



普通高等教育“十三五”规划教材


食品科学与工程专业主干课程



# 食品工厂 机械与设备

(第二版)

主编 许学勤



MACHINE AND EQUIPMENT  
IN FOOD FACTORY  
(SECOND EDITION)



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

普通高等教育“十三五”规划教材  
2009年度中国轻工业联合会科技优秀奖

# 食品工厂 机械与设备

(第二版)

主 编 许学勤

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

食品工厂机械与设备/许学勤主编. —2 版. —北京: 中国轻工业出版社, 2018. 11

ISBN 978 - 7 - 5184 - 2020 - 9

I. ①食… II. ①许… III. ①食品厂—机械设备 IV. ①TS208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 147238 号

责任编辑: 张 靓      责任终审: 孟寿萱      封面设计: 锋尚设计  
版式设计: 锋尚设计      责任校对: 吴大鹏      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: 三河市国英印务有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2018 年 11 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 27.75

字 数: 640 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 2020 - 9 定价: 64.00 元

邮购电话: 010 - 65241695

发行电话: 010 - 85119835 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

180360J1X201ZBW

《食品工厂机械与设备》第一版自2007年出版发行以来,已经被我国众多高校的食品专业选作教材,并且得到了较好的评价。随着科学技术的进步,我国食品工业机械设备从生产线角度看,机械化、连续化、自动化方面均有较大发展。根据多年来对食品行业机械设备使用情况观察了解,以及教学实践经验的积累,编者感到重新修订本教材势在必行,以使本教材较好适应食品专业本科教学质量提高的需要。

根据食品行业流行应用情形,本书第二版相对于第一版,在章节上作了如下调整:第四章第五节主要介绍固体固液萃取设备,节名改为“固液萃取机械设备”;第七节“粉尘分离设备”名称不变,但内容主要介绍旋风分离器和布袋过滤器;第八章,删除了第一版冷冻浓缩一节,章名也由第一版的“浓缩设备”改为“真空蒸发浓缩设备”,主要介绍真空蒸发浓缩设备;第十二章,删除了第一版中“电离辐射杀菌装置”一节的内容,章名改为“热杀菌机械设备”,主要介绍罐头类食品热杀菌机械设备和流体食品热处理机械设备。

在修订过程中,同时作了以下调整:对插图进行了完善,增加了一些设备实物外形图,以强化读者对所介绍设备的感性认识;将第一版教材中大部分插图的数字间接标记,改为直接文字标记,以期提高信息传递效率;自测题的填空题模式做了调整,其他题型也增加了内容,以期提高本教材主要内容的全面掌握程度。

本书仍提供与全书内容配套的同步PPT课件,但作了较大改进。主要体现在:文字内容和插图多以动画方式展示,突出了内容表达的层次感、逻辑性;PPT使用的实物照片插图尽量采用彩图,一些黑白色的平面结构原理图,在PPT课件表示过程中也尽量采用局部色块表达,并与动画和文字内容配合,使教材内容信息传递的视觉效果得到提高。

本书的修订工作由江南大学许学勤、李才明、姜启兴三位老师完成。其中,许学勤完成第1章、第11~14章的修订,各章自测题的编写及配套PPT课件的制作;李才明完成第2~6章的修订;姜启兴完成第7~10章的修订。全书由许学勤统稿。

本书的编写工作得到了江南大学和中国轻工业出版社的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误与不当之处,恳请读者批评指正。

食品工厂机械与设备是全国高等学校食品专业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、结构和特点等方面的知识。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。

原天津轻工业学院与原无锡轻工业学院合编的《食品工厂机械与设备》教材自1981年出版发行以来，累计印发了十多万册，在过去二十多年间，为我国高等食品专业人才的培养与教育做出了不可磨灭的重要贡献。随着我国食品工业的发展，食品机械设备的更新与发展，以及食品专业培养方案和教学模式的调整与改革，我们在教学实践中逐渐感到原有教材已不能完全适用，有必要根据教学目标重新编写。

新版《食品工厂机械与设备》以现有多种食品工厂机械与设备方面的教材及国内外相关文献资料为基础，共分十四章，以十二章的内容介绍了有关输送、清洗、热处理、分离、切割粉碎、混合均质、浓缩、干燥、成型、包装、杀菌和冷冻等方面的机械设备。第一章为总论主要介绍了食品机械设备的分类、特点、材料与结构要求及选型原则与方法等。第十四章集成性地介绍了典型食品加工生产线流程与设备。

本教材各章内容由引言、正文、思考题及自测题构成，并且配备了一套与各章内容完全一致的PPT课件，有利于学生预习、复习及知识点的掌握。树结构的PPT课件可使教师方便地控制授课进程。

此教材除作为高校食品类专业的教材外，还可作为食品行业工程技术人员及相关从业人员的参考用书。

本教材编写分工如下：第一、二、四、六和十一章由许学勤编写；第三章由宋贤良编写；第五章由文美纯编写；第七、八和十二章由王海鸥编写；第九和十三章由于秋生编写；第十一章由徐荣雄编写；第十四章由张国农编写。全书统稿及PPT课件的制作由许学勤完成，由王海鸥校审。

本教材在编写过程中，得到了编者所在院校相关部门及师生的支持与帮助，在此表示由衷的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错误与不当之处，恳请读者批评指正。

编者  
2007年4月

<b>第一章</b>	总论	1
	第一节 食品加工机械设备的分类与特点	1
	第二节 食品加工机械设备的材料	2
	第三节 食品机械设备的卫生与安全要求	6
	第四节 食品加工机械设备的选型	9
	本章小结	13
	思考题	13
	自测题	14
<b>第二章</b>	物料输送机械	17
	第一节 固体物料输送机械	17
	第二节 液体物料输送机械与设备	32
	第三节 可压缩流体输送机械与设备	43
	本章小结	53
	思考题	54
	自测题	54
<b>第三章</b>	清洗机械与设备	59
	第一节 原料清洗机械	59
	第二节 包装容器清洗机械	63
	第三节 CIP 系统	68
	本章小结	74
	思考题	75
	自测题	75
<b>第四章</b>	分选分离机械与设备	78
	第一节 分选机械设备	78
	第二节 离心分离机械	88

第三节	过滤设备	94
第四节	压榨机械	100
第五节	固液萃取机械设备	106
第六节	膜分离机械设备	110
第七节	粉尘分离设备	125
	本章小结	128
	思考题	129
	自测题	129

<b>第五章</b>	粉碎切割机械	134
	第一节 粉碎机	134
	第二节 切割碎解机械	142
	本章小结	152
	思考题	152
	自测题	153

<b>第六章</b>	混合均质机械与设备	156
	第一节 液体搅拌与混合机械设备	156
	第二节 粉体混合机械	163
	第三节 混合捏合机械设备	167
	第四节 均质机械设备	172
	本章小结	178
	思考题	179
	自测题	179

<b>第七章</b>	热交换、热处理机械与设备	182
	第一节 热交换器	182
	第二节 热处理机械设备	193
	第三节 挤压机械与设备	196
	第四节 油炸设备	200
	第五节 红外线与微波加热设备	206
	本章小结	212
	思考题	212
	自测题	213

<b>第八章</b>	真空蒸发浓缩设备	216
	第一节 蒸发器	216

第二节	真空蒸发浓缩系统的辅助设备	224
第三节	典型真空浓缩系统	226
本章小结		229
思考题		229
自测题		230
<b>第九章</b>	<b>干燥机械与设备</b>	233
第一节	对流型干燥设备	234
第二节	传导型干燥设备	250
第三节	冷冻干燥机	253
本章小结		258
思考题		259
自测题		259
<b>第十章</b>	<b>成型机械设备</b>	263
第一节	压模成型设备	263
第二节	挤模成型设备	271
第三节	注模成型设备	276
本章小结		278
思考题		278
自测题		279
<b>第十一章</b>	<b>包装机械设备</b>	281
第一节	液体物料装料机械设备	281
第二节	固体物料的充填机械与设备	289
第三节	瓶罐封口机械设备	294
第四节	袋装食品包装机械	300
第五节	无菌包装机械	310
第六节	贴标与喷码机械	316
第七节	外包装机械设备	321
本章小结		325
思考题		326
自测题		327
<b>第十二章</b>	<b>热杀菌机械设备</b>	332
第一节	罐头食品杀菌机械设备	332
第二节	液体食品物料无菌处理系统	350



	本章小结·····	358
	思考题·····	359
	自测题·····	359
<b>第十三章</b>	<b>冷冻机械设备</b> ·····	363
	第一节 制冷概念与机械设备·····	363
	第二节 食品冷冻冷却设备·····	379
	第三节 食品冷藏链设备·····	391
	本章小结·····	405
	思考题·····	406
	自测题·····	406
<b>第十四章</b>	<b>典型食品生产线及其机械设备</b> ·····	412
	第一节 果蔬制品生产线·····	412
	第二节 肉制品生产线·····	417
	第三节 乳制品生产线·····	421
	第四节 糖果制品生产线·····	425
	第五节 软饮料生产线·····	429
	本章小结·····	433
	思考题·····	433
	参考文献·····	434

## 第一章 总论

食品加工机械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设备。

食品加工机械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，都离不开机械与设备的支持。食品加工机械设备对食品加工的产品质量保证、生产效率提高、能量消耗降低等，起着举足轻重的作用。因此，对于食品科学与工程类专业的本科生来说，对食品加工机械与设备的了解十分必要。食品加工的科学技术（工艺）知识与机械设备知识的有机结合是食品加工从业人员不可或缺的基本能力要求。

本章将就食品机械的分类与特点、食品机械设备的材料、食品机械的卫生安全以及食品设备选型原则与方法等方面进行介绍。

### 第一节 食品加工机械设备的分类与特点

食品工业涉及的原料、产品种类繁多、加工工艺各异，自然导致其加工机械设备种类繁多。了解食品机械设备的分类及其特点，有助于正确选择食品机械与设备。

#### 一、食品加工机械设备的分类

食品加工机械设备主要按两种方式分类：一是按原料、产品或加工性质进行分类；二是按机械设备的操作功能分类。

按原料、产品或加工性质分类，可将食品机械分成众多生产线设备。例如，制糖、豆制品、焙烤食品、乳品、果蔬加工和保鲜、罐头食品、糖果食品、酿造、饮料、方便食品、调味品和添加剂制品以及炊事操作等。以上原料或产品，均可以利用各种主要单机设备及辅助机械设备配成相应的加工生产线。这种分类方法，可以通过对各类食品加工生产涉及的各种作业机械的内部联系的研究，促进配套生产线的发展。

按机械设备操作功能分类，也即按单元操作分类。一般食品加工常见单元操作有：输送、清洗、分级分选、粉碎切割、筛分、多相分离、混合、搅拌及均质、换热、热烫蒸煮、烘烤、挤压膨化、蒸发浓缩、干燥、成型、计量装料、包装封口、杀菌、冷冻冷藏等。这种分类有利于对各种单元操作的生产效率和机械结构进行比较研究，从而可以在技术上以局部突破带动全面发展。

从教学角度来看，按操作功能分类，可使学生将各章涉及的机械设备与食品工程原理等先行课程的知识点联系起来，从而有利于理解和掌握所学内容。因此，作为教材，本书按食品加工主要操作功能对食品机械设备分类介绍。

## 二、食品加工机械设备的特点

食品加工机械设备的特点是食品原料、加工过程和食品成品方面的特殊性的反映。总体而言，食品加工机械与设备具有以下特点。

(1) 品种多样性 一般食品机械设备门类众多、品种较杂，并且生产批量较小，许多设备属于单机设备。

(2) 机型可移动性 总的来看，食品机械设备的外形尺寸均较小，重量较轻，可方便地进行移动更换。例如，一般食品机械设备不需要固定基础。

(3) 防水防腐性 多数设备或设备的主要工作面材料具有抗水、酸、碱等腐蚀的性能，一般采用不锈钢制作。

(4) 多功能性 许多食品机械设备具有一定程度的通用性，一种设备可用来加工不同的物料。此外，还具有调节容易、调换模具方便等特点。

(5) 卫生要求高 为保证食品安全，食品加工设备中直接与物料接触的部分，均须采用无毒、耐腐蚀材料制造，并且，为了方便清洗和消毒，与食品接触的表面均需要经过抛光处理。此外，为防止润滑油之类的污染物泄漏进入所加工的食品物料，传动系统与工作区域有严格密封措施。

(6) 自动化程度高低不一 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，例如，无菌包装机、自动洗瓶机及大型杀菌设备等。

## 第二节 食品加工机械设备的材料

食品机械广泛使用各种材料，除各种金属和合金材料外，尚有各种非金属材料，例如，石材、金刚砂、陶瓷、搪瓷、玻璃、纺织品以及塑料等。

### 一、食品加工机械设备用材要求与性能

每台食品加工机械设备，一般均可分成直接接触食品物料的部件和其他非接触性部件（如机架、机壳、驱动机构等）两部分。直接接触食品物料的部件表面称为工作面。工作

面用材必须满足以下两个基本要求：①对食品必须无害，不污染食品；②不受或少受物料介质和清洗剂的影响，以延长设备使用寿命。

食品机械设备材料的性能可分为机械性能、物理性能、耐腐蚀性能及制造工艺性。其中前三项与食品加工应用关系较为密切。

### （一）机械性能

食品机械设备用材的机械性能主要有强度、刚度、耐磨性、对高低温度环境的耐受性及抗疲劳性能等，它们关系到整机或部件的使用寿命。

虽然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，对材料的机械性能要求也不低。除了强度、刚度和硬度以外，某些部件（如高速往复运动构件）还要考虑疲劳强度。

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，锤片式粉碎机的锤片、分切机械刀片、高剪切设备的工作面、压力式喷雾干燥的喷嘴等，对材料的耐磨性和硬度有极高要求。

有的食品机械或部件常在高温（如烘烤机械）或是低温（如冻结机械，可达 $-40\sim-30^{\circ}\text{C}$ ，以液氮为介质的冻结机械工作温度更低）下工作，因而，要求材料具有能在高温或低温下工作的机械性能。

### （二）物理性能

食品机械设备的性能常常和设备材料的物理性能有关。材料常见物理性能有相对密度、比热容、热导率、软化温度、线膨胀系数、热辐射波谱、磁性、表面摩擦特性、抗黏附性等。使用场合不同，要求材料具有的物理性能也不同。例如，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附性，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。即使是非酸非碱的普通食盐，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腐蚀性代谢物，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。设备选型时，尤其需要注意食品与接触面结构材料的作用关系。

机械设备的耐腐蚀程度决定于：①材料的化学性质、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。

## 二、食品机械中常用的材料

### （一）普通钢铁材料

普通钢铁材料包括普通碳钢和铸铁等，由于耐腐蚀性都不好，易生锈，更不宜直接接

触有腐蚀性的食品介质,因此,一般用于设备中承受载荷的结构,如机架、机座等。铁质本身对人体无害,但遇单宁等物质,会使食品变色。铁锈剥落于食品中会对人体造成机械损伤。因此选用这类材料时,往往采用各种形式的防护性涂层处理。

需要指出的是,出于安全卫生和美观方面考虑,即使是用普通钢铁作机架的设备,也多趋于采用适当规格的不锈钢板作外壳。

## (二) 不锈钢

不锈钢是指在空气中或化学腐蚀介质中能够抵抗腐蚀的合金钢。其基本成分为铁-铬合金或铁-铬-镍合金,另外还可以添加其他元素,如钨、钛、钼、锰、铌、铂、钨、铜、氮等。由于成分不同,耐腐蚀的性能也不同。铬是不锈钢基本成分之一,其含量范围在12%~28%。

不锈钢通常可按化学组成、性能特点和金相组织进行分类,并往往采用一定规则进行标识。所谓标识也即对不锈钢的型号命名。各国对不锈钢的命名标准有所不同。

我国目前对不锈钢标识的基本方法是,化学元素符号与相应的元素含量数字组合。这种标识符号,往往只标示出反映不锈钢防腐性和质构性元素符号及其含量。铁元素及含量不标出。碳元素符号也不标出,只标示代表其含量的特定数字,并且放在其他元素标识符序列之前。例如,1Cr18Ni9Ti、0Cr18Ni9和00Cr17Ni14Mn2分别是三种铬镍不锈钢标识代号,其中第一个数字1、0和00分别表示一般含碳量( $\leq 0.15\%$ )、低碳( $\leq 0.08\%$ )和超低碳( $\leq 0.03\%$ )。其后的元素符号及数字分别表示含铬18%和17%,含镍9%和14%,含锰2%;Ti的含量没有标出,它的含量范围一般在5(C-0.02)~0.80%。

国际上,一些国家常采用三位序列数字对不锈钢进行标识。例如,美国钢铁学会分别用200、300和400系来标示各种标准级的可锻不锈钢。

一些不锈钢型号的国内外标识对应关系如表1-1所示。其他型号的不锈钢可以通过相关途径查询得到。

表 1-1 一些不锈钢的国内外标准标识对照

中国 (GB)	日本 (JIS)	美国 (AISI/UNS)	中国 (GB)	日本 (JIS)	美国 (AISI/UNS)
1Cr13	SUS410	410	0Cr17Ni12Mo2	SUS316	316
0Cr18Ni9	SUS304	304	00Cr17Ni14Mo2	SUS316L	316L
00Cr18Ni9	SUS304L	304L*			

注: \*L表示超低碳不锈钢,超低碳不锈钢常用于采用焊接工艺制造的部件。

不锈钢具有耐蚀、不锈、不变色、不变质和附着食品易于去除,以及良好的高、低温机械性能等优点。因而在食品机械中广泛应用。但不锈钢的抗腐蚀能力,由于内在组成和环境条件不同而存在差异。一些型号的不锈钢一般情况下有优良的抗腐蚀能力,但条件改变后就很容易生锈。表1-1所示的304钢和316型不锈钢是食品接触表面构件常用的不锈钢,前者可以满足一般的防腐要求,但耐盐(主要是其中的氯离子)性差,后者因成分中加了镍元素而具有良好的耐盐性。因而,食品机械中,耐腐蚀要求较高的接触表面材料,

多采用 316 或 316L 型不锈钢。

### （三）有色金属材料

食品机械中的有色金属材料主要是铝合金、纯铜和铜合金等。

铝合金具有耐蚀和导热性能、低温性能、加工性能好以及重量轻等优点。铝合金适用的食品种类主要是碳水化合物类、脂肪类、乳类制品等。但有机酸等腐蚀性物质在一定条件下会使铝及铝合金腐蚀。

纯铜也称紫铜，其特点是热导率特别高，所以常常被用作导热材料，可以制造各种换热器。铜虽然具有一定的耐蚀性，但对一些食品成分，如维生素 C 有破坏作用。另外，有些产品（如乳制品）也因使用铜制容器而产生异味。所以，纯铜或铜合金一般不用作直接接触食品的设备材料，而多用于空气加热器等设备。

总体而言，食品机械设备中，曾经用以上有色金属为材料制造直接与食品接触的零部件或结构材料，正趋于被抗腐蚀和卫生性能良好的不锈钢或非金属材料所取代。

### （四）非金属材料

食品机械结构中，除使用金属材料之外，还广泛地使用非金属材料。非金属材料包括天然（如天然橡胶、木材和织物等）的和人工制造的两大类，后者在食品机械中应用较多。

人工制造的非金属材料，主要是常称为塑料的各种人工合成的聚合物。常用的塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯塑料及含粉状和纤维填料的酚醛塑料、层压塑料（酚醛夹布胶木、酚醛夹玻璃纤维塑料）、环氧树脂、聚酰胺、各种规格的泡沫塑料、聚碳酸酯塑料、氯化聚醚有机玻璃以及合成橡胶等。

与传统的结构材料相比，塑料有一系列的优点：①密度不大，平均为黑色或有色金属的  $1/8 \sim 1/5$ ；②机械加工余量少，使生产成本降低，如用注塑塑料代替金属，工时可减少为  $1/6 \sim 1/5$ ，工序减少为  $1/10 \sim 1/5$ ，加工费用也减少为  $1/6 \sim 1/2$ ；③化学稳定性高；④有良好的摩擦特性；⑤有良好的吸收噪声和隔音性能；⑥有好的耐振性和抗附着特性等。

塑料也存在其固有的缺点，主要表现为：①耐热性和导热性低；②在液体环境中工作时，有老化和膨胀的趋势等。

塑料材料在食品工厂机械设备中不乏应用例子：输送带、料斗、卫生泵的叶轮、某些食品的成型模具、轧面机的轴衬、罐头杀菌笼的隔板、包装机的分瓶螺旋、星形轮等。

食品机械和设备所用的非金属材料，应符合食品机械卫生标准要求。一般地，凡直接与食品接触的非金属材料应该确保对人体绝对无毒无害，不应给食品带来不良的气味和影响食品的味感，不应在食品介质中溶化或膨胀，更不能和食品产生化学反应。因而，食品机械中不宜使用含水或含硬质单体的聚合物，因为这类聚合物往往有毒性。某些塑料在老化或高温下工作（例如高温消毒）时，能够分解出可溶性单体并扩散到食品内，使食品被污染。

## 三、食品机械设备材料的表面处理

食品通常具有弱酸、中性或弱碱性。食品中的有机酸具有与强酸、强碱不同的腐蚀特

性,在特殊的环境中具有独特的腐蚀作用。

食品中的主要腐蚀性物质有:醋酸、柠檬酸、苹果酸、酒石酸、琥珀酸、乳酸、酪酸等低级脂肪酸;食盐、无机盐类;部分食品添加剂;制造过程中使用的腐蚀性物质。这些腐蚀性物质与食品加工机械的零部件相接触时,会造成零部件材料的腐蚀,并造成金属离子溶入食品中,可能会损害人体的健康或破坏食品的风味。

对于腐蚀的防护,通常可以对材料进行耐蚀抗磨的表面处理,即对金属或非金属的食品加工机械的零部件进行喷涂和涂装以及电镀、刷镀等表面处理。

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。

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。食品机械大量地采用不锈钢,势必会提高设备的成本,所以对一些不必要防腐蚀的部件,如机架等可用涂装材料代替,从而可以降低设备的造价。

电镀和刷镀在食品机械的应用相对较少,但有发展的趋势。电镀与刷镀在原理上相似,只是在工艺上和应用对象上有些区别,电镀以制造为主,刷镀一般用来修复工件。

食品机械对镀层有一定的要求,具体如下:①镀层的材料不应有毒性,不得传给食品异味或影响食品的风味;②为避免锈蚀和镀层的剥落,镀层不应多孔;③镀层应有高的机械特性,并与基体牢固地接合;④必须得到均匀的晶粒镀层和要求的镀层厚度;⑤镀层应对食品介质、洗涤剂成分和大气的影晌具有高的化学稳定性以及良好的装饰和保护特性。

### 第三节 食品机械设备的卫生与安全要求

食品加工机械与设备对食品安全卫生有着极为重要的影响。世界各国对食品机械与设备均有一套食品安全卫生方面要求的标准。我国也有相关的标准法规,以下根据GB 16798—1997《食品机械安全卫生》,对食品加工机械安全和卫生方面的原则要求做一介绍。

#### 一、设备结构的卫生与安全

食品机械设备结构的卫生与安全涉及两个方面:一是针对食品的安全卫生性;二是针对人员的操作安全性。

##### (一) 食品安全卫生方面的结构要求

食品加工机械与设备在结构方面一般需要注意以下方面:

- (1) 设备结构、产品输送管道和连接部分不应有滞留产品的凹陷及死角。
- (2) 无菌灌装设备中与产品直接接触的管道应采用符合标准要求的不锈钢卫生钢管及

其管件阀门,管道控制阀采用易于清洗和杀菌的卫生型阀门结构。

(3) 外部零部件伸入产品区域处应设置可靠的密封,以免产品受到外界的污染。

(4) 任何与产品接触的轴承都应为非润滑型;润滑型轴承如处于产品区域,轴承周围应具有可靠的密封装置以防止产品被污染。

(5) 产品区域应与外界隔离,在某些情况下至少应加防护罩以防止异物落入或害虫侵入。工作空气过滤装置应保证不得使 $5\mu\text{m}$ 以上的尘埃通过。

(6) 设备上应设有安全卫生的装、卸料装置。

(7) 零件及螺栓、螺母等紧固件应可靠固定,防止松动,不应因振动而脱落。

(8) 在产品接触表面上黏结的橡胶件、塑料件(如需固定的密封垫圈、视镜胶框)等应连续黏结,保证在正常工作条件(清洗、加热、加压)下不脱落。

## (二) 操作安全对设备结构要求

(1) 机械设备的齿轮、皮带、链条、摩擦轮等外露运动部件应设置防护罩,使之在运行时,人体任意部位难于接触。

(2) 机械设备的液压系统、气动系统、电气系统应符合相应的国标规定。相关设备装置的配置和安装,应妥善考虑到其具体工作环境所需的防水、防尘和防爆等方面的特定要求。

(3) 具压力、高温内腔的设备应设置安全阀、泄压阀等超压泄放装置,必要时并配置自动报警装置;各机械设备的操作参数,如额定压力、额定电压、最高加热温度等,应在铭牌上标出。

(4) 设备上具有潜在危险因素的,对人身和设备安全可能构成威胁的人孔盖、贮罐上的罐盖、可能经常开启的转动部分的防护罩,应具有联锁装置。各种腔、室、罐、塔的人孔盖不可自动锁死。人孔盖一般向外开。设在贮罐下部侧面的人孔盖应向内开,并设计成椭圆形,以便拆卸和安装。

(5) 备有梯子和操作平台的设备,台面及梯子踏板的材料和构造应具有防滑性能。与塔壁、罐壁平行梯子的踏条应等距离,相距不超过 $350\text{mm}$ ;踏条与塔壁、罐壁之间的距离不得小于 $165\text{mm}$ 。安装固定后,梯子前面与最近固定物之间距离不得小于 $750\text{mm}$ (设备使用单位应提供足够的厂房)。

(6) 机械的外表面应光滑、无棱角、无尖刺。

(7) 在正常运行(或空载运行)的情况下,设备的噪声不应超过 $85\text{dB(A)}$ 。

(8) 在工作过程中,当操作人员的手经常会与产品相接触时,启动和停车应不采用手动操作,而应采用非手接触式的控制开关。

## 二、设备结构的可洗净性

设备的产品区域应开启方便,以便对不能自动清洗的零部件的拆卸和安装;不可拆卸的零部件应可自动清洗;允许不用拆卸进行清洗时,其结构应易于清洗,并能达到良好的洗净效果。处于产品区域的槽、角及圆角应利于清洗。

放置密封圈的槽和与产品接触的键槽,其宽度不应小于深度,在安装允许的情况下,槽的宽度应大于 $6.5\text{mm}$ 。



产品接触表面上任何等于或小于  $135^\circ$  的内角, 应加工成圆角。圆角半径一般不应小于  $6.5\text{mm}$ 。

### 三、产品接触面的表面质量及要求

不锈钢板、管的产品接触表面, 一般设备表面粗糙度  $R_a$  不得大于  $1.6\mu\text{m}$ , 无菌灌装设备表面粗糙度  $R_a$  不得大于  $0.8\mu\text{m}$ ; 塑料制品和橡胶制品的表面粗糙度  $R_a$  不得大于  $0.8\mu\text{m}$ 。

产品接触表面不得喷漆及采用有损产品卫生性的涂镀等工艺方法进行处理。

产品接触表面应无凹坑、无疵点、无裂缝、无丝状条纹。

非产品接触表面粗糙度  $R_a$  不得大于  $3.2\mu\text{m}$ , 应无疵点和裂缝。如需电镀和油漆, 其镀面和漆面与本底应结合牢固, 不易脱落, 形成的表面应美观、耐久、易清洁。

对于既有产品接触表面又有非产品接触表面, 并需要拆卸清洗的零件, 不得喷涂油漆。

用于加热工作空气的表面应采用耐腐蚀金属材料, 或采用镀面, 不得使用油漆, 如属于应清洗部位, 则应采用不锈钢制造。

产品接触表面上所有连接处应平滑, 装配后易于自动清洗。永久连接处不应间断焊接, 焊口应平滑, 焊缝不允许存在凹坑、针孔、碳化等缺陷, 焊缝成形后必须经过喷砂、抛光或钝化处理, 抛光可采用机抛光或电化学抛光。其  $R_a$  不得大于  $3.2\mu\text{m}$ 。非产品接触表面上的焊缝应连续平滑, 无凹坑、针孔。

下列情况允许互搭焊接: ①对垂直方向倾斜角度在  $15^\circ \sim 45^\circ$  的侧壁; ②可以进行机械清理的水平上部表面; ③互搭焊接的焊接材料单位件厚度不超过  $0.4\text{mm}$ 。

相焊接的材料中的一件厚度不到  $5\text{mm}$ , 则允许加嵌条焊接。

工作空气接触表面上的焊缝应连续、严密, 不可使未经过滤的空气透入, 也不应形成卫生死角。

与产品接触的部分, 不得采用具有吸水性的衬垫。

需要手工进行清洗的部位, 结构上应保证操作者的手能够达到所需清洗的范围。设备(如桶、罐、槽、锅)底部向排出口方向应具有一定斜度, 以利于洗净液流干, 排气管的水平段应向下倾斜不小于  $2.5^\circ$ , 使其上凝结的液体只能向外流出。

采用不锈钢盘管加热的蒸发浓缩装置, 在未设自动清洗装置的情况下, 其盘管设置应满足下列要求: 盘管之间的距离大于或等于  $70\text{mm}$ ; 盘管和内壁之间的距离大于或等于  $80\text{mm}$ ; 每排盘管之间的距离大于或等于  $90\text{mm}$ 。

### 四、设备的可拆卸性要求

设备中需要拆卸的部分, 应能很容易地拆卸下来, 并易于重新安装。在物料管道联接中应采用符合相关标准的食品工业用不锈钢管与管道组件, 或采用同等级别的卫生结构的钢管和配件。管道和管件的各项技术要求应符合相应标准规定。夹紧机构应采用蝶形螺母和单手柄操作的扣片等。各类容器的盖和门应拆卸简便, 利于清洗。

### 五、设备安全卫生检查方便性要求

处于产品区域的零部件, 在清洗后应易于检查。需要清洗的特殊部位, 必须容易拆开