

中等专业学校试用教材

连续运输机械

任承祿 主编

武汉工业大学出版社

中等专业学校试用教材

连续运输机械

任承祿 主编

武汉工业大学出版社

鄂新登字13号

内 容 提 要

本书为全国建材中专建材机械专业统编教材。书中对具有牵引构件和无牵引构件的七种常用运输机的技术性能、工作原理、结构特点、选择计算、使用维护及故障分析等进行了全面介绍，并对带式输送机、振动输送机和气力输送装置三种典型运输机作了较为详细的论述。本书可作建材机械全日制中专、职工大专及职工中专教材，也可供其它有关专业人员参考。

中等专业学校试用教材

连续运输机械

主 编 任承祿

责任编辑 刘永坚

武汉工业大学出版社出版（武汉市武昌路狮路14号）

新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经销

石首市第二印刷厂印刷

开本：787×1092mm 1/16 印张：11.5 字数：290千字

1991年10月第1版 1993年9月第2次印刷

印数：5 001—8 000册

ISBN 7-5629-0495-2/TH·14

定价：6.30元

前 言

本书是根据1986年国家建材局人才开发司审定批准的《建材生产运输机械教学大纲》，由全国建材中专教材编审委员会组织编写的全国建材中专机械专业统编教材。全书连同绪论共八章。绪论、第二、七章由北京市建筑材料工业学校任承禄同志编写，第一章由福建建筑材料工业学校贾宝珠同志编写，第三、四、五、六章由贵州建筑材料工业学校邓福源同志编写。主编由任承禄同志担任。武汉工业大学朱昆泉副教授担任本书主审。

根据教学大纲所规定的运输机械的类型及其特点，本书定名为《连续运输机械》。由于在建材生产厂矿和其它部门中，连续运输机械的工作对象多为散粒物料，因此，本书在绪论中较系统地介绍了散粒物料的物理性质。根据建材机械专业学生的培养目标和今后从事机械设备管理与维修工作的需要，本书在全面论述常用连续运输机械的技术性能、工作原理、结构特点、选型计算和使用维护的基础上，增加了有关主要零部件结构的内容，补充了常见故障的分析与排除措施，并有重点地适当加深了有关的理论分析。针对建材厂矿和其它部门当前连续运输机械的应用情况和发展趋势，本书对各部门中应用比较普遍并具有典型性的带式输送机、振动输送机和气力输送设备作了较为详细地论述，并适当介绍了上述设备中的一些新技术、新类型和新结构。

本书力求内容简炼、层次清晰、重点突出、深广适度、文字通俗易懂、资料详实和理论联系实际。为便于学生学习、理解和应用，书中列举了一定例题，每章附有复习思考题。

本书可作建材机械专业中专、职工大专及职工中专教材，也可供其它有关专业和技术人员参考。

由于编者水平有限，经验不足，书中如有不当或错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

1990年10月

目 录

绪论	(1)
§ 0-1 概述	(1)
§ 0-2 散粒物料的物理性质	(2)
复习思考题	(8)
第一章 带式输送机	(9)
§ 1-1 概述	(9)
§ 1-2 带式输送机的主要零部件	(10)
§ 1-3 带式输送机的计算	(27)
§ 1-4 带式输送机的总体设计	(38)
§ 1-5 带式输送机的故障分析	(49)
§ 1-6 特种带式输送机介绍	(51)
复习思考题	(53)
第二章 斗式提升机	(55)
§ 2-1 概述	(55)
§ 2-2 斗式提升机的主要零部件	(56)
§ 2-3 斗式提升机的卸料分析	(67)
§ 2-4 斗式提升机的计算	(72)
§ 2-5 斗式提升机的使用维护	(80)
复习思考题	(81)
第三章 埋刮板输送机	(82)
§ 3-1 埋刮板输送机的工作原理及类型特点	(82)
§ 3-2 主要零部件	(85)
§ 3-3 埋刮板输送机的选型计算	(89)
复习思考题	(90)
第四章 螺旋输送机	(91)
§ 4-1 概述	(91)
§ 4-2 螺旋输送机的主要零部件	(93)
§ 4-3 螺旋输送机的选型计算	(99)
§ 4-4 其它螺旋输送机	(102)
§ 4-5 螺旋输送机的故障分析	(104)
复习思考题	(105)
第五章 滚柱输送机	(107)
§ 5-1 概述	(107)
§ 5-2 滚柱输送机的构造	(107)
§ 5-3 滚柱输送机的计算	(110)
复习思考题	(114)
第六章 振动输送机	(115)
§ 6-1 概述	(115)

§ 6-2 振动输送机的类型与构造.....	(116)
§ 6-3 振动输送机的工作原理.....	(124)
§ 6-4 振动输送机的参数.....	(128)
§ 6-5 振动输送机的安装和调整.....	(137)
复习思考题	(144)
第七章 气力输送	(145)
§ 7-1 概述.....	(145)
§ 7-2 气力输送基本理论.....	(147)
§ 7-3 管道式气力输送的主要设备.....	(152)
§ 7-4 管道式气力输送系统设计计算.....	(165)
§ 7-5 空气输送斜槽.....	(170)
§ 7-6 栓流气力输送.....	(174)
复习思考题	(175)
主要参考文献	(176)

绪 论

§0-1 概 述

连续运输机械是使物料沿一定路线，以一定速度，在装载和卸载点之间进行连续输送物料的机械设备。在生产和作业过程中，连续运输机械是必需的机械设备之一。

由于被输送物料的性质和生产要求不同，连续运输机械的类型较多，通常按结构形式将其分为两大类，即有牵引构件的运输机械和无牵引构件的运输机械。表 0-1 是几种常用连续运输机械的分类。

常用连续运输机械分类表 表0-1

有牵引构件 的运输机械	带式输送机 板式输送机 刮板输送机 斗式提升机 悬挂输送机 架空索道
无牵引构件 的运输机械	螺旋输送机 滚柱输送机 振动输送机 气力输送装置

连续运输机械与汽车等运输工具相比，其主要优点是：设备简单、生产率高、工作平稳、操作简便，可在一定的运输线路上连续输送物料；主要缺点是，物料只能在运输路线上沿一定方向输送。

由于连续运输机械具有上述特点，在工矿企业、仓库货场、车站码头和轻工商业等部门，被广泛用于输送原料、成品和货物等，是实现机械化、自动化生产，提高生产率、降低成本、减轻劳动强度的重要手段。

建筑材料工业生产的品种较多，生产的工艺性和连续性较强，在生产过程中，有许多原料、半成品和成品需要经运输机多次输送。因此，有的运输机械已成为生产流水线上的主要组成部分，是生产过程中的主要环节和纽带。以图 0-1 所示物料粉磨系统为例，其中就有带式输送机、振动输送机、斗式提升机、螺旋输送机和气力输送装置等五种运输机械。由此可见，在建筑材料生产的厂矿中，各种运输机械的应用是十分普遍的。

随着“四化”建设和人民物质生活水平的不断提高，对建材产品的品种、产量和质量的需求更高了。为了促进建材工业生产不断发展，不但对老企业要进行技术改造和设备更新，还要建设现代化的新型企业。其中对运输机械也提出了更高的要求，要不断研究和应用新的技术，设计新型结构，以充分提高机械化和自动化程度。现在，我国连续运输机械的发展很快，在理论研究、引进吸收国外先进技术和生产应用等方面都取得了很大的进展和成绩，大输送量和长距离输送机已应用于生产，有些在国际上属于先进的运输机械设备我国也能自行设计和制造。

本课程的任务是：讨论常用连续运输机械的技术性能、工作原理、结构特点、选型计算和使用维护等，为合理使用和管理这些机械打好基础。

根据建材生产厂矿及其它部门当前运输机械的应用情况和今后的发展趋势，本课程在讨论常用运输机械的基础上，对各部门中应用比较普遍，并具有一定典型性和代表性的带式输送机、振动输送机和气力输送设备作了较为详细的论述。

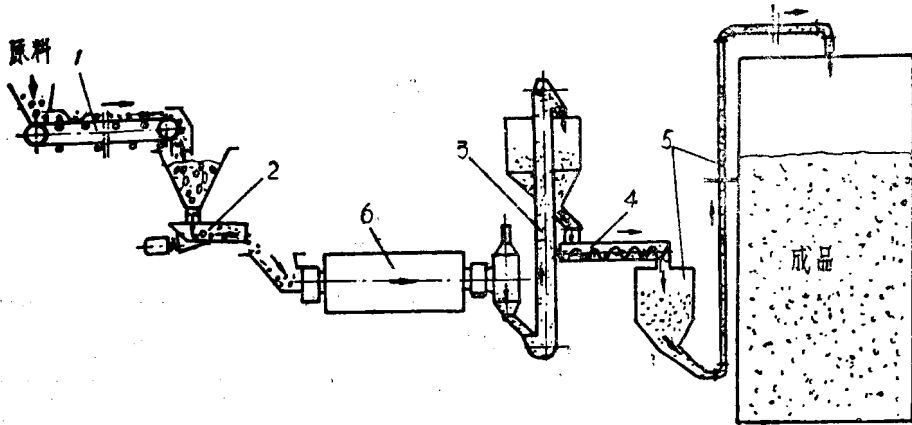


图0-1 物料粉磨系统流程图

1-带式输送机；2-振动输送机；3-斗式提升机；4-螺旋输送机；5-气力输送装置；6-磨机

为了学习好本课程，在开课前或学习期间，学生应去有关厂矿实习，获得必要的生产实践经验和感性知识。

§0-2 散粒物料的物理性质

连续运输机械所输送的对象，不外乎是成件物品和散粒物料两类。散粒物料包括块状物料、粒状物料和粉状物料三种。

在进行运输机械的类型选择、参数计算、零部件结构设计和使用时，要考虑被输送物料的种类和物理性质。因此，在具体讨论各类运输机械前，应了解有关散粒物料的主要物理性质。

散粒物料的物理性质包括：物料的粒度、湿度、空隙率、堆积密度、堆积重度、粘性、磨损性、内摩擦角、堆积角和物料与固体表面之间的摩擦系数及对仓壁的压力等。

一、粒度

粒度和粒径的含义不同。粒径是表示某一个颗粒的大小，一般是按如图0-2所示颗粒的对角线 a 来度量的。而粒度是表示散粒物料群粒体的大小程度指标，是群粒体的粒径平均值。

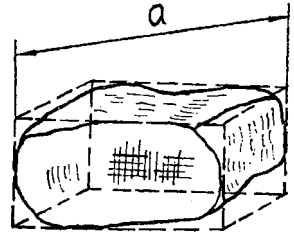


图0-2 散粒物料颗粒尺寸

对未经分选的材料，若最大颗粒的粒径 (a_{max}) 与最小颗粒的粒径 (a_{min}) 之比 $\frac{a_{max}}{a_{min}} > 2.5$ ，或物料粒径大于 $0.8a_{max}$ 的颗粒重量超过总的重量10%，这种材料的粒度 (a') 可用最大颗粒的粒径 (a_{max}) 来表示，即： $a' = a_{max}$ 。

对分选的材料，因颗粒比较均匀，一般， $\frac{a_{max}}{a_{min}} < 2.5$ ，则用平均粒径作为这种材料的粒度，

$$\text{即 } a' = \frac{a_{max} + a_{min}}{2} \quad (0-1)$$

散粒物料按粒度 (a') 大小分为大块物料 ($a' > 160\text{mm}$)，中块物料 ($a' = 60 \sim 160\text{mm}$)，

小块物料 ($a' = 10 \sim 60\text{mm}$)；粒状物料 ($a' = 0.5 \sim 10\text{mm}$) 和粉状物料 ($a' < 0.5\text{mm}$) 五种。

二、湿度

湿度是表示物料中的含水量占干燥物料重量的百分率。散粒物料的湿度 (W) 按下式计算。

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\% \quad (0-2)$$

式中 W ——物料湿度；

G_1 ——干燥前试样重量；

G_2 ——干燥后试样重量。

根据散粒物料的含水状况不同，可分为干燥物料、风干物料、潮物料、湿物料和水湿物料等几种。

经过烘干，只含结构水的物料为干燥物料；经过在空气中干燥，并防止雨水浸湿的物料为风干物料；含有表面水的物料为潮物料；如果表面水以薄膜状态将物料颗粒表面包围，则为湿物料；如果在物料颗粒的空隙内还含有重力水，则为水湿物料。

散粒物料的湿度，对其自身的物理性质，和对运输机械的工作性能等都有一定影响。

三、堆积密度和堆积重度

散粒物料的堆积密度 (ρ)：该物料在松散状态下单位体积的质量，单位是 kg/dm^3 或 t/m^3 。

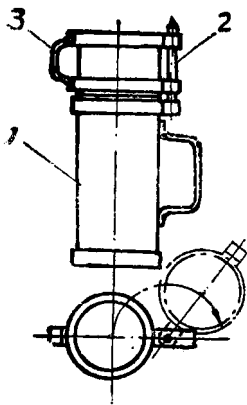


图0-3 堆积密度和重量测定

散粒物料的堆积重度 (γ)：该物料在松散状态下单位体积的重量，单位是 N/dm^3 或 kN/m^3 。

散粒物料的堆积密度和重量测定方法如图0-3所示。容器1上装有可绕轴2转动的转筒3。测定时，先将转筒3和容器1的内壁对齐，然后在容器和转筒中装满待测定的物料。转动转筒3，刮去容器1上部多余物料。最后称量容器1内物料的质量或重量，并求出其与容器1容积之比，即为该物料的堆积密度或堆积重量。

散粒物料的堆积密度和重量，随其粒度的减小而减小。如将大块物料的堆积密度或重量定为1，则中、小块物料的堆积密度或重量约为0.8，粉状物料约为0.7。

经过振动或捣实的散粒物料，其堆积密度和重量，将随颗粒形状和表面粗糙度不同比未经振动或捣实的散粒物料增大5~50%。

散粒物料的堆积密度和重量，随物料湿度增大而增大，可按下式计算。

$$\rho' = \rho(1+W) \quad (\text{t}/\text{m}^3) \quad (0-3)$$

式中 ρ' ——湿物料的堆积密度， t/m^3

ρ ——干物料的堆积密度， t/m^3 ；

W ——物料的湿度。

散粒物料按密度数值分以下三级：

轻级散粒物料 $\rho \leq 0.8\text{t}/\text{m}^3$ ；

中级散粒物料 $0.8\text{t}/\text{m}^3 < \rho \leq 1.6\text{t}/\text{m}^3$ ；

重级散粒物料 $\rho > 1.6 \text{ t/m}^3$ 。

常见散粒物料的堆积密度和重度可查表0-2。

四、空隙率

散粒物料堆积时，颗粒之间的空隙总体积与堆积总体积之比称为空隙率，按下式计算。

$$e = \frac{V_0}{V} = \frac{V - V_p}{V} = 1 - \frac{V_p}{V} = 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \quad (0-4)$$

式中 e ——散粒物料空隙率；

V_0 ——颗粒之间空隙总体积；

V ——颗粒堆积的总体积；

V_p ——颗粒所占的总体积；

ρ ——散粒物料的堆积密度；

ρ_s ——物料颗粒的密度。

散粒物料的空隙率值，与颗粒形状、粒度、表面粗糙度、装填方式和堆积紧密程度有关。颗粒形状愈不规则、粒度愈小、颗粒大小愈均匀、表面愈粗糙的物料，空隙率愈大；反之，空隙率愈小。若堆放物料的容器直径过小，装填物料速度过快，空隙率就较大；反之，空隙率就较小。

散粒物料的空隙率值，对其堆积密度和流体通过时的阻力大小都有一定影响。

五、粘结性

散粒物料的粘结性是指物料颗粒之间或与固体表面粘结或粘附的性质。物料的粘结性除与物料种类有关外，与其湿度关系很大。

物料的粘结性除影响其自身的物理性质外，对运输机械的工作情况也有较大影响。

六、磨损性

散粒物料的磨损性亦称磨琢性，是指与物料接触并有相对运动的表面被磨损情况。物料的磨损性除与物料表面状况有关外，主要由物料的硬度决定。

根据硬度值的范围，物料大致分为非磨损性物料（如滑石、粘土、石膏）；中磨损性物料（如石灰石、磷灰石）；强磨损性物料（如水泥熟料、石英砂、铁矿石、氧化铝）三类。为了保证运输机械主要零件的正常使用寿命，在设计和使用运输机械时，要考虑被输送物料的磨损性。

七、内摩擦角和堆积角

（一）内摩擦角

散粒物料颗粒之间有一定的摩擦力和附着力，因此能承受一定的剪切力。该剪切力称为物料的内摩擦力。

散粒物料的内摩擦力，可用图0-4所示装置测定。将装满被测定物料的两个大小相同的框架重叠，在上框物料上放置一定的荷重，以水平力（ F ）牵引上框架，直至使上框架开始移动为止。这时各力关系为

$$F = fW + F_0 \quad (0-5)$$

式中 F ——上框架的牵引力；

W ——荷重与上框架内物料重量之和；

f ——物料内摩擦系数；

fW ——物料的内摩擦力；

F_0 ——上框架下口端面与物料的摩擦力。
以框架内物料横断面积 A 除上式得

$$\tau = f\sigma + C$$

(0-6)

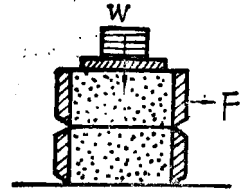


图0-4 内摩擦力测定装置

式中 τ ——物料的最大剪应力, $\tau = \frac{F}{A}$;

σ ——物料移动面上的正应力, $\sigma = \frac{W}{A}$;

f ——物料的内摩擦系数;

$$C = \frac{F_0}{A}.$$

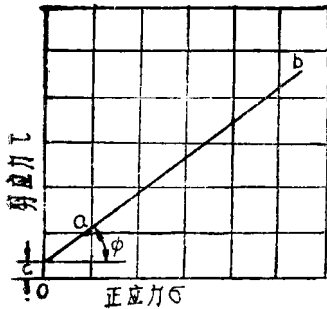


图0-5 正应力与剪应力的关系

对同一种散粒物料,按图0-4所示方法,通过改变荷重大小,可测算出相应的 σ 和 τ 值,而且正应力 σ 与剪应力 τ 成正比关系。如将 σ 与 τ 的关系表示在图0-5上,就得该种物料的正应力与剪应力的线性关系(ab)。

ab直线与横轴的夹角(φ)为该种物料的内摩擦角。内摩擦角(φ)与内摩擦系数(f)的关系为

$$f = \operatorname{tg} \varphi \quad (0-7)$$

$$\text{或} \quad \varphi = \operatorname{tg}^{-1} f \quad (0-8)$$

散粒物料的内摩擦角 φ 与物料种类和粒度有关,而与物料湿度和是否捣实关系不大。同类物料,内摩擦角(φ)随其粒度增大而增加,随其粒度减小而减小。

(二) 堆积角

堆积角是指散粒物料的锥体母线与水平面的夹角(如图0-6所示)。

散粒物料的堆积角(α)的测定方法如图0-6所示。这样测出的 α 值比较稳定、真实,称为物料的静堆积角或称安息角。



图0-6 堆积角

散粒物料的静堆积角大小,决定于其内摩擦角的大小。在大多数情况下,物料的静堆积角等于其内摩擦角,即 $\alpha = \varphi$ 。

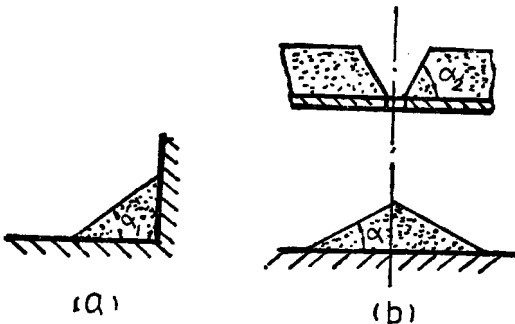


图0-7 物料堆积角的变化和逆息角

散粒物料的静堆积角会因堆积平面的粗糙状况不同或受侧壁压力影响等发生变化。图0-7(a)因受侧壁压力影响使静堆积角增大为 α_1 。

粘性散粒物料,其静堆积角大于内摩擦角。当粘性散粒物料由如图0-7(b)所示的卸料口卸落后,平板上剩余物料堆表面与水平面的夹角 α_2 大于静堆积角(α)。 α_2 称为该物料的逆息角或陷落角。在设计散粒物料的仓斗时,仓斗锥体部分的斜角,必须大于物料的逆息角。

散粒物料在运动平面上保持的堆积角称为动堆积角(α_d)。动堆积角一般比静堆积角小 $5^\circ \sim 15^\circ$,有些物料可能要小 20° 。

常见物料的静堆积角和动堆积角可查表0-2。

散粒物料的良好流动性或差,是由其静堆积角(α)和动堆积角(α_d)的值来区分的,大

体分为三类。

流动性好的物料： $\alpha = 10^\circ \sim 29^\circ$ ， $\alpha_d = 5^\circ \sim 10^\circ$ ；如：干砂、水泥、谷物、豆类等。

流动性一般的物料： $\alpha = 30^\circ \sim 39^\circ$ ， $\alpha_d = 20^\circ \sim 29^\circ$ ；如：煤、干粘土、石灰石、矿渣、矿石等。

流动性差的物料： $\alpha \geq 40^\circ$ ， $\alpha_d \geq 30^\circ$ ；如：纤维状物料、木屑、甘蔗渣、锻烧过的型砂等。

八、物料与固体表面的摩擦系数

散粒物料在输送过程中，要与固体表面接触或相对运动。因此，在设计、使用和管理运输机械时，常用到物料与固体表面的摩擦系数 (f_m)。

散粒物料与固体表面的摩擦系数 (f_m) 可借用图 0-4 所示的装置测定。在测定时，要在下框架上放一块被测定的固体板，上框架内装满被测定的物料。测定和计算方法与测定物料内摩擦角相同。

实验证明，散粒物料与混凝土壁面的摩擦系数 (f_m)，近似等于散粒物料的内摩擦系数 (f)。受潮或经过捣实的散粒物料，对于固体表面的摩擦系数无大的影响，散粒物料与固体表面的动摩擦系数 (f'_m) 与静摩擦系数 (f_m) 的关系为 $f'_m = (0.7 \sim 0.9)f_m$ 。

几种散粒物料与钢的动、静摩擦系数可查表 0-2。

散粒物料经常与钢材、木材和橡胶等固体表面接触，若已知某种物料与其中的某一固体表面的摩擦系数或该种物料的内摩擦系数时，要求与另一固体表面的摩擦系数，可用下面的比例关系近似计算。

$$f_{m1} : f_{m2} : f_{m3} : f = 15 : 16 : 17 : 20 \quad (0-9)$$

式中 f_{m1} ——散粒物料与钢材的摩擦系数；

f_{m2} ——散粒物料与木材的摩擦系数；

f_{m3} ——散粒物料与橡胶的摩擦系数；

f ——散粒物料的内摩擦系数。

【例题 0-1】 已知石灰石与钢的摩擦系数 $f_{m1} = 1.0$ ，试求它与橡胶的摩擦系数 f_{m3} 为多大？

【解】 $f_{m1} : f_{m3} = 15 : 17$

$$f_{m3} = \frac{f_{m1} \times 17}{15} = \frac{1.0 \times 17}{15} = 1.13$$

【例题 0-2】 已知水泥的内摩擦角 $\varphi = 43^\circ$ ，试求它与钢材的摩擦系数 f_{m1} 为多大？

【解】 $f_{m1} : f = 15 : 20$

$$f = \operatorname{tg} 43^\circ = 0.9325$$

$$f_{m1} = \frac{f \times 15}{20} = \frac{0.9325 \times 15}{20} = 0.7$$

九、散粒物料在仓斗内的压力

散粒物料在仓斗内的压力分布和大小与液体的压力分布不同。如图 0-8 所示，物料的垂直压力 (P_V) 和对侧壁压力 (P_H) 的分布和大小与深度 (h) 不成正比例的关系，当超过一定深度后，便趋于一定的压力值。这是因为散粒物料的内摩擦力和对固体表面的摩擦力比液体大得多，在上层物料的压力下，这些摩擦力能承受物料的部分或全部重量。横向尺寸较小，装料深度较大的料仓有时出现悬料现象就是这个原因。

在同一深度 (h) 处，如图 0-8 所示，物料的垂直压力 (P_V) 与对侧壁压力 (P_H) 大小不同，它们的关系常用侧压力系数 (k) 表示。侧压力系数为一定深度处物料对侧壁压力 (P_H)

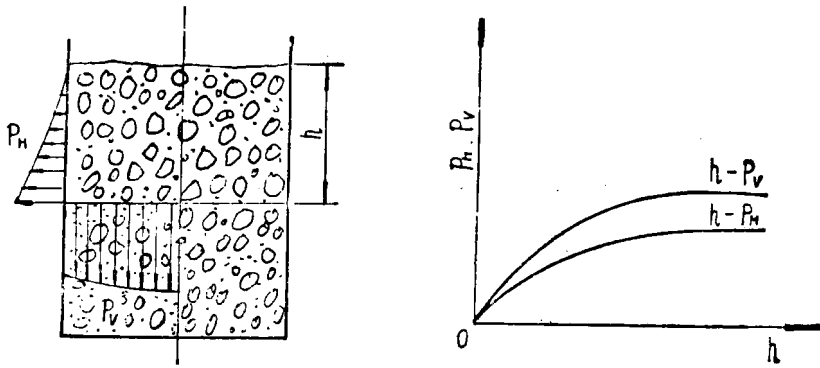


图0-8 物料在仓斗内的压力

与垂直压力 (P_V) 之比。

$$k = \frac{P_H}{P_V} \quad (0-10)$$

对无粘结性的散粒物料，可用下式计算物料的侧压力系数(k)。

$$k = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} \quad (0-11)$$

式中 ϕ ——物料的内摩擦角。

在仓斗设计和分析物料与壁面作相对运动时，要用到物料对仓斗壁的压力和其侧压力系数。

常用物料特性表

表0-2

物料名称	堆积密度 (ρ) (t/m^3)	堆积重度 (γ) (kN/m^3)	堆 积 角		与钢的摩擦系数	
			静(α)度	动(α_d)度	静(f_m)	动(f'_m)
稻 谷	0.55~0.75	5.39~7.35		35~45	0.57	0.33
陶 土	0.32~0.49	3.14~4.8	54		0.75	0.45
石 英 砂	1.3~1.5	12.74~14.7	40		0.75	
白 云 石	1.2(粉)~2(块)	11.76~19.6		32.5~35		0.63(粉)
石 灰 石	1.5~1.9	14.7~18.62	45	30	1.0	0.58
熟石灰(粉)	0.6	5.88	43		0.73	
水 泥	0.9~1.7	8.82~16.66	40~45	35	0.73	
鱼 炭	0.36~0.53	3.53~5.20	50	30	1.0	0.57
褐 煤	0.65~0.78	6.37~7.64	50	35	1.0	0.5~0.7
高 炉 渣	0.6~1.0	5.88~9.8	50	35	1.2	0.7
铝 矾 土	0.8~1.0	7.84~9.8	22			
石 棉 矿	1.3	12.74	30~44			
水泥熟料	1.2~1.5	11.76~14.7	30~40			
干粘土块	0.96~1.2	9.41~11.76	35		0.75	
无烟煤	0.96	9.41	35		0.74	
烟 道 灰	0.56~0.64	5.49~6.27	20			
小块石膏	1.12~1.3	10.98~12.74	40		0.73	
石 墨 粉	0.45	4.41	20~29			
石 墨 矿	1.0~1.2	9.8~11.76	30~44			
河沙(干)	1.44~1.76	14.11~17.25	35		0.8	
河沙(湿)	1.68~2.08	16.46~19.8	45			
型 沙	1.28~1.44	12.54~14.11	30~44			
石 灰 块	0.85~0.9	8.33~8.82	30			

复习思考题

1. 连续运输机械有哪些主要类型？为什么在国民经济各部门中被广泛应用？
2. 物料的粒径和粒度的含义是什么？如何测量和确定物料的粒径和粒度？大、中、小块状物料和粒状物料是根据什么划分的？
3. 何为干燥物料、风干物料、潮物料、湿物料和水湿物料？怎样测定和计算物料的湿度？
4. 怎样测定物料的堆积密度和堆积重度？
5. 已知粒度为200mm的干燥石灰石的堆积密度为 1.7t/m^3 ，试求粒度为100mm，湿度为10%的该种石灰石的近似堆积密度值为多大。
6. 怎样测定计算散粒物料的空隙率？空隙率大小受什么因素影响？
7. 物料的磨损性是由什么决定的？试分别举出两种非磨损性、中磨损性和强磨损性的常见物料。
8. 怎样测定散粒的内摩擦角、静（动）堆积角、安息角？内摩擦角和堆积角的大小受什么因素影响？
9. 已知水泥的内摩擦角为 40° ，试求它与橡胶静摩擦系数和动摩擦系数各多大。
10. 散粒物料在料仓内的压力分布情况与液体压力分布规律有什么不同？原因是什么？

第一章 带式输送机

§1-1 概 述

带式输送机是一种有牵引构件的典型连续运输机械，在冶金、煤炭、电力、建筑、建材和交通运输等部门广泛用于输送散粒物料和成件物品。

图1-1所示为用于水平输送散粒物料的带式输送机构造简图。输送带1绕在改向滚筒6和传动滚筒14上，传动滚筒由电动机17，通过减速器16驱动，利用摩擦力带动输送带运行。物料由料斗4加到输送带上，通过输送带输送到传动滚筒处，从头罩15卸出。上托辊2用于支承承载边的输送带和物料，下托辊10支承空行边的输送带。清扫器9、12用于清除输送带上的积料。

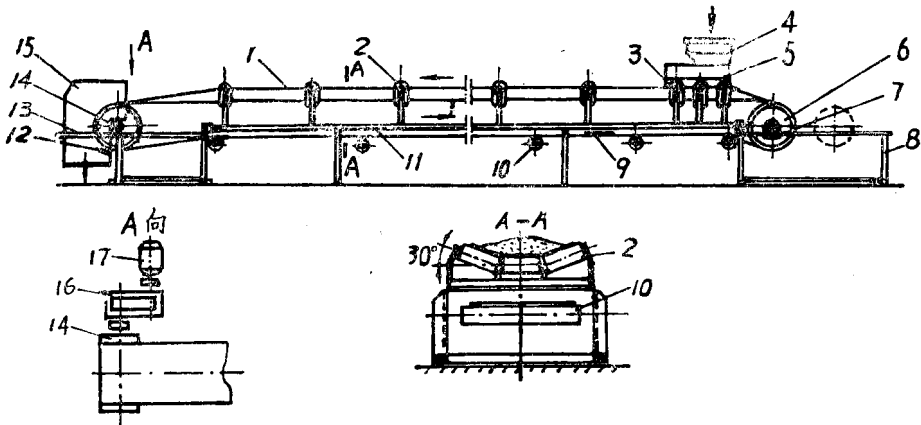


图1-1 带式输送机构造简图

1-输送带，2-上托辊，3-缓冲托辊，4-料斗，5-导料栏板，6-改向滚筒，7-拉紧装置，8-尾架，9-清扫器，10-下托辊，11-中间架，12-清扫器，13-头架，14-传动滚筒，15-头罩，16-减速器，17-电动机

带式输送机的类型较多，根据用途、构造和工作原理等不同可分为多种类型。目前厂矿常用的有通用带式输送机、钢绳芯带式输送机、钢绳牵引胶带输送机三种主要结构。

通用带式输送机（即TD型带式输送机）所用输送带的带芯材料为棉帆布或化纤织物，外包橡胶或塑料。

钢绳芯带式输送机（即DX型带式输送机）所用输送带的带芯为高强度的钢丝绳，输送量较大，输送距离较远。

钢绳牵引胶带输送机（即GD型胶带输送机）的输送带只作承载构件，用钢丝绳作牵引构件，多用于矿山上大输送量和长距离输送。

根据输送条件的特殊要求，还有一些特种形式的带式输送机，如：大倾角带式输送机、气垫带式输送机、网带输送机等。本书主要介绍通用带式输送机和钢绳芯带式输送机。

通用带式输送机和钢绳芯带式输送机，根据输送路线不同有如图1-2所示五种基本布置形式。对于长距离的复杂路线输送，可由这五种基本形式组合而成。

对于倾斜向上输送物料的带式输送机，为了防止物料下滑，不同物料所允许的最大倾角

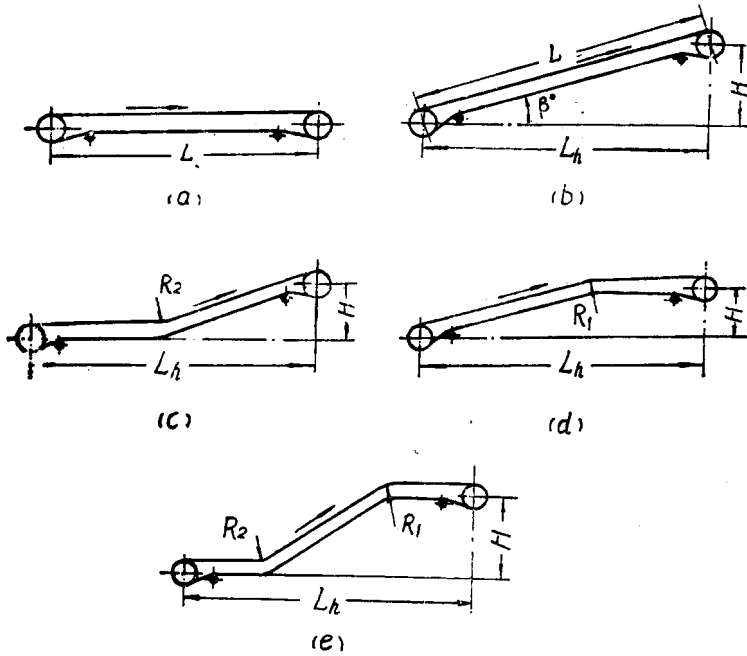


图1-2 带式输送机的基本布置形式

(a)水平输送机；(b)倾斜输送机；(c)带凹弧段输送机；(d)带凸弧段输送机；(e)带凹凸弧段输送机

β 值如表1-1。当倾斜向下输送物料时，允许的最大倾角为表1-1值的80%。

向上输送不同物料允许的最大倾角 β 值

表1-1

物料名称	β	物料名称	β
块煤	18°	块状干粘土	15°~18°
原煤	20°	粉状干粘土	22°
粉煤	21°	干砂	15°
0~350mm矿石	16°	筛分后的石灰石	12°
0~120mm矿石	18°	水泥	20°
0~60mm矿石	20°	水泥熟料	14°

带式输送机的应用范围较广，可用于输送干燥或潮湿的粉状、粒状、块状物料和成件物品；其输送量较大，输送距离较长；受地形路线条件限制较小，并可在中途装卸物料；运行阻力较小，动力消耗低，是一种效率较高的运输机械；构造简单，运行平稳，操作简便，维修容易。

带式输送机的主要缺点和不足是：倾斜输送时受最大允许倾角限制，不易沿水平改变输送方向，不宜用于输送温度较高的物料。

§1-2 带式输送机的主要零部件

一、输送带

输送带是带式输送机的主要部分，既是承载构件又是牵引构件，对输送机的性能起决定性作用。因此，合理选择、正确使用和维护输送带十分重要。

对输送带的要求是：具有足够的强度，能承受最大的牵引力；有较好的纵向挠性，容易通过滚筒；横向挠性要适当，通过槽形托辊时既易成槽，离开托辊后又不致塌边撒料；带面

应具有一定的厚度和耐冲击、耐磨损、防腐蚀等性能。

输送带由上、下覆盖层和带芯构成。根据覆盖层和带芯采用的材料不同，常用输送带分为橡胶带、塑料带、耐热带和钢丝绳芯带等。

(一) 橡胶带

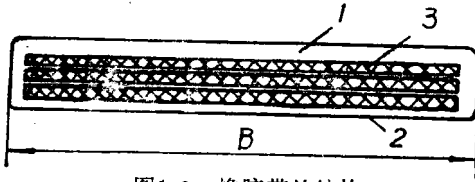


图1-3 橡胶带的结构

1-上覆盖胶；2-下覆盖胶；3-帆布层

橡胶带的结构如图1-3所示，主要由上覆盖胶1、下覆盖胶2和帆布层3构成。各层帆布之间用夹胶粘结，以改善胶带的缓冲性能，减小各层帆布之间应力分布的不均。

帆布层的作用是承载物料、传递牵引力和承受物料对胶带的冲击。橡胶带的强度决定于帆布层的宽度和层数。国产普通型橡胶带的帆布经向扯断力为560N/cm·层，带宽和帆布层数如表1-2。

普通橡胶带的帆布层数

表1-2

带宽(mm)	500	650	800	1000	1200	1400
层数(i)	3~4	4~5	4~6	5~8	5~10	6~12

上、下覆盖胶用以保护带芯，避免带芯受潮、腐蚀、磨损，和承受冲击作用等。上覆盖胶为工作面，直接受物料冲击和磨损，胶层较厚。覆盖胶厚度可参考表1-3选取。

输送带覆盖胶的推荐厚度

表1-3

物料特性	物料名称	覆盖胶厚度(mm)	
		上胶层	下胶层
$\rho < 2t/m^3$ ，中小粒度或磨损性小的物料	焦炭、煤、石灰石、烧结混合料、砂	3.0	1.0
$\rho > 2t/m^3$ ，块度 $\leq 200mm$ 磨损性较大的物料	破碎后的矿石、选矿产品、各种岩石、油母页岩	4.5	1.5
$\rho > 2t/m^3$ ，磨损性大的大块物料	大块铁矿石、油母页岩	6.0	1.5

注：表中 ρ 为物料堆积密度。

普通橡胶带的覆盖胶采用天然橡胶或人造橡胶做成，适用于输送50℃以下无腐蚀性的物料。国产普通橡胶带的规格如表1-4。

普通橡胶带规格

表1-4

帆布层数(i)	上胶+下胶厚度(mm)	带 宽 (mm)								
		300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
		每米长度的自重 ζ_0 (N/m)								
3	3.0+1.5	30.1	40.1	50.2	65.3	80.3	100.3			
	4.5+1.5	35.3	47.1	58.8	76.4	94.1	117.6			
	6.0+1.5	40.5	53.9	67.4	87.7	107.9	130.9			
4	3.0+1.5	34.9	46.5	66.3	65.3	106.0	132.5	139.5		
	4.5+1.5	40.1	53.5	74.8	76.4	119.8	149.8	160.5		
	6.0+1.5	45.3	60.4	83.6	87.7	133.8	167.1	181.0		
5	3.0+1.5	38.8	53.1	66.3	86.2	106.0	132.5	159.0	185.5	212.0
	4.5+1.5	44.9	59.8	74.8	97.3	119.8	149.8	179.5	209.5	239.5
	6.0+1.5	50.2	66.9	83.6	108.7	133.8	167.1	200.5	234.0	267.5