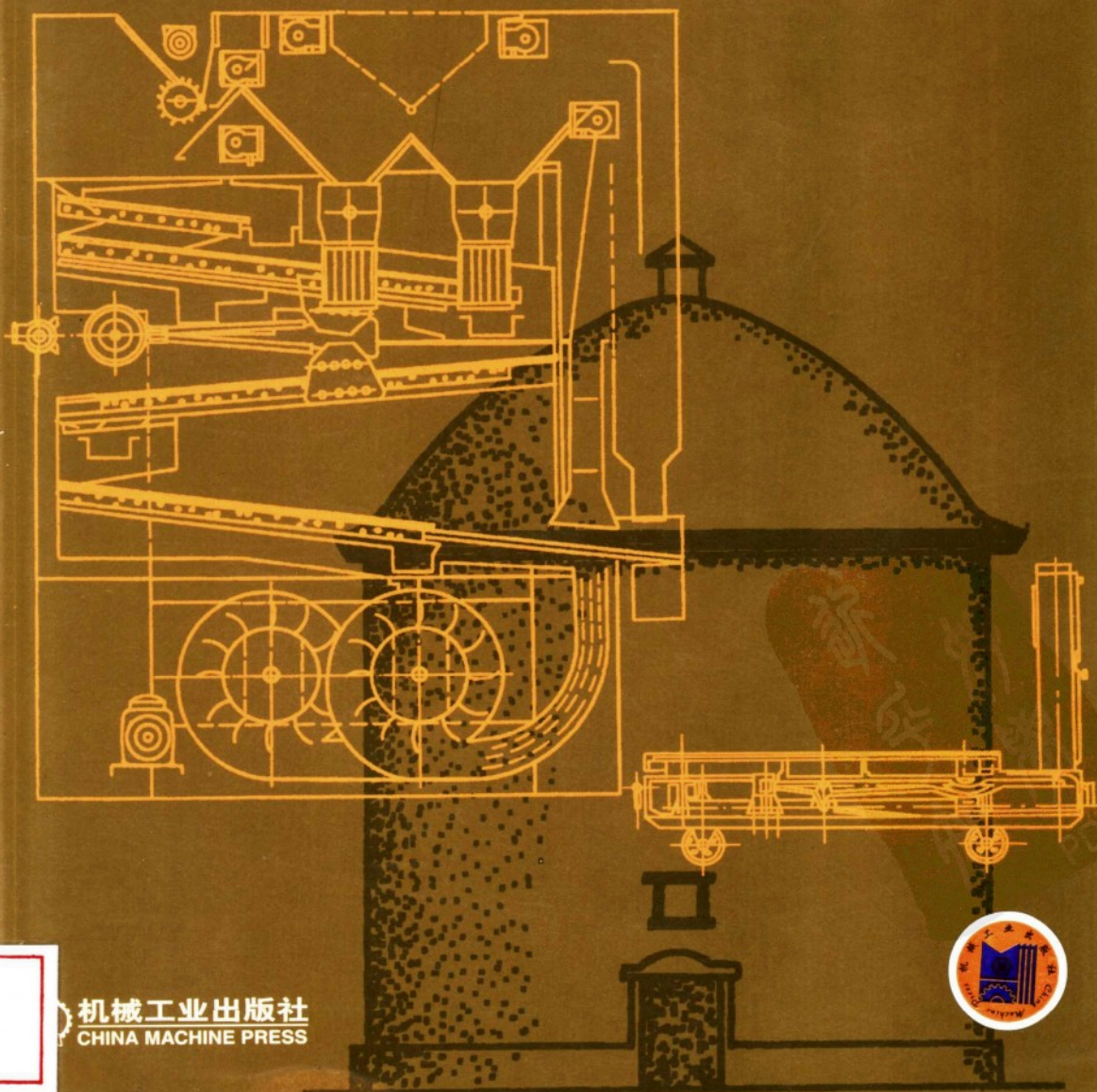


粮食仓储设备

刘兆丰 沈尧烈 等编著



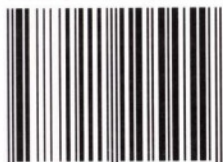
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



● ISBN 7-111-10545-1/S-86

封面设计 / 电脑制作 : 姚毅

ISBN 7-111-10545-1



9 787111 105459 >

定价: 35.00 元

地址: 北京市百万庄大街22号
联系电话: (010) 68326294

邮政编码: 100037
网址: <http://www.cmpbook.com>
E-mail: online@cmpbook.com

华北水利水电学院图书馆



206422691

S510.93

S420

粮食仓储设备

沈尧烈 刘兆丰 马守义 潘九君 编著
刘卫东 刘 洋 沈双宇



机械工业出版社

642269

数字资源
PDG

本书较详细地介绍了近年来我国批量生产的和新研制的粮食仓储设备,比较系统地叙述了粮食仓储设备的发展概况、分类、技术参数、工作原理、设计计算、结构特点、安装使用、故障排除和优缺点。书中既有适用于农户的小型粮仓及干燥设备,也有适合国营农场使用的大型仓储设备。同时还对农村干燥站、粮食处理中心、种子加工厂和国家储备粮库等大型粮库的总体设计和计算机在粮食仓储中的应用知识以及国外有关粮食仓储设备技术发展概况作了简要介绍。本书涉及面广、内容新颖、深入浅出、实用性强,适合粮食部门、种子加工部门、粮食处理中心、有关的科研单位、设备制造企业、管理部门、农村干燥站、农村种粮大户和大中专院校师生等阅读。

图书在版编目(CIP)数据

粮食仓储设备/刘兆丰等编著 北京 机械工业出版社,
2002.8
ISBN 7-111-10545-1

I. 粮… II. 刘… III. 粮油贮藏设备 IV TS205.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第050677号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:李正民 版式设计:霍永明 责任校对:张莉娟
封面设计:姚毅 责任印制:闫众
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002年10月第1版第1次印刷
787mm×1092mm 1/16·20.5印张·502千字
0 001--3 000册
定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版



前 言

粮食仓储设备是指粮食从收获后的清理、烘干、储存到进入流通领域或粮食深加工之前所使用的各种设备,包括粮仓、清选机械、输送机械、称重设备、干燥设备、干燥热源、粮食质量检测设备等等。

粮食安全储存是个世界性难题,据联合国世界粮农组织统计,每年粮食因储存不善造成霉烂损失占世界粮食总产量 20 亿 t 的 1.5%,可达 3000 万 t。按人均每年 250kg 口粮计算,相当于 1.2 亿人一年的口粮(世界目前有 8 亿人处于饥饿或半饥饿状态);我国粮食总产量 5 亿 t,按这个百分比计算,霉烂粮食为 750 万 t,如果不霉烂,可解决 3000 万人一年的口粮。如何夺回这些粮食?根据世界各国的实践经验,一致认为,采用机械干燥、机械清选、粮仓等设备进行粮食仓储作业机械化和自动化是最佳选择。它也是农业现代化的重要组成部分。

我国粮食仓储业自实施国家“粮食流通项目”以来,已有粮食库点近 6 万多个,仓储能力有了很大提高,但我国粮库仓容与粮食总产量之比还远远落后于发达国家水平,且分布不均匀。美国已达 2.2:1,法国为 1.2:1。仓储设备的数量和质量与世界发达国家相比也有很大差距,机械干燥粮食数量仅占粮食总产 4%,机械加工的种子量仅占总用种量 33%。而我国台湾省干燥作业机械化程度达 78%。日本水稻种植面积只有我国的 1/16,但其干燥机却有 150 万台,干燥作业机械化程度达 95%。而我国仅有 15000 台。全国粮库仓容中房式仓及其他仓型占 2/3,机械化筒仓仓容不足 1/3,收纳库严重不足,仓容综合缺口很大。每年尚有大量粮食露天存放,保管难度很大,现有粮库的利用也没有实现最佳效果。所以,我们不但要积极发展我国的粮食仓储作业机械化和自动化,同时还要科学地用好现有的粮食仓储设备,为早日实现我国农业现代化而奋斗。这就是我们编写这本书的目的。

为了帮助粮食部门、种子加工部门、粮食处理中心、有关的科研单位、设备制造企业、管理部门、农村干燥站、农村种粮大户和大中专院校师生等全面了解粮食仓储设备的理论知识,提高研制水平和使用设备的能力,本书较详细具体地向读者介绍了近年来我国批量生产的和新研制的粮食仓储设备的理论知识;系统地阐述了包括各种粮仓、清选机、称重设备、装卸运输设备、粮食干燥机等在内的粮食仓储成套设备和种子加工设备的发展概况、分类、技术参数、工作原理、设计计算、结构特点、安装使用、故障排除和优缺点。其中也有适用于农户的小型粮仓、干燥机等设备。同时还介绍农村干燥站、粮食处理中心、种子加工厂和国家储备粮库的设备选型配套、工艺流程图等总体设计知识以及国外有关粮食仓储

设备和技术发展概况，包括计算机在粮食仓储中的应用。本书知识面广、内容新颖、深入浅出、实用性强，是当前市场上短缺的适合中级技术人员阅读的读本，也可用作培训教材和工具书。

本书由沈尧烈和刘兆丰任主编，参加编写的还有马守义、刘卫东、刘洋、沈双宇、潘九君。

本书引用了曹崇文、刘根斌、周晨、付雅琴、玄义梅、邢柏林、张廷英等的论文，特此表示感谢！

在编写成书的过程中，由于时间仓促，收集资料难以齐全，且编写水平有限，一定会有错误和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 2 月



目 录

前言

第一章 综述 1

第一节 粮食仓储的重要性 1

第二节 我国粮食仓储设备发展概况 1

一、我国粮仓发展概况 1

二、我国清选机发展概况 5

三、我国粮食干燥机发展概况 6

第三节 粮食的有关知识 10

一、粮食的形态与理化性质 11

二、粮食在储藏期间的变化 21

第四节 粮食安全储藏的条件 33

一、储粮生态体系的构成 33

二、储粮生态体系的特征 34

三、储粮生态体系的变化 34

四、安全储粮的条件 34

第五节 粮食仓储设备的发展趋势 39

一、我国粮食仓储设备现状和差距 39

二、粮食仓储设备的发展趋势 40

第二章 粮仓 44

第一节 概述 44

一、粮仓的分类 44

二、粮食储藏对粮仓性能的要求 44

第二节 简易仓 45

一、土圆仓 45

二、其他简易仓 51

第三节 利浦筒仓 53

一、简述 53

二、利浦筒仓的建造程序及生产机械 53

三、利浦筒仓与焊接仓的比较 56

第四节 波纹板装配式金属筒仓 56

一、波纹板装配式金属筒仓的性

能和特点 56

二、波纹板装配式金属筒仓的有关技术标准 62

第五节 混凝土筒仓 67

一、简述 67

二、筒仓的分类 68

三、布置原则及结构选型 68

四、筒仓的荷载 69

五、结构计算 71

六、筒仓的构造 72

第六节 砖仓 78

一、小型简易砖仓 78

二、大型砖筒仓 79

第七节 房式仓 83

一、简述 83

二、散装粮房式仓 83

第三章 清选机 88

第一节 概述 88

一、清选的目的和意义 88

二、清选除杂的机理 88

第二节 筛理机械 90

一、筛理机械的工作原理 90

二、筛面 91

三、影响筛理效率的因素 94

四、筛孔的选择与孔形的换算 96

五、清筛装置 97

六、粮粒在筛面上的运动和筛子参数的选择 98

七、筛选质量与各参数的关系 101

八、溜筛 102

九、纵动筛 106

第三节 窝眼清选机 113

一、窝眼筒清选机 113

二、窝眼盘清选机	127	三、主要构件	225
第四节 风选机械	129	四、输送量和功率计算	232
一、风选的基本原理	129	五、常用机型技术性能	233
二、木风车	133	第四节 螺旋输送机	234
三、吸风分离机	134	一、结构	234
四、扬场机	134	二、主要构件	235
五、旋转式气流清选机	135	三、输送量和功率计算	237
第五节 风筛清选机	135	四、螺旋输送机的选用	238
一、往复振动筛	135	第五节 振动输送机	239
二、高频振动筛	144	一、电磁振动输送机	239
三、圆筒筛清选机	152	二、机械振动输送机	240
四、5XD-5.0 型风筛清选机	155	第六节 气力输送装置	240
第六节 复式清选机	158	一、类型	240
第七节 重力清选机	161	二、优缺点	240
一、工作原理	161	三、吸气式气力输送装置	241
二、类型与结构	163	四、压气式气力输送装置	241
三、主要工作参数	165	五、混合式气力输送装置	241
四、主要调整参数及调整方法	167	六、固定吸粮机	241
第八节 其他清选机	170	第七节 溜管	242
一、重力去石机	170	一、溜管技术规格	242
二、之形板清选机	173	二、分流器和法兰盘	243
三、5XFJ-2.5 型风、筛、重力、 窝眼四合一复式精选机	175	三、分配盘	243
四、螺旋精选机	183	四、溜管倾角的选择	244
五、光电分选机	185	五、耐磨溜管	245
六、5XFZ-15 粮食清选机	186	第五章 称重设备	247
第四章 运输机械	195	第一节 概述	247
第一节 带式输送机	195	第二节 机械秤	247
一、简述	195	一、地上衡	247
二、带式输送机有关理论	196	二、地中衡	247
三、固定式带式输送机	198	三、轨道衡	250
四、移动式带式输送机	210	四、机械自动秤	251
第二节 刮板输送机	218	五、面粉自动秤	252
一、构造原理	218	六、粉状饲料自动秤	252
二、主要构件	219	第三节 电子秤	253
三、生产率 and 功率计算	220	一、简述	253
第三节 斗式升运机	221	二、称重传感器系列	253
一、简述	221	三、台秤产品系列	255
二、漏斗的装卸原理	222	四、汽车衡、地上衡系列	256
		五、装载机电子秤	258

六、电子流量秤	259	第三节 干燥用燃油炉	289
第六章 粮食干燥设备	260	一、颜氏油炉	289
第一节 粮食干燥基础知识	260	二、HYL 型油炉	290
一、湿空气特性	260	三、进口油炉	290
二、粮食干燥特性	261	第四节 热风炉配套风机	290
三、粮食干燥机分类	266	一、风机的选择	290
第二节 横流式干燥机	269	二、风机的使用	291
一、特点	269	第五节 热风炉其他辅助设备	292
二、横流干燥曲线	269	一、燃烧设备	292
三、构造	269	二、除尘设备	293
第三节 混流式干燥机	271	第八章 粮食质量检测仪器	294
一、特点	271	第一节 粮食水分测定仪器	294
二、结构	271	第二节 粮食杂质测定设备	295
三、5HX、5HZ 系列干燥机的使用	272	第三节 千粒重、堆密度检测仪器	296
第四节 顺流式干燥机	274	第四节 降落数值测定仪	296
一、特点	274	第九章 机械化仓储的总体设计	297
二、顺流干燥曲线	274	第一节 农村干燥站	297
三、结构	274	一、农村干燥站特点	297
四、5HS-15、5HS-5 顺流式干燥机	275	二、农村干燥站设计	297
五、顺流式干燥机的使用	275	第二节 粮食处理中心的总体设计	298
第五节 逆流式干燥机	276	一、总体设计的准备工作	298
一、特点	276	二、选择粮中地址的要求	299
二、逆流干燥曲线	277	三、电气技术措施	299
三、结构	277	四、粮中总体设计计算	299
第七章 干燥热源	278	五、粮中总体设计实例	303
第一节 干燥用的燃料	278	第三节 种子加工厂的总体设计	306
一、燃料的分类	278	一、总体设计的原则和依据	306
二、燃料的成分	279	二、四大环节设计的基本原则	306
三、燃料的发热量	279	三、总体设计方案应注意的几个问题	307
四、燃料的燃烧	279	四、几种主要作物种子加工工艺	307
第二节 燃煤热风炉	281	五、种子加工厂总体设计实例	307
一、结构原理	281	第四节 大型粮库的总体设计	311
二、燃烧炉的结构特点	281	一、粮库的总体布局	311
三、换热器	283	二、粮库的工艺流程	314
四、JL 型及 RL 型热风炉	285	三、介绍一个粮库平面图	315
五、无管式热风炉	287	参考文献	317

第一章 综 述

第一节 粮食仓储的重要性

21 世纪,人类社会有三个不可逆转的趋势:第一是人口的增长,现今世界人口已突破 60 亿,2050 年可能达到 100 亿;第二是耕地逐年减少,人均占有耕地将会更少;第三是人类对社会物质生活的需求愈来愈高。这三个趋势必然导致粮食危机,必然会提出怎么养活 100 亿人口的问题。因此,人类必须千方百计地杜绝粮食的任何损失浪费,决不允许粮食在储存期间出现像现在这样的每年霉烂 3000 万 t 的严重损失。

我国到 2040 年人口将达到 16.6 亿。根据我国现有的光、热、水、土和气候资源,中国科学院在《我国土地的人口承载能力研究》中指出:我国粮食最大可能生产能力为 8.3 亿 t,按联合国确定的最低标准人均 500kg 计,16.6 亿人口是我国国土的人口承载能力的极限。按照国务院的统一部署,我国土地管理部门动员 200 多万人,耗资十多亿元,历时近 20 年,以 1996 年 10 月 31 日为统计截止期,首次查清全国耕地面积 1.3 亿公顷(19.51 亿亩),比农业部《中国农业发展报告》白皮书公布的 1996 年全国耕地面积 9546 万公顷还多 3454 万公顷。即使是这样,人均耕地 0.106 公顷(1.59 亩)相当于世界人均耕地量 0.24 公顷的 44%,且地区分布很不平衡。再加上水资源危机、污染、荒漠化(荒漠化土地面积占我国国土面积 27.3%)、灾害(我国是世界各种灾害最重的国家之一,每年经济损失 10002 亿元)等的影响,我国的粮食形势是全世界最严峻的国家之一(预计 2030 年我国粮食自给率将从 2010 年的 95%降到 90%,而 10%消费量约合 6000 万 t 粮食需要从国外进口)。我国政府决不能容忍每年霉烂 750 万 t 粮食,必然会采取果断措施大力发展粮食仓储机械化、自动化,提高安全仓储水平,夺回这部分珍贵的粮食。

第二节 我国粮食仓储设备发展概况

粮食仓储设备是指粮食从收获后到储存、到进入粮食流通领域或粮食加工前进行处理的各种设备,包括粮仓、清选机械、运输机械、干燥机械等。

一、我国粮仓发展概况

(一) 我国古代粮仓

我国的粮仓历史悠久,可以和五千年文明并驾齐驱。只要有农业(种植业)、收获粮食,就需要有粮仓来储存,来维持人类生存和发展。据南岭瑶族网站报道:至今还保持原始氏族社会生活习俗的白裤瑶山寨每家每户都在自己的房前屋后建有一座独立的粮仓。四根立柱通过四个两头细中间粗的陶质缸支撑圆锥形粮仓,由于陶缸高半米、表面光滑,老鼠爬不上去,避免了鼠害。这种悬空结构,下可防潮,上可防雨(圆锥顶)、通风好。这可以算是我国原始氏族社会粮仓的一例。

我国古代最大的粮仓隋朝的含嘉仓，位于洛阳老城北隋唐老城东北，建于隋大业元年（605年），历经隋、唐、北宋三个王朝，沿用500多年。它是一座大型地下粮仓。仓城东西长612m，南北宽71m，总面积43公顷，有分布密集、排列整齐的粮仓287座、粮窖40多座。这些地下粮仓距地面6~12m，可以保持18℃恒温，属于准低温密闭粮仓。据历史文献记载。粮食在仓内可安全储存9年以上。这说明距今1300年的含嘉仓进行地下低温储粮的水平，即使和现代储粮水平相比也堪称一流。

明清时代的粮仓，大多是地上房式仓。北京尚有三处，南新仓现在保存粮廩（储存粮食的仓房）7座；北新仓现保存粮廩7座、北向仓门3座，部分仓墙和粮廩通风设备大部完整；禄米仓是储存京官俸米的粮仓，现存粮廩3座。这些遗迹是研究古代仓廩结构设计的实物标本。

清代最大的粮仓韦图义仓，建于陕西省大荔县朝邑镇。慈禧太后亲笔题名“天下第一仓”。属于地上房式仓。为砖石结构，高墙深院、气势雄伟，至今还在继续使用。

（二）改革开放前我国粮仓发展概况

改革开放以前，我国粮食产量虽然年年增长，但是人民温饱问题还没有解决，粮食总量还不能自给，存在粮食短缺现象。我国几亿户农民家中储存自家的口粮、饲料粮、余粮和种子。也就是说，我国粮食总产量的60%~70%分散储存在民间。粮仓的类型有土圆仓、房仓、柜、箱、粮袋垛等。鼠害、虫害、霉变造成粮食损失达到5%以上。国家粮库和地方粮库采用的粮仓类型，是混凝土筒仓、混凝土房仓、砖房仓、土圆仓、粮袋垛等。鼠害、虫害、霉变造成粮食损失达到1%以上。

（三）改革开放以来我国粮仓发展概况

改革开放以来，我国政府解决了人民温饱问题，粮食基本实现了自给，并略有结余。特别是1995~1998年我国粮食连续四年大丰收。1996年我国粮食总产达到5.04亿t，粮仓爆满。目前我国粮食库容与产量为0.35:1，而西方国家是1:1以上。我国粮食库容偏低。中央决定进行粮食流通体制改革，以保护价敞开收购农民手中余粮。粮食库容更显不足。例如，甘肃库存粮食548万t，而仓容302万t，其中完好仓容227万t，由于库容不足，露天储粮188万t，租借仓房储粮34万t。粮食安全储存工作十分艰巨。1998年国家发行1000亿元国债用于六项基本建设，其中一项是投资175亿元，大力加强国家储备粮库建设，增加2500万t储备粮库容。2000年又增加1000万t储备粮库容。国家储备粮库库容达到5000万t。据2001年6月11日广州日报报道：联合国粮农组织估计我国大陆2001年收成季节之前所剩余粮食总量3.62亿t，是联合国去年9月估计结果的13倍。我国粮仓建设有了突飞猛进的发展，表现在以下三个方面：

1. 金属储存仓有了很大的发展 1981、1982年，黑龙江迎春机械厂、庆安钢铁厂、齐齐哈尔农牧车辆厂相继开发了波纹板装配式金属筒仓。1989年，黑龙江迎春机械厂生产的BC型波纹板装配式金属筒仓获国家优质产品银质奖。1984年，安阳利浦筒仓工程公司从德国引进利浦筒仓技术，生产、组装利浦筒仓（螺旋弯折咬口钢板仓）。从此，国际普遍采用的两种类型金属储存仓我国都已经能够生产，而且具备几百个规格，波纹板装配式金属筒仓仓容7~5000m³，利浦筒仓仓容50~9000m³。年生产能力约2000000m³。累计建造金属储存仓约7000000m³。

2. 计算机在粮仓上的应用 我国粮仓开始应用计算机进行管理，是向现代化粮仓管理的

第一步。90年代我国粮仓推广电子测温系统和使用微机进行流程监控。90年代后期,深圳达实智能公司研制的粮食仓储成套控制装置产业化示范工程列入国家计委高技术产业发展专项计划,总投资2亿元。已成功运用于65座国家和地方储备粮库,达到国际先进水平。它包括粮食仓储自动化现场网络控制系统、国内率先采用的液态磷化氢环流熏蒸新工艺及专家控制系统软件等。大大提高了自动化管理水平,减少了粮食霉变和虫害损失,使储存损失达到2%以下。

哈尔滨中能集团研制的LC-2000型粮仓综合自动化系统,荣获黑龙江省首批高科技发展资金。该系统采用国际先进的控制技术和计算机技术,有效地解决了已往粮仓自动化程度低、粮食损耗大、储粮成本高、工人劳动强度大等问题。该系统主要包括六个子系统:

1) 电气控制系统。上位机采用工控机和INTOUCH工控软件,下控机采用美国AB、MODICON、德国西门子或日本OMRON系列PLC,计算机屏幕模拟图显示,按粮食接收、倒仓、发放等流程进行自动控制。设置“手动/自动”转换开关,确保系统的正常运行。

2) 批量称重及火车发放系统。可以在主控室内,在计算机屏幕上进行监视和控制操作,实现准确称重及发放。

3) 微机粮情测控系统。该系统采用美国新型数字式温度传感器,具有唯一的地址编码,可利用计算机的串行接口与其通信。所有传感器均采用二进制连接方式,可全部挂接在同一个I/O接口上,能够与主机构成单总线结构,是传统的模拟量检测无法比拟的。它具有精度高、可靠性强、传输距离远、抗干扰能力强、操作简单等优点。可同时监测仓内粮温、气温、气湿并控制通风机的启动、停止运行。其测点数可达16000点以上。可适应北方高寒和南方高湿气候。

4) 仓容管理系统。完成作业的实时监控及管理,在计算机屏幕上可分别显示粮食的接收、发放、倒仓、称重、故障报警及报表,操作人员也可输入所需要的数据和信息。

5) 变电所、应急设备电源及照明系统。配电室内设有在线式不间断电源,照明系统分爆炸区和普通区两部分。工作塔内、筒仓底及下通廊内均采用防爆安全灯,筒仓顶部均采用防水防雾灯,配电室内采用日光灯。

6) 计算机网络系统。它是系统计算机与各数据采集点及操作设备之间的信息公路。它将各子系统连成一个计算机网络,使得主计算机能够综合处理各种数据并完成对各子系统的控制。同时还可以与国家粮食局等有关部门和相关信息网进行数据交换,以便及时了解和掌握粮食市场动态和有关政策法规最新情况。

3. 低温储粮有了新发展 我国低温储粮历史悠久。上面介绍过的隋朝的含嘉仓就是低温与密闭技术相结合的典型实例。辽代古松山州城遗迹,位于内蒙赤峰市松山区城子乡,被盜挖十多个深2~3m的坑,发现有粮仓遗迹,还可见碳化黑粒状的小米。这也是地下低温粮仓。

近代,我国无论是北方,还是南方,都十分重视自然低温储粮。北方地区多采用自然通风储粮、囤套囤、土圆仓低温冷冻、密闭粮仓、地下仓储粮等方法;南方地区多采用冬粮储藏和洞库储藏。这两者有时是结合使用的。在这些方法中主要的是地下储藏和低温密闭粮仓。

从50年代开始,粮仓采用机械通风冷却方法。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;南方地区的房式仓、土圆仓采用机械通风冷却稻米的方法得到应用。以后,大型筒仓也逐渐采用机械通风冷却粮食的方法。

(1) 空调低温储粮概况 空调低温储粮是近50年才发展起来的储粮新技术。

国外空调低温储粮发展最早、最快的是日本。日本是粮食进口大国,粮食自给率42%,惟独大米能自给有余。所以日本十分重视大米的储藏。自从1951年建成第一座空调低温粮库以后,发展迅速,1976年已有1527座空调低温粮仓,储粮190万t,占全国总仓容15%,2000年已发展到储粮600万t,占总仓容48%,基本实现大米储藏低温化。

我国空调低温储粮发展较晚。1974年上海首次采用空调式低温储粮技术,建成粮食低温库。将库温保持在15℃以下,使几万t大米顺利渡过炎热的夏季,并且取得了保持大米的品质不变的好效果。随后,京津穗等大城市也开始建设空调低温粮库,但是粮食空调机都是进口的。

1998年国家新增2500万t库容的储备粮库建设计划下达后,推动了我国粮库实现现代化的步伐。作为一个储粮大国,要建设现代化粮仓,采用国际上先进的空调低温储粮技术势在必行。1999年1月烟台冷轮集团研制成功GL型谷物冷却机(粮食空调机),产品性能优于国外同类产品。其中,单位功率送风量指标较国外产品高出30%~50%,达到国际先进水平。国家粮食储备局科学研究院也研制成功东孚牌谷物制冷机并投放市场。国外产品独霸国内市场的局面被打破,国外产品的报价也大为降低。这说明我国空调低温储粮设备国产化已取得突破性进展,该技术将会广泛应用于国储库、地方粮库。1999年11月12日国家粮食储备局颁布《谷物冷却机低温储粮技术规程(试行)》,使得该技术已经走上规范化发展的道路。

(2) 空调低温储粮的原理 空调低温储粮,是人为造成一个空气调节环境,在一定程度密闭的粮仓内,用制冷机向仓内通冷风,进行空气温湿度调节,做到控温散湿或恒温恒湿。

空调低温粮仓与外界隔绝,用制冷机向仓内通冷风,将粮堆的主动对流变为被动对流,有利于粮堆各处温度均衡,有利于避免缺氧呼吸,有利于粮食散热散湿,可避免采用倒仓的办法散热散湿而造成的粮食破碎损失及经济损失。

温度15℃、相对湿度65%~75%、粮食含水率14.5%是空调低温储粮所需控制的三要素的最佳指标。在这一条件下,一般害虫不能发育繁殖,绝大多数的微生物(如霉菌)也不能生长,粮食自身呼吸强度比常温小得多,粮食的营养物质分解损失显著减少。

(3) 空调低温粮仓设计要点

1) 房式仓容量不宜太大,面积一般选500~1000m²(日本每间330~660m²)。低温仓几间连在一起,投资省、设备利用率高。

2) 墙和房顶传热系数 $K > 0.5815 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。墙厚300mm,墙外面用砖砌一夹墙,放入15cm厚膨胀珍珠岩,或在砖墙上粉刷膨胀珍珠岩10~12cm厚,干燥后呈空壳状,叫空壳墙,墙的西面和南面日晒时间多,应加厚至12~14cm。上述夹墙和空壳墙方案,均可达到传热系数标准要求。

房顶隔热采用双层结构,上层用钢筋混凝土,下层是0.8mm钢板(或用石棉瓦)。钢板上铺75mm厚苯乙烯泡沫塑料或150mm厚石棉粉,两层之间空隙有500mm,隔热效果好,可达标。

3) 屋顶尽量减少阳光照射(受热)面积。采用带斜度的平顶或圆弧形顶比人字形顶的受热面积小。

4) 门应在满足粮食进出仓需要的情况下,尽量减小面积。可选门高3.5m、宽3m、厚75mm,并采用气帘装置,即仓门开时,门上有冷风吹下,形成风帘,防止外界空气侵入。

5) 设备动力按 $22 \sim 33 \text{ W}/\text{m}^2$ (仓梁6~8m高)选取。组合式空调适宜放在仓内,制冷机放

在仓外；窗式空调机则适宜放在夹墙中；吊顶式空调，悬挂在仓顶部。

6) 风道对冷风量分布有重要作用。对二联以上仓房，风道布置尤为重要，布置得法，可以节省回风管。

7) 为保持仓内空气相对湿度在 65%~75%，装备有加湿器和除湿器。当相对湿度低于 65%，加湿器自动喷雾，混于冷风中；超过 75%即自动停喷，除湿器启动，开始除湿。

8) 金属筒仓隔热采用双层钢板仓壁和仓顶，外层用镀铝波纹板以反射辐射热能，夹层衬垫泡沫塑料隔热。

(4) 空调低温储粮的效益

1) 空调低温仓的每 t 容量基建投资约为冷库的 1/4，其设备投资费为冷库的 1/5。以上海三联空调低温粮库为例，面积 3000m²、库容 6750t，基建投资 28.5 万元、冷风设备投资 14 万元，平均每 t 库容基建费 42.2 元、设备费 20 元，其费用只是 0℃冷库（每 t 库容基建费 230 元，设备费 100 元）的 1/5。

2) 空调低温储粮代替自然通风、倒仓、药物熏蒸等传统的储粮方法，不仅能有效减少粮食倒仓损耗、粮食品质好，粮食保持期也可比常温储藏延长一倍以上。

3) 空调低温储粮运行费略高于常温储藏费用。如果冬季低温入仓，则运行费会很低。

4. 农户储粮用粮仓新产品 由于我国农户储粮占粮食总产量的 65%，而民间储粮条件简陋，大多采用缸、房、麻袋、草袋、囤等容器，粮食霉烂、鼠害、虫害等损失高于 5%，相当于损失粮食 1500 万 t 左右。为农村提供价廉物美的防霉烂、防鼠害、防虫害的粮仓，是市场需求的新热点。不少企业纷纷推出新产品，例如塑料粮仓、组合粮仓、玻璃钢粮仓等。

塑料粮仓，1993 年河北定州市某集团推出。可以做到上不漏、下不潮、能密闭、能防鼠、能灭虫，使用寿命 20 年。有 1t、1.5t、2t、2.5t 容量等四种规格。该集团具有两条生产线，年生产能力 30 万套，年产值 1500 万元。已销售 50 万套，销往 13 个省的 690 个县市。

SHZ 组合粮仓，外观呈圆柱形，圆柱表面有彩色图案，可现场组装，不用时可圆柱面拆下、卷起存放。可防鼠、防潮。储 1t 粮的组合粮仓零售价 150 元。

玻璃钢粮仓，由湖北襄樊市某应用技术研究所与国家小麦工程技术研究中心第一仓储设备厂联合研制。可防鼠、防潮、防虫、防霉变，使用寿命 20 年。具有无毒、无味、体积小、重量轻、可扩展、使用方便等优点。每套 180 元。

二、我国清选机发展概况

清选机包括粮食清选机和种子清选、分级机。

1955 年，沈阳农具厂研制成功 XG3.0 粮食清选机，1955~1959 年生产了 362 台。以后由于产品质量不过关、清选效果不佳而停产。

1976 年，农业部投资的石家庄种子机械厂挂牌，这是我国第一家种子加工机械专业生产厂。该厂生产的 5X-0.7 小型种子清选机于 1977 年通过鉴定。近十年来该厂先后开发新产品 20 多项。发展形成 10 大类 40 个品种规格的绿炬牌种子加工机械系列产品。累计生产各种单机、小配套和成套设备三个档次 2 万标准台。其中有风筛清选机 5X-0.7、5XS/Q-1、5XS/Q-4，由风筛清选机组成的种子清选车 5ZC-2A、5ZC-2B、5XC-5，重力清选机 5XZ-1.0、5XZ-1.0B、5XZ-3/5、5XJ-5，由重力清选机组成的种子清选车 5XJC-3A、5XJ-3、5XJC-5，圆筒分级机 5XY-3、5XF-5，种子加工机组 ZPG-2、粮食种子加工成套设备 ZTG-1/3/5 等。

1977 年，黑龙江省八五二清选机厂成立，后改名黑龙江省白桦清选机厂。也是我国种子

加工和粮食设备的重点生产厂。该厂研制的 5XFZ-15 型清选机, 1985 年获国家科技进步三等奖, 至今已生产约 8000 台。1993 年取得边贸、国贸进出口自营权。目前该厂粮食清选机产品有 5XFZ-5/15/50、5XF-50、5XC-60, 种子加工机械有风筛清选机 5X-4/7、重力清选机 5XZ-3/5、窝眼筒清选机 5XW-3 和 5DW-6、螺旋清选机 5XL-3、重力去石机 5XZQ-3/5、除芒机 5C-2、五合一种子清选机(组合风、筛、圆筒、窝眼清选) 5XF-1.5、粮食种子加工成套设备 5XZJ-3 和 5XD-3/5/10 等。

1978 年, 上海向明机械厂成立。这是我国历史比较悠久的生产种子加工机械的专业厂家。1985 年该厂研制的 5XZ 系列重力式种子精选机, 获国家科技进步三等奖, 至今已生产 4500 台。5XZ-2 重力式清选机是新一代产品, 有少量出口。该厂累计生产各类单机 7000 多台、种子加工成套设备 71 套。其中有风筛清选机 5XF-1/3、重力清选机 5XZ-0.5/2/2.5、窝眼筒清选机 5XW-1/3/5、圆筒筛清选机 5XY-3.0、种子包衣机 5BY-LG、粮食与蔬菜及牧草种子加工成套设备 5XT-1.0/3.0 等。1996 年实施的世界银行贷款中国种子商业项目, 该厂是我国种子加工机械行业唯一被列入的企业。总投资 5000 万元的技术改造项目已经实施, 将建成我国最大的种子加工机械生产基地和配套服务中心。

1980 年甘肃酒泉种子机械厂投产了风筛清选机 5XF-1.3, 1985 年获国家优质产品银奖, 有少量出口, 至今已生产 5300 台。该厂目前已有 39 种、42 个规格系列产品。其中有风筛清选机 5X-0.7、5XF-1.3、5TX-1.5C、5X-2.0/3.0、5XS-3.0/5.0, 重力清选机 5XZ-2.0/3.0/5.0, 窝眼筒清选机 5W-1.3/2.0/3.0/5.0, 4ZJB-403, 一筒/二筒/三筒、圆筒筛分级机 5X-5.0, 复式清选机 5XF-1.3A/B, 重力去石机 5XQS-300, 种子包衣机 2BY-2.0/4.0/5.0, 粮食与蔬菜、牧草种子加工成套设备 9CJT-300、5XT-1.0/2.0/3.0/5.0 等。

目前全国清选机生产厂 20 多家, 成效比较突出的是上述 4 家。累计生产粮食清选机 15000 台, 种子清选、分级机约 20000 余台。

从事清选机科研、开发工作卓有成效的科研单位有中国农业机械化科学研究院、黑龙江省农垦科学院、黑龙江省农副产品加工机械化研究所等。

三、我国粮食干燥机发展概况

(一) 改革开放以前我国粮食干燥机发展概况

1950 年常州万盛铁工厂仿制日本金刚型干燥机。上海中国柴油公司仿制美国赫斯鱼鳞板结构干燥机, 由于结构复杂、烘粮质量差, 未能推广。

1954 年我国购买一批苏联库兹巴斯型干燥机。

1955 年吉林农机厂仿制该型干燥机, 由于该机生产率低、烘粮质量差, 未能推广。

1958 年该厂又仿制了苏联威斯霍姆干燥机。

1959 年我国在消化吸收苏联干燥机技术基础上, 自行研制第一台砖结构双塔式干燥机, 建在北京东郊粮库, 通过粮食部鉴定。定名为 59 型双塔式干燥机。20 世纪 60 年代初期, 推广该机 400 台, 主要建在东北三省、东南沿海各省。由于该机不能干燥稻谷, 大部分都已淘汰。

1962 年广东省农机所仿制了适用于南方干燥稻谷的竖井式干燥机。

1964 年广东省农机所仿制敞开式干燥机。这些仿制国外的产品, 结构复杂、耗用钢材多、不适合当时农村购买力和使用条件, 推广不了。农村还是靠晒场、靠阳光人工晾晒粮食。

同年, 农垦部组织全国 11 家科研单位和大专院校的有关专家, 组成联合考察设计组。以

商业部郑州粮科所为主设计单位，在黑龙江省友谊农场总场设计建造了砖塔式干燥站，日干燥处理能力为 240t；以东北农学院为主设计了友谊农场五分场砖塔干燥站，日干燥处理能力为 120t，1965 年建成投产并通过部级鉴定。这两个砖塔式干燥站的特点是：混流式、外壳为砖结构、内设五角盒，保温性好、热效率较高，可一次降水 10%，干燥站流程采用集中控制，机械化程度高、工艺较完善，在当时具有国内先进水平。烘干过小麦、玉米、稻谷、大豆。缺点是由于采用无烟煤直接加热炉为干燥热源，烟气对粮食有污染。另外，选择建设地点与粮油加工厂接近，但与生产队距离较远，麦收期间正值雨季，砂石路面条件差，不宜重载长途运输，因而这些干燥站工作负荷不满，年干燥量在 5000t 左右。这类干燥站生产 10 多年，一直用到粮食处理中心问世才退役。这是一次全国性跨系统大协作，对粮食干燥行业来说是一次洋为中用、切磋技艺、锻炼队伍、培养人才的实战演习，参加这次工程的科技人员后来都成长为各系统干燥学科的带头人和中坚力量。这项工程完成从仿制到自行设计的过渡，对粮食干燥行业来说，具有里程碑意义。

1965~1968 年，我国自行研制不少新型干燥机，如流化槽式干燥机、辽宁快速干燥机、吉林汽力式干燥机、江苏滚筒式干燥机、广东固定床式干燥机。有一些厂家开始生产干燥机及其配套设备，如郑州粮机厂生产的大型滚筒干燥机及其配套设备，无锡粮机厂生产的流化斜槽式干燥机及配套设备。

（二）改革开放以来我国粮食干燥机发展概况

改革开放以来，由于引进不少国外先进的干燥技术和设备，进行消化吸收研制，使我国粮食干燥学科和企业产品得到飞跃发展，跨入新的发展阶段。表现如下：

1. 黑龙江垦区率先建设产地粮食处理中心，并实现全垦区粮食处理工厂化。“产地粮食处理中心”实际上是建在粮食产地的一座粮食处理工厂，将检斤、卸粮、输送、清粮、干燥、仓储、出仓等作业实现了机械化连续作业，同时采用了电脑集中控制，自动测量粮食温、湿度等高新储粮技术。可以说它是我国农业生产在粮食产后处理上的一场技术革命。

垦区的产后粮食处理，在 1965 年以前全都采用水泥晒场，利用阳光自然凉晒，利用扬场机等晒场机械清粮和简易粮囤储粮，没有烘干设备。垦区年降雨量 450~600mm，雨量集中在 7~9 月，平均 270~395mm，为年降雨量的 45%~55%。在此期间日降雨大于 1mm 的天数平均为 30 天，占总天数的 33%。民间素有北大荒麦收是“龙口夺粮”的说法。上述这种产后处理方式，受天气影响极大，如遇到连续降雨，粮食霉烂损失严重；受晒场面积的限制，处理粮食能力低，制约着收获机械效率的发挥，延长麦收期，又增加收获损失和霉烂损失。根据这种情况，垦区开始寻求采用现代技术来改造传统的产后处理方式的途径。1965 年友谊农场总场和五分场干燥站研制成功，为垦区粮食产地处理探索出一条新路。实践证明，虽然当时的技术水平不够先进，但是选择粮食产地处理工厂化的方向是正确的。

1978 年友谊农场五分场二队引进全套美式农机具后，1979 年为了配套又引进美国贝立克 (BLRICO)-930 干燥机（带油炉）一台，并自行配套清选机、带式输送机、房式储仓等，组成粮食处理作业站：

1981 年，洪河农场引进与两万公顷农田配套的全套粮食仓储设备，由美国贝立克公司提供，美方负责流程设计。两台贝立克-940 干燥机及配套仓储设备，日处理能力为 1000t。总投资折合人民币 500 万元。以后由于农场面积扩大，于 1988 年又增加贝立克-1240 干燥机一台。随后又有二道河农场、鸭绿河农场引进主要粮食仓储设备各 33 台套、国内配套各 33 台套，由

加拿大西蒙德公司主设计,中方承担部分设计。其中每个粮食处理中心引进贝立克-1240 干燥机两台。该机性能较先进。生产率 40t/h、每 kg 水热耗 4380kJ。该机装有先进的出塔粮食水分自动控制装置,使粮食水分控制在要求之内。

1984 年黑龙江省农垦科学院主持国家计委下达的“国家重点工业性实验项目——八五〇农场粮食处理中心”的设计。该项目采用的设备全部由垦区生产制造,日处理能力 1000t,总投资 285 万元(比相同处理能力的洪河农场粮食处理中心节约投资 215 万元)。1987 年通过鉴定。该项目中 5HT-15 干燥机、间接加热燃煤热风炉、50t 复式清选机等子课题,也分别通过部级鉴定。至此,垦区已突破了全部粮食处理中心所需设备国产化的难关。在此基础上,黑龙江省农垦总局组织了以黑龙江农垦科学院为龙头、白桦清选机厂等垦区 11 家机械工业企业参加的“东方农业技术设备联合体”,实行定点设计,分工生产、安装、建设粮食处理中心。1986~2000 年共建粮食处理中心 184 座,种子加工厂 59 座。粮食仓储能力 210 万 t,日处理能力 7 万 t,占垦区麦收日进粮的 80%以上,垦区已实现了粮食处理工厂化。

1991~1998 年,黑龙江垦区 50 亿 kg 商品粮基地建设项目列入国家计委重点建设项目。总投资 68.5 亿元,其中固定资产投资 58.75 亿元。项目计划上缴商品粮 50 亿 kg,而在达产期的 2000 年出现大旱,仍上缴 81.4 亿 kg。项目计划垦区水稻种植面积为 33.3 万公顷,实际达到 68 万公顷;1999 年玉米种植面积增加到 18.6 万公顷。这样,稻谷和高水分玉米的数量剧增,干燥任务十分艰巨。为此,研制并投放一批水稻专用干燥机,增设缓苏仓,按照水稻、玉米干燥工艺,配套改造大部分农场的粮食处理中心,以适应水稻、玉米干燥的需要。

2. 计算机在粮食干燥机上的应用得到发展 计算机在干燥机上的应用,包括计算机模拟分析、计算机辅助设计和自动控制等三方面。

(1) 计算机模拟分析 计算机模拟分析是利用有关粮食干燥的数学模型和数据来描述干燥系统,并预测该系统的性能和参数对性能的影响。可以用于研究干燥机理,并掌握热质交换规律;可预测干燥机和干燥系统的性能,如干燥效率、干燥时间、粮食水分和粮食温度的分布规律、热空气的温度和相对湿度等,可研制新型干燥机和优化现有干燥机的设计,以及探讨新的干燥工艺和优化现有的各种干燥工艺。它的用途正在扩展,如已应用于教育、推广、管理等方面。应用于计算机辅助设计中的模拟分析只是它的一部分。它所用的数学模型分为试验模型和理论模型两种。

1) 试验模型,是通过试验台试验测定变量数据,进行回归分析,得出目标函数的回归方程。可以采用试验模型进行模拟分析。曹崇文教授采用试验模型对水平圆运动振动流化干燥机理进行研究、并设计了内外螺旋式振动干燥机。

2) 理论模型,是通过已有理论进行分析。理论性谷物干燥数学模型分薄层干燥模型和深床干燥模型两种。深床干燥模型又分平衡模型、偏微分模型和对数模型三种。

平衡模型假设在一定时间间隔内,各层粮食水分与一定温度和湿度的空气处于平衡状态。这种假定比较接近于低温通风仓的工作过程,所以该分析适用于低温干燥的条件。北京农业大学采用平衡模型开发了谷物干燥综合模拟软件,可以对玉米、小麦、水稻、高粱和大豆 5 种粮食和对固定床干燥机、换向通风干燥机、横流和顺流干燥机 4 种机型进行模拟。该软件已推广到全国 10 多个科研院所,在干燥机设计和分析方面发挥了重要作用,得到很高评价。

偏微分模型假设粮食(玉米)干燥主要发生在降速干燥阶段,粮食籽粒内部存在水分梯