

新世纪高职高专教改项目成果教材

Xinshiji Gaozhi Gaozhuan Jiaogai Xiangmu Chengguo Jiaocai

食品加工机械与设备

刘晓杰 主 编

王维坚 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部新世纪高职高专教改项目成果教材。

本书主要内容包括：物料输送机械与设备，原料预处理机械与设备，粉碎、均质及混合机械与设备，热加工机械与设备，冷冻加工机械与设备，成型、挤压机械与设备，装料及包装机械，生化反应设备等内容。本书有配套的多媒体助学课件光盘，通过大量的动画使本教材的内容变得更加丰富、直观。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高等院校、本科院校高职教育相关专业学生的学习用书，也可供五年制高等职业院校学生及其他有关人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

食品加工机械与设备 刘 晓 杰 主 编 . — 北 京 : 高 等 教 育 出 版 社 , 2004. 11

ISBN 7 - 04 - 015767 - 5

. 食 刘 食品加工设备 - 高等学校 : 技术学校 - 教材 . TS203

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109757 号

策划编辑 张庆波 责任编辑 李京平 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱 静
版式设计 范晓红 责任校对 杨雪莲 责任印制

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010 - 58581000

经 销 新华书店北京发行所

印 刷

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 16.75

字 数 400 000

购书热线 010 - 64054588

免费咨询 800 - 810 - 0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

版 次 年 月 第 1 版

印 次 年 月 第 次 印刷

定 价 27.20 元 (含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号：15767 - 00

出版说明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》（教高〔2000〕3号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高〔2000〕2号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一批较为成熟的成果，组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2002年 11月 30日

前 言

本书是根据高职高专食品专业人才培养目标和基本要求编写的，是新世纪高职高专教改项目成果教材。

本书在编写过程中，依据高职高专食品专业人才培养规格的要求，着重论述食品工业生产中常用的食品机械与设备的基本结构、性能参数以及工作原理，吸收了一些近年来发展较快、应用较广的新型食品设备，并采用现代化多媒体教学手段，使教学变得更加直观和生动。

本书由长春大学机械学院教授刘晓杰担任主编并统稿，吉林粮食高等专科学校王维坚担任副主编。

全书由吉林大学生物与农业工程学院副院长、博士生导师殷涌光教授担任主审，他对本教材提出了非常宝贵的建设性修改意见，在此谨表示诚挚的谢意。

参加本书编写的人员（以章节为序）有：长春大学机械学院刘晓杰（概述、第一章），吉林粮食高等专科学校食品工程系王维坚（第二章的第一节、第二节、第三节，第三章、第五章）、黑龙江大学生命科学学院吴国峰（第四章的第一节、第二节、第三节、第四节、第八章）、郑州牧业工程高等专科学校食品工程系魏庆葆（第二章的第四节、第四章的第五节、第六章、第七章）。多媒体助学课件由长春大学朱志伟、张彤、姜俊海、刘亦菲、刘明辉、张化勋以及吉林粮食高等专科学校刘天明参与制作。

由于作者水平和经验所限，书中不妥之处敬请广大读者批评指正。

编 者

2004年 7月

目 录

概述	(1)	第四节 油炸设备	(141)
第一章 物料输送机械与设备	(3)	第五节 烟熏蒸煮烘干设备	(148)
第一节 固体输送机械与设备	(3)	第五章 食品冷加工机械与设备	(153)
第二节 流送装置	(17)	第一节 冷却装置	(153)
第二章 原料预处理机械与设备	(28)	第二节 冻结装置	(155)
第一节 清洗机械与设备	(28)	第三节 冷冻浓缩和冷冻干燥设备	(171)
第二节 分级分选机械与设备	(38)	第六章 成形、挤压机械与设备	(179)
第三节 果蔬原料预处理设备	(57)	第一节 压延机	(179)
第四节 肉类原料预处理设备	(66)	第二节 饼干成形机械	(183)
第三章 粉碎、均质及混合机械与设备	(73)	第三节 搓圆机	(190)
第一节 粉碎机械	(73)	第四节 包馅机	(195)
第二节 均质机	(84)	第五节 软料糕点成形机	(204)
第三节 混合机械	(92)	第六节 挤压机	(209)
第四节 调和机械	(100)	第七章 装料及包装机械	(215)
第四章 热加工机械与设备	(110)	第一节 装料机械	(215)
第一节 杀菌装置	(110)	第二节 包装机械	(227)
第二节 焙烤设备	(131)	第八章 生化反应设备	(246)
第三节 预煮设备	(136)	参考文献	(258)

概 述

1. 食品加工机械的分类

由于食品工业原材料及加工工艺各不相同，所以食品机械与设备的品种繁多。目前，我国尚未制订食品机械的分类标准，国内较为流行的分类方法主要有两种：食品加工产品对象分类法和食品机械设备功能分类法。

食品加工产品对象分类法是按所用的原料或产品进行分类，如米类加工机械、焙烤食品机械与设备、制糖加工机械与设备、乳品机械、酿造机械与设备、面类食品机械、豆制品加工机械、肉制品加工机械与设备、果蔬机械、水产品机械、饮料机械与设备、调味品机械与设备、糖果机械、方便食品机械、炊事机械、罐头食品机械与设备等。

食品机械设备功能分类法是按食品机械设备的功能、工作原理和特点进行分类，如物料输送机械与设备，原料预处理机械与设备，粉碎、均质及混合机械与设备，热加工机械与设备，冷冻加工机械与设备，成形、挤压机械与设备，装料及包装机械，生化反应设备等。

本书按食品机械设备功能分类的方法进行编写。

2. 食品加工对食品机械与设备的要求

(1) 食品机械与设备要满足食品的加工工艺要求，反应工艺的实用性和多样性。如，在一台机器或一条食品生产流水线上采用不同的原料、不同的配方，改变不同的工艺参数，或者调整设备的设置，就可以生产出不同的食品，从而达到一机多能、一机多用的效果。

(2) 食品机械与设备在使用过程中必须符合《中华人民共和国食品卫生法》的有关规定。食品机械与设备的结构要考虑到清洗和拆卸快捷的特点，工作区内不得有不便清洗的死角，以避免物料的积存和防止微生物在这些部位生长繁殖。食品机械与设备中与食品直接接触的零部件必须是耐腐蚀、无毒的材料，目前应用较多的材料是各种不锈钢、无毒塑料等。食品机械的传动润滑密封也一定要可靠，以防止润滑剂泄漏污染食品。

(3) 食品机械与设备在使用中必须具有可靠性和耐久性的特点。大多数食品机械属于连续生产方式，有的设备甚至是 24h 不间断地运行，如果生产中某一个设备出现了故障，就会影响生产，有时会造成全线停产，导致所投入的原料部分或全部报废，给企业带来重大损失。

3. 食品加工机械的发展概况

食品工业的发展主要依赖于设备和加工工艺的共同发展。食品机械与设备的发展和食品工业的发展紧密联系在一起，食品工业的发展以及市场的需求推动和促进了食品机械与设备的发展，而食品机械与设备的发展又为食品工业的发展奠定了技术基础。也就是说，食品工业现代化必须依赖于食品机械的发展及其现代化的水平，离开了现代化的仪器和设备，现代食品工业就无从谈起。

随着国民经济的发展和人民生活水平的不断提高，人们对食品加工技术提出了更高的要求，现代食品发展的趋势是绿色、营养、功能和方便。食品工业已经成为国民经济的重要支柱产业。作为装备食品工业的食品机械工业近年来发展极为迅猛，教学、科研和生产的水平在不

断地提高。我国食品机械工业已形成了一个完全独立的机械行业。

4. 食品机械与设备的研究与发展方向

最近 20 年来我国的食品机械实现了跨越式发展，取得了很多成果。但总体来讲，食品机械工业起步相对较晚，科研、设计、制造的基础还比较薄弱，还有很大的发展空间，急需解决的主要问题有以下几个：

(1) 基础理论的深入研究。食品机械与设备的加工对象非常复杂，既有固体，又有液体、气体，还有固体、液体、气体的混合体。由于食品所具有的特殊性质，只有对食品颗粒间的力学性质、粘弹性质、电学性质、热学性质等的研究不断加深，才能促进食品机械的设计与发展。

(2) 高新技术在食品机械工业中的应用。加强光机电一体化技术、超声波技术、光谱分析技术、遥感探测技术、超高压加工技术、电磁技术、微波技术、超临界萃取技术、微胶囊技术、超微粉碎技术等食品机械与设备中的应用与研究。

(3) 加强对食品机械与设备的系列化、零部件的通用化及零件的标准化研究。

(4) 传统食品工业化的生产与研究。我国各地民间都有一些独具特色的地方风味食品，有着丰富的文化内涵，也非常受人们喜爱。为了使这些名优特传统食品实现工业化生产，应不断研制开发出适应其加工工艺特点的相应机械与设备。

(5) 果蔬深加工设备的研究。我国水果蔬菜产量位居世界第一，出口创汇的比重在逐年增加，而果蔬的深加工转化、保鲜提高其附加值等，都需要对果蔬加工机械与设备的研发来实现。

(6) 肉类及水产品深加工设备的研发。随着生活水平的不断提高，人们对传统的肉类、水产品的食用方式也有了较大的变化，而需求方式的多样性也要靠相应的食品加工机械完成。

我国食品原料资源十分丰富，同时又是一个饮食文化大国，食品新资源的开发及新产品的不断研发，需要不断地研制适应新产品要求的新型机械与设备。

第一章 物料输送机械与设备

第一节 固体输送机械与设备

一、带式输送机

带式输送机是食品工业中应用很广泛的一种连续输送机械。它不仅可用于块状物料、粉状物料及整件物品的水平或倾斜方向的输送,用作向其他加工机械及料仓的加料卸料设备,还可作为生产线中检验半成品或成品的输送装置。

带式输送机的输送距离长,工作速度范围大(0.01~4 m/s),输送能力高,动力消耗低,构造简单,工作可靠,维修方便,运行平稳,无噪声,并可在全机任何地点加料或卸料。其缺点是不能实现密封输送,输送轻质粉状料时易产生粉尘,倾斜输送的斜度小于 18° ,只能作直线输送,要改变输送方向需几台输送机联合使用。

(一) 构造和工作原理

带式输送机的构造如图 1-1-1 所示。它主要由封闭的输送带、传动滚筒、改向滚筒、张紧装置、清扫器及驱动装置等组成。

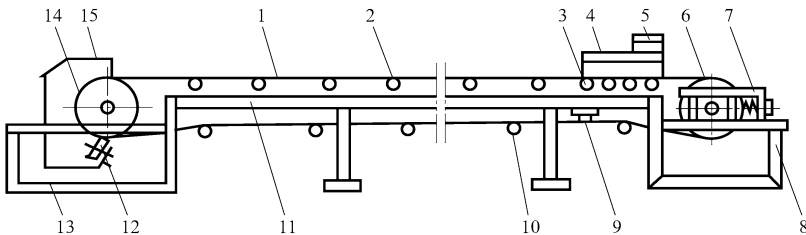


图 1-1-1 带式输送机

- 1—输送带; 2—上托辊; 3—缓冲托辊; 4—导料板; 5—加料斗; 6—改向滚筒; 7—张紧装置;
8—尾架; 9—空段清扫器; 10—下托辊; 12—弹簧清扫器; 13—头架; 14—传动滚筒; 15—头罩

封闭的输送带绕过传动滚筒和改向滚筒,上下有托辊支持,并有张紧装置将其张紧在两滚筒间。当电动机经减速器带动传动滚筒转动时,由于滚筒与输送带之间摩擦力的作用,使输送带在传动滚筒和改向滚筒间运转,这样,加到输送带上的物料即可由一端被带到另一端。

带式输送机各组成部分分述如下。

1. 输送带

输送带为牵引件并兼作承载件。要求其强度高、挠性好、耐磨性强、延伸率及吸水性小。常用的输送带有机皮带、钢带、网状钢丝带、塑料带等。

(1) 橡胶带 橡胶带是由若干层纤维帆布作为带芯，层与层之间用橡胶加以粘合而成的，其上下两面和左右两侧还附有橡胶保护层。帆布带芯是胶带承受拉力的主要部分，而橡胶保护层的主要作用是防止帆布磨损及腐蚀。

橡胶带按其用途不同可分为强力型、普通型和耐热型三种，带宽也有一系列的规格尺寸（200、250、300、400、450、500、650、800、1 000、1 200、1 600 mm等）。国产橡胶带上设有标记，标志出橡胶带的种类及带宽、带芯帆布的层数、工作面和非工作面保护层厚度、带长等有关参数，如“普通型运输胶带 650×3×(6+3)×1 000”代表该普通型橡胶带的宽度为650 mm，带芯为3层帆布，橡胶保护层在工作面上的厚度为6 mm，非工作面上的厚度为3 mm，长度为1 000 mm。

橡胶带越宽，帆布层越多，承受的总拉力越大。但随着帆布层数的增多，其柔性变小，输送带不能与支承它的槽形托辊平服接触，可能走偏。常用胶带帆布层数和允许最大张力见表1-1-1。

表 1 - 1 - 1 常用胶带帆布层数及胶带允许最大张力

层数	带宽 B /mm							
	300	400	500	650	800	1000	1 200	1 400
	普通型橡胶输送带最大允许张力 /N							
3	4 940	6 590	8 240	10 710	13 185	16 480	19 780	
4		8 790	10 990	14 280	17 580	21 950	26 380	
5			12 490	16 240	19 973	24 966	29 970	34 960
6			14 980	19 480	23 980	29 970	35 960	41 950
7			16 950	22 620	27 960	34 960	41 950	48 940
8			19 970	25 970	31 960	39 960	47 932	55 940
9				28 610	32 960	41 200	49 440	57 780
10					36 620	45 780	54 940	64 088
11						50 355	60 430	70 505
12							65 920	76 910

从表1-1-1看出，根据带的宽度，可查到所需的最大与最小层数。而实际需要的层数可按带承受的最大张力用下式计算：

$$Z = \frac{F_{max} R}{BK} \quad (1-1-1)$$

式中 Z ——实际需要的帆布层数；

F_{max} ——输送带的最大张力，N， F_{max} 可按传动滚筒趋入点张力计；

R ——安全系数，硫化接头 $R=8\sim 10$ ，机械接头 $R=10\sim 12$ ，层数多，R取大值；

B ——输送带宽，cm；

K ——每层帆布极限张力，N/cm层，普通型橡胶带 $K=560\text{ N/cm层}$ ，强力型（维尼纶）橡胶带 $K=1\,400\text{ N/cm层}$ 。

橡胶带的接头方式有机械接头和硫化接头两种，机械接头是用钢卡连接的，其强度较低，且带芯外露易腐蚀。硫化接头是将接头部位的帆布层和覆盖胶层切成对称的阶梯，涂以胶浆，施加 $(50 \sim 80) \times 10^4 \text{ Pa}$ 的压力，在 140°C 左右的温度下保温一定时间，即成为无缝的硫化接头，其强度高、耐腐蚀性强。

(2) 钢带 钢带采用低碳钢制成，其厚度一般为 $0.6 \sim 1.5 \text{ mm}$ ，宽度在 650 mm 以下。钢带的强度高，不易伸长，耐高温，因而常用于烘烤设备中。

(3) 钢丝网带 钢丝网带强度高、耐高温。由于有网孔，故多用于边输送边进行固液分离的场合。如油炸食品时油炸箱中物料的输送、洗涤设备中的水平输送等常采用钢丝网带。钢丝网带也用于烘烤设备中，因网带网孔能透气，故烘烤时食品生坯底部水分容易蒸发，其外形不会因涨发而变得不规则或发生油滩、洼底、粘带及打滑等现象。为防止长期加热使用时网带上积累的碎屑污染食品而影响质量，可在网带上涂镀防粘材料。

2. 托辊

托辊的作用是支承和引导输送带，防止带下垂，保持输送带平稳运行。托辊分上托辊（承载段托辊）和下托辊（空载段托辊）两种。根据被输送物料的种类及输送带的形式，上托辊又分平形托辊和槽形托辊，平形托辊用于平带输送机；槽形托辊用于槽形带输送机。下托辊一般均为平形托辊。图 1-1-2 所示是托辊的两种主要形式。

上托辊的间距一般根据承载情况和带宽而定，如表 1-1-2 所示。加料段因受较大冲击力，托辊间距应小些，一般为表中数值一半左右。

下托辊间距可为 $2 \sim 3 \text{ m}$ 。托辊的直径已标准化，可根据带宽决定。当带宽 $B = 800 \text{ mm}$ 时，托辊直径 $d = 89 \text{ mm}$ ； $B = 1000 \text{ mm}$ 时， $d = 108 \text{ mm}$ 。

托辊可用铸铁制成，也可用无缝钢管制成，两端用滚动轴承或滑动轴承与固定在机座上的支架相连接。

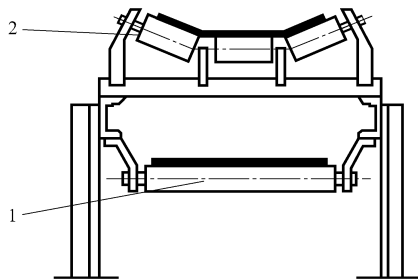


图 1-1-2 托辊的结构形式

1—平形托辊；2—三节槽形托辊

表 1-1-2 上托辊间距 L_0 mm

物料堆积密度 / $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	B		
	500 650	800 1000	1200 1400
	L_0		
1.6	1200	1200	1200
>1.6	1200	1100	1100

3. 传动滚筒和改向滚筒

传动滚筒又称主动滚筒，其主要作用是利用摩擦力把动力传递给输送带。传动滚筒有铸铁滚筒和钢板滚筒两种，全部采用滚动轴承支承。两种滚筒使用性能基本一致。有时为了增加滚筒与胶带之间的摩擦力，可在滚筒的外表面包以橡胶和木条。有一种将电动机、减速器都装在

滚筒内部的传动滚筒，称为电动滚筒。由于电动滚筒结构紧凑，重量轻、易于安装布置，应用逐渐增多，但维修较为困难。

改向滚筒只作为改变胶带运动方向之用，不需传递动力，负荷较轻，故其大部分结构尺寸都比传动滚筒小。改向滚筒又称从动滚筒。

滚筒直径一般根据带的层数确定，可按以下经验公式计算：

$$D = AZ \quad (1 - 1 - 2)$$

式中 D —— 滚筒直径，mm；

Z —— 胶布层数；

A —— 常数，传动滚筒取 $A = 125 \sim 150$ mm，从动滚筒取 $A = 100 \sim 125$ mm。

滚筒直径也可以从表 1 - 1 - 3 中选用。

表 1 - 1 - 3 滚筒直径与宽度

		mm				
宽度 B	500	650	800	1 000	1 200	1 400
直径 D	500	500	500	630	630	800
		630	630	800	800	1 000
			800	1 000	1 000	1 250
					1 250	1 400

滚筒的长度应比输送带的宽度大 100 ~ 200 mm。

4. 张紧装置

张紧装置的作用是使输送带得到必要的张力，以免胶带有在滚筒上打滑，并可减小输送带在两组托辊间的垂度，减少振动。张紧装置通常装在从动滚筒一端。常用的张紧装置有螺旋式、小车式和重锤式三种形式。螺旋式张紧装置如图 1 - 1 - 3 所示。其结构简单、紧凑，安装方便，但需人工调整，而且张紧力不能保持恒定。一般用于长度小于 80 m，且功率较小的输送机上。小车式张紧装置如图 1 - 1 - 4 所示。其结构较为复杂，改向滚筒多，但能自动调节张力，并能保持张力恒定。一般用于长度较长、功率较大的场合。重锤式张紧装置如图 1 - 1 - 5 所示，其结构比较简单，可自动调整张力，并能保持张力恒定，调整范围大。但是改向滚筒多，粉料容易污染带的非工作面，使带的磨损加剧。重锤式张紧装置主要用于大长度、大功率的输送机上。

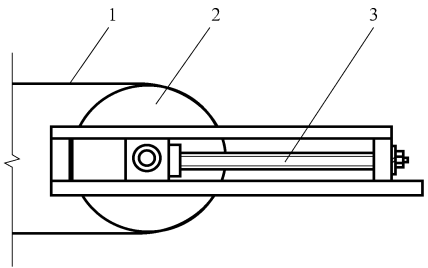


图 1 - 1 - 3 螺旋式张紧装置
1—输送带；2—改向滚筒；3—螺杆

5. 卸料装置

带式输送机卸料方式有两种，一种是终端卸料，另一种是中间卸料。终端卸料不需卸料装置，当输送带改向时，物料在重力作用下会自动卸下。

中间卸料装置有刮板卸料器和电动卸料车两种。刮板卸料器如图 1 - 1 - 6 所示，将一金属或木质板装于输送带中间需卸料的部位，移动的物料碰到刮板时，即向一侧或两侧卸料，刮板

倾斜角度为 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。刮板卸料器结构简单、造价低，但带的磨损大，动力消耗也大。这种卸料器适用于平形带。

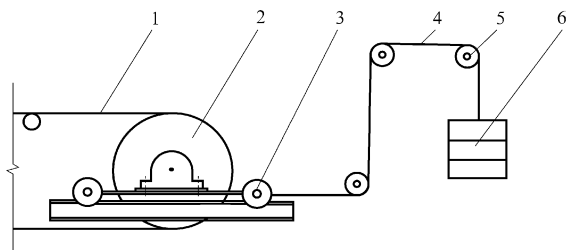


图 1-1-4 小车式张紧装置

1—输送带；2—改向滚筒；3—小车；4—钢丝绳；
5—定滑轮；6—重锤

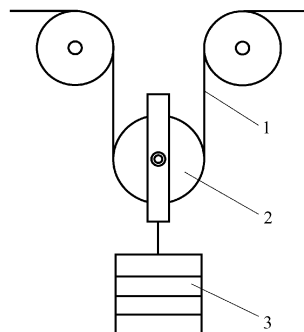


图 1-1-5 重锤式张紧装置

1—输送带；2—改向滚筒；3—重锤

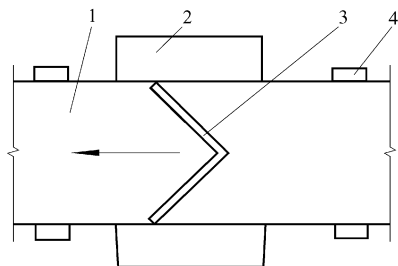


图 1-1-6 刮板卸料器

1—输送带；2—料斗；3—刮板；4—托辊

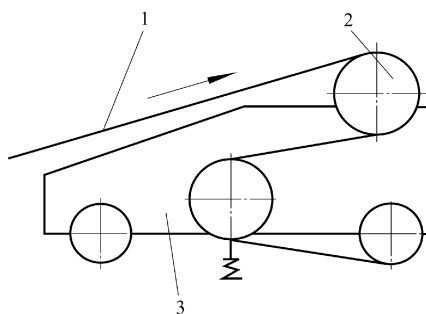


图 1-1-7 电动卸料小车示意图

1—输送带；2—改向滚筒；3—卸料小车

需要多点卸料时，可采用电动卸料小车卸料，其结构如图 1-1-7 所示。电动卸料小车装在输送机两侧的轨道上，由电动机驱动，可沿着带的方向往复行走，达到多点卸料的目的。

6. 清扫器

为了清除卸料后仍粘附在输送带上的粉状物料，要安装清扫器。一般输送带的工作面用弹簧清扫器。非工作面用刮板清扫器。刮板清扫器的结构和工作原理与刮板卸料器相似。弹簧清扫器的原理如图 1-1-8 所示，它利用弹簧的压力，将橡胶刮板紧贴附在滚筒部位的胶带上，起到清扫的作用。

(二) 主要参数的确定

1. 输送能力

(1) 连续输送散状物料

$$Q = 3600 S v c$$

$$(1-1-3)$$

式中 —— 输送能力，t/h；

- S——物料在带上的横截面积， m^2 ；
- ρ ——物料在带上的容积密度， t/m^3 ；
- v——带速， m/s ；
- c——输送机倾斜度修正系数，见表 1 - 1 - 4。

表 1 - 1 - 4 倾斜度修正系数

倾角	$0^\circ \sim 7^\circ$	$8^\circ \sim 15^\circ$	$16^\circ \sim 20^\circ$	$21^\circ \sim 25^\circ$
c	1~0.95	0.95~0.90	0.90~0.80	0.80~0.75

注：当带速较小，物料粒度、休止角较大时，c应取较大值。

从式 (1 - 1 - 3) 可知，要计算输送能力，就应首先确定物料在带上的截面积。物料在带上的横截面积如图 1 - 1 - 9 所示。输送散物料时，可取物料的堆积宽度 b 为带宽 B 的 0.8 倍，即 $b = 0.8B$ 。设物料的休止角为 β ，槽形带水平段长为 $0.4B$ (近似等于水平托辊长)，斜托辊倾角为 α 。物料在输送带上的横截面积可按以下经验公式计算：

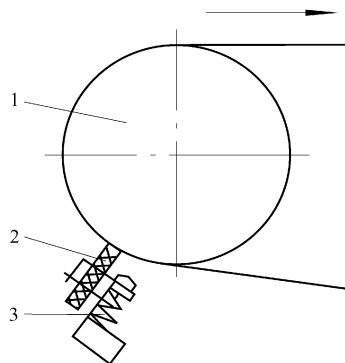


图 1 - 1 - 8 弹簧清扫器安装图
1—滚筒；2—刮板；3—弹簧

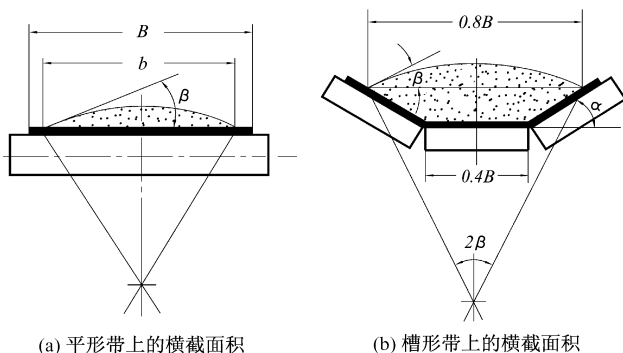


图 1 - 1 - 9 物料在输送带上的横截面积

$$S = K_s B^2 \quad (1 - 1 - 4)$$

式中 K_s ——截面系数，与物料在带上的休止角、托辊倾角 (槽角) 及带宽 B 有关，见表 1 - 1 - 5。

表 1 - 1 - 5 截面系数 K_s

槽角		0°				20°				30°			
		休止角											
		15°	20°	25°	30°	15°	20°	25°	30°	15°	20°	25°	30°
带宽 B/mm	300	90	110	145	175	200	220	250	280	240	260	290	320
	400	100	120	160	195	225	245	285	315	275	295	330	360

续表

槽角		0°				20°				30°			
带宽 B/mm	50Q 650	105	130	170	210	245	265	305	340	300	320	355	390
	80Q 1000	115	145	190	230	270	300	340	380	335	360	400	435

(2) 输送成件物品

$$Q = 3.6 \frac{mv}{L} \quad (1-1-5)$$

式中 Q ——输送能力, t/h;

m ——单件物品质量, kg;

v ——带速, m/s;

L ——带上物品的间距, m。

每小时输送件数可用下式计算:

$$n = \frac{3600v}{L} \quad (1-1-6)$$

式中 n ——每小时输送件数, 件/h。

2. 输送带宽度

(1) 输送散物料 输送散物料时带宽可由下式求出:

$$B = \frac{Q}{K_s v c} \quad (1-1-7)$$

式中 B ——输送带宽, m。

根据上式计算出的 B 值, 圆整为整数后, 再从带的宽度系列中选用标准值。

(2) 输送成件物品 输送成件物品时, 带宽应比物品的宽度尺寸大 50 ~ 100 mm。

3. 带速的确定

通过对输送能力的讨论可知, 带速越高, 输送能力越大。但是带速过大, 输送带的抖动也越大, 物料容易从带上抛出, 而且, 输送带也容易因磨损而损坏。所以, 合理地选择带速很重要, 一般可根据下列原则选定带速。

(1) 较长及水平输送机, 可选用较高的带速。

(2) 输送易扬尘的粉状物料, 应使 $v < 1$ m/s。

(3) 刮板卸料时, 一般 $v < 2$ m/s。

(4) 人工检选时, $v = 0.3$ m/s。

(5) 输送成件物品时, $v < 1.25$ m/s。

(三) 带式输送机的使用与维护

(1) 加料要均匀。料应加在输送带的中心线附近, 防止带的振动或走偏。尽量使加料的初速方向与带的运动方向相同, 减小加料高度, 以减轻对带的冲击。

(2) 输送散物料时, 注意清扫输送带的正反两面, 保持带与滚筒及托辊间的清洁, 减少磨损。

- (3) 定期检查各运动部分的润滑，及时加注润滑剂，以减小摩擦阻力。
- (4) 向上输送物料的倾角过大时，最好选用花纹输送带，以免物料滑下。
- (5) 对于倾斜布置的带式输送机，给料段应尽可能设计成水平段。
- (6) 经常检查和调整带的张紧程度，防止带过松而使输送带产生振动或走偏。
- (7) 发现输送带局部损伤，应及时修理，以防损伤扩大。

二、斗式提升机

在带或链等挠性牵引件上，均匀地安装着若干料斗用来连续运送物料的运输设备称为斗式提升机。斗式提升机主要用于垂直连续输送散状物料。其优点是结构简单，占地面积小，提升高度大。一般提升高度 12~20 m，最高可达 30~60 m，密封性好，不易产生粉尘等；缺点是料斗和牵引件易磨损，对过载的敏感性大。

(一) 构造和工作原理

斗式提升机主要由牵引件、传动滚筒、张紧装置、料斗、加料及卸料装置和驱动装置等组成。整个装置封闭在金属外壳内，一般传动滚筒和驱动装置放在提升机的上端，如图 1-1-10 所示。

在斗式提升机的挠性牵引件 4、8 上装着一系列料斗 5，在提升机下部的加料口 1 (或 2) 将物料加入料斗，料斗内的物料随牵引件连续向上移动，在转过传动滚筒 10 的顶端后，由于料斗的翻转，将物料从卸料口 11 卸出。

为适应不同性质物料的输送要求，料斗可制成深斗和浅斗两种。深斗适宜输送干燥、松散及流动性好的物料，浅斗用于输送潮湿及流动性较差的物料。目前国内通用斗式提升机已有专用料斗，并已系列化。

斗式提升机的牵引件有胶带和链条两种。胶带牵引件适合生产能力不大，中等提升高度，磨蚀性小的粉状及小颗粒物料的运输。链式牵引件常用板链及环链，适合生产能力及提升高度较大，物料温度较高的场合。

(二) 装料与卸料方式

1. 装料

斗式提升机的装料方式有掏取法和灌入法两种，如图 1-1-11 所示。

(1) 掏取法 物料加到提升机底部，被运转着的料斗直接挖取而提升。这种装料方法适合于小或磨蚀性小的粉状物料。其运行阻力较小，故料斗的速度较高，为 0.8~2 m/s

(2) 灌入法 物料直接由装料口加到运行的料斗中，这种装料法适用于料块较大及磨蚀

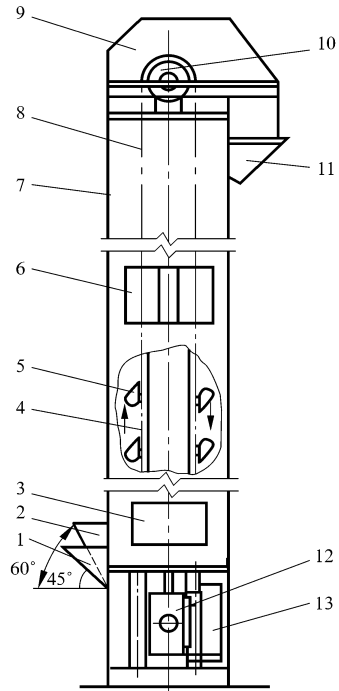


图 1-1-10 斗式提升机

- 1—低位装料口；2—高位装料口；3、6、13—孔口；
- 4、8—牵引件；5—料斗；7—外壳；9—头罩；10—传动滚筒；11—卸料口；12—张紧装置

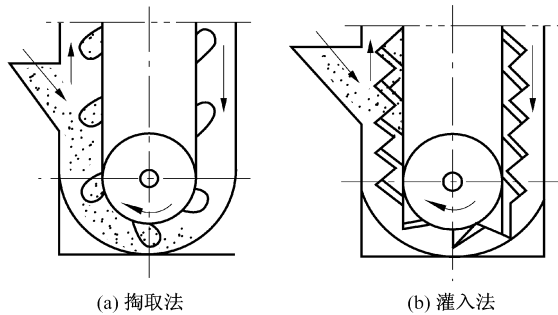


图 1-1-11 斗式提升机的装料方式

性较大的物料，料斗是密接布置的，其斗速较低，一般低于 1 m/s

2. 卸料

斗式提升机的卸料方式有离心式、离心重力式及重力式三种，如图 1-1-12 所示。

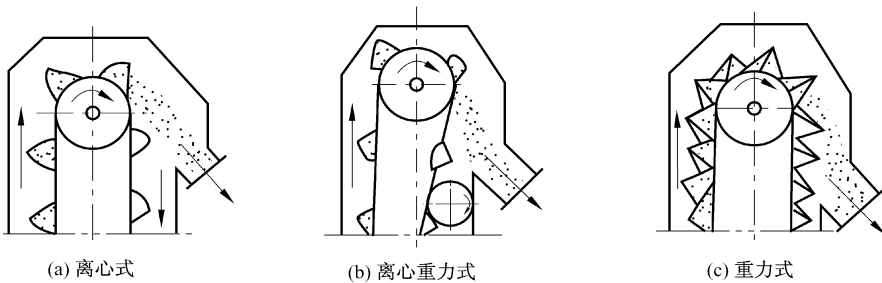


图 1-1-12 斗式提升机的卸料方式

离心式卸料是利用离心力将物料从卸料口卸出，物料的提升速度高，通常为 $1 \sim 2 \text{ m/s}$ 。离心卸料要求料斗间的距离要大些，以免砸伤料斗，此种卸料方式适用于粒度较小、流动性好、磨蚀性小的物料。

离心重力式卸料是利用离心力和重力的双重作用卸料，物料的提升速度为 $0.6 \sim 0.8 \text{ m/s}$ 。这种卸料方式适用于流动性不太好的粉状料及潮湿物料。

重力式卸料是依靠物料本身的自重卸料。物料的提升速度较低，通常为 $0.4 \sim 0.6 \text{ m/s}$ ，重力卸料时物料是沿前一个料斗的背部落下，所以料斗要紧密相接。这种卸料方式适宜提升块度较大，磨蚀性强及易碎的物料。

(三) 主要参数的确定

1. 提升能力

斗式提升机的提升能力按下式计算：

$$Q = 3600 \frac{i}{a} v k \quad (1-1-8)$$

式中 Q —— 提升能力， t/h ；

i —— 料斗容积， m^3 ；

- v ——提升速度, m/s;
 ——物料堆积密度, kg/m^3 ;
 ——料斗充填系数, 与物料的性质有关, 见表 1-1-6。
 a ——料斗间距, m, 见表 1-1-7。
 k ——供料不均匀系数, 一般取 $k=0.65\sim 0.85$ 。

表 1-1-6 料斗充填系数

物料情况	充填系数
粉末状物料	0.75 ~ 0.95
粒度在 20 mm 以下的粒状物料	0.7 ~ 0.9
粒度在 20 ~ 50 mm 的小块物料	0.6 ~ 0.8
粒度在 50 ~ 100 mm 的中块物料	0.5 ~ 0.7
粒度大于 100 mm 的大块物料	0.4 ~ 0.6
潮湿的粉末状和粒状物料	0.6 ~ 0.7

表 1-1-7 料斗规格及间距

斗宽 B/mm	深斗			浅斗		具有引导侧边的料斗		
	料斗间距 a/mm	料斗容积 \dot{V}/L	\dot{V}/a $/(\text{L} \cdot \text{m}^{-1})$	料斗容积 \dot{V}/L	\dot{V}/a $/(\text{L} \cdot \text{m}^{-1})$	料斗间距 a/mm	料斗容积 \dot{V}/L	\dot{V}/a $/(\text{L} \cdot \text{m}^{-1})$
135	300	0.75	2.5					
160	300	1.1	3.67	0.65	2.17	160	1.5	9.4
200	300	2.0	6.67	1.1	3.67			
250	400	3.2	8.0	2.6	6.5	200	3.6	18.0
350	500	7.8	15.6	7.0	14.0	250	7.8	31.2
450	600	14.5	24.2	15.0	25.0	320	16.0	50.0

有时要根据物料性质及提升能力 Q 来选择斗式提升机料斗的型号和规格。这时可根据式 (1-1-8) 求出 \dot{V}/a , 再查表 1-1-7, 从表中找出与计算值相近的 \dot{V}/a 值, 即可定出料斗容积。

2. 功率

斗式提升机传动轴功率可按下式近似计算:

$$P_0 = \frac{QH}{367} (1.15 + k_1 k_2 v) \quad (1-1-9)$$

式中 P_0 ——传动轴功率, kW;
 Q ——输送量, t/h;
 H ——提升高度, m;