

# 连续输送机械

Р·Л·曾可夫

〔苏〕 И·И·伊华什可夫 著

Л·Н·科洛博夫

徐保林 余敏年 译

张质文 汪铁民 校

中国铁道出版社



## 内 容 简 介

本书是苏联高等工业学校起重运输机械专业教科书。主要论述各类连续输送机(有挠性、无挠性牵引构件的输送机;气力、液力输送装置)的构造、作用原理和设计计算方法,同时介绍了连续输送机有关的附属装置(给料器、存仓、闭锁器)。

本书可作为高等院校起重运输专业教学参考书,也可供从事起重运输机械设计、制造及维修的有关人员参考。

本书由徐保林(前言、第一章~第八章)、余敏年(第九章~第十二章、附录)翻译,张质文、汪铁民审校,王金诺和周以珍参加了部分章节的审校工作。

МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

Р.Л.Зенков И.И.Ивашков Л.Н.Колобов

МОСКВА МАШИНОСТРОЕНИЕ 1980

连 续 输 送 机 械

[苏] Р.Л.曾可夫 И.И.伊华什可夫 Л.Н.科洛博夫 著

徐保林 余敏年 译 张质文 汪铁民 校

中国铁道出版社出版

责任编辑 王 健 褚书铭 封面设计 刘玉岐

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京彩虹印刷厂印

开本: 850×1168毫米  $\frac{1}{32}$  印张: 10.5 字数: 255千

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

印数: 0001—3,500册 定价: 2.35元

## 前 言

连续运输机械在各种不同用途的起重运输设备中占有重要位置。

为了提高生产率和产品质量，要求工农业生产过程进一步现代化，连续运输机械是解决这一问题的主要途径之一。

连续运输机械是实现生产过程机械化和自动化的主要手段。采用连续运输机械可以大大降低人力劳动强度，提高起重运输、装卸和仓库作业综合机械化水平，建立一种包括主要和辅助工序（运输、装卸等）在内的统一的综合生产工艺。

使用连续运输机械实现装卸作业的综合机械化，能提高劳动生产率和生产效益。连续运输机械之所以在综合机械化和自动化生产中有着如此重要的作用，是因为它是决定和控制企业生产过程协调性的设备，其重要程度不亚于主要的工艺设备。连续运输机械连续不断地运输物料，在流水生产线中保证原料和半成品的连续供应。在自动化的输送机系统中，输送机起动和停车的伺服操纵系统以及输送机在一定地点装料和卸料都是根据规定的程序和企业的工艺过程进行控制和调节的。

连续运输机械有别于起重机械和其他周期性作业机械的主要特点是能够在规定的方向连续输送货物。

书中讨论了目前使用最广和具有发展前途的连续运输机械的构造以及有挠性牵引构件和无挠性牵引构件的输送机，气力和液力输送装置，辅助设备等的计算方法。

本书作为高等工业学校起重运输机械及设备专业的教学参考书。

# 目 录

主要代号	1
国际单位制与其他单位制对照	3
第一篇 总 论	5
第一章 连续运输机械的主要类型	5
第一节 分类和发展方向	5
第二节 连续运输机械的选用基础	8
第三节 物料的分类和特性	11
第二章 有挠性牵引构件的输送机零部件	13
第一节 分类和用途	13
第二节 牵引构件	14
第三节 支承装置	24
第四节 驱动装置	24
第五节 张紧装置	26
第六节 装载与卸载装置	28
第三章 输送机的计算基础	29
第一节 一般原理、生产率和功率	29
第二节 运行阻力和牵引计算	32
第三节 输送机动力学	40
第四节 驱动站位置的选择	49
第五节 张紧装置的布置和计算	51
第二篇 有挠性牵引构件的输送机	54
第四章 带式输送机	54
第一节 概 述	54
第二节 带式输送机的构造和作用原理	56
第三节 输送带及其参数	60
第四节 支承托辊	62
第五节 驱动、张紧装置及其零部件	66

第六节	装载和转载装置	74
第七节	停止器、抓取器、清扫和其他装置	82
第八节	带式输送机的计算	84
第九节	气垫带式输送机	95
第五章	板式输送机和自动扶梯	96
第一节	一般特性	96
第二节	通用板式输送机	99
第三节	曲线输送机	105
第四节	板式输送机的计算	108
第六章	刮板输送机	112
第一节	作用原理、分类和使用范围	112
第二节	实体高刮板分堆推送输送机	116
第三节	连续推送输送机(埋刮板)	121
第四节	管式、钢绳—圆盘式、推杆式和锯齿式 输送机	131
第七章	斗式、刮板—斗式和摇架式输送机	134
第一节	一般特性	135
第二节	斗式和刮板—斗式输送机	137
第三节	摇架式输送机	140
第四节	输送机的计算	142
第八章	悬挂输送机	143
第一节	类型、构件和零部件	143
第二节	生产率、运行速度和悬挂节距	150
第三节	在线路典型区段上的阻力、牵引计算和电动 机功率	151
第四节	悬挂输送机的装载和卸载方式	153
第五节	推式悬挂输送机	153
第九章	小车式输送机	159
第一节	一般特性	159
第二节	水平闭合式输送机	161

第三节	垂直闭合式输送机	165
第四节	输送机的计算	167
第十章	货物导动式输送机	169
第一节	一般特性	169
第二节	计算基础	171
第十一章	提升机	172
第一节	一般特性	172
第二节	料斗的卸载过程分析	178
第三节	生产率、工作构件的运动速度和料斗尺寸	198
第四节	提升机的牵引计算	199
第五节	成件货物提升机	204
第三篇	无挠性牵引构件的输送机	209
第十二章	螺旋输送机	209
第一节	散堆物料螺旋输送机的构造和使用范围	209
第二节	水平和垂直螺旋输送机的计算	212
第十三章	旋转式输送管道	220
第一节	构造、主要构件和使用范围	221
第二节	旋转式输送管道的生产率和转数	224
第十四章	重力(自流式)装置	226
第一节	分类、应用范围、优缺点	226
第二节	倾角、物料的运动速度和料槽参数	229
第十五章	滚柱输送机	236
第一节	概    述	236
第二节	无驱动滚柱输送机	236
第三节	物品的运动阻力	243
第四节	重力式圆盘输送机	246
第五节	驱动式滚柱输送机	246
第十六章	惯性输送机	249
第一节	概    述	249
第二节	振动输送机的构造和计算	250

第三节	振动输送机料槽上的料层和质点（成件货物） 的平均运动速度·····	254
第四节	振动输送机动力计算基础和电动机的功率·····	256
第五节	振动输送机的分类·····	260
第六节	振动输送机的零部件·····	264
第七节	摆动输送机·····	265
第八节	抛料机·····	269
第十七章	推杆式和步进式输送机·····	272
第一节	构造、作用原理和使用范围·····	272
第二节	输送机的计算·····	274
第四篇	气力和液力输送装置及附属装置·····	279
第十八章	气力输送装置·····	279
第一节	分类和构造·····	279
第二节	主要构件·····	282
第三节	气力输送装置的计算，主要参数的确定·····	288
第四节	物料在充气状态下的气力输送、空气槽·····	303
第五节	件货在容器内的气力输送·····	305
第六节	气囊输送·····	305
第十九章	液力输送装置·····	306
第一节	分类和作用原理·····	306
第二节	压力式和非压力式输送装置的简图和设备·····	306
第三节	液力输送装置的计算基础·····	311
第二十章	存仓、闭锁器及给料器·····	313
第一节	存仓的构造、分类和用途·····	313
第二节	存仓的计算·····	313
第三节	存仓的零部件·····	317
附    录	·····	322

## 主要代号

- $a$ —相邻货堆间距 (m) ;
- $a'$ —货物标准块度尺寸 (mm) ;
- $B$ —带、板等的宽度 (m) ;
- $c = 1.1 \sim 1.15$ —传动机构零件质量向电动机转化的换算系数;
- $d_{\text{绳}}$ —钢丝绳直径 (mm) ;
- $D_{\text{筒·轮}}$ —滚筒、滑轮直径; (mm)
- $e \approx 2.72$ —自然对数的底;
- $f$ —内摩擦系数;
- $f_{\text{摩}}$ —表面摩擦系数;
- $g = 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$ —重力加速度;
- $H$ —货物起升高度 (m) ;
- $h$ —货物堆码层高度 (m) ;
- $i_0$ —原动机到驱动构件的速比;
- $i_{\text{垫}}$ —输送带的衬垫层数;
- $k$ —缠绕阻力系数;
- $k_{\text{功}}$ —功率储备系数;
- $L_{\text{水}}$ —水平长度 (m) ;
- $l_{\text{滚柱}}$ —滚柱节距 (m) ;
- $l_0$ —链条节距 (m) ;
- $m_1$ —单件货物质量 (kg) ;
- $m_{\text{动}}$ —输送机运动部分重量 (kg) ;
- $N$ —原动机功率 (kW) ;
- $P_0$ —驱动构件的牵引力 (N) ;



$P_{\text{轴}}$ —换算到驱动轴上的牵引力 (N) ;  
 $Q$ —计算生产率 (t/h) ;  
 $q$ —每米物料重量 (kg/m) ;  
 $q_{\text{滚}}$ —旋转托辊每米重量 (kg/m) ;  
 $q_0$ —运行部分每米重量 (kg/m) ;  
 $R_0$ —链轮节圆半径 (m) ;  
 $S_{\text{入}}$ —挠性构件绕入分支拉力 (N) ;  
 $S_{\text{出}}$ —挠性构件绕出分支拉力 (N) ;  
 $S_{\text{max}}$ —挠性构件最大静拉力 (N) ;  
 $v$ —运动速度 (m/s) ;  
 $W$ —支承构件阻力系数;  
 $w_{\text{驱}}$ —驱动构件阻力系数;  
 $W$ —运动阻力 (N) ;  
 $Z$ —件货生产率 (件/小时) ;  
 $z_0$ —链轮齿数;  
 $z_1$ —一个承载构件上的件货数;  
 $\alpha$ —包角 (度、弧度) ;  
 $\alpha_{\text{偏}}$ —偏角 (度、弧度) ;  
 $\beta$ —对水平面的倾斜角 (度) ;  
 $\rho$ —容重 (t/m<sup>3</sup>、kg/m<sup>3</sup>) ;  
 $\delta_{\text{带}}$ —输送带厚度 (mm、m) ;  
 $\varepsilon$ —角加速度 (rad/s<sup>2</sup>)  
 $\eta_{\text{驱}}$ —驱动构件的效率;  
 $\eta_0$ —以原动机到驱动轴的传动效率;  
 $\mu_0$ —输送带和滚筒之间的计算摩擦 (附着) 系数;  
 $\sum W_i$ —不计驱动构件损耗的输送机阻力之和 (N) ;  
 $\bar{\Sigma}$ —几何和符号;  
 $\psi$ —容积利用系数;  
 $\omega$ —驱动构件角速度 (rad/s) ;  
 $\omega_{\text{原}}$ —原动机轴的角度 (rad/s) ;

## 国际单位制与其他单位制对照

力的单位:

$$1 \text{ N (牛顿)} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = 0.102\text{kgf}$$

$$1 \text{ daN (十牛顿)} = 10\text{N} = 1.02\text{kgf}$$

$$1 \text{ kN (千牛顿)} = 1000\text{N} = 102\text{kgf} = 0.102\text{tf}$$

功、能单位:

$$1 \text{ J (焦耳)} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 0.102\text{kgf} \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ kJ (千焦耳)} = 1000\text{J} = 102\text{kgf} \cdot \text{m}$$

功率单位

$$1 \text{ kW} = 1000\text{W} = 1 \text{ kJ}/\text{s} = 102\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{s}$$

压力单位:

$$1 \text{ Pa (帕斯卡)} = 1\text{N}/\text{m}^2 = 0.102\text{kgf}/\text{m}^2$$

$$1 \text{ MPa (兆帕)} = 10^6 \text{ Pa} = 10.2\text{kgf}/\text{cm}^2$$

速度单位:

$$1 \text{ km}/\text{h} = 0.278\text{m}/\text{s}$$

$$1 \text{ m}/\text{s} = 3.6\text{km}/\text{h}$$



# 第一篇 总 论

## 第一章 连续运输机械的主要类型

### 第一节 分类和发展方向

输送机、连续作用的装载机、承载运输介质的输送工具（气力和液力运输装置）及附属装置都属于连续运输机。这些机械根据下列判据分类：作用原理（基本判据）；使用范围；结构特点；挠性构件的类型；输送货物的种类和用途。

#### 一、分 类

1、按作用原理分：输送机有承装式和推刮式。带式、板式、小车式、斗式、摇架式、悬挂式输送机属于承装式输送机。沿槽底滑动输送物料的属于推刮式输送机。介于两者之间的有刮板—斗式输送机，在水平区段料斗沿滑槽推运物料，而在垂直区段料斗承装物料。

2、按使用范围分：连续运输机有通用和专用两类。通用机械适用于所有或若干个国民经济部门，例如通用带式输送机就属于这一类机械。专用输送机械在某个工业部门使用，如煤炭工业中的井下刮板输送机。

3、按构造特点可以分为两类：有挠性牵引构件和无挠性牵引构件的输送机。带式、板式、小车式、斗式、摇架式、悬挂式、推料式、刮板式输送机和提升机都属于有挠性牵引构件的输送机。螺旋、惯性、滚柱和步进式输送机以及旋转输送管道都属于无挠性牵引构件的输送机。

4、按挠性牵引构件的类型分：带式牵引构件的（带式输送机，带式提升机）和链式牵引构件的（板式、刮板式、悬挂式、小车式、斗式、摇架式输送机，链式提升机）以及钢丝绳牵引构

件的（带—绳式、悬挂钢绳式）输送机。带式 and 刮板输送机使用最为广泛。

5、按用途分：散堆物料输送机（带式、板式、斗式、刮板式、螺旋式输送机，斗式提升机，输送管道）、件货输送机（带式、板式、小车式、摇架式、悬挂式、滚柱式、步进式输送机，摇架式和隔板式提升机）和客运输送机（带式和板式输送机，自动扶梯）。

6、输送机可以是运输性的和工艺性的，前者用来将货物从发货点运到目的地，后者用来按工艺流程运送制品。

当装卸散货和成件货物时，可利用装载机。

向铁路、汽车、水运、空运等运输工具装、卸散货和件货时，装载机是机械化作业工具。连续作用的装载机包括移动式和挪动式的输送机和装载机（见图4--3d）：带式、刮板式、板式和斗式。装载机与移动式输送机的区别是前者具有取物装置—取料机构，可以从料堆直接取料，而不需要装卸工的体力劳动。

7、挪动式带式输送机在构造上与固定式带式输送机类似，不同点是部件轻巧，滚筒和托辊尺寸减小。

挪动式带式输送机用于从仓库向装货地点（铁路站台、江河码头和海港等）搬运散货或件货，这种输送机分为单节式和多节式两种。

单节输送机配置一个驱动装置。有长、有短（小于5m）的单节挪动式输送机，其机架采用全焊接结构或用螺栓将各节机架连接成一体。由各个单节机架组成的输送机叫组合式输送机。它由驱动部分、张紧部分和中间部分构成，输送机有一条总输送带。这种输送机在矿山部门广泛应用（多用于地下采掘或露天采掘）。

挪动多节式输送机由一串挪动单节式输送机（机组）组成。每台输送机装备各自的输送带，货物接力式地从一根带子向前方运行的带子上移动。

挪动多节式输送机优于组合式输送机之处是可以在折线形线路上作业，而组合式输送机必须直线布置。多节式输送机的缺点

是价格高、自重大。

在船舱里搬运件货时,采用挪动多节式板式输送机,由3~6m长的许多节组成。在复杂线路上使用时,可以采用有45°、60°和90°转角的曲线段。

8、移动式带式输送机不同于挪动式带式输送机的地方是具有走行轮或履带(重型输送机)。采用走行轮或履带主要是为了向运输工具上直接传递货物,但也常常将输送机连在一起,象多节式输送机那样工作。

输送带上有横隔板的移动式输送机(见图4—3d)的优点是可在大倾角(到35°)情况下运送货物。这样,当卸载高度一定时,可以减小输送机的长度。

装运件货时常常采用装有水平托辊或整体木板支承的移动带式输送机,也可用移动板式输送机。机架首尾的倾角可以改变,从而改变装卸高度。

具有运行驱动机构的长大带式输送机用于露天矿的料场供应石料,它叫自行式堆料机。

9、连续装载机由取料、转运(提升)、卸载三个部分构件组成。取料装置(或称取料器)用来从料堆中抓取物料并传递到转运装置上。转运装置将物料提升到必要的高度,以便装到运输工具中。卸载装置能在水平面内旋转,把物料装在运输工具的中心部分。有些装载机不带卸载装置而由转运装置完成上述工作。

根据转运装置的类型分为带式、刮板式、板式和斗式多种。

带式装载机可使用刮板输送机,斗轮或球形取料器作为取料装置。使用斗轮作为取料装置从料堆上取料供给转运输送机的斗轮带式装载机叫做斗轮取料机。斗轮取料机的带式输送机借助于装在机架上的机构可以改变倾角并可在水平面内转动。斗轮取料机装有履带走行装置。

刮板装载机的取料装置装有蟹爪或圆盘。转运刮板输送机用蟹爪或圆盘将散料沿料槽向上移动,由料槽来的散料倒入卸载带式输送机的漏斗内。输送机可以在水平和垂直面内旋转,装载机装

有喷洒装置，向取料和卸料区喷水，以减少灰尘飞扬。

刮板式装载机用来输送低强度硬块的散装物料。

连续作用斗式装载机的供料器在斗式提升机的左右两侧装有耙集螺旋，螺旋固定在斗式提升机的链轮轴上。螺旋伸进料堆里，将物料耙入提升机料斗。用料斗提升的物料沿料槽移向卸料输送机漏斗。

清底机也属于连续作用的装载机，用它来清除车厢和船舱死角里剩余的物料，装载机的耙料装置一般难于触及这些地方。清底机形似小型装载机，它耙集剩余物料并把它们送到主型装载机取物装置的作业区。

## 二、发展方向

连续运输机的发展方向是在国民经济各个部门扩大它的使用范围。各种类型的运输机用于矿山和建筑部门以及机械制造和化学工厂等部门的装卸作业。连续运输机的特点是生产率高。因此它最适用于大批量生产的企业。

连续运输机的发展要满足对它提出的下列要求：质量好和使用效率高；工作可靠；成本低；构造简单；外形尺寸小；保养维修方便；作业人员安全；外形美观；适应所输送的货物；保护周围环境不受污染。

## 第二节 连续运输机械的选用基础

同一种运输作业可以用不同的连续运输机完成，在设计运输设备时，关键在于最合理地选择机械，以便在交付使用时保证最好的技术和经济效益。

### 一、选择连续运输机时应考虑的因素

被运物料的特性；装料和卸料点的位置和它们之间的距离；必需的机器生产率；所设计的运输设备在生产过程中的自动化程度；在装载点物料存放的方法（在斗形仓里，堆料场上，货架上等）；受料装置的特征（输送机、漏斗仓、工艺性机械等）；输

送设备安装地点的特征（在露天场地，在有暖气或无暖气的室内）；输送机下面的净空尺寸；线路布置；设备对生产提出的特殊要求（如不允许灰尘和噪音）；运输线路或地址顺序有经常变化的可能性；安全技术等等。

## 二、技术经济指标的确定

输送设备的可能方案选择以后，必须对这些方案进行技术—经济分析。在分析时要计算基建投资、运营费用这些选择最优方案的主要指标。此外，还需计算电能消耗、金属用量、服务于运输设备的定员、每年运料的人均定额（以千吨计）等指标。

基建投资由以下费用构成：根据制造厂单价表计算的部件成本；设备的运输与安装费用；考虑建造输送机系统职工用房在内的设备安装和运转的基建费用。

单位货重的运输费用（卢布/吨）

$$C_0 = \frac{C_{\text{年}}}{Q_{\text{年}}}$$

式中  $Q_{\text{年}}$ ——年货运量（设备一年内运输物料的重量）（t）；

$C_{\text{年}}$ ——年运营费用（运输设备工作一年的全部费用）。

$$C_{\text{年}} = A + B + C + 0.01 \sum D (E + F) + G$$

式中  $A$ ——工作人员的年工资（包括附加工资）；

$B$ ——电费；

$C$ ——润滑油和擦拭材料费用；

$D$ ——运输设备个别部分的费用；

$E$ ——折旧费百分比；

$F$ ——技术保养和中修费用（见附录1）；

$G$ ——挪动式和移动式运输设备的运输和保管费。

年工资

$$A = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot T_{\text{年}} \sum P_i C_i$$

式中  $\alpha_1$ ——考虑安装人员工资和消耗的系数；

$\alpha_2$ ——表示轮换非工作日消耗系数， $\alpha_2 = 1.19$ ，通常取

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 = 1.54；$$



$T_{\text{年}}$  ——年工作班数；

$P_i$  ——每个工种的定员数；

$C_i$  ——每个工种的换算工资(见附录2)。

电费 (卢布)

$$B = (\sum N_{\text{原}} T_{\text{年电}} \eta_{\text{原}} + T_{\text{班}} \cdot T_{\text{年}} \cdot K \cdot F) \eta_{\text{电}} C_{\text{电}}$$

式中  $N_{\text{原}}$  ——原动机功率 (kW)；

$\eta_{\text{原}}$  ——原动机功率利用系数，等于0.6~0.9；

$T_{\text{年电}}$  ——电动机年工作小时数；

$T_{\text{班}}$  ——每班工作时间 (h)

$C_{\text{电}}$  ——电费单价， $C_{\text{电}} = 0.01$ ；(每千瓦小时所需卢布)

$\eta_{\text{路}}$  ——网路消耗系数，平均取 $\eta_{\text{路}} = 1.15$ ；

$K$  ——照明单位能耗， $K = 0.0033$  (kW/m<sup>2</sup>)；

$F$  ——设备所占面积 (m<sup>2</sup>)。

擦拭材料和油脂费用

$$C = (0.15 \sim 0.2) B$$

运输设备个别零部件的费用

$$D = C_{\text{零}} m_{\text{零}}$$

式中  $C_{\text{零}}$  ——1t重的设备价格；

$m_{\text{零}}$  ——个别零部件的重量 (t)。

年货运量

$$Q_{\text{年}} = \frac{Q k_{\text{时}} T_{\text{班}} \cdot T_{\text{年电}}}{k_{\text{不均}}}$$

式中  $Q$  ——设备的计算生产率 (t/h)；

$k_{\text{时}}$  ——设备的时间利用系数 (通常 $k_{\text{时}} = 0.75 \sim 0.94$ )；

$k_{\text{不均}}$  ——装载不均匀系数， $k_{\text{不均}} = 1 \sim 2$ 。

根据标准的费用进行运输设备设计方案的比较

$$C = \frac{C_{\text{基}}}{10} + C_{\text{年}}$$

式中  $C_{\text{基}}$  ——考虑了设备运输和安装费用在内的运输设备基建投资，安装费大约取为设备费的18%。