



小型农机具丛书

26.6
J
谷物干燥机械

福建科学技术出版社

谷物干燥机械

福建省农业机械局科技处 编
福建省农业机械学会

执 笔

潘家修 李志春

福建科学技术出版社

一九八二年 福州

小型农机具丛书
谷物干燥机械
福建省农业机械局科技处 编
福建省农业机械学会
执 笔
潘家修 李志春

福建科学技术出版社出版
(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行
福建新华印刷厂印刷

开本 787×1092毫米 1/32 4印张 84千字

1982年6月第1版

1982年6月第1次印刷

印数: 1—15,300

书号: 15211·20 定价: 0.35元

出 版 说 明

为适应我国当前农村形势发展的需要，提高广大社员群众的科学技术水平，管好、用好目前农村广泛使用的各种小型农机具，福建省农业机械局、福建省农业机械学会邀请了有关方面的专家、工程师，在调查研究的基础上，编写了这套《小型农机具丛书》。

本丛书包括《农副产品加工机械》、《茶叶机械》、《植保机械》、《排灌机械》、《谷物干燥机械》等书，是一套向社员群众传播农业机械技术知识的普及读物。

本书以通俗的语言，比较详细地阐述了福建省已定型、投产的堆放式、气力循环式、刮板循环式和流化槽式等几种谷物干燥机具的性能规格、构造原理、安装使用、维护保养等技术，是一本帮助社队和社员群众正确选购、正确使用和维修保养好谷物干燥机具的书籍，可作为农村普及谷物干燥技术知识的短期培训班的教材。

1982.5.

目 录

第一节 发展谷物干燥机械的重要性	(1)
一、发展谷物干燥机械的重要意义.....	(1)
二、如何发展我省谷物干燥机械.....	(3)
第二节 谷物干燥技术基础知识	(5)
一、谷物干燥的生化特点.....	(5)
二、干燥介质的基本性质.....	(9)
三、谷物干燥与干燥介质的关系.....	(14)
四、谷物干燥原理.....	(19)
五、谷物干燥的风机.....	(23)
六、谷物干燥的加热器和能源.....	(30)
第三节 谷物干燥机械	(38)
一、堆放式谷物干燥机.....	(38)
二、气力循环式谷物干燥机.....	(52)
三、刮板循环式谷物干燥机.....	(61)
四、流化槽式谷物干燥机.....	(71)
五、喷泉式谷物干燥机.....	(88)
六、远红外谷物干燥机.....	(95)
七、太阳能谷物干燥机.....	(100)
八、谷物清选机.....	(107)
第四节 谷物干燥效果检验和经济核算	(112)
一、烘后谷物品质的测定.....	(112)
二、谷物干燥成本核算.....	(116)
三、评定谷物干燥机性能指标及计算方法.....	(117)

第一节 发展谷物干燥机械的重要性

一、发展谷物干燥机械的重要意义

(一) 可以提高抗灾能力，保证增产增收

福建省地处亚热带，受东南季风影响，春收、夏收和秋收季节，多逢连绵阴雨、暴雨和台风等灾害性天气，常常影响谷物及时晾晒入库，以至造成发芽霉变，损失很大。据有关部门统计，我省有一个地区，谷物的发芽、霉烂、黄变就达1亿斤。同年春季还有一个地区，仅小麦一项，一季就霉烂损失达7000万斤左右。我们的农民辛辛苦苦种出来的粮食，眼看着让它白白的烂掉，这是多么可惜、多么令人痛心的事啊！但是，要摆脱这种灾害性气候的影响，保证增产增收，仍然依靠传统的自然晾晒干燥的办法是办不到的，因此必须发展谷物干燥设备，提高抗御自然灾害的能力。实践证明采用谷物干燥机械，不仅可以做到抗灾保丰收，颗粒归仓，而且还可以降低农业成本，增加农民的实际收入。人工晒谷，不论是用晒谷场还是用竹席，都需要占用土地，并耗费大批劳力。根据一般的折算，人工晾晒成本（包括场地、劳力、工具的费用）每百斤谷物需0.3~0.5元，而采用谷物干燥机具的烘干作业成本（包括燃料费、人工费、机具折旧费等）每百斤都在0.2元以下。因此，发展谷物干燥机具，是深受社员群众欢迎的。“有了干燥机，阴雨心不慌，边收边烘

干，颗粒都归仓；丰产又丰收，生活有保障；为国多贡献，心里喜洋洋！”这几句顺口溜，形象生动地反映了社员群众对谷物干燥机械的赞扬心情和对发展谷物干燥机具的迫切愿望。

（二）可以解放晒谷劳力，保证抢收抢种

谷物干燥如采用自然晾晒，占用劳力较多，一般说，场上晒谷、清选，进仓等的劳动量占从收割到进仓总劳动量的40~45%，农忙季节不但要抢收，而且还要抢种，农活集中，季节性强，劳力紧张的矛盾普遍存在。自然晾晒每个劳力每天只能晒3~5百斤谷子。而使用流化槽谷物干燥机组，两人操作每天可干燥处理三万斤谷子。这就大大地提高了劳动生产率，从而就可以解放出一批劳动力，使农忙季节劳力紧张的矛盾得到一些缓和，从而保证了抢收抢种，不误农时，有利于发展农业生产。

（三）可以保持谷物品质，有利于人民身体健康

谷物是人们每天不可缺少的主要食品，谷物品质好坏，直接关系到人民的身体健康。特别是山区有很多地方，就是在正常天气情况下，也会出现黄变米现象。其原因是山区近几年来粮食增产幅度较大，而晒谷场并不能随产量提高而相应扩大，山区日照时间又短，农忙季节劳力又缺，从田里收的湿谷，不能及时晒干，堆在仓库里发热而产生黄变。黄变米是含有黄曲霉、杂色曲霉等对人体有害的物质。另外，由于有的晒谷场地不够，把谷子摊晒在沥青路面的公路上，不但妨碍交通，谷子损失大，而且还严重地污染了谷子。所以，只有发展谷物干燥机具，才可以避免谷物霉变，黄变和

污染，保证谷物的品质，有利于人民的身体健康。

二、如何发展我省谷物干燥机械

福建农机科研部门，近年来，为福建省提供了各种型号的谷物干燥机具。1981年就有四种机型通过了鉴定，这四种机型各有千秋，基本上可以适应福建省目前对谷物干燥的各种不同需要。现在摆在我们面前的就是如何更好地组织生产和推广使用问题。要使谷物干燥机具得到发展，我们认为应做好以下几方面工作。

（一）建点示范

各地应积极做好谷物干燥机械化的宣传工作，并建点试验，摸索经验，进行典型示范。农民是讲现实的，只要亲眼看到了好处，就会千方百计地去干，有了示范样板，农民看了就会模仿去做，由点到面，逐步推广开来。

（二）因地制宜选择机型

各地应根据当地能源情况、经济条件和需要干燥的谷物量选择相应的谷物干燥机型。譬如：在有电源、有煤或有柴油的地方，一天约需干燥、处理3~5万斤湿谷，那就要选用流化槽式谷物干燥机组，投资要一万元左右。如果一天只要干燥处理几千斤湿谷，要求烘后的谷物可作为种子用，那就可以选用气流式或刮板式低温循环谷物干燥机，投资只要3000多元。对一些资金比较困难的生产队来说，可把旧仓库加以改造，花700~800元买一台风机和热交换器，搞成堆放式低温谷物干燥设备，也可解决问题，只是干燥时多花些

劳力进出仓和人工翻动谷层。如果燃料很缺，也可用常温通风干燥的办法，可使谷物在一般时间内不发芽霉变，等晴天时再晒干入仓。在没有电源的地方，也可用柴油机来带动风机。总之，选用什么型号的谷物干燥机，应因地制宜。

（三）多种形式经营

经营形式要根据当前农村落实各种生产责任制后的新情况，采取多种形式经营。由大队、生产队成立烘干站，购置谷物干燥机或建立干燥仓，代农民干燥谷物。根据干燥谷物的数量，收取一定的费用，这样可以提高谷物干燥机的利用率，减轻农民的负担，也可参照现在农村经营大米加工、小麦磨粉、饲料加工等方式来进行谷物烘干。也可由在农村农机服务站、加工厂等来兼营谷物烘干业务，收费代烘。由于在农村推广使用谷物干燥机还是一项新的工作，缺乏经验，有待各地创造新经验，并加以总结推广。

（四）技术培训

使用谷物干燥机一定要正确掌握合理干燥工艺和操作方法，干燥出来的谷物品质才会好，因此要做好使用谷物干燥机的技术培训工作。如果不懂得操作技术，使用不当，就会出现一些不该出现的问题。因此随着谷物干燥机的发展，培训机手工作也要跟上。使他们懂得谷物干燥的基础知识，懂得使用谷物干燥机的操作技术，懂得干燥后的效果检验，同时还要随时随地总结经验。

发展谷物干燥机是势在必行的新事业，要靠各级领导、各部门重视它、支持它，才能得到健康而迅速地发展。

第二节 谷物干燥技术基础知识

谷物干燥是一种利用热能除去谷物水分的方法。要做好干燥工作，必须对谷物本身和干燥介质的特点，以及它们间的相互关系有所了解，才能更好地掌握这项技术。

一、谷物干燥的生化特点

(一) 谷物的构成

谷物包括稻谷、小麦、大麦、元麦、玉米、高粱等。谷物籽粒是一种有生命的生物胶体，是由皮层、胚、胚乳三个主要部分构成。

1. 皮层

包围着胚和胚乳这一层叫皮层。它形成保护组织，对粮食的保管是有利的。在干燥作业过程中，应尽量不损伤皮层。

2. 胚

胚是种子生命活动最强的部分，能够发芽、生根形成幼苗，直至长成新的个体。在干燥作种子用的谷物，如果加热温度过高，时间过长，胚就失去了生命力，种子就不能发芽。

3. 胚乳

谷物的胚乳特别发达，含有丰富的淀粉和较多的蛋白质等营养物质。稻谷经过加工，碾去皮层和胚（即细糠），基

本上只剩下胚乳，即我们通常食用的大米。在干燥过程中，如果胚乳出现裂纹，即所谓爆腰，加工时就容易出碎米。

（二）谷物的化学成分

谷物的化学成分很复杂，主要是淀粉、糖分、蛋白质、脂肪、纤维素、矿物质与水分等，另外还含有少量的酶、维生素、色素等物质。现将和干燥过程影响较大的成分介绍于后。

1. 水分

谷物中的水分以两种状态存在：一种是胶体结合水，即与蛋白质、糖类等胶体物质较牢固地结合在一起的水，性质稳定，是维持谷物生命存在的不可缺少的必要组成部分；另一种水分是存在于谷粒毛细管之间的呈游离状态的游离水，具有普通水的性质，很不稳定，能随外界温湿度的变化蒸发减少或吸收增加。通常所说的谷物水分，指的是结合水与游离水两者之和。谷物的各种生化反应以及虫霉危害，主要是靠游离水的存在作为必要条件。谷物干燥，就是要把谷物中游离水去掉，当谷物水分降低到接近结合水时，谷物就能安全保藏。谷物干燥也不能烘得过干，以免影响谷物的品质。

2. 淀粉

淀粉是白色的细小颗粒，在谷物中含量最大。一般生淀粉都是以一点为中心整齐地排列形成“胶束”。淀粉分子随着温度的升高，会向各个方向扩展，一般当温度超过60℃以后，原来整齐排列的“胶束”，会散乱成一个网状的整体，若让它吸水膨胀，就会形成糊状物。当这种淀粉慢慢冷却后，组成散乱的“胶束”，即所谓陈化淀粉，它的粘性就会大大降低，食用品质也会恶化。在烘干高水分谷物时，如温

度掌握过高，受热时间过长，烘出来稻谷，加工后煮成的饭，没有粘性，也不好吃，就是这个道理。

3. 蛋白质

蛋白质是谷物中对热最敏感的成分。在高温影响下，它会产生热变性。变性蛋白质的可溶性变小，或完全丧失，吸水能力减弱，品质降低。如小麦面筋蛋白质变性后，就会丧失其吸水和膨胀能力，使面筋失去原有的弹性和拉力，甚至洗不出面筋，做馒头就发不起，做面条没有筋力。一般地说，温度达到 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 以上，蛋白质即逐步引起变性。这种变性的速度和程度，与谷物水分和受热的时间密切相关，水分高或受热时间长，变性出现就早。在进行谷物干燥处理时，应根据谷物水分考虑采用合理温度与受热时间，受热时间长的，温度要低些，受热时间短的，温度可以适当提高。

4. 酶

酶是生物体自身产生的一种特殊活性蛋白质，具有高度的催化能力，一切生物体内物质分解与合成，都靠酶的催化来完成，所以酶是生物新陈代谢的内在基础。酶的催化强度与温度、水分有关。酶在 $20\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的范围内，温度愈高，活性愈大，其最适温度约在 $35\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间。温度超过这个范围，经过一定时间，酶的活性便开始衰退，达到 70°C 时，活性大都丧失，这与蛋白质在高温下能够凝固变性的道理是一致的。温度低于 20°C 时，酶的活性也逐渐减弱。酶的催化作用需要有水参加，谷物的水分愈高，酶的活性愈强，当谷物水分降低到接近结合水时，酶的活性即转弱而处于相对静止的状态，因此，谷物处于低温、干燥条件下，可以安全保粮。

（三）谷物发热霉变与生芽

谷物干燥就是要防止谷物发热霉变与生芽，以达到安全稳定储粮的目的。

1. 谷物的发热

谷物的发热和谷物的呼吸作用有关。谷物是活的有机体，不断地进行呼吸，分解体内有机物质，产生热能，维持其自身的生命活动。谷物的呼吸作用必须在氧和酶的参加下才能进行。谷物的正常呼吸对维持种子的生命力和谷物的新鲜品质是必需的。在高湿、高温条件下，谷物中酶的活性增强，呼吸作用由微弱转趋旺盛，营养物质的分解转化加剧，产生较多的热量与水气，由于谷堆导热能力差，湿热就在谷堆内积聚，使谷物的温度和含水量增加，这又反过来促使呼吸作用更加旺盛，因而又产生更多的热量与水气。

2. 谷物的霉变

由于湿热在谷堆内积聚，某些微生物也开始发育活动，对谷物的营养物质进行腐解，产生热量与水气。于是谷物强烈的呼吸为微生物的发育活动创造更好的条件，微生物的发育活动又进一步促进谷物的呼吸强度，如此循环下去，谷堆内的温度将超出外温而不正常的上升，当谷堆湿热积聚到一定程度（一般是温度 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 以上，谷粒间湿度 80% 以上）形成了非常适合于微生物大量活跃繁殖的条件，谷物霉变现象即清晰可见。由于微生物的呼吸量很大，同时向体外分泌大量的酶，加速谷物营养物质分解转化，这样就导致了谷堆温度加速上升，谷粒色泽引起变化，散发出浓厚的霉味、酒精味，谷物品质急剧恶化。从以上谷物发热霉变的形成过程可以了解到，谷物本身的强烈呼吸或是微生物的活跃繁殖，

酶的作用是最根本的内在因素；而酶的活性又和谷物的含水量密切相关。这就是高水分谷物为什么要通过干燥处理后，才不会发热霉变的道理。

3. 谷物的生芽

处理高水分谷物，不但要防止发热霉变，而且还要防止生芽，发热霉变和生芽通常是相伴发生的。谷物生了芽，降低加工成品率和食用品质，如作为种子用谷物就将丧失播种价值。谷物生芽是在一定条件下进行的，只有在同时具备了足够的水分、适宜的温度与充足的氧气这三个条件时才会萌动生芽。达到生芽所需要的含水量，稻谷达23~25%，小麦45%，玉米40%以上时，就会生芽。当温度达到15~30℃，特别是20~25℃能迅速生芽。谷物干燥过程也必须迅速将谷物含水量降到生芽所需要的含水量以下，以免出现生芽现象。

（四）谷物安全储存水分

根据谷物生化特点，谷物干燥降水要控制在一定程度上，即达到安全保管要求即可，而不是降得愈多愈好。一般来说，稻谷、小麦安全储存含水量为13~13.5%。各地由于气候条件不同，谷物品种不同，各地粮食部门收购粮食，水分标准也不完全相同。使用谷物干燥机具，对烘后谷物水分要求，应以当地粮食部门所要求水分含量为准。

二、干燥介质的基本性质

谷物在干燥过程中，水分由谷物内部向表面扩散，并从表面蒸发汽化，蒸发出来的水分必须藉助某种能够容纳水蒸

气的物质，将它不断地带走，干燥过程才能顺利进行。这种起载湿体作用的物质，称为干燥介质。常用的干燥介质主要是加热空气和炉气。在应用最广的对流热力干燥过程中，加热谷物和使水分气化所需的热能是靠干燥介质以对流的方式传给谷物的。这时，干燥介质就不仅是载湿体，而且还是载热体。它的参数、运动速度和干燥过程有密切关系，所以搞谷物干燥的同志必须了解干燥介质的基本性质。

自然界中的空气是干空气与水蒸气的混合物，称为湿空气。炉气是指炉灶中燃料燃烧产生的烟道气和空气的混合物，也是一种湿气体。因此，要了解干燥介质的基本性质，也就要了解湿气体的基本性质。

(一) 湿空气的压力

根据道尔顿定律，混合气体的总压力等于组成它的各气体的分压力之和。对于湿气体来说有：

$$P = P_{\text{干}} + P_{\text{水蒸气}}$$

式中 P ——湿空气的总压力

$P_{\text{干}}$ ——湿空气中干空气的分压力

$P_{\text{水蒸气}}$ ——湿空气中水蒸气的分压力

各种谷物干燥设备一般都在大气压力下操作，这时总压力就等于大气压力。

$$1 \text{ 标准大气压} = 760 \text{ 毫米汞柱}$$

$$= 10332 \text{ 毫米水柱}$$

$$= 1.0332 \text{ 公斤/厘米}^2$$

$$= 1.0332 \text{ 气压}$$

工程上规定 1 公斤/厘米^2 的压力为 1 工程气压，简称气压。

在定温定容的湿气体中,水蒸气的含量愈多,它的分压力 $P_{\text{水蒸气}}$ 就愈大。当 $P_{\text{水蒸气}}$ 增加到同温度下的饱和压力时,湿气体中水蒸气的含量就达到最大值,再增加的话,将发生水气凝结。这种饱和了水蒸气的湿气体,称之为饱和气体;这时的水蒸气分压力,称为湿气体在此温度下的饱和压力。用符号 $P_{\text{饱和水蒸气}}$ 来表示。

(二) 湿空气的湿度

表示空气湿度状况,有绝对湿度与相对湿度两种方法。绝对湿度是指空气中实际含有的水气量,通常用1立方米空气中所含水蒸气克数来表示。相对湿度表示当时空气中水蒸气饱和的程度,可用空气中水蒸气的实际含量(绝对湿度)占当时温度下空气饱和水气量的百分比表示,即:

$$\text{相对湿度} = \frac{\text{绝对湿度}}{\text{当时空气饱和水气量}} \times 100\%$$

一般地说,相对湿度愈大,就表示愈接近饱和,空气愈潮湿;相对湿度愈小,就表示离饱和程度愈远,空气愈干燥。测量相对湿度,通常用“干球湿球温度计”来进行。

相对湿度也可以用水蒸气的实际分压力与同状态下水蒸气饱和分压力的比值的百分率来表示。

$$\text{相对湿度} = \frac{P_{\text{水蒸气}}}{P_{\text{饱和水蒸气}}} \times 100\%$$

可见湿空气的相对湿度随 $P_{\text{水蒸气}}$ 的压力增加而提高。湿空气的 $P_{\text{饱和水蒸气}}$ 是随温度变化而变化。当湿空气中水蒸气量一定时,即 $P_{\text{水蒸气}}$ 为一定值时,提高湿空气的温度, $P_{\text{饱和水蒸气}}$ 的值就会变大,从而使相对湿度减小,即湿空气吸湿能力有所提高。所以说在大气相对湿度高的条件下进行

谷物干燥，必须把气流加热，才提高干燥的效果。一般来说，温度升高 1°C ，相对湿度降低 4.5% 。

（三）湿空气的湿含量

在谷物干燥过程中，干燥介质的湿度是随时变化的，而干空气的重量则是不变的量，因此，常用 1 公斤干空气中所含水蒸气的多少来研究干燥过程。

含有一公斤干空气的湿空气中水蒸气的数量称为湿含量，用 d 表示，单位是克水蒸气/公斤干空气

饱和湿空气，在同温度同压力下的最大湿含量，称饱和湿含量，用符号 $d_{\text{饱}}$ 表示。

在同温度同压力下，饱和湿含量与湿空气的湿含量的差值称为湿空气的湿容量用符号 D 来表示。

$$D = d_{\text{饱}} - d$$

湿容量又称“吸湿力”，它表示此湿空气能进一步吸收水分的能力。

d 是湿空气的实际湿含量，它不随温度的变化而变化， $d_{\text{饱}}$ 是饱和湿空气的湿含量，而饱和湿空气是随温度变化而变化，提高湿空气的温度， $d_{\text{饱}}$ 就愈大， $d_{\text{饱}} - d$ 的值也愈大。也就是说，提高干燥介质的温度，可以增加它在干燥过程中的吸湿能力。

（四）湿空气的热含量

以 0°C 作为干空气和液态水的基准温度。将含有一公斤干空气的湿空气从 0°C 加热到任一温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时，所需的热量，称为湿空气在 $t^{\circ}\text{C}$ 时的热含量，用符号 I 表示，单位为大卡/公斤干空气。