

面向21世纪高等院校专业教材

食品加工 机械与设备

高海燕 主编



化学工业出版社

面向 21 世纪高等院校专业教材

食品加工机械与设备

高海燕 主编

张军合 曾洁 黄晓杰 赵秀红 副主编



化学工业出版社

·北京·

本书以国内外典型的食品加工生产线的“案例教学法”为课程教学主线，紧密结合我国食品工业发展实际，详细介绍常用机械设备的基本工作原理、基本结构、性能特点以及设备选型和使用等。

本书的宗旨是，使读者通过学习本书，能根据产品品种和生产工艺要求，对设备进行配套选型、组成生产线，并具备判断、处理常用设备生产过程中发生的设备故障和设备的使用、安装与维修的能力。

本书内容实际具体、系统全面、取材广泛、覆盖面广、通用性强，并适当反映了国内外该领域内的先进技术状况。具有实用性强、针对性强等特点。还制作配套的 Authorware 课件光盘，里面有丰富的 Flash 动画、视频录像和大量图片，极大地方便了学生对食品加工机械设备原理、结构的理解和认识以及教师的教学。

本书和光盘既可作为高等院校、高职高专食品专业学生的专业教材，也可作为食品工程技术人员、管理人员的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

食品加工机械与设备/高海燕主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 3

面向 21 世纪高等院校专业教材

ISBN 978-7-122-02302-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 030397 号

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 顾淑云

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{1}{4}$ 字数 334 千字 2008 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 23.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编：高海燕

副主编：张军合 曾 洁 黄晓杰 赵秀红

编写人员：（按姓氏笔画为序）

王殿夫	田晓玲	吕 莹	杨晓波	李光磊
宋 茹	张军合	金 锋	郑煜焱	赵秀红
高 路	高海燕	黄晓杰	惠更平	曾 洁
路红波	路建峰			

主 审：李新华

前 言

食品加工机械与设备是食品加工专业重要学科之一。它重点研究食品加工设备的种类、工作原理、结构、工作过程、主要技术参数、机械设备的选择和使用维护等方面的内容。

特别是根据近几年实施产学结合、工学交替的人才培养模式，深入教学体制改革，形成了完善的实践教学体系，为人才培养和学生的成功就业奠定了坚实的基础。本课程改掉原有的按照“机械设备的功能来分类”的传统学科式教学模式的枯燥无味，脱离生产工艺实际的现象，实行以“原料或生产的产品分类”为课程教学主线，紧密结合企业设备工艺生产实际，使读者学习思路清晰，目的性强，与企业现实工艺流程结合紧密，方便理解和学习，激发学生学习兴趣。

本课程采用配套的 Authorware 课件制作，里面有丰富的 Flash 动画、视频录像和大量图片，极大地方便了学生对食品加工机械设备原理、结构的理解和认识。并采用了“案例教学法”，即任课教师以不同品种的食品加工生产线为案例。师生互动，教学相长，以教学内容为依托，利用现代教育手段进行多媒体和网络教学，使过去课堂上空洞的语言描述形象化、具体化，内容更真实，更直观。

本书涉及面广，内容丰富，实际具体，图文并茂，并适当反映了国内外该领域内的先进技术状况。最大特点是以国内外典型的食品加工生产线为主线进行讲解，具有实用性强、针对性强等特点。

本教材的编写愿为我国食品工业的整体现代化水平的提高和普及尽一份微薄之力。本书不仅适合作为普通高等院校、高职高专院校的教材，而且也适合中等职业技术学校以及企事业单位技术人员参考使用。

本教材由河南科技学院高海燕主编并统稿，参加编写的人员有：河南科技学院的张军合、曾洁、李光磊、路建峰；沈阳师范大学的赵秀红、高路；辽宁医学院的黄晓杰；辽宁农业职业技术学院的杨晓波、路红波、田晓玲；沈阳农业大学的郑煜焱；浙江海洋学院的宋茹；江苏食品职业技术学院的惠更平、金锋；罗定职业技术学院的吕莹；辽东学院的王殿夫。在编写过程中，得到了相关院校领导的大力帮助和支持，在审稿过程中得到沈阳农业大学食品学院博士生导师李新华教授的帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2008年2月

目 录

第一章 食品加工机械设备概述	1
第一节 食品加工机械设备的基本要求	1
一、技术经济指标	1
二、设计要求	3
第二节 食品机械的分类	4
一、按原料或生产的产品分类	4
二、按机械设备的功能来分类	4
三、中国食品工程技术装备发展趋势	5
第三节 食品机械设备的材料	8
一、食品机械与设备对材料的一般要求	8
二、食品机械与设备中的金属腐蚀	9
三、食品机械与设备中常用的金属材料	11
四、食品机械与设备中常用的非金属 材料	13
第二章 焙烤食品生产线机械设备	17
第一节 烘烤食品生产概述	17
一、焙烤加工生产工艺流程	17
二、焙烤生产设备工艺流程	17
三、面包与蛋糕生产操作要点	17
四、面包蛋糕生产常用设备及工具	18
第二节 和面机	19
一、和面机调制基本过程	19
二、和面机分类	19
三、和面机主要零部件	20
四、换热式调和机	24
第三节 打蛋机	24
一、打蛋机工作原理	24
二、打蛋机结构	24
第四节 食品成型机	27
一、食品成型机械分类	27
二、面包搓圆机	28
三、元宵成型机	29
四、包馅机械	29
五、饺子机	32
六、冲印和辊印成型机	34
第五节 焙烤机械设备	38
一、焙烤机械概述	38
二、食品焙烤基本原理	38
三、烤炉分类	39
四、红外加热机械	44
五、微波加热机械	46
三、链带式连续预煮机	49
四、螺旋式连续预煮机	61
五、溢流煮浆机	61
六、煮制操作要领	62
第五节 烟熏干燥设备	63
一、烟熏炉用途及工作原理	63
二、隧道式干燥机用途及工作原理	65
第六节 真空包装机械设备	66
一、抽真空目的	66
二、真空包装机和真空充气包装机的 分类	66
三、机械挤压式真空包装机	69
四、腔式真空包装机	69
五、高压蒸煮袋包装设备	70
第三章 肉制品生产线机械设备	49
第一节 肉制品生产概述	49
一、肉制品加工机械设备工艺流程	49
二、肉制品加工工艺要点	49
三、设备的选择和利用	51
第二节 切割、破碎及分离机械	52
一、斩拌机结构及操作要点	52
二、绞肉机结构及操作要点	56
第三节 灌肠打卡机机械设备	57
一、灌装填充	57
二、灌肠机结构	58
三、打卡机	59
第四节 预煮机械设备	59
一、预煮目的和预煮机械与设备分类	59
二、夹层锅分类及结构	60

第七节 肉制品加工设备举例	71	二、火腿肠生产设备举例	75
一、蒸煮香肠加工设备举例	71	三、中型肉制品企业设备配套举例	76
第四章 乳制品生产线机械设备	78		
第一节 乳制品生产概述	78	第五节 液体软包装机	95
一、乳制品机械设备工艺流程	78	一、袋装机的的工作过程	95
二、全脂乳粉生产设备流程	80	二、袋装机的种类	96
三、甜炼乳生产设备流程	80	三、无菌灌装系统	99
第二节 牛奶净化分离设备	81	第六节 真空浓缩设备	102
一、牛乳净化设备	81	一、真空浓缩的特点	102
二、牛奶分离设备	82	二、真空浓缩设备的分类	103
第三节 乳品杀菌机械设备	84	三、升膜式真空浓缩设备	103
一、冷热缸	84	四、降膜式真空浓缩设备	104
二、板式换热器	84	五、真空浓缩装置的辅助设备	106
三、超高温瞬时灭菌机	87	六、浓缩设备常见故障	109
第四节 均质机	92	第七节 喷雾干燥设备	110
一、均质机概述	92	一、喷雾干燥机理及其特点	110
二、均质机分类	92	二、料液的雾化	111
三、高压均质机	92	三、喷雾干燥室中热风与雾滴的运动	
四、胶体磨	95	形式	113
五、其他类型的均质机	95	四、压力喷雾干燥设备	113
第五章 果品罐头生产线机械设备	116		
第一节 果品罐头生产概述	116	二、菠萝切片机	126
一、典型果品罐头生产工艺流程	116	三、青刀豆切端机	128
二、典型果品罐头生产操作要点	116	四、果蔬切丁切条机	129
第二节 物料清洗机械设备	117	第五节 罐头封罐机械设备	131
一、物料清洗机概述	117	一、封罐机的类型	131
二、原料清洗机械	117	二、二重卷边的形成	131
三、包装容器清洗机械	118	三、卷边滚轮径向推进方法	132
四、器皿清洗机械	119	四、GT4B2型自动真空封罐机	134
第三节 果蔬分选及分级机械	120	五、GT4D5型半自动玻璃罐封口机	139
一、按尺寸分级	120	第六节 杀菌机械设备	142
二、按重量分级	122	一、立式与卧式杀菌设备	142
三、按光学特性分级	123	二、回转式杀菌设备使用及维护	145
第四节 果蔬切片机械设备	125	三、淋水式杀菌设备使用及维护	148
一、蘑菇切片机	125		
第六章 果酒加工生产线机械设备	150		
第一节 果酒生产概述	150	一、发酵罐的类型	157
一、典型果酒酿造工艺流程	150	二、通风式发酵罐	157
二、果酒酿造设备工艺流程	150	三、自吸式发酵罐	158
三、果酒酿造工艺操作要点	151	四、液提式及气提式发酵罐	159
第二节 破碎榨汁机械设备	153	五、发酵罐空气净化系统	159
一、葡萄破碎除梗机	153	第四节 过滤机械设备	161
二、果蔬榨汁机械设备	153	一、板框压滤机	162
第三节 发酵机械设备	156	二、加压叶滤机	163

三、转筒真空过滤机	163	一、液体灌装机的分类	167
四、硅藻土过滤机	165	二、液体灌装的工作过程	167
第五节 液体灌装机械设备	167	三、液体灌装的基本工作原理及其选择	169
第七章 冷冻机械设备	174		
第一节 冷冻机械设备概述	174	第三节 冷藏库	185
一、制冷压缩机	174	一、冷藏库的作用、分类和组成	185
二、冷凝器	176	二、冷藏库的制冷系统及其设备选择	186
三、膨胀阀	178	第四节 速冻设备	189
四、蒸发器	178	一、箱式速冻机	189
第二节 活塞式压缩制冷设备的附属		二、隧道式速冻机	189
装置	180	三、流化床式速冻机	190
一、油分离器	180	四、螺旋式速冻机	190
二、集油器	180	五、浸渍式速冻机	191
三、储液器	180	第五节 气调冷藏设备	191
四、氨液分离器	181	一、库房和制冷系统	192
五、空气分离器	181	二、氮发生器	192
六、中间冷却器	182	三、二氧化碳洗涤(吸附)机组	192
七、凉水装置	182	四、其他装置	193
八、阀门和控制器	183		
参考文献			194

第一章 食品加工机械设备概述

食品机械是把食品原料加工成食品（或半成品）的机械。

食物是人类赖以生存繁衍和社会发展的物质基础，在人类生活中占有重要的地位。随着社会生产力的发展和人民生活水平的不断提高，人们不再满足于维持生存所需的初级食物，而要求通过工业加工提供品质优良、品种多样、富有营养、卫生安全、方便实惠、具有风味特色的食品，以满足不同年龄、职业、健康状态和不同饮食习惯的人们的需要。

我国食品工业近年来有了较大的发展，人民生活水平提高很快。我国食品资源也很丰富，市场广阔，因此食品工业是永不衰败的工业。

食品机械的现代化程度是衡量一个国家食品工业发展水平的重要标志。食品机械工业技术进步为食品制造业和食品加工业的快速发展，提供了重要保障。食品工业的发展带动了食品机械的发展，而食品机械的发展又保证和促进了食品工业的发展。应该说，食品机械也是食品工业的一部分。

我国食品机械事业（行业）起步较晚。解放前，除从国外进口少数设备外，我国食品工业基本上是手工业作坊式生产，食品机械工业处于空白状态。建国以后相当长一段时期内，也只能生产少量食品机械，品种也较少。

近二十年来，随着对外开放和经济改革方针的贯彻，食品工业和食品机械工业迅速发展，产品品种和产量、产值都大幅度增加，引进技术和装备也促进了国内技术水平的提高，缩小了和世界先进水平的差距。据不完全统计，国内生产食品机械的企业上千家，产品品种已发展到几千种。

由于食品机械处理的原料和产品的品种繁多，大部分原料都具有生物属性，产品又都要为人类的生理和习惯所接受，处理过程十分复杂多变，物理和化学形态也与一般机械所处理的物料大不一样，既有固相、液相和气相，还有各种质地不同的粉粒料、果蔬、肉类、柔韧的面团、不易流动的浆料、胶体和悬浊液等，因此食品机械的种类也极其繁多，要求各不相同。

食品机械涉及的知识面十分广泛，既要掌握一般机械结构与工作原理，又要深入了解各种食品加工工艺的要求，包括物料的各种理化过程，在此基础上才能研究和配套出比较完善的食品机械。

当前的机械加工已经离不开微电子技术，食品工业和食品机械也不例外。各种机械设备都要向机电一体化方向发展，利用微电子技术对过程进行检测和监控，这不仅是提高劳动生产率的需要，同时也能保证产品的质量和改善卫生条件。

第一节 食品加工机械设备的基本要求

一、技术经济指标

任何机械设备在社会生产中所能够得到推广使用的程度，首先决定于它的技术经济指标，食品机械也不能例外。当然，对各类食品机械来说，还有一些与其他机械设备不同的要求。所有这些要求的总和，就形成了研究和设计新的食品机械的指导思想。归根结底，就是力求用最低的成本造出最适用的食品生产机械设备，并能用这些机械设备以最低的成本制造

出最合乎要求的各种食品。

(一) 单位生产能力

单位生产能力是指机械设备生产食品产品的能力，也就是生产某种食品的速率，例如一台隧道式烤炉每单位时间（小时）内可以烘烤出多少月饼。食品生产往往是流水线作业，在生产流水线中总是有许多台机器设备按照一定的顺序共同完成一个产品，例如月饼生产线中就由配料、混合、搅拌、成型、烘烤、包装等设备组成，中间还有各种输送及辅助设备。各台机器设备在生产能力方面，必须取得平衡和一致。否则，一部分机器设备的能力不能得到充分发挥，而另一部分则处于能力不足的状态。整个生产流水线的生产能力只能以流水线中生产能力最低的一台设备为基准。

机器技术的先进与否，不决定于生产能力或生产速率。食品厂的生产规模有大有小，这取决于产品的品种、原料的供应、消费范围、运输条件等一系列因素。即使生产同一种食品产品的机器设备，也往往要求各种不同的生产能力，形成一定的系列。

一般来说，生产规模越大，经济效益越高，对产品质量的管理也越有利。但是对保质期有限的食品来说，生产受市场消费的制约，还要考虑食品安全储存的货架寿命以及原料供应的季节性。同时，人们对食品的需求，趋向于品种越来越多，因此，食品机械的最合理规模，必须要根据需求作具体的分析。

食品生产的参数往往多变，所以生产能力也常常需要允许作多种速率的调节，采用调速电动机来带动整条生产线。

(二) 消耗系数

消耗系数是指机器设备生产单位重量或单位体积的产品所需耗费的原材料及能量，包括原料、燃料、蒸汽、水、电能、润滑剂、零配件磨耗、机器折旧等。消耗系数不仅与所采用的工艺路线有关，而且与机器设备的设计有密切关系。例如食品生产中经常有蒸发、干燥、烘烤等操作，都消耗大量的热能，在机器设计中采用不同的热源和结构，就可能在技术经济指标上取得不同的效果，一般来说，消耗系数越低越好。

(三) 设备价格

机械设备的价格影响到食品工厂投资的大小。一般情况下，如果能达到同样的或相近的工艺效果，应该采用价廉的设备。但有时设备虽然复杂些，价格高一些，但却有好的性能，能确保食品产品有较高的质量，并且操作控制都能达到自动化，则在进行全面经济分析后较高的价格也可以被接受。

近年来进口的一些国外先进的食品机械装备，价格虽然昂贵，但是大部分可以取得较好的经济效果，还是合算的。

设备价格的高低要与设备的寿命联系起来考虑，因为计入产品成本的是设备的折旧费用，设备寿命越长，则折旧费越低。同时还要考虑到设备的技术更新年限，有些设备并不需要太长的寿命，因为过了几年之后，随着科学技术的发展，即使设备寿命未到，也要加以更新，这样在技术经济上更加合理。

对于机械制造厂家来说，机器的价格由成本和税利组成，在设计和制造中，从用材、结构和制造工艺上千方百计降低成本费用，是技术管理中的头等任务。

(四) 管理费用

管理费用包括劳动工资、操作维护以及检修费用等。管理费用在生产成本中占了相当大的比例，但管理费用不是一个孤立的因素。某些机器设备比较简单，设备费用和维修费用很低，但生产中使用劳动力多，不见得合理。反之，如果用高度自动化的生产流水线，投资增加了，但管理费用可能降低。

高度自动化的机器设备所需要的管理人员数量虽少，但是对管理人员的素质要求高得多。

（五）产品总成本

产品总成本是生产中一切经济效果的综合反映，也是食品厂选用食品机械的基本出发点。

二、设计要求

食品机械的设计是一个十分复杂的技术课题，由于食品原料和产品的多样性和复杂性，不仅需要掌握一般机械设计所必须具备的知识和技巧，而且必须了解食品及其原料的物理和化学性质、食品工艺过程和有关的工程问题，甚至于还需要了解人机工程以及造型设计等知识。但作为食品机械的基本设计要求可归纳为以下几点。

（一）满足既定的食品工艺要求，反映工艺的适用性和先进性

任何机械设计必须符合功能要求。要保证以一定的运行速度，生产一定质量的产品，产品的质量必须保持均一性和稳定性。

食品机械常常被要求生产不同品种或不同质量的产品，一台机器或一条流水线上采用不同的原料配方，改变工艺参数或者设备的工作条件，可以制造出多种多样的食品。例如，一条饼干生产线不能只生产单一品种的饼干，要能够配换各种饼干成型印模，允许变换烘焙时间和温度是饼干机械的必备条件。制粉机械在制造各种专用面粉或者在改变小麦原料品种时，也必须要改变磨粉机的工作参数和调整粉路配置。

机器的设计必须提供改变生产条件的可能性，为使用者提供方便。

（二）机械结构的合理性、可靠性和耐久性

这是单纯从机械角度来考虑的问题。机器结构的合理性包括制造和装配关系、传动方式的选择以及为操作维修提供的方便等。在满足工艺功能要求的前提下，力求简化机器的机构和结构。

机器的可靠性和耐久性是不可分割的概念，是指机器在规定的工作条件下，在规定的使用寿命内保持原定功能的程度。它与机器的整体结构及零件的强度、刚度、耐磨性、耐腐蚀性、抗干扰性等因素有关。在现代机械工程中，可靠性是一项不可忽视的重要指标，对食品机械来说，其工作要求往往是自动化、连续化的生产线，如果在某一个环节出现故障，就将导致整条生产线的停工，甚至所投入的原料全部报废。

食品机械所处理的物料常常是数量很大的，某些工作部件时时刻刻受到物料的摩擦和磨损，例如磨粉机的磨辊、食品挤出机的螺杆和套筒。正确确定机器零部件的寿命及组合方式，以达到机器最可靠的使用性能是十分必要的。但是机器零件的使用寿命往往难以在设计时用理论计算得出，而必须在实测的基础上加以确定。

需要指出一个可能的错误观念，机器零部件的寿命并不是磨损或疲劳到破坏的时间，而是在即将不能保持其规定性能时，即认为其寿命中止，不能等到造成破坏再去更换。

（三）机器的能耗

一般机械的能耗常常反映在传动机械效率上。在食品机械中大量能量用来处理改变食品的形态和性能，例如浓缩、干燥、烘烤操作中能量的有效部分是用来加热物料和蒸发水分，在粉碎、分切操作中，能量的有效部分是用来减小物料的形体尺寸。除此之外还必然有部分能源变成摩擦热能损耗于机器或环境中，或者被介质带走，成为热损失。

我国不是一个能源充裕的国家，节省能源、提高能量的利用率也是设计机器要考虑的因素之一（包括电能、热能等），也是选购机械设备要考虑的因素之一。同时，还应结合地区条件，多使用天然能源和廉价能源。

（四）卫生要求

这是食品机械区别于其他机械的基本特征之一，国家已经颁布了“食品卫生法”，对食品生产提出了严格的卫生要求。

食品机械中与食品物料直接接触的零部件，一定要选用无毒、耐腐蚀的材料。机器与食品接触部分必须便于拆装，以便随时清洗或清扫，并在结构中不允许有任何清洗不到的死角，以避免物料的积存和防止微生物在这些部位生长繁殖。

食品机械的传动润滑也和其他机器有不同的要求，传动密封要可靠，防止润滑剂进入食品。有些开启式传动件要用食用油脂或无毒油脂润滑，也有的构件完全不用润滑而采用有自润滑性能的材料，如聚四氟乙烯。以前食品机械中有用液压传动的，为防止污染，现也都改为气压传动。

第二节 食品机械的分类

由于食品工业原料和产品的品种繁多，加工工艺各异，因此食品企业的机械设备也是品种十分繁杂。我国目前尚未制订食品机械分类标准，各部门根据工作方便常有不同的分类方法。

一、按原料或生产的产品分类

原机械工业部制定的分类标准（JB 3750—1984）是按食品加工专用机械和食品加工通用设备进行分类。

食品加工专用机械按加工对象或生产品种不同可分为：制糖机械、烟草加工机械、饮料加工机械、糕点加工机械、糖果加工机械、豆制品加工机械、果品加工机械、蔬菜加工机械、果蔬保鲜机械、屠宰机械、肉类加工机械、乳制品加工机械、蛋品加工机械、水产品加工机械、制盐机械、酿酒机械、调味品加工机械、食品添加剂加工机械、油脂深度加工机械、罐头食品加工机械、方便食品加工机械、淀粉加工机械、饮食炊事机械。

食品加工通用设备按设备功能不同可分为：分选设备、洗刷设备、粉碎设备、混合搅拌设备、均质设备、浓缩设备、干燥设备、油炸设备、烘烤设备、杀菌设备等。

二、按机械设备的功能来分类

原料处理机械：包括去杂、清洗、选别等各种机械设备。

粉碎和分切、分割机械：包括破碎、粉碎、研磨、分割、分切等机械设备。

混合机械：包括粉料混合和捏和机械设备。

分选机械：指粉料及块料的分选机械。

成型机械：如饼干、糕点、糖果的成型等。

多相分离机械：如过滤机、离心机等。

搅拌及均质机械：主要指液状物料的混合处理设备，也可包括胶体磨等。

蒸煮煎熬机械：包括蒸煮、杀菌、杀青、熬糖、煎炸等机械设备。

蒸发浓缩机械：升膜式和降膜式浓缩机械设备，单效和多效浓缩机械设备。

干燥机械设备：包括各种常压和真空干燥机械。按机器形式可分为箱式、隧道式、回滚筒式、链带式、喷雾式、管道式、流化式等。按使用的热源可分为烟道气加热、燃油加热、可燃气加热、蒸汽加热、电加热、远红外加热、微波加热、高频加热等。

烘烤机械：包括固定箱式、回转式、链带式等。

冷冻和冻结机械：包括各种速冻机和冷饮品冻结机械，也可以包含制冷机械。

定量机械：包括在工艺流程中的各种液体和固体的定量，容积式的或是重量式的。

包装机械：包括各种固体和液体物料的装罐、装瓶、装袋机械。

挤压膨化机械设备和其他机械难以归类的机械设备。

另外还有一些通用设备，如输送机械，包括带式输送机、斗式提升机、气力输送机、各种泵类以及换热设备和容器等，也都是食品工厂中常用的机械设备。

综上所述,从研究设计、制造和设备选购配套角度看,以上两种分类方法对生产的发展都有一定的指导意义。既要研究各种食品生产工艺中各种作业机械的内部联系,以利于发展配套生产线,又要研究各种单元操作的生产效率和机械结构,在技术上得以局部突破带动全面。

在本书中,不可能详细介绍每一种食品机械的设计过程,只能在各类食品机械中选出少数典型的例子,按生产加工设备的工艺流程进行必要的分析和讲解,赖以作为举一反三的基础。

三、中国食品工程技术装备发展趋势

为了满足消费市场不同层次的人群对食品的更高要求,充分利用现有食物资源,推动食品工业持续、快速向前发展,食品工程技术装备工业必须紧紧依靠科技进步,利用国内外先进技术,研制开发新型食品工程技术装备产品,填补国内空白。

1. 粮油副产品深加工设备

粮油副产品深加工设备包括利用低温脱溶和脱毒处理大豆粕、花生粕、菜籽粕、棉籽粕及玉米胚粕等的加工设备,以及米糠、麸皮等综合利用的加工设备。在这方面,许多工艺性问题已获得突破,但是,如何将实验室的科研成果推向工业化应用,有待于进一步开发和

创新。

2. 油脂加工膨化浸出设备

“膨化浸出机”是目前国际上油脂加工中的先进技术,可替代传统油脂浸出成套设备中破碎、软化、轧坯、浸出四个工序中的部分设备。以100t/d膨化浸出机为例,可节约动力96kW/h,使大豆出油率从14.5%提高到15.5%,提高生产能力30%,可使豆粕中的蛋白质含量从41%提高到44%,具有明显的经济效益和社会效益。我国目前大、中、小油脂加工厂有4000余家,除极少数企业外,绝大部分工厂仍采用传统的油脂浸出工艺和设备,因此该设备拥有广阔的市场。

3. 大型玉米深加工综合利用成套设备

美国等发达国家对玉米的综合利用率达99%,可同时生产30余种主、副产品,这些产品广泛地应用于食品、化工、制药、生物等领域。我国在这方面的差距很大,主要原因是加工设备不配套。中国是世界上第二大玉米生产国,根据国家(食品工业“九五”规划和2010年远景目标)要求,食品技术装备工业理应担负起开发玉米深加工设备的任务,以满足行业经济的发展。

4. 大型淀粉加工成套设备

我国已能制造淀粉加工小型成套设备,但技术指标和生产规模远不能适应食品工业发展的需要。大型淀粉加工成套设备目前依赖于进口。国内应尽快在大型淀粉加工成套设备研制方面取得突破,并努力迈上新的台阶。

5. 高度自动化水果加工成套设备

发达国家的水果加工机械早已实现高度自动化控制管理,这样不仅节省劳动力,也大大提高了产品质量。其中包括电脑水果分级机和坏、次果自动剔除设备、柑橘剥皮机、橘子分瓣机、果实去核机等。而我国目前在这方面仍大量采用人工操作,因此,这方面的技术开发和设备国产化问题也应早日解决。

6. 蔬菜深加工设备

近几年我国大、中城市已经开始净菜供应,蔬菜制品深加工发展迅速,但蔬菜深加工食品占全国蔬菜总产量仍不到10%,而名优特、高附加值、高科技含量商品化的绿色蔬菜食品更少,功能性蔬菜制品的研究也刚刚起步,纯蔬菜饮料也有待开发,因此需要大量的蔬菜深加工设备。

7. 大中型番茄加工成套设备

近年来,随着城乡人民生活水平的不断提高,居民饮食结构发生了很大变化。在发达国家番茄制品多以番茄酱、番茄沙司、面包伴侣等形式上市,消费量很大。所以,积极开发该类设备,市场前景也很广阔。

8. 大中型牲畜屠宰加工设备

我国在北京、武汉、南京、沈阳等地有几家企业生产中小型家禽屠宰加工设备,但在猪、牛等大牲畜的屠宰加工方面,不仅生产规模小,而且加工设施不配套,距离国际标准相差甚远,国内新安装的大中型牲畜屠宰线都依赖进口。所以,应参照世界先进水平进行攻关和开发。

9. 肉及肉制品加工配套设备

我国肉类制品产量已达 100 万吨,但人均尚不足 1kg。并且,废弃物处理和环保技术还比较落后。按照全国食品工业科技发展纲要的重点要求,当前除继续采用速冻、低温杀菌和低温保藏、流通冷冻链等适用的新技术,加快发展冷却肉、配菜或调理肉食、火腿肠等熟肉制品外,还需要进一步发展完善屠宰动物的内脏、血液、皮、骨、羽毛和各种腺体等的综合利用技术和设备,并应用分离、提纯技术处理废弃物,开发具有功能性和生理活性的物质。

10. 果胶加工成套设备

目前我国在水果加工过程中的副产品尚未得到充分利用,大多作为垃圾处理。而果胶又是食品工业不可缺少的添加剂,每年需进口数百吨。果皮是生产果胶的良好原料,而国内尚无果胶加工成套设备,有关部门应积极组织研制开发。

11. 果汁香味回收设备

国产果汁加工成套设备中尚无配套的提香装置,致使香气不足。如能把果汁加工过程中的香气回收,再返添入果汁中,可保持原有的口味及天然果香。目前我国香精、香料提取加工的技术和设备也基本属空白,应积极组织测绘、仿制或开发。

12. 方便食品加工设备

随着现代生活节奏的加快与旅游业的兴旺发达,方便食品体现出这一时代的特征和食品工业的一个发展趋势。不但副食、小吃食品实现方便化,而且主食也要方便化,如方便面条、方便米饭、方便粥、方便水饺以及东方式传统方便食品,因此,食品工业需要大量的方便食品加工设备。

13. 水产品加工及综合利用设备

我国水产品工业发展迅速,但由于加工手段比较落后,生产率和商品率比较低。所以应大力研制和开发与之相适应的微冻保鲜、仿真工程食品、食品添加剂制备、废弃物综合利用技术和设备,并采用分离、提纯、包埋等新技术,提高功能性、高附加值水产食品的品质水平。

14. 食品冷杀菌设备

传统的高温杀菌方法容易破坏食品的原有风味和维生素 C,使酶特性发生变化。美国食品与药物管理局(FDA)1995年7月通过了 Coolpure 公司的冷杀菌法。该法适用于液态或可泵送食品的杀菌,采用短时高电压脉冲杀灭液体和黏性食品中的微生物。目前,每小时处理 3000~10000L 的工业化生产设备已进入使用阶段。

还有一种冷杀菌技术是高压杀菌法。美国的 Avomex 公司于 1996 年 5 月开始对鳄梨采用高压系统杀菌法,该设备由利乐-拉伐 AB 公司提供。该技术可使塑料袋包装鳄梨的保鲜期从 8~10d 延长至 30~45d。该设备日加工能力为 4~5t。近年来,日本已将高压技术应用用于水果酸乳酪、水果甜点、果酱、果汁、香肠和鱼产品等。

此外,超声波杀菌设备已在美、日、欧洲等发达国家获得普遍应用,该设备利用聚能式

超声波产生的强烈空化效应，能有效地破坏体积较小的微生物细胞壁，从而抑制如酱油一类经发酵生产的液体中酶生物的进一步生长，延长保鲜期，且不损害食品的原有风味。

15. 超临界优选萃取设备

超临界萃取设备是利用略高于物质的临界温度且接近临界点的状态，采用一定的气体，在超临界状态下，使天然原料中的有效成分不断抽取到超临界气体中。该项设备可广泛应用于天然食用色素、香料、香精、油脂、药用动植物和中草药等的萃取加工。该设备具有低温萃取和惰性气体保护的特点，萃取物不含有有机溶剂的残留成分，保持了萃取物的天然性，不产生“三废”污染环境。目前，由于不少国家的制药业、食品业已不允许再使用非天然合成色素、人工香料及食品添加剂，所以，将超临界萃取技术用于生产纯天然性植物色素、食品添加剂等方面，发展前景广阔。

16. 超声波均质机细化设备

传统的高压式均质机已不可能靠继续提高压力的方法来取得进一步细化物料的效果，普通超声波均质机对纤维状结构和脂肪球的破碎效果不理想。美国目前已研制成功新一代聚能式超声波均质机，使用单个声头功率为150W，据称能使果汁饮料中的固形物尺寸细化到 $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下，且不像高压均质机那样因升温而改变物料特性。

17. 挤压设备

挤压设备是按设计的目标将调配均匀的食品原料由螺杆挤压机高速完成输送、混合、加热、加压、质构重组、熟制、杀菌、成型等多加工单元，从而取代食品加工的传统生产方法。在挤压设备方面，已研究开发出适应高蛋白、高油脂、高水分的挤压加工机械，用于生产各类肉、水产、谷物等早餐食品。

18. 超滤分离设备

微滤、超滤和反渗透等膜分离设备的发展，为工程化食品提供了非常有效的加工方法，根据被分离的溶液物质的分子质量，运用相应的分离膜材料或相应孔径的膜，并采用不同的膜组件，通过压力的推动，在不破坏营养成分和风味物质的情况下，便可完成物质的分离、提纯、除菌、除浊、浓缩过程，改变产品质构。特别是生物型中空纤维超滤装置已应用于食品有效成分的浓缩和食品工厂的废水处理中。目前，超滤分离设备已在乳品、肉类、水果、蔬菜、茶、饮料、油脂、酱油、制糖、酶制剂等工业中得到广泛应用。

19. 微胶囊化设备

微胶囊化设备是采用喷雾包埋或凝聚包埋、表面活性反应、溶剂蒸发胶囊等方法将加工物包裹在胶囊或膜物质内，形成直径为 $2\sim 10\mu\text{m}$ 的颗粒，被包埋固化的物料由于有了保护层，从而可提高物料的稳定性及可控溶释时效，抑制氧化，延长储存期，防止物料在加工中相互反应。液态食品也可固化或粉末化，方便使用。成膜物质主要有胶体、淀粉、糖类、纤维素、有机聚合物、树脂、酪蛋白等。

20. 高压处理设备

高压处理设备是通过高压处理蛋白质等生理活性物质，形成蛋白质的可逆性变性作用，以达到杀菌目的的一种现代食品加工设备。在 $100\sim 200\text{MPa}$ 压力下使蛋白质变性，一旦解除压力即可恢复蛋白质原来未变性的状态。利用这种设备来保藏果蔬和肉糜类食品，可有效地保存食品的色、香、味和营养。因此，采用高压处理可达到更佳的杀菌效果。现在日本、美国等发达国家正积极地开发这种新设备。

21. 真空设备

真空设备在食品工业的应用具有很大潜力。目前食品工业普遍采用真空浓缩、真空包装、真空充氮包装、真空贴体包装、真空干燥、真空油炸、真空熏蒸、真空输送、真空浸渍、真空冷却等技术。真空贴体包装特别是具有透气薄膜，以作长途运输。它能包装鱼、

虾、肉类、水果、蔬菜、糖果等。

22. 生物工程设备

生物工程设备是以生命科学为基础，利用生物体系（组织、细胞及其组分）和工程原理加工食品的设备，它包括基因工程设备、细胞工程设备、酶工程设备和发酵工程设备。

除上述 22 个方面外，我国众多的食品工程技术装备与发达国家相比都存在着不同程度的差距，不断涌现出来的光、机、电、声、气、磁等新技术将为食品工程技术装备家族增添更多新的成员，这就要求我国科研人员和企业不断开拓市场，创造机会，把握机遇，不断为食品工业的发展提供更多、更完善的加工机械设备。

第三节 食品机械设备的材料

一、食品机械与设备对材料的一般要求

食品机械广泛使用各种材料，除各种金属和合金材料外，尚有木材、石材、金刚砂、陶瓷、搪瓷、玻璃、纺织品以及各种各样的有机合成材料。食品生产的工艺条件十分复杂，对材料有不同的要求，必须掌握各种材料的基本性能，才能做出正确的选择，以取得良好的使用效果和经济效益。与食品物料介质相接触的部分，一般要求：对食品必须无害，不污染食品；不受或少受物料介质的破坏，以延长使用寿命。

（一）力学性能

食品机械一般属于轻型机械，大多数零部件受力较小。但由于轻型机械要求尽量降低整机重量和体积，零部件尺寸要尽量小，所以对材料的力学性能要求也不低。除了强度、刚度和硬度以外，还有一些其他的要求。例如，在食品机械中处理大批量成件物品的机会较多，因此常能遇到高速往复运动的构件，就要从疲劳强度来要求机件的性能。

食品机械中的一些零部件常常要和大量物料相接触，而接触的条件又非常严酷，因此成为非常容易磨损的易损件。例如，锤片式粉碎机中，锤片与坚硬物料之间高速度撞击，造成强烈磨损，全国每年消耗上亿片，耗钢材数万吨。锤片对材料的耐磨性就提出了极高的要求。

在食品的分切机中，刀片对材料的耐磨性和硬度也有极高的要求。

食品挤压机的螺杆和套筒与物料相对运动的速度不高，但工作压力可以高达 200MPa，工作温度也可以高达 200℃ 左右，因此不仅要有较高的抗扭强度，而且还要有很高的耐磨强度。

有的食品机械在高温下工作（如烘烤机械）或是在低温下工作（如冻结机械，可达 -40~-30℃，以液氮为介质的冻结机械工作温度更低），就必须考虑材料在高温和低温下的力学性能。

（二）物理性能

食品机械的性能常常和材料的物理性能有关。例如：材料的相对密度、比热容、热导率、软化温度、线胀系数、热辐射波谱、磁性、表面摩擦特性、抗黏着性等。在不同的使用场合，要求材料有不同的物理性能，如传热装置要求有高的热导率，食品的成型装置则要求有好的抗黏着性，以便脱模。

（三）耐腐蚀性能

食品机械接触的食品物料带有酸性或弱碱性，有些本身就是酸或碱，例如：醋酸、柠檬酸、苹果酸、酒石酸、琥珀酸、乳酸、酪酸、脂肪酸、盐酸、纯碱、小苏打等。这些物料对许多金属材料都有腐蚀作用。即使是普通食盐，非酸、非碱，对许多金属也有腐蚀作用。有

些食品物料本身没有腐蚀性，但是在微生物生长繁殖时会产生带有腐蚀性的代谢物，如碳酸等。

食品机械所用材料选择不当而遭受腐蚀，不仅容易造成机器本身的破坏，更重要的是会造成食品的污染。有些金属离子溶出进入食品中，有损于人体健康和食品风味，或者破坏食品的营养。

设计或选购食品机械时，材料的耐腐蚀性对选择结构材料常起决定性作用。机械设备的耐腐蚀程度决定于：材料的化学性质和表面状态以及受力状态；物料介质的种类、浓度和温度等参数。

食品机械材料的力学、物理性能和化学性能有时发生矛盾，难以十全十美，可以通过复合材料或表面涂层的方法来加以解决，这样不论是抗腐蚀还是抗磨损，都有可能发挥不同材料的优点。

(四) 制造工艺性

材料的制造工艺性能至关重要，否则设计出来的零件有可能难以加工，甚至无法加工。例如焊接件的材料要有好的可焊性和切削性能，要求表面硬度高的零件要有好的热处理性能，要求表面涂装的零件要有好的附着性能。

二、食品机械与设备中的金属腐蚀

(一) 电化学腐蚀

各种金属具有不同的电极电位，金属或合金在电解质溶液中形成原电池，一部分金属以离子形式溶入电解质就形成电化腐蚀。食品物料虽然不一定是液料，但是形成电化腐蚀过程是一样的。

两种金属（或合金）在同一电解质中即可构成电池。在中性介质中，只要有去极化剂存在，也能形成电池。如碳钢在水中构成电池（图 1-1），碳钢中铁素体的电极电位低于渗碳体的电极电位，负电性较强。此时，铁素体为阳极，渗碳体为阴极，电子由 Fe 向 Fe_3C 方向移动，到达阴极的电子不仅能与阳离子起作用，也能与中性原子或分子起作用，溶于水中的氧成为阴极的去极化剂。

同一种金属浸于浓度不同的溶液中，也会形成不同的电位。如果在盛装介质的容器中，各部分介质的浓度不同，此时即可形成浓差电池。食品物料常是不均一的成分，各部分的水分含量和其他成分都不均匀，易形成浓差电池。

图 1-2 是氧的浓差电池示意图。在靠近液面附近的 A 处，氧溶解浓度较高，所以是阴极；当没有强烈搅拌时，在 B 处氧的浓度稍低，所以是阳极。电子由 B 向 A 转移，B 处被腐蚀。

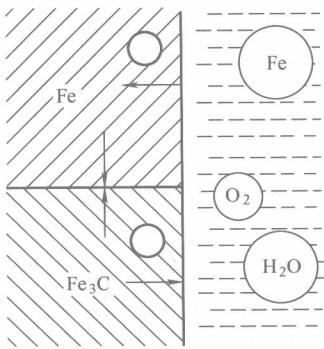


图 1-1 碳钢的原电池腐蚀

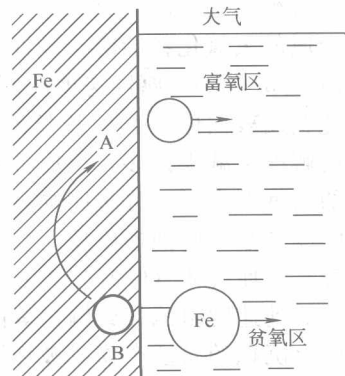


图 1-2 碳钢的氧浓差电池腐蚀