# 华南地区高大平房仓玉米氮气气调储藏探讨*

刘德军
（中央储备粮惠州直属库 516229）

摘 要 结合华南地区储粮生态特点，通过变压吸附技术从空气中分离氮气，输入到密闭的粮堆中，维持一定时间的有效浓度，杀死储粮害虫和部分好氧微生物，保持储粮品质稳定。

关键词 氮气浓度 流量 排气

充氮气调技术是一项新型绿色环保储粮技术，通过置换粮堆中的氧气，使储粮害虫和好氧微生物缺氧而死，抑制虫霉生长，达到储粮品质长期稳定和保鲜的目的。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验仓基本情况

本次试验选择 8 号仓作为试验仓，6 号仓为对照仓，均为 2002 年新建的高大平房仓，长 54 m，宽 24 m，堆高 6 m，设计仓容 5556 t。通风系统为地上笼，一机三道。储粮基本情况见表 1。

表 1 储粮基本情况表

| 仓号 | 品种 | 数量（t） | 入库时间（年·月） | 半衰期（s） | 虫口密度（头/kg） |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 玉米 | 5621 | 2010·4 | 311 | 8 |
| 6 | 玉米 | 5418 | 2010·6 | 261 | 7 |

### 1.2 试验设备

移动式变压吸附制氮系统，设备产气量 110 $Nm^3/h$，氮气浓度为 99.8%；氧气浓度检测仪、空气呼吸器、空气压缩泵、低氧报警仪；5.5 kW 离心风机。

### 1.3 仓房气密性

1.3.1 仓房气密性处理 通风口、地坪等部位在入粮前用玻璃胶和沥青填实，入粮后，在粮面、仓门处将原单槽改为双槽；环流通风主口和浓度检测管改到密封槽下，粮情线槽等部位用玻璃胶填实。粮面下 30 cm 处布好 PVC 环流管道后，用茂金丝薄膜压入双槽密封，四个仓门先用弹性较好的聚氯乙烯薄膜密封，然后用茂金丝薄膜密封，提高仓房气密性。

1.3.2 仓房气密性测试 粮面及仓门密封后，将 5.5 kW 离心风机口变径，改装成与固定式环流熏蒸管径一致，连结到中间环流熏蒸管上，关闭另外两个通风口。U 型管装水后，连结到仓外浓度检测管上，开始负压抽风到－500 Pa，从－300 Pa 开始计时，－150 Pa 停止计时（下次测试时将负压抽至－350 Pa即可）。

### 1.4 试验方法

1.4.1 试验试虫 取玉米象、锈赤扁谷盗、麦蛾、赤拟谷盗四种害虫各 5 头，放入 4 个虫笼，分别放在粮面对角线上的墙角、1/4 处、1/2 处、3/4 处的粮面下 30 cm 处。

1.4.2 实仓充氮 采用上充下排的方式充氮，先关闭所有通风口及阀门，充入浓度 99.8%的氮气。当粮面薄膜鼓起形成气囊时，打开地上笼风道口阀门排气。持续充气，当氮气浓度达到 93%时，停止充气，开启环流风机，均匀粮堆内浓度。当检测点的氧气浓度差≤2%时，停止环流。继续向粮堆内充入氮气，边充边排。当气囊太大顶到吊顶时，为了防止压力过大薄膜被仓内灯具顶穿或密封槽脱落漏气，及时用离心风机从通风口往外抽气，减小气囊压力，再向粮面充气。重复上述过程，直到浓度达 98%以上，停止充气。当浓度下降到 98%时，再往粮面充气，维持粮堆浓度 28 d，然后让粮堆浓度自然衰减。

1.4.3 浓度检测 充氮期间每天每隔 4 h 检测一次氧气浓度（通过氧气浓度换算成氮气浓度），每半小时检查一次粮面薄膜鼓起情况，每天检查一次粮情，记录每次开关机时间、充氮时间、氮气浓度、氮气流量、充氮压力等。氧气浓度检测点设置如图 1。

* 收稿日期：2011－03－04
通讯地址：广东省惠州市陈江镇胜利村水围

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　氧气浓度检测表　　（单位：%）

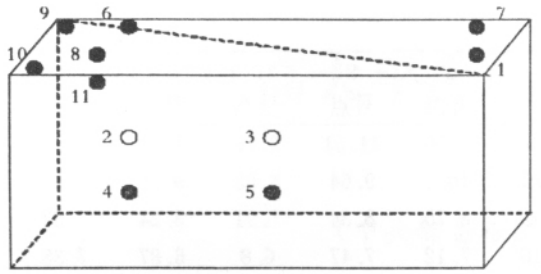
| 日期（月·日） | 1 号点 | 2 号点 | 3 号点 | 4 号点 | 5 号点 | 6 号点 | 7 号点 | 8 号点 | 9 号点 | 10 号点 | 11 号点 | 平均浓度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9·14 | 14.18 | 18.78 | 17.59 | 19.24 | 16.95 | 18.55 | 2.56 | 11.51 | 3.76 | 11.3 | 12.4 | 13.35 |
| 9·15 | 13.63 | 15.99 | 14.36 | 15.49 | 12.01 | 11.5 | 10.1 | 9.64 | 8.55 | 9.25 | 9.31 | 11.8 |
| 9·16 | 11.91 | 13.78 | 10.35 | 13.09 | 11.16 | 10.43 | 8.75 | 8.34 | 7.91 | 8.24 | 7.67 | 10.15 |
| 9·17 | 10.3 | 12.2 | 9.2 | 11.11 | 9.3 | 7.16 | 7.12 | 7.47 | 6.8 | 6.87 | 7.38 | 8.63 |
| 9·18 | 7.62 | 10.01 | 7.14 | 9.15 | 7.43 | 6.96 | 5.53 | 4.32 | 4.87 | 4.55 | 5.73 | 6.66 |
| 9·19 | 7.5 | 9.31 | 6.21 | 7.97 | 6.56 | 5.6 | 4.91 | 3.76 | 4.33 | 3.97 | 4.88 | 5.91 |
| 9·20 | 7.15 | 8.99 | 5.24 | 7.57 | 5.5 | 3.41 | 4.33 | 3.19 | 3.76 | 3.43 | 4.26 | 5.17 |
| 9·21 | 6.66 | 8.57 | 4.53 | 7.11 | 5.02 | 3.4 | 4 | 2.86 | 3.24 | 3.02 | 3.79 | 4.74 |
| 9·22 | 6.38 | 8.43 | 4.33 | 7.04 | 4.83 | 3.27 | 3.87 | 2.53 | 2.92 | 2.85 | 3.41 | 4.53 |
| 9·23 | 6.32 | 8.16 | 4.08 | 6.83 | 4.58 | 3.18 | 3.66 | 2.35 | 2.71 | 2.68 | 2.94 | 4.32 |
| 9·24 | 5.89 | 7.91 | 3.74 | 6.67 | 4.17 | 3.23 | 3.38 | 2.1 | 1.83 | 1.76 | 2.75 | 3.95 |
| 9·25 | 5.81 | 7.53 | 2.97 | 5.98 | 3.77 | 2.78 | 2.56 | 1.64 | 1.35 | 1.56 | 2.53 | 3.5 |
| 9·26 | 5.52 | 6.22 | 3.04 | 5.64 | 3.41 | 2.65 | 2.4 | 1.23 | 1.14 | 1.2 | 2.1 | 3.14 |
| 9·27 | 5.1 | 5.27 | 3 | 4.16 | 3.31 | 1.79 | 2.43 | 0.95 | 0.68 | 0.7 | 1.05 | 2.58 |
| 9·28 | 3.92 | 4.69 | 2.66 | 3.05 | 3.2 | 1.54 | 1.34 | 0.62 | 0.37 | 0.41 | 0.65 | 2.04 |
| 9·29 | 3.48 | 4.54 | 2.59 | 2.79 | 2.99 | 1.01 | 0.81 | 0.56 | 0.57 | 0.62 | 0.65 | 1.87 |
| 9·30 | 3.2 | 4.29 | 2.47 | 2.29 | 2.87 | 1.25 | 0.45 | 0.42 | 0.34 | 0.48 | 0.67 | 1.7 |
| 10·1 | 3.76 | 4.19 | 2.29 | 3.83 | 2.78 | 1.39 | 1.63 | 0.1 | 0.04 | 0.47 | 0.05 | 1.87 |
| 10·2 | 3.49 | 4.74 | 2.26 | 3.62 | 2.64 | 2.17 | 1.78 | 0.11 | 0.07 | 0.56 | 0.09 | 1.96 |
| 10·3 | 3.7 | 4.88 | 2.4 | 3.78 | 2.78 | 2.26 | 1.64 | 0.33 | 0.24 | 0.64 | 0.35 | 2.09 |
| 10·4 | 3.68 | 4.97 | 2.75 | 3.94 | 2.90 | 2.54 | 1.82 | 0.54 | 0.37 | 0.82 | 0.64 | 2.27 |
| 10·5 | 3.83 | 5.19 | 2.81 | 4.32 | 3.12 | 2.83 | 1.86 | 0.88 | 0.61 | 1.04 | 0.78 | 2.48 |
| 10·6 | 4.54 | 5.30 | 2.93 | 4.54 | 3.44 | 2.75 | 1.97 | 0.97 | 1.12 | 1.55 | 1.36 | 2.77 |
| 10·7 | 4.76 | 5.56 | 3.18 | 4.98 | 3.51 | 2.68 | 2.02 | 1.16 | 1.86 | 1.72 | 1.25 | 2.97 |
| 10·8 | 4.41 | 5.14 | 3.89 | 5.49 | 4.15 | 3.42 | 2.20 | 1.74 | 1.55 | 1.63 | 1.76 | 3.21 |
| 10·9 | 3.86 | 5.65 | 3.34 | 5.97 | 4.60 | 3.65 | 2.26 | 2.17 | 1.92 | 1.80 | 1.13 | 3.3 |
| 10·10 | 4.62 | 5.76 | 3.73 | 5.57 | 4.36 | 3.57 | 2.89 | 2.48 | 2.08 | 1.77 | 2.69 | 3.59 |
| 10·11 | 5.25 | 6.43 | 3.59 | 5.35 | 4.27 | 3.43 | 3.43 | 2.75 | 2.12 | 1.94 | 2.53 | 3.74 |
| 10·12 | 4.01 | 4.74 | 2.22 | 4.06 | 2.53 | 2.03 | 2.02 | 1.83 | 1.57 | 1.83 | 4.94 | 2.89 |
| 10·13 | 4.52 | 5.18 | 2.79 | 4.54 | 3.04 | 2.77 | 2.45 | 1.38 | 1.16 | 1.34 | 3.79 | 3.00 |
| 10·14 | 3.94 | 4.68 | 2.17 | 4.07 | 2.54 | 3.76 | 2.35 | 0.95 | 0.63 | 0.89 | 1.27 | 2.48 |
| 10·15 | 4.34 | 5.16 | 2.41 | 4.45 | 2.77 | 1.57 | 2.27 | 1.40 | 1.10 | 1.39 | 3.81 | 2.79 |
| 10·16 | 5.21 | 5.94 | 3.36 | 5.25 | 3.69 | 2.88 | 2.85 | 2.09 | 1.76 | 2.03 | 2.78 | 3.44 |
| 10·17 | 5.01 | 5.85 | 3.52 | 5.13 | 3.60 | 2.91 | 2.88 | 2.20 | 1.56 | 1.87 | 2.56 | 3.37 |
| 10·18 | 4.87 | 5.53 | 3.04 | 4.88 | 3.37 | 3.27 | 3.44 | 2.42 | 2.22 | 2.47 | 3.22 | 3.52 |
| 10·19 | 4.41 | 5.08 | 2.75 | 4.53 | 3.03 | 3.09 | 2.11 | 2.62 | 2.40 | 2.71 | 3.92 | 3.33 |
| 10·20 | 4.97 | 5.63 | 3.09 | 4.99 | 3.35 | 2.53 | 2.49 | 1.63 | 1.45 | 1.79 | 1.54 | 3.04 |
| 10·21 | 5.18 | 5.84 | 3.27 | 5.12 | 3.44 | 2.78 | 2.90 | 1.85 | 1.53 | 1.90 | 1.18 | 3.18 |
| 10·22 | 5.69 | 5.87 | 3.75 | 5.62 | 3.89 | 3.14 | 3.03 | 3.05 | 3.10 | 2.98 | 2.05 | 3.83 |
| 10·23 | 5.34 | 5.97 | 3.55 | 5.41 | 3.84 | 3.22 | 3.33 | 2.28 | 2.98 | 2.40 | 2.02 | 3.67 |
| 10·24 | 5.35 | 5.87 | 3.55 | 5.43 | 3.94 | 3.24 | 3.43 | 2.28 | 2.97 | 2.41 | 2.30 | 3.71 |
| 10·25 | 5.58 | 5.94 | 3.65 | 5.64 | 4.05 | 3.36 | 3.98 | 3.11 | 3.2 | 2.49 | 2.8 | 3.98 |

## 2　结果与分析

### 2.1　试验仓充氮情况

8 号仓从 9 月 14 日开机充氮，到 10 月 14 日，共耗时 91.7 h，能耗 3668 kW·h，总费用 2934 元（整个制氮机按 40 kW，电费按 0.8 元/kW·h 计算）。从表 2 可以看出，间歇充氮一星期后，仓内平均浓度达到 95%，充氮用时 55 h；到 9 月 29 日时，

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net




注:7点、8点、9点、10点在粮面;1点、6点、11点在粮面下1.5 m处;2点、3点在粮面下3 m处;4点、5点在粮面下4.5 m处。

图1 氧气浓度检测点设置示意图

充氮68.5 h,氮气浓度达到98%以上。

2.2 粮温变化情况

试验仓充氮前两个高温点33℃和34℃经过1个月充氮环流,分别下降到29.6℃和31.1℃,经过2个月时,分别下降到正常粮温25.0℃和28.1℃,发热点自然消除。由于粮面有气囊隔热,处在动态之中的粮堆平均粮温和最高粮温都在缓慢下降。对照仓粮食入仓后,用谷冷机平衡粮温到23℃,到9月中旬时,平均粮温已升到25.9℃,最高粮温只有31.8℃;到10月下旬时,平均粮温已升到27.3℃,最高粮温达34.1℃,并且都在粮堆表面。由于粮堆压盖密闭,处于静态,粮温不稳定,平均粮温缓慢上升,最高粮温也在缓慢上升,高温点开始增多。10月底,我们及时揭膜放气,撤掉粮面压盖物,翻粮面,开始用单管风机局部降温,夜间用轴流风机通风降温,平均粮温和最高粮温快速下降。粮情对比如表3所示。

表3 粮温变化对照表 (单位:℃)

| 日期(月·日) | 8号仓 | | | 6号仓 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 平均粮温 | 最高粮温1点 | 最高粮温2点 | 平均粮温 | 全仓最高粮温 |
| 9·14 | 25.0 | 34.0 | 33.0 | 25.9 | 31.8 |
| 9·28 | 26.1 | 32.3 | 31.5 | 26.3 | 32.1 |
| 10·14 | 26.2 | 31.1 | 29.6 | 26.8 | 32.6 |
| 10·28 | 25.9 | 30.1 | 28.5 | 27.3 | 34.1 |
| 11·15 | 24.9 | 28.1 | 25.0 | 22.1 | 32.5 |
| 11·30 | 24.7 | 27.3 | 24.3 | 22.0 | 34.8 |

2.3 杀虫情况

试验仓充氮4 d时,粮面害虫开始死亡,到2周时,粮面活虫全部死亡。密闭2个月后,进仓检查,没有发现活虫,取出虫笼培养1个月,没有发现活虫。对照仓7月29日开始膜下环流间歇熏蒸,10月29日揭膜放气,密闭3个月,共使用磷化铝31.5 kg,总费用1732.5元。经检查,没有发现活虫,取样品培养1个月,发现有锈赤扁谷盗2头。

## 3 结论

3.1 仓房气密性决定充氮气调杀虫的效果,也与能耗成本息息相关。我库将密封双槽直接镶入墙体内,并用玻璃胶与墙体密封,提高了仓房的气密性。另外,仓门先用弹性较好的聚氯乙烯薄膜密封,再用茂金丝薄膜密封,大大提高了仓房的密闭效果。

3.2 试验仓充氮吨粮费用为0.52元/t,对照仓磷化氢熏蒸吨粮费用为0.32元/t。虽然充氮吨粮费用比磷化氢膜下熏蒸费用高0.2元/t,但如果能改善充氮工艺,先用大流量较低浓度充气,费用还能降低一些。在防虫防霉、控温方面,比磷化氢熏蒸优越。从绿色环保方面来看,其无污染、无残留是磷化氢熏蒸所不具备的。

3.3 气囊大小也影响着充气效果,如果气囊做得太大,仓内检测台处薄膜由于压力太大,容易脱落,也容易被仓内尖硬物顶破,造成氮气外泄。气囊太小,影响排气效果。另外,最好将仓内密封槽四周用沙袋压住,防止因气囊内压力太大使薄膜脱落,并可增加向仓外排气的速度。

3.4 由于粮堆存在杂质聚集区,此处的气体浓度很难达到98%以上,因此,入库时需分散杂质,确保气流畅通。

## 参考文献

1 莫敏,卢佐昌等.富氮低氧储粮防虫试验.粮油仓储科技通讯,2010(5)

2 黄祖亮,付鹏程等.氮气气调储粮效果与仓房气密性的关系研究.粮食储藏,2010(1)

3 高素芬.氮气气调储粮技术应用进展.粮食储藏,2009(4)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net