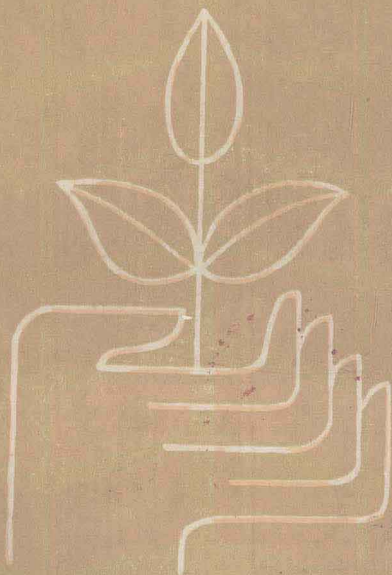


中等粮食学校试用教材

粮 油 储 藏



LIANGYOUCHUCANG

中等粮食学校试用教材

粮 油 储 藏

粮油储藏编写组

中国财政经济出版社

中等粮食学校试用教材

粮 油 储 藏

粮油储藏编写组

*

中国财经出版社 出版

(北京东城大佛寺东街8号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市通县永乐印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开 13印张 1插页 266 000字

1987年10月第1版 1990年9月北京第4次印刷

印数: 40 101—52 100 定价: 2.60元

ISBN 7-5005-0326-1/TS·0016(课)

编 审 说 明

本书是在1980年出版的《粮食储藏》教材的基础上重新编写的。参加编写的老师有：湖南省粮食学校詹继悟，南京粮食经济学院周景星，郑州粮食学院路茜玉，江西省粮食学校胡行健和辽宁省粮食学校范桂玲。全书由詹继悟总纂。

初稿写成后，曾邀请贵州、四川、江西、广东、广西、河北和陕西等省、自治区粮食学校有关老师集体讨论、审稿，后又作了增删与修改。本书的重点章节还承北京大学张宗炳、西南农学院李隆术、湖南农学院陈常铭、上海粮食科学研究所赵同芳、湖南师范大学汤望士及湖南省粮食学校张文万等专家、教授审阅与校订，特致谢意。

本书经我们审定，可作中等粮食学校粮油储藏专业试用教材，也可供粮食储藏工作人员学习与参考。

中华人民共和国商业部教材编审委员会

1986年11月

目 录

第一章 粮堆的物理性质	(1)
第一节 容重、比重和空隙度	(1)
第二节 散落性和自动分级	(6)
第三节 导热性	(14)
第四节 吸附性和吸湿性	(21)
第五节 气流性	(40)
第二章 储粮生理	(46)
第一节 呼吸作用	(46)
第二节 收获后的后熟作用	(62)
第三节 萌发生理	(70)
第四节 种子的活力和陈化	(75)
第三章 粮堆生态	(81)
第一节 生态学的基本知识	(81)
第二节 粮堆生态系统	(94)
第三节 生产者的生物化学变量	(98)
第四节 消费者、分解者的生物变量	(101)
第五节 粮堆生态系统与地理位置的关系	(112)
第六节 粮堆生态学的应用	(119)
第四章 低温储藏	(123)
第一节 低温储藏的生物学基础	(123)
第二节 低温效应与低温指标	(127)

第三节	自然低温储藏方法	(133)
第四节	机械制冷储粮	(135)
第五节	地下低温储粮	(165)
第五章	通风密闭储藏	(177)
第一节	通风密闭的原理和作用	(177)
第二节	自然通风和常规密闭	(179)
第三节	流动空气的性质	(186)
第四节	机械通风设备	(198)
第五节	储粮机械通风主要参数计算	(216)
第六节	机械通风的操作和管理	(223)
第六章	气调储藏	(226)
第一节	气调储藏的作用及其对粮食品质的影响	(226)
第二节	密封粮堆的方法	(235)
第三节	气调技术	(244)
第四节	气调储藏的管理	(252)
第五节	双低储粮	(259)
第六节	三低储粮	(261)
第七章	主要原粮、成品粮及加工副产品的储藏	(266)
第一节	稻谷、大米及米粳的储藏	(266)
第二节	小麦、面粉及麸皮的储藏	(275)
第三节	玉米和玉米粉的储藏	(286)
第四节	高粱和高粱米的储藏	(294)
第五节	谷子、糜子的储藏	(297)
第六节	小杂豆(蚕豆、豌豆、绿豆和小豆)的储藏	(299)
第八章	油料和油脂的储藏	(302)
第一节	油料储藏	(302)
第二节	食用植物油的储藏	(316)

第三节	桐子和桐油的储藏	(327)
第四节	油饼的储藏	(334)
第九章	种子储藏	(339)
第一节	种子和良种的基本概念	(339)
第二节	种子的寿命	(340)
第三节	粮油种子的储藏方法	(345)
第四节	种子的害虫防治	(351)
第五节	种子消毒和化学防护	(355)
第六节	种子储藏期间的检查	(363)
第十章	薯类的储藏	(367)
第一节	鲜甘薯的储藏	(367)
第二节	甘薯干的储藏	(373)
第三节	马铃薯和马铃薯干的储藏	(377)
第四节	木薯干的储藏	(382)
附录 1:	实验	(384)
附录 2:	实习	(403)

第一章 粮堆的物理性质

粮堆是粮食储藏的基本形态，它是单独的粮粒集聚而成的群体。在这个群体中还有一些其他成分，如粮食的伴随物——微生物；混入粮堆、无实用价值的夹杂物；不应发生而又难以避免的昆虫、螨类甚至啮齿动物——老鼠等，在粮堆的空隙中还充满着空气。

这样一个多成分结构的粮堆，必然存在着复杂的相互影响，而形成规律性的运动和变化。探讨这些影响和变化，首先从粮堆的物理性质入手。粮堆的物理性质主要有空隙度，散落性，导热性，吸附性和气流性等。

粮堆的物理性质是影响粮食储藏稳定性的重要因素，在一定的程度上决定着粮食的储藏品质，而且它与粮食的清理、干燥、通风、气调以及粮仓设计等都有密切的关系。所以，要做好保粮工作，必须深入了解粮堆的物理性质。

第一节 容重、比重和空隙度

一、容重

粮食的容重是指一定单位容积内所含粮食的绝对重量，常用克/升、公斤/公石、公斤/立方米为单位。容重是粮食

检验的重要指标之一，如小麦的定等，就是以容重为主要依据，即容重大，小麦品质好，出粉率高。但具体情况要具体分析，不能笼统地认为凡粮食的容重大就意味着品质好。因为粮食的形状，大小，表面状况，整齐度，饱满度，含水量，内部结构，化学成分，堆积松紧以及杂质的种类和数量等因素都和容重有关。一般的情况是：凡粮粒细小，参差不齐，外形饱满圆滑，结构致密，含水量低，含淀粉和蛋白质较多，堆积紧密，并混有各种沉重杂质者，则其容重较大；反之，粮粒粗大，颗粒整齐，表面粗糙皱瘪，含水量高，脂肪含量较多，堆积松散，并混有轻飘杂质者，则容重较小。所以使用容重这个指标来评价粮食质量时，既要从各方面全面考虑，又要具体地分析。如粮食的含水量，对容重的关系就比较复杂。一般地说，含水量愈低，容重愈大，但瘦小皱瘪的粮食和充实饱满的粮食是不同的，前者常因含水量增加而使容重增大。燕麦等带有颖壳的粮食，在水分增加时，容重起初下降；继续增加水分，由于颖壳和果皮之间的空腔间的气体被排出而为水分所补充，使容重又逐渐增加。以容重的大小来评价谷物或油料的品质时，特别应注意两者的化学成分。谷物富含淀粉，油料富含脂肪，所以前者以容重大的为佳品，后者因含油量高，反以容重低为好，如果考虑不周，就会优劣倒置，得不出正确的结论。

在粮食储运工作中，可以根据容重来推算一定重量粮食的体积，或从粮食的体积推算其重量，这对于正确估计粮食仓库的容量和运输时所需车厢吨数都是有利的。

二、比 重

粮食的比重是一定体积粮食的重量与同体积水的重量之比，也就是粮食的绝对重量与绝对体积之比，所以粮食的比重表示它内含物的充实程度或细胞结构的致密程度。粮食生长发育良好，成熟度高，内部积累的营养物质多，子粒饱满，则比重大。将种子倒入盐水或泥水中，以除弃浮在盐水上面的未熟粒和不实粒，选取沉于盐水下的成熟饱满的种子用于播种，是农业上应用比重的原理来进行选种的方法之一，所以，粮食比重既可作为品质指标，也可作为生理成熟度的衡量标准。但油料种子则相反，当它发育成熟愈好，含油量愈高，其比重则愈小。

粮食的容重和比重是密切联系的，在其他情况一致时，两者呈正相关，即容重大的粮食，比重也大。而在单位容积内，粮食所占的绝对体积（ V ）与粮食比重（ D ）的乘积，就是粮食的容重（ γ ）。即：

$$\gamma = KVD \quad (K \text{ 为容重单位})$$

三、空隙度

（一）概 念

粮堆虽然占有仓库一定的空间，但粮粒之间并非十分紧密，粮堆的内部存在着大小不同的空隙。米温计、扦样器之所以能够插入粮堆，害虫之所以能够在粮堆内活动，气体之所以能在粮堆中流动，都是由于粮堆具有空隙的缘故。所以，粮堆实际上是两部分组成的，一部分为粮食所占有，即

粮食的绝对体积，另一部分是粮粒之间的空隙。通常所谓的粮堆体积就是粮食的绝对体积和粮粒间所有空隙的总和。如果用百分率来表示，则粮食绝对体积所占的百分率称为粮堆的“密度”（与物理学上的密度概念不一样），表示粮食在粮堆空间的密集程度。粮粒间全部空隙所占的百分率，叫做粮堆的空隙度。显而易见，粮堆的密度和空隙度互为消长，两者之和恒为100%。现以容重和比重的关系推算空隙度（见表1-1）：

表1-1 几种主要粮食的容重、比重和空隙度

粮食名称	容重(公斤/公石)	比 重	空 隙 度
稻 谷	46—60	1.04—1.18	49—56
玉 米	72.5—75	1.11—1.22	39—45
小 米	61	1.00—1.22	39—50
高 粱	74	1.14—1.28	35—42
芥 麦	55	1.00—1.15	45—52
大 麦	45.5—48.5	0.96—1.11	53—56
小 麦	66—76.5	1.20—1.35	43—45
裸 麦	60—65	1.20—1.37	50—53
豌 豆	80	1.32—1.40	39—43
蚕 豆	75.5	1.10—1.38	31—49

$$\text{按 } \gamma = KVD, \text{ 则粮食的绝对体积 } V = \frac{\gamma}{KD}$$

粮堆的密度(%) = $\frac{100\gamma}{KD}$ ，如容重以公斤/公石为单位，

$$\text{则粮堆密度}(\%) = \frac{\gamma}{D}。$$

$$\text{粮堆的空隙度}(\%) = 1 - \text{粮堆密度}(\%)$$

例如小麦的比重为1.2，容重为66公斤/公石，则其密度为55%，空隙度为45%。

从上表可以看出各类粮堆空隙度的大致情况，它不但因粮种而异，并且在同一种粮食中，由于客观条件不同，还有一定的变异幅度，所以在使用空隙度这个指标时（如机械通风的计算），应进行现场测定。

（二）影响因素

粮堆密度和空隙度的大小，受着多种因素的影响。一般说来，粮粒细短，颗粒大小不齐，表面光滑无芒刺的，其空隙度就小些，装得也比较紧密些。粮堆中混有比重小的有机杂质时，则密度减少，空隙度增大；相反，混有砂石等比重较大的杂质时，则密度增大，空隙度减小。在粮堆的具体变化中，如粮食的含水量增大时，因粮粒吸湿膨胀，使颗粒间互相挤紧，空隙度就会减小。粮食入库的方式，往往影响粮堆的空隙度，如采用天桥倒谷的粮堆，空隙度较大；边入库边脚踩的粮堆，空隙度较小。粮食堆得愈高，下层粮食承受的压力愈大，空隙度也随之减小，但到一定的限度后不会再继续减小。储藏的时间愈长，粮堆的空隙度也多少会相应减小。由此可见，粮食的容重和粮堆的空隙度是相关性较密切的两种性质，凡是影响粮食容重的因素，绝大部分也影响粮堆的空隙度。

（三）与保管的关系

粮粒之间的空隙是粮食、杂草种子、昆虫、螨类和微生物等的生活环境，它们的生命活动就是在空隙中进行的，所以控制、改变空隙中的小环境，是储藏粮食的重要措施之一。

如用磷化氢、氯化苦、溴甲烷等毒气或大量的氮气、二氧化碳施入空隙中以杀灭害虫、螨类和抑制微生物的繁育；将干燥而冷凉的空气用通风机械送入粮堆空间以调节其中的温湿度；采用通风耙沟和深翻粮面的方法，促使粮堆中的空气与外界空气进行气体交换，使粮堆内积累的二氧化碳或水汽向外扩散等。以上这些常用的储粮措施，都是由于粮堆中具有空隙而设计的。

对于熏蒸杀虫、机械通风、自然通风和充气储藏以及保管高温高湿粮时，都希望粮堆的空隙度大。因为空隙度大，粮堆内气流的阻力小，所以毒气、隋性气体或干冷空气容易进入粮堆，同时粮堆内的湿热空气和积累的二氧化碳以及达到杀虫目的以后的残留毒气也容易散发出来。但是空隙度大的粮堆占用较多的仓容，同时当外界环境不利时，空隙度小的粮堆可以少受些影响。

第二节 散落性和自动分级

一、散落性

(一) 概念

按物理性质来说，粮堆中的粮粒皆为固体，而粮堆总体积却具有流动性，容易变形，常称为散粒体。当粮食从一定高度自然落下时，会向四周流散，达到相当数量时就会形成一个圆

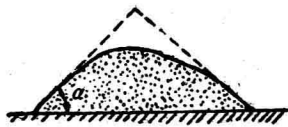


图1-1 粮堆的静止角

锥体，这种特性叫做散落性（图1-1）。粮食散落性的大小，是以粮堆圆锥体的斜面与底部直径所成的角度作为量度的指标，这个角度即图1-1中的 α 角，称为静止角。我们可以用一个长方形的玻璃盒，内装约1/3的粮食，然后慢慢地移置成 90° 角（见图1-2），使粮食流散成斜面。用量角器测量自然倾斜的角度，即静止角，又称自然倾斜角或自然坡角。通过试验，我们可以看到静止角愈大，则散落性愈小（见表1-2）。

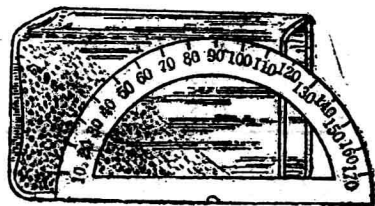


图1-2 粮食静止角的简易测量法

（二）影响因素

我们来研究一下，位于斜面上重量为 G 的粮粒的运动情况。斜面的坡度以 α 角来表示（图1-3）。显然，重量为 G 的粮粒沿着斜坡方向受着两个方向相反的力的作用。滑动力

$Q = G \sin \alpha$ 和摩擦力
 $F = f G \cos \alpha$ （ f 为摩擦系数）。当 $Q \leq F$ 粮食停留在斜面上，静止不动。 $Q > F$ 粮食沿着斜面滚落，直至两个力达到平衡为止。



图1-3 散落性图

个力达到平衡为止。

从力学上分析，粮食的散落性是由粮粒之间的内摩擦力和粮粒本身的重力来决定的。因此，表面光滑、圆形颗粒的

表1-2

主要粮食的静止角

作物	静止角(度)		变幅 (度)	作物	静止角(度)		变幅 (度)
	从	到			从	到	
水稻	35.0	55.25	20.25	大豆	25.0	36.5	11.5
小麦	27.0	38.0	11.0	豌豆	21.5	30.5	9.0
大麦	31.0	44.5	13.5	蚕豆	35.5	42.7	7.2
玉米	28.5	34.5	6.0				
小米	21.5	30.5	9.0				

粮食(黄豆、豌豆和油菜子等), 散落性较大; 表面粗糙甚至有毛刺的、非圆形的粮食(稻谷、大麦和燕麦等), 散落性较小。

粮食含水量愈多, 则粮粒间的摩擦力加大, 散落性会相应地降低, 其降低的程度与含水量的增加成正相关(见表1-3)。

表1-3

粮食含水量与静止角的关系

作物		水稻	小麦	玉米	大豆
低水分	水分(%)	13.7	12.5	14.2	11.2
	静止角(度)	36.4	31.0	32.0	23.3
高水分	水分(%)	18.5	17.6	20.1	17.7
	静止角(度)	44.3	37.1	35.7	25.4

根据这个关系, 用手插入粮堆或手握粮食摩擦时, 感觉干脆而滑动者水分较少, 涩滞者水分较大。这种利用粮食的散落性来估测含水量的感官鉴定法, 是征购粮食入库时常用的方法。

粮食中的夹杂物一般都会降低粮食的散落性，特别是各种轻浮的夹杂物如麦秸、稻谷壳和稻秆等更会大大地降低粮食的散落性（见表1-4）。

表1-4 粮食含杂量与静止角的关系

粮 食 种 类	含杂量(%)	静止角(度)
稻 谷	1.12	34
	0.00	31
小 麦	2.40	36
	0.00	32
大 麦	3.50	31
	0.00	28
玉 米	0.42	33
	0.00	32

表示粮食散落性的另一指标是自流角，将粮食放在某一物体的平面上，将平面的一边向上慢慢提起使成一斜面，记录少数粮粒开始滚落时的角度和绝大部分粮食滚落的角度，这两个角度就是粮食的自流角（见图1-4）。

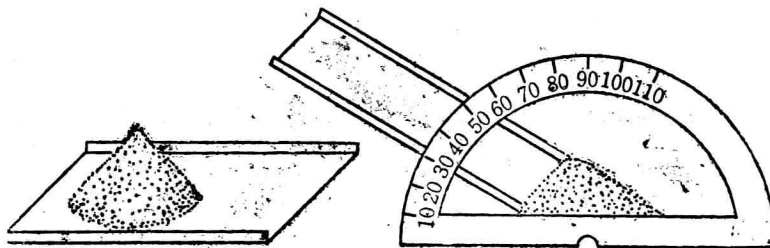


图1-4 自流角的简易测量法

显然，自流角的大小是由物体材料的性质和粮食本身的性质共同决定的。同一种粮食在光滑物料上的自流角要比粗

糙物料上的自流角小(见表1-5)。

表1-5 粮食自流角与物料性质的关系

作物	斜 面 种 类			
	谷 粒	刨光的木材	铁 板	水 泥
小 麦	24°—27°	21°—23°	22°	21°—23°
燕 麦	26°—27°	25°—30°	22°	25°
大 麦	26°—28°	21°—25°	21°	24°

由于取样的误差和操作方法的影响,粮食的静止角很难测得精确的数值,都有一定的幅度。在使用时,要根据具体情况进行选择。如计算粮仓墙壁的侧压力时,应用其最低值;确定仓库储存量时,取其最大值。

储粮因保管不善,引起发热、生霉、发芽或结块时,会使粮食的散落性降低,甚至完全失去散落性,使粮堆形成直壁。因此检查粮食的散落性,不但能估测其水分、杂质的含量,还可以从宏观上了解粮食劣变的情况。

(三) 与保管的关系

散落性是确定粮食清理、输送及各种自流设备角度的依据,如用溜筛进行清理,筛面的角度应比自流角大;用输送机进粮,输送机的倾斜角须小于自流角。

从粮食装卸和运输来看,粮食的静止角和自流角愈小愈好,因为这样的粮食流动快,容易装满车船和仓库,出仓和卸粮时也容易流出。但静止角小、散落性大的粮食,对粮仓墙壁的侧压力也大。例如稻谷的容重(γ)为590公斤/米³,静止角(α)为35°,在仓库中堆积高度(h)为2米,则仓壁