

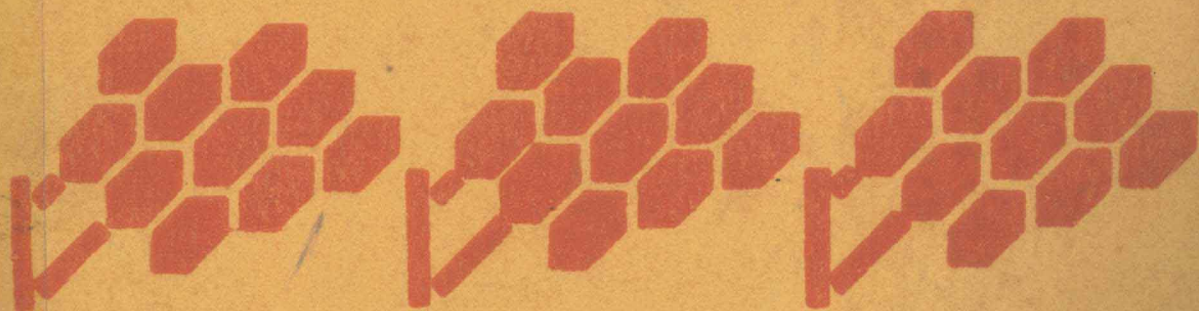
农业工程进展丛书



粮食储藏气调与熏蒸

B·E·里普 主编

路茜玉 等 译



郑州粮食学院

粮食贮藏气调与熏蒸

路茜玉 等译

郑州粮食学院

说 明

《粮食贮藏气调与熏蒸》是郑州粮食学院粮油贮藏系粮油贮藏教研室组织翻译的。参加翻译工作的有路茜玉、蔡育之、甘智林、阎永生、陈锡进、胡祥龙、罗思京、董莪等。由朱大同同志全面校审。

《粮食贮藏气调与熏蒸》是1983年4月在澳大利亚佩思召开的“粮食贮藏气调与熏蒸的实践”国际会议的论文集，由雷普编辑，本书内容共分十一部分。汇集当代国际气调贮粮的现状与进展、气密贮藏中的昆虫学、气体交换、品质保持等文献，具体介绍了气密库的设计。密封技术；气密材料与检压技术，以及气控气体与化学药剂混合熏蒸在贮藏中的应用。还有其他物理的、化学的控制、综合治理的途径等方面的论述。对我国贮粮工作具有实际应用参考价值。适宜商业部粮食系统大专、中专院校贮藏、建筑工程专业或农业部门；农业院校农产品贮藏加工、饲料等专业教学或科研参考用；也适合基层从事农产品、药材、粮食贮藏及加工的技术干部、科技工作者参考。

原著共十三部分。本书按原会议议程编辑，对大会委员会报告及讨论的第八、第十三部分内容进行了删减，压缩成十一部分。会议总结、讨论会名录索引及题目索引均省略未占篇幅。为了读者查找方便，新编入作者及书中引文作者名录。

由于我们水平有限。缺点错误在所难免，敬希读者指正。

路茜玉

一九八六年十月

B. E. Rippetal . (editors)

Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages

Elsevier science publishers Company INC . Amsterdam . 1984

※ ※ ※

粮食贮藏气调与熏蒸

路茜玉 等译

郑 州 粮 食 学 院

河南省地理研究所印刷厂印刷

开本：1 / 16 787 × 1092毫米 印张：26 4 / 5 字数 600 千字

1986年10月第一版 1986年10月第一次印刷

印数：1—5000册 定价：6.88元

原 序

第二次国际气调贮粮专题讨论会是在澳大利亚的佩思，由谷物散装联合企业发起、澳大利亚谷物研究组织与澳大利亚联邦科学和工业研究组织及联合国粮农组织赞助召开的。这次会议是继1980年5月由阿索雷尼 (Assoreni) 在罗马的第一次会议后召开的。在罗马的讨论会期间，有些与会学者表示；下次会议应包括更多的关于气调贮粮、粮食除虫、气控装置、密封实施、惰性气体的生产和高水分粮贮藏方面的问题。谢巴尔 (Dr. shejbal) 在他的论文集序言中回忆起这些意见并表示希望这次会议将在世界任何一地召开，使这种简便、经济、安全的贮藏技术能在当代贮藏库中迅速的传播。

这就促使澳大利亚谷物散装联合有限企业担负起会议的组织工作和日程安排并确定会议名题为“谷物气调贮藏和熏蒸的实践” 正如我们的主席盖弗尔 (Mr. Gayfer) 在他的开幕致词的基调中指出的我们确信我们是处于指导这次会议的最有利的地位的理由是：

1. 我们终年的气候有利于粮食害虫的发展。
2. 我们所生产的谷物有95% 必须在高要求的控制标准下出口。
3. 澳大利亚联邦科学工业研究组织的官员们已认为气调贮藏研究进入到商业上应用阶段。
4. 政府的谷物管理委员会和澳大利亚联邦科学和工业研究组织已联合它们的澳大利亚的资源来发展密封工艺。
5. 谷物散装联合有限企业认识到只有将这种方法能和新仓库一样适用于现有仓库，否则它的潜力将严重减少。

谷物散装联合有限企业为了这些技术的应用分配了相当多的资金，同时对150 万吨密封贮粮库现行方案的完成提供了足够的支持。

由于这是一次实际经验交流会，所以会议的一个必要组成部分是对密封技术操作的各个过程进行一次实地示范观察。这就成为气调和熏蒸第一周的一部分日程内容。然后，给来访者增加了一次有吸引力的活动，在更

广泛的范围内观察了粮食的收获、贮藏、运输、和品质控制技术、这两周的安排内容是卓有成效的。

来自28个国家的270名与会代表出席了这次会议，我也荣幸地结识了一批更加乐于交往义不容辞负责的人们，他们能够自由地交换意见，互相交流他们的知识和经验。

粮食气调贮藏技术在高水分粮食的应用，填补了一个重要的空白，在这方面我们澳大利亚的气候条件下尚不能验证，但是理论上证明是必要的，这将作为下次在理想的地理区域召开气调贮藏与熏蒸会议时的扩充内容。为了这个目的，我们会议执行委员会决定继续赞助这种方式的讨论会并帮助指导选定下次会议地址。

我对谷物散装联合有限企业所有的组织委员们、对那些在我们领域里努力工作并为全体与会者知名的工作人员，对实际上掌握了会议进程的会议主席，对所有作报告的人表示感谢。迄今尚没有这样一次会议在实践方面把粮食气调贮藏和熏蒸技术转用于商业用途，尤其是我们所见过的规模上，有这样合用不可得到的设备和已经保险的费用。这次会议将在未来的好多年里影响到全世界的粮食贮藏学术活动”，这是在一次粮食贮藏安全会议一位发言者说的，然而我觉得很难找到足够的词语来形容总经理古烟·格林 (Mr. J. Green) 先生和我们的编辑们在会议以前以及会议期间可给予的全力支持，特别值得感谢阿莱格雷 (Alan Grey) 的帮助，他在组织会议，指导会议和编辑这本论文集时均予以大力协助。

会议执行委员，也就是参与本书的编辑者，也是在会议前、会议期间及会议后在各个方面给予帮助的有美国农业部的伊·杰 (E. d. Jay) 加拿大农业部的帮德 (Ed. Bond)。英国热带作物贮藏研究所的卜尔弗利 (D. calverley) 联合国粮农组织的科贝特 (G. G. corbett) 以色列工业和贮藏研究所的纳凡罗 (S. Navarro)，澳大利亚联邦科学和工业研究组织的班克格 (J. Banks)

特别要感谢班克斯的大力支持，对工作的献身精神和多年来的指导，最使我们感到遗憾的是谢巴尔 (J. Shejbel) 未能出席这次会议以继续他的独创性的工作。我深知他是很原意和我们在一起的。

我已继续完成了这次会议议程所安排的使命，正如他们发生在1983年4月11-22日期间的一样。

雷普 (B. E. Ripp)

—1984年3月·西澳大利西·佩恩

目 录

第一部分 气调贮藏的近代应用	(1)
一、美国在生产实践中应用气调的进展	杰伊·E·奥拉席·A (1)
二、中国粮食气调贮藏概述	路茜玉 (7)
三、日本进口粮食的植物检疫和熏蒸	AKiyama H (18)
第二部分 气调贮藏的昆虫学	(27)
四、谷蠹和赤拟谷盗磷化氢抗性品系的多种和交互抗性特征	阿蒂阿·F·I (27)
五、溴甲烷和二氧化碳混合气用于仓虫防治的商业潜力	P·Wiuiams等 (30)
六、氧对二氧化碳毒杀仓贮害虫的影响	比尔·G·H (37)
七、几种昆虫对磷化氢和二氧化碳混合气体的反应	德斯玛查理·J (41)
第三部分 气调贮藏中品质的保持	(45)
八、高水分玉米密封贮藏实验	D·理查德——莫检特, B·卡奇尼D·L·莫尔顿(法) (45)
九、芽用大麦的氮气贮藏	H·J·Moor (55)
十、充二氧化碳小垛包装薄膜密封粮食的品质保持	P·C·Annis (65)
第四部分 仓库密封技术 (I)	(68)
十一、仓库密封实践	伍德科克, W· (68)
十二、密封粮仓用的聚氨脂泡沫	亚力山大·I· (77)
十三、现有仓房从地板到屋顶的有效密封	格利特·W (86)
十四、用恩维隆密封仓库	萨瑟兰、E·R·和托马斯、G·W· (100)
十五、用于气调贮藏粮食的各种密封薄膜和涂料的特性	D·J·LLOYD (115)
十六、在密封大容量房式仓库中产生的建筑和操作中的问题	奥尼尔·C·W (130)
十七、新仓和改造原有仓房用作气调贮藏的联合工程设计	埃利斯、D·M (135)
第五部分 仓库密封技术 (II)	(146)
十九、维多利亚钢板仓中二氧化碳的应用及再循环	威尔逊, A·D·, 布坎南, S·A·和夏普, A·G (146)
二十、1980~1982年西澳大利亚的房式仓的密封研究	巴里, C (154)
二一、为适应气调技术大型粮仓的改造	雷普, B·E (163)
二二、密封仓的漏气检测	B·E·雷普 (171)

二、自然通风对粮食的熏蒸和气调的重要性	H · J 班克斯及 P · C 安尼斯 (175)
第六部分 仓库中大气的改变	(191)
二四、从气体分布图看 PH ₃ 熏蒸的成功标准	列王克斯 H · J · 安尼斯 P · C (191)
二五、CO ₂ 贮粮在澳大利亚的实施	告福若 · V · 西格尔, A · I · (201)
二六、“迪塔”袋毯的用途长使用	弗兰曼尔, W · (213)
二七、甲酸乙酯——一种安全普通的熏蒸剂	马苏 · M (220)
二八、溴甲烷和 CO ₂ 混合气体在大型立筒仓中的熏蒸试验	维尔乔, J · H ·, 钱特勒, J · J, 维尔麦克, C · J · (237)
二九、用控制固定粮库中空气的方法增加熏蒸效率	库克 J · S (251)
三十、立筒仓的 PH ₃ 熏蒸	博兰, F · B · (256)
三一、气密性贮藏 设施中的谷物粉尘控制与气体清理技术	里普 · B · E (258)
三二、纯 PH ₃ ——空气混合物在大气压力下的燃着界限	格林 · A · R · 谢尔顿 · S · 班克斯 · H · J (259)
三三、超低剂量熏蒸剂的分析技术	帮德, E · J · 和杜马, T · (269)
农村库点的实践示范性参观	(271)
第七部分 未来学	(290)
三四、不同控生方法的比较费用	洛夫 · G · C (290)
三五、目前气调贮藏中有关昆虫生物学方面尚欠缺的一些知识	杰伊 · E (296)
三六、气调贮藏的发展趋势	卡尔费利 D · J · B (306)
三七、气调贮粮的现行产气方法与发展潜力	班克斯, H · J · (312)
第八部分 “土堤仓”系统	(325)
三八、土堤仓贮藏的发展趋势	(325)
三九、聚氯乙烯薄膜覆盖的土堤仓中的小麦密闭贮藏	内瓦罗, S · (334)
第九部分 物理方法	(341)
四十、谷物高温连续流动库杀虫技术的进展	素普, G · R, 埃文斯, D · E 萨瑟兰, T · W (341)
四十一、澳大利亚谷物冷藏试验	埃尔德、W · B、格利、T · E、素普 G · R (345)
第十部分 化学防治	(358)
四二、澳大利亚使用各物防护剂的发展概况	本斯顿、M (358)
四三、二硫化碳、四氯化碳混合熏蒸试验	倪兆楨 (363)
第十一部分 综合	(363)
四四、谷物低剂量长期密闭贮藏	德利玛 C · P · F (367)
四五、农村贮粮重点试验	格林, H · G · (372)
四六、澳大利亚农场密闭立筒库使用情况	D · 查特尔 (378)
四七、在孟加拉采用磷化铝制剂在混凝土筒仓中熏蒸小麦	康书 · J · A · (393)
四八、熏蒸是综合治理的一个组成部分	邦德 · E · J · (404)
四九、溴甲烷监测器	怀斯曼 J · R · (412)

第一部分

气调贮藏的近代应用

一、美国在生产实践中应用气调的进展

杰伊、E、奥拉席、A

摘 要

本文概述了美国近三年来使用二氧化碳控制仓贮害虫的各类研究。实验研究中，没对仓房的密封做很大的努力。在7个实验中，使用了混凝土筒仓和焊接钢板仓，粮种有小麦、玉米、大米和高粱，所用二氧化碳量为3.1 ~ 4.5 吨 CO_2 /1000吨。然而，气调成本却只为0.23 ~ 0.39美元/吨。原因是二氧化碳在美国的成本低和可得到性

另外，也在农场贮藏条件下和对装载面粉的有轨移动车进行了气调研究，并描述了实验结果。最后还对美国应用气调的前景作了讨论。

引言：

自从上次在罗马(Sh e j b a l 1980)举行了气调会议以来，美国已对这种无残留控制粮油害虫的技术产生了极大兴趣。这种兴趣还不能被描述为气调完全取代常规的化学贮藏。然而，可以说由于大型粮食和油料仓房的出现，要达到有效的贮藏，其革新重点应放在经济上优于常规化学保粮的技术发掘方面。而且这种兴趣也可能诱发人们认识到美国环境保护部门在将来可能禁止使用含有四氯化碳和溴甲烷之类的液体熏蒸剂，这样就使得粮食工业只能以磷化氢(原药磷化铝、磷化镁)熏蒸粮食和油料或者用二氧化碳处理这些作物。

由美国农业部从事的实验室和现场实验表明，在气调处理前，如对密封仓房不作较大的花费时，气调基质应选用二氧化碳。当二氧化碳浓度高达35%以上时，就能有效地控制仓贮害虫(Jay 1971 1980 Jay and pearman 1973; Jay 等1970)。虽然二氧化碳浓度在60%左右时杀虫效果最佳，但允许二氧化碳浓度在35~100%之间波动，而且照样能取得控虫效果。要获得高控制效果所需的处理时间取决于 CO_2 浓度、温度、粮食水分、感染的昆虫虫种和虫期(Bailey and Banks 1980, Jay 1984 a, b)。根据现有的提议，当二氧化碳浓度为45~60%、粮温为27℃时，处理时间为5—7天；温度为21℃时或更高些，处理时间要10—14天；温度在16℃或更高时，处理时间达21~28天(Jay 1984)。然而，当向大型仓主们建议进行合作实验时，由于这种长时间的处理，使他们不愿意合作，因为他们认为二氧化碳气调与磷化氢熏蒸相比所需处理时间太长。因此，在美国进行的绝大部分生产实验都是4

天的处理时间，仓内二氧化碳浓度约60%。一般说来在这种情况下控制感染的或人为置入的仓贮昆虫效果高达95%。

美国环境保护部1980年批准并支持使用二氧化碳、氮气和燃烧产生的气体（来源于气调气体发生器）处理各种农作物原粮（美国联邦注册，1980年，11月，45,75663—64页）；在1981年又批准这些气体可被用于处理成品粮（1981年6月，美国联邦注册46,32865—66页）。这种支持已经刺激了一些生产二氧化碳的公司试图将他们的产品应用于昆虫防治从而向粮食和油料工业稍售二氧化碳。本文描述的是最近三年来所进行的一些大规模实验情况。

材料和方法：

筒仓贮粮处理：

仓房和建筑材料，仓的尺寸、粮种、粮食总量和粮温都列于表1内。试验1—7涉及的是码头谷物仓和位于得克萨斯州的内陆码头仓房。试验8和9在南卡罗来纳州农场内的农仓内进行，这种仓由钢筋加固的玻璃纤维材料造成，通常用于贮放青贮饲料。

二氧化碳由容量为3.6、5.4或10.9吨的加压罐提供。罐上装配有适当的气化设备。对2、3、8号仓，将二氧化碳由仓底引入，而别的仓则由仓顶引入。

在1、8、9号仓内，取出样品，检查由处理所引起的成虫出现数下降的百分率。此外，为了进行生物评定，在2、4、5、6、7号仓内设置了虫笼，笼内装有实验室饲养的各个虫期的谷蠹和米象。充气以及为维护气调状况而补加的二氧化碳量根据流量仪表记录或由装置在贮气罐上的仪表显示。二氧化碳浓度由仓内几个取样点所取出的气体样品分析结果测定。

表1：二氧化碳气调实验所涉及的仓房类型、仓房尺寸、仓容及粮温数据

仓号	仓型	仓房尺寸(米)		粮种	粮食数量(吨)	粮温范围(°C)
		高度	直径			
1	混凝土仓	33.0	7.6	小麦	1088	31~34
2	焊接钢板仓	12.8※	28.7	小麦	5442	32—36
3	焊接钢板仓	12.8※	28.7	小麦	5388	※※
4	混凝土仓	37.0	7.4	高粱	1224	27—32
5	混凝土仓	37.0	7.4	大米	1033	21—27
6	混凝土仓	※※	※※	高粱	726	※※
7	混凝土仓	※※	※※	玉米	812	※※
8	农仓			小麦	381	30—35
农仓				小麦	163	30—35

※仓墙加锥盖高度。

※※数据不适用。

用干冰对装有面粉的铁路接料车的处理：

实验对四个型号的有轨底卸车进行了改进以便实验。这些车的运输量为77吨，它们专门被用来由面粉厂向美国各地的糕点厂输送面粉。对这种车还设置了气体取样导管和装有

赤拟谷盗的虫笼, 受试点深度为0.6, 1.8 和3.4 米(Ronai and Jay, 1982)。而后装入约77.1吨的面粉, 面粉装好后, 将装有91或181 公斤重的干冰粒(挤压出的固态干冰小块)和91公斤的大块干冰的布袋。推入每个车箱的面粉堆内。车子在俄亥俄州的面粉厂装运至位于佐治亚州的糕点厂。处理时间(从干冰装入到面粉卸出之间的时间)为10—11天。面粉温度在装车时为33℃, 在卸出时为24—28℃。

结果:

各仓应用的Co₂量

表2表明, 在充气阶段各仓所用的Co₂量在32—158 公斤/小时1000吨粮食在维持Co₂浓度阶段所补加的Co₂量为13—52公斤/小时1000吨粮。气流速率在充气阶段的不同归因于输入二氧化碳过程的连续性, 气化器转化二氧化碳气体的能力, 以及胶管向仓内输送二氧化碳气体的能力。在维护阶段Co₂供给速率的不同则取决于仓房的气密性以及为维护预先决定的Co₂浓度而作出的尝试。焊接钢板仓比混凝土仓气密性好, 因此供气速度就低些。至于在农仓内所做的实验(实验8和9, 表1), 使用了大量二氧化碳(12.2吨Co₂/1000吨粮)。原因是设备方面的缺陷而使实验失败, 所以结果没列在表2内。

充气阶段的时间取决于为获得预先决定的Co₂浓度所应用的充气速度、漏气速度和气化设备的能力。然而, 在维护阶段的时间则保持在70—90小时的范围内(表2), 以保证控制昆虫的有效Co₂致死浓度。

维护阶段的Co₂浓度变化于50~90%之间

表2: Co₂: 充气速度, 充气时间、气调浓度和Co₂控制昆虫的成本估计(仓号与表1意义同)

仓号	Co ₂ 充气速度 (公斤Co ₂ /小时1000吨)		Co ₂ 气调时间 (小时)		气调浓度 (%Co ₂)	Co ₂ 供给成本 (\$ 美元/吨Co ₂)	效率 (吨Co ₂ /1000吨粮)	成本 (美元/吨粮)
	充气阶段	维护阶段	充气期	维护期				
1	84—125	32—52	6	90	60±10	73	3.2	0.23
2	32	14	88	80	80±10	73	4.0	0.29
3	33	13	72	72	80±10	73	3.3	0.24
4	56—102	34—39	17	79	60±10	77	4.2	0.32
5	158	38	8	88	60±10	73	4.5	0.33
6	58	25	18	78	80±10	88	4.4	0.39
7	※	※	※	※	60±10	88	3.1	0.27

※数据不适用。

平均 3.8 0.30

标准误差±0.23 0.21

气调成本:

在现场所应用的Co₂成本为73~88美元/吨Co₂(表2)。然而对于实验8和9(表1), Co₂供给成本为221 美元/吨Co₂, 如此高的供应价格归因于按计划农场仓每年应用这种技术的比例很低。

对前7个实验，二氧化碳应用效率以吨Co₂/1000吨粮为单位列于表2内。据此，Co₂用量平均为3.8吨Co₂/1000吨粮，实验条件下的标准误差为±0.23。以二氧化碳供应价格和用量为基础，计算出的气调平均成本为0.30美元/吨粮。

CO₂气调控制昆虫的效果：

表3列出了对装载小麦的垂直混凝土仓进行CO₂处理的防治效果。其数据来源于以下步骤：在气调前后取样，将样品在26℃保温60天，检查虫头数。由实验结果可知经过气调处理，控制昆虫效率高达99%。实验期间，仓底地下室內的二氧化碳浓度不高于0.5%。实验完成后，用24小时的时间出仓，在最初21小时，CO₂浓度达到0.8%，而后降到0.5%以下。

表3：自然感染昆虫的样品（1公斤）活昆虫头数和实验1气调处理后样品成虫出现下降率

气调处理后（天数）	各类样品的活虫平均值		成虫减少率 （%RIE）
	气调前	气调后	
3	22	0	100
15	63	20	68
30	215	10	95
60	1,227	6	99

实验2是一个装有小麦的焊接钢板仓，气调处理后，米象成虫出现率减少了98.2%，无谷象活虫检出。由于在这个实验里气体从仓底引入，在充气期间，CO₂不易迅速扩散至仓顶，所以除维护阶段的80小时外，在气调过程的充气阶段的88个小时里，昆虫并没有暴露高浓度二氧化碳气体內。

实验4是一个装有高粱的垂直混凝土仓，生物评定以未成熟期米象和谷象为基础。结果是米象成虫出现率减少99%，谷象97%。然而，由于剩余这些活虫发现于仓顶，而在充气和维护期仓顶CO₂浓度都高，所以对这样的高气调效果还不能定论。

实验5也是一个直立混凝土筒仓，贮粮为糙米。暴露于这个仓內的昆虫100%死亡。而对装有高粱和玉米的实验6和7，结果虫笼內不成熟期的米象在处理後共有98.5%的虫不能发育为成虫。

抛开农仓贮藏的小麦（实验8和9）的昂贵气调费用不提，其控制效果是明显的。表4表明气调处理后，从仓顶取出的样品，成虫出现减少了95%，来源于仓底的样品，死亡率高达99%以上。

表5描述了在一个小麦容量为163吨的小型仓內实验所获得的类似结果（实验9）。气调处理后，取样观察30和60天，死亡率达99%以上。

装有面粉和干冰的有轨移动车气调效果：

表6列出了其中一台车内各个时期的二氧化碳浓度，在18—41小时之间的数据是离开粉厂之前测得，第10天的数据是在运输到烘焙厂后测得。在气调处理的最初41小时，干冰转化为气态的速度较慢，但10天后发现二氧化碳分布均匀（31—40%）。在运输的路途上没对CO₂气体分成和分布情况进行记录。

表 4：对农仓内贮藏的 381 吨小麦进行CO₂气调处理后所检出的活虫数和死亡率（实验 8）。

气调后天数	活虫平均头数/样品(1分)		死亡率 %
	处理前样品	处理后样品	
	仓底样品		
4	10	1	93
30	28	8	73
60	402	19	95
	仓顶样品		
4	2	0	100
30	7	0.3	96
60	29	0.1	>99

表 5：对自然感染有昆虫的 163 吨农仓贮藏小麦（实验 9，表 1）进行气调后所检出的活虫数和死亡率。

处理后天数	活虫平均头数/ 1分样品		死亡率
	处理前样品	处理后样品	
4	48	22	54
30	150	1	>99
60	1,111	2	>99

表 6：装载 77 吨面粉和 181 公斤干冰的 S 90143 有轨底卸车的二氧化碳浓度。*

取样深度 (米)	装车后各个时期的CO ₂ 浓度 ** (%)			
	18小时	25小时	41小时	10 天
0.6	30	43	45	31
1.8	8	18	23	38
3.4	2	6	17	40

*数据取自Ronai 和Jay (1982)

**：车子在装载后41小时开始启程，10天后到达目的地。

然而从杂拟谷盗幼虫在暴露期间的死亡率为95.2—99.1%可以看出，这种处理还是有效的（表 7）。

此表还表明，虽然在 4 号车内多加91公斤干冰，但虫的死亡率与 1 号和 2 号车相比并没

提高，而只比 3 号车稍高。

表 7: 装载面粉和干冰的有轨底卸车在 10—11 天的运输途中杂拟谷盗幼虫死亡率。

车号	CO ₂ 应用量 (公斤)	死亡率
1	181	99.1
2	181	99.1
3	181	95.2
4	272	98.3

就使用 181 公斤干冰处理的车来说，其成本为 24 美元，而用磷化氢处理为 17 美元。然而如用磷化氢薰蒸时，则在卸车前需要进行 1.5 小时的通风处理，其劳动力成本估计为 25 美元。因此，用干冰气调，净节省 18 美元/车；而且用二氧化碳处理可以立即卸车。用磷化氢处理，要在卸场进行通用处理，这样应用二氧化碳的优点是大幅度地提高了车子的运输效率。

讨论

在这些实验中，每吨粮应用二氧化碳量与密封优良的澳大利亚仓房 (Banks 等 1980) 相比是很高的。在实验研究中，没有测定设备的气密性能，但估计不会很好。不管这些仓贮设备的气密性能好坏，应用二氧化碳气调成本还是低廉的 (表 2)。这是因为在美国大部分地方二氧化碳供应成本低。因此这种低价的二氧化碳导致在贮粮上与传统的化学薰蒸剂相媲美，而且也使大型粮食和油料公司不需对仓房作昂贵的密封处理就直接采用这种技术。然而，由于在垂直筒仓卸料口会引起二氧化碳在气调期间的损失，已决定将要进行有关这方面的研究，因此，这种损失可能会部分地降低。

在美国，大型粮油公司对这种气调技术产生兴趣这一事实令人振奋，特别是大米工业自 1983 年底以来正在采用这一技术。位于得克萨斯州、阿肯色州和路易斯安那州的五个大米加工商正计划建设他们自己私有的二氧化碳容器，以便进行日常的糙米和精米二氧化碳处理。应用二氧化碳控制感染了昆虫的树生坚果和花生也引起了人们的密切注意。这些农产品与粮食相比价值更高，美国可能最先将气调技术大规模应用于这些产品。

考虑到花费，二氧化碳应用于农场贮粮存在着另外的问题，虽然在美国有大约 60% 的小麦和饲料贮于农场，但从后勤运输液态 CO₂ 到这些偏远地区可能会造成 CO₂ 价格昂贵 (211 美元/吨 CO₂，如上所述的实验)。很明显，在农场能应用气调技术并与传统的化学保粮相竞争之前，必须严格的解决气密性问题或发展其它类型的气调方法。

二氧化碳气调和其它气调技术在美国的应用不会受到限制，二氧化碳应用于装载面粉的有轨移动车以防治昆虫的有效性也可被加以发掘，将它应用到其它农业加工产品，使这些产品在车站和运输过程中都达到控虫目的。而且在美国也能将这种技术发展应用到许多种运输设备，比如卡车、船类容器、驳船和远洋货轮。气调技术在这些方面的应用优越在于其它技术，然而要使其现实，还需要进行有关这方面的研究，为粮食工业提供更全面的技术和信息。

二、中国粮食气调贮藏的概述

——路茜玉

摘 要

在中国气调贮藏技术采取多种方式已广泛用来保管粮食，粮堆要求较好的密封性能，通过下述方法：采用聚氯乙烯塑料薄膜复盖粮面，然后将薄膜用腊固封在墙壁上预先开好的木条沟槽中，袋装或散装粮均可用此法进行气调贮藏，小量粮可用聚酯/聚乙烯复合薄膜袋密封，很快可形成胶着包装（图示），密封粮堆亦可充 CO_2 进行气调贮藏，用流动车装载微生物培养箱与粮堆薄膜罩套相连，这是利用微生物的呼吸来帮助粮堆降低氧浓度，惰性气体 N_2 的气调是通过制 N_2 机和分子筛脱氧来进行。

本文还研讨了气调贮藏中降氧速率、微生物降氧、贮藏品质保持等问题，经6个月度夏气调贮藏的大米能较好的保持品质， CO_2 浓度达80%能抑制霉菌和酵母菌的生长。如果气调贮藏能结合 20°C 以下的低温贮藏，则是最佳贮藏条件。

1. 前 言

中国的气调贮藏主要是设想减少或不用化学药剂的前提下，从试验到推广应用逐步发展起来的，现在已经作为大仓贮粮的一种技术来推行。

在使用气调贮藏中首先要解决气密性问题，其次是降氧的方法或充氧工艺，在解决这两个问题的同时，各地区根据各自不同的条件进行了许多有关贮藏品质的研究，以及针对安全保粮的要求所做的各种气控气体的发生浓度、贮藏效果与贮藏期限的探讨，气调贮藏适用于多种粮食种类和各种途径，例如储运、销售、远航、样品检验、甚至适合其他一些技术部门如药材、土特产、食品、果蔬的贮藏。对于高水分（高于安全水分一定数值）的粮食，遇到不能及时干燥时，可以作为应急处理。总的概念是它是一种经济、方便、效果较佳的贮粮技术。

2. 气调技术进展

2.1 气调贮藏粮堆的密封

2.1.1 塑料薄膜粮面一面密封

散装粮食适用在仓房内一面密闭，前提是仓墙、地坪都用沥青、油毛毡经过隔湿、加强气密程度处理过的，当仓房内粮食装好后，将塑料薄膜平铺在粮面上，展开薄膜靠近四周仓墙以木槽嵌接，然后灌注石腊固封，这种方法已在国家大型散装贮藏时应用。

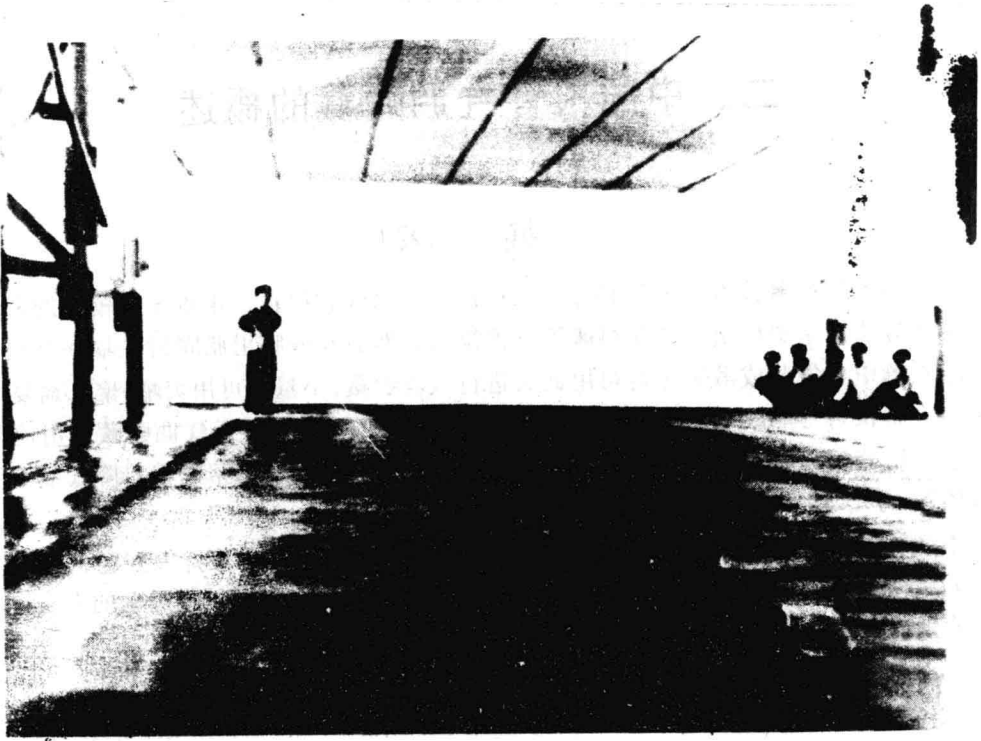


图 1 粮堆用聚氯乙烯塑料薄膜复盖密封（一面密闭）

2 1 2 .六面密封

此法系采用塑料薄膜将粮堆六个面都连结密封、一般应用于包装的成品粮。其密封步骤如下：

(i) 塑料薄膜厚度选用0.23mm，每一面薄膜比粮面长40公分，便于接合。

(ii) 查漏铺洞：复盖薄膜一经查出任何漏洞，均应用塑料胶剪一小块聚氯乙烯膜行贴补。

(iii) 将塑料罩套压合焊接在一起，从粮堆顶部套好在接近地坪处于平。

(iv) 最后用高频热合机或电烫斗将低面铺放的一层薄膜与罩套焊接在一起，这种方法（如图二）适用城市各种小品种粮食的贮存。

2.1.3 胶着包装

大米采用聚氯乙烯/聚酯复合薄膜袋包装，每袋装2—20公斤不等，当粮食在袋内自然降氧，抽真空，或充 CO_2 时，在3—4小时内，米袋能达到胶着包装（图3）对花生绿豆、小豆、芝麻、大米等粮食目前已应用此方法贮藏并批量投放城市市场供应消浪费，可以一年内保持品质。

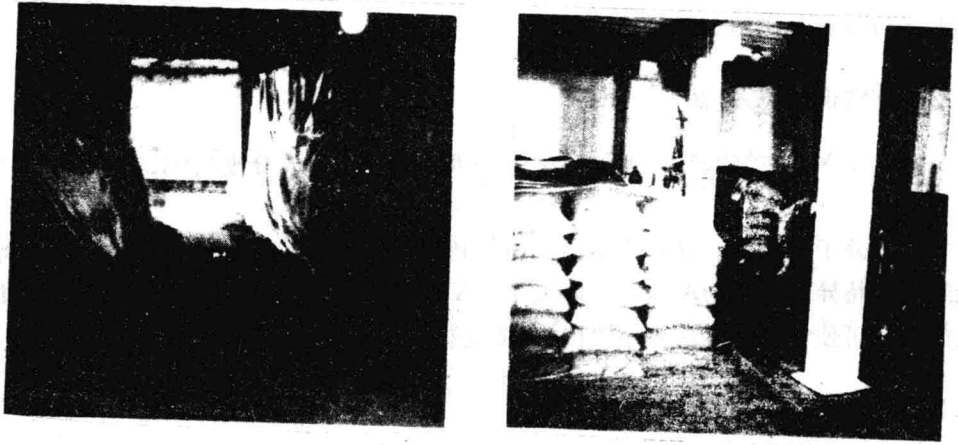


图 2 袋装粮堆用塑料薄膜密闭



图 3 塑着色装：（1）缺氧密实，（2）真空密实，（3）充 CO_2 密实

2. 2. 气调贮藏工艺与设备

2. 2. 1 气密贮藏自然降氧

采用塑料薄膜密封粮堆；利用粮食本身的呼吸作用消耗和降低粮堆环境内的氧氧来保管粮食，降氧速率陈粮比新粮慢得多，粮食含水量用此法保管的稻谷与大米不得大于14—16%。

2. 2. 2 CO_2 或 N_2 气调贮藏：

CO 及 N_2 一般来自钢并载气，将钢并胶管与粮堆密罩的下部相衔接， CO_2 气体浓

浓度可达40%—85%， N_2 气浓度98—99%，就有可能的控制仓库害虫并可比常规贮藏方法优越的保持粮食品质增加贮藏稳定性。

2 2 4 气调制 N_2 设备

(i) 制 N_2 机燃烧脱氧,通过燃烧脱氧可将粮堆气体成分改为98.5% N_2 和1.5% O_3 的混合气成分。

(ii) 分子筛吸附: 这种方法的原理是利用分子筛的晶格微孔将 O_2 、 N_2 分离、晶体铝硅酸盐的特异性能称为A型, 一般采用4A或5A分子筛吸附, 通过机器与粮堆连结, 反复循环, 可使粮堆在4—5小时内 N_2 浓度提高到95—98%, 氧浓度相应下降。(图4)

2 2 4 微生物降氧

在密闭粮堆中利用一个培养箱连通粮堆, 当微生物繁殖时消耗粮堆的氧, 可将粮堆氧浓度降低到可以控制害虫发生的水平。

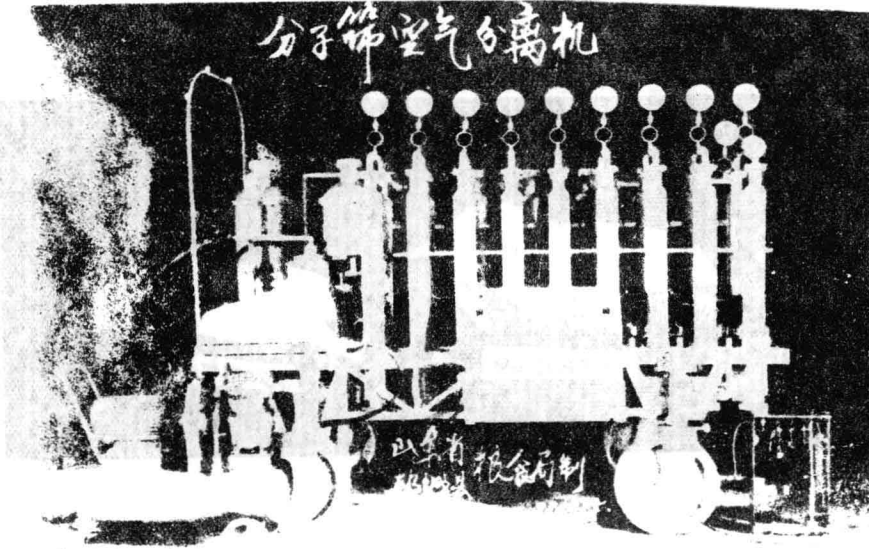


图4 分子筛 O_2 、 N_2 分离设备

在大型仓库中用自动化的培养室设备来进行微生物降氧的 (图6)

3. 气调贮粮的研究

3.1 自然缺气的速率

在粮堆保持气密的情况下, 氧将逐渐下降, CO_2 上升到一定界限。气体变化的速度与降氧幅度, 受粮品种缺氧能力与粮堆温度的制约, 其关系一般是粮食水分越高, 降氧越快, (图