



种子行业培训教材

Textbook for Seed Industry Training

种子加工原理与技术

谷铁城 马继光 主编



中国农业大学出版社

种子行业培训教材

Textbook for Seed Industry Training

种子加工原理与技术

谷铁城 马继光 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

种子加工原理与技术/谷铁城,马继光等主编. —北京:中国农业大学出版社,
2001.6
ISBN 7-81066-383-6/S · 295

I. 种… II. 谷… III. 制种-技术 IV. S339.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 043186 号

出 版 中国农业大学出版社
发 行
经 销 新华书店
印 刷 涿州市星河印刷有限公司
版 次 2001 年 7 月第 1 版
印 次 2005 年 10 月第 4 次印刷
开 本 16 印张 17.75 千字 319
规 格 787×980
定 价 38.00 元

图书如有质量问题本社负责调换

社址 北京市海淀区圆明园西路 2 号 邮政编码 100094

电话 010-62732633 网址 www.cau.edu.cn

主 编 谷铁城 马继光

副 主 编 宁明宇 何艳琴

编写人员 (按姓氏笔划为序)

马继光 王荣芬 宁明宇

谷铁城 李 放 汪裕安

何艳琴 郑明光 董小平

审核人员 (按姓氏笔划为序)

王荣芬 王亦南 汪裕安 苏迎晨

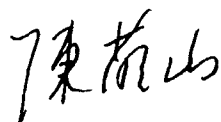
杨开明 郑明光 黄兴国

序

《中华人民共和国种子法》的实施，有力地规范和促进了我国种子产业的发展。根据《中华人民共和国种子法》有关规定，申请种子经营许可证的单位和个人应具有种子加工技术人员，这是取得农作物种子经营许可证的条件之一。种子加工是种子工作的重要部分，是提高种子质量，实现种子生产经营商品化、标准化的重要措施。种子加工质量好与坏，直接影响种子的质量、农业生产安全和企业经济效益。

全国农业技术推广服务中心为配合《中华人民共和国种子法》的实施，组织编写了《种子加工原理与技术》一书，作为种子加工技术人员培训教材。该书内容翔实，结构合理，比较系统地介绍了种子加工的基本原理、技术和设备操作方法，融理论性、知识性和实用性于一体。希望各种子企业加工技术人员，通过培训提高种子加工技术人员的专业水平和素质，掌握种子加工技术的科学知识，胜任本职工作。

21 世纪赋予我们每位农业工作者的任务是艰巨而光荣的，让我们立足本职工作，锐意进取，以饱满的工作热情和精湛的技术，迎接新世纪的挑战，为我国种业的辉煌建功立业。



2001 年 6 月 12 日

前 言

种子加工是种子工作的重要环节,是提高种子质量和科技含量的重要措施。同时也是实现种子商品化、标准化的重要手段。根据《中华人民共和国种子法》有关规定,申请种子经营许可证的单位和个人应具有种子加工技术人员,这是取得农作物种子经营许可证的条件之一。为了配合农作物种子经营许可证核发工作,迅速提高种子加工技术人员的专业技术水平,在农业部种植业管理司指导下,我中心编写了《种子加工原理与技术》一书,作为全国种子加工技术人员培训考核教材,供大家学习参考。

我国种子加工技术是在 20 世纪 70 年代引进国外种子加工设备的基础上研学起步的,经历了从田间到室内,从单机作业到机电系统工程的过程,自动化程度得到了极大提高。根据多年积累的国内外有关加工技术资料、试验结果和实际工作经验,本书系统地论述了种子干燥、精选加工、种子包衣等种子加工技术基础理论、种子加工设备及工艺流程,并收录了种子干燥、精选加工、包衣、计量和包装等主要设备的操作手册。其中,对“九五”期间国内引进最多的风筛式清选机、重力式清选机和包衣机的操作手册进行了编译,对基层技术人员正确使用国外先进设备很有裨益。

根据目前最新国家标准和国际上的习惯,书中对一些名词术语的表述进行了修改,如“圆仓式循环干燥机”改为“圆仓式循环干燥仓”;种子“比重原理精选加工”改为种子“密度原理精选加工”。另外,由于种子烘干是在粮食烘干的基础上起步的,在种子烘干设备结构介绍中,仍沿用了粮食烘干机结构的习惯叫法,如排粮轮等。

本书共分 4 章,第一章种子加工概述;第二章种子加工的基本原理及设备;第三章种子加工的主要工序,工艺流程的选择及控制系统;第四章目前主要种子加工设备操作手册。该书理论扎实,内容新颖,设备操作过程表述详细准确。本书不仅可供种子生产单位加工技术人员使用,还可作为农业院校师生、育种者及种子加工技术研究单位人员的参考书籍。

农业部种植业管理司司长陈荫山先生在百忙之中审阅此书,并欣然作序。中国农业大学汪裕安教授、原北京市种子分公司杨开明高级工程师(教授级)、中国

农业机械化科学研究院苏迎晨高级工程师（教授级）、黄兴国高级工程师（教授级）、郑明光高级工程师、黑龙江省农副产品加工机械化研究所王亦南高级工程师等本行业专家为本书提出了很多宝贵意见。在此表示衷心感谢。

由于时间仓促，水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

农业部全国农业技术推广服务中心

2001年6月12日

目 录

第一章 种子加工概述	(1)
第一节 种子加工的意义.....	(1)
第二节 我国种子加工技术发展.....	(2)
一、萌芽阶段.....	(2)
二、引进、仿制阶段.....	(2)
三、自行开发研制阶段.....	(2)
第三节 近几年国外种子加工技术发展.....	(4)
一、国外种子干燥技术发展.....	(4)
二、国外种子清选加工技术发展	(13)
第二章 种子加工基本原理及设备	(23)
第一节 种子干燥基本原理及设备	(23)
一、种子干燥基本知识	(23)
二、种子干燥基本原理	(34)
三、种子干燥主要设备	(39)
四、常用空气加热设备	(57)
第二节 种子清选加工基本原理及设备	(63)
一、种子清选加工基本原理	(63)
二、种子清选加工主要设备	(73)
第三节 棉花种子加工基本原理及设备	(88)
一、棉花种子加工基本原理及设备简述	(88)
二、棉花种子加工成套设备	(89)
第四节 种子包衣基本原理及设备	(98)
第三章 种子加工的主要工序、工艺流程的选择及控制系统	(102)

第一节 种子加工主要工序·····	(102)
第二节 种子加工工艺流程选择·····	(103)
第三节 种子加工中心电控和温控系统·····	(105)
一、电控和温控简述·····	(105)
二、土建条件图中的电控布置·····	(106)
三、电控、温控的应用和发展方向·····	(107)
第四章 目前主要种子加工设备操作手册·····	(108)
第一节 EL-480R (580R, 680R) 循环式种子烘干机·····	(108)
一、操作安全规则·····	(108)
二、干燥注意事项·····	(110)
三、技术规格及外观尺寸·····	(110)
四、各部名称及作用·····	(113)
五、操作说明·····	(121)
六、检修和保养·····	(135)
七、清洁·····	(139)
八、如何判断和处理故障·····	(140)
第二节 风筛清选机·····	(145)
一、CIMBRIA 公司 DS105 型风筛清选机·····	(145)
二、PETKUS 公司 U122.4 型风筛清选机·····	(166)
三、5X-4.0 型风筛清选机·····	(180)
第三节 5XW-3 型窝眼筒式种子清选机·····	(186)
第四节 5YF-800 型种子分级机·····	(189)
一、技术规格·····	(189)
二、主要组成·····	(190)
三、适用范围和性能特点·····	(190)
四、工作原理·····	(190)
五、主要部件的构造及使用·····	(191)
六、调整及使用·····	(191)
七、保养、维护与故障排除·····	(191)
八、使用、操作安全规则·····	(192)

第五节 重力式清选机·····	(192)
一、OLIVER 公司重力式清选机 ·····	(192)
二、5TZ-2200 型通用重力分选机 ·····	(200)
三、5XZ-5.0 型比重清选机·····	(209)
第六节 种子包衣机·····	(214)
一、PETKUS 公司 CT2-10 (5-25) 型种子包衣机 ·····	(214)
二、ROSENGRENS 公司 R5 型种子包衣机 ·····	(226)
三、5BY-LX 型种子包衣机 ·····	(235)
第七节 计量秤·····	(242)
一、DCS50P 型电脑定量秤 ·····	(242)
二、CJ 型系列称量机 ·····	(256)
第八节 VFS1000 型自动充填包装机 ·····	(263)
一、设备特点及其用途·····	(263)
二、主要技术参数·····	(264)
三、设备外形结构简介·····	(264)
四、操作使用说明·····	(265)
五、故障模式及排除方法·····	(269)
六、维修与保养·····	(270)
参考文献·····	(272)

第一章 种子加工概述

第一节 种子加工的意义

种子从田间收获后，不仅要使种子降到安全水分，而且要根据种子的物理特性（形状、密度、表面特性等）除去种子中的惰性物质，茎叶、杂草种子、昆虫及未成熟的、破碎的、遭受病虫害的种子，同时对种子进行各种物理、化学处理，提高播种质量。必要时还要依据外形尺寸等加以分级。总之，从种子收获后到播种前对种子的干燥、清选、分级和处理过程叫种子加工。

精选分级后的包衣种子实行精量播种，不仅提高种子的商品性和科技附加值，而且种子本身净度可提高 2%~5%，通常可达到国家 1、2 级标准要求，千粒质量（重）提高 5g 左右，用种量减少 10%~20%，一般发芽率提高 2~3%。可增产 5%~10%，是一项节本增效的实用技术，种子包衣后，可防治病毒和苗期病虫害，使苗齐苗壮，而且施药隐蔽，与喷撒农药相比，有效成分散失小，节省农药，有利于环保、生态环境和农业可持续发展。

实践证明，实现种子加工机械化，除有上述的颗粒均匀、净度和千粒质量（重）提高、病虫害减少、发芽整齐健壮，最后增产优产外，归纳起来还有以下优点：

（1）减轻劳动强度，提高劳动效率。人工选种不仅劳动强度大，而且效率低，而机械化加工处理种子，不但比人工提高效率几十倍，而且加工质量稳定。

（2）有利于种子的贮存与运输、种子经机械加工后，可以更好地减少病粒和有生命的杂质，更多地提高质量，加大贮存期限。而净度高，包装封闭好，减少了长途运输量及品种混杂、变质引起的损耗。

（3）增加了后继工作的方便性，有利于种子包衣、丸粒化与精密点播等。

（4）增加了种子在市场上的销售竞争能力。因质量好而受农民的欢迎。

（5）种子机械包衣处理，不仅保苗壮苗，而且减少人工接触农药的几率，提高安全性，有利于环保和农业可持续发展。

第二节 我国种子加工技术发展

我国种子加工技术的发展大体上可以分为以下三个阶段：

一、萌芽阶段

1960年前,我国种子加工一直沿用传统的手工工具。只在50年代末才从苏联、匈牙利引进样机,由沈阳农具厂和开封机械厂仿制了种子清选机,但推广数量很少。

二、引进、仿制阶段

1976—1980年我国的种子加工技术科研生产工作开始起步。尤其是1978年召开了第一次全国种子四化一供工作会议,国务院发出了97号文件要求逐步实现种子“四化一供”(即生产专业化、加工机械化、质量标准化、品种布局区域化和有计划地组织统一供种),改变种子工作“四自一辅”(自繁、自选、自留、自用,辅以国家必要的调节)的局面。全国从上到下相继成立了各级种子公司2000多个。从此,种子工业和种子加工机械化事业才开始发展起来。这一阶段的特点是开始了样机设备的引进和研学工作,并参考国外技术结合国情研制,其代表机型是5XF-1.3型复式和5XZ-1.0型重力式清选机。引进消化吸收和仿制工作从单机开始到成套设备。1980年前后从国外引进12套大中型现代化种子加工厂成套设备,其后中国农业工程院和河北省农机所等单位对北京通县种子分公司从奥地利海德(HEID)公司引进的3~5 t/h种子加工成套设备和河北正定县种子分公司从瑞士布勒公司引进的3 t/h种子加工成套设备,在消化吸收基础上进行了仿制。

三、自行开发研制阶段

20世纪80年代,是我国种子加工机械从开始起步走上蓬勃发展的十年。这一阶段的特点是:种子加工技术科研生产工作从引进、仿制、消化、吸收进入了自行开发研制、生产推广的快速发展时期。种子加工机械设备的试验研究和自行开发研制工作从单机到机组,再发展成种子加工成套设备。通过引进后的消化吸收和开发创新工作,已经研制出一批比较适合我国国情的种子精选机械、烘干机械和种子加工成套设备,并在生产中得到了普遍的推广应用。

1980年以来,据不完全统计,中国农机院、黑龙江省农副产品加工机械化

研究所、中国农业工程院、呼和浩特畜牧机械研究所、吉林省农机所和湖北省农机汽车研究所等有关科研院所、大专院校与工厂相结合,研究开发成功了一大批单机产品和加工成套设备。研制成功并逐步得到推广应用的有各种型号的风筛基本清选机、重力清选机、窝眼筒精选机。圆筒筛分级机、拌药包衣机等50多种新机型。同时又研制成功了20多种机组和成套设备如1.0、1.5、3.0 t/h的中小型种子加工成套设备,30、60、100、200 t/批次玉米果穗烘干设备,并获得了较广泛的推广使用。1987年后相继研制成功的有棉籽化学脱绒加工成套设备、小型牧草种子加工成套设备、4.0 t/h种子加工成套设备、150~700 kg/h蔬菜种子加工成套设备、机组和相应的单机。

如果说,在1978年以前,我国自行研制的种子加工机械产品基本上还是空白。但到1980年底,种子清选加工机械已由1978年左右的两种仿制机型发展到10多个品种,生产推广累计9500多台;烘干机械300多台套;包括第一、二批引进的12套设备在内,已建成大中小型种子加工厂112座。这些机械设备在“六五”期间清选加工稻、麦、玉米等种子累计达47亿千克,创经济效益45~50亿元;而同期用于购置种子烘干、清选加工机械设备的投资总共不到1亿元,投入产出比和社会经济效益十分明显。“七五”期间,种子加工机械设备除了单机增加不少新品种外,研制并推广了一批中、小型种子加工成套设备。“八五”期间,种子加工机械的推广应用又有了较大的发展,种子加工机械及设备使用率在“七五”基础上提高了10%,达70%;全国年烘干、精选各类种子是“七五”末的两倍,达30亿千克,包衣、小袋包装占30%;种子精选机械的保有量为10500标准台,比“七五”末增加4000标准台(1标准台=1 t/h(小麦计));新建各类种子加工厂130座,保有量达350座。“九五”期间,我国仍以农业为基础产业,大力发展农业生产,建设种子加工中心约150余座,(包括原种场项目)目前全国一年机械清选加工的农用种子约35亿千克,约占农用种子总量的30%。

据不完全统计,目前我国已能生产风筛式清选机36种,重力式清选机32种,窝眼筒清选机17种,圆筒筛分级机10种,螺旋清选机3种,风选机2种,复式清选机9种,除芒机7种,种子脱粒机12种,包衣机22种,丸粒化设备3种,加工机组10种,种子烘干设备24种,棉花种子加工成套设备7种,小型试验设备和其他加工机具11种。

第三节 近几年国外种子加工技术发展

一、国外种子干燥技术发展

国外种子干燥设备的研究、开发时间较早,到20世纪90年代,干燥技术的研究已达较高水平。产品批量生产,系列化、标准化,性能稳定,质量好,自动化水平高。近年来在干燥、加工过程的计算机模拟方面取得了巨大进展,传统软件和专用软件的不断开发,对干燥机的设计和产品质量的改进起到了极其重要的作用。现对国外现在使用的主要干燥机,按其结构及干燥原理分类,概述如下。

(一) 横流式谷物干燥机

1 型式简介

湿谷物从储粮段靠重力向下流至干燥段,加热的空气由热风室受迫横向穿过粮柱,在冷却段则有冷风横向穿过粮层。粮柱的厚度一段为0.25~0.45 m。干燥段料柱高度为3~30 m,冷却段高度为1~10 m。根据谷物类型和对品质的要求确定热风温度,横流式干燥机一段有2个风机:热风机和冷风机,热风风量为 $15\sim 30\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^3)$ 或 $83\sim 140\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{t})$,静压较低,约为0.5~1.2 kPa。

2 技术发展水平

(1) 谷物流换位 为了克服横流式干燥机的干燥不均匀性,可在横流干燥机网柱中部安装谷物换流器,使网柱内侧的物料流到外侧,外侧的物料流到内侧,这样就能减少干后物料水分的不均匀性。美国Thompson的研究表明,采用谷物流换位,不仅可以大大减少物料的水分梯度,而且可以降低谷温;Jones利用模拟方法研究了换流器对谷物水分差的影响,他发现,当谷层厚度为310mm时,采用1个、2个和3个换流器,可使水分差分别减少48%、53%和63%。采用换流器后热耗略有增加,物料平均温度可降低5℃。

(2) 差速排粮 为了提高干燥的均匀性,美国Blount公司在横流式干燥机物料出口处,设置了2个排粮轮,两轮的转速不同,进风侧的排粮轮较快,而排风侧的排粮轮转速较慢,这就使高温侧的物料受热时间缩短,因而可提高物料水分的均匀性。Blount公司的试验表明,两个排粮轮的转速比为4:1时,干燥效果较好。

(3) 热风换向 采用热风改变方向的方法,可使干燥均匀。即沿横流干燥机网柱方向分成2段或多段,使热风先由内向外吹送,再从外向内吹送,粮食

在向下流动的过程中受热比较均匀,干燥质量可以改善。

(4) 多级横流干燥 利用多级或多塔结构,采用不同的风温和风向,可以大大改善横流干燥机的干燥不均匀性。

(二) 顺流式谷物干燥机

1 型式简介

在顺流式谷物干燥机中,热风 and 谷物的流动方向相同,最热的空气首先与最湿的物料接触,故可以使用较高的热风温度。干燥机内设有筛网,谷物依靠重力向下流动。谷床厚度一般为 0.6~0.9 m,一个单级的顺流干燥机一般均有一个热风机和一个冷风机,废气直接排入大气,干燥段风量一般为 30~45 m³/(min·m³),冷却段风量为 15~23 m³/(min·m³)。由于谷床较厚,气流阻力大,静压一般为 1.8~3.8 kPa。国际上生产顺流式谷物干燥机的厂家有美国的 York 公司和加拿大的 Westlaken 公司,见表 1-1。

表 1-1 美国顺流式谷物干燥机作业性能参数

干燥机参数	试验 1	试验 2	试验 3
环境温度 (°C)	1.1	0.6	1.7
环境湿度 (%)	75~95	77~94	73~97
谷物温度 (°C)	8.9	15.0	21.1
初水分 (% w.b)	26.2	26.5	24.5
热风温度 (°C)	141.7~111.1~80.4	141.7~111.1~80.4	141.7~111.1~80.4
终水分 (% w.b)	15.5	14.8	17.4
出机粮温 (°C)	23.3	24.4	26.1
入机粮容重 (kg/m ³)	643.48	652.46	647.33
出机粮容重 (kg/m ³)	669.12	664.00	669.12
生产率 (湿谷, t/h)	35.35	31.76	55.7
生产率 (干谷, t/h)	30.86	27.4	50.92
热耗 (kJ/h)	16 758 150	17 851 236	14 163 662
电耗 (kJ/h)	63 413	63 413	63 413
去水量 (kg)	4 491.4	4 360.7	4 794.9
单位热耗 (kJ/kg)	3 731.2	4 093.7	2 953.9
单位能耗 (kJ/kg)	3 745.3	4 108.2	2 967.1
破碎敏感性增量 (%)	3.8	9.5	-0.5

2 技术发展趋势

大多数的商业化顺流干燥机设有2级或3级顺流干燥段和一个逆流冷却段,在2个干燥段之间设有缓苏段。多级顺流干燥机比单级顺流有许多优点:生产率高;由于设有缓苏段,故谷物品质有所改善;如果2级以后的排气能够循环利用,则单位能耗可以降低。顺流干燥机缓苏段总长度可达4~5.5 m,谷物在机内的滞留时间为0.75~1.5 h。在这段时间可以使谷粒内部的水分和温度均匀化以利于下一步的干燥。表1-1给出了一种新型3级顺流干燥机烘干玉米的试验数据。玉米的初始水分为25%;各级采用的风温不同,变化范围为80.6~142.2℃。

(三) 逆流式谷物干燥机(仓)

1 型式简介

在逆流式谷物干燥机中。热风 and 谷物的流动方向相反,最热的空气首先与最干的谷物接触。谷物温度接近热风温度,故使用的热风温度不可太高。低温潮湿的谷物则与温度较低的湿空气接触,因而易产生饱和现象。在烘干高水分谷物时谷层温度有一个最佳值,由于谷物和热风运动轨迹平行,所有谷物在流动过程中受到相同的干燥处理。国际上采用的逆流干燥仓有Shivvers, Sukup, Stormore, Behlen 和山本等。

2 技术发展水平

逆流式干燥机一般由一个圆仓和多孔底板组成。湿谷由仓顶喂入,底板上设有扫仓螺旋装置,螺旋除自转外还绕谷仓中心公转,将物料自仓底输送到中心卸出。高温热风由风机吹送从仓底穿过孔板进入粮层,进行干燥作业。

(四) 混流式谷物干燥机

混流式谷物干燥机是目前国际上应用最广泛的一种谷物干燥设备。由于它的通用性好,电耗低,干燥质量好而得到发展。国际上生产大型混流式干燥机的公司和厂家很多,主要有丹麦的西伯利亚(Cimbria)、加拿大的沃太克(Vertec)、法国的拉富(Law)、英国的凯瑞(Carrier)、德国的斯台拉(Stela)和瑞典的斯维格玛(Swegma)等,俄罗斯生产的谷物干燥机几乎全是混流式。

1 混流式干燥机的特点

(1) 干燥机机体可以采用积木式结构,设计成标准塔段,利用增减塔段改变干燥机的生产率,因而便于系列化,放大或缩小机型。

(2) 由于谷层厚度比横流式小,与顺、逆流干燥机相比粮层更薄,气流阻力小,因而风机的风压小,单位电耗的生产率高。

(3) 对物料的适用性好,可以烘干小粒种子,如油菜籽、谷子、芝麻等。

(4) 由于干燥塔内交替布置着一排排的进气和排气角状盒, 谷粒按照 S 形曲线向下流动, 并交替受到高温和低温气流的作用, 因而可以采用比横流式干燥机高一些的热风温度。随着风温的提高, 蒸发一定量的水分所需的热风量也相应减少, 使用的风机也可以小一些。

(5) 热风 and 物料相对运动, 混流干燥过程相当于顺流、逆流交替作用。

混流式干燥机内部排列有多层角状盒, 其形状、大小、数目和排列方式对干燥机的性能、物料品质和干燥均匀性有重要影响。通用的角状盒的截面形状是五角形的, 但也有三角形的、菱形的, 角状盒斜面上带通气孔, 角状盒垂直面做成百叶窗式。从截面形式来讲, 有等截面的和变截面的。

目前混流干燥机中应用最广泛的是五角形角状盒, 这种角状盒结构简单, 容易制造, 安装方便。俄罗斯、丹麦、瑞典和法国的干燥机多采用五角形角状盒。

混流式干燥机的角状盒通常用 0.8~1.5 mm 的薄钢板制成。布置角状盒要注意物料流动顺利和受热均匀。混流式干燥机的角状盒数量见表 1-2。

表 1-2 国外主要混流式种子干燥机性能参数

型 号	Cimbria	Law - denis	Carier	Svegma	Allmet	Bentall	ICP
	(丹麦)	(法国)	(英国)	(瑞典)	(英国)	(英国)	(俄罗斯)
生产率 (t/h)	25	20	20	20	20	20	16
降水率 (%)	4	5	5	5	5	5	6
单位蒸发量 (kg/h)	100	100	100	100	100	100	96
总功率 (kW)		38	29	24.75	23.9	26.85	40
单位热耗 (KJ/kg)	4 198					3182	4976
单位电耗 (KW · h/kg)		0.032	0.025	0.021	0.020	0.023	0.035
干燥机高度 (m)	13.7	8.68		8.215	6.98	8.03	11.30
干燥塔数	1	2	1		2	2	1
标准段数	8	8			14	10	
角状管总排数	32	32			28	40	55
每排角状管数	5	3			4	10	16
角状管总数	160	96			112	400	880
热风风量 (m ³ /h)	67 200					84 940	60 700

2 技术发展水平

(1) 脉动式排粮机构: 通过干燥机的种子能否均匀等速地向下流动, 排粮