

中等专业学校教材

食品机械与设备

胡继强 主编

SHIPIN JIXIE YU SHEBEI



 中国轻工业出版社

中等专业学校教材

食品机械与设备

胡继强 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品机械与设备/胡继强主编. —北京: 中国轻工业出版社, 1999.7

中等专业学校教材

ISBN 7-5019-2436-8

I. 食… II. 胡… III. ①食品加工-机械-专业学校-教材 ②食品加工设备-专业学校-教材 IV. TS203

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 17532 号

责任编辑: 沈力匀

策划编辑: 沈力匀 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云

版式设计: 智苏亚 责任校对: 方 敏 责任监印: 胡 兵

*

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: 北京交通印务实业公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 1999 年 7 月第 1 版 1999 年 7 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25.5

字 数: 624 千字 印数: 1—4 000

书 号: ISBN 7-5019-2436-8/TS·1486 定价: 52.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

全国轻工中专食品专业建设与指导委员会

主任：张意静

副主任：奚培基 温德云

秘书：揭广川

委员：张忠学 阎瑞林 辛淑秀 杜苏英 贡汉坤
王尔茂 谢梅英 傅丽芳 赵 晴 侯建平
张兴洋 王国栋 刘用成 曾小兰

前 言

《食品机械与设备》是由全国轻工中专食品工艺专业建设指导委员会组织部分学校食品工程类专业的骨干教师，根据本专业统一制定的《食品机械与设备课程教学大纲》编写的，是轻工中专食品工程类专业的必修课教材。也可作为相近层次、相近专业的课程及培训的教材。

本教材着重论述食品工业生产中常用的典型食品与包装机械的基本结构、性能参数和适用范围，并简述了食品机械安装与维修的技术基础。本书在编写过程中根据我国食品工业的发展形势，吸收了一些在近年内发展较快、应用较广的新型食品设备与包装机械，对一些结构简单、工艺原理比较落后的设备，则未予编入。

本书的宗旨是，使读者通过学习本书，具备食品工业中常用设备的使用和操作能力，能判断、处理生产过程中发生的一般设备故障；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；能初步掌握食品机械设备安装与维修的一般技能；对于一般的设备或生产线，有一定的二次开发能力，可以配套设计较简单的非标准设备。

本教材由江苏省食品学校胡继强主编，无锡轻工大学王治老师主审。本书各部分的编写工作分工如下：第一、三、六、七、八篇由胡继强编写，第二篇由山东省轻工业学校王国栋编写，第四篇由江苏省食品学校安静、胡继强编写，第五篇由广州轻工业学校揭广川编写。

本教材在编写过程中，得到了有关学校、出版社及本专业建设指导委员会的领导及工作人员的大力帮助和支持，谨在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中定会存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

编者

1999年6月

中等专业学校教材

《食品工艺学》(上)	22.50 元
《食品工艺学》(中)	14.00 元
《食品工艺学》(下)	12.50 元
《食品工厂设计概论》	7.85 元
《食品专业英语选读》	14.00 元
《环境保护概论》	9.00 元
《食品化学》	19.80 元
《发酵食品工艺学》	28.00 元
《食品微生物学》	21.00 元
《食品工厂设备》	43.00 元
《食品分析》(修订版)	27.00 元

中国轻工业出版社即将修订出版的教材

《环境保护概论》(修订版)	1999 年秋季
《食品微生物学》(修订版)	2000 年秋季
《饮料生产工艺学》	2000 年秋季
《冷冻食品工艺学》	2000 年秋季
《方便与休闲食品工艺学》	2000 年秋季
《焙烤食品工艺学》	2000 年秋季
《罐头生产工艺学》	2000 年秋季
《乳制品生产工艺学》	2000 年秋季

目 录

第一篇 食品机械与设备概论

第一章 食品机械的分类	2
第一节 食品机械的分类	2
第二节 食品机械的技术经济指标	2
第三节 食品机械的设计要求	4
第二章 食品机械设备常用材料	6
第一节 食品机械设备对材料的一般要求	6
第二节 食品机械设备中的金属腐蚀	7
第三节 食品机械设备常用的金属材料	9
第四节 食品机械设备常用的非金属材料	10

第二篇 通用机械与设备

第一章 输送机械与设备	15
第一节 输送机	15
第二节 气力输送设备	29
第二章 粉碎机械	36
第一节 概述	36
第二节 锤式粉碎机	37
第三节 辊式磨粉机	39
第四节 其他粉碎机械	43
第三章 搅拌机械	45
第一节 概述	45
第二节 搅拌器	45
第三节 搅拌机的功率计算	54
第四章 制冷设备	56
第一节 概述	56
第二节 蒸气压缩式制冷	59
第三节 制冷剂与载冷剂	63
第四节 制冷压缩机	66
第五节 冷凝器与蒸发器	77
第六节 膨胀阀	81

第三篇 罐头机械与设备

第一章 概述	84
第二章 制罐机械	88
第一节 概述	88
第二节 切板机	89
第三节 制盖机械	91
第四节 电阻焊制罐机械	96
第五节 空罐检漏设备	104
第三章 物料加工设备	106
第一节 分级分选机械	106
第二节 切割与破碎机械	112
第三节 预煮机械	115
第四节 肉糜加工机械	119
第四章 排气与杀菌设备	121
第一节 排气及其设备	121
第二节 杀菌设备概述	122
第三节 间歇式杀菌设备	123
第四节 连续式杀菌设备	130
第五节 杀菌锅主要工艺计算	140

第四篇 乳品机械与设备

第一章 乳品生产设备流程举例	145
第二章 牛乳的初加工设备	147
第一节 牛乳的分层机理与分离原理	147
第二节 牛乳的净化及其设备	150
第三节 牛乳的分离及其设备	151
第四节 标准化设备	153
第三章 均质机	157
第一节 概述	157
第二节 均质机械	159
第四章 牛乳的预热与杀菌设备	162
第一节 概述	162
第二节 杀菌设备	163
第五章 真空浓缩设备	166
第一节 概述	166
第二节 连续式真空浓缩设备	167
第六章 喷雾干燥设备	171

第一节	概述	171
第二节	喷雾干燥设备	176
第三节	喷雾干燥设备的组成	181

第五篇 焙烤食品机械与设备

第一章	设备流程举例	186
第一节	饼干生产设备流程	186
第二节	面包生产设备流程	187
第二章	调和与辊压机械	188
第一节	调和机械	188
第二节	辊压机械	195
第三章	成型机械	198
第一节	饼干成型机	198
第二节	面包整形设备	207
第三节	蛋卷成型机	210
第四章	焙烤设备	214
第一节	加热原理与加热元件	214
第二节	烤炉的分类	217
第三节	带式饼干烤炉的结构	219
第四节	饼干冷却与整理机械	225
第五章	方便面生产设备	229
第一节	概述	229
第二节	方便面生产设备	230
第六章	挤压膨化食品生产设备	238
第一节	挤压膨化食品的生产设备流程	238
第二节	食品挤压膨化的原理	239
第三节	螺杆挤压机	241

第六篇 饮料机械与设备

第一章	洗瓶机	247
第一节	概述	247
第二节	常用洗瓶设备	248
第二章	水处理设备	252
第一节	净化设备	252
第二节	软化除盐设备	261
第三节	消毒设备	272
第三章	果汁生产设备	276
第一节	压榨机	276

第二节 过滤机·····	280
第三节 均质与杀菌设备·····	286
第四章 糖浆调配设备·····	290
第一节 概述·····	290
第二节 溶糖设备·····	290
第三节 调和设备·····	291
第五章 碳酸化设备·····	297
第一节 碳酸化器·····	297
第二节 碳酸化联合机·····	301

第七篇 食品包装技术与机械

第一章 食品包装技术·····	304
第一节 食品包装的基本要求·····	304
第二节 食品包装材料·····	305
第三节 食品包装技术·····	307
第二章 薄膜包装机械·····	309
第一节 热收缩包装技术与设备·····	309
第二节 真空与充气包装机械·····	313
第三节 贴体包装机械·····	314
第四节 高压蒸煮袋包装·····	315
第三章 液体灌装机械·····	317
第一节 概述·····	317
第二节 灌装机的主体结构及工作原理·····	319
第三节 灌装机基本参数·····	329
第四章 封口机械·····	333
第一节 概述·····	333
第二节 典型刚性容器封口机械·····	335
第三节 封口装置·····	340
第五章 贴标机械·····	350
第一节 概述·····	350
第二节 常用贴标机·····	350

第八篇 设备安装与维修技术基础

第一章 设备基础与设备安装·····	359
第一节 设备的基础·····	360
第二节 设备安装前的准备工作·····	362
第三节 设备的安装·····	364
第二章 设备维修·····	370

第一节 磨损及其规律.....	370
第二节 润滑剂.....	373
第三节 零件修理的常用方法.....	374
第三章 典型食品机械设备的安装与修理.....	378
第一节 塔类设备的安装与修理.....	378
第二节 离心泵的安装与修理.....	382
第三节 活塞式压缩机的安装与修理.....	389
参考文献.....	393

第一篇 食品机械与设备概论

食品机械与设备是指把食品原料加工成食品（或半成品）的一类专业机械与设备。

食物是人类赖以生存、繁衍和社会发展的物质基础，在人类生活中占有特殊重要的地位。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，而要求食用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，这些食品可以满足人们不同年龄、职业、健康状况和不同饮食习惯的消费者的需要。

我国食品工业 20 世纪 90 年代以来有了较大的发展，人民生活水平提高很快。我国食品资源丰富，市场广阔，食品工业是永不衰败的工业。

食品机械是食品的工业化生产过程中的重要保障。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。

我国食品机械工业起步较晚。只是在近 20 年来，随着对外开放的深入和国家经济的迅速发展，食品机械的品种、产量和产值都在大幅度增加。目前，国内从事食品机械开发与生产的企业有上千家，品种也发展到几千种。此外，由于引进技术和装备，促进了国内技术水平的提高，缩小了和世界先进水平之间的差距。

食品机械加工处理的原料和生产产品的品种很多，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，物料的物理和化学形态也与一般机械所处理的大不一样，既有固相、液相和气相，还有各种质地不同的粉粒料；柔韧的工艺、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，工艺要求各不相同。

食品机械生产中所涉及的知识面十分广泛。技术人员既要掌握一般机械的共性，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，只有在此基础上，才能研究、设计、制造和选用比较完善的、适用的食品机械。

当前在各类机械与设备中已经离不开微电子技术，所以在食品机械生产中也不例外。各种机械设备都要向机电一体化方向发展，利用微电子技术对生产过程进行检测和监控，这不仅是提高劳动生产率的手段，同时也能保证产品的质量和卫生条件的改善。

第一章 食品机械的分类

第一节 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，因此食品工厂的机械设备的品种也是十分繁杂的。我国目前尚未制定食品机械分类标准，各部门根据工作方便常有不同的分类方法。

一、按原料或生产产品分类

按原料或生产产品分类即按所用原料或产成品进行的分类，如制糖机械、豆制品加工机械、焙烤食品机械、乳品机械、果蔬加工和保鲜机械、罐头食品机械、糖果食品机械、酿造机械、饮料机械、方便食品机械、调味品和添加剂制品机械、炊事机械等。

二、按机械设备的功能分类

按机械设备的功能分类一般可分为筛分与清洗机械、粉碎和切割机械、混合机械、分级分选机械、成型机械、多相分离机械、搅拌及均质机械、蒸煮煎熬机械、蒸发浓缩机械、干燥机械、烘烤机械、冷冻和冻结机械、挤压膨化机械、计量机械、包装机械、输送机械、泵、换热设备和容器等等。

综上所述，从研究、设计和制造的角度看，以上两种分类方法对生产的发展都有一定的指导意义。我们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，在技术上以局部突破带动全面发展。

本书在设备分类体系上兼顾了上述两种情况，并以加工原料和产成品类型为主，进行设备分类，以适应现代职业技术教育培养目标中对于生产线和岗位群的要求。

第二节 食品机械的技术经济指标

任何机械设备在工业化生产中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，就形成了我们研究、设计和使用新的食品机械的指导思想。归根到底，就是要力求用最低的成本制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

如一台饼干成型机每单位时间（小时）内可以成型多少饼干。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配置并完成某一特定工作，例如饼干生产线中就由配料、混合、搅拌、成型、烘烤、包装等设备组成，中间还有各种类型的输送及辅助设备。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，而另一部分则处于高负荷，甚至超负荷运行的状态。通常整个生产流水线的生产能力只能以其中的生产能力最低的一台（或一个环节）设备为基准。

机器技术的先进与否，并不单纯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，还要考虑食品安全贮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。所以食品机械的最合理规模，必须要根据需求做具体的分析。

食品生产的参数往往多变，所以生产能力也通常允许在一定范围内调节。设备生产能力的调节方式是多种多样的，一般采用调速电机是比较方便的，这也是生产线调速技术的发展方向。

二、消耗系数

消耗系数是对设备生产每单位产品所耗费的原材料及能量的一种度量指标。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。例如食品生产中常用的蒸发、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、设备性能价格比

机器设备的价格影响到食品生产企业投资的大小。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，生产过程稳定，能确保产品高质量，易于实现自动控制，则在进行全面经济分析后，即使较高的价格也是可行的。比如：近年来进口的一些国外先进的食品机械设备，价格虽然昂贵，但是大部分可以取得较好的经济效果。

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，因为随着科学技术的发展，有时即使设备寿命未到，也必须加以更新，以便在技术经济上获得更加合理的收入。

因此，我们在选用设备时，必须全面关注科学技术的发展和设备更新的趋势，合理确定特殊设备的使用寿命，在此基础上选择其性能价格比高的机械设备。

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，但综合管理费用反而可能降低。

必须注意的是，高度自动化的机器设备所需的管理人员数量虽少，但是对管理人员的素质要求却高得多。

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。

第三节 食品机械的设计要求

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化学和物理性质、食品工艺过程和有关的工程问题，还需要了解人机工程以及造型设计等知识。

本书不以机械设计为重点，但通过了解食品机械的基本设计要求，可以对我们进行设备选型、操作和维护起一定的指导作用。

一、满足既定的食品工艺要求，反映工艺的适用性和先进性

任何机械设计首先必须符合功能要求，要保证以一定的运行速度生产一定高质量的产品，产品的质量要求必须保持均一性和稳定性。

食品机械通常要求能够生产不同品种和规格的产品，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，一条饼干生产线应能够配换各种饼干成型印模，可以变换烘烤时间和烘烤温度。一台封罐机通过必要的调整，应可以完成对不同规格罐型的封口。

机器的设计所提供的改变生产条件的可能性，为我们选择和使用相应的生产设备提供了方便。

二、机械结构的合理性、可靠性和耐久性

机械结构的合理性包括制造和装配关系、传动方式的选择以及便于操作维修等。在满足功能要求的前提下，力求简化机械结构。

机器的可靠性和耐久性是不可分割的概念，它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等。正确确定机器零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。

必须指出的是：零部件的寿命并不是指开始工作到破坏的时间，而是在即将不能保持其规定性能时，即认为是其寿命中止。因此，不能等到机械发生损坏再去更换或维修。

三、机器的能耗

一般机械的能耗常常反应在机械的传动效率上。而在食品机械中，大量能量是用来处理和改变食品的形态和性能，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切割和减小物料的形体尺寸。除此之外还必然有部分能量变成摩擦热损耗于机器或环境中，成为热损失。

我国不是一个能源充裕的国家，节省能源（包括电能、热能等），提高能源（特别是天然能源和廉价能源）的利用率，也是设计机器要考虑的因素之一。

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，以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，现已大多数改为气压传动。

第二章 食品机械设备常用材料

食品机械中广泛使用各种材料,除金属和合金材料外,还利用木材、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。

第一节 食品机械设备对材料的一般要求

设备中与食物介质相接触的部分,要求:①对食品必须无害,不污染食品;②不受或少受接触介质的破坏,藉以延长使用寿命。

一、机械性能

食品机械一般属于轻型机械,零部件受力较小。尽管由于轻型机械要求尽量降低整机及零部件的重量和体积,但对材料的机械性能要求并不降低,除了强度、刚度和硬度等要求以外,还增加了一些其他的要求。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,这就要从疲劳强度来要求机件的性能。如锤式粉碎机中的锤片与分切机中的刀片等零件对材料的耐磨性和硬度就有极高的要求。而食品挤压机的螺杆和套筒是在 200MPa 高压和 200℃ 左右的高温下工作,因此不仅要有较高抗扭强度、耐磨强度和较高的抗蠕变能力,还必须考虑其材料在高温或低温下的机械性能。

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:密度、比热容、导热系数、软化温度、线胀系数、热辐射波谱、磁性、表面摩擦特性、抗粘着性等。在不同的使用场合,要求材料有不同的物理性能,如传热装置要求有较高的导热系数,食品的成型装置则要有较好的抗粘着性,以便脱模。

三、耐腐蚀性能

食品机械所接触的食品物料一般都带有酸性或弱碱性,有些物料本身就是酸类或碱类。这些物料对许多金属都有腐蚀作用。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。

食品机械因材料选择不当而遭受腐蚀,不仅损坏机器,更重要的是造成食品污染。如某些金属离子溶出进入食品中,会有损于人体健康,也会破坏食品的风味和营养。

食品机械设备的耐腐蚀程度决定于:①材料的化学性质和表面状态以及受力状态;②物料介质的种类,浓度和温度等参数。

食品机械材料的机械物理性能和化学性能有时会发生矛盾,难以十全十美,所以可