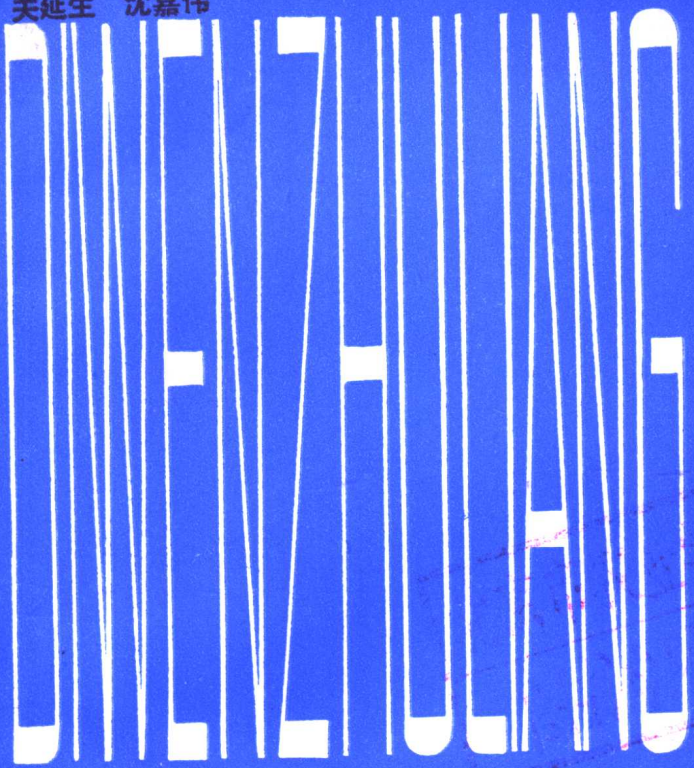


关延生 沈嘉伟



低温贮粮



农业出版社

低 温 贮 粮

关延生 沈嘉伟

低温贮藏

关延生 沈嘉伟

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 5.625印张 118千字

1982年5月第1版 1982年5月北京第1次印刷

印数 1—11,500册

统一书号 16144·2437 定价 0.60元

写 在 前 面

低温贮粮，是粮食贮藏现代化必不可少的技术，也是当前贮粮技术发展的一个方向。

当前，国外低温贮粮技术，正在向前发展。我国低温贮粮也获成功经验，并已在国内广泛推广应用。低温贮藏，能使粮食品质保持良好，色泽新鲜，既能减少虫霉损失，又能符合食品卫生要求。因此我们粮食贮藏工作者，必须了解和掌握这门专业技术。

低温贮粮这本册子，收集了国内外的一些资料，可供广大基层粮食贮藏工作者、粮食院校师生，以及粮食科研人员参考。由于我们水平有限，难免有错误之处，望批评指正。

编 者

一九八一年四月

目 录

写在前面

一、低温贮粮的概况	1
(一) 低温贮粮的原理	1
(二) 低温贮粮的方法	1
(三) 低温贮粮的发展动态	3
二、温湿度对粮食微生物的影响	7
(一) 微生物对湿湿度的适应范围	7
(二) 粮食安全贮存的范围	9
(三) 低温贮藏对微生物的制约	10
(四) 低温贮藏中的微生物	13
三、温度对害虫的影响	16
(一) 温度对害虫的影响	16
(二) 贮粮害虫的温度适应范围	17
(三) 低温对害虫的防治作用	22
(四) 低温贮藏中的害虫	25
四、温湿度对粮食呼吸的影响	27
(一) 温度对粮食呼吸的影响	27
(二) 低温对于呼吸强度的关系	27
(三) 水分对粮食呼吸的影响	29
五、低温贮藏中的粮食品质	30
(一) 低温贮藏中粮食的品质变化	30
(二) 同一低温下不同水分粮食的品质变化	36

(三) 潮粮冷却的品质变化	37
(四) 水分、温度和品质的相互关系	38
六、自然低温贮粮	41
(一) 地下贮粮	41
(二) 洞窟贮粮	49
(三) 洞库贮粮	49
(四) 冬粮贮藏	50
七、粮食通风冷却	60
(一) 粮堆通风降温	60
(二) 房式仓通风降温	63
(三) 土圆仓通风降温	66
(四) 房式仓散粮制冷	69
(五) 立筒仓散粮通风冷却	72
八、空调低温贮粮	89
(一) 空调低温的作用	89
(二) 低温仓的改建	90
(三) 空调型低温仓用制冷设备	99
(四) 低温仓热量计算	104
(五) 低温仓的工艺要求	112
(六) 低温仓的费用	116
(七) 低温仓的管理	117
九、低温密闭贮粮	125
(一) 低温密闭贮粮的原理和作用	125
(二) 地下低温密闭	130
(三) 水下低温密闭贮粮	133
(四) 地面低温密闭贮粮	134
十、几种主要粮食的低温贮藏	140
(一) 小麦	140
(二) 大麦	142

(三) 玉米	144
(四) 面粉	146
(五) 稻谷	148
(六) 糙米	149
(七) 大米	154
(八) 花生	158
(九) 大豆	160
(十) 蚕豆	162
(十一) 高粱	163
附录	165
一、与低温贮藏有关的一些粮食特性	165
二、保温材料一览表	168
三、冷冻设备参考	170

一、低温贮粮的概况

粮食的低温贮藏，是一种较为理想的贮藏方法。它能使粮食基本上不受虫霉的危害，显著减低粮食的呼吸损失，可较好地保持品质。在高温地带，低温方法有着更重要的意义。

（一）低温贮粮的原理 低温贮藏，即是将粮食置于一定低温条件下贮藏，这一温度条件必须达到抑制虫霉生长繁育，延缓粮食品质变化的速度。低温贮粮的原理，即：贮藏温度在 15°C 以下，一般害虫不能发育繁殖，极大多数危害粮食的微生物也不能生长，粮食的自身呼吸强度比常温时要小得多，甚至非常微弱，粮食的营养物质分解损失显著减少。因而，在这一条件下即能取得粮食安全贮藏的良好效果。温度在 20°C 以下，则被称为“准低温贮藏”，在一定程度上也可以达到上述效果。

（二）低温贮粮的方法 造成这一低温条件的方法是很多的，根据实现低温的方法分为自然低温、贮粮通风冷却、空气调节低温贮粮、低温密闭等。

1. 自然低温贮粮：主要是利用自然低温，使贮粮处于低温状态，然后通过隔热或密粮措施，推迟粮温随气温上升的速度。自然低温的关键在于利用粮食的不良导热性和密闭隔

温方法，结合贮粮的含水量做到安全贮藏。

2. 通风冷却贮粮：即利用机械通风或制冷机械对贮粮进行强制通风和冷却，使贮粮处于 15°C 以下，甚至零度以下，从而延长贮藏时期。贮粮通风冷却关键在于机械的致冷效率和通风冷却的均衡性。

3. 空调低温贮粮：在隔热仓内利用空气调节设备维持一定的温湿度，并对仓内和粮堆空隙内的空气实行强制循环通风。使粮堆各处的热量不易积累而均匀分布，从而有效地确保贮粮安全。空调低温的关键也在于利用粮食是热的不良导体，适当的循环风量次数，以保证这种方法的效果。下图是南方地区的一座低温空调粮仓（见图 1—1）。

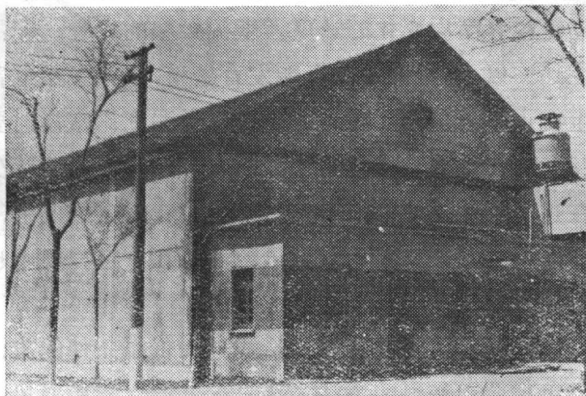


图 1—1 低温空调粮仓

4. 低温密闭贮粮：在以上三种方法中，都有低温和密闭贮粮相结合的部分，即对一定水分、品质的贮粮，除保持一定的低温与准低温外，同时又加以密闭措施，用自然或人工

措施控制粮堆的气体成分，使粮食取得更好的贮藏效果。实际上这种低温密闭是低温、控气方法的综合。

(三) 低温贮粮的发展动态 国外低温贮粮的历史可以追溯很久，主要有：国外地面自然低温贮粮，这种方法投资低，效果好，简便易行。瑞典等一些北欧国家，对水分高达18—22%的潮粮不经烘干，即利用自然低温贮粮，大大节约烘干费用。亚洲有些地区一年处于零度左右的季节长达200多天，因此也常常采用此法。

地下贮粮。主要利用地窖，半地下地窖或废旧矿坑道温度低而稳定这一特点贮藏谷物。阿根廷、坦桑尼亚、肯尼亚、塞浦路斯、乌拉圭、委内瑞拉、苏丹、尼日利亚、西德、埃及、马耳他等地多采用这些方法。

地下贮粮在中东地区已有数百年历史，在印度、非洲及地中海附近的干旱地区，粮食也多贮藏在地窖里。现代化的地下贮藏，是从1942年开始的，阿根廷建成了第一座现代地下粮仓，至1948年，该国已有这种地下仓1540座，1965年已可贮粮150万吨。

地下仓中多数是属于接近低温密闭的类型，少数是温度超过15℃并处于有氧气存在下贮藏的状况。特别在半地下仓中，上半部温度一般较高，下半部温度较低。地下仓处在的温度一般在18℃左右，这与地温有关，并与15℃的要求比较接近。

日本在进行粮食洞窟贮藏和水中贮藏的试验，均取得了与地面、地下低温贮粮相似的品质效果。

近几十年来，随着立筒仓的发展，贮粮机械通风冷却逐

渐被广泛采用，英国、瑞典、西德、美国、苏联等，应用机械通风冷却，均获得良好的效果。

据有关资料介绍，西德贮粮冷却已有 500 多处，达 25 万吨。美国等 20 个国家的冷藏总量每月超过 200 万吨，其中英美各有 100 处以上，年总容量超过 200 万吨。

空调式低温贮粮，也不过只有 30—40 年的历史，1933 年，日本的河野长盛开始了低温贮粮的基础性研究，1951 年日本在茨城县建成了第一座低温粮库，自此之后，低温仓在日本继续发展，1963 年有 170 多座，1965 年达 10 万吨，面积 5.8 万平方米，至 1976 年 4 月已发展到 1527 座仓库 190 万吨占全国总仓容 14.2%，1977 年 3 月又发展到 224 万吨，占 15.6%，其中低温仓占 63%，准低温仓占 37%，可见低温仓

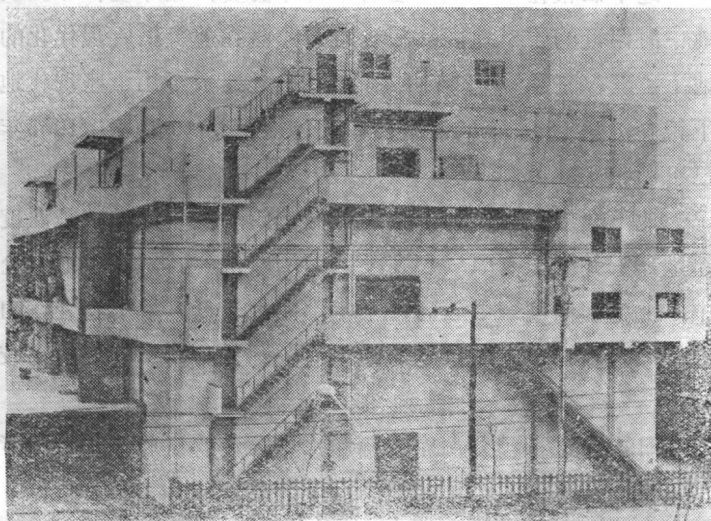


图 1—2 日本深川粮食低温仓库

在日本的发展是十分迅速的，图 1—2，即为日本的低温仓库。

综上所述，国外的低温贮粮有着悠久的历史，采用机械制冷的，目前已很自然地形成二大派，欧美等国是以贮粮通风冷却为主，现已发展到贮藏潮粮，甚至认为比烘干经济。日本等国则拥有以空气调节为主的低温仓。

我国的低温贮粮历史也非常悠久。自古以来，我国劳动人民就利用寒冷低温进行贮粮，最为典型的有隋朝的含嘉仓。含嘉仓在七世纪初至十世纪初建成，是隋唐大型地下粮仓之一，仓城面积达 45 万平方米，有分布密集、排列整齐的大小 400 余座地下储粮仓窖，其中在 1969 年发掘时还有一座盛满了已炭化发黑的谷子，距今 1300 多年，这一含嘉仓就是我们古代进行地下低温贮粮的例证。这种仓窖一般距地面 6—10 米深，温度都在 18℃ 左右。可以认为属于准低温的范围。当时一批粮食，规定可以存放 9 年以上，放粮后进行密闭，在窖顶上种一颗树以示仓内还贮藏着粮食。因此也可以说，这种含嘉仓是低温与密闭技术相结合的实际范例。

发展到如今，无论我国的北方，还是南方，都十分重视自然低温贮粮，从我国的地区来分，北方地区多采用自然通风贮粮，囤套囤、土圆仓低温冷冻、密粮密仓、地下仓贮藏等方法，南方地区多采用冬粮贮藏和洞库贮藏，这二者当然也不是截然分开的。在这些方法中主要的是地下贮藏和低温密粮密仓。

国内贮粮通风冷却，近 30 年来也有发展，但在立筒仓应用较少。在我国北方地区，主要利用冬季冷空气，向粮堆内

进行通风，造成粮食的低温状态。但在这方面多是用于玉米，小麦等谷物，用于粳米的较少；在南方地区，往往有房式仓、土圆仓的机械通风冷却稻米的方法得到应用，近年来已发展到应用制冷机向大米粮堆进行通风冷却，取得一定效果。

随着时间的向前推移，我国在冬粮贮藏（冬季低温入仓的粮食）的基础上进一步发展了空调式低温贮粮技术。上海市在1974年前后改建成了粮食低温库，将库温保持在 15°C 以下并使几千万斤大米顺利过夏，保持了较优的品质效果。之后，在我国几大城市也试建了空气调节式低温粮仓与准低温仓。低温与密闭相结合的方法也引起了人们越来越大的注意力。

总的来说，我国低温贮粮的历史是悠久的，建国以来低温贮粮技术取得进一步成就，在广大地区正在改进和发展着自然低温，在一些大城市则发展着空调式低温贮粮。可以预料，随着国民经济的发展，技术设备条件的改善，我国低温贮粮的比重将随之迅速增加。

二、温湿度对粮食微生物的影响

我们知道，自然界存在着很多肉眼难以看到的微生物，粮食中也有很多微生物，包括粮粒的表面和粮粒组织内部都有寄附，粮食上带有的微生物有数百种，其中霉菌约有100种以上，而经常引起发热霉变的主要就是霉菌。温湿度对这些粮食微生物的活动有很大影响。低温贮粮的采用对于微生物的生命活动有很大的影响。

（一）微生物对温湿度的适应范围 粮食微生物的生长繁育与温度，湿度环境有着十分密切的关系。一般来说，对微生物影响的因素并不止温度和湿度，还有气体成分，粮种等条件，但这里仅就与低温贮藏相关性较强的温湿度作一些叙述。

温度：微生物生长繁育，有一定的适应范围，过高了不行，过低了也不行。从其上限来说，一般为 65°C ，下限一般在 0°C 以下，当然也有些个别的能在 -8°C 至 -10°C 生存的微生物，但对绝大多数的微生物来说， 8°C 以下基本上不能生长繁育。微生物活动的最适范围为 20°C — 40°C ，其中以 28°C — 30°C 为最活跃，活动范围则在 -8°C — 65°C （表2—1）。

湿度：微生物有一定适应范围，其活动范围在相对湿度65—100%，最适应范围为95—100%。据美国粮食贮藏资料

表 2—1 微生物对温度的适应范围
(综合资料)

项 目 类 型	生长温度范围 (°C)			数 量	种 类	最适峰 值范围 (°C)	活动范围 (°C)
	最 低	最 适	最 高				
高 温	25—40	50—60	70—80	少 数	烟曲霉等		
中 温	5—20	20—40	40—45	绝大多数	曲霉，青霉等		
低 温	-8—0	10—20	25—30	少 数			
综 合						28—30	-8—65°C

认为湿性微生物在 90% 以上的相对湿度中生长，中生性的在 80—90% 的相对湿度中生长；干生性的在 80% 以下的相对湿度中生长。在湿生性，中生性，干生性微生物中，以湿生性为多数（表 2—2）。与空气湿度相对应的粮食水分，对其微生

表 2—2 微生物对湿度的适应范围
(综合资料)

项 目 类 型	生长适应范围 (%)	数 量	活 动 范 围 (%)
湿 生	90—100	大 多 数	
中 生	80—90	少 数	
干 生	60—80	少 数	
综 合	60—100		60—100

物的活动也有着重要影响，粮食水分如在 15—16% 时，其粮粒本身、粮粒之间的湿度也相当高，在一定温度下，也正是微生物比较适宜活动的场所。又例如相对湿度 65% 以下，是绝大多数微生物几乎不能生长活动的范围，在常温下，我们若

能将粮食水分控制在14%以下，微生物的活动就几乎被全部抑制了。从一般情况来看，以上温度，湿度的影响并不是孤立地存在的，而是相互并存，互相促进，互相制约的。同样，水分16—18%的粮食，在0℃以下温度，微生物活动并不显著，但在20—30℃时，微生物特别是霉菌就会大量生长，造成粮食发热霉变。

(二) 粮食安全贮存的范围 微生物对温湿度的适应范围是广义的，对于粮食来讲，我们应了解能避免微生物危害、粮食安全贮藏的范围。

粮食微生物依其对温度的要求，可分为高温性，中温性，低温性微生物。黄色杆菌属，毛霉和青霉的一些种是低温性的。高温性的，包括细菌中的乳杆菌属，杆菌属，梭菌属，放射性菌和真菌中的小毛霉，烟曲霉，黑曲霉，构巢曲霉，黄曲霉中的一种。而绝大多数霉菌，细菌，酵母菌都是中温性的，中温性的生长温度范围最高至40—45℃，最低为5—20℃，最适宜时为20—40℃。实践证明，当气温与粮温在20—40℃时，粮食霉变最易发生。由此可见，如能将温度控制在微生物最低的温度生长范围时，就能减轻霉变的程度。

但是，对于粮食安全贮藏的范围：光凭温度作一般的推断是远远不够的，因为在考虑温度因素的同时，必须考虑湿度，水分的因素。对这种范围的确切定义是：只要将粮食含水量压低并保持在不超过65%空气相对湿度相平衡的水分条件下，便能抑制粮食上几乎是全部微生物的活动。

在实践中低温贮藏的大米微生物活动基本遵循上述规律。在南方地区的粮食低温仓中，可以明显地了解到粮食质

量的情况。凡在低温贮粮中,其温度在 15°C 以下,相对湿度在 $60\sim 80\%$ 之间的情况是:水分 $15.3\sim 16.1\%$ 大米的带菌量,细菌仍有一定的生长,但霉菌很明显发展缓慢,温度在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 以下,相对湿度在 $60\sim 80\%$ 之间的,水分 $12\sim 14.5\%$ 大米,其带菌量中,细菌虽有少量生长,但霉菌几乎没有生长。 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 正处于中温微生物最低生长范围中、又处于低温微生物的适宜范围中,其相对湿度接近极限范围,因此必然导致低温对霉菌的抑制。以细菌而言,虽然还有一些,但对粮食安全贮藏来说,可以说没有影响。

(三) 低温贮藏对微生物的制约 在了解微生物对温度的适应范围和粮食安全贮藏的范围之后,就不难理解低温贮藏对微生物的制约作用了。

国内外大多数资料均认为,对粮食霉菌来说,在空气充足情况下, 15°C 以下是低温贮藏粮食的一个界限。 20°C 则被称为准低温贮藏。日本资料:“保藏谷物微生物及防治”认为, $15\sim 30^{\circ}\text{C}$ 是大多数菌种取得繁殖的适应温度。而 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 的低温,基于一定水分条件,可以抑制粮食中的霉菌。

日本保管研究会“米麦保管管理手册”也认为无论细菌或霉菌,其活动的最适温度范围应为 $15\sim 48^{\circ}\text{C}$, 图2—1,它指出 30°C 左右是这一范围中心最高值,这一说法与我们前述的中生性微生物适应范围也是基本一致的。

从近几年来我国的实践证明,在低温仓中必需掌握三个要素,温度、湿度和粮食水分,才能真正对微生物起到制约作用。

第一个要素温度 15°C 以下。 15°C 系处于细菌和霉菌的最