

连续输送机械 设计手册

主 编 王 鹰

副主编 陈宏勋 王国华 张 力

张亮有 周 云

中国铁道出版社

封面设计：陈东山

ISBN 7-113-04037-3



9 787113 040376 >

ISBN 7-113-04037-3/U · 1108

定 价： 168.00 元

连续输送机械设计手册

主 编 王 鹰
副主编 陈宏勋 王国华 张 力
张亮有 周 云



中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 1 年 · 北 京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是从事连续输送机械工程技术人员设计的工具书。全书共分十四章,包括:绪论;带式输送机;斗式提升机;板式输送机;刮板输送机;埋刮板输送机;悬挂输送机;架空索道;自动扶梯及自动人行道;螺旋输送机;振动输送机;辊子输送机;气力输送装置;辅助装置。

本书根据现行有关标准,并结合我国输送机械行业的实际,不仅介绍了目前普遍使用的新材料、新结构、新工艺、新产品及新的计算方法,在诸多方面反映了国内外的最新成果,而且有些章节还有简明的设计计算实例。

本书技术可靠,内容翔实,查阅方便,图、文、表并茂,是从事输送机械设计、科研、生产、使用等技术人员必备的工具书,也是高等院校师生很好的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

连续输送机械设计手册/王鹰主编. -北京:中国铁道出版社,2001.1 ISBN 7-113-04037-3

I. 连… II. 王… III. 输送机-机械设计-手册 IV. TH22-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 02355 号

书 名:连续输送机械设计手册

作 者:王鹰 陈宏勋 王国华 张力 张亮有 周云 等

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:黄 燕 熊安春 褚书铭

责任编辑:黄 燕

特邀编辑:刘焕琮

封面设计:陈东山

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:70 插页:2 字数:2529 千

版 本:2001年5月第1版 2001年5月第1次印刷

印 数:1~4000 册

书 号:ISBN7-113-04037-3/U·1108

定 价:168.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

《连续输送机械设计手册》编委会名单

名誉主任	洪致育					
主任	王 鹰					
副主任	陈宏勋	王国华	张力			
委员	王 鹰	王志泉	王国华	王嘉星	倪庆兴	
(委员以姓氏 笔划为序)	石国祥	石奉强	包起帆	刘光弟	吕建行	
	孙国正	陆大明	李佑俭	余洲生	余汪洋	
	陈宏勋	周 云	孟文俊	张 力	张亮有	
	张尊敬	郑宏恩	杨福新	洪致育	姚铁梅	
	奚国辉	黄 燕	韩 刚	彭友椿	虞和谦	
	熊安春					

序

在生产和信息的传输以及消费活动中,必定有人和物之输送,而在上述输送之场所,物料搬运设备是必不可少的。随着现代科技及制造技术的发展和进步,为了寻求经济、合理地输送及其系统的最优配置及管理,物料搬运已由以往纯粹的搬运、装卸作业,而逐步发展成当今将物料的选择、识别、分类、包装、保管及物流信息传输等包括在内的具有复合机能的物流工程系统的新观念。

由于自然界中的土壤、各种矿物资源乃至日常生活中的粮食、食盐、糖;建材中的水泥、砂石;工业中的大量原料、涂料、磨料以及大量的工业制品如塑料等均是粉状、颗粒状和块状物;因而,作为输送上述散粒物料以及生产过程中各种成件物品的技术和设备的品种繁多、形式多样。随着科技的进步和社会的发展,人类对环境保护的日益重视,输送机械技术更得到快速发展和广泛应用。

期盼已久的《连续输送机械设计手册》的出版是非常及时的。它是一部综合性工具书、参考书。主要给从事本专业技术工作的各类人员查阅使用。对于从事其他专业性技术工作的人来说,也可以从中吸取相邻专业和其他有关专业的知识,以利于开拓思路、有所创新。

乐于为这一手册出版作序。

中国机械工程学会理事长



二〇〇〇年十月于北京

前 言

《连续输送机械设计手册》(以下简称《手册》)是由中国机械工程学会物流工程(原物料搬运)分会组织国内有关专家,成立了《手册》编辑委员会,并邀请有关单位同行专家和工程技术人员参加编写工作。

连续输送机械是减轻人们烦重体力劳动,提高作业效率的输送设备,在国民经济的各生产部门和物资流通过程中,用来输送大宗的散粒物料或成件物品。连续输送机械已成为众多工艺流程中的关键设备或重要的辅助机械,其应用十分广泛。

建国 50 年来,连续输送机械行业产品不断更新和发展,技术不断创新和进步,特别是改革开放以来,新材料、新工艺、新产品及新的设计方法不断出现,并引进、吸收、消化了国外的先进技术和设备。在这种情况下,编写出版一本能反映技术进步且符合有关标准的,包括各类连续输送机械和辅助装置的《手册》,满足各部门从事连续输送机械技术工作的工程技术人员需要,就显得十分必要和迫切。

《手册》对各类连续输送机械的结构型式、技术特点、应用场合、设计计算方法等做了较详细的阐述。为了使读者能够更好地掌握其中的内容,故对有些连续输送机械还列举了设计计算例题。《手册》的内容力求完整、详实、可靠,图、文、表并茂。希望能成为有关工程技术人员查阅方便、适用性较强的工具书。同时可作为高等学校有关专业师生的参考书。《手册》共分十四章,全书虽然具有整体的相关性,但每章更具有其独立性。

每章的编写人员如下:第一章洪致育、余洲生;第二章张尊敬、王鹰、孟文俊;第三章彭友椿、吕建行、张亮有;第四章王嘉星、刘光弟、韩刚;第五章石国祥、韩刚、刘强、崔建伟;第六章余汪洋、杜群贵;第七章王国华、李庆业、谭天全、翟锦原;第八章郑宏恩、杨福新、石奉强、叶永生;第九章李佑俭、洪致育;第十章孟文俊、王鹰、苗明、冯刚;第十一章王志泉;第十二章韩刚、王鹰;第十三章陈宏勋、杜群贵、周云;第十四章彭友椿、张亮有、王鹰。

《手册》的编写和出版,得到了中国机械工程学会物流工程(原物料搬运)分会、中国铁道出版社、太原重型机械学院及北京起重运输机械研究所的大力支持,中国机械工程学会理事长何光远(原机械工业部部长)为《手册》作序,在此表示衷心的感谢。

《手册》在编写过程中,也得到了有关高等院校、科研院所及厂矿企业的支持,并提供了宝贵的资料,在此也深表谢意。

由于参加编写人员的写作风格不尽相同且水平所限,书中难免存在缺点和差错,恳请广大读者批评指正,并希望对《手册》提出宝贵建议和意见。

编 者
2000 年 11 月

目 录

1 绪 论	
1.1 连续输送机械的特点与分类	1
1.1.1 连续输送机械的特点	1
1.1.2 连续输送机械的分类	1
1.2 连续输送机械的应用范围及所输送货物的特性	2
1.2.1 连续输送机械的应用范围	2
1.2.2 连续输送机械所输送货物的主要特性	3
1.3 连续输送机械的主要参数和选型	6
1.3.1 连续输送机械的主要参数	6
1.3.2 连续输送机械输送能力的通用计算公式	7
1.3.3 连续输送机械选型的原则	8
1.3.4 影响连续输送机械选型的因素	8
2 带式输送机	
2.1 通用带式输送机	11
2.1.1 通用带式输送机的构成及特点	11
2.1.2 通用带式输送机主要部件的选用	11
2.1.3 通用带式输送机设计计算	41
2.1.4 计算例题	58
2.2 气垫带式输送机	63
2.2.1 概 述	63
2.2.2 结 构	66
2.2.3 设计计算	67
2.2.4 选 型	70
2.2.5 计算实例	93
2.3 波状挡边带式输送机	94
2.3.1 概 述	94
2.3.2 主要部件	97
2.3.3 设计计算	102
2.3.4 计算实例	104
2.4 圆管带式输送机	105
2.4.1 概 述	105
2.4.2 结 构	107
2.4.3 设计计算	110
3 斗式提升机	
3.1 概 述	112
3.1.1 斗式提升机的特点及应用范围	112
3.1.2 斗式提升机的主要部件	112
3.1.3 斗式提升机的装载和卸载	112
3.1.4 斗式提升机的分类	113
3.2 斗式提升机的设计计算	113
3.2.1 斗式提升机的计算	113
3.2.2 头部机壳的设计	115
3.3 通用斗式提升机	116
3.3.1 概 述	116
3.3.2 TD型斗式提升机	116
3.3.3 TH型斗式提升机	127
3.3.4 TB型斗式提升机	138
3.3.5 TDG型和 THG型斗式提升机	139
3.3.6 D型斗式提升机	148
3.3.7 HL型斗式提升机	160
3.3.8 PL型斗式提升机	165
3.3.9 ZL型斗式提升机	172
3.3.10 通用斗式提升机的安装	176
3.4 特种斗式提升机	179
3.4.1 脱水斗式提升机	179
3.4.2 TDN型内斗式提升机	196
3.4.3 纯碱斗式提升机	200
3.4.4 化工用 D80型斗式提升机	202
3.4.5 医药用轻小型系列斗式提升机	204
3.4.6 悬链斗式提升机	207
4 板式输送机	
4.1 概 述	219
4.1.1 板式输送机的分类	219
4.1.2 板式输送机的应用范围及主要特点	219
4.1.3 板式输送机的典型布置形式	220
4.2 板式输送机的基本结构	220
4.2.1 板式输送机的结构总图	220
4.2.2 主要零部件的结构型式	220
4.3 板式输送机的设计计算	227
4.3.1 原始数据	227
4.3.2 主要技术参数的选择和确定	228
4.3.3 传动链轮上圆周力 F_w 的计算	231
4.3.4 功率计算	236
4.3.5 制动力矩的计算	237
4.3.6 拉紧力的计算	237
4.3.7 安全销的设计和计算	237
4.3.8 牵引力的简易计算法	238
4.3.9 牵引力的概略计算法	239
4.4 牵引链条、附件及链轮的设计计算	240
4.4.1 牵引链条的布置方式	240
4.4.2 牵引链条的选择	240
4.4.3 输送链的附件设计	241
4.4.4 牵引链条的支承方法	243
4.4.5 牵引链轮设计	246
4.4.6 长节距米制输送链及链轮	246

4.5 板式输送机的安装与调试	255	5.3.8 刮板输送机电机功率的计算	333
4.5.1 安装程序	255	5.3.9 工作面刮板输送机溜槽推移阻	
4.5.2 安装技术要求	256	力的计算	333
4.5.3 板式输送机的调试	257	5.3.10 链条预张力和紧链力的计算	333
4.6 板式输送机设计计算实例	257	5.3.11 刮板输送机链条强度的验算	333
4.6.1 设计任务	257	5.3.12 刮板输送机溜槽间连接强度的	
4.6.2 输送机选型	257	验算	334
4.6.3 基本参数计算	257	5.4 刮板输送机选型	334
4.6.4 每米长度计算质量	258	5.4.1 刮板输送机整机型式的确定	334
4.6.5 阻力系数计算	258	5.4.2 溜槽及联接件的选型	335
4.6.6 确定最小张力点	258	5.4.3 刮板链条及接链环的选型	337
4.6.7 圆周驱动力的计算	258	5.4.4 挡板、电缆槽、采煤机牵引装	
4.6.8 功率计算	259	置的确定	338
4.6.9 牵引链条的设计计算	259	5.4.5 铲煤板的型式与结构的确定	340
4.7 附录 输送链特种附件设计范例	260	5.4.6 电机选型	340
4.7.1 非标准直板型式	260	5.4.7 联轴器的选型	340
4.7.2 非标准弯板型式	261	5.4.8 减速器的选型	340
4.7.3 非标准延长销轴型式	262	5.4.9 齿轮联轴器的选型	341
4.7.4 空心销轴型式	262	5.4.10 链轮组件的确定	341
4.7.5 其他特种附件型式	262	5.4.11 拨链器的确定	341
		5.4.12 机头架、机尾架、过渡槽及犁煤	
		板的选型设计	341
		5.4.13 紧链装置的选型	345
		5.4.14 推移和锚固装置的确定	346
5 刮板输送机		5.5 刮板输送机的安装调试	346
5.1 概 述	266	5.5.1 刮板输送机的安装步骤	346
5.1.1 工作原理	266	5.5.2 刮板输送机的安装要求	346
5.1.2 分 类	266	5.5.3 刮板输送机的调整	346
5.1.3 适用的地质条件	271	5.6 刮板输送机设计计算实例应用	347
5.1.4 适用的铺设长度和输送量	271	5.6.1 原始条件	347
5.1.5 刮板输送机的型号表示和典型		5.6.2 工作面刮板输送机的选型	348
机型	271	5.6.3 设计计算	348
5.1.6 基本参数	274		
5.1.7 刮板输送机的发展趋势	274	6 埋刮板输送机	
5.2 结 构	275	6.1 概 述	352
5.2.1 机 头	275	6.1.1 埋刮板输送机的工作原理	352
5.2.2 机 尾	296	6.1.2 埋刮板输送机的分类、标准结构	
5.2.3 刮板链条	299	布置型式及基本参数	352
5.2.4 中 部 槽	304	6.1.3 适用范围及主要优缺点	358
5.2.5 过 渡 槽	313	6.2 零部件结构与与设计	360
5.2.6 挡 板	315	6.2.1 刮板链条	360
5.2.7 铲 煤 板	318	6.2.2 头 部	373
5.2.8 采煤机牵引导轨	320	6.2.3 尾 部	379
5.2.9 紧链装置	323	6.2.4 加料段与过渡段	383
5.2.10 锚固和推移装置	326	6.2.5 弯 曲 段	385
5.3 刮板输送机设计计算	328	6.2.6 中 间 段	387
5.3.1 刮板输送机设计原则	328	6.2.7 上 回 转 段	389
5.3.2 刮板输送机设计计算内容	328	6.2.8 中间加、卸料口	394
5.3.3 刮板输送机设计计算的原始		6.2.9 驱动装置	396
数据	328	6.3 埋刮板输送机的设计计算	409
5.3.4 刮板输送机输送能力的计算	328	6.3.1 输送量计算	409
5.3.5 工作面刮板输送机水平弯曲段		6.3.2 驱动功率计算	410
几何参数的计算	330	6.3.3 各区段的阻力计算	411
5.3.6 刮板输送机运行阻力的计算	330		
5.3.7 刮板输送机链条张力和牵引力的			
计算	331		

6.3.4 刮板链条的张力计算	414	和分类	603
6.4 埋刮板输送机的选用与使用	419	8.4.2 往复式索道的优缺点及选型	605
6.4.1 如何选用埋刮板输送机	419	8.4.3 往复式客运索道运输能力 计算	606
6.4.2 埋刮板输送机的使用	424	8.4.4 承载索的特性、选择、计算、锚固 和张紧	607
6.5 特殊机型介绍	433	8.4.5 牵引系统的选择和计算	613
6.5.1 热料型埋刮板输送机	433	8.4.6 主要设备	621
6.5.2 气密型埋刮板输送机	438	8.4.7 线路选择和侧型配置	633
6.5.3 耐磨型埋刮板输送机	440	8.4.8 站房设计	634
6.6 设计计算实例	442	8.4.9 车组式往复式客运索道	636
6.6.1 MC型埋刮板输送机	442	8.4.10 往复式客运索道支架设计	639
6.6.2 MZ型埋刮板输送机	442	8.4.11 往复式客运索道的救护	641
7 悬挂输送机		8.4.12 往复式索道的安全措施	642
7.1 概 述	444	8.5 单线循环运行式固定抱索器客运 索道	643
7.1.1 悬挂输送机的分类	444	8.5.1 分类、输送能力、优缺点及使用 范围	643
7.1.2 悬挂输送机的特点	444	8.5.2 基本参数	644
7.1.3 悬挂输送机线路图例	446	8.5.3 线路选择和侧型配置	644
7.1.4 输送机工况条件	446	8.5.4 运载索的选择与计算	646
7.2 牵引式悬挂输送机	447	8.5.5 驱动装置	646
7.2.1 牵引式悬挂输送机系统组成	447	8.5.6 运载工具	652
7.2.2 牵引式悬挂输送机系统设计 计算	485	8.5.7 托索轮和压索轮	658
7.3 积放式悬挂输送机	498	8.5.8 线路支架	661
7.3.1 积放式悬挂输送机系统组成	498	8.5.9 站房设计	662
7.3.2 积放式悬挂输送机系统设计与 计算	530	8.5.10 营 救	662
8 架空索道		8.6 单线循环式脱挂抱索器客运索道	663
8.1 概 述	557	8.6.1 工作原理及技术特点	664
8.1.1 架空索道的分类	557	8.6.2 运载索的选择和计算	666
8.1.2 架空索道的发展	557	8.6.3 功率计算	667
8.2 双线循环式货运索道	558	8.6.4 计算实例	668
8.2.1 双线循环式货运索道的构造、 类型及特点	558	8.6.5 线路设计	669
8.2.2 基本参数的选择与计算	559	8.6.6 脱挂抱索器	670
8.2.3 承载索与有关设备的选择和 计算	560	8.6.7 吊 厢	671
8.2.4 牵引索及有关设备的选择和 计算	563	8.6.8 车 库	675
8.2.5 牵引计算与驱动装置选择	566	8.6.9 站房设计及重要设备	677
8.2.6 线路设计	575	8.6.10 救 护	698
8.2.7 站房设计	580	9 自动扶梯及自动人行道	
8.3 单线循环式货运索道	591	9.1 自动扶梯	700
8.3.1 单线循环式货运索道的构造、 类型及其特点	591	9.1.1 概 述	700
8.3.2 基本参数的选择与计算	592	9.1.2 梯路结构原理	702
8.3.3 运载索的选择与计算	593	9.1.3 参数符号及其规定的数值	704
8.3.4 运载索拉紧装置的选择与计算	594	9.1.4 自动扶梯的主要部件	706
8.3.5 牵引计算与驱动机选择	595	9.1.5 自动扶梯的整体设计	725
8.3.6 线路设计	598	9.1.6 安装与土建	729
8.3.7 站房设计	599	9.2 自动人行道	731
8.4 往复式客运索道	603	9.2.1 自动人行道的特点及基本参数	731
8.4.1 往复式客运索道的工作原理 和分类	603	9.2.2 自动人行道的结构形式	733
8.4.2 往复式索道的优缺点及选型	605	10 螺旋输送机	
8.4.3 往复式客运索道运输能力 计算	606	10.1 概 述	734
8.4.4 承载索的特性、选择、计算、锚固 和张紧	607		
8.4.5 牵引系统的选择和计算	613		
8.4.6 主要设备	621		
8.4.7 线路选择和侧型配置	633		
8.4.8 站房设计	634		
8.4.9 车组式往复式客运索道	636		
8.4.10 往复式客运索道支架设计	639		
8.4.11 往复式客运索道的救护	641		
8.4.12 往复式索道的安全措施	642		
8.5 单线循环运行式固定抱索器客运 索道	643		
8.5.1 分类、输送能力、优缺点及使用 范围	643		
8.5.2 基本参数	644		
8.5.3 线路选择和侧型配置	644		
8.5.4 运载索的选择与计算	646		
8.5.5 驱动装置	646		
8.5.6 运载工具	652		
8.5.7 托索轮和压索轮	658		
8.5.8 线路支架	661		
8.5.9 站房设计	662		
8.5.10 营 救	662		
8.6 单线循环式脱挂抱索器客运索道	663		
8.6.1 工作原理及技术特点	664		
8.6.2 运载索的选择和计算	666		
8.6.3 功率计算	667		
8.6.4 计算实例	668		
8.6.5 线路设计	669		
8.6.6 脱挂抱索器	670		
8.6.7 吊 厢	671		
8.6.8 车 库	675		
8.6.9 站房设计及重要设备	677		
8.6.10 救 护	698		

10.1.1 工作原理	734	率计算	819
10.1.2 主要特点	734	11.6 惯性振动输送机的动力学计算	822
10.1.3 应用范围	734	11.6.1 自同步惯性振动输送机和给料机的动力学计算	822
10.2 螺旋叶片	736	11.6.2 单质体受激振动的双质体惯性振动输送机动力学计算	823
10.3 普通(水平)螺旋输送机	737	11.6.3 空间运动双轴式惯性垂直提升振动输送机动力学计算	825
10.3.1 定型产品及规格	737	11.7 电磁式振动给料机和输送机的动力学计算	830
10.3.2 技术参数	738	11.7.1 电磁式振动给料机的动力学计算	830
10.3.3 结构布置形式	739	11.7.2 电磁振动给料机和输送机的电磁参数计算	834
10.3.4 设计计算	740	11.7.3 电磁振动给料机和输送机的控制和调节特性	838
10.3.5 LS型螺旋输送机	743	11.7.4 电磁式垂直提升振动输送机	840
10.3.6 GX型螺旋输送机	753	11.8 振动输送机和给料机的结构设计	846
10.3.7 计算实例	774	11.8.1 输送槽的结构设计	846
10.4 垂直螺旋输送机	774	11.8.2 弹簧结构型式	847
10.4.1 产品规格	774	11.9 隔振	850
10.4.2 技术参数	775	11.9.1 振动传导率	850
10.4.3 分类及结构形式	775	11.9.2 隔振设计程序	851
10.4.4 设计计算	778	11.10 弹性元件	851
10.4.5 垂直螺旋输送机构造及安装尺寸	783	11.10.1 弹性元件组合刚度	851
10.5 可弯曲螺旋输送机	786	11.10.2 金属弹簧	852
10.5.1 技术参数	786	11.10.3 橡胶弹簧	853
10.5.2 基本结构	786	11.10.4 空气弹簧	856
10.5.3 设计计算	788		
10.6 螺旋管输送机(滚筒输送机)	792		
10.6.1 概述	792		
10.6.2 设计计算	792		
10.6.3 螺旋管输送机的选用	795		
11 振动输送机和振动给料机			
11.1 概述	797	12 辊子输送机	
11.2 振动输送原理	797	12.1 概述	858
11.2.1 输送速度的计算	798	12.1.1 辊子输送机工作原理	858
11.2.2 振动输送参数选择	800	12.1.2 辊子输送机应用范围和特点	858
11.3 振动输送机和给料机的主要结构型式	801	12.1.3 辊子输送机的结构形式与分类	858
11.4 驱动装置	804	12.1.4 辊子输送机型号表示方法	858
11.4.1 偏心连杆式驱动装置	804	12.2 辊子输送机构造	861
11.4.2 惯性振动器	807	12.2.1 辊子、短辊和滚轮	861
11.4.3 电磁振动器	809	12.2.2 机架	863
11.5 偏心连杆式振动输送机动力学计算	811	12.2.3 驱动装置	863
11.5.1 单质体刚性连杆振动输送机的结构及动力学计算	811	12.2.4 辅助装置	866
11.5.2 单质体弹性连杆振动输送机的结构及动力学计算	812	12.3 GZT型辊子输送机介绍	871
11.5.3 不平衡式双质体弹性连杆振动输送机的动力学计算	813	12.3.1 结构特点	871
11.5.4 平衡式双质体弹性连杆振动输送机的动力学计算	815	12.3.2 主要技术参数	871
11.5.5 非线性系统的弹性连杆式振动输送机的动力学计算	816	12.3.3 部件选用	873
11.5.6 弹性连杆式线性振动输送机作用于连杆上的力和力矩以及功		12.4 设计计算	874
		12.4.1 原始参数	874
		12.4.2 基本参数计算	874
		12.4.3 无动力式辊子输送机计算	876
		12.4.4 动力式辊子输送机计算	878
		12.4.5 限力式辊子输送机计算	879
		12.5 GZT型辊子输送机选型	879
		12.5.1 类型	879

12.5.2 部件选用	879	13.5.6 超前的宇宙气力输送技术的 研究	1022
12.5.3 主要技术规格	880	13.6 气力容器管道输送系统	1022
12.6 安装和技术要求	899	13.6.1 概 述	1022
12.6.1 技术要求	899	13.6.2 分 类	1023
12.6.2 安 装	899	13.6.3 特 点	1023
12.6.3 整机运行性能	900	13.6.4 发展现状与应用前景	1024
13 气力输送装置		13.6.5 容器管道输送系统的主要构成 设备	1027
13.1 概 述	901	13.6.6 气力容器管道输送系统的设计	1032
13.1.1 输送基理	901	13.7 空气输送斜槽	1037
13.1.2 气力输送装置的分类、特点及 应用	904	13.7.1 概 述	1037
13.2 气力输送装置主要部件的构造和 特点	906	13.7.2 主要设计参数的确定	1037
13.2.1 供料装置	906	14 连续输送机械的辅助装置	
13.2.2 输料管和配管附件	923	14.1 存 仓	1041
13.2.3 物料分离和收尘装置	934	14.1.1 存仓的分类及应用	1041
13.2.4 气源设备	938	14.1.2 存仓的设计计算	1041
13.3 气力输送的理论基础和设计计算	962	14.1.3 存仓的防拱和破拱措施	1043
13.3.1 气力输送的理论基础	962	14.2 存仓闭锁器	1045
13.3.2 气力输送系统的设计计算	994	14.2.1 存仓闭锁器的种类及特点	1045
13.4 气力输送装置系统的安装和调试	1012	14.2.2 存仓闭锁器的计算	1047
13.4.1 气源站的安装	1012	14.3 供 料 器	1047
13.4.2 输送管道的安装	1012	14.3.1 概 述	1047
13.4.3 气力输送系统中设备的安装	1014	14.3.2 挠性牵引构件的供料器	1047
13.4.4 部件拆装时的注意事项	1014	14.3.3 转动式供料器	1055
13.4.5 气力输送装置系统的典型操 作规程和维护制度	1014	14.3.4 振动式供料器	1068
13.5 气力输送技术的应用与发展	1018	14.4 自动称量装置	1086
13.5.1 在港口码头上的散料卸船作 业系统中的应用	1018	14.4.1 自动称量装置的应用及分类	1086
13.5.2 在石油化工系统工艺输送流 程上的应用	1018	14.4.2 电子皮带秤	1086
13.5.3 在能源部门气力输送技术的 应用	1020	14.4.3 输送机用核子秤	1091
13.5.4 在各产业部门制造工艺流程 中的应用	1021	14.4.4 料斗秤	1092
13.5.5 在环卫部门中的气力输送技术	1022	14.5 分离装置	1095
		14.5.1 电磁分离器	1095
		14.5.2 除木块器	1101
		附 录	1102
		参考文献	1104

1 绪 论

1.1 连续输送机械的特点与分类

1.1.1 连续输送机械的特点

连续输送机械是物料搬运机械的一种主要类别。它是以形成连续物流方式沿一定线路输送一定种类货物或人员的机械装置。某些连续输送机械亦可进行间歇输送。连续输送机械与间歇作业的起重机械相比,具有以下特点。

1.1.1.1 优点

(1)输送能力大。可以不间断地连续进行输送,其装载和卸载是在输送过程不停顿的情况下进行的,不必因空载回程而导致输送间断。同时由于不经常起动和制动,故可采用较高的工作速度。连续而高速的输送所能达到的输送能力远非间歇作业的起重机械所能比拟。

(2)结构比较简单。连续输送机械沿一定线路全长范围内设置并输送货物,动作单一,结构紧凑,自身质量较轻,造价较低。因受载均匀、速度稳定,工作过程中所消耗的功率变化不大。在相同输送能力的条件下,连续输送机械所需功率一般较小。

(3)输送距离可以较长。不仅单机长度日益增加,且可由多台单机组成长距离的输送线路。

(4)便于实现程序化控制和自动化操作。

1.1.1.2 缺点

(1)通用性较差。每种机型一般只适用于输送一定种类的货物。

(2)必须沿整条输送线路布置。输送线路一般固定不变。在输送线路变化时,往往要按新的线路重新布置。在需要经常改变装载点及卸载点的场合,须将输送机安装在专门机架或臂架上,借助它们的移动来适应作业要求。

(3)大多不能自动取料。除少数连续输送机能自行从料堆中取料外,大多要靠辅助设备供料。

(4)不能输送笨重的大件物品。不宜输送质量大的单件物品或集装箱器。

1.1.2 连续输送机械的分类

1.1.2.1 按用途分类

连续输送机械按用途分为:通用输送机械、专用输送机械和辅助装置。

将多台输送机按生产工艺流程的要求,相互衔接起来,形成货物输送与生产工艺紧密结合的输送系统,便成为生产加工与装配作业一条龙的流水

生产线。

输送系统中的若干衔接部位,如转载、分拣、分流、合流等也可实现机械化,以期减轻工人劳动强度,提高作业速度与精度,提高整个系统的输送能力。

与工艺过程相配的输送机械的重要特征是:它的速度取决于生产工艺过程。

仅用于装卸作业的输送机械,一般具有较高的工作速度和较大的输送能力。

1.1.2.2 按输送的对象分类

连续输送机械按输送的对象可分为输送散粒物料、输送成件物品和输送人员(例如自动扶梯及自动人行道)三类。其中输送散粒物料连续输送机械型式最多,应用最广,输送能力也最大。输送人员的机械必须具备多种安全装置。

1.1.2.3 按安装形式分类

连续输送机械按安装形式可分为固定式、移动式 and 移置式三类。大多数连续输送机械均沿输送线路安装在固定的机架上。移动式仅适用于输送距离短、作业地点多变的场合。移置式则适用于输送机在使用一段时间后需要移动一定距离以继续使用的场合。

1.1.2.4 按结构型式分类

连续输送机械按结构形式不同可分为有挠性牵引构件的和无挠性牵引构件的两类。

(1)有挠性牵引构件输送机的特点是:物料放在牵引构件上或与牵引构件连接的承载构件上,利用牵引构件的连续运动来输送物料。这类输送机械除具有牵引构件、承载构件、驱动装置、张紧装置以外,一般还具有装载、卸载、改向等装置,它包括图 1—1 所列的带式输送机、斗式提升机、板式输送机、自动扶梯等,它们分别采用输送带或链条作为牵引构件。

(2)无挠性牵引构件输送机的特点是:利用工作构件的旋转运动或往复运动使货物沿封闭的管道或料槽移动。它们输送货物的工作原理各自根本不同,且共性的零部件也很少,如图 1—1 所列的螺旋输送机、振动输送机、滚柱输送机。

1.1.2.5 按输送机理分类

连续输送机械按连续输送机理可分为机械式和流体式两类。机械式的依靠工作构件的机械运动进行输送;流体式的则利用空气或水等的流

体动力通过管道进行输送。图 1—1 所列的有牵引构件和无牵引构件的输送机械以及连续装卸机械属

于机械式的,而气力输送装置和液力输送装置则属于流体式的。

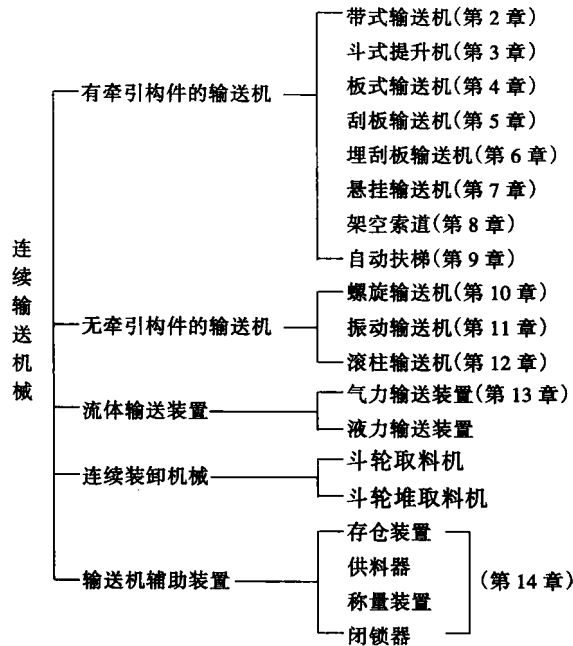


图 1—1 连续输送机械分类表

1.2 连续输送机械的应用范围及所输送货物的特性

1.2.1 连续输送机械的应用范围

连续输送机械在国民经济的各个部门中得到了相当广泛的应用,已经遍及各行各业。例如在重工业及交通运输部门主要用于输送大宗散粒物料;在现代化生产企业中,连续输送机械是生产过程中组成有节奏的流水作业线所不可缺少的设备,通过连续输送机械的应用实现车间运输和加工安装过程的机械化,并实现程序化和自动化;在粮食、化工、轻纺、食品等许多部门,连续输送机械往往不单纯进行物料输送,还在输送的同时进行某些工艺处理;在大型工程项目的施工工地,连续输送机械可用来搬运大量土方和建材物料;在机场、港口连续输送机械还用来说送旅客和行李。总之,连续输送机械的应用场合是不胜枚举的,表 1—1 列举了使用连续输送机械的有关行业及所输送的货物名称。

在实际应用中,除了采用各种通用连续输送机械(如通用带式输送机)和特种连续输送机(如特种带式输送机)以外,往往还根据生产作业的需要,将各种连续输送机安装在不同结构型式并具有多种工作机构的机架或门架上构成某种专用机械。以港口的散粒物料连续装卸船为例,我国的各个散粒物料

出口专业化码头均装备了以带式输送机为主体的散粒物料装船系统;而在散粒物料进口专业化码头上则有以各种连续输送机为主体的散粒物料连续卸船系统,例如用于散粮码头的卸船作业的双带式卸船机、波形挡边带式卸船机(秦皇岛、连云港)、埋刮板卸船机、气力吸粮机等;用于化肥卸船作业的螺旋卸船机;用于煤炭卸船作业的链斗卸船机;用于卸驳船作业的悬链式链斗卸船机。这些散粒物料连续装卸机械的迅速发展开拓了连续输送机械新的发展领域。

表 1—1 连续输送机械应用举例

行业(部门)	所 输 送 的 货 物
采 矿	煤炭、各类矿石、矿砂、矿粉等
冶 金	各种钢管、型材、钢板、焦炭、炉渣等
电 力	煤炭、粉煤灰、石灰石、石灰粉等
铸 造	新砂、旧砂、型砂、型芯、煤粉、粘土粉、砂箱、铸锭件等

续上表

行业(部门)	所 输 送 的 货 物
机械制造	各类机器零件、毛坯、半成品、铁屑等
建 材	石灰石、生料、熟料、水泥、黄砂、粘土、碎石、耐火材料等
化工医药	各类化工医药原料及产品等
食品轻工	各种粮谷、面粉、糖、盐、奶粉、烟草、酿酒原料等
橡 胶	橡胶粒、橡胶制品、滑石粉、碳黑等
造 纸	碎木料、锯屑、树皮、干纸浆、化学药品、石灰石、粘土、淀粉等
塑 料	粉状粒状的聚乙烯、聚氯乙烯、尼龙、酚醛树脂等
港 口	煤炭、矿石、矿砂、矿粉、砂土、盐、糖、粮谷、水泥、化肥等

1.2.2 连续输送机械所输送货物的主要特性

设计连续输送机械之前,必须先熟悉所输送货物的主要特性,因为货物特性对连续输送机械的选型、主要参数的确定等关系颇大。

连续输送机械所输送的货物可分为成件物品和散粒物料两大类。

1.2.2.1 成件物品的主要特征

成件物品的种类繁多,应用连续输送机械进行输送的主要是袋装、箱装、桶装和其它各种单件物品。如在厂内输送、堆垛或港口装卸的袋装粮食、化肥;在机场输送的旅行箱、小行包;在制造、装配生产流水作业线上输送的单件零部件、铸件、锻件等。如果是轻小成件物品,则可集装于容器内进行单元化输送,这种单元亦可视为成件物品。

被输送的成件物品的主要特征是质量、外形尺寸(长、宽、高)、物品的重心高度及其变动范围、物品底面形状及其物理性质以及包装形式等。对一些较特殊的成件物品还应考虑其他特性,如物品的温度、物品放置或悬吊的方便性、易燃性、爆炸危险性等。

常见袋装物料的特征如表 1—2 所示。

表 1—2 常见袋装物料的特征

物 料 名 称	包 装 形 式	包装尺寸(mm)			质 量 (kg)
		长	宽	高	
面 粉	布 袋	700	450	200	50
大 米	麻 袋	600	450	200	100
食 盐	麻 袋	600	450	200	100
食 糖	麻 袋	700	450	200	100
化 肥	塑料 袋	700	500	200	50
水 泥	纸 袋	700	400	150	50

1.2.2.2 散粒物料的主要特性

连续输送机械大多用于输送散粒物料,也就是不进行包装而成批堆积在一起的块状、颗粒状、粉末状物料。这些物料的主要特性分别介绍如下。

(1) 粒度和颗粒组成

单一散粒体的尺寸大小称为物料粒度,以长度单位表示。对球形或类似球形颗粒,其粒度以球体直径表示;对椭圆球体颗粒以其长径表示;对长方体或不规则形体颗粒则以其最大对角线长度表示。

大多数散粒物料均含有大小不等的颗粒。物料中所含的不同粒度颗粒的质量分布状况称为物料的颗粒组成。它反映散粒物料颗粒尺寸大小的均匀程度。

物料的颗粒组成可用物料颗粒级配百分率和典型颗粒粒度来表示。

物料颗粒级配百分率有分计级配百分率和累计级配百分率两种表示法。前者指物料样品中各个不同粒度级别的颗粒的质量占该样品全部颗粒总质量的百分比;后者指物料样品中大于某粒度的各个粒度级别的颗粒的累计质量占该样品全部颗粒总质量的百分比。

典型颗粒粒度是表示物料试样的粒度大小的特征指标,应根据物料的粒度组成情况不同而分别确定:

对于颗粒尺寸大小较均匀的分选物料,即在整批物料中,颗粒的最大粒度 d_{\max} 与最小粒度 d_{\min} 之比,即 $\frac{d_{\max}}{d_{\min}} \leq 2.5$ 时,物料的典型颗粒粒度用平均粒度 d_0 表示:

$$d_0 = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2}$$

对于原装物料,即在 $\frac{d_{\max}}{d_{\min}} > 2.5$ 时,如果最大粒度级别 $(0.8 \sim 1)d_{\max}$ 的物料质量大于该批试样总质量的 10% 时,其典型颗粒粒度用最大粒度 d_{\max} 表示。如果最大粒度级别 $(0.8 \sim 1)d_{\max}$ 的物料质量小于该批试样总质量的 10% 时,则可以取 $0.8d_{\max}$ 为典型颗粒粒度。

散粒物料的典型特性分为 8 级,见表 1—3。

表 1—3 散粒物料特性分级

级	粒度 d (mm)	粒度类别
1	>100~300	特大块
2	>50~100	大 块
3	>25~50	中 块
4	>13~25	小 块
5	>6~13	颗粒状
6	>3~6	小颗粒状
7	>0.5~3	粒 状
8	0~0.5	尘 状

对于粒度大于 0.5 mm 的物料常用筛分法,并

以筛网的目数来表示其粒度范围。我国常用的泰勒标准筛与美国、日本、英国的标准筛大致相同。泰勒标准筛目与孔径的对照见表1—4。

表1—4 泰勒标准筛规格

目	孔径(mm)	目	孔径(mm)	目	孔径(mm)
325	0.043	60	0.246	12	1.397
270	0.053	48	0.295	10	1.651
250	0.061	42	0.351	9	1.981
200	0.074	35	0.417	8	2.362
170	0.088	32	0.495	7	2.794
150	0.104	28	0.589	6	3.327
115	0.124	24	0.701	5	3.962
100	0.147	20	0.833	4	4.699
80	0.175	16	0.991	3.5	5.613
65	0.208	14	1.168		

(2) 堆积密度

堆积密度是指散粒物料在自然堆放的松散状态下,含颗粒间间隙在内的单位体积物料所具有的质量,其单位为“t/m³”或“kg/m³”。

由于物料颗粒之间存在间隙,当物料处于贮存状态,下层物料会被上层物料压实,而物料在机械式输送过程中因受振动同样可能被振实。物料在压实或振实状态下的堆积密度大于松散状态下的堆积密度,前者与后者之比用压实系数 K 表示,显然 $K > 1$ 。对于砂, $K = 1.12$; 煤, $K = 1.4$; 矿石, $K = 1.6$ 。对于其余各种不同物料的压实系数大致在 $K = 1.05 \sim 1.52$ 之间。此外,当物料从容器中倾斜流出,物料受到充气流态化或经历气力输送之后,物料的松散程度和堆积密度也将发生变化,处于充气状态的堆积密度明显减小。物料在上述不同状态下堆积密度数值变化反映了物料的流动性和能否被充气流态化的特性。在设计中,与所需存仓装置、供料器等容器的容积以及输送机械的输送能力的计算有关。

常见物料的堆积密度见表1—5。

表1—5 散粒物料的特性参数

物料名称	堆积密度 (kg/m ³)	自然堆积角 (静) (°)	对钢的静摩擦系数
小块干燥无烟煤	800~950	45	0.84
铁矿石烧结矿	1700~2000	45	0.9
干燥磷灰石	1300~1700	30~40	0.58
小块石膏	1200~1400	40	0.78
干燥、小块的粘土	1000~1500	50	0.75
块度均匀的圆砾石	1600~1900	30~45	0.8
炉灰(干)	400~600	40~50	0.84
中等块度焦炭	480~530	35~50	1.0

续上表

物料名称	堆积密度 (kg/m ³)	自然堆积角 (静) (°)	对钢的静摩擦系数
面粉	450~660	50~55	0.65
木屑	160~320	39	0.8
砂(干)	1400~1650	30~35	0.8
小麦	650~830	25~35	0.6
稻谷	550~570	35~45	0.57
各种块度的铁矿石	2100~3500	30~50	1.2
水泥(干)	1000~1300	40	0.65
碎石(干)	1500~1800	35~45	0.74
砂糖	720~880	51	0.85
细盐	900~1300	48	0.7
玉米	700~800	35	0.58
大米	800~820	23~28	0.58

物料的堆积密度数值还与其湿度(含水率)有关。

(3) 湿度(含水率)

物料除了本身以形成化合物的方式而存在的结构水以外,还有物料颗粒从周围空气中吸收的湿存水和存在于物料颗粒表面和颗粒间的表面水。仅含有结构水的散粒物料称为干燥物料。

散粒物料的湿度(含水率) W 是指物料试样中所含湿存水和表面水的质量与该物料试样经烘干后的质量之比,即:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 G_1 ——物料试样在烘干前的质量;

G_2 ——干燥的物料试样质量,通常是在(105 ± 5)℃ 温度下将物料试样烘干至恒重时的质量。

除了物料的含水率外,还要注意物料的吸湿性。有些物料如硝酸钠、硝酸铵、氢氧化钠等容易从大气中吸收水分而潮解,有些物料如苏打粉、奶粉、盐、芒硝等则容易从周围吸收水分而结块。

(4) 堆积角(自然坡度角)

堆积角(自然坡度角)是指物料从一个规定的高度自由均匀地落下时,所形成的能稳定保持的锥形料堆的最大坡角,即自然堆放的料堆表面与水平面之间的最大夹角。它反映了物料的流动性,也就是在四周无侧壁限制的条件下,散粒物料所具有的向四周自由流动的特性。堆积角越小则流动性越好,而物料的流动性又与其颗粒之间的粘性和内摩擦力有关。对于同一种物料,堆积角大小随其湿度、粒度和形状等不同而变化,粒度越小则堆积角越大,颗粒形状越接近球形则堆积角越小。粉末状物料充气时的堆积角显著地减小。

堆积角有静态和动态之分,在静止平面上自然形成的叫静堆积角 ρ ,在作振动的平面上测得的称

动堆积角 ρ_d 。一般动堆积角 $\rho_d = (0.65 \sim 0.8)\rho$, 可取 $\rho_d = 0.7\rho$ 。

常见物料静堆积角参见表 1—5。

(5) 外摩擦系数

物料的外摩擦系数是指散粒物料对与之接触的某种固体材料表面之间的摩擦系数, 其数值等于该物料对该表面之间的摩擦力与法向正压力之比值。外摩擦系数是该物料对该固体表面的外摩擦角的正切函数。外摩擦系数不仅与固体表面的材料有关, 而且与表面的形状和粗糙度有关。

外摩擦系数有静态和动态之分。静态是指在物料与固体表面相对静止状态下测得的数值; 动态是指该物料与该固体表面之间以一定速度相对滑移时测得的数值。试验表明, 动摩擦系数值大致为静摩擦系数的 70% ~ 90%。

常见散粒物料对钢的静摩擦系数参见表 1—5。

(6) 其他特性

除了以上列举的散粒物料基本特性以外, 对于具体的设计任务, 有时还要考虑对连续输送机械选型和部件结构等有重要影响的散粒物料其它方面的特性, 如散粒物料(以下简称物料)的磨损性、爆炸危险性、腐蚀性、有毒性、粘附性、脆性以及物料的温度等等。

物料对输送设备的磨损性可用其莫氏硬度来表示。莫氏硬度共分 10 级。最硬的矿石是滑石, 它的莫氏硬度定为 1; 最硬物料的莫氏硬度为 10, 以金刚石为代表。物料越硬, 其磨损性越大。对各种被输送的物料, 可按其莫氏硬度值分为磨损性不同的 4 类。部分物料的磨损性分类可参阅表 1—6。物料的磨损性除取决于硬度外, 还受粒度和形状等因素影响。对同一种物料, 粒度越大、表面棱角越尖锐则其磨损性越大。

物料粉尘的爆炸危险性取决于粉尘的性质、粉尘的表面积和粉尘在空气中的浓度, 同时还要有一定的引爆源。可燃粉尘因表面积较大, 很易受热起火。当空气中的含尘量达到一定浓度并遇到具有一定能量的火种时, 粉尘便会急剧氧化燃烧, 在瞬间释放出大量的热能, 同时产生的大量气体来不及扩散, 使压力急剧升高而引起剧烈爆炸。

表 1—6 物料磨损性分类

物料类别	莫氏硬度	物料名称
非磨损性	1~2	蜡、石、墨、滑石、硝酸铵、沥青、冰、膨润土、石膏、硫磺、苏打粉、一般食品、可可、面粉、淀粉、糖等
轻微磨损性	2~3	熟石灰、粘土、无烟煤、硼砂、酚醛、聚酯、食盐、芒硝、碳酸氢钠、磷酸钠、方解石、铝土矿、一般塑料、云母等
中等磨损性	4~5	氟石、碳酸镁、磷灰石、石棉、磷酸钙、炭黑等
强磨损性	6~7 及以上	正长石、浮石、黄铁矿、石英、二氧化硅、砂、铝土陶瓷等

粉尘的粒度越小, 其表面积越大。对粉尘爆炸来说, 最危险的粉尘粒度范围是 5~70 μm , 如粒度大于 150 μm , 其危险性大为减小, 如粒度大于 420 μm , 一般在空气中不爆炸, 除非其化学性质不稳定。

空气中含尘浓度很低时, 粉尘之间的距离较大, 即使一些粉尘着火后也不易传递到其他粉尘上, 因而不会引起爆炸。含尘浓度过高时, 由于氧气数量相对减少, 粉尘不能完全燃烧, 也不会引起剧烈爆炸。由此可知, 每种易爆粉尘在空气中均有其最低和最高浓度。

就粉尘的性质而言, 其爆炸性可用它的爆炸危险级别来表示。如表 1—7 所示, 按粉尘的起爆敏感性、爆炸猛烈性和爆炸危险性将各种粉尘分为弱、中、强、剧烈等 4 级。由表可知: 在爆炸危险性强或剧烈的粉尘中, 煤尘、硫磺等是燃烧热能大的物质; 镁粉、铝粉等是氧化速度快的物质; 淀粉、谷物、塑料类粉末是导电性不良、容易积聚静电而产生电火花的物质。

表 1—7 粉尘在空气中的爆炸危险级别

分类	粉尘名称	起爆敏感性	爆炸猛烈性	爆炸危险级别
农牧产品	可可	强	强	强
	咖啡	中	弱	弱
	谷物	强	剧烈	强
	奶粉	强	中等	强
	淀粉	剧烈	剧烈	剧烈
	糖粉	剧烈	剧烈	剧烈
	小麦面粉	强	强	强
碳素物	活性碳	弱	中等	弱
	沥青	强	剧烈	强
	炭黑	弱	—	弱
	煤尘	强	中等	强
	焦炭	弱	—	弱
	天然沥青	剧烈	强	剧烈
	石墨	弱	—	弱
金属和矿物	硬柏油脂	强	中等	强
	铝	中等	剧烈	剧烈
	铬	弱	—	弱
	铜	弱	中等	弱
	铁	弱	弱	弱
	镁	中等	中等	剧烈
	锰	弱	弱	弱
	黄铁矿	弱	—	弱
	硫磺	强	—	强
	锡	弱	剧烈	弱
	钛	强	剧烈	剧烈
锌	弱	弱	弱	