

(京)新登字 039 号

内 容 提 要

本书是根据美国著名的ROBERT H. PERRY所著的《PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK》(第六版)译出。

中译本分上、下两卷出版。全书共分27篇。上卷包括第1至12篇,主要内容有:单位换算和各种数据表,数学,物理和化学数据,反应动力学,反应器设计,热力学,流体与颗粒力学,流体的输送与贮存,粉粒体的输送及固体和液体的包装,粉碎与团聚,能的利用、转化与储存,传热及传热设备,湿度测定法,蒸发冷却,致冷及深冷过程。

本书为全化工各行业通用的工具书,是指导化工、轻工、冶金等领域的科研人员,教学人员、生产人员进行过程研究开发,生产设备设计计算的必备手册。

ROBERT H. PERRY

PERRY'S CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK

SIXTH EDITION

McGraw-Hill

1984

PERRY化学工程手册

第 六 版

上 卷

责任编辑, 郭乃铎
陈 丽
封面设计, 韩 星

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里1号)

北京朝阳区东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本787×1092 1/16 印张112 3/4 字数2804千字

1992年2月第1版 1992年2月北京第1次印刷

印数 1—3000

ISBN 7-5025-1036-2/TQ·603

定 价145.00元

编辑说明

(1) 《PERRY化学工程手册》是一部在国际、国内具有较大影响的权威性工具书，对指导化工、轻工、冶金等行业的科研、设计和生产具有重要的参考价值。该书自1934年问世以来，经过五次修订再版。现将1984年第六版译成中文，介绍给广大读者。

(2) 由于计算机技术的迅速发展和被广泛采用，以及新的结构材料的开发利用，化学工程的理论和技术日益更新，新的另枝不断形成。为此，作者在第五版的基础上，对手册的内容作了大量修订和补充，不但对第五版的25篇逐一修正增补，并改写了经济、蒸馏、萃取和吸收各篇，还增加了生化工程技术和废物管理两篇新内容。另外，本版新收入的图、表、数据等以SI单位制表示，并增加了U.S.单位和SI单位的换算。

(3) 天津大学，浙江大学，清华大学，大连理工大学化工学院，石油大学，华南理工大学，成都科技大学，天津化工研究院的有关专家教授参加了翻译和审校工作。

(4) 参加本手册的编辑人员(以姓氏笔划为序)：刘哲、刘小蕓、李迟善、**李诵雪**、李洪勋、李建斌、朱振东、陈丽、陈逢阳、苗延秀、罗幼松、张红兵、张婉如、施承薇、周国庆、郭乃铎、徐世峰、梁虹、谢丰毅等。

总 目 录

上 卷

单位换算因子和各种数据表	1-1
数学	2-1
物理和化学数据	3-1
反应动力学, 反应器设计, 热力学	4-1
流体与颗粒力学	5-1
流体的输送和贮存	6-1
粉粒体的输送及固体和液体的包装	7-1
粉碎与团聚	8-1
能的利用、转化与储存	9-1
传热	10-1
传热设备	11-1
湿度测定法, 蒸发冷却, 致冷及深冷过程	12-1

下 卷

蒸馏	13-1
传质与气体吸收	14-1
液液萃取	15-1
吸附和离子交换	16-1
新的分离过程	17-1
液-气系统	18-1
液-固系统	19-1
固体干燥和气固系统	20-1
固-固体系和液-液体系	21-1
过程控制	22-1
结构材料	23-1
过程机器的传动	24-1
过程经济	25-1
废物管理	26-1
生化工程	27-1
索引	1

第7篇 粉粒体的输送及 固体和液体的包装

作者:

Grantges J. Raymus

译者:

马克承 本篇审校人

付炯街 粉粒体的输送, 固体的运输, 粉粒体的储存和称量, 固体和液体产品的
包装和运送

第7篇 目 录

实体分配概念	7-4	7.2.3 流动促进器和加料器	7-43
1. 系统方法	7-4	7.2.4 粉粒体的称量	7-45
2. 生产能力的定义	7-4	一、间歇式称量	7-46
7.1 粉粒体的输送	7-6	二、连续式称量	7-48
7.1.1 输送机的选择	7-6	7.3 固体和液体产品的包装和运	
一、一般原则	7-6	送	7-48
二、输送器的驱动装置	7-8	7.3.1 液体包装	7-58
三、输送机电动机	7-8	一、容器	7-58
四、辅助设备	7-11	二、装料线路	7-58
五、输送机的控制	7-11	三、圆桶的装料和称量	7-58
7.1.2 螺旋输送机	7-11	四、称量	7-59
7.1.3 带式输送机	7-15	五、工作站的设计	7-59
7.1.4 斗式提升机	7-18	六、安全规则	7-59
一、间隔抓斗离心卸料提升机	7-19	七、液体小包装件	7-60
二、间隔抓斗强制卸料提升机	7-19	7.3.2 粉粒体包装	7-60
三、连续斗式提升机	7-20	一、多层纸袋	7-60
四、超容量连续斗式提升机	7-20	例1.	7-63
五、V型斗式提升机-输送机	7-21	二、衬套袋	7-65
六、倒卸式起重机	7-22	三、成形-装料-密封包装过程, 小包装	
7.1.5 振动式或摇动式输送机	7-23	袋和小盒大型厚纸袋	7-65
7.1.6 连续流动输送机	7-25	四、刚性中间散装容器	7-66
一、原理和构造 ^①	7-25	五、挠性中间散装容器	7-66
二、闭合带式输送机	7-26	六、箱, 散装箱	7-66
三、刮板式输送机	7-27	七、圆桶	7-68
四、裙板式输送机	7-27	7.3.3 包装操作	7-68
7.1.7 气动式输送机	7-28	一、称量	7-72
一、原理 ^①	7-28	二、校核称量	7-72
二、系统的型式	7-29	三、装料和称量设备	7-72
三、用于初步设计的图表	7-31	四、瞬时速率	7-72
7.2 粉粒体的储存和称量	7-37	五、阀式袋装料设备	7-72
7.2.1 储存货堆	7-37	六、流化式装袋器	7-73
一、卸料装置	7-37	七、推进式或螺旋式装袋器	7-73
二、再次分装	7-37	八、离心带式包装器	7-73
7.2.2 储料仓, 筒仓和料斗	7-38	九、叶片式装料器	7-74
一、物料流动特征	7-39	十、重力式装料器	7-74
二、设计判据	7-40	十一、开口袋装料设备	7-74
三、最佳流动之粉粒体物料的技术要		十二、袋的封口	7-74
求	7-42	十三、圆桶和散装箱装料	7-75

十四、小包、小袋和纸板箱装料	7-75	八、平带式输送机	7-82
十五、成型-装料-密封包装过程	7-75	九、链式输送机	7-82
十六、纸板箱和大型厚纸袋装料、打包 和密封	7-75	十、提升机	7-82
十七、打包、打捆和热收缩膜包装 法	7-76	十一、输送机辅助设备	7-82
十八、拉伸膜包裹包装	7-76	十二、自动码垛机	7-82
十九、包装打印标记和说明	7-76	十三、包装件的储存	7-83
7.3.4 包装的转运和储存	7-77	7.4 固体运输	7-86
一、仓库的要求	7-77	7.4.1 散装固体的运输	7-86
二、包装件转运系统	7-77	一、散装容器	7-86
三、系统分析	7-77	二、底卸式铁路货车	7-86
四、叉车	7-77	三、底卸式卡车	7-89
五、滑板式输送机	7-79	7.4.2 包装件的运输	7-92
六、重力托轮式输送机	7-80	一、运输工具的选择	7-92
七、辊子式输送机	7-80	二、货板	7-92
		三、包装件的垫塞和紧缚	7-93

实体分配概念

1. 系统方法 (systems approach)

实体分配是一个用于“系统”概念术语，它包括物料移动的各个方面。物料输送系统是从原料的储存和转运开始，一直到最终产品的包装和处置。其目的是使全系统的总费用为最低，总费用包括制造厂、运输公司、仓库主、批发商和用户所分担的费用，甚至用户处理产品的方式也要考虑到。

系统方法给物料的运输和包装带来两个主要好处：第一，有可能协调基本投资和操作费用，系统内某些部份所需费用虽然高些，但如果反过来使另一些部份之费用低得很多，则是许可的。最终结果通常是总费用为最低，如果不是这种情况，就要确定和分析引起所需费用较高的原因。第二个好处是，不会因包装不良，运输车辆出毛病，或产品性质变坏等原因触怒用户。

由于采用了数字计算机，**数学模拟**有助于对全系统或部份系统进行系统型分析 (system-type analysis)。应用积分和线性规划技术，可确定最佳系统。应用模拟技术则可确定系统的动态特性。

确定物料转运设备和包装设备的生产能力，是首先要考虑的问题，由于有许多相互影响的变量，例如：不断变化的物料输送速率或间歇输送时物料的输送速率，中间储存库和进料仓的容量，系统中设备的随机故障和停机，改变所处理产品的品级和配料时其间所需的准备和清理时间，这些变量经常以十分复杂的方式相互影响，以致不可能应用传统的生产能力分析方法，尤其是这些相互的影响随时间而变化时，更是如此。在这样的条件下，系统能否达到要求的生产能力的问题，只有靠模拟技术来解决。

即使在不需作全系统分析时，数学模拟方法也是有用的，因为把系统的每一个组成部分看成是流程图的一个方块，其相互间的联系会变得很清楚。还有哪一些可供选择的方案还需要哪些设备性能数据往往是一目了然的。

2. 生产能力的定义

在任何系统分析中，动态设备（例如输送机 and 装袋机等）每小时的生产能力，以及其实际运行速率，必须更准确而切实地定义，而不是仅仅以每小时千克或磅来描述。下列常用的定义常在设备制造业中应用。

瞬时速率 这是设备在等于或大于设计速率下运行时，短期间的速率。典型的定义是在不超过5分钟的短时间间隔内，平均的转运重量。

小时速率 这是居间速率，它计入了设备停机时间，此时间主要为设备机修时间，而不是等待系统中其他部份来料的停工时间。

班速率 为长期间速率，它反映由任何原因引起的停机时间，包括待料时间在内。因此，每班的平均速率值是变化的，然而通过考查此值变化范围，可确定每班的实际生产能力。由于设备运转进度计划而损失的生产时间也会影响班速率，在某些天，设备的班速率接近小时速率，而在另一些天，班速率仅为小时速率的一半。考查这种差异产生的原因，往往发现这是由于计划停机引起的，诸如输送某个品级的产品改成输送另一品级的产品时，其间设备须停机清理；由于要满足散装订货的要求而没有产品能够用来进行包装；或计划的生产速率仅为正常速率的一半等情况。

这些生产能力的定义可以用来明确买卖双方的责任。例如经常要求卖方检验一设备为什

么不能完成“保证”的速率，并提出班速率来证明，而卖方进行了试验后则指出在短期间内，设备将会达到保证的速率要求，究竟谁正确？通过对上述各种速率进行定义，负责安装设备的工程师不仅可避免买方的责难，而且能对此装置的潜力有更好的认识。

7.1 粉粒体的输送

7.1.1 输送机的选择

一、一般原则

在特定情况下，正确选择特定粉粒物料的输送设备是很复杂的，因为有许多相互影响的因素必须考虑。首先经过仔细权衡，在各基本型式中选择一种输送机，然后正确选择型号和大小。输送机是否适用是选择的首要标准，此外还必须考虑输送机操作性能的完善程度。

由于许多普通类型的输送机都有**标准化设备设计书**和完整的工程数据，因此在输送那些输送特性为人们所熟知的物料时，输送机的操作性能能够精确的预测出来，如果物料的输送特性不好，即使采用最好的输送机，其操作也不能令人满意。常常有这么一种说法，即：输送机工程学，与其说是一门科学，不如说是一种艺术。因此，在解决那些涉及到不常见物料和设备的问题时应该小心。

很多输送机组件是预制造，能够买到现货；这些组件很经济，易于组装，而且对常规的应用范围，其操作性能是良好的（因为是按这方面的应用而设计的）。然而，最好还是在购买时与制造厂核对一下，保证选用的正确性。

1. 要求的生产能力 是选择输送机的首要因素。带式输送机能制造出较大的尺寸，在高速下经济地输送大吨位物料。相反，如果螺旋输送机也制造成大规格的就极其笨重，且不可能既在高速下操作又不产生严重的磨损问题。

2. 输送距离，对于某些类型的输送机，输送距离是受到一定限制的。用高抗拉强度的皮带时，带式输送器的极限长度可能达若干哩。空气输送器限制在305m（1000ft）以下；振运式输送机限制在好几百米（或英尺）以下。一般来说，输送距离越长，在各种型式输送机中可供选择的范围就愈窄。

3. 提升物料时通常采用垂直的或倾斜的斗式提升机最为经济。但在提升和水平输送二者组合的情况下，就应考虑采用其他输送机。在一台输送机上兼有几个输送方向时，此类设备一般更加昂贵，但由于只需要装备单一驱动装置，这一特点又常能补偿增加的基本费用。

4. 物料特性 包括化学的和物理的特性都应考虑，特别是流动性、磨蚀性、易碎性、和团块大小等都是很重要的。化学的作用（如油类对橡胶或酸对金属的作用）可能决定制造输送机各组件的结构材料。被输送物料暴露在大气中，湿汽的作用或氧化作用可能对物料有害，在这种情况下，要求把输送机完全密封起来，甚至要求在人工环境中运输。显然，某些种类的输送机比其他类型的输送机更适合于这种特殊要求。

5. 工艺过程的条件 要求对某些输送机在设计上不作改变或略加改变来相适应。例如，一台连续运动的输送机只是由于将被输送的物料与导热的金属直接接触，就可以使固体物料达到所希望的某种冷却程度。在振动输送机上很容易安装筛网层，以适应于筛析和筛出粗粒子的操作；市场上有螺旋输送器的各种特殊的螺旋片与机壳，它们适用于各种各样的工艺过程，如混合，脱水，加热和冷却。

输送机系统的第一次费用通常与其预期工作期限和选择输送速率有关。在设计中易于发

生安全系数取得过大的倾向，这种倾向应该克服。第一台实用的长距离带式输送机是以极高的质量标准设计和制造的，35年后仍在运转，所有组件几乎完全是原有的组件。如原计划运转寿命为10年，则此输送机系统是设计得过于安全的一个典型的坏例子。虽然用过的输送机设备也有销售市场，但能卖出的极少，因此使输送机的质量与其预期的使用寿命相适应是很重要的。

6. 输送机系统的**比价**只能以具体问题的研究为基础。例如，带式输送机托辊现有的质量等级范围中，最优质的单价为最便宜的3倍。轴承质量、钢板厚度和滚筒直径会影响造价，为了易于维修而进行的设计也会影响造价，因此，有必要在对各种输送机应用作具体研究的基础上，进行造价对比。

作为选择输送机的一般指南，表7-1是表示如何在某些普通功能的基础上选择输送机。表7-2的用途是在被输送物料物性的基础上，帮助选择加料器。表7-3为物料特性的编码表，它与表7-4联用。表7-4描述某些常见物料的**输送特性**。虽然以上几个表提供了有价值的指南，但必须根据**输送状态下物料特性**来选择输送机。例如，如果在输送机内发生物料压紧或充气现象，而计算又是根据每立方米重量的平均值来进行的，则输送机的操作性能将不能达到预期值。储存条件、周围大气的温度和湿度的变化，以及卸料方法等都将影响输送特性，在最终选择输送机之前，这些因素都应该仔细考虑。

表 7-1 粉粒体输送机①

功 能	输 送 机 类 型	功 能	输 送 机 类 型
水平输送物料	裙式、带式、连续流动式、牵引刮板式、螺旋式、振动式、斗式提升机、装在枢轴上的斗式提升机、气流式输送机	在水平和垂直组合线上输送物料	连续流动式、重力卸料斗式提升机、装在枢轴上的斗式提升机、气流式
在斜面上向上或向下运送物料	裙式、带式、连续流动式、刮板式、螺旋式、吊斗提升机、气流式	将物料分配给料仓、储藏库等或从这些地方收集物料	带式、刮板式、螺旋式、连续流动式、重力卸料斗式提升机、装在枢轴上的斗式提升机、气流式
提升物料	斗式提升机、连续流动式、吊斗提升机、气流式	从火车或货车上卸下物料	翻斗车、粒料车卸货器、振动器、单斗挖土机、气流式

①选自FMC公司，物料输送系统部

表 7-2 粉粒体的加料器①

物 料 特 性	加 料 器 形 式
细的、自由流动的物料	挡板式、带式、摇动式或振动式、回转板式、螺旋式
非磨蚀性的粒状物料，有些结块的物料	裙式、挡板式、带式、摇动式或振动式、往复式、回转板式、螺旋式
物料因为是有磨蚀性的，块状的或粘连的而难于运送	裙式、挡板式、带式、摇动式或振动式、往复式
重的，块状或磨蚀物料，类似于土石和矿石的毛料	裙式、摇动式或振动式、往复式

①选自于FMC公司，物料输送系统部

表 7-3 粉粒体的分类系统①

	物 料 特 性	分 类		物 料 特 性	分 类
粒度	极细— $<149\mu\text{m}$ (100目)	A	特殊性质	易被污染, 影响应用及销售	K
	细— $149\mu\text{m}$ 至 3.18mm (100目至 $1/8\text{in}$)	B		吸湿性	L
	粒状— 3.18 至 12.7mm ($1/8$ 至 $1/2\text{in}$)	C		强腐蚀性	N
	块状—包括大于 12.7mm ($1/2\text{in}$) 的块状物	D		轻度腐蚀性	P
	不规则形状—如纤维状, 粘连状或类似形状	H		放出对生命有害的粉尘和烟雾	R
流动性	充分自由流动—静止角最大为 30°	1		含有爆炸性粉尘	S
	自由流动—静止角为 $30^\circ\sim 45^\circ$	2		易降解, 影响使用及销售	T
	流动性低—静止角为 45° 或 45° 以上	3		很轻和很疏松的	W
磨蚀性	无磨蚀性的	6		形成缠结妨碍掘取	X
	微磨蚀性的	7		充气并具有流体性质	Y
	强磨蚀性的	8		在压力作用下压实	Z

①选自FMC公司, 物料处理系统部

实例: 一种物状呈颗粒状, 充分自由流动, 轻度磨蚀, 轻度腐蚀性, 此物料属于C, 1, 7和P各类, 于是该物料的分类为C17P。

为了可靠地测量堆密度, 可采用 1ft^3 或更大容量的任何广口容器。当这种测量必须经常进行时, 有必要用木材或轻金属制成长、宽、高各为 1ft 的测试箱。将欲测定的物料倾入测试箱直到稍微过量, 在刮平表面后, 将测试箱和物料称重, 减去皮重后, 所得到的重量等于物料在松散或流动状况下的堆密度。如果要测定松散状态下的堆密度, 必须仔细地向测试箱内装料, 不能敲击或振动物料。如要测定沉积密度 (Settled density), 则在装料的同时, 不断敲击测试箱的金属壁, 直到不能再加入物料为止。由此试验求得的密度值 (lb/ft^3), 乘以 16.02 , 直接转换到SI制, 即以 kg/m^3 表示密度。

二、输送器的驱动装置

输送机驱动装置费用约为输送系统总费用的 10% 到 30% , 其大小取决于任务的具体要求。它可以为固定速度型式, 又可以为调速型式。固定速度的驱动装置是在一输送机系统正常运转期间不需要改变最初选定的输送机速度的情况下采用。如果需要较小的改变速度, 只要简单地改换皮带轮或链轮就可以了。然而, 对较大的调速, 则需要换电动机或减速器。在任何情况下, 改变速度时, 输送机都要停车。为了在输送机操作过程中进行手动或自动调速以适应工艺要求的变化, 设计了调速驱动装置。

减速级数是输送机驱动装置的另一种分类方法。最常用的减速方法是两级系统, 即电动机与减速器耦合, 而减速器的低速传动轴, 由V形皮带或滚子链与输送机的驱动轴相联接。第二级减速不仅可用一简单的减速器, 而且可以更灵活地设计马达和减速器装配板, 在很多装置中, 这种设计能省去特别设计的驱动装置的支架。

一个很好的作法是选择一些驱动装置的备件进行库存。通过全厂输送机驱动装置标准化, 能够取得经济效益。例如, 利用V形皮带、皮带轮或链条和链轮来进行中间减速时, 几种驱动装置时常能选用相同规格的减速器。因此, 若干台输送机只需保存一台用作维修备品的减速器。

三、输送机电动机

输送机驱动装置的电动机一般为三相, 60Hz , 220V ; $220/440\text{V}$, 550V ; 四线, 208V 、 240V 和 480V 额定值也是常用的。显然, 许多调速驱动装置采用交流感应电动机, 它是由交流发电机或交流激励涡流离合器驱动。但是, 当要求在很大范围内调

表 7-4 物料分类和视密度①

物 料	平均堆 密 度 lb/ft ³ ②	分 类③	物 料	平均堆 密 度 lb/ft ³ ②	分 类③
硫酸铝, 块状的	50—60	D 26④	硫酸铜		D 26
硫酸铝, 细粉	45—50	B 26④	磨细的软木	12—15	B36WY
铝氧粉	60	B28	颗粒状软木	12—15	C36
铝氧粉凝胶	45	B27	冰晶石	110	D27
氢氧化铝	18	C26	玻璃片	80—120	D28④
氯化铵, 结晶	52	B26	磷酸二钙	43	A36
硫酸铵	45—58	④	块状白云石	90—100	D27④
锑粉		B27	已破碎的胶木, $\leq \frac{1}{2}$ in	63—70	C26
石棉碎片	20—25	H37WZ	泻盐	40—50	B26
干粉煤, $\leq \frac{1}{3}$ in	35—40	D37	磨碎的长石, $\leq \frac{1}{8}$ in	65—70	B27
碎沥青, $\leq \frac{1}{2}$ in	45	C26	硫酸铁	50—75	C27
甘蔗楂	7—10	H36WXZ	小麦面粉	35—40	A36K④
发酵粉	41	A26	氟石	82	C37
金鸡纳树木, 残渣	10—20	H37 X④	干的粉煤灰	35—45	A18Y④
膨润土, 已破碎 ≤ 3 in	75—85	D28	煅烧的硅藻土滤油器用	40	D28
膨润土, ≤ 100 目	50—60	A27Y	粗硅藻土, 滤油器用	35—40	B27
碳酸氢钠	41	A26④	废硅藻土, 滤油器用过的	60—65	④
骨碳粉 ≤ 100 目	20—25	A27④	玻璃配料	90—100	D28④
活性炭 $\leq \frac{1}{8}$ in	27—40	B27	磨碎的骨胶, $\leq \frac{1}{8}$ in	40	B27
骨粉	55—60	B27	薄片状石墨	40	C26
硼酸钙 (Borates of lime)		A26④	粉状石墨	28	A26Y
硼砂, 细粉	53	B26	已焙烧的石膏, $\leq \frac{1}{2}$ in	55—60	C27
硼酸, 粉末	55	B26	已焙烧的石膏, 粉状	60—80	A37
碳化钙	70—80	D27	生石膏, ≤ 1 in	90—100	D27
炭黑, 颗粒	20—25	B16TZ④	已破碎的冰	35—45	D16
炭黑, 粉末	4—6	④	钛铁矿	140	B28
酪朊	36	B27④	高岭土 ≤ 3 in	163	D27
铸铁片	130—200	C37	砷酸铅	72	B36R
普通水泥	65—85	A27Y	气流干燥的褐煤	45—55	D26
水泥熟料	75—80	D28④	磨碎的石灰, $\leq \frac{1}{8}$ in	60	B36Z
白垩, 块状	85—90	D37Z	熟石灰, $\leq \frac{1}{8}$ in	40	B26YZ
白垩, ≤ 100 目	70—75	A37YZ	熟, 石灰粉	32—40	A26YZ
活性炭	18—25	D37T	石灰, 炼石	53—56	D36
煤渣	40	D28④	石灰石, 农用, $\leq \frac{1}{8}$ in	68	B27④
粘土 (见膨润土、硅藻土、高岭土、泥灰石)			碎石灰石	85—90	D27④
无烟煤	60	C27P	石灰石粉	75	A37Y④
开采的沥青煤, ≤ 50 目	50	B36P	氯化镁	33	C36
开采的沥青煤, 已筛分	50	D26PT	硫酸镁	70	C28
开采的沥青煤, 疏松的, $\leq \frac{1}{2}$ in	50	C36P	泥灰石	80	D27④
焦炭, 松散的	23—32	D38TX④	云母片	17—22	B17WY
已煅烧的石油焦	35—45	D28X	磨碎的云母	13—15	B27
焦炭粉, $\leq \frac{1}{4}$ in	25—35	C38	云母粉	13—15	A27Y

续表

物 料	平均堆 密 度 lb/ft ³ ②	分 类③	物 料	平均堆 密 度 lb/ft ³ ②	分 类③
氯化钾	77	B28	石板瓦, 已破碎, $\leq \frac{1}{2}$ in	80—90	C27
紫片	45	④	磨碎石板瓦, $\leq \frac{1}{8}$ in	82	B27
草酸晶体	60	B36L	肥皂颗粒		B26T
磨碎的蚝壳	53	C27	肥皂碎屑	15—25	C26T④
整体蚝壳		D27X	肥皂片	5—15	B26T④
酚-甲醛, 压铸粉	30—40	A36	肥皂粉	20—25	B26④
磷酸盐矿	75—85	D27④	滑石, 细粉	40—50	A37Z
磷酸盐砂	90—100	B28	重苏打灰	55—65	B27
酞酸酐片	30—35	C36XZ	轻质苏打灰	20—35	A27W
聚乙烯珠, 高密度	35—45	C16K	硝酸钠	70—80	④
聚乙烯珠, 低密度	28—40	C16K	硫酸钠(见芒硝)		
聚丙烯珠	35—50	C16K	淀粉	25—50	④
聚苯乙烯立方体	35—40	C16K	钢渣(已破碎)	100—150	D38
聚氯乙烯珠, 复合物	35—55	C16K	糖(颗粒状)	50—55	B26KT
聚氯乙烯树脂, 分散型	12—18	A36KPY	蔗糖或甜菜糖(粗糖)	55—65	B36Z④
聚氯乙烯树脂, 溶剂型、非溶剂型、悬浮液型	20—35	A26KY	干甜菜浆	12—15	④
硝酸钾	76	C17P	湿甜菜浆	25—45	④
浮石, $\leq \frac{1}{8}$ in	42—45	B38④	已破碎硫磺, $\leq \frac{1}{2}$ in	50—60	C26S④
粗粒干食盐	45—50	C37PL④	块状硫磺, ≤ 3 in	80—85	D26S④
细粒干食盐	70—80	B27PL	硫磺粉	50—60	B26SY④
粗粒干芒硝	85	D27	滑石粉	40—60	A27Y
干燥芒硝粉	65—85	B27	磷酸三钠	60	B27
硝酸钾	80	B26S	膨胀蛭石	16	C37W
干河砂	90—110	B28	蛭石矿石	80	D27
干硅砂	90—100	B18	木片	10—30	H36WX④
木屑	10—13	④	木粉	16—36	④
已破碎的页岩	85—90	C27	重氧化锌	30—35	A36Z④
粉状或颗粒状虫胶片	31	B26K④	轻氧化锌	10—15	A36WZ④
硅胶	45	B28			
颗粒状炉渣	60—65	C28			

①数据大部由FMC公司物料输送部提供。表中数值乘以16.02就由lb/ft³换算为kg/m³。

②物料的重量(松散的或轻微搅动的)。当物料在料仓或容器中压得紧实时, 其重量通常是不同的。

③这种分类代表了一般条件下的实测情况。具体情况可能因制造和输送过程的不同而异。

④由于条件不同, 此分类可能有很大的变化。

速, 而调定值又要求极其准确时, 人们却非常乐意使用直流电动机。

当工艺条件需要进行调速时, 在几乎所有的常用输送机的调速驱动装置中, 备有**可控硅整流器**的直流电动机已成为最主要的装置。在要求各输送机同步的情况下, 这种控制器以其价廉而促进其应用。当然, 如改变皮带轮比或链轮比也能达到同步要求。

鼠笼式电动机最常用于带式输送机和不大于7.457kW (10hp) 的传动装置, 一般规定直接起动。在7.457和32.285kW (10和50hp) 之间的鼠笼式电动机通常用手动减压起动器, 或磁力初阻起动器。如果电动机功率足以驱动带式输送机, 并有足够的起动力矩, 也可选用额定力矩电动机。对于大型输送机配用的电动机, 应该在仔细分析的基础上进行选择,

特别着重于起动条件的分析（另见第24篇）。

四、辅助设备

升降输送机必须装备某些型式的**牵制装置或制动器**，以防止在电源突然停止时，输送机反转引起堵塞。一般采用棘轮机构和楔形滚筒式保持装置。螺旋管式制动器和弹簧式离合器也可应用。

大多数输送机的另一个要解决的问题是当输送机卡住时，立即切断驱动力。常用的是**转矩限制装置**。电力控制装置也是常用于切断驱动电动机的电源。然而，电动机转子的惯性是很大的，最好能消除可能在输送机卡住时骤增的转矩。通常采用安上**安全销钉**的轮毂。动力通过一组销钉来传递，这组销钉是这样设计的，即达到规定的最大转矩时就被剪断。虽然在换好安全销钉以前，输送机都是停着的，但是由于电动机及时与输送机脱离，可避免设备遭到严重的损坏。当然也可用特殊的离合器。

除非物料能顺畅卸料，否则带式输送机上就需要**清扫器**，清扫器对其他型式输送机也可能是有用的。对普通型式的带式输送机，使用安有弹簧的旋转刷，由输送机主动轮轴驱动，也可能单独驱动，或使用安有弹簧的叶片。安有弹簧的叶片只能用在带式输送机中相当平的部位。当采用了清扫器，总要采取适当的措施来收拢物料，并用斜槽把物料返送回主卸料流中，或者收集在一定卸空的容器中。

五、输送机的控制

在引入过程控制计算机和可编程序的控制器后，大大提高了控制水平，从而保持额定生产能力在容许的范围之内波动，这种能力对输送机在不稳定进料时特别有用。在操作条件改变时，可通过变速驱动装置对产量进行调节。当控制器与应变仪或重敏载荷传感装置联用后，即可测量出实际卸料速率，并输入这些装置中作过程计算，于是产量的调节就能自动精确地进行了。（另见第22篇）

7.1.2 螺旋输送机

螺旋输送机是最古老、最通用的输送机型式之一。它由螺旋条板（由扁钢卷制的螺旋）或分段螺旋板（每段隔间开，平板条呈螺旋形排列）装配在管或轴上，并在输送槽内转动。输送物料所需功率是通过管或轴等组件传递，其大小受到此组件的容许尺寸的限制。螺旋输送机的输送能力一般限制在 $4.72\text{m}^3/\text{min}$ ($10,000\text{ft}^3/\text{h}$) 左右。

除具有输送能力外，螺旋式输送机还能适合于各种工艺操作。通过螺旋输送机的螺旋板切割，既切割又掺混，或将螺旋板换成一系列的叶片，可使螺旋输送机内物料达到任意混合程度。采用螺带则能输送粘滞性物料。变螺距的楔形螺旋板，或阶梯形螺旋板的输送机具有优越的控制能力，可作为加料器或需要精确控制输送速率的输送机。短螺距螺旋用于倾斜的和垂直的输送操作，双螺旋板短螺距输送机则能有效地阻止物料的倾泻流动。除组件有各种设计外，螺旋输送机可用铸铁到不锈钢的各种材料制造。

采用空心螺旋和管子，让冷的或热的流体在其中循环流动，则此螺旋输送机可用于加热、冷却或干燥操作。采用夹套外壳也可达到同样的目的。螺旋式输送机相当容易与外界大气隔绝，所以也能在户外使用，而不需要特殊保护。事实上，这种输送器能够完全密封，使器内在所需的正压或负压下操作，而外壳可进行绝热，从而能在高于或低于环境温度下维持输送器内部的温度。再一个优点是可在外壳上设计活底，当用同一系统输送不同物料时，很

容易清洗，防止污染。

由于螺旋输送机一般是由标准部件拼装制造的，必须特别注意联接处的弯曲应力和支托螺旋的悬挂支承，在螺旋槽装载超过其顶部时将妨碍物料的流动。因此，对难输送的物料，槽内装载应低于螺旋顶部，或者选用特殊悬挂支承，把妨碍减少到最小。因为螺旋输送机在相对低的转速下操作，所以条板外缘以相对高的线速度运动。这一事实常被人们忽略。这种现象会引起磨损问题，为减轻磨损，常采用表面淬火的外缘，可拆换的淬火的螺旋板段，橡胶保护层或高碳钢螺旋板。

螺旋输送机所需功率的计算已完全标准化了。然而每一个制造厂已将有关的常数以不同的方式组合起来，并根据各个具体设计的不同而赋予这些常数以略为不同的数值。因此，在比较螺旋输送机所需功率时，建议对特定设备采用特定的公式。

所需功率由两部份构成，即螺旋的空转功率和移动物料所需功率。空转功率是输送机长度、转速和输送机轴承内的摩擦的函数。第二部份为单位时间内输送物料的总重量、输送距

表 7-5 螺旋输送机的能力和装载条件①

物料分类②	螺旋直径in	最大块料尺寸in		输送能力 ft^3/hr ③		物料占据的近似面积⑤
		25%块料	100%块料	在1r.p.m.	在最大r.p.m.④	
A,B,C,D和 H 16,26,36	6	3/4	1/2	2.27	375	 45%
	9	1 1/2	3/4	8.0	1,200	
	12	2	1	19.3	2,700	
	14	2 1/2	1 1/4	30.8	4,000	
	16	3	1 1/2	46.6	5,600	
	18	3	2	66.1	7,600	
	20	3 1/2	2	95.0	10,000	
A,B,C,D和 H 17,27,37	6	3/2	1/2	1.5	75	 30%
	9	1 1/2	3/4	5.6	280	
	12	2	1	13.3	665	
	14	2 1/2	1 1/4	21.1	1,055	
	16	3	1 1/2	31.4	1,570	
	18	3	2	45.4	2,270	
	20	3 1/2	2	62.1	3,105	
A,B,C,D和 H 18,28,38	6	3/4	1/2	0.75	25	 15%
	9	1 1/2	3/4	2.8	90	
	12	2	1	6.7	200	
	14	2 1/2	1 1/4	10.5	300	
	16	3	1 1/2	15.7	425	
	18	3	2	22.7	590	
	20	3 1/2	2	31.1	780	

①FMC公司，物料输送系统部。将 ft^3/h 转换为 m^3/h ，乘以系数0.02832；将螺旋直径in转换为以cm表示的最近的尺寸，乘以系数2.5。对粒子大小由一种测量系统转换为另一种测量系统，参见表21-6。

②这些分类包括了一般可由螺旋输送机输送的一系列的物料。当输送具有下列特性物料时，必须特别考虑。

强腐蚀性，分类N

可降解的，影响用途及销售的，分类T

嵌联或缠绕，分类X

高度充气或具有流体性质，分类Y

③为水平式输送机均匀进料情况下的生产能力。容积生产能力是物料经轻微搅动或在松散状况测出的。高度松散高度充气的物料将减少重量、增加体积。

④在经济运行情况下的最大生产能力。

⑤如超过了给出的百分数，将在悬挂支承和联接处引起严重的磨损。

离及槽内装载的深度的函数。而后一项能耗本身又是被输送物料的内摩擦和物料对金属表面的摩擦的函数。

表7-5为螺旋输送机的操作性能,它是基于表7-4所列物料分类和表7-3中对这些类别所作的定义而作出的。表7-6给出了各种规格的螺旋在输送中等难度时、堆密度为 801Kg/m^3 (50lb/ft^3)物料时、相当大的范围内所需的功率和生产能力。在两个适当界限值之间,可根据表7-5和表7-6的数值用内插法求值,作为初始计算和设计之用。

表 7-6 对堆密度为 50lb/ft^3 的物料,安装在管子上的分段螺旋板式螺旋输送器的数据①

生产能力②		螺旋板直径 in	输送管直径 in③	传动轴直径 in	悬挂轴承中心 ft	块料最大尺寸			速度 r/min	最大扭矩 in-lb	进料断面直径 in	电动机的马力④					在所列表速度下最大的马力	费用 \$⑤
t/h	ft ³ /h					全为块料	块料占20~25%	块料10%以下				15ft最大长度	30ft最大长度	45ft最大长度	60ft最大长度	75ft最大长度		
5	200	9	2 ¹ / ₂	2	10	3/4	1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	40	7,600	6	0.43	0.85	1.27	1.69	2.11	4.8	2030
10	400	10	2 ¹ / ₂	2	10	3/4	1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	55	7,600	9	0.85	1.69	2.25	3.00	3.75	6.6	2250
15	600	10	2 ¹ / ₂	2	10	3/4	1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	80	7,600	9	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	9.6	2250
		12	2 ¹ / ₂	2	12	1	2	3	45	7,600	10	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	5.4	2655
		12	3 ¹ / ₂	3						16,400		1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	11.7	2710
20	800	12	2 ¹ / ₂	2	12	1	2	3	60	7,600	10	1.69	3.00	3.94	4.87	5.63	7.2	2655
			3 ¹ / ₂	3						16,400		1.69	3.00	3.94	4.87	5.63	15.6	2710
25	1000	12	2 ¹ / ₂	2	12	1	2	3	75	7,600	10	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	9.0	2655
			3 ¹ / ₂	3						16,400		2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	9.0	2710
		14	3 ¹ / ₂	3		1 ¹ / ₄	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	45	16,400	12	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	11.7	3150
30	1200	14	3 ¹ / ₂	3	12	1 ¹ / ₄	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	55	16,400	12	2.25	3.94	5.05	6.75	7.50	14.3	3150
35	1400	14	3 ¹ / ₂	3	12	1 ¹ / ₄	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	65	16,400	12	2.62	4.58	5.90	7.00	8.75	16.9	3625
40	1600	16	3 ¹ / ₂	3	12	1 ¹ / ₄	3	4	50	16,400	14	3.00	4.50	6.75	8.00	10.00	13.0	3825

①Fairfield工程公司数据(以美国习用的单位系统表示)。将 ft^3/h 换算为 m^3/h ,乘以系数0.02832;将 Ton/h (英制)换算为 T/h (公制),乘以系数0.9078,而螺旋尺寸由in换算为cm,乘以系数2.5。

②输送能力是基于螺旋输送物料占其截面积31%的情况,而在进料段为1/2螺距螺旋板的情况下则根据其横截面积的100%来计算。

③给定的输送管尺寸,适合于 $3/4\text{in}$ (6.35mm)的螺旋板。

④所列出的电动机数据是根据平均条件计算的。选择电动机规格时,对输送机长度、瞬时超负荷量等因素都做了考虑。

⑤表中列出值为1980年的近似价格,此价格包括了30ft(9m)长、碳钢螺旋输送器和普通三相电压的防尘电气设备的價格,以及传动装置的价格。

典型的加料装置如图7-1所示。简单加料嘴(图7-1a)用于进料速率很均匀、且由前一设备控制的情况。输送机能提供的速率必须相当当地大于从单一进料点或多个进料点加料的速率。旋转截止阀(图7-1b)为一种封闭的、尘密封的快速阀门,适于自由流动物料。转动叶片加料器(图7-1c)能够均匀地加入预定体积的物料,并可由螺旋杆传动、或单独地用定速或变速驱动装置传动。齿轮齿条传动闸阀(图7-1d)非常适于储存在储存仓、料斗、槽、筒仓等内的自由流动物料,也可作为侧进式闸阀(图7-1e)用于重的块状物料。

典型的卸料装置如图7-2所示。虽然经常使用末端开口的槽(图7-2c),也常使用一段卸料槽作为末端(图7-2e),但是带卸料嘴(图7-2b)的普通卸料口(图7-2a)是最常见的。

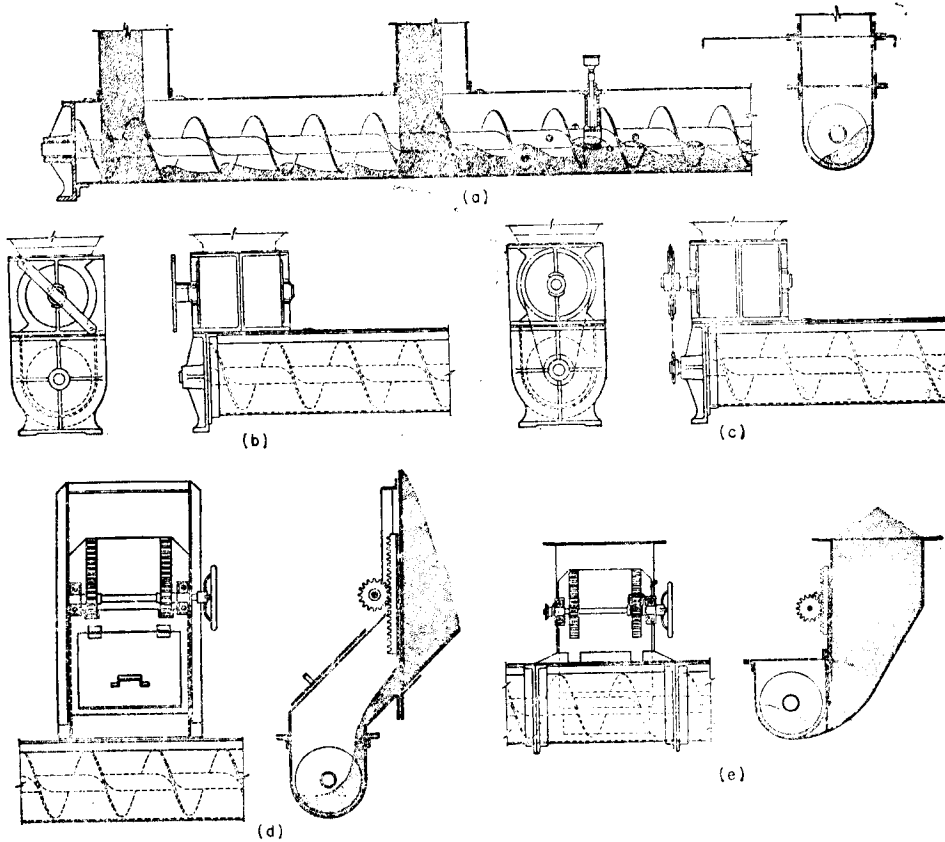


图 7-1 螺旋输送器的典型加料装置

(a) 简单进料嘴或溜槽; (b) 旋转截止阀; (c) 旋转叶片加料器; (d) 料仓闸门; (e) 侧进式闸门
(FMC) 公司, 物料系统输送部)

底部开口槽 (图7-2g) 时常用于将物料均匀铺撒在储存区域上。平底齿轮齿条传动闸门 (图7-2f) 可以选择性卸料, 手动滑板闸门 (图7-2d) 也可选择性卸料。对易腐烂的物料, 弧形滑板闸门 (图7-2h) 可以消除死库区。封闭式齿轮齿条传动的闸门 (图7-2f) 可尘密封地进行操作。而旋转截止阀门 (图7-2i) 能快速截断送料, 也很适于远距离控制。气缸操纵的闸门因其价格低廉、且易于与自动过程控制中心联接。而变得越来越突出。

