




普通高等教育食品类专业“十二五”规划教材
高等学校食品类国家特色专业建设教材

食品机械与设备

SHIPIN JIXIE YU SHEBEI



张佰清 李 勇◎主编

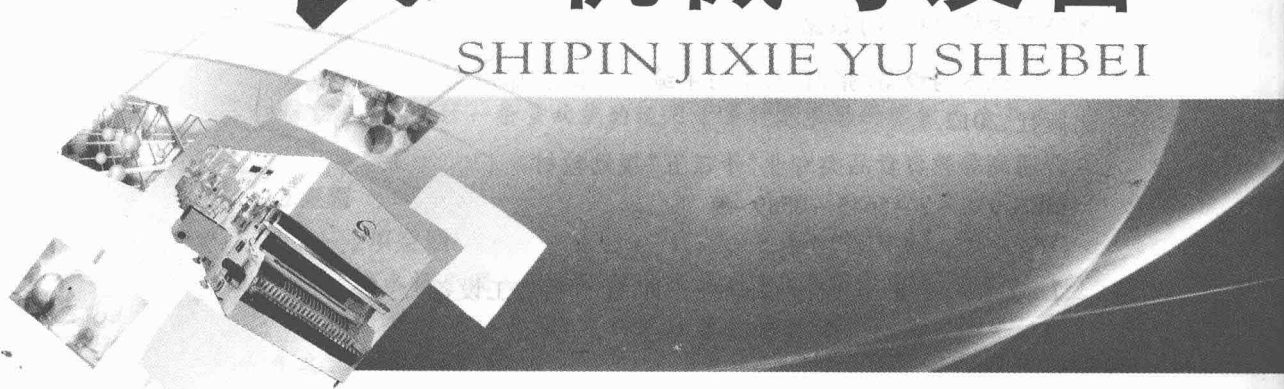
 郑州大学出版社



普通高等教育食品类专业“十二五”规划教材
高等学校食品类国家特色专业建设教材

食品机械与设备

SHIPIN JIXIE YU SHEBEI



常州大学图书馆
藏书章

张佰清 李 勇◎主编



郑州大学出版社
郑州

内容提要

本教材系统介绍了现代食品工业常见机械设备的基本工作原理、基本结构、性能特点、选型及操作要点等方面的内容。本书共分 15 章,以单元操作进行分章,并附有大量图片,以帮助理解。教材编写针对该专业特点,重视实际应用,对设计能力的培养未做重点要求。本书既是食品机械专业方向本科学习教材,也可作为该领域工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

食品机械与设备/张佰清,李勇主编. —郑州:郑州大学出版社,2012.1

普通高等教育食品类专业“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5645 - 0589 - 9

I. ①食… II. ①张… ②李… 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 189329 号

郑州大学出版社出版发行

郑州大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

新乡市凤泉印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:25.75

字数:629 千字

版次:2012 年 1 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

印次:2012 年 1 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 5645 - 0589 - 9

定价:42.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换



Food 编写指导委员会

(按姓氏笔画排序)

- 王茂增 河北工程大学农学院副教授
艾志录 河南农业大学食品科学技术学院教授
刘全德 徐州工程学院食品生物工程学院副教授
刘延奇 郑州轻工业学院食品与生物工程学院教授
孙俊良 河南科技学院食品学院教授
朱 珠 吉林工商学院食品工程分院教授
权伍荣 延边大学农学院食品科学系教授
张凤宽 吉林农业大学发展学院生物食品学院教授
张进忠 安阳工学院生物与食品工程学院教授
李新华 沈阳农业大学食品学院教授 博导
汪东风 中国海洋大学食品科学与工程学院教授 博导
肖安红 武汉工业学院食品科学与工程学院教授
邵秀芝 山东轻工业学院食品与生物工程学院教授
陆启玉 河南工业大学粮油食品学院教授 博导
陈从贵 合肥工业大学生物与食品工程学院教授
岳田利 西北农林科技大学食品科学与工程学院教授 博导
侯玉泽 河南科技大学食品与生物工程学院教授
胡耀辉 吉林农业大学食品科学与工程学院教授 博导
章超桦 广东海洋大学食品科技学院教授 博导
蔺毅峰 运城学院生命科学系教授
阚建全 西南大学食品科学学院教授 博导



Food
本书作者

主 编 张佰清 李 勇

副主编 陈厚荣 张 剑 段 续

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马凤鸣 刘天植 刘华英

齐祥明 牟忠勤 孙培清

苏世彦 李 勇 李 斌

李素云 宋 慧 张 剑

张光杰 张佰清 陈厚荣

段 续 高振鹏



近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还不能完全适应经济社会发展的需要,迫切需要进一步深化高等学校教育教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质创新型人才的需要。为此,国家实施了高等学校本科教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革、全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

专业建设、课程建设和教材建设是“质量工程”的重要组成部分,是提高高等教育教学质量的关键。“质量工程”实施以来,在专业建设、课程建设方面取得了明显的成果,而教材是这些成果的直接体现,同时也是深化教学内容和教学方法改革的重要推动力。为此,教育部要求加强新教材和立体化教材建设,提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,在教育部食品科学与工程专业教学指导委员会的指导下,在全国范围内,对食品类专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,组织全国二十余所学校召开了食品类专业教育教学研讨会、教材编写论证会,组织学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来食品类专业教育教学经验和成果,特别是各校特色专业建设成果,编写了本套系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对食品类专业教育教学改革和教育教学质量的提高起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

编写指导委员会

2010年11月



食品工业的发展不仅促进了食品机械品种和数量的增长,也使食品机械技术水平不断提高,一些新技术被逐步运用到食品机械中,例如微波技术、速冻技术、真空压力技术、膜分离技术、挤压膨化技术、超微粉碎技术等,客观上要求教材要与时俱进。

食品机械与设备,作为食品科学与工程专业的骨干专业课程之一,对于培养在食品机械专业方面具有理解和实践运用能力的工程技术人才具有重要的作用,为此我们联合二十余所院校合作编写了这部教材。

本教材系统介绍了现代食品工业常见机械设备的基本工作原理、基本结构、性能特点、选型及操作要点等方面的知识和技能。教材以单元操作进行分章,并设置了大量附图,以帮助理解。针对该专业特点,编写中重视实践应用,对设计能力培养未做重点。

为便于学生自学,在各章之后设有小结、思考题和自测题,以供参考。食品机械设备类型众多,工作特点及加工对象繁杂,因此,在本课程的学习过程中必须注意与工程力学、机械基础、食品工程原理、食品工艺学等方面知识的结合。

本教材编写具体分工如下:沈阳农业大学张佰清编写第1章,安阳工学院张光杰编写第2章,西南大学陈厚荣编写第3章,河南农业大学张剑编写第4章,河南科技学院李斌编写第5章,中国海洋大学齐祥明编写第6章,徐州工程学院李勇、宋慧和上好佳中国有限公司牟忠勤合编第7章,西北农林科技大学高振鹏编写第8章,河南科技大学段续编写第9章,张佰清、沈阳农业大学刘天植合编第10章,东北林业大学马凤鸣编写第11章,郑州轻工业学院李素云编写第12章和第13章,李勇、宋慧、上海均瑶集团苏世彦合编第14章,刘天植、李勇、段续、陈厚荣、高振鹏、张剑、上海鲁和机械有限公司孙培清、塔里木大学刘华英合编第15章。全书最后由张佰清统稿。

在本书编写过程中,得到了郑州大学出版社的大力支持和指导,一并表示感谢。

本书中存在的疏漏及错误之处,敬请专家和读者批评指正。

编者

2011年7月



Food

目录

第1章	总论	1
1.1	食品机械设备的的作用、特点、选型	2
1.2	食品机械设备的制造材料	5
1.3	食品机械设备的结构要求	9
第2章	物料输送机械与设备	13
2.1	固体物料输送机械与设备	14
2.2	液体物料输送机械与设备	29
2.3	可压缩流体输送机械与设备	41
第3章	清洗机械与设备	50
3.1	原料清洗机械	51
3.2	包装容器清洗机械	56
3.3	CIP系统	60
第4章	分选分离机械与设备	67
4.1	分选机械与设备	68
4.2	离心分离机械	78
4.3	过滤设备	84
4.4	压榨机械	88
4.5	去皮核分离机械	91
第5章	粉碎机械与设备	100
5.1	粉碎机	101
5.2	切割碎解机械	114
第6章	混合均质机械与设备	119
6.1	液体搅拌与混合机械与设备	120
6.2	粉体混合机械与设备	126
6.3	搅拌混合与捏合机械与设备	131
6.4	均质机械与设备	136
第7章	加热、熟制和焙烤机械与设备	143
7.1	热交换器	144
7.2	热处理机械与设备	151
7.3	油炸设备	156
7.4	电加热设备	161
第8章	浓缩设备	171
8.1	真空蒸发浓缩设备	172
8.2	真空蒸发浓缩系统的辅助设备	186
8.3	冷冻浓缩设备	189
第9章	干燥机械与设备	196

9.1	概述	197
9.2	对流型干燥设备	199
9.3	传导型干燥设备	214
9.4	冷冻干燥设备	217
9.5	辐射加热干燥设备	222
9.6	粮食干燥设备	225
9.7	热泵干燥设备	227
第 10 章	成型机械与设备	230
10.1	饼干成型机	231
10.2	挤模成型设备	238
10.3	注模成型设备	240
10.4	面包成型设备	242
10.5	包馅机械	243
10.6	挤压膨化设备	247
第 11 章	杀菌机械与设备	252
11.1	实罐杀菌机械设备	253
11.2	液体食品杀菌处理系统	263
11.3	新型杀菌装置	275
第 12 章	冷冻机械与设备	286
12.1	制冷机械设备	287
12.2	食品冷冻冷却设备	305
12.3	食品冷藏链设备简介	313
12.4	食品解冻设备简介	319
第 13 章	生化工程设备简介	324
13.1	概述	325
13.2	发酵设备	326
第 14 章	食品包装机械与设备	339
14.1	灌装机械与设备	340
14.2	固体物料的充填机械与设备	345
14.3	瓶罐封口机械设备	351
14.4	袋装食品包装机械	354
14.5	无菌包装机械设备	366
14.6	贴标、喷码与异物检出机械简介	372
第 15 章	典型食品生产线	376
15.1	果蔬制品生产线	377
15.2	肉制品生产线	380
15.3	乳制品生产线	384
15.4	糖果制品生产线	387
15.5	软饮料生产线	390
15.6	烘焙与方便食品生产线	394
15.7	植物油生产线	398
参考文献	404

本教材主要面向食品专业学生,按食品加工的操作单元对食品机械设备的结构、原理、使用、配套与选型进行了系统的论述。其主要内容覆盖了物料的输送、清洗、分离、粉碎、浓缩、成型、杀菌、冷冻、包装等操作单元,最后对典型的食品生产线的设备配置、生产流程等进行了简要阐述,使学生对食品机械设备在生产中的应用有一个整体概念。

食品机械设备是食品专业学生必修的专业课,通过课程的学习,要求学生掌握设备结构、用途、工作原理、特点、选型以及简单的设计方法。了解和掌握食品机械的基本知识是掌握好食品加工技术的基础,同时通过工艺与机械相结合,使同学们具有一定的机械设备选型和常用设备使用与维护的能力,这些知识为改进和设计新型的食品机械提供了理论基础。在学习过程中应着重掌握三条路线,即:

(1)动力路线:即动力传动的路线。

(2)物料流动的路线:即加工物料怎样进入机械又怎样流出的过程。

(3)辅助介质的流动路线:一些介质如水、蒸汽等的流动路线。

第 1 章

总 论



1.1 食品机械设备的的作用、特点、选型

1.1.1 我国食品机械工业发展概述

1.1.1.1 食品机械在我国食品工业中的地位和作用

食品工业是指在食品厂内,运用食品机械设备和科学操作方法,对食品原料进行加工,以提供人们食品为目的的工业门类。

食品工业具有产值高和规模大的特点,其产值在很多国家国民经济中均占第一位或第二位,我国食品工业目前排在机械工业和纺织工业之后,列第三位。食品工业的行业多,参照国际分类标准,我国的食品工业分为如下四个主要行业:食品加工业、食品制造业、烟草制造业、饮料制造业。其中食品加工业包括粮油加工业、饲料加工业、植物油加工业等;食品制造业包括糕点制造业、乳品制造业、罐头制造业、发酵制品制造业等;饮料制造业有软饮料制造业与制茶业,我国也将中成药制造业划入此行业。

食品工业的现代化水平,在很大程度上依赖于食品机械的发展及其现代化水平,离开了现代设备,现代食品工业就无从谈起。食品机械的发展历程与食品工业的发展过程密不可分。食品工业的发展需求推动和促进了食品机械的发展,而发展起来的食品机械反过来又为食品工业的发展提供技术支撑,使食品工业得以持续发展。食品机械与食品工业的这种相互依赖关系贯穿于食品机械和食品工业的全部发展过程。对食品加工生产能力要求的不断提高促进了大型以及高效的食品机械发展;对食品加工质量要求的提高促进了高精度和技术先进的食品机械发展;传统特色食品工业化生产要求的提出,促进了一些新型食品机械的发展。

食品机械设备是食品工业的重要组成部分,其作用有:①提高工效;②质量稳定,减少原材料的浪费;③防止污染,保证卫生;④取得手工难以达到的特殊加工效果,如千层酥的生产,4 mm 厚度内可加工出 96 层面皮。

食品工业的发展是设备和工艺共同发展的结果,新工艺需要借助新型设备来实现,设备的革新又可以促进工艺的改进和发展,使工艺与设备达到最佳配合是使整个食品工业迈向现代化的必要条件。现代食品工厂都是根据食品加工工艺要求、生产规模、资金等情况,选用相应的食品机械配套进行生产。

1.1.1.2 我国食品机械工业的现状

我国食品机械工业起步很晚,解放前几乎是一片空白,解放后以生产罐头、乳制品、糖等为代表的机械设备才得以快速发展。改革开放后我国食品机械行业得到了长足发展,取得了举世瞩目的成就,通过引进技术和设备缩短了与世界先进水平的差距。

20 世纪 80 年代前,我国食品机械的品种不足 500 种,主要用于粮油、饮料、酿造、糖果、乳品等加工,产品的空白点多,设备不成套,装备食品工业的能力较差。进入 20 世纪 80 年代,新产品大量涌现,经过“九五”期间的发展,我国食品机械产品达到 2 000 多种,已能不同程度地装备食品工业的 23 个行业。1997 年,食品机械工业总产值达 225 亿元,1998 年为 250 亿元,生产制造厂家据不完全统计有 4000 多家,形成了一定规模。又经过



“十五”期间的高速发展,到2005年我国食品和包装机械装备产品达到了近4000种,装备食品工业的能力大大提高。中国历年食品机械工业总产值(亿元)如下:

年份	1981	1986	1988	1990	1992	1994	1995	1996	1997	2000	2002	2005
产值	2.8	12.1	17.0	20	65	90.7	117	200	225	300	394	440

食品机械行业中已形成一批不仅能够满足国内市场的需要,而且能出口的优良产品,如方便面生产线、灌装生产线、胶体磨、饺子机等产品。

虽然我国食品机械工业有了长足的发展,但与国外先进技术水平之间还有较大差距。就产品质量而言,发达国家的食品机械产品无论在质量还是外观质量都远远超过我国的食品机械产品。我国机械产品往往存在制造成本高,各零部件使用寿命不一致,整机可靠性差的缺点;在外观设计上,不注重人体工学应用,使工人操作不便。发达国家重视高新技术的推广应用,如超微粉碎技术、超临界萃取技术、超高压灭菌技术、微波技术等。先进的生产装备是提高生产效率、降低能耗、保持食品营养成分和风味的重要保障。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,而我国在技术研发上投入不足,食品机械的科研与开发能力十分薄弱,大部分企业基本上没有自己的科研力量,科研投入平均不到销售额的1%。而且,科研院所和大专院校大部分的科研课题并没能转化为生产力,没有形成带动科研与生产紧密结合的技术进步力量与运行机制,也是影响我国食品工业发展的原因之一。

1.1.1.3 我国食品机械工业的发展趋势

虽然最近二十年来,我国食品机械工业实现了跨越式发展,取得了很多成果,但总体来说食品机械工业起步相对较晚,该行业的科研、设计、制造的基础比较薄弱,不能很好适应现代食品工业发展的需要,还有些问题亟待解决。

随着食品工业的深入发展,对食品机械的各种性能以及功能的要求会越来越高,如要求食品机械的机械化和自动化程度更高,运行的可靠度更高,生产率及效率更高。例如,需要研制光机电一体化新型食品机械,研制利用电磁场作用原理的食品分选设备,研制食品超高压加工设备,研制高效超细粉碎设备,研制高效节能的热处理与干燥设备,研制短时高电压脉冲杀菌设备,研制冷杀菌设备以及超声波均质机等。

目前,食品机械工业的基础理论研究亟待加强。食品机械加工的对象繁杂,形态各异,既有固体、液体、气体还有它们的混合物。对食品基本性质研究的不足严重制约了食品机械性能的提高。

食品机械行业还应积极运用现代化的机械设计方法。现代机械设计方法在当今得到快速发展,如优化设计、可靠性设计、有限元分析计算等方法已相当成熟和完善。在食品机械设计中广泛运用这些先进的现代机械设计方法与理论必将会提高食品机械的设计质量,缩短新产品的研制周期,提高设备的使用寿命以及降低设备成本。我国幅员辽阔,各地民间都有一些颇具地方特色的名、特、优小食品,长期以来这些食品均采用人工作坊生产方式,极大制约了其生产能力并难以保证产品质量以及食品卫生。为了使这些名优传统食品能实现工业化生产,必须开发研制相应的食品机械。这样,不仅可以使我国的传统食品实现大规模生产,还可以在此领域的国际机械市场上占据领先地位。

4 食品机械与设备

1.1.2 食品机械设备的分类、特点

1.1.2.1 食品机械设备的分类

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,尚无区分严格的食品机械分类方法。

(1)食品机械分类按照食品的种类和行业的不同,可以分为:粮油加工设备、果蔬保鲜与加工设备、畜禽产品加工设备、水产品加工设备、方便食品加工设备、饮料加工设备和食品加工中废弃物综合利用设备等。按照食品加工的单元操作的不同,可以分为:食品输送机械、食品清理与分选机械、食品粉碎机械、食品分离机械、食品混合机械、食品浓缩机械、食品干燥机械、食品杀菌机械、食品熟化机械、食品冷冻机械和食品包装机械等。

(2)1984年发布的中华人民共和国机械工业部标准(JB 3750-84),按照食品机械的功能、加工对象把食品机械分为专用加工机械和通用加工机械,共计28类。专用加工机械按加工对象或生产品种进行划分,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、屠宰和肉食加工机械、酿酒机械、果蔬保鲜机械、烟草机械、罐头食品加工机械,共18类。

通用加工机械按设备功能不同进行划分,包括:食品粉碎设备、食品混合和搅拌机械、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、热交换器和不锈钢食品槽罐,共10类。

近年来,随着食品加工业的发展,在每一个分支中均分化出了不少新的加工机械种类。例如,在分选机械中发展出了超临界萃取、纳滤、微波辅助萃取、超声辅助萃取等新的分选机械,在食品粉碎机械中新推出了气流粉碎、振动粉碎、球磨粉碎等超细粉碎设备。与此同时,不同行业的交叉又产生出一些新的行业,例如,粮食加工中的植物蛋白饮料、果蔬加工中的果蔬汁饮料、畜禽加工中液态奶等。这些工业的发展,形成了技术先进、产品便捷营养的饮料加工业,涌现出了一批专业从事饮料成套设备研发与生产的科研机构与企业。

1.1.2.2 食品机械设备的特点和要求

由于食品工业加工对象繁多,加工性质(物理的、化学的、生物的)和工艺不同,需求品种各异。因此,为满足生产要求,食品机械具有以下特点和要求:

(1)可保证食品工艺要求,如物料加工中的形状、颜色、香气、味道、温度、时间、营养、卫生等。

(2)机械化程度高,以降低劳动强度、改善工作条件,最好能采用自控系统,能够连续作业。

(3)生产效率高,在同样生产规模配套的机械中,能保证较高的生产效率。

(4)节省原料,成品率高,降低产品成本。

(5)耗能少。能量消耗是食品工厂中一项经常性的重要经费支出,所以要求食品设备应在同等生产规模的机械配套中消耗能量较小。

(6)工作性能好,适应性强。由于食品工厂生产的品种较多,要求机械设备易于调整,

调换模具容易,尽可能做到一机多用,减少食品厂的设备投资。

(7) 拆装容易,能在不同作业生产线上编组使用。能按季节变化,根据不同工艺流程要求更换机械设备。一般来说,单机的外型尺寸较小,质量较轻,容易分解组合,传动部分安装在机架上,便于移动。

(8) 操作简单,容易掌握,管理方便,安全可靠。

(9) 为了保证食品生产的卫生条件,食品机械设备应易于拆卸清洗。

(10) 由于食品机械设备和水、酸、碱接触机会较多,要求机械设备的材料应能防腐防锈,与产品直接接触部分的材料不能污染食品。电动机宜选择防潮式,自控元件也应具有良好的防潮性能。

1.1.3 食品机械设备选型的基本要求与原则

合理的设备选型是保证产品高质量的关键,因此,如何选用生产能力适宜、配套性强、通用性广的生产设备已成为食品加工厂建厂设计的重要内容,也是食品厂投产前要解决的首要问题。

食品厂是食品工业化生产的场所,在建设食品加工厂时,要根据加工任务,合理选择食品机械配套成线,加工出所需的食品。因此,在组建食品加工生产线配套设备时,应注意以下原则:

(1) 科学地确定合理的经济规模,选择投入最少、产出最多的最佳规模。

(2) 必须最大限度地保证实现食品加工工艺要求。

(3) 尽量在密闭、连续、自动化的生产线中进行食品原料的加工。

(4) 所有和食品原料接触的零部件都应该是防腐、防蚀的无毒材料。

(5) 成套设备操作简单,维修方便,具备自动清洗和消毒系统。

(6) 成套设备应包括对加工中废弃物、废水、废气的处理设备,提高原料的综合利用率,不污染环境。

(7) 成套设备的安装布局要注意采光、通风和温度适宜等要求。

(8) 车间入口应设有人身消毒杀菌设施。

1.2 食品机械设备的制造材料

食品机械中广泛使用各种材料,除金属材料外,还利用木材、陶瓷、搪瓷、玻璃、纺织品以及各种各样的有机合成材料。食品加工机械的部分材料常与食物介质相接触,为了避免对食品造成污染,须满足一定要求,这也是食品机械选材与一般机械选材的主要区别。

1.2.1 食品机械设备用材要求与性能

1.2.1.1 机械的可靠性

机械的可靠性是指机械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能力。它与机械的整体结构及零件的强度、刚度、耐腐蚀性、抗震性等因素有关。在机械设计与制造中,可靠性是一项不可忽视的重要指标。食品机械设备往往需要配置在自动化、连续化的生产线上,如果某一个环节出现故障,就将导致整条生产线的停产,不仅影响

6 食品机械与设备

生产效率,还有可能导致所投入的原料全部报废。

在机械设备选材时,须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。必须指出: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,即认为其寿命终止。因此,不能等到发生损坏再去维修,而应按时做好机械的维护和保养。

1.2.1.2 机械的卫生要求

这是食品机械区别于其他机械的基本特征之一。食品机械中与食品物料直接接触的零部件,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,结构中不允许有任何清洗不到的死角,以避免物料的积存,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械有不同的要求,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。设备中与食品介质相接触的部分,对食品必须无害,不污染食品。

1.2.1.3 材料的制造工艺性

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。例如焊接件的材料就要有良好的焊接性能;而要求表面硬度高的零件要有良好的热处理性能;食品的成型设备应具有较好的抗黏着性,以便脱模。

1.2.1.4 材料的耐腐蚀性

食品机械所接触的物料一般都具有酸性或碱性,有些物料本身就是酸类或碱类物质。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。如某些金属离子溶入食品中,不仅有损于人体健康,也会破坏食品营养和风味。

材料选择的最低要求是:凡与食品直接接触的零部件所用材料务必耐腐蚀,使用较多的是各种不锈钢和无毒塑料。对于腐蚀的防护,通常也可以对材料进行耐蚀抗磨的表面处理,即对食品机械的零部件进行喷涂、涂装以及电镀、刷镀等表面处理。其中电镀和刷镀在食品机械上的应用较少。

喷涂主要是指热喷涂,它以金属、塑料或陶瓷等粉末通过火焰,以半熔融状态吹附到工件表面,形成具有耐蚀、耐磨等特性的涂层。我国食品机械行业正在开发聚四氟乙烯的喷涂工艺。

涂装是在金属表面用手工或用简单器械涂上涂料,使之干燥硬化,形成连续的涂层,将金属表面与外界隔绝,达到防蚀、装饰的目的。对一些不与食品介质直接接触的部件,如机架等可用涂装材料代替,从而降低设备的成本。

1.2.1.5 材料的物理性能

食品机械的性能常常和材料的物理性能有关。包括材料的相对密度、比热容、导热系数、软化温度、线膨胀系数、热辐射波谱、磁性、表面摩擦特性、抗黏着性等。不同的使用场合要求材料有不同的物理性能,例如,传热装置要求材料有高的导热系数。

1.2.2 食品机械中常用的材料

食品的污染可以分为原料本身的污染、加工过程中的污染与产品包装容器的污染三个部分。上述污染中,侧重考虑机械设备和包装材料的污染,在选用机械设备和包装材料时,应予充分注意。

在金属污染中,汞(Hg)、铜(Cu)、铅(Pb)三种元素属于常见的有毒金属;砷(As)、硒(Se)、锑(Sb)三种元素属于有毒准金属,其毒性程度由它们存在的化学形态决定;其余的铁(Fe)、铜(Cu)、锌(Zn)、锰(Mn)等元素,则根据它们的含量和对加工工艺的影响来衡量。例如,单宁遇铁盐变黑色、与锡长时间加热呈玫瑰色;黄酮类的槲皮素与铁盐作用呈深棕色,与铝盐作用呈鲜黄色;花青素与铁、锡、铜等金属化合变蓝色、蓝紫色或黑色,又能形成沉淀等。

非金属物质对食品的污染主要根据它们被食品溶解后的毒性来确定。

1.2.2.1 金属材料

(1)普通碳钢 主要是A3碳素钢,它的价格低廉,容易制造,是广泛采用的一种结构材料。其成分除铁外,还含有少量的碳、锰、硫、磷、硅等元素。这种钢在多数食品介质中耐腐蚀性较弱,多用于不与食品直接接触的机械设备、管道、容器等处。与食品直接接触的部件,必须采用电镀、覆防腐层的方法进行保护。

(2)铸铁 铸铁包括有灰铸铁、高硅铸铁、球墨铸铁。灰铸铁的耐腐蚀性与普通碳钢相近,它的来源广、价格低,铸造与加工较容易,常用于无特殊要求的机械设备,如机座、容器和干线水管等。

(3)不锈钢 由于不锈钢具有耐腐蚀、强度好、表面光亮美观的特点,在国内外的食品机械设备中广泛采用。

马氏体型不锈钢含碳量高,淬透性好,有较高的硬度和耐磨性,主要用于要求较高强度和硬度而腐蚀性不太强的场合,如阀门、弹簧、刀片、泵轴等。在我国的牌号有:1Cr13、Cr13、3Cr13、4Cr13、1Cr17Ni2等。铁素体型不锈钢一般不能用热处理强化,主要用于氧化性的腐蚀介质,如机械外壳、工作台面、管道、贮槽等,在我国的牌号有:0Cr13、1Cr17、0Cr17Ti、1Cr17Ti、1Cr28等。奥氏体型不锈钢不能淬火强化,塑性、韧性及工艺性能良好,一般用于腐蚀性较强的介质中,如机械设备零件、设备衬里、管道等。在我国的牌号有:0Cr13Ni10、1Cr18Ni9、0Cr18Ni9Ti、1Cr18Ni9Ti等。

不锈钢中的铬有较高的耐蚀性和钝化能力,当存在氧化剂时,能够形成保护膜。它将这种性能传给了铁铬合金,因而铬钢在大气、湿蒸汽、一定浓度的硝酸及醋酸溶液、碱溶液中具有较好的稳定性。在奥氏体不锈钢中由于有镍的成分,它比铁铬合金钢具有更高的耐蚀性,在所有食品介质中几乎都具有较高的热稳定性和耐蚀性,而且镍的化合物不影响食品的味道和颜色,所以许多食品机械设备都用铬镍不锈钢制造。但镍属于贵金属,价格较高。

不锈钢也并非绝对不锈,例如与碳或石墨接触时,就会产生大电池作用而遭到腐蚀。当介质中有氯离子存在时,即使是铬镍钼钢也会受到腐蚀,在使用中也要注意保护。

(4)铝 铝在食品工业中应用也较广。它的特点是密度小、塑性好、导电性和导热性都很好,具有优良的耐腐蚀性能,在多数食品介质中表现稳定。在食品机械设备中常用铝

8 食品机械与设备

制造机壳、贮器、管道、易拉罐、铝箔及喷覆外表等。

铝的抗腐蚀性是由于表面形成紧密的氧化膜 Al_2O_3 而钝化的结果,一般在空气中自然形成的氧化膜只有 $0.2\ \mu\text{m}$ 厚,若利用阳极氧化处理,可使氧化膜增加到 $20\ \mu\text{m}$,大大提高了抗腐蚀能力。高纯铝对浓硝酸、磷酸、醋酸和硫化钠、氨水以及许多有机介质都很稳定,在质量分数为 80% 的浓硝酸中,耐蚀性比不锈钢好。但铝的氧化膜容易溶解在非氧化性的酸和碱中,在浓硫酸中溶解速度也很大,氯化物和其他卤素化合物也破坏铝的保护膜,特别在铝含有正电性金属(铜、铁)杂质时,会大大降低耐蚀性。

(5) 铜和铜合金 纯铜亦称紫铜,其特点是导热系数高,常被用作导热材料,可以制造换热器。纯铜加工性能好,对许多食品介质都具有耐腐蚀性能,能对抗空气和淡水的腐蚀,对中性溶液及流速不大的海水都具有抗腐蚀性能。对于一系列的有机化合物,如醋酸、柠檬酸、草酸和甲醇、乙醇等醇类,铜都有好的抗蚀稳定性。但当处理介质中存在氨、硫化氢以及氯化物时,铜的腐蚀会加快,因此其对无机酸、硫化物都不耐蚀。

铜制设备和容器不适于加工和保存乳制品,含极少量铜的乳制品也会带有异味,奶油会很快酸败,加热时也会加快氧化。铜对维生素也有影响,极少量的铜也会使维生素 C 快速分解。因此,生产果蔬汁时,忌用铜制设备。

青铜是常用铜合金,是在铜中加入锡、铝、锰、硅等以调整其性能,以上这些成分对食品无害。食品机械中主要用锡青铜,也可用铝青铜和硅青铜,含有铅和锌的青铜不允许和食品接触。

1.2.2.2 非金属材料

(1) 塑料 塑料是以合成树脂为主要成分的有机高分子材料,在适当的温度和压力下,能塑造成各种形状的制品。它具有质轻、绝缘、减摩耐磨、自润滑、耐腐蚀、美观等特点,而且成型工艺简便、生产效率高,在食品机械设备制造中得到了广泛应用。接触食品的塑料应无毒无味,不与食品产生化学反应,不影响食品的色、香、味、营养和质量。一般常见的塑料有聚烯烃、聚氯乙烯、氟塑料、聚甲醛、聚氨脂、聚酰胺树脂、环氧树脂等,分别用于食品机械设备中的外壳、容器、管道、阀门、运输装置、各种机械零件(如辊子、轴承、齿轮、蜗轮、把手等)和密封件(如垫片、填料、活瓣等)的制造。

聚烯烃:包括聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)等。改性聚苯乙烯就是一般称为 ABS 的工程塑料,其优点为无毒、无臭、坚韧、质硬、刚性好,在低温条件下抗冲击,机械性能较好,使用温度范围大,从 $-40\ ^\circ\text{C}$ 低温到 $100\ ^\circ\text{C}$ 高温均适用。

聚碳酸酯(PC):有优良的工程性能,密度 $1.2\ \text{kg}/\text{m}^3$,聚碳酸酯的重要机械特性是刚而韧,成型收缩率恒定为 $0.5\% \sim 0.7\%$,线膨胀系数低。聚碳酸酯的最高使用温度可达 $135\ ^\circ\text{C}$,热变形温度为 $135 \sim 143\ ^\circ\text{C}$,当用玻璃纤维增强后,热变形温度可提高到 $150 \sim 160\ ^\circ\text{C}$ 。在食品机械中,聚碳酸酯常用来制造需要承受冲击荷载的食品模具和托盘。例如饼干机上的冲压模和辊印模巧克力浇铸成型托盘等,也用来制造各种饮料器具、容器、离心分离管、系叶轮等。

用环氧树脂、酚醛树脂、呋喃树脂等作黏合剂,以玻璃纤维和玻璃纤维布为增强材料,在一定温度压力条件下,可以使树脂固化制成玻璃钢。它既耐蚀,比强度又高,是容易成型的一种新型非金属防腐蚀材料,除可单独使用制造容器、贮槽、发酵罐、管道、阀门外,还可以做防腐衬里,能大量节省不锈钢、钢等。