

气力输送中供料方式的比较分析

李 勇

李亚莉

(青岛科技大学机电工程学院, 青岛 266042) (青岛高校软控股份有限公司, 青岛 266045)

摘要 对塑料加工中气力输送的各种供料方式的性能、特点和使用场合进行比较、分析。重点讨论了传统文丘里供料器在实际应用中存在的问题。介绍了国内外几种新型文丘里供料器的结构、特点和用途。指出采用组合式供料器,即将文丘里供料器与机械旋转式连续供料器进行组合使用,可以同时改善两者单独使用时存在的问题。

关键词 气力输送 供料器 文丘里管

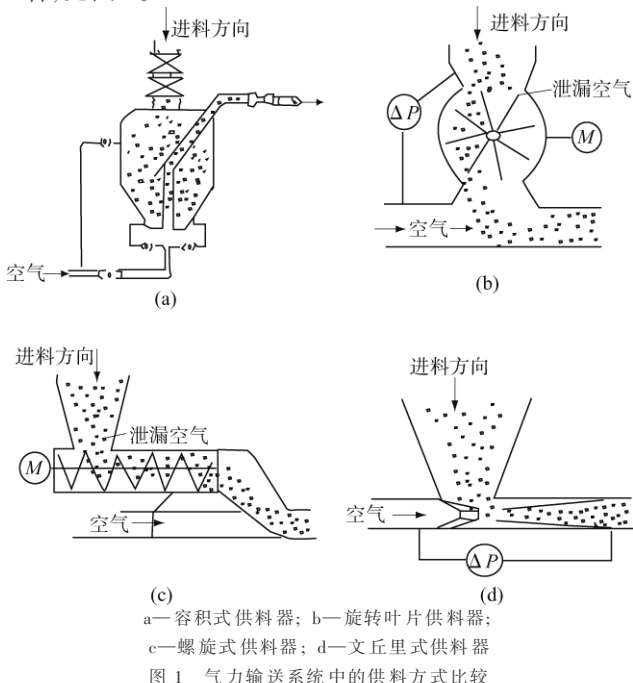
塑料加工中的各种粉、粒料,除了采用螺旋输送机、埋刮板输送机、斗式提升机等机械输送外,将其流态化后进行连续自动输送更适合当前塑料厂自动化控制的要求,而且大有取代机械输送的趋势。采用压缩空气长距离输送散装物料系统的开发成功已经证实了这一点。现在稍具规模的塑料厂多数采用气力输送系统进行物料输送,该系统经多年运行检验,准确有效,维修率极低。

供料器是将粉、粒料送入输送管道并使其与气流混合的必需设备,特别在正压输送系统中,供料器是决定整个气力输送装置性能的主要因素。常见的供料器有容积式供料器(发送罐)、旋转叶片供料器、螺旋式供料器、文丘里式供料器,以及它们的组合,见图1。

统广泛采用的供料设备。它的密封性能好,除空气与物料进入需要阀门外,无其它运动部件,因此故障少;可以增加自动称量器,以记录实际输送的物料量;可减少物料颗粒的降级及磨损;操作时无噪音。但容积式供料器造价高,耗气量大,需要大的空压机配套。同时容积式供料器多数属于间歇输送,存在的主要问题是密相输送所具有的低速、磨损小、尾气过滤量少等优点在一次输送循环即将完毕时不再存在,因为最后的物料与大量压缩空气经输送管排空时,可能出现比稀相输送更高的速度,以致产生更大的管道磨损和料粒破碎,而且料气比降低。非输送时间越长,这种情况越严重。因此,如果要求减少输送循环次数来弥补这种缺点,最好采用双罐串联或并联的连续输送方式^[1]。

2 旋转叶片供料器

旋转叶片供料器属连续供料装置,常用于低压稀相输送系统^[2,3]。由于这类供料装置转子叶片与机壳之间存在间隙,不可能完全密封,因而会产生空气的泄漏,如图1b所示。如果供料器出口处空气压力高于进口处的压力,空气则通过间隙与物料混合影响物料的表现密度,从而使供料器的容积效率降低。对于流动性差的物料,反向气流会阻止料斗内物料的下落,使供料速度不均匀,严重时使输送停止。虽然有些特制的旋转叶片供料器可将泄漏的空气排到供料器外部并通过除尘器排空来防止其对物料下落的影响,但由于泄漏量仍然存在,且不可能实现高压输送,故旋转叶片供料器一般适用于系统压力不超过0.06 MPa的情况。旋转叶片供料器的空气泄漏量与供料器进、出口压差,供料器的规格,叶片与机壳之间的间隙有关,公称内径250 mm的供料器叶片与机壳之间的间隙为0.2 mm,当进、出口



1 容积式供料器

容积式供料器(图1a)是高压密相气力输送系

压差为 0.04 MPa 时, 空气泄漏量可达 $1 \text{ m}^3/\text{min}$ 。如果磨损间隙增大到 0.5 mm, 泄漏量可达 $3.5 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

3 螺旋式供料器

螺旋式供料器(图 1 c) 由于多个螺旋片的密封作用, 空气泄漏量小于旋转叶片式, 而输送压力高于旋转叶片式, 也可设计成螺距沿输送方向逐渐减小、通过将物料压实进行密封的形式^[1]。但功率消耗大, 螺旋表面磨损大, 不适合粘性物料的输送。

4 文丘里供料器

气力输送系统中的供料装置最简单的就是文丘里供料器(图 1 d), 它的两种基本型式如图 2 所示^[1]。高压型供料器通常又称为喷射供料器或喷射泵。这两种型式虽然结构略有不同且计算方法也不同, 但原理都是利用由收缩段或喷嘴喷出的高速空气在喉管部位造成等于或略低于大气压的压力, 使粉、粒料靠自重下落或被吸入供料器内。高速空气能将粉、粒料加速在扩散管内转换为输送所需的压力, 对物料进行压力气力输送。文丘里管的设计和应用与被输送物料的物性、工厂布置和压缩空气气源有关。如果设计和使用不当, 不仅发挥不了它应有的作用, 还会造成一些不利的影响。

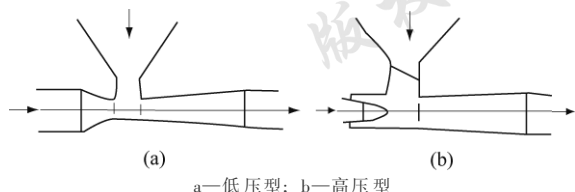


图 2 文丘里供料器的基本型式

文丘里供料器不同于机械式供料装置, 它的密封作用是靠空气的动压来实现的。如果正确设计安装, 在供料点总是存在低于大气压的负压, 将物料吸入输送管道中进行输送。图 3 为旋转叶片供料器与文丘里供料器输送管道中的压力分布比较。从图 3 可以看出, 旋转叶片供料器在输送喂料点存在正压, 正是这种压力造成供料器的泄漏, 从而造成一系列

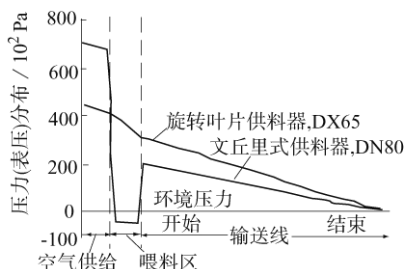


图 3 旋转叶片供料器与文丘里供料器管道压力变化比较

妨碍正常输送的不利因素。

传统文丘里供料器结构简单, 无运动部件, 也不需要机械传动, 对小颗粒料的供料尤为有效, 因此多年来得到一定的应用, 但它也存在下列一些缺陷^[1]:

(1) 物料进入喉管部(无论因重力下落或被吸入)的方向与气力方向垂直, 因而扰乱了气流, 使料、气的混合极其混乱, 同时, 还必须使料流转变为水平方向并从速度为零开始加速, 这就意味着要消耗很多能量。由于从喷嘴喷出的气流速度以音速为极限, 而在扩散管中又仅有 $1/3$ 的速度能转换为压力用于输送, 所以压力上升有限。

(2) 被输送物料往往不是流畅进入, 输送量难以控制, 还要受到物性如密度、含水量、粒径等变化的影响, 特别对流动性不太好的物料, 这种供料器中的负压不可能做到以适当的料气比吸入足够流量的物料。

(3) 对于低压文丘里供料器, 气源风机能量的 $1/4$ 消耗在文丘里管中形成能吸料的真空。

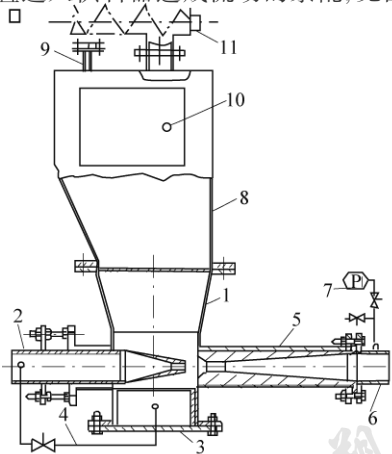
(4) 这种供料器由于无运动部件, 理应适于输送磨削性和脆性物料, 但喉管处的高速空气使其磨损和物料粒子破碎均较严重。

(5) 如因物料流量变化太大产生料栓或稍为超载, 就会破坏文丘里的作用使运转失常。一旦出现堵塞导致管内压力过高时, 料气甚至会向加料斗倒流。

由于传统文丘里供料器耗气量大、固气比很小(低稀相)、效率低、输送量和输送距离均有限, 因此对于密度小、粘性大、流动性差的物料采用这种形式的供料器应格外注意。

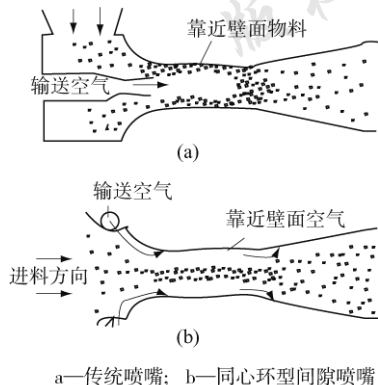
尽管传统文丘里供料器存在上述缺点, 但在稀相输送中仍得到广泛的应用。同时人们针对这些不足不断地进行了改型, 比如, 针对被输送物料不能流畅进入供料器、输送量难以控制的缺点, 设计了带有缓冲器和止逆阀的文丘里供料器, 见图 4。缓冲室的作用是防止物料不稳定流动造成的供料器堵塞。一般缓冲室容积至少需能储存 90 ~ 120 s 正常输送的物料量。止逆阀的作用是防止由于物料不稳定流动, 喷嘴在缓冲室内产生过度负压造成的输送异常。当缓冲室内负压超过设定值时, 该阀向内补充空气。止逆阀的开启压力与喷嘴设计有关, 一般约为 0.5 ~ 2.5 Pa。由于一些物料在缩放管内高速运动对其内表面产生磨损, 故常将缩放管设计成可更换型式。

如果输送能力明显降低,应及时更换缩放管或临时将缩放管转动 180° 。流态化底板的作用是使缓冲室内的物料更容易进入缩放管内。该板要求装卸、更换容易,便于清理缓冲室。采用同心环型喷嘴,可使压缩空气沿管壁进入缩放管,有效防止缩放管内一部分物料由于扩散作用压向管壁形成料饼粘附到管壁上,同时物料与气流方向一致,不会造成物料与气流垂直进入供料器造成流动的紊乱,见图 5。



1—料室; 2—喷嘴; 3—流态化底板; 4—手动调节阀及管路;
5—缩放管; 6—连接管; 7—压力表; 8—缓冲室; 9—止逆阀

图 4 带缓冲器和止逆阀的供料器
进料方向



a—传统喷嘴; b—同心环型间隙喷嘴

图 5 同心环型间隙喷嘴与传统喷嘴物料流动比较

5 组合式供料器

将旋转叶片供料器或螺旋式供料器与文丘里管组合,即在供料器出口处安装文丘里管,可弥补因泄漏产生的输送异常,同时减轻因料流太快使文丘里管丧失作用的程度,但两者的输送量必须匹配或使文丘里管的供料能力略大一些。这种组合式的供料装置已在许多气力输送系统中使用。

高速螺旋文丘里管道气力输送泵就是一种将传统的文丘里技术与可靠的螺旋输送机械有机地结合,然后进一步对文丘里部分作优化设计并把螺旋

输送机械的转速提高,使之成为结构简单、体积紧凑、性能稳定、动力消耗低、输送范围广,以及经久耐用的新一代管道气力输送泵(见图 6)。它是将输送的物料通过料斗落入高速螺旋机械里并被快速送到输送泵前端的混合室,再经文丘里技术使物料被裹挟到气流之中,从而达到输送的目的。输送气源一般由罗茨风机或空气压缩机提供,用于高、低压气力输送系统。

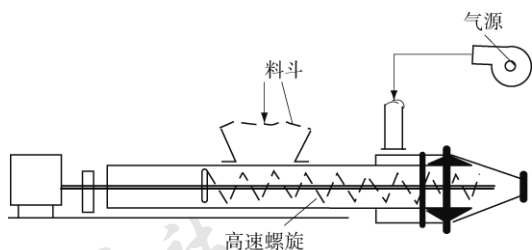


图 6 高速螺旋文丘里里气力输送装置结构示意图

高速螺旋文丘里里管道气力输送泵有几个明显的技术特点:首先是物料被高速螺旋机械输送至泵前端再由气流加速输送时,物料的水平速度已经达到 $0.6 \sim 1.2 \text{ m/s}$,因此该泵的动力消耗远比那种把物料由静止开始加速输送的气力输送装置低。第二是该泵的环型喷口处物料在管道中间运动,空气在管壁附近运动,形成了“气包料”效应,并能维持数米远的距离,而这一距离正是物料的加速度区,亦即物料受力作用最强烈的区域,故这种效应能有效地防止脆性物料及坚硬物料与管壁碰撞而造成物料破碎或者管壁的磨损。这种型式的供料器适用于连续式、大容量、长距离输送,各种粒径不等的混合物料的输送,大颗粒(65 mm 以下)块状物料的输送,含水量较高的物料的输送,怕破碎的物料和坚硬物料的输送,以及温度达 200°C 左右物料的输送和多点输送。

6 结语

通过对物料气力输送各种供料方式的比较可看出,对于正压输送,供料器的选择和设计对整个输送系统非常重要,它影响到整个输送系统能否正常运行。机械式连续供料器(旋转叶片、螺旋式)由于不可避免的泄漏,将会使容积效率下降,严重时会影响物料的下落。容积式供料器可以实现高压、密相输送,节约压缩空气,输送效率高,对管道的磨损小,对物料粒子破碎的影响也小,但容积式供料器为间歇式输送,特别是小规格容积式供料器在输送结束时阻力自动下降,易造成输送气量显著增大,输送速度加快,使其优点在此时已不复存在。

将文丘里供料器与机械式连续供料器组合使用, 可以同时改善两者单独使用时存在的问题。

参考文献

1 《运输机械设计选用手册》编辑委员会. 运输机械设计选用手册

(上册). 北京: 化学工业出版社, 1998. 353

2 《化学工程手册》编辑委员会. 化学工程手册. 北京: 化学工业出版社, 1987. 230

3 张散荣. 散料输送与贮存. 北京: 化学工业出版社, 1994. 274

COMPARING AND ANALYZING OF THE FEEDING MODE IN THE PNEUMATIC CONVEYING

Li Yong

(M/E College, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

Li Yali

(Qingdao Mesnac Co. Ltd., Qingdao 266045, China)

ABSTRACT The performance, characteristics and applications of the several kinds of the feeding modes in the pneumatic conveying are compared and analyzed. The practical problem of the conventional Venturi feeders is discussed. The new kinds of ejectors using at home and abroad, including its structures, properties and purposes are introduced. The combination of two kinds of feeders, for example, the combination of Venturi feeder and continuous mechanical rotating feeder might improve its present problems in using respectively.

KEYWORDS pneumatic conveying, feeder, Venturi pipe

PBT 应用开发迫在眉睫

聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)作为一种结晶性的饱和聚酯具有耐高温、耐湿、电绝缘性能好、耐油、耐化学药品、成型快等特点, 而且价格适中, 因此在国内外发展迅速, 被广泛应用于汽车、电子电气、高科技等领域。目前全球的 PBT 消费量约为 45 万 t/a, 预计未来几年将以年均 8% 的速度递增, 其中汽车和电子电气的消费量约占全球 PBT 总消费量的 70%。

随着 PBT 消费的增长, 对其性能也提出了更高的要求, 国外发达国家和地区近年来开发出各种改性新产品和加工应用新技术。他们采用纳米技术和合金化、复合化等措施来提高 PBT 的耐冲击性、流动性、阻燃性等, 其应用研究主要集中在汽车零部件方面。

目前国外已大量采用 PBT 合金技术, 产品很多。如 PBT/ABS 合金可用于汽车内饰件、家用电器外壳等; PBT/PET 合金可用于汽车方向盘连接件、电气接插件等; PBT/聚丁二烯合金可用作汽车保险杠等; PBT/SMAN 合金可用于汽车底部、盖、内部装饰等部件; PBT/PPO 弹性体可用于汽车包装部件、电子电气和仪表零部件等; PBT/EPDM 合金可用于汽车减震套管、散热器支撑系统、电动活塞、减震轴承等。

除此之外, 近年来国外又开发出一些性能更为优良的 PBT 树脂和合金制品, 提高了其使用性能, 拓展了 PBT 应用领域。如光缆光纤级 PBT 树脂是采用对 PBT 树脂进行后缩聚增粘处理制得的粘度较高的树脂, 可用作光纤套管。随着信息工业的快速发展, 对其需求增长迅猛, 而目前国内这种内光纤级 PBT 几乎全部依赖进口。

无卤阻燃是 PBT 发展的另一重要方向。随着全球阻燃剂无卤化的发展, 以前使用溴系阻燃剂制备的阻燃 PBT 以后将逐渐减少, 而采用一些无机填料和磷系阻燃剂的阻燃 PBT 将被广泛应用到高温、高热场所, 主要应用于电子电气

行业。

可替代陶瓷、玻璃、铝等建材的高密度 PBT(密度达 2.4 g/cm^3), 以及玻纤增强低翘曲 PBT 的应用市场均有发展潜力。特别是后者基本解决了工程塑料存在的制品易产生翘曲的问题。巴斯夫公司采用聚合共混技术开发的玻纤增强 PBT/ASA, 其制品翘曲很小, 价格与普通 PBT 相当; 杜邦公司也开发出低翘曲 PBT 合金。这些产品主要用于电器、家庭用具和汽车工业。

随着我国汽车工业和电子电气产业的高速发展, 对 PBT 的需求量也在快速增长。2002 年我国 PBT 的消费量约为 1.3 万 t 左右, 其中, 国内 PBT 产量约为 6600 t, 进口量超过 6000 t, 预计未来几年将保持年均 12% 的增长率, 2005 年我国 PBT 树脂的消费需求保守估计约为 1.8 万 t。

尽管我国 PBT 进口产品仍占据相当比例, 但是与其它主要工程塑料相比国产化率还是非常高的, 可以说 PBT 树脂在工程塑料产品中是国内发展较好的品种之一, 但是与国外发达国家的生产水平相比差距仍比较明显。长期以来制约我国 PBT 工业发展的主要有两大因素: 一是 PBT 树脂所用原料 1,4-丁二醇不配套, 国内供应不足, 价格受国际市场影响的波动较大, 价格较高时, 使 PBT 生产厂家难以承受; 二是我国 PBT 的后加工和应用领域开发力度不够, 尤其是供电子电气、汽车使用的 PBT 新品种特别少。

近年来国内数家企业正在或规划建设规模化 1,4-丁二醇装置, 而且有部分企业规划建设规模化的 PBT 装置, 其生产能力将有较大增加, 因此今后我国 PBT 原料的供应不成问题, 为了适应我国 PBT 生产能力的增加和汽车、电子电气工业的需求, 加快我国 PBT 应用研究开发已经成为当务之急, 我们要紧跟国际发展潮流, 促使 PBT 产品向高性能化、多功能化、系列化方向发展。

(顾伟)