

充氮气调储粮技术研究与应用

王力¹, 陈赛赛², 胡育铭³

(1. 中央储备粮安阳直属库, 河南 安阳 455000; 2. 安徽博微长安电子有限公司, 安徽 六安 237010; 3. 中储粮镇江粮油有限公司, 江苏 镇江 212000)

摘要: 充氮气调储粮作为一种经济有效的绿色储粮技术, 在粮食储藏等多种领域越来越受到人们的关注。综述了充氮气调储粮系统和充氮气调技术在粮库安全储粮等方面的应用, 包括该技术在储粮害虫防治、粮食微生物抑制、延缓粮食品质劣变等方面的研究应用, 并分析了其在数字化粮库建设中存在的问题和对策, 以期充氮气调技术在数字化智能粮库建设中更广泛的应用提供参考。

关键词: 充氮气调; 害虫防治; 储藏品质; 粮情; 智能化

中图分类号: S 379.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2016)05-0102-04

Research and application of controlled atmosphere storage with N₂

WANG Li¹, CHEN Sai-sai², HU Yu-ming³

(1. Anyang Grain Depot of State Administration of Grain Reserve, Anyang Henan 455000;
2. Anhui Brainwave Chang'an Electronics Co. Ltd., Liu'an Anhui 237010;
3. Sinograin Zhenjiang Grain and Oils Co. Ltd., Zhenjiang Jiangsu 212000)

Abstract: The controlled atmosphere storage with N₂ is an economy and efficient technology for storing grain, so it has been increasingly concerned in various fields such as grain storage. The system and technology of the controlled atmosphere storage with N₂ and the application in grain safe storage is introduced, including the applications of this technology to pest control, restraining microorganism, delaying the deterioration of grain quality and other aspects. The problems and countermeasures of the controlled atmosphere storage with N₂ for constructing the digital grain depot are also analyzed, which would provide reference for broader application of this technology in the construction of digital grain depot.

Key words: controlled atmosphere storage with N₂; pest control; storage quality; grain conditions; intelligentize

粮食是国计民生的重要战略资源和特殊商品, 其质量安全关系到社会稳定和国民经济的发展。在粮食的购销、运输、储备等流通过程中, 粮食储藏是粮情管理周期最长、保管粮食数量最大的环节, 因此做好粮食储备管理工作是维护国家粮食安全的关键。粮食储藏过程中, 需要严格控制温度、水分、虫粮等影响粮食品质的因素。在虫粮防治方面, 磷化氢熏蒸是普遍使用的害虫防治手段, 但磷化氢在粮食上有一定的残留, 对数字化粮库设备也会造成较严重的腐蚀。随着科技的进步和人们生活水平的提高, 世界各国已经越来越重视食品安全和环境保护, 并逐步采取了限制使用化学药剂、提倡绿色储粮, 以

达到最大限度保持粮食品质、满足广大消费者对绿色食品日益增长需求的目的。

与传统的药物熏蒸杀虫方式不同, 气调储粮是一种在国内外均已实仓应用的经济有效的绿色储粮技术, 它利用生物降氧、人工降氧等方式, 在粮堆内形成一个低氧、高氮或高二氧化碳的储粮环境, 达到抑制粮食呼吸、杀虫抑菌、延缓粮食品质劣变的作用, 从而实现绿色储粮^[1-2]。目前的气调储粮技术中, 氮气气调与二氧化碳气调均有所应用, 但二氧化碳气调存在气体制备成本高、存在一定的作业危险性、气密性等仓房性能要求苛刻等不足。相比之下, 氮气气调储粮因其原料制备成本低、设备操作与充氮作业简单等优势, 具有较高的可操作性和经济效益, 是一项安全高效的绿色储粮技术^[3]。

收稿日期: 2016-03-04

作者简介: 王力, 1983年出生, 男, 科长。

通讯作者: 陈赛赛, 1988年出生, 男, 工程师。

1 充氮气调储粮系统

充氮气调储粮技术是通过往粮仓内充入高纯度的氮气来改变粮堆中的氧气比例,并利用粮食自身的呼吸作用,降低粮堆内的氧气含量,营造一个密闭缺氧环境,从而使害虫缺氧死亡,达到防治害虫的目的,该技术还可以抑制霉菌繁殖和粮食有氧呼吸,有效延缓粮食品质下降^[4]。传统的充氮气调储粮系统主要由氮气供气系统、气密性处理、气体浓度监测系统部分组成。为了降低操作人员的劳动强度,提高氮气调储粮的自动化水平,目前的充氮气调正在不断完善智能控制环节的建设。

1.1 氮气供气系统

氮气供气系统主要包括制氮设备、供气管道、进仓管道等,由制氮设备以变压吸附或膜分离等方式制得富氮气体,并通过连接管道送入仓房或粮堆。常见的制氮分离方法包括上世纪30年代开始的深冷空分制氮和随后兴起的变压吸附制氮以及中空纤维膜分离制氮,但从占地面积、设备维护等方面考虑,目前粮库使用较多的是变压吸附和膜分离制氮。

1.2 仓房气密性改造

仓房气密性不仅直接影响气调杀虫的效果,同时与气调能耗关系密切。气密性好的仓房可以在较短时间内达到目标氮气浓度,并可以长时间保持一定的氮气浓度,减少补气次数,从而节约充氮成本。由于我国粮库仓房的整体气密性较差、漏气较为严重,为了得到较好的气调效果,需要对仓壁、地坪裂缝孔洞进行补漏处理,并对门窗等容易漏气的部位做重点处理维护^[5-6]。

1.3 气调自动控制系统

气调自动控制系统由氮气浓度自动检测、氮气自动供气控制和制氮机房监测控制等子系统组成。气体浓度检测系统主要由气体采集、气体管路控制、气体浓度测量、数据传输和监控微机部分组成,是了解粮堆内氮气浓度等充气情况,采取相应控制手段的基础。在智能控制方面,目前的充氮气调一般采用无线方式进行通信,主要包括控制中心系统、制氮机房控制系统和仓房测控系统。其中,控制中心系统由测控主机、无线传输模块以及自动控制软件组成,实现计算机对现场的监测与控制;制氮机房控制系统和仓房控制系统用于实现控制中心对制氮设备的状态监测与控制,以及对仓房现场数据的采集和风机等相关设备的远程监控。

气调自动控制系统的建设,可以对氮气调储粮基础数据进行实时在线检测与分析,并对氮气充气、排气、环流、补气等作业过程进行远程操作控制,

实现气调杀虫、防虫、保鲜等不同气调储粮工艺的自动监控,并完成作业进程及运行参数信息 GPRS 模式传输与控制。实践证明,智能充氮气调可以有效节约劳动力、提高气调效率、节能减排,并为粮食安全经济储备提供技术支撑^[7-8]。

2 充氮气调储粮的作用

我国粮食储备具有储备量大、储藏周期长等特点,为了保障储粮品质,仓储研究管理人员长期以来对充氮气调储粮技术开展了较系统的研究。实践证明,在充氮气调储粮过程中,低氧环境可以有效杀害和防治储粮害虫、抑制霉菌生长。此外,粮食的呼吸强度明显降低,有机质消耗减少,有利于延缓粮食品质劣变。

2.1 储粮害虫防治

充氮气调用于害虫防治时,需要保持较高的氮气浓度,中储粮成都粮科所在充氮气调储粮方面结合粮库实际应用,进行了大量的研究,得出了不同储粮方式中所需的氮气浓度:对于基本无虫粮,当表层粮温升高到25℃时开始充气,维持粮堆内氮气浓度95%左右,可以较好的达到气调防虫目的;对于虫粮,条件允许时,及时进行氮气浓度98%以上维持不低于28天杀虫处理,可实现气调杀虫的目的。

余吉庆等^[9]分别在93%、96%、98%氮气浓度下,进行了充氮气调防治玉米象、锈赤扁谷盗、赤拟谷盗、谷蠹、书虱等储粮害虫的试验。结果表明,将氮气浓度控制在93%左右,并维持80天后大部分害虫都没有杀死,即当氮气浓度为93%时达不到杀害储粮害虫的目的;将氮气浓度控制在96%左右,60天后才出现明显的害虫死亡现象,到80天后,大部分害虫也能被杀死;将氮气浓度控制在98%左右维持20天后,即能达到明显的杀虫效果,维持40天后,所有害虫都被杀死。此外,由于不同储粮害虫对低氧敏感程度不同,进行氮气储粮需要根据储粮害虫的种类和虫态发生情况,依据不同粮情选择相应的氮气浓度。杨健^[10]、孙相容^[11]等进行了不同氮气浓度(90%、95%和98%)对储粮害虫控制效果的研究。结果表明,3种氮气浓度对成虫和混合虫态的致死时间差异均达到极显著水平。90%以上的氮气浓度均可以抑制害虫的繁殖发育,95%和98%的氮气浓度均可对成虫和混合虫态进行有效防治,但在95%氮气浓度条件下控制害虫需要较长的充氮时间,因此需要根据害虫种类和虫态等实际情况进行氮气浓度的选择。王强等^[12]研究了95%以上氮气浓度对不同储粮害虫的防治效果,结果表明防治效果由好到差的虫种依次为锯谷盗、玉米象、赤拟谷

盗和谷蠹。此外,将氮气浓度控制在98%以上处理10天可使玉米象达到100%的死亡率,处理20天可以完全抑制玉米象的发展。由此可见,在玉米象居多的北方粮库,发展充氮气调储粮在气调周期方面与南方相比,具有一定的优势。张晓培等^[13]研究了充氮气调对新入仓粮的杀虫效果,试验中采用快速充氮的方法并保持较高的氮气浓度,由于新进粮较强的呼吸作用也在一定程度上降低了仓内氧气浓度,可以在较短时间内造成害虫的大面积死亡,防止粮堆聚集发热现象的产生。

2.2 抑制霉菌生长繁殖

粮食中霉菌等微生物的大量繁殖会分解粮食有机质,增大粮堆呼吸强度,释放大量的热量和水分。控制粮食霉菌等微生物的生长可有效保持粮食品质,并可避免湿热聚集现象的发生。

陈巧丽等^[14]采用气调充氮低氧方法处理偏高水分玉米局部初期发热,具体做法是每充满一次气囊立即开启环流风机转移气囊内富氮气体,在气囊瘪下之前再进行充气排气,以在最短时间内达到目标氧气浓度。当氧气浓度在2%以下时,通过粮堆的呼吸作用,使粮堆氧气浓度维持更低的水平,以达到抑制霉菌的作用。结果显示,采用气调充氮方法处理偏高水分玉米的局部初期发热,可以抑制局部生热的进一步扩散和霉菌的繁殖,此外将整仓充氮储粮与处理储粮局部初期发热同时进行,可以有效降低发热处理成本。

2.3 延缓粮食品质劣变

在缺氧环境中,储粮的呼吸强度显著降低,有利于延缓粮食品质劣变。发达国家由于粮食周转快,储藏时间短,其氮气气调主要应用于储粮害虫的防治。在我国,粮食储备具有较长的储备周期,实践证明,在长期储备过程中,氮气气调可以明显延缓粮食品质劣变。

脂肪酸值作为稻谷和玉米重要的质量检测指标,其大小是反映粮食品质的重要标准,如何控制脂肪酸值含量是粮食保管过程中亟需解决的问题。杨健等^[15-16]分别对不同水分含量的稻谷和玉米进行持续充氮和交替充氮气调储藏试验,并研究了不同氮气浓度对稻谷和玉米脂肪酸值的影响。结果表明,在20℃条件下,维持90%以上氮气浓度进行持续充氮、交替充氮气调都可延缓稻谷和玉米脂肪酸值的增加,但持续充氮气调的效果要明显优于交替充氮气调储粮。此外,氮气气调储藏启封后,对稻谷和玉米的脂肪酸值均不会产生影 响,因此充氮气调是一种有效的延缓粮食脂肪酸值上升的方法。张来

林等^[17]研究了在不同储藏温度条件下,充氮气调对稻谷和大豆品质变化的影响。结果显示,随着储藏时间的延长,充氮气调稻谷和大豆脂肪酸值增加缓慢,而常规储藏时各个温度下脂肪酸值均上升较快。另外,温度对稻谷、大豆在储藏中脂肪酸值的变化影响较大,而气调储藏可减少温度变化对脂肪酸值的影响。李岩峰、李颖等^[18-19]在不同温度条件下对稻谷进行了充氮气调储藏实验,通过对发芽率、脂肪酸值、过氧化氢酶等理化指标的测定,探讨不同温度下充氮气调对稻谷品质劣变的影响,得到了与之前相关研究类似的结果:相同温度条件下,充氮气调组与对照组相比,明显延缓了稻谷品质劣变;在高温条件下,充氮气调组的品质变化幅度明显低于对照组。此外,相关研究与粮库实仓应用表明,充氮气调在延缓玉米^[20]、花生^[21]、高粱^[22]、大豆^[23-24]等农产品品质劣变方面均有一定成效。

3 充氮气调应用中存在的问题与对策

充氮气调技术在粮食储藏中的研究应用已经取得了一定进展,并已纳入粮库智能化建设发展规划,该技术在逐步实现绿色储粮的同时,也符合粮库向自动化、信息化、智能化方向发展的整体趋势。然而,在近些年的仓储应用中,该技术也暴露出一些问题和不足。为了得到更好的气调储粮效果,应该着重关注影响气调效果的一些关键问题并加以改善。

(1) 仓房气密性补漏问题。仓房气密性好坏不仅决定着气调储粮效果,还影响着气调运行费用的高低。由于不同时期的仓房气密性状态不同,新建仓等气密性较好的仓房很容易达到并较长时间保持预定的氮气浓度,气调效果和成本要远远好于气密性差的仓房。为了得到较好的气调效果,在仓房气密性条件较好的情况下可以做粮仓整体气调,但要注意对门窗等容易漏气的部位做重点处理维护。当整体仓房达不到气密性要求,而装粮线以下的仓体可以满足要求时,可以采用五面密闭的粮面气囊密闭方式,并对仓壁、地坪裂缝孔洞进行补漏处理,在此条件下也可以达到满意的气调效果。

(2) 气调杀虫盲区害虫的杀灭。粮仓采用仓房四周挂膜并进行粮面气囊密闭气调时,可以有效提高粮堆气调的气密性,粮膜内的害虫也可以得到较好的杀灭效果,但粮堆薄膜外的空间却成为气调杀虫的死角,在仓房屋面、粮面平台处等区域的害虫不会受到气调影响^[25-26]。因此,在粮食出仓等揭膜情况下,粮食仍然会受到空间害虫感染。在气调的同时辅助使用磷化氢熏蒸或者将高浓度的氮气尾气引入粮膜上,杀灭或趋避空间害虫,是值得研究的

方向。

(3)粮情信息检测不够完善。目前智能氮气气调已经取得较大的进展,但智能化检测方面多集中于粮堆氮气浓度检测,一些重要的粮堆参数还没有完全融入到智能粮情分析系统中。将害虫数量等重要的气调参数融入到智能气调系统,实时监测虫害和温度情况,可以为智能气调粮情分析提供更丰富的数据信息和判断依据,从而得到更好的储粮效果。

4 结语与展望

充氮气调作为世界公认的绿色储粮技术,在有效解决化学试剂对环境污染和对数字粮库系统腐蚀问题的同时,可最大限度保持粮食品质,满足人们对绿色食品日益增长的需求。作为保障储粮安全的有效手段,充氮气调在储粮害虫防治、粮食微生物抑制、延缓粮食品质劣变等方面都有显著作用,因此已经在我国尤其是南方地区得到广泛应用。但是,该技术一直以来都存在人工操作工作量大、操作人员由于经验不足造成技术实施偏差大、气调效率较低等问题。

随着计算机技术、网络技术与智能传感技术的迅速发展,在原有充氮气调工程的基础上加入智能分析与控制系统已经得到广大学者的普遍关注。与传统充氮气调技术相比,智能气调技术可实现充氮作业、氮气浓度检测以及机械通风作业的计算机智能控制,具有节约劳动力、提高气调效率、节能减排等优点,为粮食安全经济储备提供技术支撑。近几年,国家粮食局和中储粮管理总公司先后提出了“粮油仓储信息化建设指南”和“智能化粮库建设规划”,以加快粮库信息化建设步伐,提高粮油仓储管理水平^[27]。中储粮管理总公司更是将智能气调改造纳入其“6+3”智能化系统建设规划,以实现氮气气调储粮工作的管理信息化、监控智能化和决策科学化。在充氮气调的研究与应用中,随着分析检测模型的不断完善,以及与储粮专家系统的融合和改进,智能气调系统可以更加精准的对粮情信息进行监测并进行相关设备的智能控制,在保障储粮安全与品质的同时,进一步降低仓储管理人员的工作强度,推动粮库向自动化、信息化、智能化方向的发展。

参考文献:

[1]路茜玉,朱大同.气调储藏概论[J].郑州粮食学院学报,1983(4):9-15.
[2]张来林,金文,付鹏程,等.我国气调储粮技术的发展及应用[J].粮食与饲料工业,2011(9):20-23.

[3]司建中.氮气气调储粮与二氧化碳储粮对比分析[J].粮油仓储科技通讯,2011(6):40-42.
[4]黄浙文,刘志雄,陈明明.高温高湿地区应用充氮气调储粮技术防治锈赤扁谷盗的分析报告[J].现代食品科技,2012,28(5):564-566.
[5]张来林,罗飞天,李岩峰,等.浅谈气调仓房的气密性及处理措施[J].粮食与饲料工业,2011(4):14-18.
[6]黄祖亮,郑理芳,陈疆,等.氮气气调储粮效果与仓房气密性的关系研究[J].粮油仓储科技通讯,2010,39(1):35-37.
[7]张志愿,杨文生,张成.智能气调储藏技术在浅圆仓中的应用研究[J].粮油仓储科技通讯,2013(3):31-33.
[8]罗永昶,朱高举,陈平,等.浅圆仓智能化充氮气调储粮技术应用[J].粮油仓储科技通讯,2013(4):30-32.
[9]余吉庆,周智华,李宗良,等.现代氮气气调控温储粮技术防治储粮害虫试验[J].粮油仓储科技通讯,2013(6):29-31.
[10]杨健,吴芳,宋永成,等.30℃条件下不同氮气浓度对储粮害虫控制效果研究[J].粮食储藏,2011,40(6):7-12.
[11]孙相容,杨健,吴芳,等.25℃条件下不同氮气浓度对储粮害虫控制效果研究[J].粮食储藏,2012,41(1):4-9.
[12]王强,严晓平,张娟,等.95%以上氮气防治储粮害虫的应用研究[J].粮油仓储科技通讯,2009(4):31-35.
[13]张晓培,唐瑜.氮气气调技术对三种新粮杀虫效果比较[J].粮油仓储科技通讯,2014(4):38-40.
[14]陈巧丽,韦允哲,陈全新.充氮气调处理储粮局部初期发热[J].粮食储藏,2012,41(1):30-33.
[15]杨健,黎万武,周浩,等.不同温度条件下氮气气调储粮对稻谷脂肪酸值的影响[J].粮食储藏,2013,42(3):35-39.
[16]杨健,周浩,黎万武,等.不同温度条件下氮气气调储粮对玉米脂肪酸值的影响[J].粮食储藏,2013,42(4):22-26.
[17]张来林,桑青波,张国民,等.充氮气调对稻谷、大豆品质的影响研究[J].粮食科技与经济,2011,36(2):21-23.
[18]李岩峰,肖建文,张来林,等.充氮气调对稻谷品质的影响研究[J].粮食加工,2010,35(1):46-48.
[19]李颖,李岩峰.不同温度下充氮气调对稻谷理化特性的影响研究[J].粮食储藏,2014,43(4):26-30.
[20]肖建文,张来林,金文,等.充氮气调对玉米品质的影响研究[J].河南工业大学学报,2010,31(4):57-60.
[21]张来林,薛丽丽,杨文超,等.充氮气调对花生仁储藏品质影响的研究[J].河南工业大学学报,2012,33(1):27-30.
[22]张来林,桑青波,傅元海,等.充氮气调对高粱储藏品质的影响[J].河南工业大学学报,2011,32(6):18-23.
[23]张崇霞,王伟,李荣涛.氮气气调对不同水分大豆储藏效果研究[J].粮食储藏,2012,41(1):20-22.
[24]付家榕,袁建.充氮储藏对大豆老化劣变影响的研究[J].粮食储藏,2014,43(1):40-44.
[25]黄志宏,林春华,施国伟,等.高温高湿地区充氮气调杀虫效果试验[J].粮食储藏,2011,40(6):15-17.
[26]陆宗西,张华阳,董元堂.控温充氮气调杀虫应用试验[J].粮食储藏,2013,42(6):10-12.
[27]国家粮食局.粮油仓储信息化建设指南(试行)[Z].2012-07-