



GAODENG XUEXIAO LIANGSHI GONGCHENG ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校粮食工程专业教材 •

食品加工机械与设备

FOOD PROCESSING MACHINERY AND EQUIPMENT

张国治 编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品加工机械与设备/张国治编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2011. 9

高等学校粮食工程专业教材

ISBN 978-7-5019-8405-3

I. ①食… II. ①张… III. ①食品加工设备-高等学校-教材 IV. ①TS203

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 169150 号

责任编辑: 马妍 张靓 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 宋振全 责任校对: 晋洁 责任监印: 张可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经销: 各地新华书店

版次: 2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 19.75

字数: 435 千字

书号: ISBN 978-7-5019-8405-3 定价: 38.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

101228J1X101ZBW

前 言

食品加工机械与设备是实现食品工业化生产必要的技术装备,食品机械行业现已成为我国相对独立的一个工业体系,它对我国食品工业的可持续发展有着极其重要的影响。长期以来,食品加工一直是以手工操作为主。这种琐碎而又繁重的重复性体力劳动,难以实现大规模生产,工作环境较差,工人劳动强度大,生产率低,而且产品质量的稳定性较差。使用食品加工机械能够大幅度简化工人繁琐的工艺操作,同时还可以实现某些手工所不能给予的特殊加工效果。食品加工机械有效而稳定的长期工作,既能保证食品质量,减少对原材料的浪费,又能增加产量,提高劳动生产率,降低食品成本。而由食品加工机械组成的连续化、自动化的大型生产线,又为食品加工社会化创造了有利条件。应用食品加工机械,减少了人身与食品物料的直接接触和病菌传播机会,还可有效地防止污染食品,促进食品卫生法的贯彻实施。

食品工业的水平反映出国家工业化程度的高低。目前在许多工业发达国家里,食品工业已成为独立的工业体系,对食品原料的深度加工及综合利用,方便食品的加工,酶工程和食物技术的应用等都促进了食品加工机械向着更先进的专业化方向发展。因而可以说,食品加工机械的发展水平是国家工业现代化的标志之一。

食品加工机械与设备是全国高等学校食品科学与工程专业的的主要专业课程之一。其任务是使学生了解掌握食品工业常用机械与设备的类型、原理、结构、特点、操作及其对典型设备的工艺设计与选型等方面的知识。它是一门为学生在食品工艺学与食品工厂设计课程之间建立紧密联系的桥梁性课程。本课程是一门理论性与实践性紧密结合的课程,其特点是在掌握理论知识的基础上,需密切联系实际,以培养学生运用理论知识分析和解决食品工业化生产工程中的实际机械问题的能力。

本教材《食品加工机械与设备》以现有多种食品机械与设备方面的教材及国内外相关文献资料为基础,全书共分8章,介绍了有关供排料、搅拌、微粒化、浓缩、干燥、杀菌、冷冻、辊压和叠层、成型、焙烤等方面的机械设备。本书除作为高校食品类专业的教材外,还可供食品行业工程技术人员及相关从业人员阅读、使用。

本书由河南工业大学张国治教授编著。在编写中,河南工业大学的领导和老师们给予了很大的支持和帮助,中国轻工业出版社的编辑提出了中肯的修改意见,并付出了辛勤的劳动,在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平和经验,书中难免会存在不妥甚至错误之处,恳请读者包容并给予批评指正。

再次感谢每一位朋友。

编者

2011年3月于河南工业大学

目 录

绪论	1
一、食品机械分类与特点	1
二、中国食品机械发展的现状与趋势	3
三、选择食品机械设备的基本要求和原则	7
四、本课程的内容和任务	8
第一章 供排料机械	9
第一节 固体物料输送机械	9
一、带式输送机	9
二、螺旋输送机	13
三、斗式提升机	15
第二节 气力输送	19
一、气力输送装置的特点及应用	20
二、悬浮气力输送	21
三、悬浮气力输送装置的主要部件	23
四、推动输送及空气输送槽	29
第三节 流体输送设备	32
一、流送槽	32
二、真空吸料装置	32
三、泵	33
第二章 搅拌机械与微粒化设备	37
第一节 搅拌概述	37
一、搅拌操作	37
二、搅拌物料的种类及搅拌特性	37
三、搅拌机械结构和混合机理	38
四、搅拌机械分类	40
第二节 搅拌机	40
一、搅拌机的结构	40
二、搅拌装置的几何特性	46
第三节 调和机	47
一、调制面团种类及面团调制过程	47
二、调粉机（和面机）	48
三、打蛋机	53
四、真空和面机	56
第四节 干料混合机	57
一、混合机理	58
二、旋转容器式混合机	59

三、固定容器式混合机	61
第五节 食品微粒化机械	64
一、均质原理及均质机分类	64
二、高压均质机	65
三、胶体磨	67
四、离心均质机	69
五、超声波均质机	70
六、喷射式均质机	70
第三章 浓缩与干燥设备	72
第一节 浓缩设备	72
一、浓缩设备的分类	72
二、单效浓缩设备	74
三、升膜式、降膜式真空浓缩设备	76
四、离心式真空浓缩设备	81
五、刮板薄膜式真空浓缩装置	83
六、板（片）式真空浓缩装置	84
七、真空浓缩辅助设备	86
第二节 干燥设备	91
一、概述	91
二、喷雾干燥机	92
三、箱式干燥机	104
四、带式干燥机	106
五、流化床干燥设备	109
六、滚筒干燥设备	119
七、微波干燥器	123
八、冷冻升华干燥设备	131
九、气流干燥设备	140
第四章 杀菌与自动清洗装置	143
第一节 杀菌设备	143
一、直接加热杀菌设备	144
二、管式杀菌设备	147
三、板（片）式、螺旋板式和刮板式杀菌器	150
四、储槽式杀菌器	159
五、高压杀菌设备	160
六、微波杀菌装置	166
七、食品超高压杀菌装置	169
八、欧姆杀菌装置	174
第二节 CIP 清洗系统	176
一、CIP 的定义和特点	176
二、CIP 的结构	178
三、洗涤过程与要求	181

第五章 冷冻设备	183
第一节 空气冻结设备	183
一、隧道式连续速冻机.....	183
二、螺旋式速冻机.....	186
三、升降式速冻设备.....	188
四、带式冻结机.....	190
五、流态化速冻装置.....	190
第二节 间接接触式冻结设备	192
一、平板式速冻机.....	192
二、回转式速冻机.....	194
第三节 直接接触式冻结设备	194
一、液氮速冻装置.....	194
二、液体 CO ₂ 速冻设备.....	198
三、其他冻结设备.....	199
第六章 辊压机械和叠层机械	202
第一节 辊压原理	202
一、辊压操作.....	202
二、理想辊压过程.....	203
三、面带辊压变形参数的确定.....	204
四、辊压过程的运动计算.....	206
五、辊压导入条件与压辊直径的确定.....	206
第二节 辊压机械	207
一、辊压机械的类型.....	207
二、卧式辊压机.....	207
三、立式辊压机.....	208
第三节 辊压夹酥机、叠层机	209
一、辊压夹酥机.....	209
二、叠层机.....	211
第七章 成型机械	214
第一节 冲印、辊印和辊切成型机械	214
一、冲印成型机械.....	214
二、辊印成型机械.....	219
三、辊切成型机械.....	221
第二节 夹心饼干、威化饼干和杏元饼干成型机	222
一、夹心饼干机.....	222
二、威化饼干生产设备.....	222
三、杏元饼干成型机.....	223
第三节 面包成型设备	225
一、切块机.....	225
二、搓圆机.....	227
三、整理和醒发设备.....	231
第四节 糕点类成型机械	234

一、包馅机	234
二、糕点成型机	239
第五节 饮食类成型及加工机械	242
一、馄饨成型机	242
二、馒头成型机	244
三、饺子成型机	247
第八章 焙烤设备	253
第一节 烤炉的分类和结构	253
一、烤炉的分类	253
二、烤炉的结构及特性	253
第二节 红外线焙烤机理	258
一、红外线加热原理	258
二、远红外线烘烤的基本原理	263
第三节 烤炉的炉体结构设计	267
一、炉体结构形式	267
二、炉体的保温密封结构	269
三、烤炉炉门调节装置	270
四、炉体尺寸确定	270
五、炉体的保温	272
六、烤炉内的反射装置	275
七、烤炉的传动装置	277
八、烤炉的张紧装置	278
九、烤炉温度调节	280
十、烤炉的通风排潮系统	282
十一、隧道式烤炉的调偏机构	283
第四节 烤炉的加热系统	286
一、烤炉中的加热元件	286
二、电烤炉加热系统	298
三、煤气烤炉加热系统	302
参考文献	307

绪 论

食品是人类生存与发展必不可少的物质基础。食品工业就是把一切可食用资源加工、制造成食品的产业，是人类的生命产业。食品工业的现代化水平已成为反映人民生活质量高低及国家经济发达与否的重要标志。我国食品工业已经成为国民经济的重要产业，在国民经济与社会发展中具有举足轻重的地位和作用。食品加工机械与设备是食品工业化生产过程中的重要保障。现有食品加工业的规模化与自动化发展、传统食品的工业化、食品新资源的利用、新工艺、新产品的产业化等，都离不开加工机械与设备的支持。同时，食品加工机械与设备对食品加工过程中产品的质量保障、生产效率的提高、能量消耗的降低等起着举足轻重的作用。

一、食品机械分类与特点

食品工业涉及的原料、产品种类繁多、加工工艺各异，从而涉及的加工机械的种类繁多。虽然种类繁多，但食品机械具有自身的特点。了解食品机械与设备的分类及其特点，将有助于正确选择和使用食品机械与设备。

（一）食品机械的分类

食品机械的加工对象繁杂，原料来源广泛，功能门类多、品种杂，到目前为止，尚无严格的食品机械分类方法。国家标准体系中涉及食品机械的分类方法主要有以下几种。

1. 全国主要产品分类与代码（GB/T 7635.1—2002）

在本标准“粮油等食品、饮料和烟草加工机械及其零件；制药机械设备”部分中，按照产业源、产品性质及功能等基本属性将食品机械划分为：碾米机械设备、制油专用设备、粮油食品机械、果汁加工机械、冷冻饮品加工机械、固体饮品加工机械、矿泉水加工机械、乳品加工机械、茶叶加工机械、酿酒机械、农产品干燥器、肉类加工机械、饼干加工机械、糕点加工机械、水产品加工机械、果品加工机械、糖果加工机械、罐头食品加工机械、食品包装专用机械、制糖机械、制盐机械、其他食品加工机械等。

2. 按照食品机械的功能、加工对象来划分（JB 3750—1984）

依据机械行业《产品种类划分》标准，共有 28 个小类机器。包括：制糖机械、饮料加工机械、糕点加工机械、蛋品加工机械、蔬菜加工机械、果品加工机械、乳品加工机械、糖果加工机械、水产品加工机械、油脂深度加工机械、调味品加工机械、方便食品加工机械、豆制品加工机械、屠宰和肉食品加工机械、酿酒机械、果蔬果鲜机械、烟草机械、罐头食品加工机械、食品粉碎设备、食品混合与搅拌机械、食品浓缩设备、均质机械、杀菌机械、干燥机械、洗刷机械、分选机械、热交换器、不锈钢食品槽罐。

3. 按照国家商业行业标准（SB/T 10084—2009）分类

《食品机械型号编制方法》对食品机械的分类、代号、型号等做出了明确的规定。按工作对象将食品机械分为：饮食加工机械、小型食品加工机械、糕点加工机械、乳制品加工机械、糖果加工机械、豆制品加工机械、冷冻饮品加工机械、屠宰加工机械、酿造加工

机械和其他食品加工机械 10 个大类，见表 0-1。

表 0-1 食品机械的类别代号

序号	名称类别	类别代号	内 容
1	饮食加工机械	YS	米、面、副食(肉、鱼、禽、蛋、菜)、乳制品加工机械的洗涤、消毒、烘烤机具
2	小型食品加工机械	XS	干、鲜果品加工机械及膨化和以米、面为原料的糖、油制品加工机械和包装机械等
3	糕点加工机械	GD	糕点(饼干)成型加工机械及包馅、油炸、蒸制等加工机械和包装机械
4	乳制品加工机械	RZ	乳品、乳制品加工机械
5	糖果加工机械	TG	糖果制品成型加工机械和设备及熬糖、包糖等机械
6	豆制品加工机械	DZ	豆类、淀粉类加工机械及其除杂、清洗、破碎等机械
7	冷冻饮品加工机械	LY	小型汽水饮料加工设备及冷冻食品等加工机械
8	肉类蛋品加工机械	TZ	畜禽屠宰及分割、副产品的处理、综合利用,肉类制品等加工和包装机械
9	酿造加工机械	NZ	酱加工、醋加工、灌装、灭菌等设备及酱菜、腐乳、调味品加工机械等
10	其他食品加工机械	QS	

(二) 食品机械特点与设计原则

搞好食品机械的选型与设计，首先必须掌握食品机械的特点；其次，根据食品机械的特点，了解其设计原则。

1. 食品机械的特点

(1) 食品机械门类多、品种杂、生产批量小、单机设备多。食品机械设备具有一定程度的通用性，即可用来加工不同的物料。此外，还具有调节容易、调整模具方便和一机多用的特点。

(2) 卫生要求高。我国早已颁布了《食品机械安全卫生》国家标准（GB 16798—1997），用于约束和引导企业生产卫生的食品机械。为了保证食品卫生安全，食品加工设备中直接与物料接触的部分，均采用无毒、耐腐蚀材料制造；生产工艺尽可能采用连续、密闭的工序，使食物在加工过程中尽量少地与人手接触，并且为了方便清洗和消毒，与食品接触的表面均需要进行抛光处理。此外，传动系统与工作区域有严格密封措施，以防润滑油泄漏进入所加工的物料中污染食品。

(3) 食品机械是一门十分复杂的学科，与食品加工工艺密切相关，不掌握食品工艺而“闭门造车”，是研制不出好用的产品的。食品机械生产中所涉及的知识面十分广泛，既包括一般机械的内容，又涉及食品工程、食品化学、食品流变学、食品卫生及艺术造型等。

(4) 清洗与拆装方便是衡量食品机械优劣的重要指标之一，现代化的食品生产线采用“在线清洗装置”（CIP），可在每班完工后实现停机，不拆机的分段在线清洗。

(5) 食品机械自动化程度高低不一，并带有区域性特色，且具有使用的季节性。目前，食品加工机械设备单机自动化程度总体上并不很高，但也有一些自动化程度较高的设备。同时，我国幅员辽阔，人口众多，人们对食品的喜爱和民族习惯不同，地方风味与特色产品很多，反映出加工设备的区域性特征；另外，许多产品生产期随季节而异，又使食品机械表现出使用的季节性特点。

2. 食品机械的设计原则

(1) 食品机械的适应性强、品种要求多。

- (2) 要求经久耐用、效率高、外形美观,重量轻,小巧灵活便于移动。
- (3) 与水、酸碱和食品原料接触的零部件应具有防锈蚀和防腐的性能,电机和电气控制元件应具有良好的防潮性能。
- (4) 零部件应容易拆装,便于清洗,并有良好的密封性。
- (5) 尽量做到一机多用和标准化、通用系列化设计。
- (6) 安全可靠、管理方便、操作简便、成本尽量低廉。

二、中国食品机械发展的现状与趋势

(一) 中国食品机械发展的现状

我国食品机械工业的发展始于 20 世纪 70 年代,形成于 80 年代,80 年代末和 90 年代初进入高速发展阶段,初步形成门类较全、品种基本配套的独立工业体系,对提高我国食品工业装备国产化率和整体发展水平起着重要的作用。尤其是“十五”期间,国家通过组织实施一批以食品加工为主的农产品深加工重大科技专项,研制出一批包括 48000 瓶/h 的啤酒灌装生产线、36000 瓶/h 不含气饮料塑料灌装生产线、20 万包/班的方便面生产线、4200 袋/h 的牛乳无菌包装生产线、工业机器人、高速六色凹印机、双瓶吹瓶机、冷冻干燥设备等技术含量高的食品加工装备,缩短了我国食品加工装备与国际先进水平的差距,部分领域接近国际先进水平,个别领域达到国际领先水平。

但就我国食品工业的整体技术和装备水平而言,由于起步较晚、基础薄弱,仍然落后于发达国家约 15 年。食品加工装备制造产品稳定性、可靠性和安全性较低,能耗高,成套性差;整体研发能力不强,关键技术自主创新率低;一些关键领域对外技术依赖度高,不少高技术含量和高附加值产品主要依赖进口,部分重大产业核心技术与装备基本依赖进口,诸如多级浓缩干燥、超低温单体冷冻设备等一批共性关键重大技术与大型成套装备亟待突破;食品机械装备的自给率目前仅达到需求的 60%~70%,每年仍要进口相当数量的食品加工和包装机械。找出中国食品机械与国外先进水平的差距,发现食品机械行业当前存在的问题与不足,将有利于我们吸取国外先进的经验与技术,正确制订相关的对策,缩小与国外先进水平的差距。具体差距主要表现在以下几方面。

1. 产品质量

发达国家食品机械产品无论从内在质量还是外观质量都大大超过我国食品机械产品。我国食品机械产品在质量主要表现在产品性能差、关键零部件和易损件寿命短、稳定性和可靠性差;外观质量主要是造型不美观、表面粗糙。例如:我国生产的隧道式干燥机的热效率仅是国外同类产品的 50%,浓缩装置的能耗比国外先进水平高 2~5 倍,国外食品挤压机的耐磨损、抗腐蚀能力是国内同类产品的数倍。造成产品质量差的主要原因是采用的设计理论、设计手段、设计方法、制造技术和检测手段落后。此外,国内许多原材料、基础件质量不稳定,直接影响了产品的整体质量。

2. 产品技术水平

发达国家生产食品机械历史长,基础工业强,技术水平先进,具有代表性的国家为美国、德国、日本、瑞士、丹麦、意大利等。发达国家研制开发的食品机械是集机、电、光、声、磁、化、生、美等为一体的高技术、高智能产品。食品机械产品技术水平优势体现在产品高度自动化、生产高效率化、食品资源高利用化、产品高度节能化和高新技术实

用化。在食品机械中推广应用的高新技术有微电子技术、光电技术、真空技术、膜分离技术、挤压膨化技术、微波技术、超微粉碎技术、超临界萃取技术、超高压灭菌技术、低温杀菌技术、智能技术等。用高新技术装备的食品机械，提高了生产效率，降低了能源消耗，增加了得率，减少了废弃物，保持了食品营养成分和风味，提高了食品的品质。我国各种高效率的水果榨汁机、蒸发浓缩设备、液/固高效分离机以及高效低耗的各种食品烘焙机械等的研制开发一直进展缓慢。我国食品机械主要产品中，60%处于发达国家20世纪60~70年代的水平，20%处于20世纪70~80年代的水平，只有5%达到了20世纪80~90年代的水平。

3. 产品品种

目前，国外食品机械产品品种有近5000种，成套数量多，可基本满足当前食品工业的需要。国外大型食品机械公司一般同时生产多种食品机械，如瑞士的布勒公司最初是以生产面粉加工机械起家的，而目前已发展成为生产面粉机械、饲料机械、大米加工设备、油脂加工机械、面条机械、食品机械、巧克力生产设备、麦芽加工设备、咖啡加工设备等多种食品机械的综合食品机械生产公司。我国食品机械产品的品种及成套数量相对较少，要达到基本满足我国食品工业需求，还缺1000~1300种产品；新产品的开发还处于跟在发达国家之后进行消化吸收的阶段，特别是在产品的综合利用与环境保护等方面缺乏深入研究，高新技术产品欠缺，不少食品工业急需的食品机械产品不得不从国外进口。

4. 企业科研队伍建设与研发能力

发达国家食品机械企业科研开发费用占企业销售额的8%~10%，科研人员占企业总人数的比例也相当高，为30%~50%。如意大利哥尔菲特公司总部有250名员工，生产人员和科研人员各占一半，该公司还拥有一流的科研和试验中心，拥有用计算机网络接收和分析最新技术与信息的先进手段。而我国食品机械的研发能力十分薄弱，大部分企业基本上没有自己的科研力量，科研经费投入平均不到销售额的1%；缺乏试验研究条件，诸如电压、电流、温度、功率、压力、气耗及水耗等产品参数的检测，也基本上采用仪表检测，误差较大。科研院所和大专院校大部分科研的课题没能转化为生产力，尚未形成带动产、学、研紧密结合的技术进步力量与运行机制。

5. 企业生产技术与管理水平

发达国家食品机械企业拥有先进的机械制造设备和一流的企业管理方法，使得企业生产技术和管理水平处于领先地位。而我国食品机械企业装备的整体水平仍相当落后，零部件的精度、互换性得不到真正的保障。长期以来，企业的技术改造较多地关注扩大产品产量，而在提高生产技术水平方面进展缓慢。我国食品机械企业管理水平与发达国家的差距比生产技术水平差距还要大。

6. 市场信息与销售渠道

发达国家食品机械企业十分注重对信息的收集、分析和管理，从中得出较为可靠的市场预测。大型企业均有自己的市场预测专业队伍，大、中、小型企业积极加盟各类协会或集团，以获取更多的信息，并通过协会和集团向全世界宣传企业的产品。我国食品机械企业的信息闭塞得多，缺乏必要的信息系统，缺乏行业内部的信息沟通，缺乏与院校和研究所的联系，缺乏与食品生产企业的联系，缺乏对国内产品的了解。

(二) 食品机械技术发展的趋势

我国食品工业作为朝阳产业，有着巨大的发展潜力。食品工业的高速发展很大程度上依赖于食品机械的发展，同时也给食品机械工业的发展带来巨大的推动力。随着科学技术的发展和人类社会的进步，食品机械行业充满了技术发展的活力，并表现出以下主要趋势：

1. 生产高效率化

近三十年食品机械的发展中，食品机械本身并未发生十分明显的变化，最明显的变化是产生了机电一体化产品。这些产品不但生产效率高，而且工艺参数控制准确，产品质量好，还具有自动保护装置，遇到故障自动停机。如丹麦生产的圆盘式雪糕成型机，从灌料、配料、插签、冻结、升温脱模、拔签、出成品，全在一台机器上完成。日本生产的一种 ADW 型系列自动包装机能在瞬间（100ms 内）从 511 种质量组合中选定最近似目标值质量进行包装，而对质量不足的料斗通过计算机反馈，自动达到目标质量，效率提高了几倍。

2. 食品资源高利用化

(1) 提高资源的综合利用率 近年来，资源的综合利用已逐渐向全方位、深层次发展。如从油脚中提取磷脂，从萃取油脂后的豆粕中提取大豆蛋白、大豆活性炭及大豆纤维，用酶解法处理醋渣制取酱油，从浮油中提取维生素 E 等，取得了很大发展，并开发出相应的设备可供选择。

(2) 提高有效成分的提取率 例如，油脂工业中采用低温膨化浸出设备，可提高出油率 1.0%~1.5%；豆制品生产中采用干法加工技术，可使蛋白质的利用率达到 90%。

(3) 减少食物及营养成分的损失率 在食品加工特别是热加工过程中，往往造成食品营养成分的损失，品质劣变。现在采用不对食品直接加热，或加热时间短，或加热温度低等新技术，以求最大限度地减少损失，保持食品的“原样”。如日本开发的一种超高压杀菌设备，在 304~507MPa 压力下能杀死果汁和果酱中的细菌，营养成分损失很少，维生素不破坏，并保持了产品浓郁的香味。利用冻干技术加工的食品，其色、香、味和营养成分最大限度地得到保留，包装后可在常温下保存 5 年。美国一家高压研究公司研制开发的流体静压食品保鲜技术，可杀死食品中的大肠杆菌和沙门氏菌，并保持食品的原味和营养，大大延长质保期限。

3. 产品高度节能化

大力开发高效节能产品，特别是热处理产品，是当前食品机械发展的重点。美国 FMC 公司设计的七效蒸发器，每千克蒸汽可蒸发 5.7kg 水，蒸汽耗量比四效蒸发器降低了 42%，比一效蒸发器降低了 84%。日本二日株式会社开发的内藏式流化床三级喷雾干燥机，与一级、二级喷雾干燥机相比，可节能 30%，且占用空间小，具有造粒功能。罐头杀菌装置中用淋水式替代全水式，可节水 25%~30%，节能约 15%，且杀菌温度均匀，无冷点，提高了杀菌质量。油脂加工中利用负压蒸发、闭路循环节能技术，可降低能耗和加工成本。全脂粉状豆制品加工中采用高频电场脱腥、超微粉碎、流化床造粒等新技术代替湿法、半干法等传统加工法，可极大地节省能源、提高质量。

4. 高新技术实用化

在食品机械中推广应用微电子技术、光电技术、真空技术、膜分离技术、挤压膨化技

术、微波技术、超微粉碎技术、超临界萃取技术、超高压灭菌技术、低温杀菌技术、智能技术等高新技术，有着广阔的应用前景，有的已经实用化或取得相当的应用成果。采用高新技术装备的食品机械，提高了生产率，降低了能源消耗，增加了得率，减少了废弃物，保持了食品营养成分和风味，提高了食品品质。

5. 产品标准趋于国际化

近年来，世界各国的食品机械相关标准纷纷向国际标准（或欧洲）标准靠拢，采用国际标准或区域标准作为本国技术标准的主内容，实现国际食品机械技术标准的一致性和协调性，以促进国际食品机械技术交流和贸易往来的顺利发展。据统计，到 2005 年底，约有 100 多个国家已经等效采用国际标准或欧洲标准，使国际标准的趋同化成为世界食品机械发展的一大主流。尤其是 WTO 成员国，大都以国际标准作为制定本国食品机械技术标准的基础，以强化国际标准在协调各国食品机械技术标准方面的作用，巩固国际标准在食品机械中的全球化地位和经济一体化作用。食品机械国际标准越来越被世界各国所接受和采纳，并逐步成为全球性普遍采用的技术标准。

6. 产品设计方法不断改进

为了提高食品机械产品的性能和可靠性，降低成本和能耗，发达国家十分重视将现代的设计理念与方法引入食品机械中，以增强产品的竞争力。诸如优化设计（optimal design）、可靠性设计（reliability design）、协同设计（collaborative design）、反求设计（reverse design）、绿色设计（green design）、并行设计（concurrent design）、造型设计（model design）等现代产品设计方法必然代替传统的经验设计方法，在食品机械设计中得到推广与应用，已成发展趋势。我国更要适应这一发展要求，加强与提高食品机械的设计水平。

7. 技术创新成为技术跨越的重要手段

在经济全球化、科技发展日新月异的今天，国与国之间食品机械的技术竞争，实际上是技术创新能力方面的较量。世界各国食品机械的技术跨越，主要是技术创新在其跨越过程中发挥了重要作用，并成为技术跨越的重要手段，世界食品机械的发展历史已经充分证明了这一点。当今食品机械的技术创新能力，已经成为世界食品机械竞争力的决定性因素。一个国家或一个企业在技术创新上有多大的作为，就能够在食品机械的市场竞争中赢得多大的主动。通过技术创新，可由简单技术向复杂技术转变，由单项技术向集成技术转变，由传统技术向高新技术转变，最终以实现食品机械的技术跨越作为技术创新的出发点和归宿点。技术创新是食品机械发展的永恒主题。

（三）中国食品机械发展的方向

目前，我国食品机械的设计、制造、研究和使用的水平都较低。为了满足国民经济发展的需要，必需着重在引进新技术的基础上，研制和开发适合于我国实际的新机种，努力完成技术改造和老产品的更新换代以及有目的地进行一些基础理论方面的研究。未来食品机械研制和开发应重点解决下列几个问题：

（1）食品机械与设备标准化、系列化和通用化的研究和推广。

（2）新工艺、新结构和新材料的研究和应用。

（3）大众化食品、传统食品的现代化和快餐方便食品机械和生产线的研制，提高生产率，降低成本。

(4) 自动化控制技术在食品生产线和单机研制上的开发和应用。

(5) 提高食品机械与设备的卫生水平, 探讨现代的外观造型设计, 降低和消除噪声和有害物质的污染。

(6) 食品加工高新技术和生物技术的研究与应用。

(7) 为上述诸项课题服务的基础理论研究, 如食品机械工作载荷的确定、食品物料的物性研究、外观造型理论、食品机械微机控制的软件研究以及高效食品加工刀具等。

综上所述, 我国未来的食品机械与设备应该以满足人们对食品的实际要求为前提, 用现代科学技术武装起来的具有我国特色的新型食品设备和生产线。

三、选择食品机械设备的基本要求和原则

(一) 设备选型的基本要求

1. 符合国家有关产业政策和标准要求

优先选择和采用当前国家重点鼓励发展的食品机械设备, 重点选择和采用具有适度规模、科技含量高、经济效益好、资源消耗低、安全卫生、环境污染少、资源利用效率高的设备; 禁止选择和采用当前国家明令限制和淘汰的食品机械设备, 重点禁止选择和采用违反国家法律法规、生产方式落后、产品质量低劣、环境污染严重、原材料和能源消耗高、已有先进成熟技术替代、严重危及生产安全的设备; 尽量选择和采用具有先进标准的设备和定型产品, 首先选择达到国际标准、国外先进标准或等效国际标准的设备, 其次选择达到国家标准、行业标准和企业标准的设备。设备的设计、制造、安装、检验等技术条件, 最好能受到现有基础标准、方法标准和安全标准的约束, 以利于设备使用性能和产品质量的有效发挥。

2. 满足项目的工艺技术方案和产品方案要求

产品方案是指拟建食品加工项目的主导产品、辅助产品和副产品等, 主要包括产品品种、产量、规格、质量标准、技术含量要求等, 适应产品市场需求和竞争形势的变化。

(1) 满足生产规模要求 生产规模是指拟建食品加工项目设定的正常生产运营年份可能达到的生产能力或服务能力, 主要考虑对项目生产规模的适应性、匹配性, 既要满足不同加工物料的性能要求, 又要满足生产能力配套的合理性。

(2) 满足生产工艺参数要求 生产工艺参数是指食品加工过程中应控制的各种技术参数, 如压力、温度、湿度、真空度、提取率或得率、速度、纯度、物料消耗定额和能量消耗定额等, 设备指标既要先进合理又要切实可行。

(3) 满足物料平衡计算要求 生产物料平衡是依据质量守恒定律理论进行计算的, 其内容是指输入系统中的物料量应等于系统输出的物料量与物料损耗量之和, 既要满足项目生产工艺物料量的平衡要求, 又要适应物料量损耗最少的要求。

(4) 满足能量平衡计算要求 能量平衡是依据能量守恒定律理论进行计算的, 设备选择时应高度重视能耗问题, 尽量选择节能、节水、节汽、节电、节热等设备。

(二) 设备选型的基本原则

1. 技术先进

技术先进主要指设备性能先进。设备应具有较高的性能费用比, 功能完善, 运行维护费用低, 单位产品物耗、能耗低, 加工程度和加工能力较高, 设备运行稳定, 投资和产

成本低，生产能力和劳动生产率较高，使用寿命长等；技术水平先进，有较高的技术含量，有利于促进技术进步和提高竞争力，符合可持续发展；装备水平先进，设备结构合理，制造精良，连续化、机械化和自动化程度较高，满足食品加工的安全性和卫生要求。

2. 适用性强

适应当地自然、经济、社会条件的变化，同一生产线希望能进行多层次深加工，有能力进行生产调节，有利于开拓国内外市场；与投入物特性相匹配，适应原料和其他辅助材料的加工要求；与项目的生产能力相匹配，主机和附属设备之间要相互配套；适应产品生产工艺要求，保证产量与质量；与建设规模、产品方案相适应，满足现有技术条件下的使用要求和维护要求；与环保要求相适应，确保安全生产。

3. 可靠性高

尽可能采用已充分验证并经过使用的设备，不宜选用未经中试就转为生产的设备，未经生产实践或有遗留技术难题的新设备不能盲目采用；生产稳定性高，不得对人员造成危险，不应向工作场所和大气排放超过国家标准规定的有害物质，不应产生超过国家标准规定的噪声、振动、辐射和其他污染；使用寿命长，设备无故障工作时间长。

4. 技术经济合理

尽量立足国内，如果国内设备不能满足工艺要求、生产要求、质量要求等情况，可考虑购置国外设备；设备配置应均衡合理，考虑整条生产线配置的综合经济性，要求设备配置和衔接紧凑、均衡、协调，提高劳动生产率；提高技术经济价值，进行反复的技术经济方案比较，分析各方案的技术和经济效益，选择投资小、成本低、利润高、经济合理的技术设备方案。

四、本课程的内容和任务

在安排本书内容的深度、广度时，考虑到与有关课程的联系和分工，本书主要运用所学过的有关食品加工基本理论、工艺原理、工艺要求等知识，讲述了供排料、搅拌、微粒化、浓缩、干燥、杀菌、冷冻、辊压和叠层、成型、焙烤等方面的机械设备。

提高食品工业的机械化和自动化程度，是实现食品工业现代化的重要一环，用现代化设备装备我国食品工厂，已成为一项迫切的、重要的任务。因此，食品机械作为食品科学与工程专业的一门主干课程，其主要任务是，归纳与阐述食品工业中典型食品机械的结构原理、性能特点、适用范围和设计计算；培养学生科学设计与合理选择食品机械的初步能力。

本课程与多门基础课、技术基础课有关。轻化工与食品设备的工艺计算都是建立在化工原理与食品工程原理的基础上，所以本课程与化工原理及食品工程原理、容器设计有密切的关系。此外，还与机械制图、金属材料与工艺学、材料力学、机械零件、机械制造工艺学等课程也有密切关系。在教学环节上，除课堂教学为主外，还要配合实验、设计、参观以及工厂实习，尤其是工厂实习很重要，这可充实工程实际知识。

第一章 供排料机械

在食品工厂中，存在着大量物料如食品原料、辅料或废料和成品或半成品及物料载盛器的供排送问题。为了提高劳动生产率和减轻劳动强度，需要采用各式各样的供排送机械来完成物料的输送任务。食品工厂的供排送机械的作用是：在一台单机中或一条生产线中，将物料按生产工艺的要求从一个工作地点传送到另一个工作地点，有时在传送过程中对物料进行工艺操作。

供排送机械按传送过程的连续性可分为连续式和间歇式两大类。按传送时的运动方式可分为直线式和回转式。根据驱动方式又可分为机械驱动、液压驱动、气压驱动和电磁驱动等形式。按所传送的物料可以分为固体物料的传送和流体物料的传送。输送固体物料时，采用各种类型的输送机；输送流体物料时则采用各种形式的泵和气、液流输送装置。

第一节 固体物料输送机械

一、带式输送机

带式输送机（belt conveyor）是食品工厂中最广泛采用的一种连续输送机械，常用于块状、颗粒状物料及整件物料进行水平方向或倾斜方向运送，同时还可用作选择、检查、包装、清洗和预处理操作台等。带式输送机的工作速度范围广（ $0.02\sim 4.00\text{m/s}$ ），输送距离长，生产效率高，所需动力不大，结构简单可靠，使用方便，维护检修容易，无噪声，能够在全机身中任何地方进行装料和卸料。主要缺点是输送轻质粉状物料时易飞扬，倾斜角度不能太大。

如图 1-1 所示，带式输送机是具有挠性牵引构件的运输机构的一种型式。它主要由环形输送带、驱动装置、张紧装置、托辊和机架所组成。各部分的主要结构和作用如下。

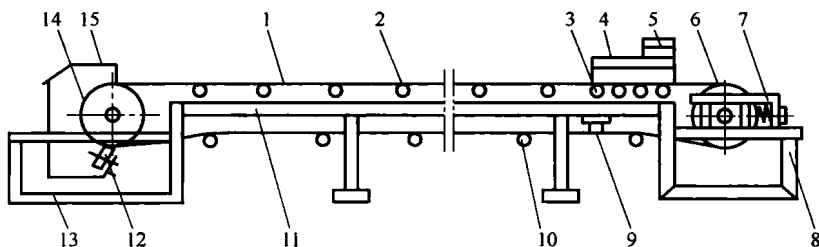


图 1-1 带式输送机

- 1—输送带 2—上托辊 3—缓冲托辊 4—导料板 5—加料斗 6—改向滚筒 7—张紧装置 8—尾架
9—空段清扫器 10—下托辊 11—中架 12—弹簧清扫器 13—头架 14—传动滚筒 15—头罩

1. 输送带

在带式输送机中，输送带既是牵引，又是承载构件。常用的输送带有：橡胶带、帆布带、塑料带、板式带、钢带、钢丝网带、滚筒（棒）等。

(1) 橡胶带 是由2~10层棉织品或麻织品、人造纤维的衬布用橡胶加以胶合而成。其外表面附有覆盖胶作为保护层,起到连接衬布、保护其不受损伤及防止运载物料磨损的作用,并防止潮湿及外部介质的侵蚀。工作面的覆盖层厚为3~6mm,而非工作面的为1.5~3.0mm。橡胶带中间的衬布可给予输送带以机械强度和用来传递动力。橡胶带按其用途不同分为强力型、普通型和耐热型三种。相对于普通型橡胶带而言,强力型能承受更大的载重,而耐热型能用于比室温高些的温度环境。

橡胶输送带购回后需自行连接。胶带连接有多种形式,有皮线缝组法、胶液冷粘缝组法、带扣搭接法和加热硫化法。最好是采用硫化接头,其强度可达原来的80%,同时接口无缝,表面平整,运转平稳。而缝合法和带扣法则简单易行,但强度降低很多,只有原来的30%~40%。

(2) 钢带 其厚度一般为0.6~1.5mm,宽度在1000mm以下。钢带的机械强度大,不易伸长,耐高温,因而常用于烘烤设备中。食品生坯可直接放置在钢带之上,节省了烤盘,简化了操作,且因钢带较薄,在炉内吸热量较小,节约了能源,而且便于清洗。但钢带的刚度大,与橡胶带相比,需要采用直径较大的滚筒。钢带容易跑偏,其调偏装置结构复杂,且要求所有的支承及导向装置安装较准确。钢带采用强度高和挠性较好的冷轧低碳钢制成,造价较高,一般黏着性较大、灼热的物料不能用胶带时才考虑使用。

(3) 钢丝网带 具有强度高、耐高温、不易伸长、损坏易补编等特点。且网孔的大小可按需要选择,网带的长度亦可任意选定,故多用于边输送、边固液分离的场合。如油炸食品炉中的物料输送,水果洗涤设备中的水平输送等常采用钢丝网带。钢丝网带用于烘烤食品设备中时,由于网带网孔能透气,故烘烤时食品生坯底部水分容易蒸发,其外形不会因胀发而变得不规则或发生油滩、洼底、粘带及打滑等现象。但因长期烘烤网带上积累的面屑炭黑不易清洗,致使制品底部粘上黑斑而影响食品质量。此时,应对网带涂镀防粘材料(如泰富龙)来解决。

(4) 塑料带 具有耐磨、耐酸碱、耐油、耐腐蚀和适用温度变化大等优点,所以已被逐渐推广使用。塑料带分多层芯式和整芯式两种。多层芯塑料带和普通橡胶带相似,其径向断裂强度为54900N/(层·m)。整芯式塑料带制造工艺简单,生产率高,成本低,质量好,但挠性极差。整芯式带厚度有3mm和4mm两种,其断裂强度分别为147000N/m和196000N/m。采用塑化接头时强度稍好些,若用机械接头则强度会大大降低。

(5) 帆布带 主要用于面制品成型前的辊压和饼坯的输送,如饼干、面条、馒头等制品的叠层、加酥辊压、成型过程中均用帆布作为输送带。帆布带除抗拉强度大之外,主要特点是柔性好,能经受多次反复折叠而不疲劳。帆布的缝接通常采用棉线和人造纤维缝合,少数情况下用皮带扣连接。

(6) 板式带 即链板式传送带。它与带式传动装置不同之处是:带式传送装置用来移动物品的牵引件为各式传送带,传送带同时又作为承载被送物品的构件;而链板式传送装置中,用来移动被送物料的牵引件为板式关节链,而支承被送物品的构件则为托板下固定的导板,即链板是在导板上滑行的。在食品工业中,这种输送带常用来输送未装料和已装料的包装容器如玻璃瓶、金属罐等。食品工厂用的链板式传送装置,托板和链节做成一个整体而成为链板。链板与链板间用销子连接,销子用碳钢或不锈钢制造,而链板常用不锈钢和ABS塑料制成。驱动链轮和改向链轮应根据链板的结构而制成槽形或多边形。链板