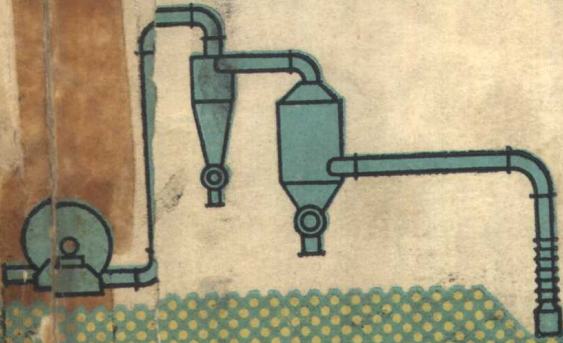


气力输送装置



北京钢铁学院热工、水力学教研组编译

人民交通出版社

气力输送装置

北京钢铁学院
热工、水力学教研组 编译

人民交通出版社

1974年·北京

内 容 简 介

本书是以日本狩野武著的《粉粒状物料输送装置》一书为基础编译的。

全书包括三部分内容，共分十一章。第一部分（第一至第五章）是气力输送装置设计基础，包括气力输送装置的类型和特点、物料的性质、管流的基本规律、气力输送理论和气力输送装置的初步设计方法等内容；第二部分（第六至第十章）较详细地分章叙述了装置各部分的构造，包括压气机械、供料器、输料管及管件、分离器及除尘器、存仓等的结构类型、工作原理、性能特点和产品规格等，供设计时选用参考；第三部分（第十一章）较全面地介绍了气力输送装置在交通运输、建材、铸造、矿山、化工、电力、食品等工业部门的应用实例和参数，同时介绍了一些新型的气力输送方式。

本书可供各部门从事气力输送的工人、技术人员阅读参考。

气 力 输 送 装 置

北京钢铁学院 编译
热工、水力学教研组

人民交通出版社出版

（北京市安定门外和平里）

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷二厂印

开本：850×1168 $\frac{1}{2}$ 印张：14.625 插页：5 字数：379 千

1974年12月 第1版

1974年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—10,000册 定价(科三)：1.45元

前 言

工业上的原料或产品，有很多是粉粒状物料，如何合理地输送这些物料，将直接影响到生产的安全可靠性与经济性，新发展起来的气力输送方式就是一种比较好的输送方式。由于它具有通常机械输送方式所不具备的一些独特优点，已越来越受到各个部门的重视，成为运输机械中不可缺少的重要类型。近几年来我国在交通运输、建筑、化工、电力、冶金、矿山、铸造、食品等工业部门，应用气力输送方式的也日益增多。

目前，国内有关气力输送方面的书籍甚为缺乏，远远不能满足社会主义建设事业发展的需要。我们在深入厂矿进行教育革命实践中，接触到粉粒状物料的气力输送问题，曾参阅了日本狩野武著的《粉粒状物料输送装置》一书。根据有关部门的意见，考虑到各方面工作的需要，我们以该书为基础，编译了这本《气力输送装置》，供从事这方面工作的广大工人、技术人员参考。

原书扼要地叙述了设计气力输送装置所必需的基础知识，概括了六十年代对气力输送理论的研究成果，较为详细地介绍了输送装置各部分机械设备的类型结构及性能规格，是目前国外一本较新的、有价值的有关气力输送方面的参考书。

我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，从我国生产实际需要出发，对该书的内容作了部分的增减和修改。例如，该书以专门的篇幅介绍了机械输送装置和土建方面的知识，内容庞杂，考虑到国内有关这方面的专著较多，为了增强针对性，除保留了机械和气力两种输送方式的比较和选择表外，删去了有关章节的内容。此外，原书介绍的机械设备全部是日本规格，为了结合我国实际，便于在设计时参考，已将有关部分均按我国的产品规范作了修改。原书最后一章关于气力输送装置的实

例部分，只介绍了日本一家公司的产品，我们根据国内应用的实例和国外最近的发展情况，对这一章进行了改写，其它章节也作了局部的删节或补充。

由于我们的思想水平和业务水平有限，缺乏实践经验，收集的资料又不全，其中一定会有不少缺点和错误，衷心希望广大读者给予批评指正。

伟大领袖毛主席教导我们：“我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。”用毛泽东思想武装起来的我国广大工农兵和革命技术人员，在应用气力输送机的生产实践中，定会有更多的创新，我们期待着不久的将来，会有一本完全是总结我国应用气力输送经验的书籍出版。

在本书的编译过程中，得到了一机部起重运输机械研究所等单位的大力协助，谨此表示谢意。

北京钢铁学院热工、水力学教研组

目 录

第一章 粉粒状物料输送装置的类型及特点

§ 1.1 输送装置的类型和比较	1
§ 1.2 气力输送装置的类型及一般特点	4
一、气力输送装置的发展过程	4
二、气力输送装置的类型	4
三、气力输送装置的特点	5
§ 1.3 吸引式气力输送装置	8
§ 1.4 压送式气力输送装置	10

第二章 物料的性质

§ 2.1 粒径及粒径分布	13
一、粒径的定义	13
二、单一粒径	14
三、平均粒径	14
四、粒度范围和测定方法	17
五、粒径的实用计算方法	18
六、粒度分布的表示方法	24
七、筛分	25
§ 2.2 密度与重度	28
一、定义	28
二、真实密度的测定方法	29
三、容积密度与容积重度	31
四、物料的空隙率	32
§ 2.3 比表面积、形状系数和粗糙系数	33
一、单一粒子的形状系数	33

二、粗糙系数	35
三、粒子群的比表面积和形状系数	35
§ 2.4 物料的水分	36
一、水分的种类	36
二、水分的表示方法	37
三、水分的测定方法	37
§ 2.5 摩擦角	38
一、摩擦角的种类	38
二、静止角 ϕ_r	39
三、内部摩擦角 ϕ_i	44
四、壁面摩擦角 ϕ_w 与滑动角 ϕ_s	44
§ 2.6 粘附性	46
一、粘附的一般现象	47
二、附着力的测定方法	48
三、附着力的实测结果	49
四、物料在壁面的粘附现象	51
§ 2.7 粒子的破碎	53
一、破碎的形式	53
二、影响破碎的因素	55
§ 2.8 粉尘的爆炸	57
一、粉尘爆炸的机理和种类	57
二、有关粉尘爆炸的一些性质	58
三、防止粉尘爆炸的措施	64

第三章 空气管流的基本规律

§ 3.1 空气的组成及物理性质	65
一、空气的组成及有关数据	65
二、空气的重度 γ_a 和密度 ρ_a	66
三、空气的粘性系数 μ 和运动粘性系数 ν	67
四、压力与粘性的单位	67

§ 3.2 流量、连续方程	69
一、流量	69
二、连续方程	69
§ 3.3 管流的能量方程	69
§ 3.4 静压、动压及总压	70
§ 3.5 圆管内管流的速度分布	71
一、层流	71
二、紊流	71
§ 3.6 管流沿程阻力的压力损失	73
一、圆断面管	73
二、非圆形断面管	76
§ 3.7 管流局部阻力的压力损失	76
一、管路进出口	76
二、变断面管件	77
三、分叉管路	79
四、阀门	80
五、风帽	81
§ 3.8 弯管的压力损失	82
§ 3.9 折管的压力损失	85
§ 3.10 流经喷咀的气体流动	87
一、气体管流断面与流速之间的关系	87
二、气体自高压容器经喷咀的出流	89
§ 3.11 喷射器	92
一、喷射器的基本原理	92
二、喷射器的扩张段	96
三、喷射器的喷咀	96
四、喷射器的进口段及混合段	98

第四章 气力输送的理论与研究

§ 4.1 概 述	100
-----------------	-----

§ 4.2	粒子的沉降速度和悬浮速度	101
一、	定义及计算公式	101
二、	沉降速度的简易计算方法	108
§ 4.3	短直输料管中的压力损失	109
一、	压力损失表示式	109
二、	因次分析	110
三、	稳定输送时压力损失的理论公式	111
四、	理论公式中系数的确定	114
§ 4.4	粒子速度与输送气流速度之比 ϕ	115
§ 4.5	输送所需的最小气流速度	119
§ 4.6	物料附加压力损失的计算公式	120
§ 4.7	由于加速引起的压力损失	122
§ 4.8	稳定输送段压力损失为最小时的气流速度 ..	123
§ 4.9	直长输料管中的压力损失	126
§ 4.10	输料管中粒子的运动状态	130
一、	输送气流速度与运动状态的关系	130
二、	流动状态与输送压力的关系	132
§ 4.11	输料管断面上的气流速度分布	135
§ 4.12	输料管断面上的粒子分布和粒子速度	136
一、	水平管中的粒子分布	136
二、	弯管中的粒子分布	137
三、	输送时粒子的速度	138
§ 4.13	两相流的重度与压力损失的关系	142
§ 4.14	从能量观点分析压力损失	144
§ 4.15	输料管堵塞的临界条件	145
§ 4.16	输料管堵塞层的吹通	147
§ 4.17	弯管中的压力损失	149
§ 4.18	连续折管中的压力损失	152

第五章 气力输送装置设计

§ 5.1	调查项目	154
§ 5.2	设计顺序	159
§ 5.3	气力输送装置的初步设计计算方法	160
§ 5.4	输送方式的经济性比较	172

第六章 压气机械

§ 6.1	压气机械的种类	174
§ 6.2	压气机械选择要点	174
§ 6.3	往复式空气压缩机	176
§ 6.4	往复式真空泵	188
§ 6.5	螺杆式压气机	190
§ 6.6	罗茨鼓风机	192
§ 6.7	旋板式压气机	195
§ 6.8	透平鼓风机	196
§ 6.9	水环式真空泵	202
§ 6.10	喷射泵	204

第七章 供料器

§ 7.1	供料器的作用	206
§ 7.2	选择注意事项	206
§ 7.3	供料器的种类	208
§ 7.4	供料器的选择标准	214
§ 7.5	短管	215
§ 7.6	双重排料阀	216
§ 7.7	吸咀	217
§ 7.8	旋转式供料器	222
§ 7.9	螺旋泵式供料器	231
§ 7.10	充气罐式(仓式)输送装置	233

§ 7.11 喷射式供料器	241
§ 7.12 空气槽	242

第八章 输料管及管件

§ 8.1 设计注意事项	250
§ 8.2 输料管的材料	253
§ 8.3 空气管及排气管	258
§ 8.4 挠性管	259
§ 8.5 管接头	261
§ 8.6 弯头	266
§ 8.7 输料管的磨损	268
§ 8.8 耐磨材料	271
§ 8.9 管道支架	275
§ 8.10 挡板与切换阀	277

第九章 分离器和除尘器

§ 9.1 分离器的种类与特点	289
§ 9.2 静止空气中粒子的沉降	294
§ 9.3 颗粒在静止空气中的水平运动	297
§ 9.4 粒子在水平气流中的沉降	301
§ 9.5 沉降器	302
§ 9.6 旋风分离器	305
一、概述	305
二、旋风分离器的压力损失	308
三、旋风分离器的分离性能	311
四、旋风分离器各部分尺寸比例	317
五、旋风分离器的规格和选择	318
§ 9.7 袋式过滤器	325
一、概述	325
二、袋式过滤器的压力损失	328

三、滤布的种类和选择注意事项	333
四、袋式过滤器的型式	335
§ 9.8 碰撞除尘器原理	341
§ 9.9 洗涤式除尘器	346
§ 9.10 文脱里洗涤器	350

第十章 存 仓

§ 10.1 存仓的作用和类型	354
§ 10.2 设计注意事项	355
§ 10.3 存仓的容积	360
§ 10.4 经济的直径与高度之比	360
§ 10.5 存仓内物料的压力	363
§ 10.6 存仓仓壁的厚度	368
§ 10.7 离析现象	370
§ 10.8 物料从存仓的排放	372
§ 10.9 成拱现象	374

第十一章 气力输送装置实例及发展动向

§ 11.1 概 述	381
§ 11.2 港口的气力输送	383
一、参数特性	385
二、结构特点	387
三、应用实例	391
§ 11.3 水泥的气力输送	397
一、水泥厂内的输送装置	398
二、水泥的散装运输	405
三、大型建筑工程中的水泥输送	409
§ 11.4 铸造部门的气力输送	411
一、吸引式气力输送	413
二、压送式气力输送	417

§ 11.5	矿山的气力输送	423
一、	矿粉的气力输送	423
二、	矿井的风力充填	426
三、	煤的气力提升	432
§ 11.6	化工厂的气力输送	433
一、	设计特点	433
二、	回转供料低压压送式	434
三、	向高压容器的输送	436
四、	气流干燥装置	437
五、	高温物料的输送	439
§ 11.7	粉煤灰的气力输送	440
§ 11.8	食品工业中的气力输送	443
一、	制粉厂的气力输送	443
二、	啤酒厂的气力输送	445
§ 11.9	新型的气力输送装置	447
一、	嘎特斯 (Gattys) 气力输送装置	447
二、	喷射气流输送装置	452
三、	其它型式的气力输送装置	455

第一章 粉粒状物料输送

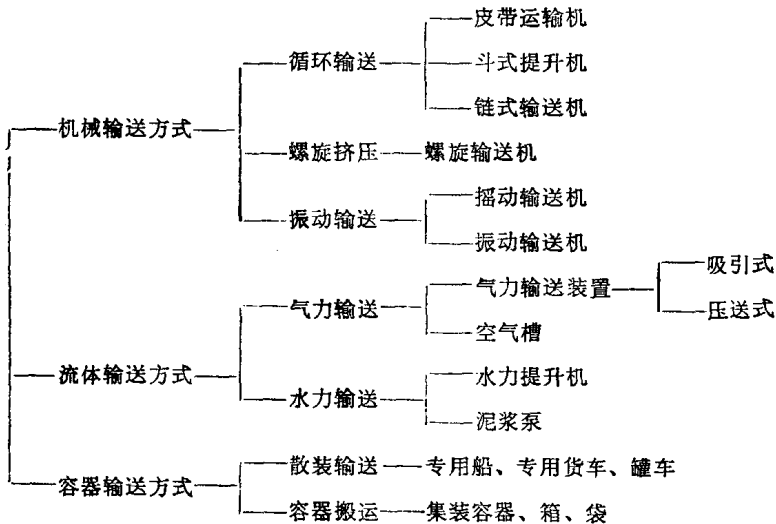
装置的类型及特点

§ 1.1 输送装置的类型和比较

粉粒状物料的输送有各种不同的方式。按其原理可分为：利用物料颗粒之间的摩擦；利用空气和水的流动；以及装在容器里进行搬运等方式。它们的大致分类如表1-1所示。

粉粒状物料的输送方式的类型

表1-1



这些输送方式都各有其特点，难以笼统地说明它们的优缺点。气力输送装置与机械输送装置主要特点的比较，如表1-2所示。

气力输送装置与机械输送装置的特点比较

表1-2

项 目	种 类	气力输送	螺旋输送	皮帶运输	链式输送	斗式提升
1. 输送人	散	无	有	有	有	有
2. 飞物	损	无	无	有	无	无
3. 污物	留	无	有	有	有	有
4. 残路	线	由	直	直	直	直
5. 分叉	又	由	困	困	困	不
6. 垂直	送	由	可	斜度受限制	构造复杂	可
7. 断面	量	小	大	大	大	大
8. 维修		容易, 主要是弯头	全面	比较	全面	提斗、链条
9. 输送物最高温度 (°C)		600	150	50	150	150
10. 输送物最大粒径 (毫米)		30	50	无特殊限制	50	50
11. 最大输送距离 (米)		2000	50	8000	150	30
以输送10吨/时矾土500米距离为例的估算值						
12. 设备费、动力费						
功 率	(瓦)	150		25	45	
功 率 比	(%)	100		16.7	30	
费 用 比	(%)	100		270	150	

设计粉粒状物料的输送装置时，首先要保证能完成预期的输送任务，同时，合理地决定所采用的设备种类和容量，以及与此有关的问题。

设计时，不能只看表面的设备费的大小，而要综合考虑物料的性质、对质量的影响、输送量、输送距离、输送路线的情况、前后段的设备以及运转管理的难易和费用等等。

例如，各种设备的条件均适宜于气力输送，但由于物料含有水分、具有粘附性或粒子容易产生破碎等原因而不能采用气力输送时，即使设备费用大，也得选取机械输送方式；也有这样的情况：输送某些物料时，所需的功率大，乍看起来运输费用较高，但从设备的合理性或生产技术上来看，还是用气力输送为好。

在什么样的情况下，采用哪一种方式无论在技术上或设备上都比较合理呢？一般地说，在很短距离的输送时，机械输送是有利

输送方式的经济性比较
(输送水泥60吨/时，输送距离300米) 表1-3

方 式	主 要 设 备	设 备 费 (马克)	电 力 消 耗		运 转 费 (马克/吨)
			(瓦·时)	(马克/吨)	
(1)机械输送装置	螺旋输送机→斗式提升机→皮带输送机(包括平台支架和走廊)+除尘装置	430,000	70	0.08	0.40
(2)机械输送与空气槽联用	螺旋输送机→(斗式提升机→空气槽)×2段(包括平台支架)+除尘装置	230,000	50	0.06	0.23
(3)气力输送装置	充气罐→输料管(包括平台支架)→旋风分离器+除尘装置,包括空气压缩机	150,000	80 180 ^①	$\frac{0.09}{0.21}$ 0.30 ^①	0.41

① 按输送每吨水泥需要消耗60立方米空气计算，压力为2公斤/厘米²的空气每立方米需消耗电能为0.05瓦·小时，故电力消耗为180瓦·小时，耗电费为0.30马克/吨。

的；反之，对较长距离的输送，如表 1-2 下栏所示的例子可看出，虽然从所需的功率来看，采用气力输送装置是不利的，但在设备费方面，往往采用气力输送装置是有利的。

设备费和所需功率及运转费用随周围条件不同，变化很大，所以不能笼统地比较。表 1-3 为德国的一个例子，由表可见，气力输送装置的电力消耗要多一些，可是运转费与机械输送装置大致相同，而且设备费只有后者的 35% 左右。应该注意，这些比较值随平台支架和附属设备的情况不同，变化幅度很大。

§ 1.2 气力输送装置的类型及一般特点

一、气力输送装置的发展过程

气力输送装置从 19 世纪开始，就被应用于工业上。当初称之为“谷物装卸机”，主要限于港口码头和工厂内的谷物输送。那时，由于很难得到装置所需的合适的各种风量、风压和高效率的压气机械，同时相应的控制设备和器件也尚未发展，因而限制了装置的规模和用途。

近来，由于各种型式的高效率的压气机械很容易选到，控制设备的发展改善了运转操作条件，全部自动化也有了可能。同时，由于设计技术的进步，除一部分粘附性很强的物料外，几乎所有的粉粒状物料都可能采用气力输送。另一方面，在现代工业中，从原料到产品粉粒状的物料不断增多，气力输送往往是最为适宜的输送方式，因此它正在各方面得到越来越广泛的应用。

此外，气力输送还不仅用来作为单纯的输送，也可以作为生产工艺中的一环，在输送过程中或输送终端同时进行粉碎、分级、干燥、加热、冷却等操作。

二、气力输送装置的类型

如前所述，气力输送装置大致可分为吸引式与压送式两种。吸引式是将大气与物料一起吸入管内，靠低于大气压力的气流进