

储粮机械通风技术

张来林 编著

左进良 主审



郑州大学出版社

储粮机械通风技术

张来林 编著

左进良 主审

郑州大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了储粮通风的原理和技术。全书共分 10 章,分别叙述了储粮机械通风技术的发展概况,通风的基础知识、通风机械、通风系统的设计计算,储粮通风的应用、操作管理和对通风系统的测试。其中着重论述了储粮通风的设计计算以及通风技术在生产中的应用,并在通风系统计算方面有所创新,完善了对大型筒仓风道的设计、环流系统的设计。

储粮机械通风是粮食仓储技术应用的基础,本书突出了工科院校的特点,内容结合实际,图文并茂,实用性强,不仅适合食品科学与工程专业(粮油储藏方向)本科学学生作为教材使用,还可作为粮油仓储、农产品储藏与加工等行业人员的培训教材或自学读本,也可供农业、农垦、轻工等部门的生产科研人员以及有关院校的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

储粮机械通风技术/张来林编著. —郑州: 郑州大学出版社,
2014. 1

(普通高等教育食品类专业规划教材)

ISBN 978 - 7 - 5645 - 1630 - 7

I. ①储… II. ①张… III. ①粮油储藏 - 机械通风 IV. ①S379.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 278603 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人: 王 锋

全国新华书店经销

郑州市金汇彩印有限公司印制

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 19.75

字数: 483 千字

版次: 2014 年 1 月第 1 版

邮政编码: 450052

发行部电话: 0371 - 66966070

印次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5645 - 1630 - 7

定价: 48.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

目 录

第 1 章	概 述	1
1.1	储粮机械通风的概念	2
1.2	储粮机械通风系统	2
1.3	储粮机械通风发展概况	4
1.4	储粮机械通风的用途	8
第 2 章	与储粮机械通风有关的粮堆特性	11
2.1	与机械通风有关的粮堆物理性质	12
2.2	粮堆温、湿度和水分的变化	20
2.3	粮堆的发热霉变	27
第 3 章	空气的基本特性及其在风道中的流动规律	31
3.1	空气的基本状态参数	32
3.2	储粮机械通风的环境空气	34
3.3	环境空气的 $h-d$ 图及其应用	43
3.4	空气的流体特性	54
3.5	空气的流动状态	55
3.6	空气流动的基本方程	57
3.7	空气流动时的压力	59
3.8	空气在风道中的流动阻力	60
第 4 章	储粮通风机械	66
4.1	通风机械的分类	67
4.2	离心式通风机	67
4.3	轴流式通风机	87
4.4	混流式通风机	92
4.5	风机的选择与安装	95
第 5 章	储粮机械通风系统的类型	97
5.1	按通风范围分类	98
5.2	按风道类型分类	100
5.3	按机械通风的送风形式分类	104
第 6 章	储粮机械通风系统的主要参数	108
6.1	与粮堆有关的主要参数	109
6.2	与风道有关的主要参数	113
6.3	通风系统通风时的总阻力	116
第 7 章	储粮机械通风系统的设计	128

7.1	房式仓储粮机械通风系统的设计	129
7.2	浅圆仓储粮机械通风系统的设计	150
7.3	筒仓机械通风系统的设计	155
7.4	环流与膜下环流系统的设计	163
第8章	储粮机械通风技术的应用	169
8.1	储粮机械通风降温技术的应用	170
8.2	储粮机械通风降水技术的应用	186
8.3	储粮机械通风调质技术的应用	204
8.4	储粮环流通风技术的应用	217
8.5	智能通风系统及其应用	227
8.6	通风系统的节能技术	237
第9章	储粮机械通风的操作与管理	247
9.1	通风时机的确定原则	248
9.2	机械通风条件分析	249
9.3	允许机械通风的操作条件	259
9.4	机械通风时机的判断	260
9.5	粮食入仓前后的操作管理	263
9.6	粮堆通风前后的操作管理	266
第10章	储粮机械通风系统的测定与效率评估	275
10.1	空气温、湿度的测定	276
10.2	风压、风速和风量的测定	278
10.3	通风机性能的测定	292
10.4	机械通风系统均匀性测定与效果评价	294
10.5	机械通风的单位能耗评估方法	294
附 录		296

参考文献

.....	302
-------	-----

本章阐述了储粮机械通风的定义、储粮机械通风系统的组成以及国内外储粮机械通风发展的概况,概括性地总结了我国储粮机械通风技术在粮食储藏上的应用,为本书的编写起到导言作用。

第 1 章 概 述



1.1 储粮机械通风的概念

粮堆内外空气进行交换的过程称为粮堆通风,又叫储粮通风。它分为储粮自然通风与储粮机械通风两大类。

储粮自然通风是利用粮堆内部和外部空气密度差引起的热压差或风力造成的风压差促使外部空气进入粮堆内部,与粮堆内的湿热气体进行置换,实现通风换气的方式。自然通风无须动力,但通风降温的速度缓慢、通透性与均匀性较差,同时也受到地理、天时等条件的限制,常用于小粮堆、包装或散装粮垛的通风。

储粮机械通风则是利用风机产生的压力,将经过选择适宜的外界空气送入粮堆,促使粮堆内外空气进行湿热交换,改善粮堆内的物理参数,达到增进储粮稳定性或改善粮食加工品质目的的一种储粮技术。

由于包装粮麻袋间的孔隙远大于粮堆粮粒间的孔隙,通风时大量的空气都从麻袋间的孔隙中跑掉,通风效果远差于散装粮。因此,储粮通风一般泛指散装粮的机械通风。

1.2 储粮机械通风系统

储粮机械通风系统主要由风机、连接管、通风管道、粮堆以及风机操作控制仪器等设备组成,如图 1.1 所示。

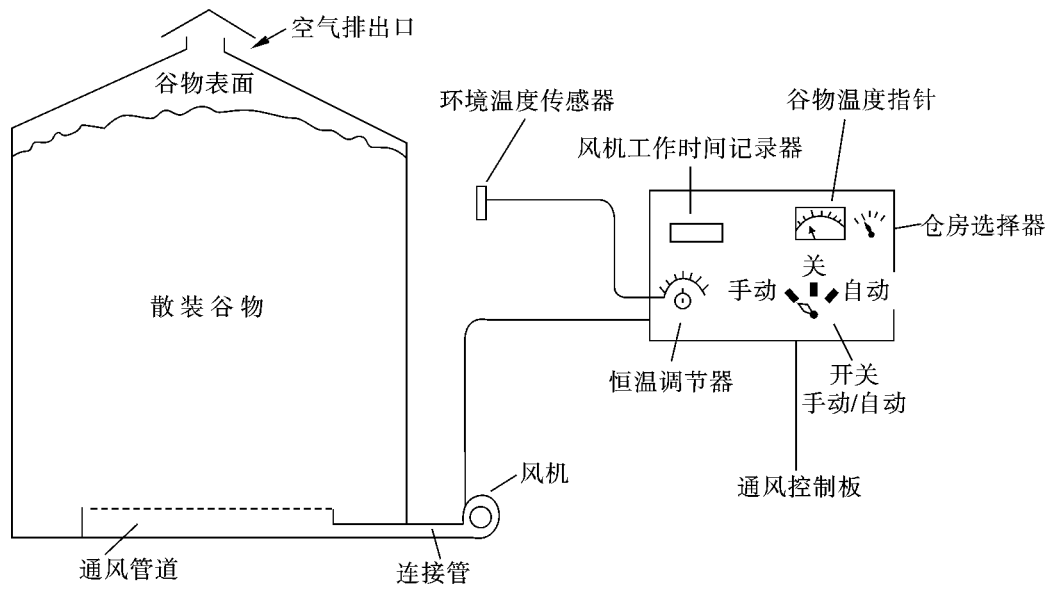


图 1.1 储粮机械通风系统的组成

1.2.1 风机

风机是储粮通风系统中的重要设备,其作用是克服通风系统的阻力,向粮堆提供足

够的风量,促使空气在粮堆里流动,保证通风作业的完成。常用的风机为离心式风机、轴流式风机和混流式风机。

1.2.2 连接管

连接管位于粮仓或粮堆外部,一般由管壁密封的管道构成,分别与风机和通风管道相接,起着输送空气的作用。在储粮通风作业中,常采用帆布袋等柔性材料作为连接管使用。

1.2.3 通风管道

通风管道俗称风道,指安装在粮堆底部由孔板或筛网构成的管道,通过连接管与通风机相连接,在粮堆内起着均匀分配气流,防止局部阻力过大的作用,达到通风降温散湿的目的。

通风管道通常由通风口、主风道、支风道和空气分配器等部件组成。

1.2.3.1 通风口

通风口位于仓壁或粮堆外侧的下部,配有一个密闭的盖板,应满足隔热密闭、快速启闭,以及与风机等设备对接方便的要求;盖板打开时,将风机与风道相连,进行通风作业;不通风时则紧闭通风口。

1.2.3.2 主风道

主风道位于通风口内的粮堆中,把支风道与通风口相连接,或风机直接与通风管道相连接;主风道表面通常不开孔,其作用是将通风机的风量均匀分配至每根支风道。

1.2.3.3 支风道

支风道是在粮堆内与主风道相连接的通风道,其表面开孔,在粮堆内起着均匀送风的作用。

1.2.3.4 空气分配器

空气分配器是指支风道表面筛孔板上开孔通气的部分,空气经由风道表面的筛孔板进入粮堆。

生产中常把设在仓房地坪上的移动式风道称为地上笼,把设在仓房地坪下的固定式槽形风道称为地槽,如果仓房整个地坪是由冲孔板构成,则称为夹底通风。

1.2.4 粮堆

粮堆是指堆放在仓房内或露天场地上的散装粮食,是机械通风的对象。

1.2.5 风机操作控制仪器

风机操作控制仪器是指在通风过程中控制风机运转的仪器,简单的仅起开关风机的作用,复杂的能自动选择通风时机,减轻保管人员的劳动强度,实现自动开机和关机的操作。

1.3 储粮机械通风发展概况

储粮机械通风是复杂的工程技术在粮食储藏中的应用。由于它在储粮中的广泛应用,已成为近代工程技术对粮食储藏的一大贡献,应该说迄今为止,还没有其他任何一项粮食储藏新技术所发挥的作用和产生的影响能与之相比。

储粮机械通风具有设备简单,操作方便,投资少,作业成本低,不拘仓房条件限制,易于推广等特点。尤其是将外界干冷空气引入粮堆后,不仅能处理粮堆发热,还能使粮堆处于均匀的低温状态,从而不用药剂或少用药剂,就能有效地控制虫霉的发展与危害,减少水分转移,增进储粮的稳定性,延缓品质陈化速度和保持粮食的新鲜度。因此,实现粮堆机械通风,具有十分重要的现实意义。

一些工业发达国家在第二次世界大战后开始应用储粮机械通风技术,美国、英国、法国、荷兰、澳大利亚、日本、俄罗斯等国进行了大量试验研究和应用。尤其是在美国,玉米机械通风在农村和商品粮仓已使用几十年之久。目前,美国、澳大利亚、法国等国的大小筒仓都配有机机械通风设施,如美国哈切森粮库的1 000个筒仓,主要靠机械通风控制储粮安全。澳大利亚的新南威尔士州、南澳等地的粮库,亦都广泛采用机械通风技术储粮。到20世纪60年代中期,在亚热带地区,特别在冬季温度较低及夜晚凉爽的地区,如巴西、印度、以色列等国大型粮库的筒仓和房式仓都已大规模使用。这个时期通风理论已初步建立,并逐渐得到提高。到20世纪80年代机械通风储粮技术在全世界各国,包括发展中国家得到了广泛应用,有些将粮堆通风列为仓储管理的重要内容,机械通风已成为这些国家常用的、不可缺少的储粮技术之一。

我国储粮机械通风技术,经历了摸索探讨、试验提高、创新完善(提高)和全面推广4个发展阶段。

1.3.1 摸索探讨阶段

我国储粮通风研究始于20世纪50年代后期,在苏联专家丹尼林的指导下,在武汉市第二粮库对房式仓散装粮进行了小型降温通风试验,当时试验时间短,粮食数量少,通风缺乏经验;因而,在1957年10月又进行了试验前的准备工作,1958年1月正式试验。当时试验粮种为粳稻,粮堆形式为麻袋围包散装,通风道全部用通风栅板,每块栅板为 $1.99\text{ m} \times 1.3\text{ m}$,共用103块。粮层阻力按公式 $H = (av + bv^2)h$ 计算,并用11.025 kW(15马力)电动机两部、风机两台(无型号)。试验结果表明,降温效果显著,但降水、杀虫效果不明显。接着,1959年5~6月在北京大红门粮库进行了机械通风降低大米水分试验,通风道应用通风栅板,风机为9.923 kW(13.5马力)的离心风机。试验结果表明,在5月下旬含水量为15.82%的大米,通风58 h,水分可降至13.2%,但出现上、中、下层水分分层现象,后倒囤度夏保藏,与人工摊晾相比,效果明显。在此前后,苏州盘葑粮库于1958年根据苏联经验试制了单管通风机[单台降温机功率750 W,转速2 850 r/min,风机风压1.1 kPa(110 mmH₂O),风量900 m³/h,导管三节,每节1 m,直径80 mm]及离心电力振动锤,从而为使用熏蒸探管和单管通风管的插入粮堆创造了条件,改变了以往粮堆发热就要倒仓、晾晒的做法,减轻了劳动强度。随后又进行了多管通风消除粮堆自热的试

验,试验表明,采用此法在风管作用的有效范围内,降温效果良好。同时在南京 1601 粮库进行“机械通风处理发热大米”的试验研究,探讨通风工艺上的几个问题,摸索了一些工艺设计参数。由于通风机在当时还属于投资较大的设备,加上对通风技术掌握也不够全面,因此通风技术没能得到全面推广。但对相关的通风工艺和设计参数的研究,为以后机械通风技术的推广奠定了基础。

1.3.2 试验提高阶段

在 20 世纪 70 年代后,江浙一带大量应用储粮机械通风技术,进行大量的通风试验,许多粮仓陆续安装了机械通风设备。如 1973 年江苏南部普遍采用储粮通风技术,苏北地区随后展开,在江苏可以见到几乎所有的通风形式,全省应用这种方法处理粮食数亿千克。在此期间,浙江还对通风降水、调质进行了研究,此后,江西、湖南、河南、安徽、青海、甘肃、黑龙江等省也进行了试验。不过,当时应用机械通风储粮数量比较少,约占当地储粮总数的 10%。

1.3.3 创新完善阶段

在 20 世纪 80 年代以后,我国储粮机械通风技术进入一个迅速发展的阶段,这期间进行了大量的试验研究。

1.3.3.1 关于通风形式的研究

(1) 地槽(笼)通风 地槽(笼)通风是我国研究最多的一种通风方式,研究内容主要涉及地槽(笼)设计和通风效果。刘维春、黄庆章(1983)报道了地槽式机械鼓风保粮实验。实验证明,地槽机械鼓风降温,可使粮温降至 10°C 以下,是实现低温储藏的有效方法。同时,必须掌握通风有利时机,实行分阶段间歇鼓风,粮温与气温相差 10°C 以上,效果更为明显,且地槽降温以竹笼通风最好。江苏无锡 1602 仓库(1984)报道密闭通风两用仓,(1985)报道通风形式选择。该库通过对各种通风方式通风网络参数进行全面测定,认为,地槽通风效果好,粮温下降均匀,电耗低,但造价高,地槽口易出水,适用于新建、扩建粮仓使用。箱式风道造价低,电耗略高,易于推广,但如果揭膜不当就会影响效果。单管和多管电耗大,劳动强度大,操作不便。该库推荐采用立槽和箱式风道结合的通风方式。

(2) 箱式通风 此法比较适合于在中小型仓房内使用。古静仁、祝彭庆(1985)报道箱式风道通风降温,提出确定箱式风道大小的设计依据、设备安装与操作、各种仓房降温效果与改进意见。李逢春(1986)报道箱式风道机械通风储粮技术的应用。试验证明,适时利用 1~2 月冷空气进行通风,将粮温降到 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$,为全年安全储藏创造条件。箱式风道结合揭膜通风是可行的。

1.3.3.2 关于机械通风系统参数的研究

左进良、邵灰模、李剑秋等(1983)报道储粮机械通风主要参数的探讨。黄培等(1983)报道房式仓地槽机械通风降温装置设计和测试方面几个问题的探讨。浙江省嘉兴地区粮食局等(1984)报道房式仓地槽式机械通风网络阻力的测定。上海粮食储运公司储藏研究室(1985)报道微速风表测定粮堆风速。左进良、邵灰模、李剑秋(1986)报道

储仓稻谷气流阻力,实验测出稻谷中的气流阻力,数据绘制在对数坐标系上,发现单位深度的气流阻力和单位面积的气流呈线性关系,直线斜率随粮层深度的增加而减少,截距随粮层深度增加而增加。在此基础上,建立了5个近似等式,可用于储粮通风系统的设计计算。罗金荣(1986)报道机械通风仓粮堆阻力的简易测定方法。唐启尧(1986)报道谷物通风等静压均匀送风管道的设计计算。周诚(1987)报道散装粮堆机械通风装置中均匀送风管道的水力学计算,并介绍了计算方法,阐明降低通风系统压力损失的主要途径。赵余粮(1987)就通风过程中的排风方向进行了讨论。吴子丹(1987)首次提出关于通风条件选择的“通风窗口”理论及其运用计算机进行通风自动控制的方法,并于20世纪90年代初提出了粮食平衡水分数学模型和平衡水分图算法,纳入1992年商业部发布的我国第一个《机械通风储粮技术规范》。赵思孟等撰写出版了我国首个机械通风储粮技术规范的培训教材。

1.3.3.3 关于通风节能技术的研究

广东省番禺县粮食局、广东省粮科所(1985)就地槽抽风、地槽鼓风、窗口排风、多管吸风、地槽气筒抽风、粮面气筒吸风6种通风形式进行比较,以排风扇最为实用、安全、经济。李剑秋、邵灰模等(1987)报道了粮仓负压通风降温储粮试验报告。试验将门窗密封,打开地槽通风口,利用安装在仓房檐墙上轴流风机向仓外排风,使粮仓形成负压,迫使仓外冷空气从仓底地槽进入仓内,并穿过粮堆,达到通风降温的目的。使用该方法通风,粮温可降至10℃左右,与离心式通风机比较,可节省设备费70%~80%,节省电费80%~90%。

值得指出的是,这期间,国家“七五”攻关项目《粮食现代保鲜技术(75-49-03-20)》中对储粮机械通风系统的研究,《机械通风储粮技术规程》的制定,机械通风配套设备的研制,推动了通风储粮技术在全国范围的推广。

在国家“七五”攻关项目中,河南工业大学、江西省粮食科学研究所等单位通过实验室的模拟试验、试验仓的中期试验和生产性实仓试验,系统研究了储粮机械通风的基础参数和对11种风道进行优选,取得显著的成果:

(1) 赵思孟、张来林等人采用电模拟试验方式,利用电场定性描述机械通风气流的运动规律,试验方法简单、方便,可以模拟出多种通风形式,试验条件可以理想化,结果准确,可排除多种因素(如杂质、水分、装粮方式、密实程度等)的影响,为储粮机械通风的基础研究提供了一种新方法。

(2) 张来林、赵思孟等人研究得出的等压比线在机械通风的压力场中位置不变与静压比值为一定值的结论,表明一个通风系统,若在有效的通风途径比范围内,通风死角的存在只与设计有关,而与风量大小无关。这就为采用节能的小风量(特别是排风扇)通风,尤其是环流熏蒸的应用提供了理论依据,同时为生产上检测或判断实际通风的均匀性,是否存在通风死角提供了一种简便方法。

(3) 左进良、张来林、赵思孟等人通过电模拟试验和实仓测试获得了压力分布图和气流分布图。压力线反映了粮堆内部的压力分布情况,也可用于检验粮堆内是否含有杂质区;气流线则反映粮堆内部的气流流向,气流穿过粮堆的时间等位线,可直接说明该通风系统送风是否均匀、合理,还能反映不同通风系统的气流流动模式,从峰面形状看,它能表现出气流所能到达的范围,可确定储粮通风的途径比率。据此,地槽分配器加罩,大大

减小系统阻力,为轴流风机的应用提供依据。

(4) 左进良、张来林、赵思孟等人通过对国内现行应用的 11 种风道内的风压与风速,粮面表观风速和粮堆内静压分布的测定,绘制通风时粮堆内的等压线、气流线分布图,以及对成千上万个测定数据进行数理统计分析,其结果表明:地上笼风道(箱式风道除外)优于地槽风道,但地槽风道只要设计合理,其分配器加罩后,可取得与地上笼通风相似的通风效果。权衡风道的通风效果与经济效益等指标,以及经济有效的原则,优选出符合我国国情的几种风道:箴织圆形、三角形筛网与半圆形冲孔板地上笼风道;各分配器面积由小至大(加锥形箴织罩)变截面(等风速)、各分配器面积相等(加锥形箴织罩)变截面(等静压)的地槽风道。优选出的通风系统,其降温费用比浙江省嘉兴地区(1982)节省 18.5%~91.3%,比江西省丰城市(1982)节省 59.3%~55.2%;比江西省景德镇市(1983)节省 42.1%~56.2%。与常规储粮相比熏蒸费用可节省 50%以上。建议粮库采用地槽分配器加罩的风道形式,通风效果与地上笼风道相近,进出粮速度快,费用低,还不影响仓房进出粮机械移动和清仓作业。

(5) 张来林、赵思孟、左进良等人进行了大量储粮通风基础数据的研究,得出稻谷、小麦、玉米、大米、黄豆等粮食品种的粮层阻力计算式,单位通风量、通风途径比的取值范围,为粮食仓房通风系统计算提供了设计依据。

1.3.4 全面推广应用阶段

进入 21 世纪后,随着机械通风技术的广泛推广和日臻成熟,市场经济观念的日益增强和粮食体制改革的不断深化,粮库在逐步建立以提高储粮效益为中心的经营理念,向现代化的主动流通型保管观念转变的过程中,对储粮通风技术的应用提出了更高要求,储粮机械通风技术应用已由原来只注重应用效果,偏重于粮食保管的有利性逐步转向注重投入与产出,注重技术效果与经济效益并重的新格局,即由应用型向应用效益型和节能应用型转变。机械通风技术不仅在降低储粮温度以实现低温安全储粮、平衡粮温以避免粮堆结露等方面具有十分明显的优越性,而且应用扩展到了保水通风、环流熏蒸杀虫、谷物冷却、充氮气调、粮堆膜下环流均温、增湿调质、控温储粮、智能通风和节能降耗等范围,成为四项储粮新技术推广过程中,应用最广泛、使用最普遍、效果最明显的储粮技术,推广普及率达到 99% 以上。目前,通风系统成为各类仓房的必备设施,机械通风技术已成为粮食储备库一项主要的储粮技术。

此外,随着国家利用国债资金大规模建库,针对大粮堆、厚粮层在储粮过程中存在的突出问题,储粮工作者将通风与熏蒸杀虫、粮堆冷却、筒仓储粮等相结合,进行通风技术的扩展性研究,并开发出相应的工艺设备,为提高储粮稳定性、节能降耗,确保国家粮食安全做出积极贡献,所取得的成果如下。

(1) 胡健、张来林、余平等人通过对苏州、无锡、龙游等进行考察,将通风、熏蒸、减压等技术与筒仓储粮相结合,1993 年开发出多功能通风熏蒸减压装置,解决长期困扰粮食系统筒仓坏粮的瓶颈难题,并在 18 个机械化骨干库的筒仓改造、1998 年以后新建的筒仓、浅圆仓中得到大量应用。

(2) 张来林、赵英杰等人在李克、朱仁康、王清和、许化武等人环流熏蒸试验的基础上,将通风技术与熏蒸杀虫相结合,总结提出环流熏蒸系统工艺设计参数,并形成环流熏

蒸商品化产品,解决了大粮堆、厚粮层的杀虫难题,为在 1998 年新仓建设中推广环流熏蒸技术奠定坚实基础。

(3) 胡光、曹毅、赵思孟、郝伟等人将“东孚”“大冷”“烟冷”“吉荣”等厂家开发的谷物冷却机,借助通风系统的风道作为冷气扩散器,成功应用于大粮堆的降温与冷却作业,尤其在偏高水分的稻谷保管、制止南方湿热地区玉米发热时,发挥出积极作用,确保了粮食品质与储粮安全。

(4) 1998 年吴子丹提出以通风技术为基础的“四合一”储粮新技术,经过 1998 ~ 2001 年 500 亿千克仓容的新仓及以后新建或改建的仓房的使用,从根本上改变了粮食系统储粮技术落后的局面,提升了整个粮食行业储粮的技术水平,实现了粮食系统跨越式的发展。在此后的十余年间,通过中储粮、省储粮等众多粮库的推广应用,2008 年《大型现代粮仓基本理论及关键技术研究与应用》项目获河南省科学技术进步一等奖、2009 年《国家粮仓基本理论及关键技术研究与应用》项目获国家科学技术进步二等奖,2010 年《国家粮食储备新技术研究开发与集成创新》项目获中国粮油学会科学技术特等奖、2010 年《粮食储备“四合一”新技术研究开发与集成创新》获 2010 年度国家科学技术进步一等奖。这是粮食行业有史以来获得的最高荣誉,其中包含了众多储粮工作者为此做出的默默无闻的贡献。同时也表明储粮通风技术在众多储粮技术中的重要性和所处的关键地位。

1.4 储粮机械通风的用途

1.4.1 创造粮堆低温环境

我国冬季有着丰富的冷源,抓住有利的低温时机,借助储粮通风系统,对粮堆实施机械通风,将外界干冷空气引入粮堆,排除粮堆内的湿热空气,降低粮温,使整个粮堆处于低温状态。这不仅对保持粮食品质有利,而且还可以有效防虫,抑制螨类和微生物的生长与发展,减少熏蒸次数与用药量,改善储粮性能,增进储粮的稳定性。

1.4.2 均衡储粮温度

为避免粮堆内由温差引起的水分转移,结露、发热、霉变等现象的发生,通常亟须均衡粮堆内温度,以确保储粮安全。主要表现在如下方面。

1.4.2.1 新粮入仓平衡通风

新收获的粮食,呼吸旺盛,产生的热量大,加之来自千家万户,其粮食水分、杂质等不一致,入仓后极易造成粮堆发热或局部发热,导致水分向冷热界面转移,稍不注意就发生霉变,严重影响储粮安全。因此,在新粮入仓后,利用有利的气候条件,及时开展均衡粮堆温度、水分的间歇通风,以提高新入粮食的稳定性。

1.4.2.2 秋冬季防结露通风

夏季入仓的粮食或过夏的热粮到秋季后,在粮堆内会出现外冷内热现象,湿热扩散会导致粮食的水分转移,造成粮堆表层、周壁等部位的粮食结露,结块,甚至发生霉变。

为了缩小粮堆内外温差,防止水分转移而实施的通风作业,可以避免粮堆表层、周壁等部位结露现象的发生,与传统人工翻动粮面、处理结露部位做法相比,具有操作简单、用人少、见效快、效果好等特点。

1.4.2.3 冷芯粮的均温通风

过冬的低温粮堆在度夏时,易出现粮堆表层温度较高、内部粮温较低的状况,即热皮冷芯现象,在冷热界面由于水分转移,容易形成结露,发热,严重时霉变的现象发生。

借助储粮机械通风系统,对粮堆进行通风,及时均衡粮堆温度、水分,可以有效地防止以上现象的发生,增强储粮的稳定性。但值得指出的是,冷芯粮的均温通风,是在粮堆、风道、风机和连接管之间构成的一个闭合系统内进行的。通常有如下三种模式:

一是整仓环流均衡粮温:风机进风口与仓房风道的通风口相连,风机出风口与仓房上方的窗口相连,整个粮堆、风道、风机和连接管之间构成一个闭合系统,通过离心风机强制循环通风,利用大粮堆内部的冷源平衡整体粮堆的温度。为减少外界高温影响,仓外管路与接口部分均须进行保温处理,负压段柔软材质制作的连接管还须内加支撑环。昆明库试验表明:利用粮库已有的风机、风道等设施采用下行式循环通风均衡粮温,一般通风 10 h 就可以缩小粮堆内部温差,达到显著降低粮堆外围温度的目的。该法操作简单、方便,粮堆和空间不会产生结露等不良现象。

此法存在着用大量冷源去冷却较高的仓温,造成冷源浪费、基础粮温提高等不足之处。

二是膜下环流均衡粮温:膜下环流需在粮面下 30 cm 处布置回流管,使回流管、粮堆、风道、风机和环流管之间构成一个闭合环流系统。利用大粮堆内部的冷源,通过离心风机的循环通风,平衡粮堆表层或周边的粮温。由于粮堆表面覆盖薄膜或压盖着隔热材料,膜下环流为粮堆的内环流,不与仓内上部空间直接连通,不会将粮堆上部仓房空间的积热直接带入粮堆,因此,一般不会导致粮堆平均粮温升高。膜下环流适用于粮面压盖或密封的粮堆、气密性能不好的仓房。

三是局部环流均衡粮温:以低温粮区作为冷源,围绕高温点布管,通过小功率环流风机构成局部环流系统,降低局部高温点的粮食温度。该技术可推迟使用谷物冷却机的时间和减少使用的次数,一般通风 8 h 可降低高温点粮温 6.0℃ 以上,降温效果明显。

1.4.3 高水分粮降水

晚秋收获的粮食,水分较高。通常由于受气候条件或烘干能力所限,得不到及时干燥,在存放期间有可能引起粮食发热霉变。借助机械通风系统,合理操作,能将粮食水分降到安全水分以内,确保储粮安全。其方法是:根据储粮水分、温度,确定单位通风量,选择合乎要求的空气作为干燥介质,对其进行通风降水。在高温季节,可采用离心风机整仓通风降水或者利用就仓干燥系统通风降水;在低温季节为了提高降水速率,可采取辅助加热方式通风降水。但粮食的最高水分一般不超过 17.0%。

1.4.4 低水分粮调质

粮食随着储存时间的延长,水分逐步降低,品质逐步下降。由于水分损失出现的粮食数量减少和品质下降,往往导致储粮仓储企业经济效益下降。特别是稻谷,不仅食用

10 储粮机械通风技术

品质下降,口感较差,而且在粮食加工时破碎粒增加,出米率降低,导致粮食加工企业效益也下降。

借助储粮机械通风系统,选择适宜的环境空气等方法,对粮堆进行通风,可以有效地回归粮食水分,改善粮食加工工艺品质。这就是低水分粮的保水调质通风。常用的方法有:利用自然湿空气调质法和水气雾化调质法。

1.4.4.1 利用自然湿空气的调质通风

在粮食即将出仓前,选择适宜的环境湿空气进行调质通风。试验证明,大气湿度大于粮堆的平衡湿度 15% 以上时,调质效果较好。该法操作简便,但受气候条件限制。

1.4.4.2 利用水气雾化的通风调质

在粮食即将出仓前,用人工方式增加空气湿度,将湿空气通入到粮堆中进行调质。在调质过程中,须加强对稻谷水分变化的检测,以确定调质通风效果。该法一次性投资较大,但不受气候条件限制。

在通风过程中,采取压入式与吸出式轮换送风、间歇通风、通风结束前的平衡通风等措施,有助于消除或减缓调质过程中产生的水分含量梯度。

须强调的是:通风调质是一项风险极大的通风作业,稍有不慎就会出现坏粮事故,一定要以科学态度、谨慎从事。

1.4.5 排除储粮异味

借助储粮机械通风系统进行强制通风,可以快速排除因长期储藏而在粮堆形成的异味或残留的熏蒸毒气。

1.4.6 环流熏蒸杀虫

对于气密性较好的仓房或堆垛,通风道可用作毒气的扩散器,通过环流熏蒸进行杀虫,促使毒气在粮堆内的快速均匀分布,可以取得较好的杀虫效果,尤其是能明显提高大粮堆、厚粮层的熏蒸杀虫效果。其方法与环流均衡粮温相似:在粮堆、风道、风机和连接管之间构成的一个闭合系统内施放药剂,选用小风量风机进行环流。

1.4.7 夏秋季的排积热通风

在夏秋季,选择夜间相对低温时机,排除从外界传入仓内空间或仓房吊顶和拱板间的积热,以缓解粮堆温度上升速度所实施的通风作业。

粮堆特性包括物理特性、化学特性和生理特性等,本章的着力点在于介绍与储粮机械通风有关的粮堆特性。譬如,从粮堆物理性质来讲,有孔隙度、导热性、吸湿性和平衡水分等;从通风过程中来讲,与储粮稳定性关系最密切的非生物因子有温度、湿度和粮堆水分等,以及有效防止粮堆发热霉变等内容。

第 2 章

与储粮机械通风有关的粮堆特性



粮堆是由粮食籽粒堆聚而成的群体,为粮食储藏的基本形态。粮堆组成除粮粒外,还有杂质、虫、霉、螨和粮堆空隙中的空气等,粮堆是一个由多种生物与非生物成分构成的组合体,具有不同的特性。由于本书的重点是论述储粮机械通风,因此,本章只介绍与储粮机械通风有关的粮堆特性。

2.1 与机械通风有关的粮堆物理性质

粮堆的物理性质是指粮食在堆放和移动过程中表现出来的种种物理属性,它是影响粮食储藏稳定性的重要因素,并且与粮食清理、干燥、通风、气调等作业有着密切的关系。因此,要对粮堆进行机械通风作业,就必须首先了解粮堆的物理特性。

2.1.1 孔隙度

2.1.1.1 孔隙度的概念

粮食是一种散粒体,由粮粒堆积而成的粮堆中存在着一定的孔隙,粮堆孔隙体积占粮堆总体积的百分数称为孔隙度,通常粮堆的孔隙度为 35% ~ 50%。

对于一个粮堆来说,各部位孔隙度的大小是不均衡的,特别是在自动分级现象明显的情况下,这种差别更为突出。

几种主要粮食的孔隙度见表 2.1。

表 2.1 几种主要粮食的孔隙度和静止角

粮种	粮食容重/(kg · m ⁻³)	孔隙度/%	静止角/(°)	资料来源
大 麦	580 ~ 700	45 ~ 55		特里斯维斯基(1966)
	641 ~ 692		28	美国农业工程师学会 (1978)
玉 米	718	40		
	769		27	
稻 谷	440 ~ 550	50 ~ 65		特里斯维斯基(1966)
	666		36	美国农业工程师学会 (1978)
高 粱	641 ~ 743	37		
	743		33	斯塔尔(1950)
大 豆	770	34 ~ 36		霍尔(1979)
	743		29	美国农业工程师学会 (1978)
向日葵	325 ~ 440	60 ~ 80		特里斯维斯基(1966)
小 麦	730 ~ 840	35 ~ 45		
	782 ~ 833		26 ~ 28	美国农业工程师学会 (1978)