

JIXIE TONGFENG CHULIANG JISHU

机械通风储粮技术

主编 严以谨 王金水 苏云平



河南科学技术出版社

机械通风储粮技术

主 编 严以瑾 王金水 苏云平

河南科学技术出版社

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了机械通风储粮技术的基础知识、基本原理、工艺设计、应用实例及其最新研究进展。全书共分 17 章,对常用通风系统的性能比较与筛选,通风节能技术,通风后期控温控湿技术,机械通风和熏蒸剂、保护剂、防霉剂相结合的控虫抑霉技术,通风系统计算机应用技术作了深入阐述;对有关新技术、新材料、新机具以及通风常用仪表和管理也作了必要的介绍。

本书内容丰富、文字流畅、图文并茂(附图 180 多幅),便于自学。可作为粮油仓储、植物检疫、植物保护行业技术人员的自学读物,也可供农业、农垦、外贸、内贸、环保、轻工、建筑等部门的生产科研人员以及有关院校的师生阅读参考。

机械通风储粮技术

主编 严以谨 王金水 苏云平

责任编辑 孙允萍

河南科学技术出版社出版发行

(郑州市农业路 73 号)

河南郑州粮食学院印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 16.375 印张 420 千字

1996 年 8 月第 1 版 1996 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册

ISBN7-5349-1922-3/G·501

定价:20.00 元

《机械通风储粮技术》编写人员

主 编 严以谨 王金水 苏云平

副主编 (以姓氏笔画为序)

于秀荣 冯光柱 朱广有

刘自力 刘存中 韩丽华

潘家宇

序

把粮食储藏好，以减少损失，保持品质，降低成本，乃是广大粮食储藏工作者共同追求的目标。推广通风储粮技术，是达到这一目标的有效途径之一。

国内外提出了干燥、低温、通风、气调、清理与化学防治等六大粮食储藏技术措施。其中机械通风储粮技术，在我国从20世纪70年代开始发展，至今已经成为一门技术成果接近国际先进水平，人们乐于应用、经久不衰的储粮技术。它能有效地降低粮食水分和温度，抑制虫霉，能有效地处理发热粮和高温粮，能有效地保持粮食营养品质和新鲜度，还能节约翻倒作业费用和减轻劳动强度，从而获得较为明显的经济效益和社会效益。

正是由于此项技术具有许多优点，所以很快为粮食储藏工作者所重视。原商业部和国家粮食储备局已把这项技术列入《粮油储藏技术规范》和《机械通风储粮技术规程》中，作为国家储藏粮食的重要手段加以应用。

严以谨、王金水、刘自力、于秀荣、潘家宇、冯光炷、刘存中、韩丽华、朱广有和苏云平等同志为满足粮食储藏工作者的需要，根据国内外资料 and 我国广大科技人员的技术成果编写了此书。该书深入浅出，图文并茂，其特点在于新颖性、实用性、普及性。

科学技术是无止境的，通风储粮技术也在不断发展与完善，通过普及推广，研究提高，创造出面向经济建设的科学技术新成果。

中国粮油学会储藏专业分会顾问 周景星

1996年6月于郑州粮食学院

前 言

粮食是人类最基本的生活资料，它关系到社会的安定和国民经济的稳定与发展。我国是世界上人口最多的国家，决定了粮食供给不可能过多地依赖粮食进口，只能在发展生产的基础上维持合理的储备。随着国民经济的发展，粮食储藏不仅具有重要的战略意义，同时还具有显著的经济效益和社会效益。

粮食储藏技术措施很多，其中通风储粮技术是一种行之有效的措施和保持粮食品质的手段。我国在“七五”以后，通风储粮技术在粮食储藏中的应用愈来愈广泛。生产实践中尤其是基层粮库迫切需要有关全面系统地介绍有关通风储粮技术及其应用的书籍，为满足这一需要，我们在教学和实践的基础上，整理编写了《机械通风储粮技术》一书，旨在为基层粮库的技术人员提供适用的参考书，以便提高我国通风储粮的技术水平，同时也可作为粮食院校的师生和研究人员等理想的教科书和参考资料。在编写过程中，引用了国内外有关最新技术资料 and 科技信息，参考了大量书籍和文献资料，内容新颖，力求反映国内外先进技术水平和发展趋势。但也考虑到国内条件，便于使用，易见实效，所以有很多是已经成功的例子，以期读者学以致用，大有裨益。

本书共分 17 章，其中第一、三、七、八、十章由于秀荣、潘家宇合编；第二、九、十一、十七章由刘自力、刘存中合编；第四、五、六章由王金水、韩丽华合编；第十二、十三、十四、十五、十六章和附录由严以谨、冯光柱、刘存中和苏云平合编。

全书在编写过程中，承蒙中国粮油学会储藏专业分会顾问、郑州粮食学院周景星教授提供了宝贵资料，并对书稿提出许多意见，

在此表示衷心的感谢。同时在编写过程中，还得到了郑州粮食学院有关领导和专家的大力支持和帮助，谨致谢意。

由于作者知识水平所限，书中缺点错误，恳望读者批评指正。

编 者

1996年6月

目 录

第一章 通风储粮概述	(1)
第一节 通风储粮的意义	(1)
第二节 通风储粮的发展概况	(2)
第三节 通风储粮的用途	(3)
第四节 通风储粮的原理	(6)
第五节 自然通风与机械通风的区别	(6)
第二章 气流的基础知识	(8)
第一节 空气的物理性质	(8)
第二节 空气流动的基本概念	(22)
第三节 空气流动时的阻力	(30)
第三章 通风有关的粮堆物理性质	(46)
第一节 孔隙度	(46)
第二节 导热性	(47)
第三节 吸湿性	(55)
第四节 自动分级	(59)
第四章 通风设备及其选择	(60)
第一节 通风机的种类	(60)
第二节 离心式通风机	(61)
第三节 轴流式通风机	(70)
第四节 通风机的安装与使用	(77)
第五章 粮堆通风的基本参数	(79)
第一节 通风量	(79)
第二节 换气次数	(82)

第三节	粮层风速	(82)
第四节	粮面表观风速	(83)
第五节	管道风速	(83)
第六节	分配器风速	(84)
第七节	管道表观风速	(85)
第八节	粮层阻力	(85)
第九节	粮堆静压	(88)
第十节	管道间隔与途径比	(89)
第十一节	开孔率	(90)
第六章	风道类型、性能与通风方式	(91)
第一节	单管通风	(91)
第二节	地槽通风降温系统	(98)
第三节	地上笼通风系统	(108)
第四节	箱式通风系统	(117)
第五节	排风扇通风系统	(124)
第六节	径向通风系统	(130)
第七节	筒仓通风系统	(134)
第八节	调质通风技术	(144)
第九节	机械送风方式	(150)
第七章	粮堆通风工艺设计实例	(153)
第一节	工艺设计要求与步骤	(153)
第二节	降温通风实例	(154)
第三节	降水通风实例	(179)
第八章	机械通风储粮技术管理	(189)
第一节	通风时机的选择	(189)
第二节	机械通风系统操作与管理	(191)
第三节	机械通风系统效率评估	(194)
第四节	湿度与露点的查定方法	(197)

第五节	通风降水系统辅助加热技术	(201)
第九章	机械通风储粮常用仪表	(216)
第一节	温度与湿度的测定	(216)
第二节	风压的测定	(219)
第三节	风速的测定	(226)
第四节	测定位置的确定	(231)
第十章	通风系统的节能技术	(237)
第一节	合理选择风机的节能潜力	(238)
第二节	减少通风系统阻力的节能潜力	(244)
第三节	合理选择单位风量的节能潜力	(247)
第四节	箱式通风安装工艺的节能潜力	(248)
第十一章	通风后期控温控湿技术	(251)
第一节	通风降温降水与控温控湿要求	(251)
第二节	通风降温降水与气候条件	(253)
第三节	降温通风后的控温技术	(258)
第十二章	机械通风辅助化学熏蒸杀虫技术	(270)
第一节	机械通风辅助化学熏蒸杀虫的特点	(271)
第二节	环流熏蒸杀虫技术	(272)
第十三章	环流熏蒸杀虫技术实例	(292)
第一节	立筒仓环流熏蒸杀虫实例	(292)
第二节	房式仓环流熏蒸杀虫实例	(318)
第三节	露天囤(包括土堤仓)环流熏蒸杀虫实例	(340)
第十四章	非环流机械通风辅助熏蒸杀虫技术	(358)
第一节	仓底熏蒸杀虫	(358)
第二节	“塞若福罗”系统熏蒸杀虫	(359)
第十五章	机械通风结合谷物保护剂控虫技术	(366)
第一节	机械通风结合谷物保护剂控虫基本原理	(366)
第二节	机械通风结合谷物保护剂控虫特点	(372)

第一章 通风储粮概述

第一节 通风储粮的意义

粮食是人类最基本的生活资料,它关系到社会的安定和国家经济的稳定与发展。我国是世界上人口最多的国家,因气候、耕地、经济发展等条件的限制,决定了保证粮食供给不可能过多地依赖粮食进口,只能在发展生产的基础上维持合理的储备。

随着城乡人民生活水平的提高,人们逐步开始关心粮食的质量优劣,因为粮食的品质直接关系到人们的身体健康。粮食的种类很多,根据其用途不同粮食可分为:

粮食	{	食用粮
		种子用粮
		饲料粮
		工业加工用粮

不同的用途对粮食的品质要求尽管不同,但都要求延缓粮食陈化和劣变。然而,粮食收获后,一般都需要储藏一段时间才投入使用,因此粮食储藏是一项非常重要的工作。

粮食储藏保鲜的方法很多。近代世界各国广泛采用的储藏保鲜技术,主要包括湿控(干燥)、温控(低温、通风)、气调、清理、电控及化学防治等技术措施。其中,通风储粮是一项复杂的工程技术,在粮食储藏中的应用与发展,是实现低温储粮和降低水分的有效手段。在国外,20世纪50年代就有通风储粮的文献报道;在国内,60年代初期,曾有这方面的试验报告。现在,我国从三江平原到珠

江流域南海之滨,从西北边疆到华东各地,国家粮食储备库储存的粮食呈逐年增长之势,这对于保证我国不同时期的粮食供应及平抑粮食市场价格起到了举足轻重的作用,对于我们这样一个人口众多的大国来说具有重要的战略意义。与此同时,人们对储粮尤其是通风储粮的重要意义认识也在逐步提高,迫切需要通风储粮这门技术,以解决粮食发热霉变、生虫、半安全粮干燥、危险粮短期储存及大米、面粉等度夏问题。

通风储粮具有设备简单、操作方便、投资少、作业成本低、不拘仓房条件限制、易于在不同地区推广等优点。尤其是通风储粮能够使粮堆处于均匀的低温状态,从而有效地控制虫霉的发展与危害,减少水分在粮堆中的转移,增加粮食储藏的稳定性,延缓粮食品质的陈化速度,保持粮食的新鲜度。另外,采用机械通风储粮能够极大地改善储藏条件,降低粮库保管人员的劳动强度,减少卫生污染,保障工人的身体健康。

采用通风技术储粮,可以实现相对低温或准低温状态。处在这种状态下的粮食生理代谢活动较低,从而使粮食干物质损耗降低,害虫生长受到抑制,降低了杀虫药剂的使用量,节约了保管费用。

第二节 通风储粮的发展概况

目前,通风储粮技术已在全世界普遍应用。人们早就知道利用自然通风,可以降低粮食的温度和水分。我国早已有使用称为“谷盅”的通风笼,对储粮进行自然通风的文字记载。这种竹编通风笼今天仍然可以用于小型粮仓进行通风降温与降水。机械通风储粮技术研究是在 20 世纪 30 年代开始的。第二次世界大战后,在美国、英国、法国、荷兰、澳大利亚和前苏联诸国得到推广和使用,并且进行了大量的研究,发表了许多有关这方面的学术论文,有的技术和方法已申请专利。现在西方各国的机械通风储粮技术已形

成标准化和规范化,同时有一系列的标准装置和完善的管理规程。随着理论和应用技术方面研究的飞速发展,通风储粮技术已形成一门独立的学科,并随着电子及计算机技术的发展和介入,通风储粮技术日臻完善。

我国的机械通风储粮技术的研究始于 20 世纪 50 年代,最早是借助于前苏联专家丹尼林的帮助,在武汉市第二粮库对房式仓散装粮堆进行了小型试验。随后在北京、苏州、南京等地对机械通风降低粮食温度与水分也开展了部分试验和研究,取得了初步的经验。尽管当时由于条件限制,试验时间短,储粮少,但培养了一批技术人员,为我国以后利用机械通风储粮奠定了基础。江苏省粮食部门,在六七十年代坚持、完善机械通风技术,使得各种机械通风装置几乎都能在江苏省找到。浙江省 70 年代率先展开对稻谷机械通风降水、调质以及大豆的通风降水研究。80 年代是我国大力发展机械通风技术研究的黄金时期。经过“六五”、“七五”及“八五”国家攻关课题的研究,机械通风设计的主要参数都已获得成功,并相继吸收在“机械通风储粮技术规程”中,并在全国 30 个省、市、自治区得到推广和应用。进入 90 年代和未来的一段时间,通风储粮技术进入了一个新的应用和发展时期。

第三节 通风储粮的用途

通风是处理收获后粮食的一个重要技术措施,是保持和改善储粮品质的一种重要方法,运用通风储粮有许多明显的优越性。主要用途如下:

(1)通风可以达到冷却粮食的目的,可以预防和消除粮食储藏过程中的自然发热现象。

粮食在储藏过程中,由于处理不当,经常出现粮堆发热。粮堆发热往往伴随着粮食水分含量增加,同时为害虫及霉菌的大量繁

殖提供了可能性,加速了粮食品质的劣变速度,最终使粮食失去利用价值。通风主要是控制虫霉的生长与危害,同时也包括消除自然升温产生的热量或人工干燥粮食升温的热量。所以通风技术广泛用于夏季刚收获的粮食,进仓以后的粮食必须尽快冷却到仓温,以减少粮堆与地平、墙壁等之间温差的存在,防止局部结露,延缓粮食的陈化或劣变,较好地保持粮食的新鲜度。

粮食储藏过程中的最适宜温度与粮食的含水量之间有着密切的关系。温度与水分之间有一种互补关系,即当粮食的含水量较低时,粮食可以在较高温度下储藏一段时间,小麦的热密闭储藏就是这个道理。另外如果粮食的含水量很高,例如东北的高水分玉米收获时气温很低,因此也可以安全储藏,但随着来年气温的回升,高水分玉米就很容易发霉变质。

(2)利用通风技术可以降低粮食的水分含量。水分是粮食储藏过程中影响其稳定性的重要因素之一,当粮食水分含量超过临界水分时,粮食很容易生霉变质,所以可借助于通风技术将粮食的水分降低到临界水分以下。

(3)利用通风技术,在通风系统中引入熏蒸剂对储粮进行环流熏蒸。熏蒸剂在粮堆内达到均匀分布,可以明显提高杀虫效果,节省熏蒸剂的用量。熏蒸以后还可利用通风使残留熏蒸剂从粮堆内部快速散发出去。

(4)保持和改善储粮的品质。调质通风后的粮食,其加工品质能够得到明显的改善。因为当储藏中的粮食水分偏低时,不适于加工,例如稻谷当水分含量过低时,为了改善其加工性能,提高出米率,提高加工工艺品质,加工前可以进行机械通风适当增加水分,即利用通风对稻谷加湿处理,调质处理后的稻谷,其出米率提高,同时降低了加工过程中的碎米率。

(5)通过通风储粮,可以延长防护剂的有效期。同时还可以排除粮堆内的异味或减少熏蒸剂的残留。粮食的“新鲜”气味是经过

冷却后粮食的最显著特性,利用通风可以除去或减少粮食陈化及霉变所产生的异味。

(6)通风可以达到平衡储粮的水分和温度,消除粮堆中的水分分层、转移和结露。

(7)通风可以改善粮堆的生态环境。粮堆是一个人工构成的生态系统,粮堆生态系统中的各因子之间相互依赖、相互依存。当其中一个或两个因子改变后,原来的生态平衡就被打破,导致其他成分发生不同程度的改变,而达到新的平衡。通风降低粮食的温度和水分含量,使储粮害虫及微生物的生长与繁殖受到抑制,从而提高粮食储藏的稳定性。

(8)利用通风处理种子用粮时,可提高其发芽率和发芽势。法国粮食科学研究所研究发现,通风处理水分含量在安全水分以内的玉米后,玉米种子的发芽率得到提高。他们认为主要是由于通风减少了玉米的带菌量,提高了玉米种子的抗病能力和萌发时吸水膨胀的能力。

(9)通风可短期储存潮粮。粮食收获季节遇到阴雨天气或处理能力限制而来不及干燥,通风可以短期储存这些潮粮,可以降低粮食自然发热的危害。持续通风可以带走霉菌生长所产生的热量,也有利于降低霉菌生长的速度。

(10)粮堆进行机械通风,不需要搬倒粮食,可减轻劳动强度,减少灰尘及粮食损耗,有利于保持环境卫生,有益于人们的身体健康。

(11)机械通风过程易于实现自动控制,费用低,尤其适合于大型的现代化粮库,便于操作与协调,提高经济效益。

总之,粮食通风技术是目前国内外普遍受人欢迎的储粮技术,对于保持和改善粮食的品质、延缓粮食的陈化、防止粮食劣变具有重要的作用。

第四节 通风储粮的原理

(1)在储藏过程中,粮食子粒与其他生物因子和环境因子组成粮堆,形成特殊的人工复合的生态系统——粮堆生态体系。由于粮食是一种散粒体,形成粮堆以后,粮食子粒之间仍然存在一定的孔隙,即粮堆中有大量的空气,空气可在粮堆孔隙中流动。

(2)粮食导热系数(λ)较小,是热的不良导体,但仍具有一定的导热性,通过传导和孔隙中空气所产生的对流作用,使流动空气作为一种热量载体,把粮堆中多余的热量携带出去。

(3)粮食本身是一种多孔毛细管状胶体物质,有很大的吸附表面,所以具有吸湿和解吸的特性。粮食的含水量在不同温、湿度的条件下,不断发生变化。根据储藏和加工的需要,可以通过通风人为地创造或改变粮堆小气候,利用粮食平衡水分原理来达到散湿或增湿的目的。

粮堆孔隙度、导热性和吸湿特性是我们在实际生产中进行粮堆通风的物理基础,也是粮堆通风中必须考虑的因素,这些详细内容在以后各章节中都要详细讲述。

储粮通风是在粮堆具有孔隙度的基础上,利用通风设备(通风机)产生的压力,强制粮堆内湿热空气与外界干冷空气进行交换,改变粮堆内的空气状态,降低粮食的温度和水分,以提高粮食储藏的稳定性。

第五节 自然通风与机械通风的区别

通风是用粮堆外部空气置换粮堆内部的空气,从而改善储粮条件的换气技术。根据进入粮堆中空气的动力不同,可将通风分为自然通风和机械通风两类。