

氮气气调储粮充氮过程能耗分析

李宗权 简冠炽 陈伟 徐辉 李松伟
广东省储备粮管理集团有限公司东莞直属库
DOI:10.12238/as.v7i6.2558

[摘要] 针对充氮工艺、仓房气密性半衰期、储粮品种与充氮能耗以及吨粮成本的关系,我们开展了一系列气调充氮试验,结果表明:在保持仓房类型和粮食品种相同的情况下,不同的充氮方式并不会影响充氮能耗;仓房气密性半衰期的高低与充氮能耗并无明显相关性;仓内粮食数量相同的情况下,小麦、玉米、稻谷充氮能耗和吨粮成本逐渐上升。

[关键词] 氮气气调; 气密性; 能耗; 吨粮成本
中图分类号: F762.1 **文献标识码:** A

Analysis of energy consumption in nitrogen filling process of nitrogen gas storage

Zongquan Li Guanchi Jian Wei Chen Hui Xu Songwei Li
Guangdong Grain Reserve Management Group Co., LTD. Dongguan, Dongguan

[Abstract] For the relationship between nitrogen filling process, half-life of airtightness of warehouse, variety of stored grain and energy consumption of nitrogen filling as well as cost per tonne of grain, we have carried out a series of air-conditioning nitrogen filling experiments, and the results show that: in the case of keeping the same type of warehouse and variety of grain, the different ways of nitrogen filling will not affect the energy consumption of nitrogen filling; there is no obvious correlation between the height of airtightness half-life of the warehouse and the energy consumption of nitrogen filling; and the energy consumption and cost of nitrogen filling will gradually increase in wheat, corn, rice, etc., in the case of same quantity of grain in the warehouse. For the same number of grains in the silo, the energy consumption and cost per tonne of grain of wheat, maize and rice gradually increase.

[Key words] Nitrogen gas conditioning; air tightness; energy consumption; cost per tonne of grain

推进粮食绿色仓储工作,是守住管好“天下粮仓”的职责使命,是因地制宜发展新质生产力的路径选择。近年来,我国绿色储粮技术在粮食储藏气调控温、保鲜保质、虫霉防治等方面不断取得新成果,为粮食打造一个更宜居的“家”。氮气气调储粮作为符合我国“创新、协调、绿色、发展”新理念的绿色储粮技术之一,主要是从空气中分离出高浓度氮气充入粮仓中,置换出粮堆内的空气,将仓内氧气体积分数降至2%以下,从而实现防止储粮害虫滋生、延缓粮食品质劣变和抑制粮堆发热霉变等安全储粮的目的^[1-2]。该技术在我国南方地区已得到一定范围的应用^[3],然而目前对氮气气调储粮成本并无相对全面的介绍,行业内仍存在一定的疑虑。

广东省储备粮管理集团有限公司东莞直属库百万吨储粮仓容目前已实现氮气气调管路互联互通,气调系统全覆盖,省级储备粮气调率可达100%,上一年度开展气调作业150余次。本试验结合库区气调作业开展实际情况进行对比分析,探究充氮过程中相关参数与能耗的关系,以期对氮气气调储粮技术更好地应

用推广提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验仓房参数。浅圆仓:设计仓容1.1万吨,仓房体积15790m³,顶高37.8m,装粮线高度30.4m,内径25m。

大直径筒仓:设计仓容2万吨,仓房体积30071m³,顶高51.5m,装粮线高度41.0m,内径29m。

1.2 试验设备。制氮机:大连力德生产LDPN-350/99.5型固定式制氮机,氮气纯度 $\geq 99.5\%$,氮气压力 $\leq 6.5\text{bar}$,制氮效率350Nm³/h。

气调控制系统:单位自研氮气智能控制系统。

氧气浓度检测仪:德尔格X-am5600,版本V7.8。

氮气浓度检测仪:成都生产的CGSR-GICS 氮气检测系统,量程79.00%~99.99%。

压力计:FLUKE922。

1.3 试验方法。

1.3.1 仓房气密性检测方法。采用正压法对仓房进行气密性

半衰期检测。对仓房所有孔洞进行密闭,启动风机打压,压力超过500Pa时迅速关停风机和阀门,检测压力半衰期(即仓房压力从500Pa降至250Pa所需时间)作为整仓气密性时间。

1.3.2充氮方法。所有仓房分别以下充上排或上充下排方式进行充氮,氮气流量 $350\text{Nm}^3/\text{h}$ 左右,氮气浓度99.6%左右,待仓内氮气浓度检测点平均浓度达到98.5%时停止充氮,记录充氮能耗。

2 结果与分析

2.1充氮工艺与充氮能耗的关系。根据异常粮情发生位置的不同,在气调储粮充氮过程中我库通常采用上充下排或下充上排的充气方式,两种不同的充气方式通过调节仓周对应阀门的开关来实现。为了探究不同的充氮方式与充氮能耗的关系,本试验分别结合不同仓型和粮食品种分析了充氮工艺与能耗的关系,试验结果如表1所示。

表1 充氮工艺与充氮能耗的关系

仓房类型	仓房编号	粮食品种	数量(t)	气密性(s)	充氮工艺	充氮能耗(kW·h)	吨粮成本(元)
大直径筒仓	Q49	小麦	20000	3998	上充下排	10226.5	0.43
	Q50	小麦	20000	4000	下充上排	10360	0.43
	Q45	玉米	20000	3092	上充下排	10260	0.45
	Q52	玉米	20000	3060	下充上排	10440	0.45
浅圆仓	Q25	稻谷	7850	2420	下充上排	6400	0.68
	Q25	稻谷	7850	2400	上充下排	6429	0.68

由表1可知,在仓房气密性半衰期基本一致的情况下,大直径筒仓小麦仓Q49和Q50仓分别采用上充下排和下充上排的充氮方式,充氮能耗分别为 $10226.5\text{kW}\cdot\text{h}$ 和 $10360.0\text{kW}\cdot\text{h}$,两者基本无差异;大直径筒仓玉米仓Q45和Q52仓分别采用上充下排和下充上排的充氮方式,充氮能耗分别为 $10260.0\text{kW}\cdot\text{h}$ 和 $10440.0\text{kW}\cdot\text{h}$,两者基本无差异;浅圆仓稻谷仓Q25仓前后两次气调分别采用上充下排和下充上排的充氮方式,充氮能耗分别为 $6400.0\text{kW}\cdot\text{h}$ 和 $6429.0\text{kW}\cdot\text{h}$,两者基本无差异。上述结果表明,在保持其他条件相同的情况下,不同的充氮方式与充氮能耗无明显直接关联,理论上而言该充氮过程中所需要置换的仓内空气体积基本一致,不受充氮工艺的影响。

2.2气密性半衰期与充氮能耗的关系。气密性半衰期体现的是仓房密封性能,这是考察仓房条件的一个重要指标参数,它直接影响控温作业、氮气气调等绿色储粮技术的应用效果^[4]。本试验探究了仓房气密性半衰期与充氮能耗的关系,试验结果如表2所示。

由表2可知,Q1和Q4仓气密性半衰期分别为1082s和1091s,

而该次充氮能耗两者分别为 $4826.6\text{kW}\cdot\text{h}$ 和 $6167.4\text{kW}\cdot\text{h}$,在气密性半衰期基本相同的情况下,后者的充氮能耗比前者高27.8%左右;Q10和Q15仓气密性半衰期分别为1004s和1369s,后者比前者高36.4%,而该次充氮能耗两者分别为 $5943.9\text{kW}\cdot\text{h}$ 和 $6017.1\text{kW}\cdot\text{h}$,基本相同;Q29和Q30仓气密性半衰期分别为3185s和1417s,前者比后者高124.8%,而该次充氮能耗两者分别为 $6426.5\text{kW}\cdot\text{h}$ 和 $6357.4\text{kW}\cdot\text{h}$,基本相同;Q39和Q51仓气密性半衰期分别为1920s和5555s,后者比前者高189.3%,而该次充氮能耗两者分别为 $6155.0\text{kW}\cdot\text{h}$ 和 $9030.0\text{kW}\cdot\text{h}$,后者反而比前者高46.7%。上述试验结果表明,气密性半衰期的高低与充氮能耗并无明显相关性。刘进吉等人研究得出气密性半衰期与氮气有效浓度维持时长有关^[5]。

表2 气密性半衰期与充氮能耗的关系

仓房编号	粮食品种	数量(t)	气密性(s)	充氮工艺	充氮能耗(kW·h)	吨粮成本(元)
Q1	小麦	11000	1082	上充下排	4826.6	0.37
Q4	小麦	11000	1091	上充下排	6167.4	0.47
Q10	玉米	10500	1004	上充下排	5943.9	0.45
Q15	玉米	10500	1369	上充下排	6017.1	0.47
Q29	稻谷	7850	3185	上充下排	6426.5	0.68
Q30	稻谷	7850	1417	上充下排	6357.4	0.67
Q39	小麦	20000	1920	上充下排	6155	0.26
Q51	小麦	20000	5555	上充下排	9030	0.38

2.3粮食品种与充氮能耗的关系。不同的粮食品种由于容重不同,在仓房内所占体积也不同,气调充气过程中达到同样氮气浓度所需置换空气的体积不同,在前面试验的基础上,本试验探究了粮食品种与充氮能耗的关系,试验结果如表3所示。

表3 粮食品种与充氮能耗的关系

仓房类型	粮食品种	数量(t)	仓房体积(m ³)	空间体积(m ³)	充氮能耗(kW·h)	吨粮成本(元)
浅圆仓	小麦	10500	15790	2960	5262	0.39
	玉米	10500	15790	1780	6368	0.51
	稻谷	10500	15790	1200	8329	0.66
大直径筒仓	小麦	20000	30071	6071	9516	0.39
	玉米	20000	30071	3522	10443	0.46

注:本表采用的是2024年度本库区相应气调充氮数据的平均值。

由表3可知,在数量相同的情况下,浅圆仓和大直径筒仓中小麦、玉米、稻谷的仓房空间体积逐渐减小,而充氮能耗和吨粮成本呈现逐渐上升的趋势,猜测是粮堆内部孔隙越小,气体流经内部速度更快,更有利于充氮气调过程中将仓内的氧气及其他气体排出,达到设定目标氮气浓度。浅圆仓和大直径筒仓的小麦分别为10500t和20000t时,充氮能耗后者约为前者的2倍,两者吨粮成本均为0.39元;浅圆仓和大直径筒仓的玉米充氮吨粮成本分别为0.51元和0.46元,可知在设置氮气流量 $350\text{Nm}^3/\text{h}$ 、氮气浓度99.6%时,制氮机组对浅圆仓和大直径筒仓小麦、玉米的充氮成本基本一致。

3 讨论

3.1 尽管采用上充下排和下充上排的充氮方式并不会影响充氮能耗,但是我们在给不同类型的仓房充氮时,可以充分探索合理的充氮参数,尽可能降低充氮成本,实现节能降耗。

3.2 仓房气密性半衰期的高低与充氮能耗并无明显相关性,而与氮气有效浓度维持时长有关,因此每次开展气调作业前,建议对仓房进行实仓气密性检测,对漏气部位及时采取相应处置措施,保证仓房经常性具备良好的密闭和储粮性能。

3.3 仓内粮食数量相同的情况下,小麦、玉米、稻谷充氮能耗和吨粮成本逐渐上升。

3.4 氮气气调储粮应用效果与仓房气密性半衰期长短息息相关,建议后续新建仓房将仓房气密性作为一项重要验收条件,同时提高仓房气密性要求。

3.5 应当加快整合绿色储粮综合技术,形成光伏发电、氮气气调、综合控温为一体的成熟粮食保管方案,构建更高层次、更高质量、更有效率的粮食安全保障体系。

[参考文献]

[1] 张来林,李庆光,季雪根,等.一种降低气调仓充氮费用的新工艺[J].粮食与饲料工业,2014,(07):14-16.

[2] 林海红,郑雄友,韩枫,等.浅圆仓充氮气调技术实仓应用探究[J].粮食储藏,2017,46(02):15-20.

[3] 张景,翁胜通,向征,等.尾气回收充氮工艺对作业能耗的影响分析[J].粮油仓储科技通讯,2023,39(02):14-15+18.

[4] 李宗权,徐辉,雷腾飞,等.立筒仓气密性改造试验[J].粮食储藏,2023,52(05):21-24.

[5] 刘进吉,赵磊,叶海军,等.浅圆仓不同充氮工艺气调试验[J].粮食储藏,2019,48(06):16-20.

作者简介:

李宗权(1997--),男,汉族,湖南武冈人,硕士研究生,粮油保管员,研究方向为粮食储藏、绿色储粮技术应用等。