

中国储备粮管理总公司 编
河南工业大学

中央储备粮油 储藏技术与管埋



Chemical Industry Press



化学工业出版社
“三农”读物出版中心

中央储备粮油 储藏技术与管理

中国储备粮管理总公司 编
河南工业大学



化学工业出版社
“三农”读物出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

中央储备粮油储藏技术与管理/中国储备粮食管理总公司,
河南工业大学编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 8
ISBN 7 5025 6011-4

I. 中… II. ①中…②河… III. ①国家储备-粮油储藏-
技术②国家储备-粮油储藏-仓库管理
IV. TS205.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 075121 号

中央储备粮油储藏技术与管理

中国储备粮管理总公司 编
河南工业大学
责任编辑: 梁虹 张彦
责任校对: 顾淑云 宋玮
封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
“三农”读物出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 16¼ 字数 288 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6011-4/TS·193

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

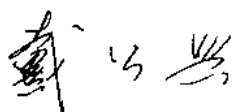
粮食安全关系国计民生和社会政治稳定，是国家安全战略的重要组成部分。我国是一个粮食生产和消费大国，粮食安全问题在国民经济和社会发展中的战略地位尤其重要。20世纪90年代初，面对国际国内政治经济形势，党中央、国务院审时度势，建立了国家粮食专项储备制度。历经十几年的改革和发展，中央储备粮从无到有，规模从小到大，管理水平不断提高，逐步规范，为有效地保护农民种粮积极性，稳定市场粮价，促进国民经济持续、快速、健康发展和维护社会稳定做出了积极贡献。

经济的竞争，归根到底是人才的竞争。当今世界，经济全球化趋势日益增强，科技革命迅猛发展，知识经济深刻影响并改变着人们的生产和生活方式。各国、各行业以及企业的综合竞争力将更加倚重于科技进步和知识创新。经济和社会发展要依靠科技，科技进步要依靠科技创新，科技创新要依靠人才。科技发展，知识创新，已成为一个企业安身立命和持续发展的主要推动力。

中国储备粮管理总公司要发展成为具有强大竞争力的现代化企业，成为粮食行业排头兵，圆满完成党中央、国务院赋予的光荣使命，需要培养和造就一支高素质的员工队伍。如何尽快提高员工的业务技术素质，已是一项紧迫的课题。总公司将按照国资委全面实施“职工素质工程”的有关要求，全力推进职业资格制度，完善“持证”上岗制度。总公司仓储管理部针对系统内粮食仓储管理人员的实际情况，组织编写了《中央储备粮油储藏技术管理》培训教材，这是一项很有意义的工作。该书按照粮食仓储作业工艺流程，结合中央储备粮仓储管理的特点，全面系统地阐述了粮油储藏技术和管理要求，注重

理论联系实际，通俗易懂，并配套音像光盘，不失为基层仓储管理人员学习的一本好教材。希望从事中央储备粮管理工作的广大员工能从中获取裨益，得到帮助。

中国储备粮管理总公司副总经理



二〇〇四年二月二十六日

前 言

自中国储备粮管理总公司成立以来，经过四年的改革和发展，现在已由初创期进入全面发展的时期，中央储备粮仓储管理工作也从初期的基础建设工作适时转入到战略发展阶段。如何更好地完成“两个确保”这一重大使命，让中央储备粮发挥更大的经济和社会效益，以及如何打造总公司核心竞争力，使之成为具有国际竞争力的行业排头兵，这些都对总公司的科技工作提出了更高的要求，而科技工作必须依靠优秀的人才作智力支持，因此加强培训，尽快建立一支高素质的人才队伍，对总公司当前的发展显得尤为重要。

本书是根据总公司对粮食储藏技术及管理人员上岗培训的要求，委托河南工业大学（原郑州工程学院）编写的。主要介绍了粮食收获后在中央储备粮体系的作业流程，结合我国粮食储藏技术的现状及特点，力求系统的反映中央储备粮承储企业仓储管理的全面工作。培训教材本着科学性、先进性和实用性的原则，注重理论联系实际，通俗易懂、系统实用，可作为仓储管理的培训教材，也可作为总公司系统职工业务学习的通俗读本。

中国储备粮管理总公司
仓储管理部
2004年6月

内 容 提 要

本书共分为十三章，系统论述了粮食储藏基础、粮食仓储业务流程和新技术应用。第一章为“储粮基础知识”，简述了与储藏稳定性关系密切的粮食物理性质、生理特性、储粮生态系统、储粮害虫和微生物；第二章为“储粮仓型与特点”，介绍了目前我国的主要粮食仓型及特点；第三章至第九章为中央粮食储备仓储业务流程的各环节，主要阐述了入仓前仓房的准备、高水分粮处理、入仓前设备的准备、入仓粮食要求、粮食接收与入仓、目前我国中央储备粮系统应用的主要储粮技术和粮食出仓与发放；第十章“油料和油脂储藏”，简述了主要油料和油脂的储藏技术；第十一章“安全生产”概要介绍了仓储作业的事故预防、防尘和粉尘爆炸的预防、化学药剂使用的安全防护、气调储粮的安全防护等；第十二章“储粮新技术简介”，简单介绍了目前国内外储粮技术发展的几个方向，如：计算机管理技术、粮食新陈检测方法、粮食安全储藏技术指标评价体系、储粮生态体系等；第十三章“粮油储藏科技论文撰写概论”，概要叙述了粮油科技论文的撰写方法。

部分章节还列出了常见问题与处理办法及作业安全要点，增加了本书的实用性和针对性。

本书为中国中央储备粮系统粮食储藏技术与管理人员上岗培训的专用教材，也可作为粮食、食品、物流、农业、工商管理等相关专业技术人员、管理人员的自学参考书。

目 录

第一章 储粮基础知识	1
第一节 粮堆的组成.....	1
第二节 粮食的物理性质.....	1
第三节 粮食的生理特性.....	8
第四节 储粮生态系统	11
第五节 储粮害虫	19
第六节 储粮微生物	23
第二章 储粮仓型及特点	34
第一节 中国粮食储藏代表仓型	34
第二节 主要仓型及其储粮性能	36
第三章 入粮前仓房的准备	45
第一节 准备仓房、堆粮线、计算仓容	45
第二节 仓房的清理与空仓杀虫	49
第三节 入粮前仓房内部的处理	51
第四节 测温电缆的固定、测温系统的检查	52
第四章 高水分粮食处理（干燥技术）	55
第一节 粮食干燥技术发展简介	55
第二节 粮食干燥技术及干燥机械的分类	55
第三节 粮食干燥原理	57
第四节 粮食烘干系统的组成与干燥工艺	59
第五节 机械通风降水技术的应用	62
第六节 高温快速干燥的粮食烘干机	65
第七节 烘干机的热源	68
第八节 冷却设备	70
第九节 粮食烘干系统的操作管理与故障排除	70
第五章 入仓前设备的准备	76

第一节	粮食接收设备的准备	76
第二节	输送设备的准备	76
第三节	清理设备的准备	79
第六章	入仓粮食要求	82
第一节	入仓粮食“五分开”	82
第二节	等级要求	82
第三节	虫粮的等级及其他要求	89
第七章	粮食接收与入仓	91
第一节	粮食接收工艺流程	91
第二节	粮食扦样与入仓	93
第三节	粮情检测传感器的布置	94
第四节	粮面平整处理与堆放	95
第八章	储粮技术管理	97
第一节	粮情测控技术	97
第二节	粮堆通风技术	103
第三节	害虫防治技术	114
第四节	低温储粮技术	126
第五节	气调储粮技术	134
第六节	“双低”、“三低”储粮	137
第七节	原粮、成品粮品质检验与控制	139
第九章	粮食出仓与发放	163
第一节	不同仓型的出仓方式	163
第二节	常用的粮食发放工艺流程	164
第三节	出仓操作的注意事项及有关机械设备介绍	165
第十章	油料及油脂储藏	168
第一节	油料储藏	168
第二节	油脂储藏	176
第十一章	安全生产	184
第一节	粮油仓库安全保卫	184

第二节	仓储作业的事故预防·····	184
第三节	防尘和粉尘爆炸的预防·····	186
第四节	化学药剂使用的安全防护·····	186
第五节	气调储粮的安全防护·····	188
第六节	安全事故分析·····	189
第十二章	储粮新技术简介·····	190
第一节	计算机管理技术·····	190
第二节	粮食新陈度的测定·····	205
第三节	粮食安全储藏技术指标评价体系·····	210
第四节	储粮生态系统的研究进展·····	215
第十三章	粮油储藏科技论文撰写概论·····	219
第一节	概述·····	219
第二节	撰写方法·····	220
附录 1	粮食储藏主要参考资料·····	233
附录 2	相关标准、规程与管理办法·····	234

第一章 储粮基础知识

第一节 粮堆的组成

粮堆是粮粒聚集而成的群体。粮堆组成是相对复杂的积聚体，不同的粮堆组成有一定的差异，主要由生物成分和非生物成分组成，即由粮粒（约占粮堆体积的60%）、有机杂质、无机杂质、微生物、虫、螨和空隙中的空气组成。

粮食籽粒是粮堆的主体。粮食籽粒本身是活的有机体，在储藏过程中维持着一定的新陈代谢活动，处于缓慢的分解状态，是粮食保鲜的基础。原粮一般以散存为主，而成品粮一般以包装堆垛形式储藏。成品粮的呼吸作用比原粮旺盛，容易引起局部湿热现象的产生，品质变化速度较快。

昆虫、螨类和微生物是粮堆中的有害生物，是粮堆的组成部分，与粮食的储藏稳定性能有密切的关系。根据对粮食造成的危害程度，储粮害虫分为主要害虫、次要害虫、伴生性害虫和寄生、掠食性害虫，其生命活动是围绕着粮食籽粒进行的，直接或间接地危害粮食。微生物通过分泌出酶，将粮食中的营养物质分解，有的微生物能产生真菌毒素，是影响储粮稳定性及品质的重要因素，粮堆中的微生物主要为储藏真菌。

另外，粮堆中还含有一定的杂质，包括无机杂质和有机杂质，无机杂质主要有石头、泥块、沙子等，有机杂质包括其他粮食子粒、草子等。这些杂质的存在，使得形成粮堆时容易形成自动分级，同时有机杂质的活动会加速粮食的品质劣变速度。另外杂质的存在将影响以后粮食的加工品质，所以粮食入仓前应该进行适当的清理，以减少杂质的含量。

第二节 粮食的物理性质

粮食的物理性质是指粮食在储存运输过程中反映出的多种物理属性。如粮食的流散特性（自动分级、散落性）、粮食的热特性（导湿性和导热性）、粮食的吸附特性（吸湿特性和气体吸附特性、湿热扩散）、粮食的应力裂纹等。这些物理特性互相关联，并与生物特性共同作用，对粮食的生命活动、虫霉危害、储粮的稳定性产生有利的和不利的影 响，并与粮食清理、干燥、通风、气调等作业及粮仓设计都有密切关系。因此，深入了解粮食的物理特性，充分利用其有利的一面，防范和尽量避开其不利的一面是十分重要的。

一、粮食的流散特性

粮食的流散特性包括散落性、自动分级、孔隙度等，这是颗粒状粮食所固有的物理性质。粮食具有流散特性的根本原因是粮粒之间的相互作用力——内聚力小，不足以在重力的作用下使粮粒保持垂直稳定，致使粮食在堆装、运输、干燥、加工等过程中表现出流散特性。

（一）散落性

粮食在自然形成粮堆时，向四面流动成为一个圆锥体的性质称为粮食的散落性。粮食的颗粒大小、成熟度的差异、杂质数量的多少等都和散落性密切相关。粮食散落性通常用静止角表示。

静止角是指粮食由高点落下，自然形成圆锥体的斜面与底面水平线之间的夹角。静止角大小与散落性成反比，即散落性好，静止角小，散落性差，静止角大。

粮粒的大小、形状、表面光滑程度、容量、杂质含量都对粮食的散落性有影响。粒大、饱满、圆形粒状、密度大、表面光滑、杂质少的粮食散落性好，反之则散落性差。不同粮食之间，上述外观特征明显不同，因此，具有不同的散落特性。

粮食的散落性在粮食储藏、装卸输送机械及储藏设施的设计中都是一个重要因素。储藏期间散落性的变化，可在一定程度上反映粮食的储藏稳定性。安全储藏的粮食总是具有良好的散落性。如果粮食出汗、返潮，水分增大，霉菌滋生，就会使散落性降低；严重的发热结块会形成 90° 角的直壁状，完全丧失散落性。

散落性好的粮食，在运输过程中容易流散，对于装车、装船、入仓出库操作都较方便，可节省劳力与时间。但是散落性较大的粮食对装粮容器的侧压力也大。装粮时对散落性大的粮食就要降低堆装高度，对于散落性较小的粮食则可酌情增加高度。

（二）自动分级

1. 自动分级的概念

粮食在震动、移动或入库时，同类型、同质量的粮粒和杂质就集中在粮堆的某一部分，引起粮堆组成成分的重新分布的现象称为自动分级。

2. 自动分级的类型

自动分级现象的发生与粮食输送移动时的作业方式、仓房类型密切相关。作业方式不同，自动分级状况也不相同；仓房不同，自动分级现象也不相同。按其

作业方式、仓房类型和粮堆形成的条件，自动分级可大体分为四种情况。

(1) 自然流散成粮堆时的自动分级 粮食自高点自然流散成粮堆时，粮粒与粮粒之间、粮粒与杂质之间以及杂质与杂质之间受到的重力、摩擦力不同，同时落下时受到的气流浮力也不相同。这些差异相互影响的综合结果，使较重的杂质落在圆锥体的中心部位，而较轻的、破碎的粮粒及杂草种子就沿着斜面下滑至圆锥体的底部。因此，随着圆锥体的不断扩大，杂质就在圆锥粮堆的底部不断积累，最终形成基底杂质区。

(2) 房式仓入粮时的自动分级 房式仓粮食入仓一般有输送机进粮和人工入粮两种。输送机进粮又分移动式 and 固定式。若移动式入仓，一般是输送机头先从仓山墙处开始，随入粮逐步由内向外退移。因此，饱满的粮粒和沉重的杂质多汇集于机头落下的粮堆中央部位；沿输送机两侧的粮食含有较多的瘪粒和较轻的杂质，形成带状杂质区；在皮带输送机下形成糠壳杂质区。若固定式入仓，粮食入仓时就有多个卸粮点，那么像自然流成粮堆一样，在一个仓房内部形成多个圆窝状杂质区，即每个卸粮点有一个基底状杂质区。房式仓人工入粮时，由于倒粮点分散，边倒边匀，自动分级就不明显，质量组合比较均匀。

(3) 立筒仓进粮时的自动分级 立筒仓因筒身较高，粮粒从高处落下，下落的粮食流动会带动空气运动，在仓内形成一个涡旋气流，涡旋气流的运动，将粮面上细小的、较轻的杂质吹向筒壁。随着粮面在筒仓内逐步升高，靠近筒壁处形成环状轻型杂质区。而沉重的杂质多集中于落点处，形成一个柱状重型杂质区。出仓时，正好相反，比较饱满和密度大的粮粒首先流出，靠近仓壁的瘪小籽粒和轻浮杂质后流出。

(4) 浅圆仓进粮时的自动分级现象 目前浅圆仓有些在仓顶进粮口处没有配备布料器，粮食入仓时，先由大门进粮，使仓内粮食达到了3~4m高时，再由仓顶进粮。从仓顶到仓底高度有14~15m，粮粒之间的互相冲击可使破碎率增加近1个百分点，造成中心部位杂质集中，严重时浅圆仓中心部位杂质达到20%。现有安装了布料器的浅圆仓也没有完全解决自动分级问题。

3. 自动分级对储粮的影响

自动分级现象使粮堆组分重新分配，这对安全储粮十分不利。杂质较多的部位，往往水分较高，孔隙度较小，虫霉容易滋生，是极易发热霉变的部位，如不能及时发现还能蔓延危及整堆粮食。自动分级中灰尘集中的部位，孔隙度小，吸附性大，在熏蒸害虫时，药剂渗透困难，影响杀虫效果。同时，在通风降温降水过程中，也因空气阻力的加大，使风速达不到规定的要求，造成局部温度、水分偏高。防止自动分级最积极的办法是预先清理粮食。此外，在粮仓上安装一些机械装置，使粮食入仓时均匀堆向四周散落，减轻自动分级现象。如皮带输送机头部的抛粮机构，在卸粮时扇面不断旋转，借助粮流的惯性冲力，将粮食均匀抛

出。也可以在入粮口安装锥形散粮器或旋转散粮器。立筒仓采用中心管进粮与中心管卸粮的方式，都可以有效减缓粮食分级现象。

（三）孔隙度

孔隙度是由粮粒本身结构与粮堆中粮粒间存在空间所造成的。在粮堆中，孔隙所占的百分比叫做孔隙度。孔隙度是粮食在储藏中维持正常有氧呼吸，进行水分、热能交换的基础。

粮食孔隙度的大小受到许多因素的影响，粮粒形态、大小、表面状态、含水量、杂质的特征与数量、堆高、储藏条件等，都能影响粮堆的孔隙度和密度。粮粒大、完整、表面粗糙的，孔隙度就大；粒小、破碎粒多、表面光滑的，孔隙度就小。含细小杂质多的粮食，可降低粮堆的孔隙度。对于一个粮堆，各部位的孔隙度是不一样的。特别是自动分级明显的部位更为突出。粮堆底层所受压力大，孔隙度较小。此外，粮堆吸湿膨胀后，也会造成孔隙度降低。

粮食孔隙度在粮食储藏上具有重要的意义。孔隙度的存在，决定了粮堆气体交换的可能性，是粮粒正常生命活动的环境。孔隙中空气流通，粮堆内湿热易于散发，粮食就耐储藏；如果孔隙度小，气体交换不足，当某些部位湿热高时，粮堆内就会湿热聚积不散，易引起发热、霉变。所以粮堆中有一定的孔隙度，对保证粮食的安全储藏是必要的。

根据粮堆内部的气体可交换的性质，可人为地利用惰性气体改变粮堆内的气体成分，改变粮堆内粮粒与害虫、霉菌的生活环境，以抑制粮食呼吸及虫霉的活动。气调储藏就是在此基础上发展起来的储粮技术措施之一。自然通风和机械通风，也是促进粮堆内气体的对流，散发粮堆内湿热空气，换进干冷空气，以达降温、降水的目的。进行药剂熏蒸和化学保管时，孔隙度大，药剂就易于渗透，杀虫抑菌的效果就好；孔隙度小，药剂渗透困难，有时会影响熏蒸效果。

孔隙度大的粮堆，粮情易受环境条件的影响，粮堆温、湿度随外界环境变化快。孔隙度小的粮堆，粮情就不易受外界环境的影响。

二、粮食的热特性

粮食的热特性是粮堆物理性质之一，包括粮食的导热性和导温性。

在组成粮堆的主要成分中，粮粒对热的传导速率较小，是热的不良导体。虽然粮堆中空气的流动可有助于热传导，但粮堆内微气流运动缓慢。因此，整个粮堆的导热性是很差的。如正常粮堆温度总是落后于外温，深层粮湿度变化总是落后于表层，就是粮堆导热性不良的具体表现。

粮堆的导热性就是粮堆传递热量的能力，通常以粮食的导热系数(λ)的大

小来衡量。具有一定的导热性是粮堆进行通风降温、干燥去水的依据之一。粮堆的 λ 值很小, 约在 $0.117 \sim 0.234 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 之间。粮堆的导热系数随着粮堆中空气的水分含量和粮食的水分含量的增加而增加, 尤其与粮食的含水量呈正比关系。水分越高, 粮食的导热能力越大。

较小的导热系数决定了粮堆是热的不良导体。粮堆对热的传入、传出都很缓慢。粮堆的这一性质, 对粮食的储藏有有利的一面, 也有不利的一面。当粮堆局部发热时, 由于粮堆难以传热, 接近发热层处的粮食温升比发热层中心慢得多。据测定, 在距离发热中心 1.5m 和 2m 处, 分别要经过 10 昼夜和 20 昼夜才有明显的温升; 距离 2.5m 处, 要经过 30 昼夜; 距离 3m 处, 30 昼夜仍察觉不到温升。因此在检查粮情时要合理布点, 以尽早发现局部发热。

粮堆的不良导热性的有利作用是在合理保管时, 低温进仓的粮食甚至在热的季节里, 也能保持较低的粮温, 抑制和推迟虫霉的危害。生产中常用的小麦热入冷储的储藏措施, 就是充分利用粮食导热性不良的特性。

粮食在传热的同时, 本身也会吸收部分热量而加热, 即粮食的导温特性, 表示了粮食的热惯性。

三、粮食的吸附特性

(一) 吸附的概念和类型

粮食储藏中的吸附现象主要是粮食对惰性气体的吸附, 对熏蒸气体及一些污染物如香料、煤油、汽油、桐油、咸鱼、樟脑的吸附等, 其中最明显的是对水气的吸附。粮食对水气的吸附与储藏品质的变化具有密切的关系, 是粮食结露、湿热扩散的重要原因。

粮食的吸附作用主要包括物理吸附和化学吸附。粮堆中发生的吸附作用是物理吸附和化学吸附并存。

气体性质、温度、吸附气体压力、粮粒的组织结构、化学成分等是影响粮食吸附的重要因素。

(二) 吸附与粮食储藏的关系

气体吸附与粮食储藏有着密切的关系。粮食储藏技术中的二氧化碳置换方法(CEM)就是利用谷物对二氧化碳的吸附特性, 使粮食在包装袋内呈现胶着状态(袋内负压 2000Pa 以上), 有效地保持粮食品质。由于吸附特性的存在, 粮食极易吸附不良气体和液体, 产生异味, 如汽油、煤油、药物等气味性物质。轻者影响粮食的食用价值, 重者造成污染。因此, 粮食的运输车辆、盛装粮食的器皿及使用的工具都要严加检查, 以免污染。

（三）粮食的吸湿性

1. 粮食吸湿性的概念

粮食在储藏过程中最重要的吸附特性是粮粒对水汽的吸附与解吸的性能即吸湿特性，它是粮食吸附特性的一个具体表现。在储藏期间，粮食水分的变化主要与粮食的吸湿性能有关，与粮食的储藏稳定性、储藏品质都密切相关，和粮食的发热霉变、结露、返潮等现象有直接关系。所以粮食的吸湿特性是粮油储藏中最重要的变量因素之一。

2. 粮食吸湿性的原因

（1）粮粒是多孔毛细管胶体物质，能够使水蒸气通过扩散进入其内部并凝聚。

（2）粮粒具有很大的吸附表面，使水分子能在表面发生单分子层或多分子层的吸附。

（3）粮粒中存在有很多亲水性基团，这些基团对水分子具有较强的吸附能力，如小麦的淀粉含量约占粮粒的 63%，蛋白质约占 16%，纤维素约占 13%，这些物质都具有数个亲水基团，构成了粮粒吸湿的活性部位。

3. 粮食吸湿性与储藏稳定性

吸湿性的研究为粮食储藏工作提供了理论依据。粮粒的吸湿性质和平衡水分的概念，指出了空气相对湿度对粮食水分的影响，当水分大的粮食存放在低的相对湿度的环境中时，粮食水分则会散发；反之，如把干燥的粮食存放在空气潮湿的环境中，粮食则增加水分而受潮。因此，在粮食储藏期间，利用通风、密闭、干燥等措施控制和调节水分时，必须运用粮食的吸湿性与平衡水分的概念和规律。

由于吸附滞后作用，高水分粮和低水分粮湿储后，会引起粮堆水分的不均匀而难以保管。

四、湿热扩散

（一）湿热扩散的概念

储藏中的粮食即使处在安全水分和水分一致的情况下，只要在粮堆的不同部位存在着显著的温差，仍有可能变质。粮粒内的空气不是静止的，而是通过对流不停地运动着。粮堆内热空气密度较小而上升，水汽也随之运动，至表面遇冷，它就放出多余水分以维持它的相对湿度。即使在水分很均匀的粮食中，水分也会沿着湿度梯度引起的蒸气压梯度而运动，这种现象称为湿热扩散。水分从温暖区域向较冷的区域移动，可能导致平衡水分超过安全水分。极端的情况下，空气碰

到冷的表面,可能冷却至露点以下,于是水分就在仓壁或粮堆表面凝结,大大地增加了这一区域的平衡相对湿度,使粮食变质的危险性增加。如当年入库的夏粮,在气温下降时,容易出现粮堆上表面转冷而水分增高的分层现象。一般所说的“结顶”大多是由此产生并发展的结果。

当高水分粮和低水分粮堆在一起时,粮食水分能通过水气的解吸和吸附作用而移动,最后达到吸湿平衡,这种现象称为水分再分布。但吸湿平衡除考虑粮食水分外,必须同时考虑粮堆湿度、相对湿度和水汽压等因素。

(二) 湿热扩散产生的原因

在相同温度下,水分愈大,粮粒间水汽压也愈大;在相同水分下,粮温愈高,粮粒间水汽压也愈高。在粮堆各部位温、湿度分布不均匀的情况下,水汽常从高温处移向低温处,在粮温较低的粮层中,由于水汽凝结而增加水分。温差愈大,原有含水量愈高,堆放时间愈久,则水分增加也愈分明。

水分沿着温度梯度而运动的过程是一个缓慢的过程。一般认为扩散是水分转移的主要机理,对流传辅助作用。储藏实践表明,靠近仓壁的粮食变质主要是由水分不断地由温暖处移向冷处,以及粮堆空气在中心上升然后沿仓壁下降的对流联合作用的结果。粮堆表面生霉、结块、发芽、腐烂也往往是温差引起水分转移的结果。

(三) 湿热扩散与储粮稳定性

粮堆储存中水分转移的现象已受到人们普遍重视,在储粮实践中也具有重要的意义,了解这一物理过程对储粮的安全是必不可少的。归纳起来,影响水分扩散的因素有以下几个:粮食的水分含量、粮堆阻力大小、温差和吸湿性能。研究水分扩散的规律有助于储粮工作者掌握粮食水分的变化过程与规律,防止水分在某一部位的聚积而使粮食变质等。例如,秋冬交替时粮湿较高,特别是热人仓的麦堆,容易产生温差,中、下层粮温高于上层,从而引起冷热空气循环对流,使水分按热流方向移动。这种水分移动长期进行,就会使粮堆上层水分明显增高,形成上层结顶现象。若中、下层粮温低,边、上部粮温高时,则会发生相反的对流现象,使底部粮食水分增高,这样情况常发生于春季。

在储粮实践中,春秋转换季节时,要特别注意水分转移的情况,即使是水分很低的粮食。如含水9.8%的小麦,在20℃的湿差下经过两周,较冷部位的小麦水分也会增至36.2%,发芽生霉。在机械通风降湿、降水过程中也会发生粮食水分转移的情况,甚至发生局部结露导致粮食变质的现象。在粮仓中,阴面堆边、底部和其他部位都有可能由湿热扩散引起水分增高,如不及时观察处理就可能导致储粮变质。因此,要密切注意粮仓中的某些部位,发现问题及时处理,确保储粮安全。