

起重运输机械使用与维修丛书

气力输送装置

程克勤 陈宏勋 编



机械工业出版社

序 言

起重运输机械（也称物料搬运机械）是物流机械化系统中的重要设备。正确合理的使用，能使这些设备发挥最佳的效能；正常及时的维修，能使这些设备获得最长的使用寿命。为了保证设备始终处于正常运转状态，消灭误操作，去除不安全因素和防止故障停车，需要使操作和维修人员了解机器的构造，特别是关键零部件的构造、性能，以及易出故障的部位，了解如何才能防止发生故障，如何迅速有效地排除故障，哪些是易损件以及什么时候应予以更换。

中国机械工程学会物料搬运专业分会组织了众多的专家编写了这套《起重运输机械使用与维修丛书》，以供广大操作和维修工人和有关的技术人员使用。目前先陆续出版下列12分册，即：带式输送机，通用桥式和门式起重机，电梯，架空索道，气力输送装置，叉车，轮式起重机，冶金起重机，塔式起重机，门座起重机，刮板和埋刮板输送机，螺旋输送机、斗式提升机和振动输送机。今后视需要再增加其他分册。

我们殷切希望这套丛书能为广大读者在今后的工作中提供有益的帮助。由于我们缺乏经验，有不当之处，欢迎读者批评指正。

李岳

1987年11月

前 言

现代工业中从原料到产品，粉粒状物料占有相当的比例。随着生产过程日益向机械化和自动化发展，加上全人类对保护自然环境的进一步重视，因而，对在生产过程中如何最合理地输送粉粒料提出了更高的要求。

由于气力输送技术是利用管道密闭地输送物料，所以具有一些其他机械输送方法无可比拟的优点。如布置灵活、安全卫生、投资较低，而且在输送物料的同时，还能进行各种工艺加工。气力输送装置已成为输送设备中不可缺少的分支。

建国后，特别是近10余年来，在我国不少的工业部门中，气力输送技术的应用已日趋广泛。除了极少数装置是从国外配套引进的外，绝大多数正在使用的气力输送装置，都是我国自行设计和制造的。它们不仅在我国当前进行的现代化经济建设中起到了应有的作用，而且应用范围还在不断扩大。

虽然，现已应用的气力输送装置有多种型式，而且所输送的物料品种繁多，但各种装置在操作运转时，往往重复出现相类似的故障，严重时甚至造成生产停顿，因而引起人们对这门技术的疑虑。目前国内外有关论述气力输送技术的书籍也出版了一些，但基本上属于理论性的，只能供设计人员阅读参考，且在这些书中，很少谈到装置在使用操作、维修保养和管理上的诸多实际问题。为了填补这方面的空白，

IV

根据中国机械工程学会物料搬运专业分会编辑出版委员会的要求，我们编写了本书，作为《起重运输机械使用与维修丛书》的一本分册。本书主要是为具有初中毕业以上文化程度的操作和维修工人编写的，但也可供从事这方面管理工作的技术人员参考。本书内容仅涉及有关气力输送装置的使用、维修方面的具有实用性的知识，为了使读者能更好地了解他们所遇到的问题本质，以便触类旁通，书中也叙述了一点基本理论。

书中所收集的资料，有的是作者们长期实践积累的经验，有的则来自各种论文、报告、总结之中的点滴结论。特别是因为迄今国内外尚没有类似的书籍可供作者们在编写时作为范本，因此，本书在内容的编排上可能不够系统完整，而收集的资料也必定还不够全面，这些只有待今后进一步补充完善。

本书第一章一节，第二章二~五节，第三章一、三节，第四章一~二节，第六章一~二节，第七章和第八章二~三节由程克勤执笔，其余由陈宏勋编写。全书由程克勤负责统稿及名词术语的统一工作，最后由苏宁高级工程师进行了审阅。

编写一本这样内容的书，是作者们一次探索性的尝试，因此，肯定会有不足之处，请读者提出意见和批评。

编者

1989年底

目 录

第一章 概述	1
一、什么是气力输送	1
二、气力输送的特点	6
三、气力输送的应用	12
第二章 气力输送装置的简介和使用要点	21
一、吸送式气力输送装置	21
二、低压压送式气力输送装置	30
三、高压压送式气力输送装置	36
四、流态化压送式气力输送装置	43
五、脉冲栓流式气力输送装置	48
第三章 常见故障的分析和防止措施	56
一、管道堵塞	56
二、管道磨损	69
三、噪声	79
第四章 气力输送装置的正确选型	85
一、装置的选择	85
二、物料料性的影响	88
三、发挥装置最大的效能和降低能耗	95
第五章 气力输送装置的安装	100
一、气源站的安装	100
二、输送管道的安装	101
三、气力输送系统中设备的安装	105
四、部件拆装时的注意事项	105

第六章 气力输送装置的安全要求	107
一、发送罐的安全管理	107
二、空气压缩机的安全运行	110
三、电气设备与安全操作	112
四、粉尘爆炸及防止	114
五、提高系统的安全和可靠性	119
第七章 气力输送装置的管理	123
一、使用上存在的主要问题	123
二、科学的管理	126
第八章 气力输送装置的典型操作规程和维修制度	129
一、吸送式气力卸船装置	129
二、带增压器的高压压送式装置	134
三、脉冲气刀式装置	136
参考文献	141

第一章 概 述

一、什么是气力输送

大风骤起，飞砂走石，人们从这种自然现象中看到，风的力量能将尘土、砂石吹到很远的地方。在人类历史上，虽然我们的祖先很早就知道利用风力来驱动帆船航行或转动磨坊的风车。但风是怎样形成并能吹砂运石的呢？

大家知道地球表面包有厚厚的一层空气，空气对地面的压力就是气压。由于太阳照射到地球各处的阳光很不均匀，使各地存在温差。气温高的地区，空气密度小，气压低；气温低的地区，空气密度大，气压高。在这种气压差的作用下，空气就从压力高的一方流向低的一方，这样形成的气流就叫做风。气压差越大，风力越大，也就是风刮得越厉害。

从物理学中的落体定律我们知道，任何物体在静止空气中自由下落时，由于受到重力的作用，下落速度会逐渐增大，同时，物体所受到的空气阻力也相应增加。最后当空气的阻力大到等于该物体所受重力与浮力之差时，物体就以匀速自由下降。如果将物体置于向上流动的气流中，则有三种情况出现：气流速度小于物体下落速度时，物体仍然下降；气流速度等于物体下落速度时，物体在气流中将呈现不上不下的浮动状态，这时的气流速度，我们叫做该物体的悬浮速度；当气流速度大于物体的悬浮速度以后，物体就会随着气流上升。

正是基于从理论上的逐渐认识和近代工业制造出了适用的风机，人们最终得以利用风机产生的压差在管道中造成高速气流，也就是人工形成了大风。一旦气流速度大于装入管道中的物料的悬浮速度后，物料即在气流的推力作用下被带走。

气力输送就是一种利用空气（或气体）流作为输送动力，在管道中搬运粉粒状固体物料的方法。

物料在管道中的流动状态实际上很复杂，主要随气流速度及气流中所含物料量和物料本身料性等的不同而显著变化。通常，当管道内气流速度很快而物料量又很少时，物料颗粒基本上接近均匀分布，并在气流中呈完全悬浮状态前进

（见图1-1 a）。随着气流速度逐渐减小或物料量有所增多，作用于颗粒的气流推力也就减小，使颗粒速度也相应减慢。加上颗粒间可能发生碰撞，部分较大颗粒趋向下沉接近管底，物料分布变密，但所有物料仍然前进而不停滞（见图1-1 b）。气流速度再小时，可以看到颗粒成层状沉积在管底，

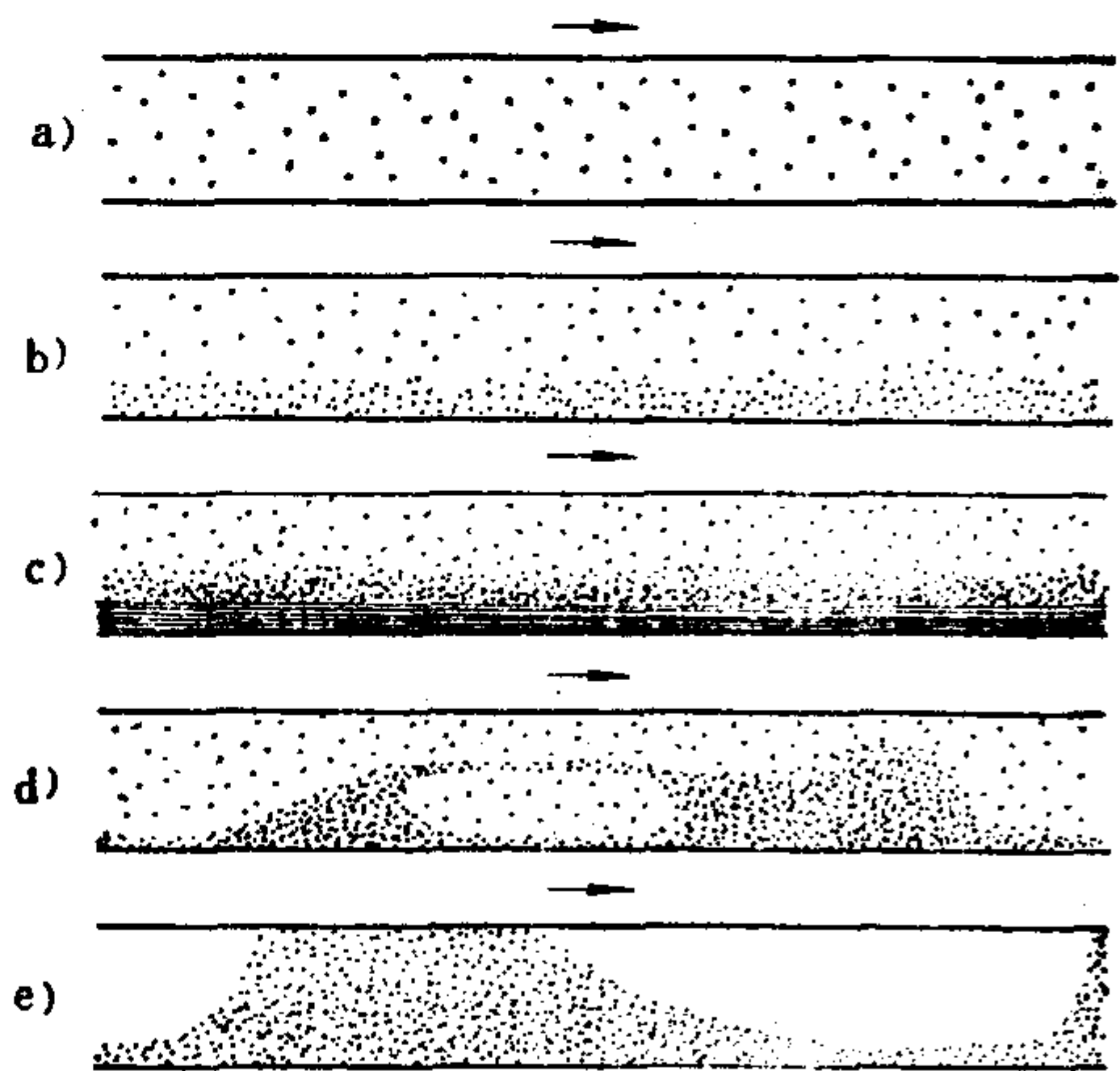


图1-1 物料在管道中的流动状态

这时气流及一部分颗粒在它的上部空间通过。在沉积层的表面，有的颗粒在气流作用下也会向前滑移（见图1-1 c）。当

气流速度开始低于悬浮速度或者物料量更多时，大部分较大颗粒会失去悬浮能力，不仅出现颗粒停滞在管底，在局部地段甚至因物料堆积形成“砂丘”。气流通过“砂丘”上部的狭窄通道时速度加快，可以在一瞬间又将“砂丘”吹走。颗粒的这种时而停滞时而吹走的现象是交替进行的（见图1-1 d）。如果局部存在的“砂丘”突然大到充填整个管道截面，就会导致物料在管道中不再前进。

如果设法使物料在管道中形成短的料栓（见图1-1 e），也可以利用料栓前后气流的压力差推动它前进。通常，料栓之间有一薄薄的沉积层。当料栓前进时，其前端将沉积层的颗粒铲起，随料栓一起前移，同时尾端则发生颗粒不断与料栓分离溃散，留下来变成新的沉积层。从表面看来，整个料栓在移动，但其中的颗粒却陆续被料栓前端铲起的颗粒所置换。因此，实际上物料颗粒只是一段距离、一段距离地呈间歇状前移。

以上所说的物料流动状态中，前三种属于悬浮流，颗粒是依靠高速气流的动压推动的，在这类流动状态下输送物料也称动压输送。后两种属于集团流，其中第5种又通称栓流，物料是依靠气流的静压推动的，第4种则动、静压都有。

从管道中物料的实际流动状态中，还可以观察到一些其他形式，不过都是上述几种典型流动状态的中间过渡。有的流动状态并不稳定，在同一管道中也可以同时有几种形式出现。

混杂有固体颗粒的气流叫做“两相流”。在两相流中，单位时间输送的物料量与同一时间输送消耗的空气量的比值称为“料气比”，有时也称“浓度”。比值高的通称“密相”，低的

称“稀相”，两者之间也有再加一个所谓“中相”的。

气力输送有着许多种分类方法，本书仅列出当前较流行的几种（见表1-1）。在这些分类方法中，最方便的是按照在管道中形成气流的方法，将气力输送分为吸送式和压送式两大类。无论当今气力输送装置的型式有多少，都可以分别归属于这两大类之中。

表1-1 气力输送分类

划分依据	类 型
料气比值	稀相 < 5，中相 5~25，密相 > 25
气流方式	吸送（负压）；压送（正压）
气源压力 (MPa)	高真空 - 0.05 ~ - 0.02 低真空 - 0.02 ~ 0 低 压 0 ~ 0.05 高 压 0.1 ~ 0.7
作用机理	动压（速度能）；静压（压力能）
流动状态	悬浮流；集团流；栓流

下面我们简单介绍这两种类型装置的基本输送原理。

1. 吸送式

利用安装在输送系统终点的风机或真空泵抽吸系统内的空气，于是在输送管中形成低于大气压的负压气流。物料同大气一起从起点吸嘴进入管道，随气流输送到终点分离器内。物料颗粒受到重力或离心力作用从气流中分离出来，空气则经过滤净化后通过风机排放到大气中。图1-2所示为吸送式气力输送最基本的系统。

2. 压送式

利用安装在输送系统起点的风机或空气压缩机，将高于

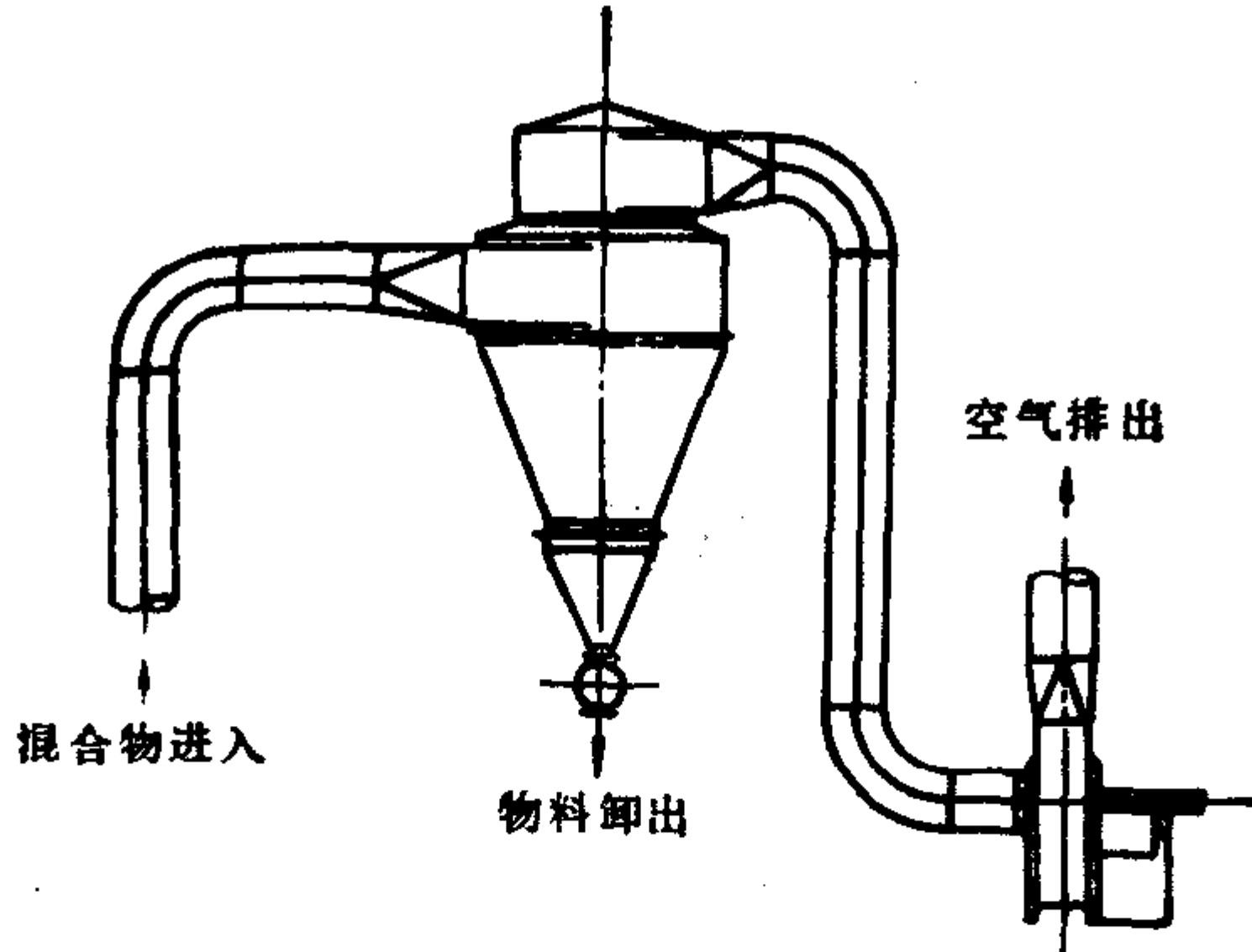


图1-2 吸送式基本系统

大气压的正压空气通入供料装置中，与物料混合后，料和气一起经输送管送到终点的分离器或贮仓内，空气经过滤后排放到大气中。图1-3所示为压送式气力输送最基本的系统。

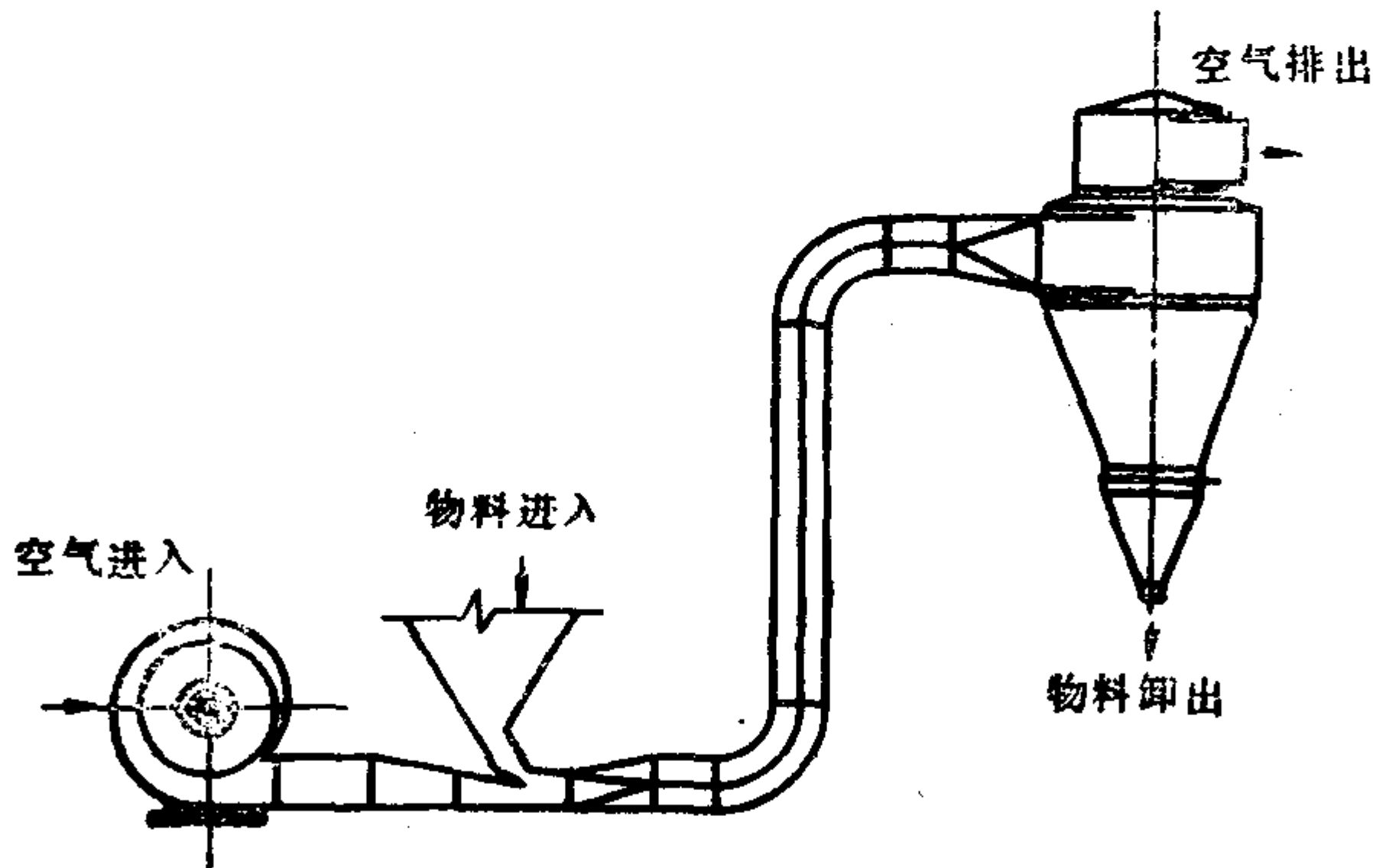


图1-3 压送式基本系统

此外，为了充分利用吸送式和压送式两者的长处，还有将这两种型式组合起来使用的吸-压联合式气力输送系统(见图1-4)。由风机造成的负压气流吸入物料，再由同一风机的

正压排气压送该物料。如果将系统终点的排气再引入到起点吸嘴作为进气，就成为循环封闭式气力输送。

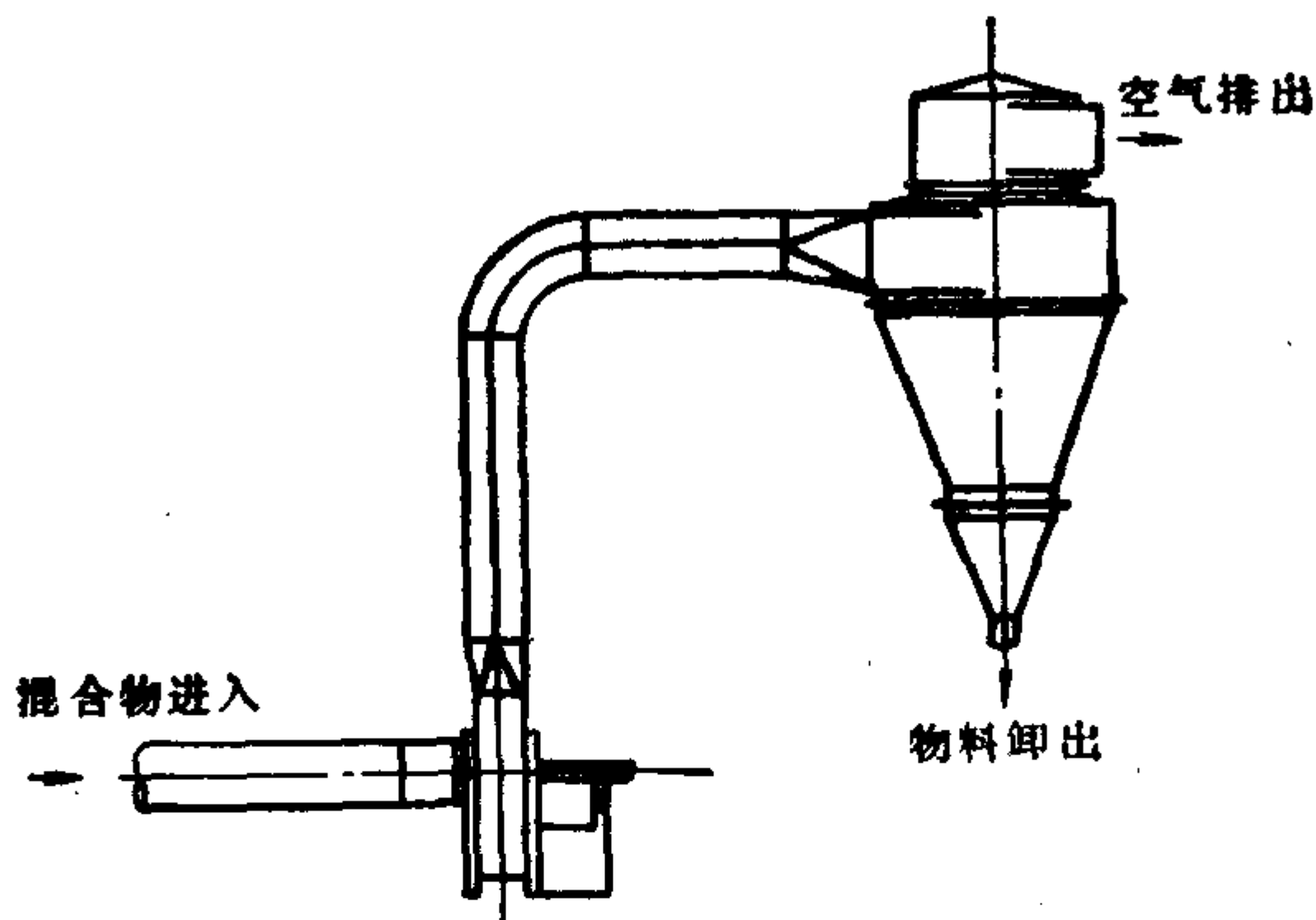


图1-4 吸-压联合式基本系统

二、气力输送的特点

1. 与其它散料输送方式的比较

在需要运送的货物中，最大量的是以散料的形式出现的，例如矿石、煤炭、谷物、水泥和各种工业原料等。现已使用的散料输送装置有各种不同的方式，按其输送原理大致可分为机械输送、流体管道输送和容器输送3大类（见图1-5）。

流体管道输送系统是一种正在发展的、应用时具有效率高、占地少、成本低和无污染的现代化输送方式。图1-6是目前已在应用和正在开拓的流体管道输送系统组成图，由图中可见其应用范围之广、涉及学科之多足以说明其具有广阔的发展应用前景。无疑，气力输送是属于流体管道输送方式之一，并在其中占有重要的地位。

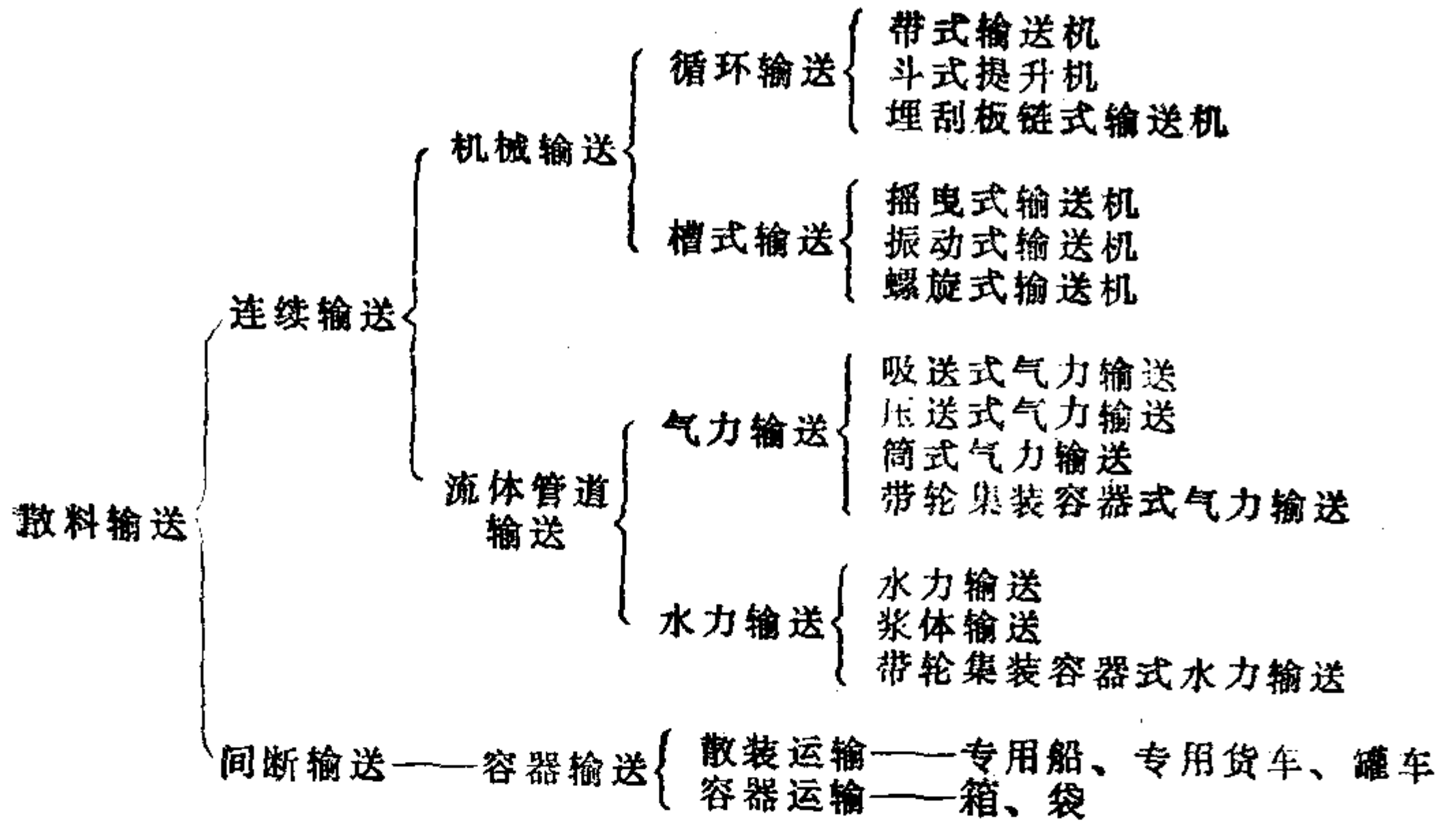


图1-5 各种散料输送方式

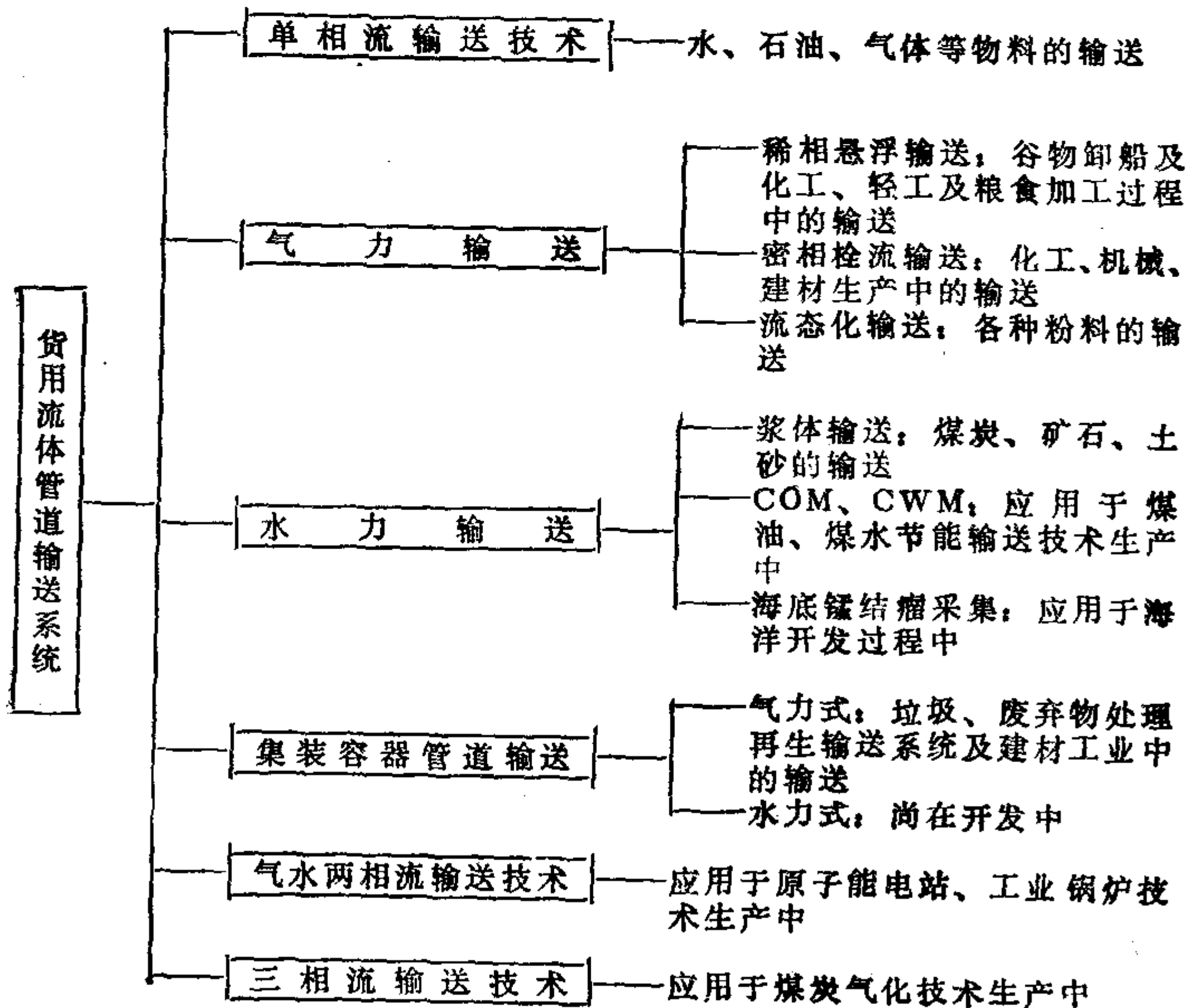


图1-6 货用流体管道输送系统

这些输送方式均具有各自的特点。气力输送与其它输送方式的比较见表1-2。设计散料输送装置时，首先要保证能满足输送量和输送距离等主要输送参数的要求，之后合理地确定所用设备的型式、结构以及有关的问题。装置的能耗固然是一个重要的考虑因素，但应根据被输送物料的物性、输送路线配置的条件、环境保护的要求、前后工艺的衔接以及维修管理的难易等综合因素择优选定。

表1-2 气力输送与其它输送方式的比较

输送装置		输送特性	输送能力						线路自由度						污染程度		维修保养		运动特性	
			长度 (m)			输送量 (t/h)			方向			弯曲			环境	粉料	检查	零件	输送	动力
			3~30	30~300	300~3000	0.3~3	3~30	30~300	水平	斜向上	垂直向上	水平面	垂直平面	弯曲数						
机械输送	循环输送	带式输送	2	1	2	3	2	1	1	3	4	4	4	4	3	2	4	2	2	1
		斗式提升	1	3	4	3	2	1	4	4	1	4	4	4	2	4	4	3	3	2
		埋刮板输送	1	2	3	3	2	1	1	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3
	槽式输送	螺旋输送	2	4	4	3	2	3	1	2	3	4	4	4	2	2	2	3	3	3
		振动输送	2	3	4	1	2	3	1	3	3	4	4	4	3	1	1	1	4	3
流体输送	气力输送	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	
	水力输送	3	2	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	

注：性能比较等级：1—好，2—可，3—差，4—不能。

2. 气力输送的优点和缺点

从气力输送的输送原理和应用实践都证明它具有一系列的优点：输送效率高、设备构造简单、维护方便易于实现自动化，有利于环境保护等要求。特别是在工厂车间内部应用时，可以将输送过程和工艺流程相结合以简化工艺环节和减少设备，这样可大大提高劳动生产率和降低成本。

概括起来，气力输送有如下的优点：

- (1) 输送管道能灵活地配置，从而使工厂生产工艺流程合理；
- (2) 输送系统完全密闭，粉尘飞扬和逸出少，可以实现环境卫生；
- (3) 运动零部件少、维修保养方便，易于实现自动化；
- (4) 散料输送效率高、降低了包装和装卸、运输费用；
- (5) 能避免被输送物料的受潮、污损和混入其它杂物，从而保证了输送质量；
- (6) 在输送过程中可同时实现多种工艺操作过程，如混和、粉碎、分级、干燥、冷却、除尘和化学反应；
- (7) 可将由数点集中的物料送往一处或由一处分散送往数点的远距离操作；
- (8) 对于化学性能不稳定的物料，可以采用惰性气体输送。

然而，与其它机械输送方式相比，其缺点是动力消耗较大。此外，对于采用高输送风速的装置尚存在管道的磨损和输送物料的破碎问题；作为适用于气力输送的物料在物性和粒度上也有一定的限制。

吸送式、低压压送式、高压压送式、脉冲栓流式是气力输送装置中的主要型式，表1-3是上述各种方式的主要优点和缺点。

表1-3 各种气力输送装置方式的主要优点和选用时的注意点

主要方式	优点	选用时的注意要点
吸送式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由吸嘴集料、可避免取料点的粉尘飞扬 2. 适用于由低处、深处或狭窄处以及由数处向一处集中输送 3. 由于气源设在系统的最后端，这样润滑油或水分等不会混入沾污被输送的物料 4. 由于系统内的压力低于大气压力，所以即使因磨损产生或存在间隙泄漏时，输送物料也不会从系统中逸出 5. 由于输送系统内压力低于大气压力，水份易蒸发，所以对水份含量较高的物料也较压送式容易输送 6. 生产率较高可达数百吨/时 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一般使用的真空度小于0.05 MPa，故输送量和输送距离不能同时取大值。从而输送范围受到一定的限制 2. 与压送式相比，应在气源之前部设置性能好的分离、除尘设备 3. 气源设备容量较大价格较昂贵 4. 在分离、除尘器下的卸料器和卸灰器因运转磨损之后易漏入空气从而影响系统的性能。为此应对该处的气密予以应有的重视
	<p>[适用场合]：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 从船舱中卸料，例如谷物、铝矾土等 2. 食品工业、化学工业例如啤酒、制粉工厂内的输送 3. 灰状粉料的输送处理 4. 有毒物料的输送 5. 气流干燥 	

(续)

主要方式	优点	选用时的注意要点
低压压送式	1.适用于从一处向多处进行分散输送 2.因为系统为正压,所以即使在管系的组成部分某连接处存在隙缝时,外界空气或雨水也不会侵入 3.因为系统内部为正压、故物料易从卸料口排出	1.在供料口处供料较吸送式困难、应根据被输送物料的物性和输送压力、选用和设计供料装置 2.如采用罗茨风机作为气源机械时,输送压力可达到0.15MPa,然而,输送距离和输送量同时取大值受到限制
	[适用场合]: 1.普通工业生产中 2.石油化工业中特别是用氮气、二氧化碳气体输送 3.制造业中尤如输送木片、粒料等工序	
高压压送式	1.由于使用供气压力高的气源机械,故输送条件即使有所变化仍可实现输送 2.在直径较小的输料管中可实现较高的料气比输送、输送效率较高 3.由于输送风量较小,故可用较小型的分离和除尘设备 4.对存在背压之场合也能输送	1.属密闭压力容器仓式发送 2.为连续发送,在发送罐之上部应设置中间料斗 3.对粉料可直接由发送罐发送,对于粗料物料应在发送罐下部设置变螺旋式供料器
	[适用场合]: 1.长距离大容量输送如水泥、铝矾土 2.高压发送罐供料输送例如输送煤粉等	
脉冲栓料式	1.由于是低输送风速、高浓度输送,被输送物料的破碎少 2.输料管磨损小 3.输送风量小,分离除尘简单可由输出终端部直接卸出 4.由于输送浓度高,故输料管管径可选小 5.能耗低	对物料的物性要考虑,例如粒度超过2mm时就难以显示其输送的优点
	[适用场合]: 1.用于对易碎的物料搬送 2.粒径尽可能小于2mm以内 3.将粉粒料作高浓度输送	