

膜下富氮低氧环流工艺在横向通风系统中的应用

沈波, 应玲红, 余永红, 吕英汉

(浙江省粮食局直属粮油储备库, 浙江 杭州 310006)

摘要:用移动式膜分离制氮机对具有横向通风系统的粮堆进行富氮低氧试验, 经过十个阶段, 运用六种工艺进行比较, 使98%的氮气浓度保持45 d, 杀灭粮堆内的全部害虫。结果表明, 横向通风系统适合富氮低氧工艺, 并具有降氧速度快、能耗低、工艺简单的特点。

关键词:横向风网; 富氮低氧; 负压环流; 膜分离制氮机

中图分类号: TU 267+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2015)S-0061-03

富氮低氧气调储粮是一项实用、绿色、环保的新技术, 具有保持粮食新鲜度、延缓储粮品质劣变、抑制储粮害虫和微生物生长繁殖的作用。富氮低氧气调在垂直通风系统已取得成功, 浙江省粮食局直属粮油储备库以包改散为契机, 于2013年底对P21、P24进行以风道上墙为主要内容的横向通风系统改造。2014年6月在国家粮食局科学研究院专家的指导下, 在横向风网系统中运用膜分离制氮机进行富氮低氧实仓试验, 探讨膜下富氮低氧环流工艺在横向通风系统中的应用。

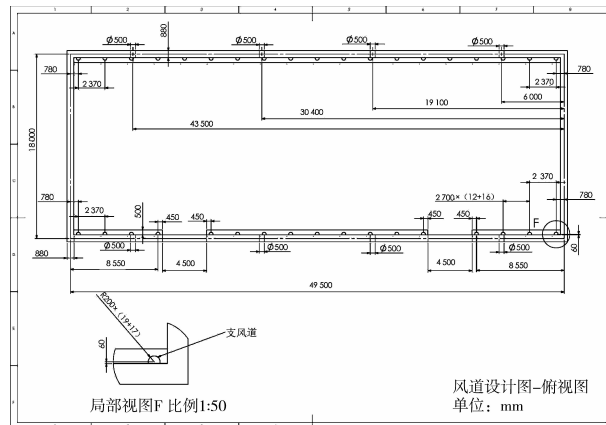


图1 风道布置俯视图

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验仓房

选用浙江省粮食局直属粮油储备库P24号仓作为横向富氮低氧环流试验仓, 该仓为2014年初完成“包改散”工程, 并在国家粮食局科学研究院专家的指导下进行风网安装, 仓房长49.5 m, 宽18 m, 堆粮高5 m, 设计仓容3 350 t。

1.1.2 试验风道

将原来东西向的垂直通风系统改成南北向的横向通风系统, 途径比为1.16, 详情见图1~图2。

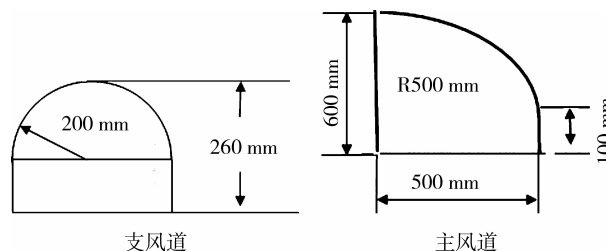


图2 风道布置图

1.1.3 试验用粮

该仓储存2013年收获的早籼稻谷, 储存方式为仓内散储, 机械入仓, 粮食品质情况见表1。

表1 储粮基本情况

仓号	品种	水分 /%	杂质 /%	脂肪酸值 / (KOH · mg/100 g)	色泽	气味
P24	早籼稻谷	11.5	0.8	20.8	正常	正常

收稿日期: 2015-01-30

基金项目: 国家粮食公益性行业科研专项 (201313001-06, 201313004); 十二五国家科技支撑计划项目 (2013BAD17B00)

作者简介: 沈波, 1980年出生, 工程师。

1.1.4 试验材料与设备

塑料薄膜:PA/PE 五层共挤复合膜,厚 0.14 mm,充氮专用橡胶管,采用“单膜双槽”密封。

环流风机:风量 $\leq 1\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$,风压 $\leq 1\ 000\ \text{Pa}$,功率 $\leq 1\ \text{kW}$,风机叶片外缘最大线速度 $\leq 40\ \text{m/s}$ 。

膜分离制氮机:北京产 DM60-120 膜分离制氮机,浓度 99.5% 时产气量为 $60\ \text{m}^3$ 。

检测设备:测氧仪两台,量程 0~25.0%,报警仪两台,报警点 $\leq 19.5\%$,数字压力仪,风速仪。

安全防护设备:C900 正压空气呼吸器 3 套,报警压力 $5.5 \pm 0.5\ \text{Mpa}$ 。

1.1.5 虫害情况

在粮堆检查门口、高温点、进粮门口、排风扇口、仓房四角、里昂面中部共过筛检测 16 个点,筛检结果显示:进粮门口及粮面中间部位虫害较重,其中西南角谷蠹 5 头/kg,锈赤扁谷盗 13 头/kg。

1.2 试验方法

1.2.1 仓房气密性检测

按照 GB/25229—2010《粮油储藏 平房仓气密性要求》进行测定,仓内薄膜密封实仓气密性: -300 Pa 升至 -150 Pa 的半衰期为 258 s,为熏蒸一级仓标准、气调仓二级仓标准。

1.2.2 浓度检测点布置

在粮堆南北方向分三个截面,南截面从东到西设 A、B、C 三个点,中截面为 D、E、F,北截面为 G、H、I,共 9 个点,每个点分三层(见图 3)。粮面四角离墙 0.5 m 处和粮面中间设五点。

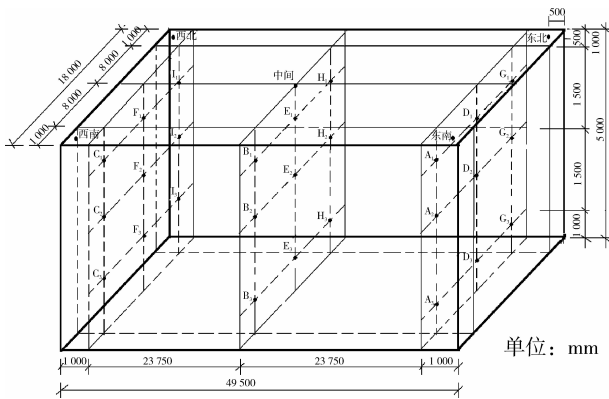


图3 检测点布置示意图

1.2.3 膜分离气调储粮工艺

第一阶段:南充北排工艺。93.5% 的氮气,流量为 $113\ \text{m}^3/\text{h}$,从南边风道进入粮堆,然后由环流机从北边风道排出,使粮堆保持微负压状态。整个阶段自 6 月 30 日 13:40 开始,6 h 后结束,北截面氮气

平均浓度为 84%,中截面为 83.5%,南截面为 90.5%,粮面为 88.5%。

第二阶段:直充鼓膜工艺。使制氮机出口和北侧风道连接,从北侧进气,产气浓度为 93.5%,产气量为 $114\ \text{m}^3/\text{h}$,8 h 后膜全部鼓起,结束后北截面浓度为 84%,中截面为 83.5%,南截面为 92%,粮面为 89%。

第三阶段:鼓膜静置平衡工艺。关闭制氮机和环流机,仓内进出口保持关闭状态,22 h 后北截面氮气浓度为 86%,中截面为 84.5%,南截面为 88.5%,粮面为 88.5%。

第四阶段:气囊状态下制氮机仓内循环工艺。产气浓度为 99.8%,产气量为 $61\ \text{m}^3/\text{h}$,回流流量为 $156 \sim 175\ \text{m}^3/\text{h}$,浓度为 89.7%~91.3%,13 h 后膜套贴回粮面,此时北截面氮气浓度为 90.5%,中截面为 89%,南截面为 89%,粮面为 94%。

第五阶段:制氮机仓内循环纯化阶段工艺。气流南侧进,北侧出,控制好进出口流量,保持仓内微负压,产气浓度为 98%,产气量为 $83\ \text{m}^3/\text{h}$,回流流量为 91.3%~93%。制氮机工作 11 h,故障停机 9 h,20 h 后北截面氮气浓度为 90%~92%,中截面为 88%~92%,南截面为 89%~91%,粮面为 94.5%。

第六阶段:二次制氮机直充鼓膜工艺。关闭环流风机,制氮机产气浓度为 96%,产气量为 $95\ \text{m}^3/\text{h}$,氮气从南风道进入粮堆,8 h 后,气囊充满 1/2,北截面氮气浓度为 91%~95%,中截面为 90%~93%,南截面为 91.5%~94%,粮面为 93%。此后停机 4 h。

第七阶段:第二次气囊状态下仓内循环工艺。制氮机产气浓度为 99%,产气量 $114\ \text{m}^3/\text{h}$,回流浓度为 94.8%~96.5%,流量为 $197\ \text{m}^3/\text{h}$,从南侧进气,从北侧回流。12 h 后套贴回粮面,结束后北截面氮气浓度为 97%~99%,中截面为 94%~96%,南截面为 95%~97%,粮面为 99%。

第八阶段:高浓度氮气鼓膜维持工艺。制氮机产气浓度为 98.2%,产气量为 $61\ \text{m}^3/\text{h}$,气流从南侧进,共 23 h 充满整个气囊,关闭制氮机,结束后北截面氮气浓度为 98.2%,中截面为 96.7%,南截面为 96.8%,粮面为 97.5%。

第九阶段:气囊维持自然平衡阶段。7 月 6 日~7 月 22 日,关闭制氮机,使气囊自然衰减,定时检测氮气浓度及害虫死亡情况,7 月 21 日气囊剩余 1/4,

北截面氮气浓度为 98.2%~98.7%,中截面为 98.3%~98.8%,南截面为 98.7%~98.8%,粮面为 98.7%~98.9%。

第十阶段:直充补气工艺。7月22日19:25开始补气,用时12.5h,产气浓度为97.2%,产气量为59 m³,结束时北截面氮气浓度为98.4%~98.8%,中截面为98.7%~98.8%,南截面为98.2%~98.7%,粮面为98.3%~98.8%。

8月20日膜套贴回粮面,北截面氮气浓度为98.7%~98.8%,中截面为98.6%~98.8%,南截面为98.8%~98.9%,粮面为97.6%~98.8%,气囊共维持45 d。

2 结果与分析

2.1 各阶段氮气浓度

在富氮低氧试验的各个阶段按照要求对测点进行检测,各截面每个阶段结束后的氮气浓度见表2。

表2 各阶段氮气浓度变化

充氮工艺	所耗时间	粮堆各截面平均浓度/%			粮堆平均浓度/%	空间平均浓度/%	能耗/(kW·h)
		北截面	中截面	南截面			
南充北排	6 h	84	83.5	90.5	86.0	88.5	180
直充鼓膜	8 h	84	83.5	92	86.5	89	208
鼓膜静置平衡	22 h	86	84.5	88.5	86.3	88.5	
气囊内循环	13 h	90.5	89.5	89	89.3	94	345
内循环纯化	11 h	91.7	89.2	90.5	90.5	94.5	235
二次直充鼓膜	8 h	92.7	92.1	90.7	91.8	93	224
二次气囊内循环	12 h	98.8	95.5	96.0	96.8	99	360
鼓膜维持	23 h	98.2	96.7	96.8	97.2	97.5	642
气囊维持自然平衡	17 d	98.5	98.8	98.5	98.7	98.6	
直充补气	12.5 h	98.5	98.8	98.5	98.6	98.6	400
气囊维持自然平衡	28 d	98.7	98.7	98.8	98.7	98.3	

由表2可见,在南充北排阶段氮气浓度上升较慢,能耗高,且由于横向气流途径长,南北截面浓度相差较大,最大差为6.5%。直充鼓膜阶段和鼓膜静置平衡阶段氮气浓度上升仅为0.3%。气囊内循环和内循环纯化阶段氮气浓度上升4.2%,耗能686 kW·h,效果较明显。二次直充鼓膜和二次气囊内循环阶段氮气浓度上升5%,耗能584 kW·h,效果明显。鼓膜维持和气囊维持自然平衡阶段表明粮堆内氮气在自然平衡阶段有1%的提高,且趋向均匀。直充补气和气囊维持自然平衡阶段表明,充满一次气囊可维持20 d,仓房符合富氮低氧储粮条件。

2.2 害虫死亡情况

谷蠹在充氮作业的第3 d,浓度91%时开始在粮面集聚,第15 d基本死亡。玉米象、锈赤扁谷盗在充氮作业的第4 d,浓度为96%时开始大量往墙上爬,第15 d墙上还有少量玉米象、锈赤扁谷盗、赤拟谷盗,第25 d墙上无活虫发现。9月4日充氮作业后第64 d筛检15个点,无活虫。可见保持粮堆98%的氮气浓度45 d对害虫有很好的绝杀作用。

2.3 成本核算情况

整个试验膜制氮机共运行了93.5 h,实测耗电

2 594 kW·h,每度电按峰尖谷计算的综合电价为0.726元,电费为1 883元,每吨粮能耗为1.17 kW·h,每吨粮成本为0.85元。

3 结论

(1)本次试验制氮机共运行93.5 h,98%的氮气浓度维持45 d以上,取得理想的杀虫效果,说明横向通风系统适合富氮低氧储粮要求。

(2)原来包装仓经散装化升级改造,其气密性符合气调储粮工艺。

(3)横向通风系统通过风道上墙的技术创新,无需铺设粮面管,简化气调工艺,节约成本。

(4)横向通风系统途径比小,均匀性好,几乎无通风死角,充氮结束后各测点氮气浓度最小值与最大值之比为98:100。

(5)通过试验发现前三阶段降氧效果不好,可舍弃,舍弃后每吨粮成本可降为0.4~0.6元左右。两个循环阶段降氧效果较好,表明膜制氮机在变浓度充氮时,产气量高,能耗低。因此,横向通风系统富氮气调工艺可简化为三个阶段:大流量低浓度氮气循环置换阶段;小流量高浓度循环纯化阶段;小流量高浓度氮气充膜保持阶段。