筒仓储粮技术要求，为各粮食物流节点仓储企业的使用提供技术支撑。

2. 编制依据和国内相关标准

2.1 任务来源

《华南地区（第七储粮生态区）立筒仓储粮技术规范》编制源起自申请单位承担广州市储备粮管理中心任务。2017 年，规范主要起草人在广州岭南穗粮谷物股份有限公司新建立筒仓使用中，围绕新建浅圆仓沉降观测、环流熏蒸、磷化氢熏蒸模型以及气调技术的使用，不断总结持续完善形成《华南地区（第七储粮生态区）立筒仓储粮技术规范》。

2.2 与本标准相关的国内标准

编号	规范名称	标准号
1	粮食立筒仓设计规范	LS8001-2007
2	粮食立筒仓安全使用管理规程(试行)	商储粮字第 253 号
3	粮食钢板立筒仓设计规范	GB 50322-2001
4	港口连续装卸设备安全规程-散粮立筒仓系统》	GB 13561.1-92

3.编制主要过程

2009 年 12 月，规范主要起草人先后查阅了国内外关于立筒仓设计、安全操作、安全事故等方面资料，调查广州市储备粮承储库点海珠库立筒仓、广州市南方面粉厂等使用情况，编制完成了广州市储备粮立筒仓储藏技术规范。

2017 年，规范主要起草人以广州市粮食储备加工中心后续工程 BT 建设项目中已建成的 1-7#筒仓为沉降观测对象，观测了其在自然状态和装粮压仓整个过程的沉降变化情况并做以分析，以期为筒仓的设计、施工及使用提供参考。

2018 年，规范主要起草人研究了压力半衰期为 158s 的高大平房仓磷化氢熏蒸浓度变化规律，建立了粮堆内磷化氢浓度和熏蒸时间的模型，经压力半衰期分别为 105s、96s、69s 的三个高大平房仓的实际熏蒸浓度变化验证。提出了粮堆内磷化氢浓度衰减阶段的浓度呈指数下降趋势，磷化氢浓度衰减阶段浓度和时间符合指数模型 $C=ae^{-bt}$ ($a>0$; $b>0$) (其中 C 为磷化氢浓度, mL/m^3 ; t 为熏蒸时间, d ; e 为自然指数)。利用该模型可以计算不同磷化氢浓度对应的熏蒸时间、不同熏蒸时间对应的磷化氢浓度、预测粮堆的补药时间等。结合气体发生阶段模型 I 还可以计算磷化氢熏蒸最大浓度、最低熏蒸浓度下的有效熏蒸时间以及磷化氢浓度半数衰减时间 HLT。2018 年，规程主要起草人围绕浅圆仓气调技术、磷化氢双向内环流熏蒸开展系列研究。

2021 年至今，为适应立筒仓快速流转，规范主编单位构建了熏蒸剂的日损失率 L_d 参数， $L_d = 100 \times (1 - e^{-b})$ 和熏蒸过程浓度半数衰减时间 HLT 参数， $HLT = \frac{\ln 2}{b}$ 。以上两参数可用于指导立筒仓快速熏蒸、粮食快速流转和立筒仓气密性改造。

以上研究成果部分在国内期刊发表。经过几年的积累，规范主要起草工作在原有工作基础上有了深入的认识，并逐渐形成《华南地区

（第七储粮生态区）立筒仓储粮技术规范》。标准起草团队在华南地区等多个粮库进行了实地调研。充分了解了粮食储粮实际应用技术的现状与存在的问题，在上述工作的基础上，标准起草小组将搜集到的相关信息资料及调研资料送相关技术人员，初步搭建了标准基本框架，并参照现已发布的粮食现有应用技术方面的相关标准和法规，逐步修改、补充和完善标准内容。随后，征求行业相关技术人员对调研了解的情况进行了深入的讨论，之后，起草小组认真总结了意见和建议并进行修改，又组织相关技术人员召开了几次研讨，不断修改、补充和完善标准内容，最终形成本征求意见稿。

4.标准主要内容

目前已经颁布的几个标准在立筒仓设计工艺和安全操作方面做出规范要求，本规范针对目前高温高湿的气候条件和储备粮在保管过程中储藏技术，开展研究，科学合理使用立筒仓，为实现储备粮安全储藏，提高综合效益提供技术支撑。《立筒仓储藏技术规范》具体内容包以下“前言”、“范围”、“规范性引用文件”、“术语和定义”、“立筒仓设施与设备的基本要求”、“立筒仓进出粮的要求”、“储藏期间粮情检测”、“立筒仓储粮通风”、“立筒仓熏蒸杀虫”、“立筒仓特殊粮情的处理”十个部分。

4.1 标准编写格式和方法

本规范的结构、技术要素及表述规则按 GB/T 1.1-2000 《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写规则》制定的。

4.2 标准的框架结构

目 次 I

前 言	..III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 立筒仓设施与设备的基本要求	2
4.1 输送设备基本要求	2
4.2 清理设备基本要求	2
4.3 计量设备基本要求	2
4.4 立筒仓设施基本要求	3
5 立筒仓进出粮的要求	3
5.1 粮食质量要求	3
5.2 安全操作要求	3
5.3 立筒仓进出粮质量要求	3
6 储藏期间粮情检测	3
7 立筒仓储粮通风	5
7.1 基本要求	5
7.2 储粮通风方式	5
7.3 机械通风的基本要求	5
7.4 通风过程的检查与管理	5
8 立筒仓熏蒸杀虫	5
8.1 前期准备	5
8.2 储备型立筒仓的熏蒸	5

8.3 周转型立筒仓的熏蒸.....6

8.4 熏蒸过程熏蒸参数计算.....6

8.5 磷化铝用量、药渣和用具的处理.....6

9 立筒仓特殊粮情的处理.....6

附 录 A 华南地区库存储备粮粮情检查表.....8

附 录 B 熏蒸过程磷化氢浓度检测与模型参数.....9

5.编制组人员组成及工作分工、计划

5.1 编写单位信息及分工

序号	类别	单位名称	分工
1	主编单位	广东省粮食科学研究所有 限公司	全面负责标准的研究和编写工作
2	主编单位	广州岭南穗粮谷物股份有 限公司	参与标准起草，负责应用验证工作
3	参编单位	广东省储备粮管理总公司	参与标准起草，负责应用验证工作
4	参编单位	广州市粮食集团有限责任公司	参与标准起草，负责应用验证工作
5	参编单位	河南工业大学	参与标准起草，负责应用验证工作
6	参编单位	广东新供销天润粮油集团 有限公司	参与标准起草，负责应用验证工作

5.2 起草人员信息及分工

序号	姓名	单位	职务/ 职称	联系方式	分工 (细化到 节或条)
1	(主编) 郭超	广东省粮食科学研究所有限公司	高级工程师	13430243080	标准大纲及 1、2、3 节
2	(主编) 林乾	广州岭南穗粮谷物股份有限公司	工程师	13602289812	标准大纲及 4、5 节
3	(主编) 王丽娜	广州岭南穗粮谷物股份有限公司	工程师	13682211161	4、5 节
4	(参编验证组一) 张绍华、何东升、 陈亮、刘子立、陈 碧祥、高杰	广州市粮食集团有 限责任公 司	工程师	020-83381058	7 节
5	(参编验证组二) 魏小运、王国杨、 赵方凯、田房房	广州市粮食集团有 限责任公 司	工程师	020-83300741	8 节

		司			
6	(参编) 陈威	广东省粮食科学研究所有限公司	高级工程师	15902055319	6 节
7	(参编) 劳传忠	广东省粮食科学研究所有限公司	高级工程师	15902038360	6 节
8	(参编) 吕建华	河南工业大学	教授	18623717782	9 节
9	(参编) 白春启	河南工业大学	副教授	18623719108	9 节
10	(参编) 冯继明	广东新供销天润粮油集团有限公司	高级工程师	18206663973	9 节
11	(参编) 李松伟	广东省储备粮管理总公司东莞直属库	科长/ 高级工程师	13424797350	8.4 条

12	(参编) 于文江	广东省储备粮管理总公司仓储管理部	科长/ 高级工程师	13533321784	8.4 条
13	王智颖	广东省粮食科学研究所有限公司	助理工程师	18665669962	8.1-8.3 条
14	何梦婷	广东省粮食科学研究所有限公司	硕士研究生	13939079305	8.1-8.3 条

注：1.每项标准应指定一名主编，一名联络员，由主编单位人员担任；

2.编制过程中起草人员发生变化，需递交变更申请。

5.3 工作计划

序号	阶段	进度安排	备注
1	标准起草	<u>2022 年 7 月</u> ~ <u>2022 年 9 月</u>	
2	征求意见	<u>2022 年 10 月</u> ~ <u>2022 年 11 月</u>	
3	审稿审查	<u>2022 年 12 月</u> ~ <u>2023 年 2 月</u>	
4	报批发布	<u>2023 年 3 月</u> ~ <u>2023 年 4 月</u>	

编制经费预算总计 10 万元，其中：编制单位自筹 9 万

元，其他 1 万元。

注：项目进度安排原则上依据大纲约定时间执行，确因实际情况需要调整的，各阶段时间可互相调剂，但标准自立项至正式发布的周期为半年到一年。

6.工作基础

6.1 主编单位概况

广东省粮食科学研究所有限公司成立于 1960 年，是我省专门从事粮食储藏与储粮害虫防治、粮油质量检验检测技术研究和应用、以及承担粮食行业特有工种职业技能鉴定等任务的省级粮食科研机构，是“广东省粮食产业科技创新联盟”理事长单位，是“江苏省谷物智能存储和品质提升技术创新联合体”成员单位。承担了近 400 项国家、省市和国际合作等课题研究，获得国家级、省部级奖励超过 70 项，成为引领全省粮油科技创新和人才培养的重要基地。2021 年 3 月从省粮食和物资储备局管理调整为总公司管理。现有职工 32 人，其中博士 1 人，硕士 11 人，高级工程师 5 人，高级技师 1 人，广州市珠江科技新星 1 人。

广州岭南穗粮谷物股份有限公司，占地面积约 15 万平方米，总建筑面积约 19 万平方米，总投资约 17 亿元，是华南地区综合规模较大，集粮食采购、储备、贸易、加工、销售、物流及质量检测于一体的现代粮食综合园区，是中国面粉加工 50 强企业、广东省重点农业龙头企业，也是广州市区域性国家级粮食质量监督检测站所在地和全国中小学爱粮节粮教育社会实践基地、2019 年广州地区最受欢迎科普基地、广东省及广州市粮食安全宣传教育基地等。仓储区有立筒库、浅圆仓、平房仓、成品库、低温库、混合仓、楼房仓等多种仓型，共

有粮食仓容约 42.6 万吨，各仓型均按照储粮四合一技术和储粮智能化技术配置了先进的自动化装备，同时积极开拓生物防治、充氮、惰性粉及多频段灯光害虫诱捕等绿色保粮技术的实仓应用。

6.2 相关的前期研究基础

（1）筒仓沉降及气密性改造

以位于广州市南沙开发区横沥镇横沥工业区内，计划建 14 座浅圆仓为例，直径 27m，装粮线高度 18 米，单仓仓容 7700 吨，呈“单翼双排”布局，因南沙区土地开发中心场地移交的问题，导致 14 座浅圆仓分开两期建设，目前 1-7#(编号 Q101-Q107)浅圆仓已先期建好并投入使用。根据广州市城市规划勘测设计研究院提供的《广州市粮食储备加工中心岩土工程勘察报告》，本项目工程重要等级属一级工程，场地等级为二级场地（中等复杂场地），地基等级为一级地基（复杂地基）。项目主体结构设计基础为预应力混凝土管桩+筏板基础形式，场地内基岩起伏大，密实砂层和全强风化岩埋深变化大，相邻钻孔揭露该层位埋深相差较大。由于场地复杂情况，基础设计对基础沉降影响不确定。鉴于本项目情况，对项目主体进行沉降监测是有必要的，且按照规范要求本项目为二级沉降观测精度。仓房若进入稳定阶段，自然阶段沉降一般要有四个月以上，入粮压仓阶段要保证在四到六个月以上时间，每个入粮阶段也要保持在 1 到 2 个月左右。沉降可能会对仓顶皮带机、仓顶栈桥等敏感部位造成一定的影响，建议在设备安装需留有一定变形余量，便于及时予以调整，对土建和设备结合部位要重点观察，可能会出现一定程度的脱落而引起仓房气密性的下

降，因此完成压仓后要通过气密性检测查找沉降漏气位置，并及时予以修复，保证后期仓房熏蒸、气调等作业的效果。该实例为确保粮仓使用过程中仓体自身结构安全及正常使用提供了一定的参考。

(2) 熏蒸模型及熏蒸参数建立

以广州市白云区粮食储备公司九佛直属粮库 04-1A01 仓为建模试验仓，在不补充熏蒸剂到密闭环境的条件下分析了粮堆内磷化氢浓度随时间变化规律，构建了粮堆内磷化氢平均浓度和熏蒸时间的模型，其中磷化氢发生阶段模型 I: $C=at^3-bt^2+ct$ 和衰减阶段模型 II: $C=ae^{-bt}$ ，模型 II 并在珠海市三灶粮食收储公司 1 号仓、2 号仓、3 号仓进行实仓验证。结果表明，衰减阶段磷化氢浓度随熏蒸时间的增加，粮堆内磷化氢浓度呈指数下降趋势。衰减阶段模型 II 能够用于计算不同磷化氢浓度对应的熏蒸时间、不熏蒸时间对应的磷化氢浓度等指标，结合模型 I 还可以计算磷化氢熏蒸最大浓度、最低熏蒸浓度下的有效熏蒸时间以及磷化氢浓度半数衰减时间 HLT。此外采用模型 II 还可以用于预测粮堆的补药时间，为指导粮食仓储行业实施磷化氢熏蒸作业。

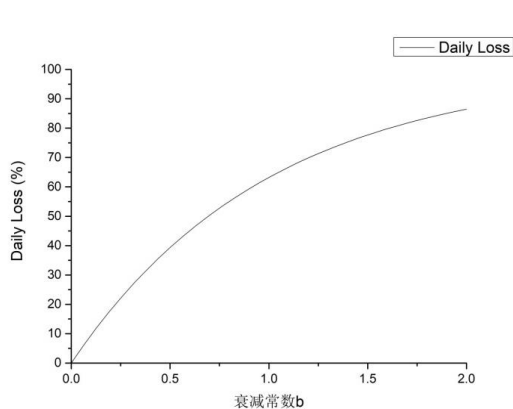
1) 熏蒸过程熏蒸剂的日损失率 L_d 参数推导和变化趋势

郭超等 (2018) 粮堆内磷化氢浓度衰减阶段的浓度呈指数下降趋势，磷化氢浓度衰减阶段浓度和时间符合指数模型 $C=ae^{-bt}$ ($a>0$; $b>0$) (其中 C 为磷化氢浓度, mL/m^3 ; t 为熏蒸时间, d ; e 为自然指数)。

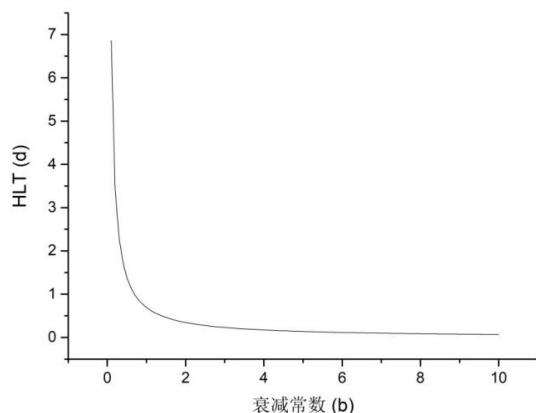
令: t 时刻的熏蒸剂浓度为 $C_t=ae^{-bt}$, $t+1$ 时刻的熏蒸剂浓度为 $C_{t+1}=ae^{-b(t+1)}$, 那么熏蒸剂日损失率 L_d (%) 应为 $L_d = (C_t - C_{t+1}) / C_t \times 100 = (ae^{-bt} - ae^{-b(t+1)}) / ae^{-bt} \times 100\% = (1 - e^{-b}) \times 100$

即熏蒸剂日损失率为 $L_d = 100 \times (1 - e^{-b})$ 。

采用 Origin Pro 9.1.0 拟合该曲线，如图 1 所示。由图 1 可知，熏蒸剂日损失率的变化随着衰减常数 b 的增大而增大，但对单次熏蒸时衰减常数 b 为固定值时熏蒸剂日损失率为恒定变化。郭超等（2018）提出磷化氢每隔 7d 浓度均以 43.2% 的比例降低，这与本方程结果一致。同时，Daglish 等（2008）提出熏蒸过程 $C_t = C_0 e^{-kt}$ ， C_t 为 t 时刻的熏蒸剂浓度， C_0 为熏蒸剂的起始浓度， k 为吸收常数，熏蒸剂的日损失率为 $100(1 - e^{-k})$ 。



图表 1 熏蒸剂日损失率 L_d 变化趋势



图表 2 浓度半数衰减时间 HLT 变化趋势

2) 熏蒸过程浓度半数衰减时间 HLT 参数推导和变化趋势

Cryer and Barnekow 等（2006）提出熏蒸剂浓度的衰减可以通过一级动力学方程表征： $C_t = C_i / 2^{t/HLT}$ 。

$$\text{令 } 2^{t/HLT} = e^{-bt}, \text{ 则 } HLT = \frac{\ln 2}{b}。$$

采用 Origin Pro 9.1.0 拟合该曲线，如图 2 所示。由图 2 可知，浓度半数衰减时间 HLT 的变化随着衰减常数 b 的增大而减小。当 b 值无限增大时，浓度半数衰减时间 HLT 数值将趋近与 0d 至 0.5d，当 b 值无限减小趋近于 0 时，浓度半数衰减时间 HLT 将达到某一临界值后突然增大。低估 HLT 将导致过度使用熏蒸剂，如果不仔细监控，

高估 HLT 可能会导致无效熏蒸。根据图 2 的变化趋势，在实际生产中，仓房的气密性改造过程应该存在这样的变化，随着仓房气密性的逐渐提高，b 值将逐渐减小并趋近于 0，当 b 值达到某一值时仓房的气密性将显著提高。

(3) 筒仓充氮气调

以广州市岭南穗粮谷物股份有限公司筒仓为例，采用上充下排的方式对筒仓展开了充氮气调试验，研究了第一次充氮结束后筒仓不同粮层、粮面空间、仓底两侧环流管道中氮气的分布变化，分析了氮气在粮堆内分布扩散规律，结果表明：在充氮结束后，氮气在粮堆中分布均匀，均匀度达 99.58%，不同粮层氮气浓度基本上呈从上到下依次递减的分布变化规律，并对下降曲线做了相关线性拟合，充氮 14 天后，仓底两侧环流管道氮气浓度已为 90%左右，但粮堆平均浓度为 96.7%，因此，只根据氮气出口浓度不能代表粮堆内各处浓度，不能以此来判定再次充氮的时间点，应该通过粮堆多点预埋管的氮气浓度来判定。

(4) 筒仓环流熏蒸

以广州市岭南穗粮谷物股份有限公司筒仓 Q102 号为例采用粮面投药的方式并结合双向内环流熏蒸系统，研究了浅圆仓粮堆内不同粮层、粮面空间、出粮口、环流管道中磷化氢浓度的变化，分析了磷化氢在粮堆内分布扩散规律，结果表明，从时间上讲，筒仓粮堆内部磷化氢浓度存在较大幅度的变化，从空间上讲磷化氢浓度存在分布的不均匀。粮堆磷化氢平均浓度和各层浓度变化趋势均呈先升高后降低

趋势，在环流风机的强制作用下，磷化氢浓度比维持在 0.66 以上，分布达到基本均匀。筒仓双向内环流熏蒸系统有助于粮堆内部磷化氢浓度的均匀分布。

6.3 与本标准相关的代表性论文

[1]何梦婷,葛中健,张景,郭超,林乾,陈亮,白春启,王智颖.浅圆仓熏蒸过程中磷化氢扩散和分布特性研究[J/OL].中国粮油学报:1-11[2022-05-20].

[2]郑妙,卢木波,李文辉,蓝兴鸿,张少波,张小松.高大平房仓气密性对维持磷化氢浓度的应用分析研究[J].粮油仓储科技通讯,2021,37(03):35-37.

[3]曹文杰,何国强,黄荣辉,李明,江华邦,郭超.氮气气调仓进气量对粮堆氮气浓度的影响[J].粮油食品科技,2020,28(05):213-217.

[4]曹文杰,周毅勋,黄荣辉,郭超.高大平房仓早籼稻不同熏蒸阶段磷化氢浓度的变化[J].粮食科技与经济,2019,44(10):45-47.

[5]韩志强,黄亚伟,张景,郭超,葛中健.浅圆仓充氮过程中氮气浓度分布规律研究[J].粮油食品科技,2018,26(05):82-85.

[6]韩志强,陈亮,郭超,张景,魏小运.浅圆仓磷化氢双侧内环流熏蒸效果研究[J].粮油食品科技,2018,26(04):63-67.

[7]郭超,王殿轩,劳传忠,沙宽宽,温湛清.粮堆磷化氢浓度衰减阶段数学模型及验证研究[J].中国粮油学报,2018,33(02):67-73.

[8]林乾,郭超,韩志强.浅圆仓压仓全过程沉降观测实例分析[J].食品科技,2017,42(09):182-185.

6.4 与本标准相关的专利

[1] 郭超, 劳传忠, 曾伶, 朱启思, 张少波, 王智颖. 实用新型专利: 用于粮仓气密性检测的对接装置及其检测系统: 中国, ZL201820960174.6[P].

[2] 郭超, 劳传忠, 曾伶, 万娟, 朱启思, 陈威. 发明: 利用数学模型有效实施磷化氢熏蒸的方法: 中国, 201711284045.6[P].