

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.05.031

氮气气调仓进气量对粮堆 氮气浓度的影响

曹文杰¹, 何国强¹, 黄荣辉¹, 李明¹, 江华邦¹, 郭超²✉

- (1. 珠海市斗门区粮食收储公司, 广东 珠海 519110;
 2. 广东省粮食科学研究所粮食储藏与害虫防治研究室/广东省粮食储藏
 工程技术研究中心, 广东 广州 510050)

摘要: 在压力半衰期为 165 s 的三级气调仓, 研究氮气气调储粮氮气浓度衰减与时间的关系, 探讨粮堆中氮气浓度与氮气进气量、粮堆温度的相关性。结果表明, 仓内氮气浓度达到目标浓度 98.0% 后, 随着时间的延长氮气浓度逐渐降低。粮堆内氮气浓度是氮气泄露量和补气量平衡的结果, 粮堆内氮气浓度的升高要求氮气的补气量大于泄漏量。当粮堆内无氮气补充进去时, 氮气浓度月下降趋势为 1.6%; 当粮堆内氮气月补气量大于粮堆孔隙体积的 12.4% 时, 粮堆内氮气浓度增加 0.1%~0.9%; 月补气量大于粮堆孔隙体积的 27.0%, 粮堆内氮气浓度大于 1.0%。此外, 氮气充气过程氮气补气量与粮温无直接影响。

关键词: 气调仓; 氮气浓度; 气调; 粮食; 成本分析

中图分类号: TS210.3; S379.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)05-0213-05

Effect of Nitrogen Flow Rate on the Concentration of Nitrogen in Controlled-atmosphere Warehouse

CAO Wen-jie¹, HE Guo-qiang¹, HUANG Guo-rong¹, LI Ming¹, JIANG Hua-bang¹, GUO Chao²✉

- (1. Zhuhai Doumen purchase and storage of grain and oil Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong 519110, China;
 2. Guangdong Engineering Research Center of Grain Storage/Laboratory of Grain Storage and Pest Control,
 Guangdong Institute for Cereal Science Research, Guangzhou, Guangdong 510050, China)

Abstract: The decay and holding time of nitrogen concentration was characterized in a controlled-atmosphere warehouse with half life of pressure of 165 s. The relationship of nitrogen concentration, nitrogen holding time and grain temperature was further studied. The results showed that, the nitrogen concentration gradually decreases with the time, when the nitrogen concentration in the controlled-atmosphere warehouse reached to the target concentration of 98.0%. The concentration of nitrogen was related to nitrogen leakage and sorption. An increase of the nitrogen concentration required that the amount of supplemental nitrogen is greater than the amount of leakage. When there is no nitrogen supplement in the controlled-atmosphere warehouse, the monthly decrease of nitrogen concentration is 1.6%; when the monthly nitrogen supplement is greater than 12.4% of the grain warehouse volume, the nitrogen concentration will increase by 0.1% ~ 0.9%; the monthly nitrogen supplement is greater than 27.0% of the grain warehouse volume, the nitrogen concentration will greater than 1.0%. In addition, the amount of nitrogen supplementation has no direct effect on the temperature of the grain.

收稿日期: 2020-01-08

基金项目: 广州市珠江新星项目 (201710010034)

作者简介: 曹文杰, 男, 1985 年出生, 助理工程师, 研究方向为粮油保管。

通讯作者: 郭超, 男, 1982 年出生, 高级工程师, 研究方向为储藏物昆虫与害虫防治。

Key words: controlled-atmosphere warehouse; nitrogen concentration; controlled atmosphere; grain; cost analysis

通过人为向仓房内部通入高浓度氮气,使粮食处于高氮低氧气的储藏环境中,以达到抑制虫霉生长、延缓粮食品质劣变的充氮气调储粮技术,是一项公认的绿色储粮技术,受到人们的重视与推广。氮气气调储粮技术是我国长江流域及以南地区经济可行的粮油产后减损及绿色保鲜储粮技术,与传统储粮技术相比,其优势明显^[1]。从上世纪六十年代末我国开展低氧储粮技术试验^[2],上世纪七十年代至九十年代期间国内逐渐完善低氧储粮技术理论和分子筛和膜分离等制氮设备,氮气气调储粮逐渐开始规模化应用。

目前,国内外储粮科研工作者对氮气气调储粮的研究较多,主要集中在氮气气调储粮充气方式、杀虫效果和储粮品质变化的研究,而关于气调仓氮气浓度维持方面的研究相对较少。随着氮气气调在粮食储藏中的扩大应用,粮堆中氮气浓度是否达到设定的浓度成为氮气气调储粮成功与否的关键因素^[3]。孙相荣等^[3]报道了不同粮种在气调储粮时所需要的氮气体积。张中等报道了移动式膜分离制氮设备充氮效率的研究,环流充氮模式下,回流氮气浓度低于 90%和在 90%~95%之间时,设定制氮设备浓度和回流氮气浓度差在 7%和 3%~5%左右,充氮效果最佳,环流充氮有利于提高充氮效率和促进氮气浓度的均匀分布^[4]。黄祖亮等提到改进仓房气密性可以提高气调储粮的效果^[5]。

此外,韩志强等研究报道了浅圆仓充氮过程中氮气浓度分布规律,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,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^[6]。此外,由于现有的粮食专用膜制氮设备存在产气量小,充氮时间长、能耗高等问题,在一定程度上制约了充氮气调的发展和推广^[4]。因此,开展氮气气调储粮氮气维持浓度方面的研究,合理利用制氮设备具有重要的意义。

本文采用上充下排的充氮方式,研究高大平房仓氮气气调储粮氮气维持浓度与时间的关系,分析早籼稻谷气调仓在气调储粮过程所需要的氮气体积,探讨粮堆中氮气浓度与氮气进气量、粮堆温度的关系,为高大平房合理使用氮气气调作业提供技术支持。

1 材料与amp;方法

1.1 实验仓房及储粮情况

某粮库 4P1-1 号高大平房仓,长 39 m,宽 21 m,装粮线高度 7 m,墙体为 490 厚烧结页岩实心砖,仓顶为自呼吸通风双层板式屋盖,仓架为钢筋混凝土门式钢架。

表 1 4P1-1 号仓储粮情况统计

仓号	品种	等级	数量/t	储藏时间/年	水分/%	杂质/%	脂肪酸值/(g/L)	粮温/℃	容重/(g/L)
4P1-1	早籼稻	3	2 763.91	1	12.7	1.3	18.6	26.4	532.6

1.2 实验器材和设备

LY-99.5-220 型氮气发生器,产氮量:220 Nm³/h,产氮浓度 99.5%;江阴隆耀机械制造有限公司;HA300-N₂型气体浓度检测仪,精度±3%F.S.;深圳市华瑞祥科技有限公司;CQMY 型仓房气密性测定装置:河南未来机电工程有限公司;DP2000 型智能数字微压计:上海永智仪表设备有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 仓房气密性测定

参照 GB/T 25229—2010《粮油储藏 平房仓气密性要求》^[7]。

1.3.2 氮气浓度检测点的设置

氮气浓度检测点设置参照 GB/T 29890—2013《粮油储藏技术规范》^[8],在仓房粮堆布置 6 个检测点,其中 5 个检测点布置在粮面垂直向

下 1.5、2.5、3.5、5、6.5 m 处,第 6 个点布置在气囊中,用来检测粮堆空间的氮气浓度。浓度检测从气调次日开始,9:00 定时检测。

1.3.3 气调充氮工艺及充气实验方案

采用膜分离制氮机,采用上充下排充气方式,设置仓内氮气浓度为 98%,待粮面气囊缩小,仓内氮气浓度低于 95%时,开启氮气制氮机组。

1.3.4 数据处理

数据分析,采用 SPSS 17.0。

$$\text{补气量}\%, N = \frac{V_1}{V \times e} \times 100\%$$

V_1 , 充气量, m^3 ; V , 粮堆体积, m^3 ; e , 孔隙度, %。

2 结果与分析

2.1 4P1-1 号仓气密性分析

4P1-1 号仓压力从 500 Pa 降低至 250 Pa 所需时间,结果如表 2 所示。由表 2 可知,4P1-1 号仓压力半衰期为 165 s,根据 GB/T 25229《粮油储藏 平房仓气密性要求》,4P1-1 号仓达到气调仓三级要求。

表 2 4P1-1 号仓气密检测记录表

检测次数	压力半衰期/s	平均/s
1	168	165
2	162	
3	164	

2.2 氮气气调储粮期间粮温和氮气浓度的变化

4P1-1 号仓氮气气调储粮实验期间粮温和氮气浓度的变化情况见图 1、图 2 所示。由图 1 可知,氮气气调储粮期间,仓外气温和仓内温度变化幅度较大,均先降低再升温。其中仓外气温最高温度 31.1 °C,最低气温 8.5 °C,而仓内温度最高 27.8 °C,最低 14.8 °C。平均粮温为 24.3 °C,最高粮温为 25.7 °C,最低粮温为 22.8 °C。如图 2 所示,仓内氮气浓度达到目标浓度 98.0%后,随着时间的延长氮气浓度逐渐降低。从 2018 年 5 月至 10 月,氮气浓度由 97.1%降低至 94.7%,降低量为 2.4%,即 4P1-1 号仓月氮气减少量为 0.4%。从 10 月份起,持续的氮气补气,氮气浓度由 94.3%升高到 97.9%,然后氮气浓度缓慢降低。实验期间氮气浓度最低为 89.9%,最高浓度为 97.9%。

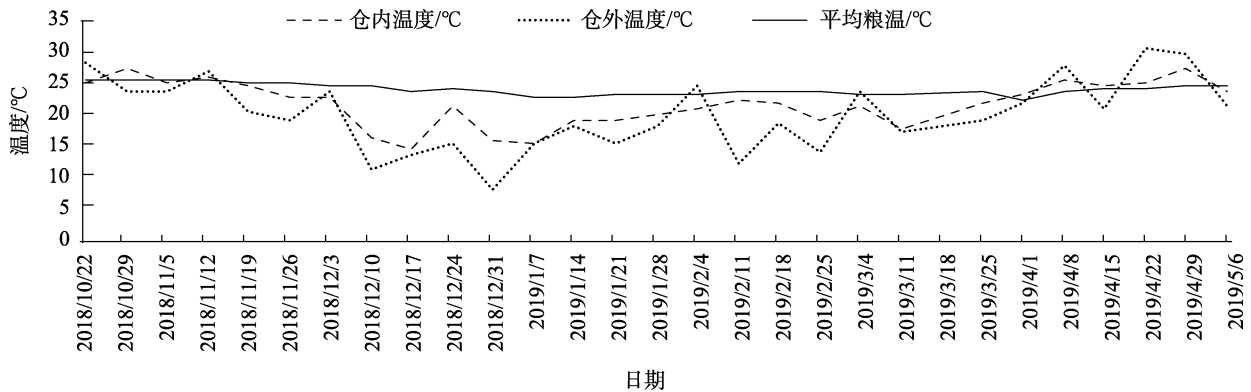


图 1 4P1-1 号仓仓内外温度、平均粮温的变化

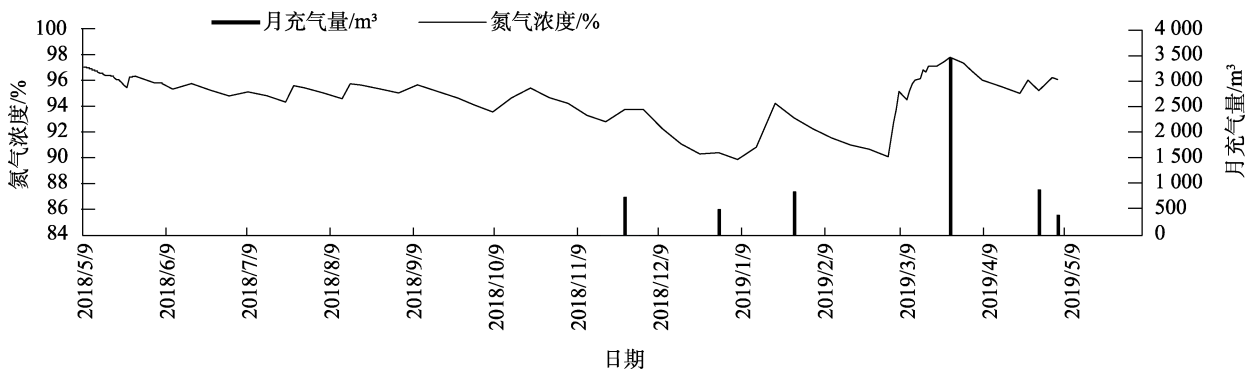


图 2 4P1-1 号仓氮气浓度的变化

2.3 氮气充气量与氮气平均浓度的关联性分析

4P1-1 号仓不同时间氮气补气量和氮气平均浓度的变化如图 2、图 3 所示。由图 2 可知, 从 2018 年 11 月份至 2019 年 5 月份, 不同月份补气量不同, 氮气浓度的升高幅度存在差异, 其中补气量越大氮气浓度升高的越高, 2019 年 3 月份氮气浓度升高幅度最大, 由 90.7% 升高到 97.6%, 升高幅度 6.9%。结合表 2, 不同月份氮气的补气量与氮气浓度的增加值有关系, 其中当粮堆内无氮气补充进去时, 氮气浓度呈下降趋势, 如 2019

年 2 月份, 粮堆内氮气浓度下降了 1.6%; 当粮堆内氮气月补气量在 12.4%~23.6% 时, 氮气浓度增加值在 0.1%~0.9%; 当粮堆内氮气月补气量在 27.0%~28.3% 时, 氮气浓度增加值在 1.0%~3.9%; 当粮堆内氮气月补气量在 110.5% 时, 氮气浓度增加值在 6.9%。结合图 3 可知, 粮堆内日氮气充气量并未导致粮堆氮气浓度的升高。如 2018 年 10 月至 2019 年 1 月期间, 日氮气充气量在 250 m³ 以下的, 粮堆内氮气浓度有可能降低, 而日氮气充气量在 300 m³ 以上的, 粮堆内氮气浓度呈现升高现象。

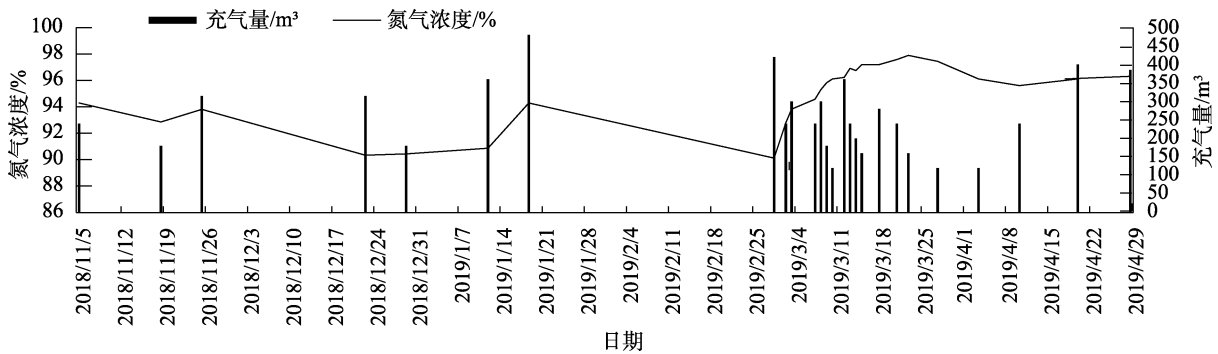


图 3 4P1-1 号仓不同日期氮气补气量和氮气平均浓度的变化

表 2 不同月份氮气补气量与浓度变化关系

月份	充气前浓度/ %	充气后浓度/ %	浓度增 加值	充气量/ m ³	补气量/ %
2018 年 11 月	93.4	93.8	0.4	735	23.6
2018 年 12 月	90.3	90.4	0.1	495	15.9
2019 年 1 月	90.4	94.3	3.9	840	27.0
2019 年 2 月	92.3	90.7	-1.6	0	0.0
2019 年 3 月	90.7	97.6	6.9	3 440	110.5
2019 年 4 月	95.1	96.1	1.0	880	28.3
2019 年 5 月	95.3	96.2	0.9	385	12.4

注: 补气量计算参照 1.3.4, 其中早籼稻的孔隙度 e 按照 60% 计。

2.4 氮气充气量与粮温的关联性分析

4P1-1 号仓氮气气调储粮实验期间氮气充气对粮温变化的影响见情况见图 4 所示。由图 4 可知, 氮气气调储粮期间, 粮堆上层温度变化较大, 平均温度为 23.5 °C, 最高温度为 28.2 °C, 最低温度为 19.2 °C。中层和下层温度变化较小, 平均温度分别为 23.4、26.1 °C, 最高温度分别为 23.9、26.7 °C, 最低温度分别为 22.3、25.4 °C。结合图 1 中实验期间仓内温度和仓外温度变化趋势, 粮堆上层温度受到仓内温度和仓外温度变化影响, 氮气充气过程氮气充气量与粮温无直接影响。

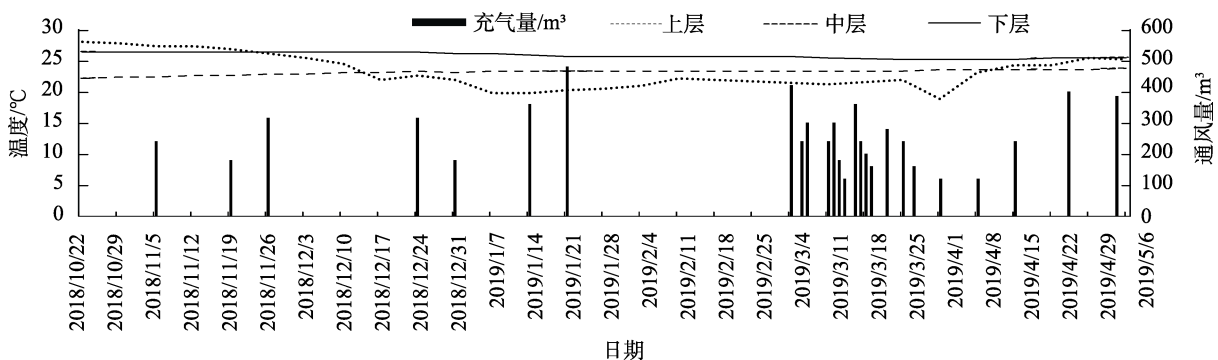


图 4 4P1-1 号仓实验期间氮气充气对上层中层下层粮温变化影响

2.5 成本分析

4P1-1 号仓气调储藏期间, 全年开机时间累计 194 h, 每小时耗电 60 °C, 每度电以 0.7 元计, 储藏成本为 8 148 元, 即气调储藏保管成本每吨为 2.47 元, 而同样仓型的熏蒸仓一年使用磷化铝 177 kg, 每公斤磷化铝按 48 元计, 合计费用为 8 496 元。此外, 使用磷化铝熏蒸施药、药渣处理等人工费用 2 376 元, 药剂配送费用 667 元, 即同样仓型的熏蒸仓保管成本每吨为 3.5 元。早籼稻气调充氮保管比使用磷化铝熏蒸节约每吨 1.03 元。

3 结果与讨论

在压力半衰期为 165 s 的三级气调仓, 采用上充下排的充氮方式结果表明, 仓内氮气浓度达到目标浓度 98.0% 后, 随着时间的延长氮气浓度逐渐降低, 半年内氮气浓度由 97.1% 降低至 94.7%, 降低量为 2.4%。从 10 月份起, 持续的氮气补气, 氮气浓度由 94.3% 升高到 97.9%, 然后氮气浓度缓慢降低。不同月份氮气的补气量与氮气浓度的增加值有关系, 其中当粮堆内无氮气补充进去时, 氮气浓度呈下降趋势; 当粮堆内氮气月补气量在 12.4%~23.6% 时, 氮气浓度增加值在 0.1%~0.9%; 当粮堆内氮气月补气量在 27.0%~28.3% 时, 氮气浓度增加值在 1.0%~3.9%; 当粮堆内氮气月补气量在 110.5% 时, 氮气浓度增加值为 6.9%。氮气气调储藏过程, 粮堆内氮气浓度是氮气泄露量和补气量平衡的结果, 对内氮气浓度的升高要求氮气的补气量大于泄漏量。此外, 氮气充气过程氮气

充气量与粮温无直接影响。

在生产实践过程中, 仓内氮气浓度设置目标浓度为 98.0%, 但实验期间氮气平均浓度为 94.3%, 最高浓度为 97.9%, 最低浓度为 89.9%, 仓内氮气浓度随着时间的延长浓度逐渐降低。根据 Q/ZCL T8—2009《氮气气调储粮技术规程(试行)》5.5.2.3 款^[9], 本实验的三级气调仓符合气调储藏要求。本文实验后期在仓外通风管道外围也发现少量书虱和扁谷盗类害虫, 那么在保管过程应密切关注外界害虫侵入仓内感染为害。此外, 气调储藏过程对粮堆气密性要求较高, 而实践中气调储藏过程粮堆内害虫发生情况无法有效的检测, 那么气调储藏过程害虫检测技术的开发将具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 王若兰. 粮油储藏学[M]. 第 2 版. 北京: 中国轻工业出版社, 2016.
- [2] 高素芬. 氮气气调储粮技术应用进展[J]. 粮食储藏, 2009, 38(4): 25-28.
- [3] 孙相荣, 杨健, 黎万武, 等. 氮气进气量对粮堆中氮气浓度的影响[J]. 粮食储藏, 2012, (3): 18-20.
- [4] 张中, 张成, 杨文生, 等. 浅圆仓环流充氮气调技术研究[J]. 粮食储藏, 2010, 39(6): 22-24.
- [5] 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]. 粮食储藏, 2010, (1): 35-37.
- [6] 韩志强, 黄亚伟, 张景, 等. 浅圆仓充氮气调过程中氮气浓度分布规律研究[J]. 粮油食品科技, 2018, 26(5): 82-85.
- [7] 粮油储藏 平房仓气密性要求: GB/T 25229—2010[S].
- [8] 粮油储藏技术规范: GB/T 29890—2013[S].
- [9] 氮气气调储粮技术规程(试行)中国储备粮管理总公司: Q/ZCL T8—2009[S].