

新型圆管带式输送机

设计手册

张钺 主编



化学工业出版社

新型圆管带式输送机设计手册

张 钺 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是论述圆管带式输送机的原理、结构、专利技术和具体实施方案的专著，用作者创造发明的十多个专利组成本书最新颖的核心内容，同时还收集了国内外相关的新技术和新成果。带式输送机已有近 200 年的使用历史，经过第三次技术革命的洗礼，已发生了深刻变化，其中最为成功的环保机械就是本书所写的新型圆管带式输送机，它广泛用于国民经济各领域，尤其是火力发电厂、建材厂、水泥厂、露天开采、地下煤矿、饲料厂、药厂、港口码头、粮仓和水坝、填海工程中。

本书是一本设计选用手册，不但提供设计原理、计算公式、部件选用、技术参数、外形尺寸和应用实例，读者还能利用书中提供的新材料（如芳纶，玻璃钢，工程塑料，磁性橡胶）、新部件（如直线电机，开关磁阻电机，磁悬浮轴承），开发新产品，这是本手册最大的特色。本书理论结合实际；可供机械类工程技术人员、相关专业的的设计人员、输送机械厂的制造者和大专院校有关专业师生使用或参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

新型圆管带式输送机设计手册/张钺主编. —北京：化学工业出版社，2006. 8

ISBN 978-7-5025-9236-3

I. 新… II. 张… III. 圆管-带式输送机-设计-技术手册 IV. TH238.022-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 102640 号

新型圆管带式输送机设计手册

张 钺 主 编

责任编辑：任文斗 周 红

文字编辑：闫 敏

责任校对：陈 静

封面设计：韩 飞

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询：(010)64982530

(010)64918013

购书传真：(010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市万龙印装有限公司装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21½ 字数 534 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9236-3

定 价：45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换
京化广临字 2006—43 号

前 言

带式输送机是一类历史较长、经济适用而又现代化的输送机械，在其 200 多年的发展史中，最重要的是圆管带式输送机。由于全世界对环保要求日益迫切，自 1972 年圆管带式输送机诞生后就在国外迅速普及，旧称圆管胶带输送机；到 2004 年已有 800 余台在运转，可是在我国才不足 50 台。国内对其认识不足的原因，一是宣传不够，二是日本式圆管带式输送机未能在传输理论上有所突破，爬升角度小、转弯半径大的缺陷限制了其应用。

纵观带式输送机 200 多年的发展史，可将它分为 4 个阶段。

① 初创时期。1795~1900 年为槽形带式输送机的初创阶段。1795 年提出三辊式槽形带式输送机，到 1863 年才申报了专利，开始用于输送谷物。

② 鼎盛时期。1900~1972 年为槽形带式输送机的鼎盛阶段。伴随着 20 世纪科学技术的蓬勃发展，槽形带式输送机的应用也愈加广泛。特别是越野槽形带式输送机的出现，大大促进了世界经济的繁荣，但人类生态环境却日益恶化。

③ 圆管带式输送机的兴起时期。1972 年，日本为解决环保问题，开发了圆管带式输送机。1975 年，申报了圆管带式输送机专利并开始应用。1978 年后，先后有南非 Bateman 公司、德国 Koch 公司、法国 Noyes 公司、意大利 Nova 公司、英国 Dosco 公司、印度 Simplicity 公司、美国 Krupp Robins 公司、韩国 Young Poony 公司、南美洲 Sistemas 公司生产圆管带式输送机。1996 年，我国淮南煤矿机械厂引进日本专利进行生产，只限 5 年；由于成本太高，生产了几台就下马了。1998 年，中国华电公司引进日本专利生产圆管带式输送机，也只限 5 年。2005 年 1 月，长沙华泰重工与德国 Koch 公司合作生产圆管带式输送机。最近，在江苏扬州成立了中德扬州输送工程技术有限公司。1988 年，作者提出中国式圆管带式输送机原理，并制作样机加以验证，1995 年开始申报专利，但在国内推广十分缓慢。而自 1972 年日本发明专利实施后，圆管带式输送机在工业发达国家已迅猛发展，形成了与槽形带式输送机并存的时代，并有逐渐取代槽形带式输送机输送散料的趋势，正向长运距、大运量、控制智能化、绿色生产化突飞猛进。

④ 圆管带式输送机的繁荣时期。预计 2007~2020 年将是圆管带式输送机的繁荣时期。1995 年，由于中国式圆管带式输送机的系列发明专利的出现，在理论上解决了垂直输送和小半径转弯的难题，突破了日本式圆管带式输送机不能在厂内应用的限制，推动

了圆管带式输送机的发展。面对全球环保形势日益严峻，伴随着保护生态，防止灰尘污染，圆管带式输送机必将出现它的繁荣时代。

本书系统总结了各国研发圆管带式输送机的概况，介绍了圆管带式输送机的理论基础、结构特点和应用情况。作者根据多年研发带式输送机的经验，结合中国国情发明了国内外第一台能垂直提升的圆管带式输送机，并于1989年底通过北京市科委专家技术鉴定，1995年获国家发明专利（95118381.8）。此外，作者还开发了U形密封式圆管带式输送机（92300028.0）。进入21世纪，作者又发明了可伸缩、可升降的圆管带式输送机（200310100014.2），气垫式圆管带式输送机（200310100272.0），中摩式圆管带式输送机（200310100188.9）和圆管带式输送机用高温耐热带式无缝托辊组（200410032543.0）。这些发明专利和作者根据扬森定理独创的侧压力挤压法一起，组成了中国式圆管带式输送机的理论基础，在本书中做了详细叙述。

为使读者能尽快掌握圆管带式输送机技术，本书从入门着眼，详细介绍了圆管带式输送机设计、计算、零部件选型、物料特性等内容。希望有志之士合作开发。作者衷心希望借本书的出版，能为我国带式输送行业技术进步尽绵薄之力。

全书由张钺组织编写与审定。冶金工业出版社的刘小峰编辑、北京联合大学电子技术实验实训基地的林青老师和沈丽老师、北京联合大学自动化学院靳宇老师、北京中港公司的靳青松工程师和江苏镇江蓝星联轴器制造有限公司史俊工程师共同参与了本书的编写。张秀菊参与了全书的录入和整理工作。此外，还要感谢互联网上的专业网站提供的大量参考资料和德国Koch公司提供的图片以及李玉勤高工等提供的资料。参加编写的还有孔庆堂、孔义、张雪修、张宝成、王润龙、刘于铃、王峰、马文欢、张平、张娟、张静、孙德印、李永朋、刘于红、刘学君、刘凤梅、武立新、梁清平、樊通、刘于敏等。

由于水平所限，加之圆管带式输送机技术还在不断发展，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

作者

2006年9月

欢迎订阅机械设计图书

书名	定价
联轴器、离合器设计与选用指南	45 元
齿轮传动设计手册	168 元
现代机械设计方法实用手册	80 元
光机电一体化设计使用手册（上、下册）	216 元
机械设计手册（第四版，共 5 卷）	598 元
机械设计手册（单行本，共 15 分册）	798 元
机械设计图册（共 6 卷）	666 元
机械设计实用手册	170 元
离合器、制动器选用手册	56 元
电动滚筒设计与选用手册	48 元
机械无级变速器设计与选用指南	38 元
减速器选用手册	120 元
联轴器选用手册	72 元
现代机械优化设计方法	39 元
机械工程师电子手册（普及版）	98 元
现代连杆机构设计	18 元
齿轮传动设计手册	168 元
液压传动系统及设计	56 元
液压阀原理、使用与维护	76 元
液压技术应用 220 例	69 元
液力传动理论及设计	40 元
冲压模具简明设计手册	66 元
除尘装置系统及设备设计选用手册	96 元
锻造模具简明设计手册	55 元
挤压模具简明设计手册	33 元
破碎与筛分机械设计选用手册	95 元
现代物流设备设计与选用	49 元
行星齿轮传动设计	45 元
运输机械设计选用手册（上）	98 元
运输机械设计选用手册（下）	90 元

以上图书由化学工业出版社装备与信息出版中心出版。如要出版新著，请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录，或者更多的专业图书信息，请登录 [www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)。

地址：(100029) 北京市朝阳区惠新里 3 号 化学工业出版社

邮购：010-64982530, 64918013, 64982630 (传真) (发行部邮购科)

编辑：010-64982559, 010-64982557

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 带式输送机的优越性	1
1.1.1 结构特色	1
1.1.2 经济效益	2
1.2 带式输送机的发展历程	3
1.3 圆管带式输送机的绿色设计	7
1.4 圆管带式输送机的演变历史	7
1.4.1 夹带式带式输送机	7
1.4.2 波纹挡边带式输送机	8
1.4.3 吊挂式圆管带式输送机	11
1.4.4 蟒蛇式圆管带式输送机	12
1.4.5 同轴式圆管带式输送机	13
1.4.6 半圆转弯带式输送机	13
1.4.7 圆管气垫式带式输送机	14
1.4.8 管道式输送机	16
1.4.9 其他	16
1.5 圆管带式输送机分类	16
1.5.1 中国式、日本式、德国式圆管带式输送机特性	18
1.5.2 软质输送带圆管带式输送机(中国用)	18
1.5.3 硬质输送带圆管带式输送机(日本、德国用)	19
1.6 各国应用圆管带式输送机典型案例	21
第 2 章 圆管带式输送机结构	24
2.1 主体结构	25
2.2 机架组合形式	27
2.3 输送带	29
2.3.1 类型	29
2.3.2 成圆方式	31
2.3.3 密封方式	31
2.3.4 放置方式	31
2.4 托辊	33
2.5 机架	34
2.6 附加部件	35
2.7 驱动装置	36
2.8 启动系统	38
2.9 本机硬件在连续式输送机中所处位置	38
第 3 章 圆管带式输送机的计算	40
3.1 初步设计计算步骤	41
3.1.1 计算圆管带式输送机截面积 A 、带速 v 和管径 D	41
3.1.2 计算功率 P	41
3.1.3 计算有效张力 F_0 与最大张力 T_1	43
3.1.4 成圆损失	47
3.1.5 输送带下垂度	47
3.1.6 输送带层数的决定	48
3.1.7 验算托辊载荷	49
3.1.8 转弯半径的选用	50
3.2 逐点计算法	51
3.2.1 直线段阻力	51
3.2.2 弯曲段阻力	51
3.2.3 垂直段阻力	53
3.3 多滚筒驱动公式	53
3.4 圆管带式输送机的中间摩擦驱动方式	54
3.4.1 圆管带式输送机驱动段长度	54
3.4.2 中间摩擦驱动功率分配	56
3.4.3 圆管带式输送机与中间摩擦驱动段长度的比较	56

3.5 可伸缩可升降的圆管带式输送机	56	3.7.2 钢丝绳芯带过渡段长度计算公式	60
3.6 侧压力挤压法(扬森定理的应用)	57	3.7.3 输送带过渡长度的设计计算方法	60
3.7 过渡段长度公式	59	3.8 圆管带式输送机应力测试法	60
3.7.1 纤维带长度计算公式	59		

第4章 圆管带式输送机的软启动 **62**

4.1 理论依据	62	4.6 电动机调速方式比较及参数整定	84
4.1.1 选择软启动和软停车的目的	62	4.7 电动机的保护方式	86
4.1.2 自动拉紧装置与软启动的配合	62	4.7.1 电动机保护装置	86
4.1.3 启动时间和启动加速度曲线	64	4.7.2 保护装置与异步电动机的协调配合	87
4.2 交流笼型电动机软启动器	64	4.8 圆管带式输送机的软启动	88
4.2.1 调速原理和调速方式	64	4.8.1 圆管带式输送机启动和停车的状态描述	88
4.2.2 调速方式的实现及技术特性	65	4.8.2 刚性制动条件下带式输送机受力分析	89
4.2.3 变极调速	65	4.8.3 带式输送机使用软启动后其他特性	90
4.2.4 串级调速	67	4.8.4 圆管带式输送机几种软启动方式的比较	90
4.2.5 变频调速	67	4.8.5 带式输送机的动态分析与软启动设计	91
4.2.6 转差率调速	69	4.8.6 带式输送机的黏弹性振动方程的建立	91
4.2.7 开关磁阻调速	69	4.8.7 带式输送机的加速度控制曲线	92
4.2.8 转子串电阻调速	75		
4.2.9 定子调压调速系统	75		
4.3 YCT 系列电磁调速电动机	80		
4.4 液力偶合器调速系统	80		
4.5 液体黏性传动	80		

第5章 输送带的选择 **94**

5.1 输送带分类	94	5.5.3 正常负荷下的最小带层数	105
5.2 输送带结构	95	5.5.4 输送带的安全系数	105
5.3 带芯	100	5.6 输送带的寿命与磨损关系	108
5.3.1 各种纤维性能比较	100	5.7 输送带的黏弹性力学性能	108
5.3.2 编织方法对强度的影响	102	5.7.1 输送带的力学性能	109
5.3.3 带芯常用的纤维特性	102	5.7.2 输送带的弹性模量	109
5.3.4 芳纶带芯	103	5.8 圆管式输送带技术规格	109
5.3.5 织物芯骨架厚和质量	103	5.8.1 产品技术规格	109
5.3.6 钢丝绳芯质量	104	5.8.2 圆管带式输送机输送带系列强度和 质量	112
5.3.7 织物带芯的最大运行张力	104	5.9 输送带标准	113
5.4 输送机用最小滚筒直径	104	5.10 输送带制成磁性输送带的用途	113
5.5 输送带最大工作张力	105	5.11 输送带连接法	113
5.5.1 机械连接时的最大工作张力	105	5.11.1 硫化连接法	113
5.5.2 钢芯带具有最小覆盖胶厚的最大 工作张力	105	5.11.2 冷粘法	114

第6章 直线形托辊、弧形托辊和无缝托辊 **116**

6.1 托辊形式分类	116	6.1.3 三辊式	116
6.1.1 一辊式	116	6.1.4 四辊式	116
6.1.2 二辊式	116	6.1.5 六辊式	116

6.1.6 无缝托辊组	117	6.5.4 配合表面的粗糙度和形位公差	125
6.1.7 多辊式	118	6.6 轴承的拆卸、清洗	125
6.1.8 成圆托辊	118	6.7 轴承寿命的基本概念	126
6.2 托辊间距选择	119	6.7.1 可计算的轴承寿命类别	126
6.3 圆弧形托辊的材料选择	120	6.7.2 滚动轴承的疲劳寿命	126
6.4 托辊轴承	121	6.7.3 滚动轴承的常用材料	129
6.4.1 轴承的选定	121	6.7.4 辨别轴承质量的常用方法	129
6.4.2 滚动轴承分类	121	6.8 托辊用陶瓷轴承	129
6.4.3 轴承的安装	122	6.8.1 材料力学性能	130
6.5 滚动轴承的配合	124	6.8.2 陶瓷轴承安装要求	130
6.5.1 配合的选择	124	6.8.3 全陶瓷深沟球轴承系列规格	130
6.5.2 负荷性质	124	6.9 磁悬浮轴承	131
6.5.3 负荷大小	125		

第7章 传动滚筒、改向滚筒和电动滚筒 133

7.1 滚筒分类和形式	133	7.4.3 筒壳弯曲	142
7.1.1 按驱动方式分类	133	7.5 轴	143
7.1.2 按轴承内孔大小分类	133	7.5.1 传动滚筒的轴	143
7.1.3 按外形区分	133	7.5.2 传动滚筒轴的设计特点	143
7.1.4 按功能区分	134	7.5.3 轴设计的程序	143
7.1.5 按辐板结构分类	135	7.5.4 轴上零件的定位	144
7.2 滚筒规格	135	7.5.5 轴的常用材料及其力学性能	146
7.2.1 传动滚筒基本直径和长度	135	7.6 轴的强度计算	147
7.2.2 改向滚筒外形尺寸	137	7.7 传动滚筒轴规格	149
7.2.3 带宽同传动滚筒、改向滚筒匹配	137	7.8 电动滚筒	150
7.2.4 圆管带式输送机用大滚筒转弯轮最小 尺寸	137	7.8.1 电动滚筒的作用	150
7.3 圆管带式输送机滚筒的额定负荷	139	7.8.2 电动滚筒行业标准	150
7.3.1 圆管带式输送机传动滚筒负荷	139	7.8.3 电动滚筒功率计算	151
7.3.2 圆管带式输送机改向滚筒最大承载 能力	140	7.8.4 电动滚筒转矩计算	151
7.3.3 滚筒的外形尺寸和偏差	140	7.8.5 电动滚筒同改向滚筒直径匹配	152
7.4 圆管带式输送机滚筒损坏的应力	141	7.8.6 变速轴承电动滚筒	153
7.4.1 滚筒表面输送带压力	141	7.8.7 YTH型减速滚筒	153
7.4.2 挠曲强度	142	7.8.8 YDJD型调速电动滚筒	153
		7.8.9 YTBS型双筒皮电动滚筒系列	153
		7.8.10 微型电动滚筒	153

第8章 圆管带式输送机的关键技术 155

8.1 日本专利文件	155	8.3.2 一种能伸缩能升降不扭转的新型圆管式 胶带输送机	168
8.1.1 管形带输送机(本书改称输送机)	155	8.3.3 圆管机用一种新型中间驱动装置	172
8.1.2 管状带输送机	158	8.3.4 气垫式圆管带式输送机	175
8.2 美国专利文件	162	8.3.5 圆管机用耐热高温胶带	176
8.3 中国专利文件	167		
8.3.1 一种垂直输送带提升机	167		

第9章 圆管带式输送机线路设计和机架材料 178

9.1 线路设计	178	9.5.6 无缝六辊式机架计算尺寸	186
9.2 长距离带式输送机线路	180	9.5.7 固定圈安装无缝托辊实例	188
9.2.1 长距离带式输送机的设计问题	180	9.5.8 三角形机架	188
9.2.2 大运量长距离输送机的驱动系统	180	9.6 玻璃钢机架材料	189
9.3 长距离带式输送机的现代设计方法	181	9.6.1 玻璃钢材料 FRTP 的优点	189
9.4 带式输送机布置准则	181	9.6.2 玻璃钢材料 FRTP 的缺点	190
9.4.1 走廊式	182	9.6.3 玻璃纤维的特殊性能	191
9.4.2 室内布置式(垂直式圆管机)	182	9.7 玻璃钢的生产方法和规格与用途	191
9.5 圆管带式输送机机架形式设计	182	9.7.1 生产方法	191
9.5.1 一辊式机架	183	9.7.2 玻璃钢 FRTP 拉挤型材的规格与用途	192
9.5.2 二辊式机架	185	9.8 拉挤玻璃钢型材特性	193
9.5.3 三辊式机架	185	9.9 正确使用玻纤增强材料	195
9.5.4 六辊式机架	185		
9.5.5 无缝托辊机架尺寸	186		

第 10 章 拉紧装置、散料特性与清扫器 197

10.1 拉紧装置	197	10.1.7 液压自动拉紧装置的选择	206
10.1.1 输送带的应力与应变	197	10.1.8 拉紧装置行程的确定	207
10.1.2 拉紧装置的功能	197	10.2 物料特性	209
10.1.3 分类	198	10.2.1 圆管机输送物料在过渡段堆积角	209
10.1.4 拉力自动调整装置的原理	198	10.2.2 散料特性	210
10.1.5 应力式拉紧装置	200	10.3 清扫器	211
10.1.6 应变式拉紧装置	202	10.4 卸料器	214

第 11 章 减速器的选用 216

11.1 减速器的选用程序	217	的材料	227
11.2 轮系分类	217	11.13.4 摆线针轮行星减速器型号和规格	227
11.3 定轴轮系的传动比	218	11.14 摆动活齿减速器	229
11.4 周转轮系的传动比	219	11.15 谐波齿轮传动	230
11.5 混合轮系的传动比	220	11.15.1 选用程序	232
11.6 轮系的功用	220	11.15.2 安装使用与维护	234
11.7 渐开线少齿差行星传动比	221	11.15.3 XB3 型谐波齿轮组件的安装与使用	234
11.8 谐波齿轮传动比	221	11.16 摆线谐波减速器	235
11.9 摆线针轮行星传动比	222	11.17 滚轮减速器	236
11.10 定轴传动减速器的主要类型与特点	222	11.18 变速传动轴承	236
11.11 行星齿轮减速器的主要类型与特点	223	11.19 三环减速器	239
11.12 渐开线齿轮平行轴定轴传动	225	11.19.1 三环减速器原理	239
11.13 摆线针轮行星传动	225	11.19.2 三环减速器特点	240
11.13.1 摆线针轮行星传动的优点	225	11.19.3 存在的缺点	244
11.13.2 摆线针轮行星减速机构结构	225		
11.13.3 摆线针轮行星传动机构主要零件使用			

第 12 章 联轴器、制动器、离合器和限止器的选用 245

12.1 联轴器	245	12.1.2 梅花型联轴器	245
12.1.1 膜片联轴器	245	12.1.3 鼓型齿式联轴器	248

12.1.4	十字轴万向联轴器	250	12.2.2	盘式制动器	258
12.1.5	微型弹性膜片联轴器	250	12.2.3	电磁铁块制动器	260
12.1.6	弹性管联轴器	253	12.3	离合器	260
12.1.7	胀套型联轴器	254	12.3.1	封闭型组合离合器	261
12.1.8	磁性联轴器	256	12.3.2	组合电磁离合制动器	262
12.1.9	高温磁力滑动轴承	257	12.3.3	普通型制动器	263
12.1.10	液力联轴器	257	12.4	摩擦型转矩限止器	264
12.2	制动器	257	12.4.1	钢珠转矩限止器	264
12.2.1	电力液压式制动器	258	12.4.2	应用范围	265

第 13 章 电动机和电器的选择 268

13.1	电动机的机械特性	268	13.13.1	直线电机工作原理	289
13.2	电动机启动频率	270	13.13.2	分类	289
13.3	电动机自带制动和逆止器结构	270	13.13.3	直线电机常用形式	290
13.4	各类交直流电动机	270	13.14	电器设备的选择	294
13.4.1	交流电动机	270	13.14.1	国际防护等级标准 (IP) 和定义	294
13.4.2	直流电动机	271	13.14.2	圆管带式输送机常用的电器设备 分类	295
13.5	Y ₃ 系列三相异步电动机	272	13.14.3	开关类	295
13.6	YEZ 系列锥形绕线转子异步电动机	275	13.14.4	组合开关	295
13.7	SBA 系列锥形绕组转子电机	276	13.14.5	断路器类	296
13.8	开关磁阻调速电动机	276	13.14.6	交流接触器类	296
13.8.1	概述	276	13.14.7	热过载继电器	296
13.8.2	KCD 开关磁阻电动机安装及外形 尺寸	279	13.14.8	智能控制器	296
13.9	YCT 系列电磁调速电动机	281	13.15	小型圆管带式输送机用电动机启动器	297
13.10	YCTD 系列低电阻端环电磁调速 电动机	284	13.16	圆管带式输送机用启动器	298
13.11	变频调速异步电动机	286	13.17	空气开关 (即断路器类)	298
13.12	减速电动机	288	13.18	数字显示电流继电器 (EDCR)	299
13.13	直线电机	289	13.19	熔断器	299
			13.20	带式输送机配电设计	300

第 14 章 给料系统设备 302

14.1	分类	302	14.4.3	功率计算	306
14.2	胶带给料机	302	14.4.4	产品规格型号	307
14.2.1	特点	302	14.4.5	外形及尺寸	307
14.2.2	输送量计算	303	14.5	电磁振动给料机	308
14.2.3	功率计算	303	14.5.1	产品规格型号	308
14.2.4	产品规格型号	303	14.5.2	特点	309
14.3	板式给料机	304	14.5.3	给料能力计算	309
14.3.1	特点	304	14.5.4	电磁振动给料机溜槽	310
14.3.2	给料能力计算	305	14.6	圆盘式给料机	311
14.3.3	功率计算	305	14.6.1	特点	311
14.3.4	产品规格型号	305	14.6.2	输送量计算	311
14.4	往复式给料机	305	14.6.3	功率计算	312
14.4.1	特点	306	14.7	螺旋给料机	312
14.4.2	给料量计算	306	14.7.1	特点	312

14.7.2 输送量计算	312	14.10.3 垂直插板闸门功率计算	316
14.7.3 功率计算	312	14.10.4 倾斜插板闸门功率计算	316
14.8 叶轮式给料机	313	14.10.5 水平和垂直插板承受的压力	316
14.8.1 特点	313	14.10.6 倾斜插板承受的压力	316
14.8.2 输送量计算	313	14.11 闸(阀)门系列产品	316
14.8.3 功率计算	314	14.12 溜槽	317
14.8.4 产品规格型号	314	14.12.1 直线形溜槽的设计	318
14.9 管道型输送机	314	14.12.2 溜槽的倾角	318
14.9.1 特点	314	14.12.3 选择溜槽倾角时考虑的因素	318
14.9.2 输送量计算	315	14.12.4 溜槽断面形状及尺寸	319
14.9.3 功率计算	315	14.12.5 溜槽的输送能力	319
14.10 直接加料法	315	14.12.6 受料溜槽的新结构形式	320
14.10.1 分类	315	14.12.7 受料溜槽的参数选取	320
14.10.2 水平插板闸门功率计算	315		

第 15 章 圆管带式输送机的维护、保养和回程带纠偏 321

15.1 输送带跑偏调正法	321	15.5.5 电动滚筒的加油量与加油方法	327
15.2 纤维芯输送带维修法	323	15.6 齿轮传动的润滑方式	327
15.3 输送带的储运与使用保养	324	15.7 圆管带式输送机的制造、验收和安装	
15.4 安全实施规则	325	操作标准	328
15.5 圆管带式输送机用电动滚筒安装	325	15.7.1 垂直圆管带式输送机操作规程	329
15.5.1 固定支座安装	325	15.7.2 维护和保养	329
15.5.2 无支座电动滚筒的安装	326	15.7.3 冷粘接头法	330
15.5.3 带逆止器的电动滚筒安装	326	15.8 圆管带式输送机过渡段和回程段常见	
15.5.4 电动滚筒用油	326	输送带跑偏故障	330

参考文献 333

第 1 章 概 论

1.1 带式输送机的优越性

我国用于物料搬运的费用 2002 年占 GDP 的 21.5% (中国物流信息中心统计, 另据世界银行测算为 16.7%; 中国物流与采购联合会与美智顾问公司测算为 20% 左右)。日本用于物料搬运的费用占 GDP 的 10.7%; 德国、美国工业产品总成本中物料搬运的费用占 10%~20%。而物料搬运机械中以带式输送机结构最为简单, 传递动力和输送物料的机件合二为一, 运行和维修因而简易, 运营成本十分低廉, 成为连续输送机械中的主力军、国民经济的不可或缺的设备。具有 200 年历史的槽形带式输送机, 单机长度已做到大于 21km, 最长已有 64km, 能与铁路输送抗衡。而圆管带式输送机的出现, 又开辟了新纪元。如图 1-1 所示为圆管带式输送机。

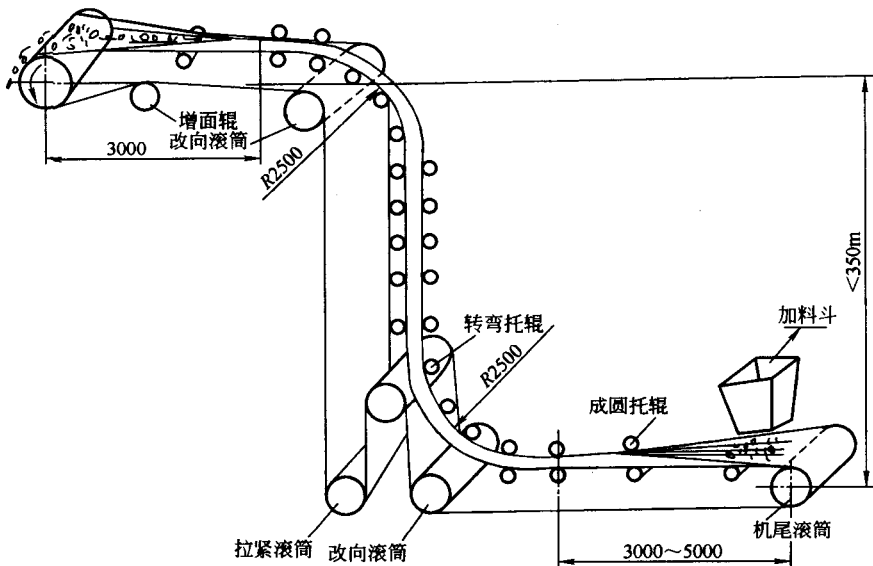


图 1-1 圆管带式输送机

1.1.1 结构特色

带式输送机与其他物料运送设备相比, 具有以下特色:

- ① 输送物料种类广泛, 凡是散料、粉料、块料, 有黏性和无黏性物料, 甚至冰块、水,

均可以输送；

② 输送线路适应性强，能爬山过河，可沿地表修建三维转弯和垂直爬坡的圆管带式输送机，十分适于越野输送散料和小块料；

③ 装卸料可随心所欲，可在任何时间、任何地方和中途装卸料；

④ 运行可靠，维修费用低，甚至可以做到不停机更换零部件和修补输送带，给安全生产带来极大好处，特别是用纳米材料修补输送带的应用使操作更为简便。

1.1.2 经济效益

占国民经济生产总值约 1/5 的物料搬运用费，在所有输送机械中以带式输送机的营运成本最低，见表 1-1~表 1-6。但是，像我国西煤东运、内陆向港口输送物料，没有一条带式输送机线路，只能完全靠铁路；然而在非洲北部的西撒哈拉，将磷矿石运往艾汾河海港，修建了一条长 100km，运量 2000t/h 的带式输送机线路，总投资 2 亿马克，运费仅为每吨千米人民币 0.15 元钱。这套系统由 11 条单机组成，有 10 个中转点（如用中间摩擦驱动式也可以取消中转点），它的带宽 1m，带速 4.5m/s，带强为 3150N/mm，运转十分可靠。美国河湖地区，早在 20 世纪 70 年代就已运行长达 168km 的带式输送机线路了。再者带式输送机与铁路、卡车、有轨电车输送的基建投资比较、同卡车运费和设备投资比较都具有十分明显的优势，详见表 1-2~表 1-5 所列数据；而圆管带式输送机的经济效益更为优越，它同槽形带式输送机对比见表 1-6。

表 1-1 带式输送机与铁路、公路输送的投资比较

输送方式	铁路	公路	普通带式输送机	中国式圆管带式输送机
爬坡平均坡度/(°)	2	4.6	<18	0~90
每千米路基投资/万元	600~800	200~500	100~200(无走廊)	100~150(有走廊)
每米高差投资/元	40~50	6~14	4~75	3~5
每吨千米经营费用/元	0.00562	0.01145	0.00093	0.00093
每吨千米能耗/kW·h	0.0013	0.00526	0.00187	0.00100

表 1-2 带式输送机与铁路、有轨电车、卡车输送的基建投资比较

项 目	带式输送机	铁路	有轨电车	卡车
从矿山到港口距离/km	10.46	23.3	10.46	17.38
每吨千米运费/万元	1.0	0.58	2.29	1.3
每吨的相对运费/万元	1.0	1.26	2.29	2.16
相对的基建投资/万元	1.0	1.30	0.81	0.97
相对的基建投资比例	1.0	1.13	0.81	0.97

表 1-3 带式输送机设备与卡车设备的投资和运费比较

距离/km	带式输送机设备 投资费/万元	卡车设备投资费 /万元	带式输送机运费 /元·t ⁻¹ ·km ⁻¹	卡车运费 /元·t ⁻¹ ·km ⁻¹
2	1319.5	2334.5	0.4572	1.827
4	1928.5	2740.5	0.3243	1.015
6	2537.5	3004.4	0.2796	0.7511
8	3146.5	3288.6	0.2436	0.6293
10	3791.1	3451.0	0.2274	0.5481

表 1-4 带式输送机与卡车的经济效益比较

项目	带宽 /mm	带长 /km	高差 /m	功率 /kW	运量 /t·h ⁻¹	带式输送机比卡车节省/%		
						投资	功率	电能
1	800	13.12	-27	1900	800	72	42	71
2	800	5.80	-72	250	1000	79	94	93
3	800	11.20	-557	50(下运)	516	40	94	98

表 1-5 中国山西铝厂龙门山石灰石矿带式输送机与电机车、卡车设备投资和运费比较

运输方式	运距/km	1988年预算/元·t ⁻¹	1988年成本/元·t ⁻¹	年运费/万元
带式输送机(钢丝绳芯)	1.2	0.275	0.8	140
电机车	1.1	0.305	0.9	195
卡车	1.2	2.40	3.0	600

表 1-6 圆管带式输送机与槽形带式输送机经济效益比较

项目比较		槽形带式输送机	圆管带式输送机	项目比较		槽形带式输送机	圆管带式输送机
系统	投资总额/%	100	75	单机	设备数量	两台机 90°直交	一台转 90°
	动力费用/%	5	6	中转站数量		1套	0
	维修费用/%	7	5	机械结构投资(相对比价)		4.0	3.2
	人工费用/%	22	5	工程和管理费(相对比价)		1.453	1.471
	总成本/%	34	16	整个投资(相对比价)		5.475	4.611
单机	输送长度 L/m	250	487	每吨米成本(相对比价)		0.71	0.55
	输送高度 H/m	45	15	全年产量/10 ⁶ t		2.5	2.5
	输送量 Q/t·h ⁻¹	1500	1500				

注：相对比价按南非元计算。

1.2 带式输送机的发展历程

中国古代的高转筒车和提水的翻车，是现代斗式提升机和刮板输送机的雏形；17世纪中期，开始应用架空索道输送散状物料；19世纪中叶，各种现代结构的输送机相继出现。自18世纪以来，带式输送机在进入绿色设计以前，从其出现至今历经了3个发展阶段。

第一阶段为1795~1900年，槽形带式输送机初创时期。1795年提出槽形带式输送机概念，1863年开始应用于输送谷物，1868年在英国出现了带式输送机，1887年在美国出现了螺旋输送机，1905年在瑞士出现了钢带式输送机，1906年在英国和德国出现了惯性输送机。

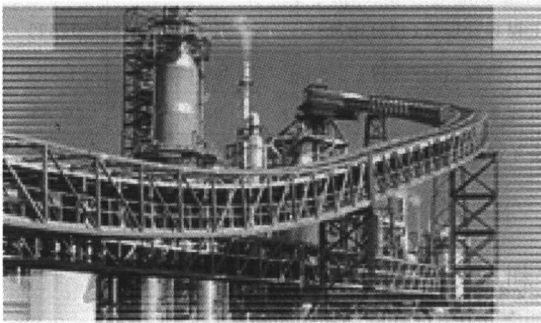
第二阶段为1900~1972年，槽形带式输送机鼎盛时期。20世纪开始在各行各业广泛应用。

第三阶段为1972年至今，槽形带式输送机与圆管带式输送机并存时期。由于槽形带式输送机倾角很小，不能在三维方向任意转弯，而且在运输过程中易泄漏，对环境造成污染。因此，1964年日本人首先提出用圆管输送带做输送机的概念，1972年申报专利并开始应用，

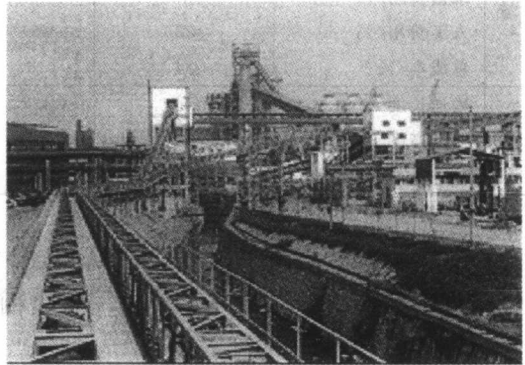
首先在日本推广,先后有三菱、长崎重工、四电、日立等公司采用;1978年后先后有南非柏特曼(Bateman)、德国克赫(Koch)、尼皮尔(NPL)、木木帝(MMD)、法国罗耶斯(Noyes)、意大利罗瓦(Nova)、英国杜斯克(Dosco)、印度生啞里司帝(Simplicity)、美国克虏勃罗滨斯(Krupp Robins)、韩国扬波尼(Young Poony)、南美洲塞蒂马斯(Sistemas)以及中国淮南煤矿机械厂和中国华电公司引进该技术,1988年作者提出垂直圆管带式输送机原理,并制作样机加以验证,1990年开始申报专利,并在我国山东淄博和重庆设立制造基地进行生产,已制成Z、L、倒L、C、S等各种型号,至今中国专利局已公开了作者能伸缩能升降、气浮、中摩式、不扭转和无缝托辊等新型圆管带式输送机的一系列发明专利,1995年开始陆续获得发明专利证书。

预计带式输送机的第四阶段为2006~2020年,圆管带式输送机逐步替代槽形带式输送机,全面进入绿色设计阶段并发展成圆管带式输送机的鼎盛时期。20世纪80年代中叶,全世界安装了80台圆管带式输送机,90年代中叶安装了100台,2000~2002年安装了580台,目前共计800多台在运转,总长度达160km,单台最长已达5km,近30台超过1km,近40台运量超过1000t/h,近期设计了长10km、运量达2500t/h的超大圆管带式输送机。中国太钢东山矿已建成亚洲最长的一台近5km的圆管带式输送机。图1-2为已在运行的圆管带式输送机。

已经在运行的部分典型的圆管带式输送机,见表1-7、表1-8。



(a)日本某钢铁厂高炉上料



(b)中国某港口运煤上船

图1-2 已在运行的圆管带式输送机

表1-7 20世纪80年代已经在运行的部分典型的圆管带式输送机

名称	长度/km	管径/mm	最大运量/t·h ⁻¹	物料
美国赫姆斯帝克公司	6300	350	350	煤炭
美国尤塔科公司	11200	400	1400	煤炭
委内瑞拉罗锅瓦公司	16500	250	340	含油焦炭
	1334	500	1820	炭
美国巴尔倍石油公司	8299	400	1250	煤炭
美国移动石油公司	43500	400	800	含油焦炭
美国克简佐克斯公司	4520	250	300	煤炭

表 1-8 20 世纪 90 年代已经在国内运行的圆管带式输送机

序号	名称	管径 /mm	带速 /m·s ⁻¹	最大运量 /t·h ⁻¹	输送物种类	物料密度 /t·m ⁻³	水平长度 /m	提升高度 /m	最大倾角 /(^{\circ})	驱动功率 /kW
1	秦皇岛化肥厂	500	2.5	1200	磷酸二铵	1.1	88.4	30.207	18.865	132
2		300	2.5	370	光卤石	1.4	142.1	8.75	13.22	45
3		300	2.5	370	光卤石	1.4	162.74	8.75	13.22	45
4	青海盐湖集团	300	2.5	370	光卤石	1.4	142.1	8.75	13.22	45
5		300	2.5	370	光卤石	1.4	162.74	8.75	13.22	45
6		250	2	240	氯化钾	1.1	398.961	15.693	8.35	55
7	华能济宁电厂	300	2	300	煤	0.9	209.962	43.65	27	75
8		250	2.5	250	煤	0.9	209.962	43.65	27	110
9	四川宜宾电厂 (一期)	250	3.15	250	煤	0.85	195.286	35.541	19	75
10		250	2.5	250	煤	0.85	141.95	41	16.9	75
11		500	4~4.5	5000	铁矿石	1.6~2.5	990.34	9.68	6	5×200
12	秦皇岛矿石公司	400	4	3000	铁矿石	1.7~2.5	2117.97	19.153	10	6×250
13		350	3	350	焦炭	0.5	845.491	17.552	14.7	220
14	湖南涟源钢铁集团公司	250	2.8	700	矿石	2	511.881	13.667	7.893	185
15		300	3.15	1000	矿石	1.6~2.5	2202.64	12.475	4.95	3×200
16	南京梅山钢铁集团公司	200	1.6	250	烧结返矿	2	217.228	7.215	15	22
17		250	1~2	240	湿灰	1.1~1.2	988.093	38.1	6.37	160
18	四川白马电厂	150	1.6	97	石灰石	1.6	151.848	37.727	15.2	37
19		300	2	300	劣质贫煤	0.95~1.05	222.85	48.015	19	90
20		300	2	300	劣质贫煤	0.95~1.05	222.25	48.015	19	90
21	山东莱芜钢铁集团公司	300	3.15	300	焦炭	0.55	3600	1.5	10.5	4×160
22		500	3.7	1700	煤	0.9	766.593	20.4	10	550
23	华能常熟第二发电厂	500	3.7	1700	煤	0.9	304.5	20.4	10	3×160
24		300	2.8	320	煤	0.85	260.2	35.7	8	3×132
25	山西天脊集团管带机	300	2.8	320	煤	0.85	260.2	35.7	8	3×160
26		350	3.15	600	煤	0.1	115.74	41.08	10	110
27	四川攀枝花电厂	350	3.15	600	煤	0.1	113.94	45.1	26	160
28		350	3.15	600	煤	1.1	131.392	44.584	17.3	160