

高等学校试用教材

食品机械学

上册

SHI PIN
JI XIE
XUE

李兴国 主编

四川教育出版社



食品机械学

(食品机械原理与结构)

上册

主 编 李兴国

副主编 陆守道 陈宝琳

郝文杰 范祥位

四川教育出版社

1991·成都

(川) 新登字 005 号

责任编辑: 白梅莉

封面设计: 刘节雨

食 品 机 械 学 (上册)

李 兴 国 主 编

四川教育出版社出版 (成都盐道街三号)

四川教育出版社发行 成都前进印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 印张16.75 插页4 字数250千

1991年9月第一版

1991年9月第一次印刷

印 数: 1—3500 册

ISBN—5408—1544—2/G·01491 定 价: 5.70元

前 言

随着我国食品工业的迅速发展,对食品机械和食品工程专业技术人才的需求越来越迫切。1987年12月全国设有食品机械专业的部分大专院校在成都召开了“食品机械专业教材编写研讨会”,共同拟订了一套专业教材编写大纲,经过参编单位和编者三年来的辛勤工作和出版社的大力支持,完成了该教材的编写任务。该套教材包括《食品机械学》、《食品及包装机械制造工艺学》、《食品包装机械学》、《食品机械自动控制》和《食品加工工艺学》五本书。

《食品机械学》分上、下两册,上册内容为食品机械原理与构造,下册内容为食品机械设计。对食品工程专业的学生可只选用上册。全书讲授学时为100~120学时,其中上册约为40~50学时,下册约为60~70学时。

本书由四川工业学院李兴国任主编,北京轻工业学院陆守道、四川工业学院陈宝琳、黑龙江商学院郝文杰、四川轻化工学院范祥位任副主编。参加编写的人员,上册有:李兴国(第一章),李景慧(第二章),余礼明(第三章),徐润琪(第四章),范祥位、颜伟(第五章),徐克菲(第六章),陆守道(第七章),宋宝明(第八章),李绍俭(第九、十章)。下册有:郝文杰(第一章),程凌敏(第二章),王相范(第三章),王志丹(第四章),陈宝琳(第五章),陆守道(第六章),杨绮云(第七章),范祥位(第八章),李兴国(第九章)。全书由后之明、李国忱主审,程凌敏为副主审。

全书可作为高等学校食品机械专业、食品工程专业、包装工程专业、农产品加工与贮藏专业的教材,也可作为食品机械教学、科研、设计、制造人员及食品生产厂工程技术人员的参考资料。

编写本书时,参阅了有关研究者的著作和资料,吸收了部分兄弟院校的教学成果,得到了四川省教育委员会、四川工业学院、北京轻工业学院、黑龙江商学院、四川轻化工学院、华中农业大学、武汉粮食工业学院等党政领导的热情关怀,得到了四川教育出版社的大力支持,在此一并致谢。

本书属初次撰稿,在内容选取、章次安排上都不免有不完善的地方,敬请广大读者提出宝贵意见,以便修正或充实。

目 录

第一章 绪论	1
§ 1—1 我国食品机械的发展历史和现状.....	1
§ 1—2 食品机械的分类.....	2
§ 1—3 食品机械的“食品性”.....	2
§ 1—4 食品机械学的学习方法.....	3
第二章 输送机械	4
§ 2—1 输送机械的类型.....	4
§ 2—2 带式输送机.....	5
§ 2—3 链式输送机.....	10
§ 2—4 螺旋输送机.....	15
§ 2—5 液体输送机.....	21
§ 2—6 气力输送机.....	28
第三章 分选与洗涤机械	36
§ 3—1 概述.....	36
§ 3—2 筛分机械.....	37
§ 3—3 分级机械.....	47
§ 3—4 洗涤机械.....	54
第四章 切割机械与粉碎机械	55
§ 4—1 概述.....	55
§ 4—2 切割机械.....	58
§ 4—3 粉碎与碾磨机械.....	71
第五章 搅拌、混合及均质机械	86
§ 5—1 搅拌机.....	86
§ 5—2 混合机与捏合机.....	105
§ 5—3 均质机.....	109
第六章 食品成形机械	115
§ 6—1 压延机械.....	115
§ 6—2 模压成形机械.....	120
§ 6—3 搓圆成形机械.....	127
§ 6—4 包馅机械.....	134

第七章 固—液分离机械	145
§ 7—1 概述.....	145
§ 7—2 过滤机.....	145
§ 7—3 离心机.....	152
§ 7—4 压榨机.....	164
第八章 食品热处理机械与设备	171
§ 8—1 换热器.....	171
§ 8—2 蒸发设备.....	178
§ 8—3 杀菌装置.....	187
§ 8—4 预煮与油炸设备.....	200
第九章 干燥机械	206
§ 9—1 概述.....	206
§ 9—2 热风干燥机.....	208
§ 9—3 喷雾干燥机.....	217
§ 9—4 流化床干燥机.....	225
§ 9—5 电磁辐射干燥机.....	226
§ 9—6 真空冷冻干燥机.....	229
第十章 冷冻机械	234
§ 10—1 概述.....	234
§ 10—2 制冷机工作原理与结构.....	234
§ 10—3 冻结机.....	247
§ 10—4 解冻机.....	257
主要参考文献	264

第一章 绪 论

食品机械是指食品加工过程中所应用的机械装置和设备。食品机械在食品工业中占有重要地位。随着我国社会主义建设事业的飞速发展,食品机械和包装机械行业,必将发展成为独立的工业体系。这已为工业化国家的发展历史所证实。一个国家食品工业的发展水平,反映出国家整体工业化的程度。因此可以说,食品机械的发展水平也是国家工业化的标志。

§ 1—1 我国食品机械的发展历史和现状

食品 { 364848
指 4848

食品工业是关系国计民生的重要行业,它的发展可以加速资金周转,增加积累,是国家财政收入的重要来源。食品工业的发展,可以大大提高人民生活水平、改善人民的营养状况,充分利用有限的资源。食品工业的发展将带动食品机械工业、包装工业、运输业、商业、服务业的发展,甚至可以说将带动百业的发展,尤其是将会促使农业生产结构的变化,使农业为食品工业发展的需要建立生产基地。

从经济改革开放以来的情况来看,食品工业将会成为我国最大产业部门之一,这就必须使食品工业从传统作坊式工业中走出来,采用机械化的生产方式。可以这样说,“食品工业的根本出路在于机械化、自动化、自控化”。我国食品机械刚刚起步,目前应用的多为单机。近年来引进了一批先进的生产线、成套设备和单机,使食品工业的技术水平有了提高,如引进的大型浓缩汁加工生产线、啤酒生产线、电阻焊制罐设备、巧克力生产线等等。为食品机械走向独立设计创造了良好的条件。

我国的饮食文化和食品加工业历史悠久,并深深地影响着亚洲和世界各国。但由于各种原因,我国食品机械的发展却很缓慢。1917年挪威在上海创办了VB啤酒厂,1931年梅林罐头食品厂在上海建立,并开始采用食品加工机械。建国后,党和政府非常重视食品工业,1949年即成立了食品工业部,1978年后又成立了全国食品工业协会,并相继成立了全国食品机械、包装机械协会,在中国机械工程学会下设立了中国食品机械和包装机械专业学会,建立了机械工业食品装备设计研究所。这都对食品工业的发展带来比较大的影响。

1950年由于朝鲜战争的需要,促进了军需食品工业的发展,罐头、饼干、脱水蔬菜等等都得到了较大的发展,机械化水平也相应地得到提高。同时在酿造业、粮油工业等行业都有了一定的发展。1956年在上海建立食品工业部上海食品工业设计院,这是我国第一个研究食品工业设计和装备设计的研究机构,1973年上海益民四厂实现了年糕生产机械化。

近年来随着我国工业化水平的提高,食品机械开始走上了由仿制到自行设计的道路,已经独创性地设计了豆腐生产线、淀粉生产线、啤酒厂全套设备、维夫饼干全套设备……等。

§ 1—2 食品机械的分类

在食品工业中使用的食品机械种类繁多，如将液体与液体，液体与固体食品混合的搅拌机及混合机；混合高粘度食品的捏和机；粉碎坚硬原料的粉碎机；乳脂分离机；由果实取果汁的压榨机及过滤机；制造干燥食品的干燥机；各种食品成型机……等。如何将如此繁多的机械科学地分类，目前尚无统一标准。现介绍两种分类方法：一是将食品机械分为食品加工的基础通用机械，如搅拌机、混合机、捏和机、粉碎机、成型机、离心分离机、过滤机、干燥机、压榨机、筛选机……等，和食品加工专用机械，如糖果加工机械、乳制品加工机械、水产加工机械……等。另一种是根据商业部有关食品机械标准及产品特征和种类，将食品机械归为十大类，即：面类食品机械；糖果及巧克力加工机械；乳制品机械；罐头制品机械；豆制品机械；调味品机械；肉类加工机械；饮料、酒制品机械；饮食机械及其它加工机械等。

这种分类未将粮油加工机械、制糖制盐机械、淀粉加工机械等包括在内。随着食品的深加工的发展，将会有更多新类型机械的出现。如何将食品机械科学地分类，是需要进行深入调查研究的课题。

§ 1—3 食品的机械“食品性”

食品机械是指食品加工中所用的机械与设备。食品加工的对象大多是动物、植物性原料，其加工所得产品多为人类食用，少部分为饲料。显然，食品机械是为食品加工服务的。也即食品机械的主要特性决定于食品加工的诸要求。若不能满足食品的物理加工、化学加工、生物加工、物理化学加工工艺技术及食品卫生要求的机械，就不能称为食品机械。食品生产工作者和食品机械设计工作者的实践证实：食品机械之所以不同于一般机械，它的主要特征是食品机械具有其“食品性”。人们大量采用食品机械进行食品工业化生产，是因为它具有：能批量生产、品质均匀、卫生、经济效益高、可满足工艺要求等。食品机械的“食品性”可归纳为以下几点：

1. 工艺性 食品机械必须保证食品加工工艺要求。各种食品加工工艺要求是不同的，即使一种食品加工也有多道工序、多台设备，即或应用成组技术加工设备，也必须符合食品工艺的要求。目前推广的食品加工过程的在线检测，就是为了确保食品工艺要求，确保食品品质。

食品工业的原料多为畜产品、农产品和水产品。畜产食品系指从牛、猪、鸡、鸭等动物取得的乳、蛋及肉而言。其中大部分都要加工成乳脂、乳酪、火腿、香肠、罐头等。水产品有鱼类、贝类、昆布类等。其中多为鲜食，部分也要进行盐渍、干燥处理或加工成鱼糕等。农产品有米、豆、麦、菜、水果等，大部分也要进行加工后食用。而以上加工都是要采用食品机械来完成的。因此，食品机械必须能满足以上各种加工工艺的要求。食品机械的设计除遵循一般机械的设计规律外，更应满足食品工艺性的要求，例如，在辊筒式鱼肉采肉机的设计中，为了控制对辊间的摩擦生热，采得的鱼肉在辊间停留的时间必须严格控制，绝不能太长，因鱼肉极易变质；又如擂溃机的设计，必须充分考虑该机将来工作的环境、温度等条件及生化指标要求等。在我国近几年食品机械的设计实践中，由于对食品机械的工艺性考虑

不够，出笑话的例子也不少。如某单位在设计卤水凝固豆腐生产线时，机器设计得很好也很美观，但由于对振动频率的控制未满足工艺要求，造不出豆腐。

2. 时间性 为了保证食品的品质，其加工时间的长短、作业速度的大小都必须按工艺要求进行控制，否则就会产生热量而降低食品品质，如电脑控制的斩拌机、自控食品干燥炉等，都是以时控、温控等来确保食品质量的。又如使用切肉片机时，如果切片摩擦升温 3°C 就会影响肉片品质。

3. 卫生性 食品加工要严格遵守食品卫生法，所用机械与设备也必须讲究卫生，在食品机械内部均需保持清洁，每次加工后都要进行洗涤并施简单消毒，否则杂菌繁殖会出现质量事故、危害人身安全。因此对于食品机械的设计，在构造上除了考虑简单迅速分解及组合外，机器内部每个角落，零件之间都要便于洗涤。对于一些直接接触食物的运动件，要特别注意轴承的密封装置，如搅拌机搅拌叶片的轴封若设计不当，润滑油很容易从间隙流出滴入食品而影响质量。因此，现代食品机械必须具有自动清洗系统、消毒系统。

4. 材料的特殊性 由于食品机械必须保证卫生要求，因此材料选择也有特殊性，这也是食品机械重要特点之一。一般食品机械的主要部分多用不锈钢。不锈钢的耐蚀、耐酸及延展性都较好，机械加工及熔接均较容易。在高温及低温下其强度不降低，材料表面光滑，洗涤简便。

铸铁制成的机械，表面有许多小孔存在，食品容易留存于孔内，引起食品腐败，因此对食品机械而言，铸铁的缺点多于优点，即使使用，也不准用于与食品直接接触件。

近年来非金属材料，大量进入食品机械领域，特别是塑料零部件，它不但重量轻而且耐蚀性、耐磨性都较好，电气绝缘性好，是食品机械的一种优良材料。采用这种材料的机械，其振动小、噪音低、洗涤方便且价格便宜，是一种有前途的材料。

5. 安装合理性 这里所说的安装合理性，除指食品机械自身安装要正确外，主要指整机或生产线的安装环境的合理性。要特别注意采光、室温、通风等条件。否则也会影响食品质量，影响食品生产线能力的发挥。

§ 1—4 食品机械学的学习方法

食品机械学是食品机械专业、食品工程专业一门重要的专业课。要求学生在该课程前必需修完机械工程设计的有关课程和食品工艺学、食品工程原理、营养与食品卫生等课程。要求学生在该课程前，最好能有一次在食品工厂生产实习或参观实习的实践经历。

该课程是理论与实践紧密结合的课程，因此学生在学习时应注意：①对典型的食品机械原理与构造要给予足够重视，要能运用基础课、专业基础课的知识进行综合分析。②不能只重视理论分析、计算，而忽视经验数据。③深刻理解食品机械的“食品性”，把握住为食品加工工艺服务这根线，灵活运用食品机械设计的基本原理，掌握设计方法。④学习该课程时，除课堂学习外还要广泛阅读有关专业期刊，运用所学的理论总结分析，为专业课课程设计和毕业设计打好基础。⑤“食品机械学”是一门新兴的边缘学科，关于“食品机械学”的基础技术研究工作，还刚刚开始，如对食品物料物理性质的研究、食品和机械动力参数的确定、运动特性参数的确定等，都还处在实验和研究过程中。因此它的系统性、理论性都很不够，这只能依靠行业同仁的共同努力，吸收国外经验，总结国内实践，加速科学研究，才能使我国的“食品机械学”得到新的发展。

第二章 输送机械

在食品的生产过程中,需要使用各种输送机械将各生产环节衔接起来,组成生产自动线。这样可以减轻劳动强度,提高生产率,减少物料与外界接触,从而保证食品卫生。

输送机械是现代化食品加工企业中不可缺少的设备。如何合理地配备、使用输送机械已成为影响企业生产经济效益的重要问题。因此,在讨论食品机械时,有必要对输送机械进行研究。

§ 2—1 输送机械的类型

在食品加工的过程中所要输送物料的种类繁多,从送入工厂的原料、燃料及辅助材料,到出厂的成品及废料都需要运送,而且各物料的性质差异很大,这就需要各种不同形式的输送机械进行输送。一般输送机械按工作原理可分为连续式输送机械和间歇式输送机械两大类型。

一、连续式输送机械

连续式输送机械简称输送机。它是沿着固定线路连续不断地输送物料的装置。它的优点是输送均衡,在装卸过程中也无须停车,生产率高,结构简单,使用方便。缺点是只能沿着固定线路向一个方向输送,且不宜输送大而重的物品,这使它在使用上受到局限。

连续式输送机结构特点,可分为以下三种:

(一) 带有挠性牵引构件的输送机

这类机械的工作特点是物料放在承载构件上,由挠性牵引构件拖动承载体,沿着固定线路移动,靠物品与承载件的摩擦力和承载件的支承力,使物品与牵引件在工作区段上一起移动。

带有挠性牵引件的输送机又可分为带式输送机和链式输送机两大类,如图2—1所示。

(二) 没有挠性牵引件的输送机

没有挠性牵引件的输送机,其特点是利用工作构件的旋转或往复运动,使物料向前运送(主要靠物品和承载体间的摩擦力或惯性力),而工作构件自身保持或回复到原有位置。属于此类的有:螺旋式输送机、振动输送机和辊柱输送机,如图2—2所示。

(三) 流体输送机械

流体输送机械的特点是利用流体流动的动力进行输送。被输送物料始终在管道、泵或风机等输送构件的封闭腔内,避免了与外界接触。流体状的食品物料在加工过程中广泛采用流体输送机械传送。这样不但可以实现生产连续化与自动控制,同时也保证了食品卫生。

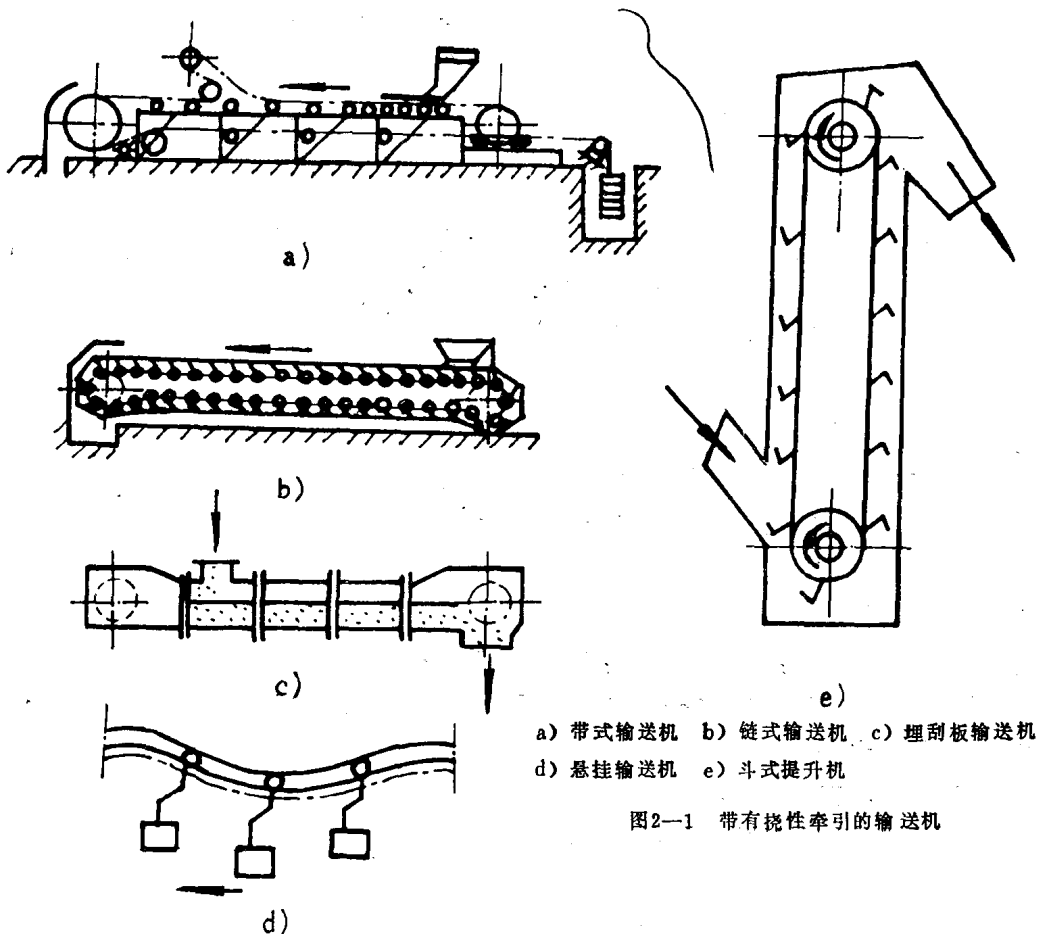


图2—1 带有挠性牵引的输送机

二、间歇式输送机械

间歇式输送机械的主要特点是：工作时的周期间断性，将被送物料按交变往复运动一份一份地进行输送，且装卸物料时停止输送，运送时也不装卸。间歇式输送机械一般包括起重机械和运输机械两大类。

§ 2—2 带式输送机

带式输送机是食品工厂中最广泛采用的一种连续输送机械，是由挠性输送带作为物料承载件和牵引件来输送物料的。

一、带式输送机的基本构造和类型

(一) 基本构造和工作原理

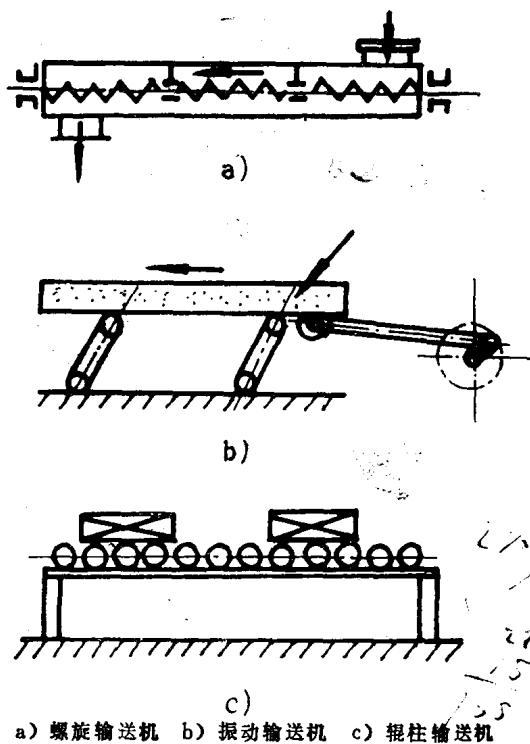
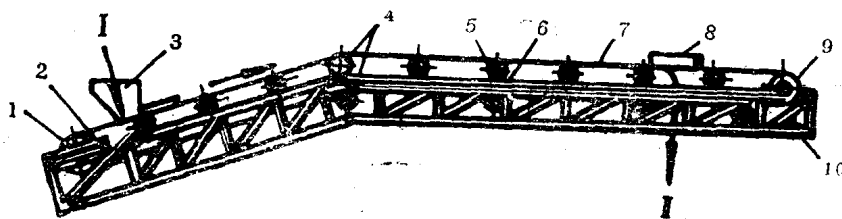


图2—2 没有挠性牵引件的输送机



1.张紧滚筒 2.张紧装置 3.装料漏斗 4.改向滚筒 5.上托辊
6.下托辊 7.输送带 8.卸载装置 9.驱动滚筒 10.驱动装置

图2—3 带式输送机

带式输送机的构造如图2—3所示，它的工作原理是驱动滚筒通过摩擦传动带动输送带，使输送带连续运行而将带上的物料输送到一定的位置。

(二) 带式输送机的优、缺点和应用范围

1. 带式输送机的优点

- (1) 输送平稳，噪音小，输送中不损伤物料；
- (2) 连续输送能力强，动力消耗小，输送效率高；
- (3) 输送距离长（可达5000~10000米），工作速度范围广（每秒钟0.02~4米）；
- (4) 能倾斜和水平输送；
- (5) 结构简单，工作可靠，使用维修方便；
- (6) 能够向机身任何地方装、卸物料。

2. 带式输送机的缺点

- (1) 输送不密封，输送轻质粉状物料时易飞扬；
- (2) 设备成本高，输送带易磨损；
- (3) 即使采用网纹带，也不适于倾角过大的场合。

3. 带式输送机的应用范围：带式输送机适于输送密度为 $0.5 \times 10^3 \sim 2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的各种块状和颗粒状物料，也可输送成件物品，还可以作为清洗、选择、处理、检查物料的操作台，用在原料预处理、选择装填和成品包装等工段。

二、带式输送机的主要零部件

(一) 输送带

在带式输送机中，输送带既是承载件又是牵引件，主要用来承放物料和传递牵引力，是带式输送机中成本最高，又是最易磨损的部件。

1. 输送带的类型及特点 目前采用的输送带有橡胶带，各种纤维带、钢带（或网状钢丝绳）、塑料带等。其中用得最普遍的是橡胶带和塑料带。

(1) 橡胶带 它的特点是坚固耐用，抗湿，耐磨，弹性好，主要缺点是价格昂贵。

橡胶带的结构如图2—4所示，带芯覆以橡胶层构成。带芯一般用棉织物或化纤织物挂胶后叠成胶布层加热、加压、硫化、粘合而成，钢芯带用钢绳镀铜或锌作带芯。带芯的作用是承受纵向拉力，带芯强度为 $560 \text{ N/cm} \cdot \text{层}$ 。

覆盖层用来防止带芯受到冲击、摩擦和水分的损伤。花纹橡胶输送带的工作面上有许多条状或点状橡胶凸花纹，用于倾斜输送，其斜角可较一般通用带高 10° 左右。

目前国内橡胶带的品种及宽度可查阅设计手册（GB523—65）。固定和移动式胶带输送机已经系列化，固定式已有TD62及TD72型等，主要的规格有300、400、500、650、800、

1000、1200、1600毫米宽*。

(2) 塑料带 塑料带一般以维尼纶——棉混纺织物作层芯或整体带芯，用聚氯乙烯塑料作覆盖物。它具有耐磨、耐酸碱、耐油、耐腐蚀、不分层、不易撕裂、易成槽、重量轻、价格低等优点。其缺点是对气候适应性差，夏天变软伸长，冬天变硬收缩，易老化，易打滑，带速不能太快。

塑料带一般有多层芯和整芯式两种。多层芯塑料带和普通型橡胶带相似，其径向断裂强度为 $560\text{N}/\text{cm}\cdot\text{层}$ ；整芯式塑料带制造工艺简单，生产率高，成本低，质量好，但挠性差。整芯式厚度有4毫米和6毫米两种，其断裂强度分别为 $2240\text{N}/\text{cm}\cdot\text{层}$ 和 $5000\text{N}/\text{cm}\cdot\text{层}$ ，采用塑化接头时强度稍好些，如用机械接头强度会大大降低。

(3) 钢带 钢带的一般厚度为0.6~1.4毫米，宽度在650毫米以内。钢带的机械强度高，不易损伤，不易伸长，耐高温。但由于它刚度大，与橡胶带相比，需要采用直径较大的滚筒。另外，它对冲击负荷很敏感，而且要求所有的支承及导向装置安装准确，造价也较高。一般用于粘着性很大，灼热时对胶带起有害作用的物料。

(4) 网状钢丝带 网状钢丝带的强度好，耐高温，适用于一边输送，一边烘烤或一边用水冲洗的场合。

2. 输送带的选择原则 带式输送机对输送带的要求是：强度高，延伸率小，挠性好，吸水性小，耐磨、耐腐蚀等条件。同时，用于输送食品的输送带还须满足食品卫生要求。应根据工作条件和物料特性选择不同类型的输送带。

(二) 滚 筒

滚筒有驱动滚筒、改向滚筒和张紧滚筒三种。一般由钢板焊接或铸铁制成。

驱动滚筒是传递动力的主要部件，输送带借其与滚筒之间的摩擦力而运行。驱动滚筒有光面、木面和胶面之分，木面和胶面与输送带之间的摩擦力较大。

改向滚筒可改变输送带的走向，并可用来增大驱动滚筒与胶带的包角。

张紧滚筒用作输送机端部胶带的支承和张紧。改向和张紧滚筒都是光面的。

作为防止输送带跑偏的措施之一，滚筒外表面制成鼓形，中间直径比两侧大1%左右。一般滚筒宽度比带宽大100~200毫米。

(三) 托 辊

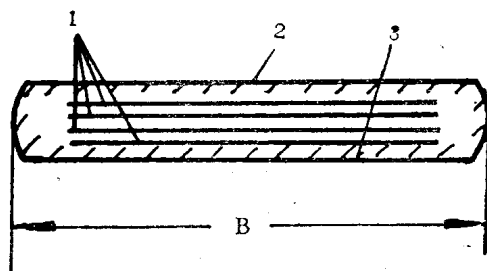
1. 托辊的功用 支承运输带及上面的物料，保证带子平稳运行。

2. 托辊的类型 按托辊在输送机上的功用和位置，把直接支承物料的承载托辊称为上托辊（图2—3中5）；用于支承回程胶带的空载托辊称为下托辊（图2—3中6）。

根据不同物料的输送要求，可以把托辊分为普通托辊、缓冲托辊和调整托辊三大类。

(1) 普通托辊 普通托辊仅仅起支承装置的作用，它有平形托辊和槽形托辊两种。

图2—5中的图(a)和图(b)是平形托辊。它的结构简单，运行阻力小，其缺点是输送带上散料堆积截面小，一般用作下托辊或用作输送成件物品的上托辊。



1. 胶布层 2. 工作面覆盖胶 3. 非工作面覆盖胶带宽。

图2—4 橡胶输送带的结构简图

槽形托辊(图2—5中的图(c)、图(d)、图(e))通常用于输送散状物料。槽形托辊一般由2~5个辊子组成,最高处侧辊子与水平线的夹角称为槽角,槽角大小常由输送带的成槽性决定。一般为 $0^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。增大槽角能使物料堆积截面增大,提高输送能力,防止撒料,并有提高运输倾角和防止跑偏的作用,目前常用的三节式托辊的槽角为 30° 左右。

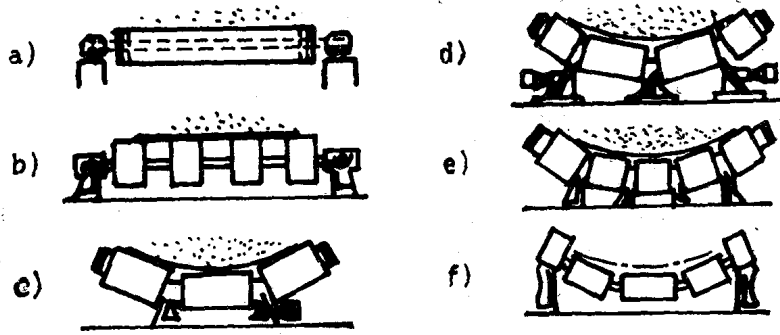


图2—5 上托辊的各种形式

(2) 调整托辊 调整托辊不但能对输送带起支承作用,还能防止由于偶然因素造成的输送带跑偏,或能使已跑偏的输送带自动复位。它能在横向摆动,两边有挡辊,防止胶带脱出。

调整托辊形式很多,其中挡辊式(图2—5中f)调整托辊工作可靠,应用较多。

(3) 缓冲托辊 在运送较重的大块物件时,可以在装料处设置缓冲托辊,以减少冲击作用。缓冲托辊有橡胶圈式和板弹簧式两类。食品工厂输送的散料一般是小粒度轻料,故很少使用缓冲托辊。

托辊可用铸铁制造,但较常见的是用两端加上凸缘的无缝钢管制造。托辊轴承有滚珠轴承和含油轴承两种,端部有密封装置及添加润滑剂的沟槽等。

定型的平形和槽形托辊的总长度应比带宽大 $100\sim 200$ 毫米。

托辊的间距和直径与带宽及运送物料的情况有关。定型的托辊直径一般为89、108、159毫米等;当成件物品重量大于20公斤时,工作段间距应不大于物料在运输方向上长度的 $1/2$,以保证物品至少支持在两个托辊上,通常间距为 $0.4\sim 0.5$ 米,物料比较轻的可取 $1\sim 2$ 米。对输送距离较长的,为防止跑偏,每隔若干组托辊,须装一个调整托辊。

(四) 拉紧装置

在带式输送机中,由于输送带具有一定的延伸率,在拉力作用下,会慢慢伸长。这个增加的长度需要得到修正,否则带与驱动滚筒间不能紧密接触而打滑,使输送带无法正常运转。常用的拉紧装置有重锤式和螺旋式两种,如图2—6所示。

螺旋式拉紧装置是利用拉力螺杆(如图2—6a、d)、压力螺杆(如图2—6b)或齿轮与齿条等,使之张紧。这种拉紧装置的主要优点为外形尺寸小,较紧凑。缺点是必须经常进行观察和张紧。

重锤式拉紧装置(如图2—6c)是在自由悬锤的重物作用下,产生拉紧作用力。其优点是能够保证张紧力为一常数。缺点是外形尺寸比较庞大。

(五) 输送带的连接

输送带连接的好坏是影响输送机使用寿命的关键问题之一。为确保输送机正常运行,必须保证接头的抗拉强度。

对于胶带,一般采用机械连接(金属皮带扣连接法、皮线缝纫法等)和硫化连接两种。最好采用硫化接头,其强度可达原来强度的90%,同时接合处无缝,表面平整。而用金属搭

接合, 接合容易, 但强度仅为原来的35~40%。

对于塑料带, 采用机械连接和塑化连接两种方法。塑化连接是将整芯折散相互搭接后, 上下覆以塑料片, 加热加压而成, 其强度可达原强度的75~80%。

三、带式输送机的主要计算

(一) 生产能力的计算

水平带式运输机*

$$G = 3600 B h \rho_1 \cdot v \psi \quad (\text{t/h}) \quad (2-1)$$

式中: G ——生产能力;

B ——带宽 (m);

ρ_1 ——装载密度 (t/m^3);

ψ ——装填系数, 一般取为0.75;

h ——堆放一层物料的平均高度 (m);

v ——带速 (m/s), 用作检查时为0.5~0.1 m/s, 用作运输时为0.8~2.5 m/s。

倾斜带式运输机的生产能力

$$G_0 = G / \psi_0 \quad (\text{t/h}) \quad (2-2)$$

式中: ψ_0 ——考虑到倾斜运输时的系数, 见表2-1。

表2-1

倾斜角度	0~10°	11~15°	16~18°	19~22°
ψ_0	1.00	1.05	1.10	1.15

以上是对散状物料而言, 若是输送成件物品时, 则**

$$G = 3.6 v W / t \quad (\text{t/h}) \quad (2-3)$$

式中: W ——成件物品单件重量 (kg);

v ——带速 (m/s);

t ——成件物品在输送带上的间距 (m)。

(二) 输送带强度的校核

一般根据计算出的最大张力和由生产率算出已选好的带宽和衬垫层数来校核它的安全系数: ***

$$k \geq i B \sigma_d / S_{\max} \quad (2-4)$$

式中: k ——安全系数, 见表2-2;

$S_{\max}$ ——输送带最大张力 (N);

i ——织物衬垫层数;

B ——带宽 (cm);

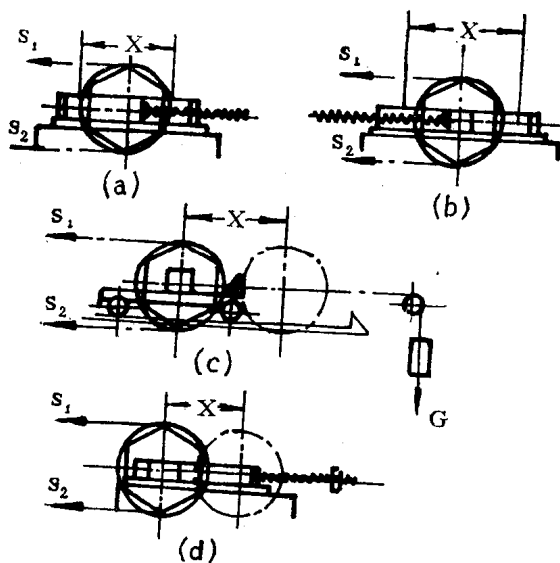


图2-6 拉紧装置简图

*《食品工厂机械与设备》, 无锡轻工业学院, 轻工业出版社, 1985。

**《机械工程手册》第九卷, 机械工业出版社, 1982。

***《连续输送机》, 上海交大洪致机、良明主编, 机械工业出版社, 1985。

σ_d ——带芯强度，普通型橡胶带 $\sigma_d = 560$ (N/cm·层)。

表2—2

安全系数和织物衬垫关系

织 物 衬 垫 层 数 i		3~4	5~8	9~12
k	硫 化 接 头	8	9	10
k	机 械 接 头	10	11	12

(三) 带式输送机的功率可用下式计算*

$$N = k_1 A (0.000545 k L v + 0.000147 G L) \pm 0.00274 G H k_1 \quad (2-5)$$

式中：N——功率；

H——提升高度 (m)，上升为正，下降为负值；

k——系数，根据带宽和轴承种类而定，见表2—3；

L——运输机长度 (m)；

G——输送能力 (t/h)；

v——输送带的速度 (m/s)；

k_1 ——起动附加系数，取1.3~1.8；

A——系数，与L有关，见表2—4。

表2—3

系数k值

带宽(mm) 轴承	400	500	600	750	900	1100	1300
滚 动 轴 承	21	26	29	38	50	62	74
滑 动 轴 承	31	38	43	56	75	92	110

表2—4

系数A值

运输机长(m)	<15	15~30	30~45	>45
A	1.2	1.1	1.05	1

§ 2—3 链式输送机

链式输送机也是广泛应用的连续式输送机。它主要用于各种流水作业的生产线上，作为各个工艺操作过程的传送设备。根据物料种类大小和承载物件形状的不同，链式输送机有链板式输送机 (图2—1b)、埋刮板输送机 (图2—1c)、悬挂输送机 (图2—1d) 和斗式提升机 (图2—1e) 等多种类型。

链式输送机的主要特点是以链条作为牵引构件，把承载物件安装在链条上，链条本身不起承载作用，只是牵引、输送物品。

一、链板输送机

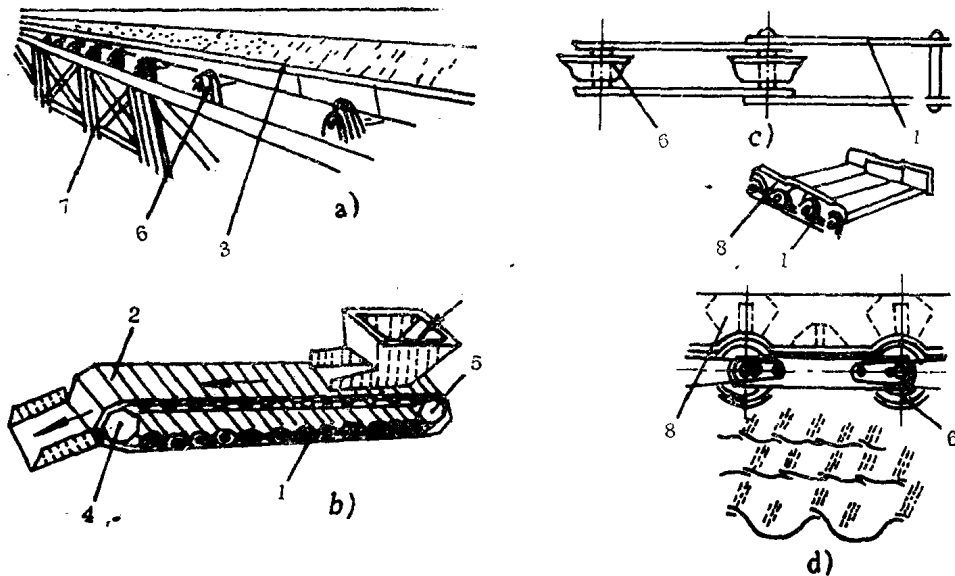
(一) 构造

链板输送机的构造如图 2—7 所示，它的承载件是平板、鳞板或是两侧带有侧板的槽形

* 《食品机械与设备》，轻工业出版社，1985。

板。它们联接在一根或两根封闭的牵引链条上。链条环绕驱动链轮和张紧链轮，驱动链轮轴上安装驱动装置。张紧装置采用螺旋式。运输物品和输送机上的运动构件的重量都由滚轮支承。滚轮装在片式关节链的销轴上（图2—7c），沿着导向机架滚动和运行。

所运物料不同，承载件板片的形状也不同。运输成件物品时用平板，平板之间可以有一定间隙（图2—7b）。运输散料时用槽形板片（图2—7a）或波浪形板片（图2—7d）。在大倾角的情况下运送物料时，波浪形板片具有明显的优越性。



a) 槽形板片输送机 b) 平板片输送机 c) 输送机牵引用的关节链 d) 各种波浪形板片
1. 牵引链, 2. 平板, 3. 槽形板, 4. 驱动链轮, 5. 张紧链轮, 6. 滚轮, 7. 支架, 8. 侧板

图2—7 链板输送机

（二）应用范围和主要优缺点

链板输送机可沿水平方向或倾斜方向输送各种散料和成件物品，输送距离可达200米，倾角一般为 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ，有侧向挡板时可达 45° 。由于它的承载部分和运行部分均由金属材料制成，因而可以输送沉重的、体积大的、具有锋利棱角的和对输送机有强烈磨损性的物料和成件物，并能输送 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 的高温物料。

链板输送机的优点是：1) 适用范围广，除粘度特别大的物料外，一切固态物料，成件物均可用它输送；2) 输送能力大，特别是鳞板板式输送机（一般称双链有档边波浪型板式输送机）的生产能力达 1000t/h ；3) 在输送过程中可进行分类、干燥、冷却或包装等各项工艺操作；4) 运行平稳可靠。

链板输送机的缺点是：1) 金属材料消耗大，机体笨重，结构复杂，造价高，空载功率大；2) 底板和牵引链磨损快，润滑和维修不便，噪音大；3) 运输速度小（ $0.125 \sim 0.6\text{ m/s}$ ）。

二、埋刮板输送机

埋刮板输送机是一种在封闭的矩形断面壳体内，借助于运动的刮板链条连续输送散粒物料的输送机。由于在输送过程中，牵引链条总是沉埋在物料的底部，被刮运的物料只限于同刮板或链条相接触的一小部分。而大部分的物料都是这一小部分被刮运的物料带动着输送

★ 《机械工程手册》第九卷，机械工业出版社，1982。