



“十三五”普通高等教育本科规划教材

# 物料输送设备

郭铁桥 郑海明 花广如 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

# 物料输送设备

郭铁桥 郑海明 花广如 编  
范孝良 主审



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以培养学生的应用和研发能力为目标,注重知识体系的完整和工程应用能力的培养,主要介绍了基本的理论方法,并详细讲解了各种物料输送设备的结构、原理和设计方法。

全书共分十一章,内容包括带式输送机、斗式提升机、埋刮板输送机、悬挂输送机、螺旋输送机、气力输送机、振动输送机、翻车机系统、起重机械、斗轮堆取料机、粉尘控制设备。

本书可作为普通高等学校机械类专业和与物料输送相关专业学科的教材,也可供从事物料输送设备设计、运行和维护的工程技术人员自学和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

物料输送设备/郭铁桥,郑海明,花广如编.—北京:中国电力出版社,2018.10

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-1511-0

I. ①物… II. ①郭… ②郑… ③花… III. ①物料输送系统—高等学校—教材 IV. ①TH165

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第304577号

---

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:周巧玲(010-63412539)

责任校对:黄蓓 常燕昆

装帧设计:张娟

责任印制:钱兴根

---

印 刷:北京建宏印刷有限公司

版 次:2018年10月第一版

印 次:2018年10月北京第一次印刷

开 本:787毫米×1092毫米 16开本

印 张:20.75

字 数:512千字

定 价:56.00元



---

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

# 前 言

物料输送在工业生产中占据重要的地位,近年来,由于新技术的不断出现,机械类专业的课程设置发生了很大变化,编者在二十余年的物料输送系统和物料输送设备的教学工作中,致力于培养复合型人才,使之既懂设施规划布置、搬运系统设计,又懂各种物料输送设备结构和原理、具有深厚的科学理论基础和一定的工程实践能力及创新能力。在教学实践中深感适合于该课程教学的教材很少,有鉴于此,编者结合教学实践中的体会,吸收生产一线工程技术人员的建议,参考了相关的教材、设计手册和最新的行业标准,并吸收了国内外的先进技术编写了讲义,经过多年使用后进一步修改补充形成本教材。

通过本教材的学习,学生将获得物料输送设备的结构、原理和理论分析方法。本书在编写过程中,重视基础知识,注意传统内容与现代技术的结合,力图引导学生发现问题,利用基础理论解决工程实际问题,培养学生的创新思维能力。

本书由郭铁桥、郑海明、花广如编写。其中郭铁桥负责第一章至第四章和第六章至第九章内容的编写,郑海明负责第十章和第十一章(扫码阅读)的编写,花广如负责第五章内容的编写。

在本书讲义的编撰和修改补充过程中,已故段松屏教授给予了大量的帮助,在此表示深深的怀念和敬意!

本书由华北电力大学机械工程系范孝良教授审稿,对本书初稿提出了许多宝贵的修改意见,特此表示诚挚的感谢!

由于编者学识不足,水平有限,本书难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2018年10月



扫码阅读 拓展章节

## 目 录

前言	
<b>第一章 带式输送机</b> .....	1
第一节 概述.....	1
第二节 带式输送机的主要部件.....	4
第三节 带式输送机生产率计算 .....	30
第四节 带式输送机的牵引计算 .....	35
第五节 带式输送机启动和制动的计算 .....	51
第六节 张力图解和驱动装置有利位置的选择 .....	53
第七节 多滚筒驱动 .....	55
第八节 特种带式输送机 .....	57
第九节 带式输送机的安装调试与运行维修 .....	62
<b>第二章 斗式提升机</b> .....	69
第一节 概述 .....	69
第二节 啮合驱动 .....	73
第三节 斗式提升机的装载和卸载 .....	75
第四节 斗式提升机头部罩壳设计 .....	78
第五节 斗式提升机的计算 .....	90
第六节 链斗卸船机 .....	94
<b>第三章 埋刮板输送机</b> .....	105
第一节 概述.....	105
第二节 埋刮板输送机的基本参数和设计计算.....	113
<b>第四章 悬挂输送机</b> .....	122
第一节 概述.....	122
第二节 通用悬挂输送机.....	126
第三节 通用积放式悬挂输送机.....	135
第四节 通用悬挂输送机的计算.....	140
<b>第五章 螺旋输送机</b> .....	151
第一节 概述.....	151
第二节 水平螺旋输送机.....	152
第三节 垂直螺旋输送机.....	161
第四节 螺旋式装卸机械.....	172
<b>第六章 气力输送机</b> .....	176
第一节 概述.....	176

第二节	悬浮气力输送的基本理论·····	178
第三节	气力输送机的主要部件·····	199
第四节	悬浮气力输送机的设计计算·····	214
第五节	其他型式的气力输送机·····	220
<b>第七章</b>	<b>振动输送机</b> ·····	<b>229</b>
第一节	概述·····	229
第二节	水平振动输送机的结构及动力学参数·····	236
第三节	垂直振动输送机·····	247
<b>第八章</b>	<b>翻车机系统</b> ·····	<b>253</b>
第一节	概述·····	253
第二节	翻车机卸车线·····	254
第三节	翻车机的构造和工作原理·····	257
第四节	翻车机配套设备·····	269
<b>第九章</b>	<b>起重机械</b> ·····	<b>278</b>
第一节	概述·····	278
第二节	起重挠性构件及卷绕装置·····	285
第三节	取物装置·····	298
第四节	制动装置·····	301
第五节	起升机构·····	306
第六节	运行机构·····	308
第七节	回转机构·····	312
第八节	变幅机构·····	319
 <b>第十章</b>	<b>斗轮堆取料机</b>	
 <b>第十一章</b>	<b>粉尘控制设备</b>	
<b>参考文献</b> ·····		<b>325</b>

# 第一章 带式输送机

## 第一节 概 述

### 一、带式输送机的应用

带式输送机是一种靠摩擦驱动、以连续方式运输物料的机械，是连续运输机中效率最高、使用最普遍的一种机型。它用输送带输送物料，可以将物料在一定的输送线上，从最初的供料点到最终的卸料点间形成一个物料输送流程。它既可以用来输送散状物料，又可以输送成件物品。因此，带式输送机广泛应用于采矿、冶金、水电站建设工地、港口及工业企业内部流水生产线上。在我国大宗散货港口装卸作业中，带式输送机已成为不可缺少的主要装卸输送设备。在煤炭、散粮、矿石等专业码头中，采用了许多长距离、高生产率的带式输送机，以及以带式输送机为主体的装船机、卸船机、取料机和堆料机等。

带式输送机的主要特点：输送带既是承载构件又是牵引构件，依靠输送带与滚筒之间的摩擦力平稳地进行驱动。

带式输送机的发展趋势：输送量、运输距离和驱动装置的功率迅猛地增加。例如，国外露天矿已采用输送量达 36 000t/h 以上、带宽 3m 以上、带速 6~8m/s 的带式输送机。出现了联结矿山与发电厂、矿山与港口之间的长距离带式输送机线，单机长度已经超过 15km，总长超过 100km。

### 二、带式输送机的类型

带式输送机的种类很多，主要以输送带的类型、支承装置的结构形式、输送机的工作原理以及用途来区分。按其结构特点可分类如下。

(1) 通用带式输送机：这种输送机用在物料的一般输送上。如矿井地面选煤厂及井下主要运输巷道中，绝大多数采用这种类型，有 TD75 型、DT II 型。

(2) 轻型固定带式输送机。

(3) 移动带式输送机。

(4) 钢丝绳芯带式输送机。

(5) 大倾角带式输送机：花纹带、波状挡边带及压带式带式输送机。

(6) 移置式带式输送机。

(7) 吊挂式带式输送机。

(8) 圆管带式输送机。

(9) U 形带式输送机。

(10) 气垫带式输送机。

(11) 磁性带式输送机。

(12) 钢带输送机。

(13) 网带输送机。

(14) 钢丝绳牵引带式输送机。

另外,根据安装特点可以将带式输送机分为固定式、移动式和伸缩式三种类型。固定式带式输送机一般用在输送量大和使用期限长的情况下,它的机架和部件不能任意拆移。移动式带式输送机用在距离短、运输量不大和工作地点经常变动的场合,其结构轻便并安装有车轮可以随意移动。伸缩式带式输送机常用在运输线路长度经常改变且移动的场合。

### 三、带式输送机的组成和工作原理

如图 1-1 所示为一台通用固定式带式输送机。它主要由输送带、驱动装置、传动滚筒、改向滚筒、托辊、拉紧装置、清扫器和机架等组成。输送带 6 绕过头部传动滚筒 4 和尾部改向滚筒 10 形成环状,输送带上分支(有载分支)支承在承载托辊 7 上,下分支(无载分支)支承在回程托辊 14 上。拉紧装置 11 保证输送带正常运行所需的张紧力。工作时,传动滚筒 4 通过摩擦力驱动输送带 6 运行,物料经导料槽 9 加到输送带上,随输送带一起运动到头部漏斗 1 卸出或经中部犁式卸料器或卸料小车卸出,输送带的工作表面粘附的物料由清扫器 3 清理。传动滚筒 4 由电动机经减速器 19 驱动。

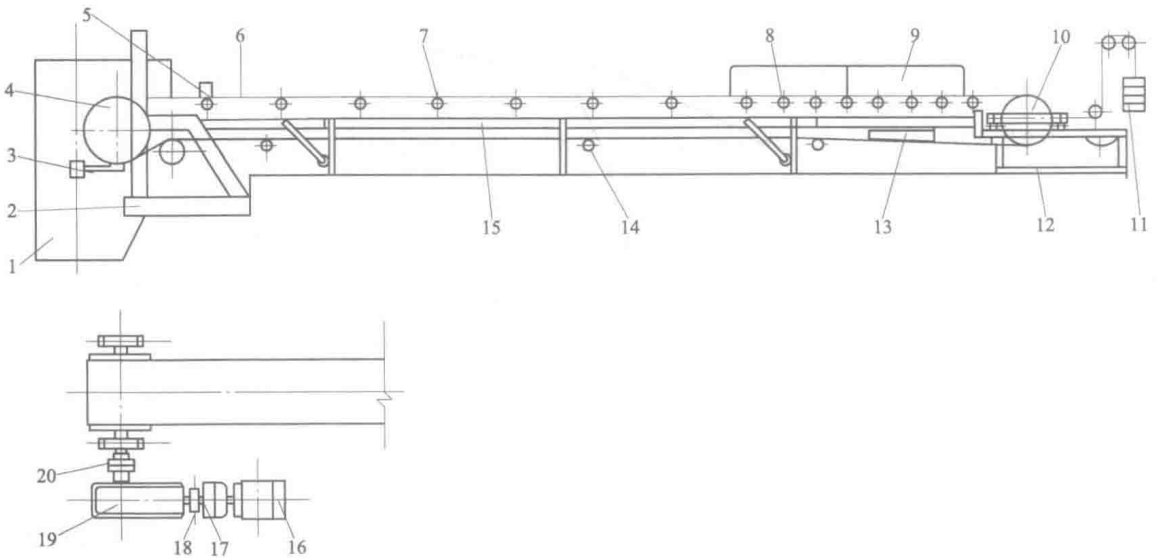


图 1-1 带式输送机结构示意图

- 1—头部漏斗; 2—机架; 3、13—清扫器; 4—传动滚筒; 5—保护装置; 6—输送带;  
7—槽形托辊; 8—缓冲托辊; 9—导料槽; 10—改向滚筒; 11—拉紧装置; 12—尾架; 14—平托辊;  
15—中间架; 16—电动机; 17—液力耦合器; 18—制动器; 19—减速器; 20—联轴器

### 四、带式输送机的布置

带式输送机主要用来沿水平和倾斜方向输送物料,线路的布置形式随安装地点不同而各异,大致上可分为水平输送物料、向上输送物料、向下输送物料三类(如图 1-2 所示)。长距离带式输送机,受所通过的地形的影响,输送机线路呈现十分复杂的轮廓。在设计带式输送机时,应尽量采用最简单的直线轮廓。

带式输送机对水平的允许倾角  $\delta$  取决于被输送物料与输送带(表面特征和材料)之间的动摩擦系数、输送带的断面形状(平的或槽形的)、物料的堆积角、装载的方式和输送带的运动速度。



形式	传动方式	典型布置简图	出轴形式与功率配比
水平输送	单滚筒传动		单出轴单电动机 双出轴双电动机
	双滚筒传动		功率配比 $P_1 : P_2 = 1 : 1$ $P_1 : P_2 = 2 : 1$ $P_1 : P_2 = 2 : 2$
	三滚筒传动		功率配比 $P_1 : P_2 : P_3 = 2 : 1 : 1$ $P_1 : P_2 : P_3 = 2 : 2 : 1$ $P_1 : P_2 : P_3 = 2 : 1 : 2$ $P_1 : P_2 : P_3 = 2 : 2 : 2$
向上输送	单滚筒传动		单出轴单电动机 双出轴双电动机
	双滚筒传动		功率配比 $P_1 : P_2 = 1 : 1$ $P_1 : P_2 = 2 : 1$ $P_1 : P_2 = 2 : 2$
向下输送	单滚筒传动		单出轴单电动机 双出轴双电动机

图 1-2 带式输送机的典型布置

为了保证物料在输送机上无纵向的向下滑移，输送机的倾角应取得比物料与输送带之间的静摩擦角小  $10^\circ \sim 15^\circ$ 。这样的安全裕量是必要的，因为输送带在两个托辊组之间有悬垂，使靠近托辊处的输送带的实际倾角大于几何轮廓线的倾角。此外，输送带在托辊上运行时，由于托辊的振动而引起的颗粒的跳动也会助长物料的下滑，托辊制造质量越差，输送带运动

速度越高,则这种跳动也越激烈。连续而均匀的装料可以采用较大的倾角,周期性的装料引起物流的间断,则需采用较小的倾角。在水平段装料时,由于水平段物料有对倾斜段物料的承托作用,因而可以取较大的倾角。带式输送机在一般工作条件下的最大允许倾角可参考表 1-1。

表 1-1 散状物料特性及输送机倾角

物料种类	堆积密度 $\rho$ ( $t/m^3$ )	安息角 $\alpha$ ( $^\circ$ )	输送机允许最大倾角 $\delta$ ( $^\circ$ )
无烟煤(块)	0.9~1.0	27	15~16
无烟煤(细碎)	1.0	27	18
褐煤块	0.7~0.9	35~45	18
粉煤、精煤、中煤、尾煤	0.6~0.85	45	20~21
原煤	0.85~1.0	50	18~20
焦炭	0.5~0.7	50	17~18
焦炭(粉粒状)	0.4~0.56	30~45	20
铁矿石、岩石、石灰石(块度均匀)	1.6	35	14~16
破碎的石灰石(大块)	1.6~2.0	38	18
破碎的石灰石(小块)	1.2~1.5	38	15
干砂	1.3~1.4	30~35	16
湿砂	1.4~1.9	45	20~24
废型砂	1.2~1.3	39	20
混有砾石的砂(湿)	2.0~2.4	30~35	18~20
干松泥土	1.2~1.4	35	20

## 第二节 带式输送机的主要部件

### 一、输送带

在带式输送机中,输送带既是承载构件,又是牵引构件,用来载运物料和传递牵引力。输送带是带式输送机中最重要也是最昂贵的部件,输送带的价格约占输送机总投资的 25%~50%。所以在设计带式输送机时,正确计算选择输送带是一个很重要的问题,要充分考虑保护输送带,使之有较长的寿命,至少要用 5~10 年。在设计其他部件时,应尽量减少引起输送带不正常损坏的可能,必要时加各种安全防护装置。

带式输送机常用的输送带主要有帆布芯输送带和钢丝绳芯输送带两大类。帆布芯输送带中的帆布材料主要有棉织物、尼龙、聚酯(涤纶)等。我国生产的整芯衬里塑料带,由于具有耐磨、耐腐蚀、耐酸碱、耐油的优点,所以也得到了广泛的应用。

#### 1. 帆布芯输送带

帆布芯输送带由棉纤维或化学纤维织成帆布,用橡胶将数层帆布相互粘合在一起,就形成帆布芯,其构造如图 1-3 所示。帆布的经线与纬线相互交织,通过这种方式的编织,经纬

线都发生了弯曲,使输送带具有很大的弹性。然后在带芯的上下及两侧覆以橡胶,以保护中间的帆布芯不受机械损伤及周围介质的有害影响。上覆盖胶层一般较厚,这是输送带的承载面,直接与物料接触并承受物料的冲击和磨损。普通橡胶输送带上胶层的厚度根据物料特性的不同一般在2~8mm之间选取。下胶层是输送带与支承托辊接触的一面,主要承受压力。为了减少输送带沿托辊运行时的压陷滚动阻力,下胶层的厚度一般较薄,在1~2mm之间,见表1-2。侧边橡胶覆面的作用:当输送带跑偏,侧面与机架相接触时,保护其不受机械损伤,因此常采用高耐磨的橡胶制成。

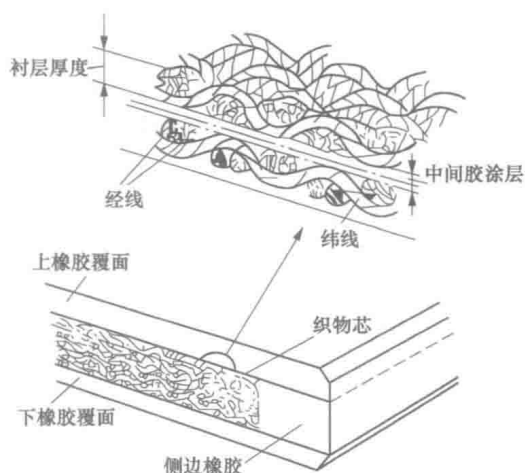


图 1-3 胶带的织物衬里构造

表 1-2 橡胶输送带覆盖胶的推荐厚度

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、白云石、石灰石、烧结混合料、砂等	3.0	1.5
$\rho > 2t/m^3$ , 粒度 $\leq 200mm$ 磨损性较大的物料	破碎后的矿石、选矿产品、各种岩石、油母页岩等	4.5	1.5
$\rho > 2t/m^3$ , 磨损性较大的大块物料	大块铁矿石、油母页岩等	6.0	1.5

普通帆布芯橡胶输送带适用于工作温度在 $-15\sim+40^{\circ}C$ 之间,物料温度低于 $80^{\circ}C$ 的条件下。对于工作环境有特殊要求的场合,例如:高温、高腐蚀、严寒的作业条件,可以采用经化学处理的耐热带、耐寒带和耐油带以及难燃带等。

输送带的张力由带芯承受,输送带的强度取决于带的宽度和帆布层数。同时,为使输送带有足够的横向刚度,使输送带在两支承托辊之间保持槽形,不至于过分变平而引起撒料和增加运动阻力,带宽 $B$ 与帆布层数 $i$ 之间应保持一定的关系(见表1-3)。

表 1-3 各种帆布输送带的最小、最大许用层数

输送带型号	层数极限	物料密度 ( $t/m^3$ )	带 宽 (mm)									
			500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
CC-56 NN-100	最小	0.5~1.0	3	4	4	5	5	6				
		1.0~1.6	3	4	4	5	6	6				
		1.6~2.5	3	5	5	6	7	8				
	最大		4	5	6	8	8	8				
NN-150 EP-100	最小	0.5~1.0	3	3	3	4	5	5	6			
		1.0~1.6	3	3	4	5	5	6				
		1.6~2.5	3	4	5	6	6					
	最大		3	4	5	6	6	6	6			

续表

输送带型号	层数极限	物料密度 (t/m <sup>3</sup> )	带 宽 (mm)									
			500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
NN-200	最小	0.5~1.0		3	3	3	4	4	5	5		
		1.0~1.6		3	4	4	5	5	6			
		1.6~2.5		4	5	5	6					
	最大			4	5	6	6	6	6	6		
NN-250 EP-200	最小	0.5~1.0		3	3	3	4	4	5	5	6	6
		1.0~1.6		3	3	4	5	5	6	6	6	6
		1.6~2.5		3	4	5	6	6				
	最大			3	4	6	6	6	6	6	6	6
NN-300 EP-300	最小	0.5~1.0		3	3	3	4	4	5	5	6	6
		1.0~1.6		3	3	4	5	5	6	6	6	6
		1.6~2.5		3	4	5	6	6				
	最大			3	4	6	6	6	6	6	6	6

国产帆布芯输送带的帆布的纵向拉断强度为 56~500N/(mm·层)。表 1-4 为我国生产的帆布芯输送带的主要品种和规格。

表 1-4 帆布芯输送带规格及技术参数

抗拉体 (芯层) 材料	输送带 型号	拉断强度 $\sigma$ [N/(mm·层)]	每层厚度 (mm)	每层重量 (kg/m <sup>2</sup> )	参考力 伸长率 (%)	带宽范围 (mm)	层数 范围	覆盖胶厚度 (mm)		每毫米厚 胶料重量 (kg/m <sup>2</sup> )
								上	下	
棉帆布	CC-56	56	1.5	1.36	1.5~2	300~2000	2~10	1.5、3、 4.5、6、8	1.5、3、 4.5	1.19
维纶帆布	YY-100	100	1.45	1.65	4	300~2000	2~10	3、4.5、 6、8	1.5、3、 4.5	1.19
维棉帆布	YC-60	60	1.10	1.45	4	400~1600	2~6	3、4.5、 5、6	1.5、3	1.125
	YC-96	96	1.10	1.20	4	300~2000	2~10	3、4.5、 6、8	1.5、3、 4.5	1.19
维涤帆布	YP-30	30	1.0	1.40	4	300~2000	1~4	0、0.5、1、 1.5、2	0、0.5、1	1.35
涤棉帆布	TC-65	65	1.05	1.40	3.5	400~1600	2~6	3、4.5、 5、6	1.5、3	1.125
涤纶帆布	PP-90	90	1.00	1.40	4	300~2000	1~4	0、0.5、 1、1.5、2	0、0.5、1	1.35
	PP-150	65	1.00	1.40	3.5	400~1600	1~4	2.5、3.0		

续表

抗拉体 (芯层) 材料	输送带 型号	拉断强度 $\sigma$ [N(mm·层)]	每层厚度 (mm)	每层重量 (kg/m <sup>2</sup> )	参考力 伸长率 (%)	带宽范围 (mm)	层数 范围	覆盖胶厚度 (mm)		每毫米厚 胶料重量 (kg/m <sup>2</sup> )
								上	下	
锦纶 (尼龙) 帆布	NN-100	100	1.00	1.02	1.5~2	400~1800	2~6	1.5、3、 4.5、6、8	1.5、3、 4.5	1.19
	NN-150	150	1.10	1.15	1.5~2	300~2000	2~6			
	NN-200	200	1.20	1.25	1.5~2	300~2000	2~6			
	NN-250	250	1.30	1.32	1.5~2	300~2000	2~6			
	NN-300	300	1.40	1.42	1.5~2	300~2000	2~6			
	NN-350	350	1.40	1.65	1.5~2	800~2000	2~6			
	NN-400	400	1.50	1.80	1.5~2	1000~2000	2~6			
聚酯 (涤纶) 帆布	EP-100	100	1.20	1.22	1.5	400~1800	2~6	3、4.5、 6、8	1.5、3、 4.5	1.19
	EP-200	200	1.30	1.32	1.5	650~2200	2~6			
	EP-300	300	1.50	1.52	1.5	650~2200	2~6			
	EP-400	400	1.65	2.0	1.5	1000~2000	3~6			
	EP-500	500	2.75	3.30	1.5	1000~2000	3~6			

我国生产的塑料带是用维尼纶和棉混纺织物编织而成的整芯，用聚氯乙烯作覆面的一种输送带，具有耐油、耐酸碱等特点。

## 2. 钢丝绳芯输送带

随着长距离、大运量带式输送机的出现，一般的帆布芯输送带强度已远远的不能满足需要，取而代之的是用一组平行放置的高强度钢丝绳作为带芯的钢丝绳芯输送带，如图 1-4 所示。

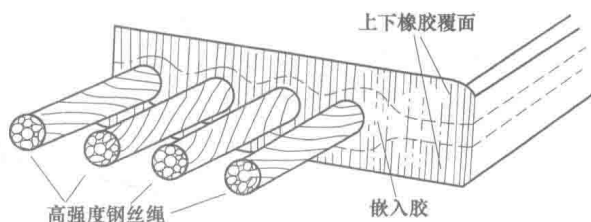


图 1-4 钢丝绳芯胶带结构

钢丝绳一般由七根直径相等的钢丝顺绕制成，中间钢丝较粗，以便于橡胶渗透进钢丝绳。芯胶的材料可稍次于面胶，但必须具备与钢丝有较好的浸透性和粘合性。钢丝绳的排列采用左绕和右绕相间，以保证输送带的平整。表 1-5 为我国生产的钢丝绳芯输送带规格及技术参数。

表 1-5 钢丝绳芯输送带规格及技术参数

输送带型号	ST630	ST800	ST1000	ST1250	ST1600	ST2000	ST2500	ST3150	ST4000	ST4500	ST5000
纵向拉伸强度 (N/mm)	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	4500	5000
钢丝绳最大 直径 (mm)	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.5	8.1	8.6	9.1	10
钢丝绳间距 (mm)	10	10	12	12	12	12	15	15	17	17	18
带厚 (mm)	13	14	16	17	17	20	22	25	25	30	30

续表

输送带型号	ST630	ST800	ST1000	ST1250	ST1600	ST2000	ST2500	ST3150	ST4000	ST4500	ST5000	
上覆盖胶厚度 (mm)	5	5	6	6	6	8	8	8	8	10	10	
下覆盖胶厚度 (mm)	5	5	6	6	6	6	6	8	8	10	10	
钢 丝 绳 根 数												
带宽 (mm)	800	75	75	63	63	63	63	50	50			
	1000	95	95	79	79	79	79	64	64	56	57	53
	1200	113	113	94	94	94	94	76	76	68	68	64
	1400	113	113	111	111	111	111	89	89	79	80	75
	1600	151	151	126	126	126	126	101	101	91	91	85
	1800		171	143	143	143	143	114	114	103	102	96
	2000			159	159	159	159	128	128	114	114	107
	2200			176	176	176	176	141	141	125	125	118
2400			192	192	192	192	153	153	136	136	129	
输送带质量 (kg/m <sup>2</sup> )	19	20.5	23.1	24.7	27	34	36.8	42	49	53	58	

钢丝绳芯带与帆布芯带相比,具有以下优点。

(1) 抗拉强度高,可满足大运量、长距离的需要。国产钢丝绳芯带的带芯强度 $\sigma_a$ 可达5000N/mm。德国生产的钢丝绳芯带的强度已达8000N/mm。

(2) 弹性伸长和残余伸长小,拉紧装置的行程可以大大减少。钢丝绳芯带的伸长量约为帆布芯带伸长量的1/10。由于所需的拉紧行程短,对于合理布置及选择拉紧装置极为有利。此外,由于钢丝绳芯带的纵向弹性模量大,张力波传播速度快,不会出现“浪涌现象”,启动和制动比较容易控制。

(3) 成槽性好。由于钢丝绳芯输送带只有一层芯体,与托辊贴合紧密,可以形成较大的槽角。目前国内外钢丝绳芯输送带输送机的槽角,可达45°。这样不仅可以增大运输量,也可以防止输送带跑偏。

(4) 动态性能好,使用寿命长。由于采用钢丝绕成的钢丝绳做带芯,故耐弯曲疲劳和耐冲击性能好,输送带的寿命一般可达10年左右,使输送机的运输成本相应降低。

(5) 输送机的滚筒直径相应较小。由于带芯较薄,在相同的条件下允许采用比帆布芯带小得多的滚筒直径。

(6) 接头寿命长。

钢丝绳芯带也存在一些缺点,如横向强度低;接头和修理的劳动量大;当覆盖胶损坏后,钢丝易腐蚀等。国产钢丝绳芯带的规格见表1-5。

### 3. 输送带的接头

输送机上的输送带要连接成无端的环形,就至少有一个带端的接头,对于长距离输送机,其输送带太长不便运输,一般也做成100~200m一段,运到目的地以后再连接起来。这里都有一个输送带的接头问题。输送带接头的质量对带式输送机的运行有很大影响。

输送带端头的连接方法有机械接法、硫化法和冷粘法三种;塑料带则有机械接头和塑化

接头两种。

(1) 机械法。采用专用钩卡或钉扣将带两端连接，简单易行，但对带芯有损伤，故接头强度低（相当于输送带本身强度的 35%~40%），使用寿命短，只适用于帆布芯输送带，并且接头通过滚筒时对滚筒有损伤，故只用于短距离或移动式输送机上。

(2) 硫化法。帆布芯输送带的硫化接头大都在现场采用专用设备连接。在硫化之前，将端头按帆布层数切成阶梯状（如图 1-5 所示），涂以胶浆，然后将两个端头互相很好的贴合，用压板定位后在 0.5~0.8MPa 的压力、140~145℃ 的温度下保温一定时间，形成无缝的硫化接头。硫化接头能承受较大的拉力，使用寿命较长，对滚筒不产生损害，其静载强度为原来强度的  $(i-1)/i \times 100\%$ ， $i$  为帆布层数。

对于钢丝绳芯输送带，钢丝绳之间有一定的间距（如图 1-6 所示），可以容纳另一端的钢丝绳端头排列其间，相互间留有不少于 2mm 的间隙，以便中间有足够的橡胶来传递剪力。接头的长度应能保证张力从一端的钢丝绳通过周围的芯胶传递给另一端的钢丝绳。对钢丝绳芯输送带接头强度的大量试验表明，接头的动载强度为输送带强度的 40%~60% 之间。

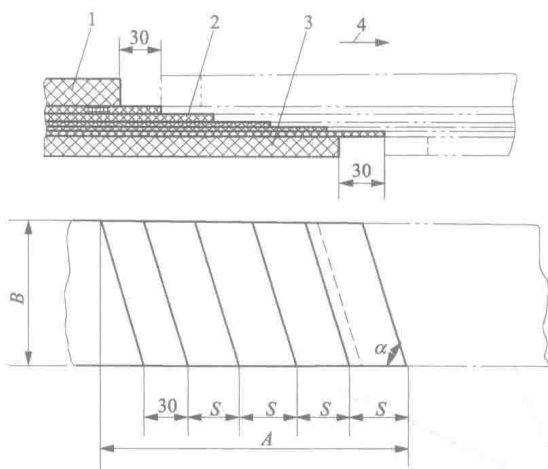


图 1-5 硫化接头的剖切方法

1—上覆盖胶；2—纤维层；3—下覆盖层；4—运行方向

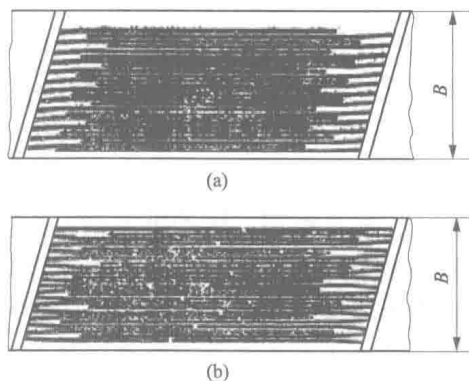


图 1-6 钢丝绳芯带的端头连接

(3) 冷粘法。冷粘接头的操作方法与硫化法类似，只是改用特殊粘合剂将带两端连接而不硫化。这种方法的优点是接头处强度接近硫化法，操作简单、省时，不需要专用设备。

#### 4. 输送带基本参数的计算

根据输送机的生产率或物料最大块度确定带宽之后，对于帆布芯输送带，通常按照最大静张力  $F_{1\max}$  选择合适的带芯抗拉强度，然后计算所需的帆布层数。帆布芯输送带所需的帆布层数由式 (1-1) 确定。

$$i = \frac{F_{1\max} \cdot n}{B \cdot \sigma} \quad (1-1)$$

式中  $i$ ——帆布层数；

$B$ ——输送带宽度，mm；

$\sigma$ ——带芯强度，N/(mm·层)；

$n$ ——安全系数，见表 1-6。

表 1-6 帆布芯输送带安全系数

帆布层数 $i$		3~4	5~8	9~12
安全系数 $n$	硫化接头	8	9	10
	机械接头	10	11	12

钢丝绳芯带的强度计算公式为

$$\sigma_d \geq \frac{F_{1\max} \cdot n}{B} \quad (1-2)$$

式中  $F_{1\max}$ ——最大静张力, N;

$\sigma_d$ ——带芯强度, N/mm, 见表 1-5;

$n$ ——安全系数, 钢丝绳芯带取  $n \geq 10$ 。

输送带安全系数取得较高的原因: 输送带接头处动强度的削弱, 计算公式中没有考虑输送带在滚筒上产生的附加弯曲应力, 在各帆布层(或钢丝绳)之间应力分布不均以及输送带的疲劳现象等。

## 二、托辊

### 1. 托辊的种类及作用

托辊的作用是支承输送带和输送带上物料的重量, 使输送带沿预定的方向平稳地运行。对于运输散状物料的输送机, 支承托辊使输送带在有载分支成槽形, 可以增大运量和防止物料向两边撒落。一台输送机托辊数量很多, 托辊质量的好坏影响输送带的使用寿命和输送带的运行阻力, 托辊的维修或更换费用是带式输送机运营费用的重要组成部分。所以对托辊的基本要求: 经久耐用、转动阻力小; 托辊表面光滑、径向跳动小; 密封装置能可靠地防尘、轴承能得到很好的润滑; 自重较轻、尺寸紧凑等。

托辊按用途不同可分为一般托辊和特种托辊, 后者包括调心托辊、缓冲托辊等。

带式输送机的有载分支最常用的刚性三节槽形托辊组如图 1-7 (a) 所示, 三个托辊一般布置在同一平面内, 托辊的壳体用无缝钢管制造。托辊直径与带宽、物料堆积密度和带速有关, 随这些参数的增大而相应增大。为使输送机运行平稳, 托辊的弯曲变形应控制在  $1/2000$  以内, 我国 TD75 型带式输送机采用直径为 89mm 和 108mm 两种托辊, TD75 的换代产品 DT II 型和 DX 系列采用 89、108、133、159mm 直径的托辊。

带式输送机的无载分支常用平形托辊如图 1-7 (b) 所示。对于长距离的带式输送机, 为了防止输送带跑偏, 经常采用两个斜置的直托辊 (V 形托辊), 如图 1-7 (c) 所示。由于带式输送机装载处的托辊受到物料的冲击, 易引起托辊轴承的损坏, 常采用缓冲托辊组, 如图 1-7 (d) 所示。

如图 1-8 所示为悬置托辊组, 托辊相互间用铰链连接, 悬挂到刚性机架上, 主要用于矿井或露天布置的长距离输送机上。这种托辊组的优点: 重量较轻; 安装和更换容易, 可以在不停止运输的情况下更换托辊组; 可以自动适应荷载, 作垂直方向的弹性调整; 振动和冲击被挠性连接所吸收, 噪声大大降低; 为适应不同宽度的输送带, 可方便地增减托辊的数量, 例如三节 450mm 长的托辊可用于带宽 1000~1200mm 的输送带, 四节可用于 1400~1600mm 的输送带, 五节可用于 1800~2200mm 的输送带, 6 节可用于 2400~2600mm 的输送带。



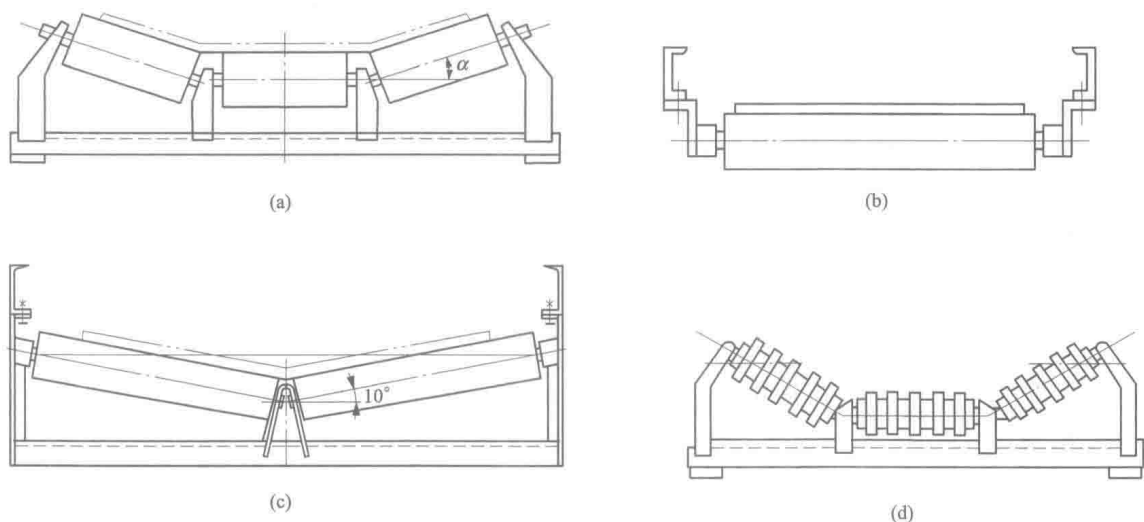


图 1-7 常用托辊

- (a) 刚性三节槽形托辊组；(b) 平形托辊；
- (c) 直托辊（V形托辊）；(d) 缓冲托辊组

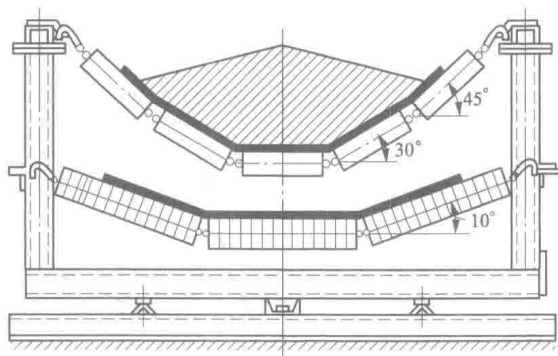


图 1-8 悬置托辊组

托辊一般做成定轴式的，其构造如图 1-9 所示。托辊的密封形式很多，但是国内外大量实践证明，迷宫式密封的防尘效果最好，阻力也小。而且一般采用径向迷宫式，因为径向迷宫式可以沿轴向套上去，故装拆十分方便。托辊的转动阻力不仅与速度有关，而且与轴承及其密封有很大的关系，轴承中的润滑油采用锂基酯的阻力最小。

输送带运行时，下列因素可能使输送带跑偏：张力沿带宽分布不均，物料偏心堆积，机架变形，托辊轴承损坏，风载荷作用等。实践上常采用各种不同形式的调心托辊组，在有载分支上每隔十组槽形托辊放置一组调心托辊。

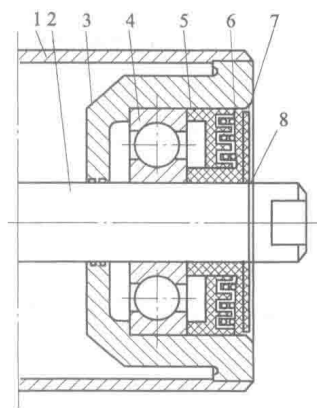


图 1-9 托辊的结构

- 1—外筒；2、3、4—轴、轴承座、轴承
- 5、6—内、外密封圈；7—挡圈；8—弹簧卡圈