

一种新型连续供料气力输送装置

罗驹华¹ 徐德龙² 肖国先²

(1. 盐城工学院理化测试中心, 盐城 224003; 2. 西安建筑科技大学粉体研究所, 西安 710055)

摘要:针对传统仓式泵的缺点, 介绍了一种能连续供料的新型气力输送设备。并对该设备进行了周期供料与连续供料试验研究, 结果表明该设备能实现连续供料 40 min, 连续输送仓式泵的产量比同规格的单仓泵高 30% 左右。

关键词:气力输送; 仓式泵; 稀相; 密相

中图分类号: TQ051.2

文献标识码: A

A new kind of pneumatic transporter for continuous stock feeding

LUO Ju-hua¹, XU De-long², XIAO Guo-xian²

(1. Physical Testing and Chemical Analysis Center, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, China;

2. Institute of Powder Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: By comparison of shortcomings to the traditional cone pump, a new kind of pneumatic transporter for continuous stock feeding is introduced. Experiments on periodic and continuous stock feeding show that the transporter can feed stock continuously for 40 min, the production capacity of continuous cabin pump is 30% higher than the single cabin pump of the same specifications.

Key words: pneumatic transport; cone pump; dilute phase; dense phase

气力输送一般分为流态化气力输送和栓流气力输送两种方式。流态化气力输送, 即在充气罐底部装以流化板, 通入 0.5 MPa(表压)的高压空气, 使物料流态化后, 靠动压输送。采用栓流气力输送时, 颗粒在输送管内呈断续的填充状态, 物料靠静压输送。栓流输送静压一般为 0.2 MPa(表压)左右^[1]。任何一种气力输送方式均需要一个把物料送入管道的装置。仓式泵就承担着这样的任务。现有的仓式泵主要有单仓泵和双仓泵两种。单仓泵输送物料是非连续的, 双仓泵输送物料是半连续的。这两种泵都需装许多阀门, 其中一些阀门易受磨损(例如排气阀), 而且控制复杂。随着输送量和输送距离的进一步扩大, 原有的这些气力输送装置已不能满足现代化大生产的要求。

1 研究现状

气流速度、料气比、适用范围、自动化控制等问题已成为气力输送供料装置的改进焦点。国内外已

有公司从研究开发低速、低压、连续、密相栓流新技术着手从根本上解决这些问题。这是一种在管道内输送散状固体物料的新技术, 可在输送过程中同时加热、冷却和烘干^[2]。它的主要优点在于^[1]: 当速度减少或粉料流量增大时, 它比低料气比的物料输送具有较高程度的系统稳定性。只要物料颗粒的内摩擦角大于壁摩擦角, 均可采用这种输送技术^[3], 能满足这种条件的物料十分广泛。国外把这种技术用于对药品、谷物、水泥和砂糖等几十种物品的输送。这种技术特别适用于输送直径不大于 8 mm 的颗粒状物料或粉状物料^[4]。对于脆性大的粉体(如磷酸盐)要实施气力输送就必须采用这种输送技术^[5]。

日本电气化工程技术公司(DCE)曾开发出了省能型高浓度空气输送系统, 此系统比单仓泵可省电 20%, 建设费可节约 10%^[6]。

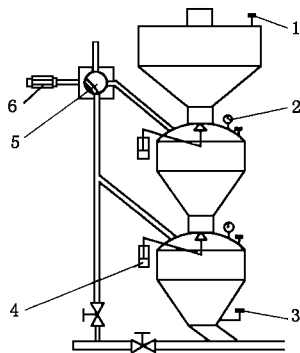
脉冲气刀式气力输送是近些年才发展起来的新技术。这项技术属于低速、低压、密相栓流输送, 该装置由贮气罐、发送系统、控制系统及附件等组成。河

北省辛集市建材机械厂制造的 CMB 型脉冲泵比单仓泵省电 50%。湖南省湘潭电工机械厂制造的 MQ 系列脉冲气刀式输送装置比单仓泵省电 50%^[7]。

这些输送装置在一定程度上体现了节能、高效,但均不能实现连续输送。

2 新型连续输送仓式泵

为了实现连续稳定供料,笔者开发了一种新型气力输送设备。该设备由 3 个仓串联组成,顶部仓是一个普通的贮料仓,中部仓和底部仓是压力仓,如图 1 所示。



1—顶料位计;2—电接点压力表;3—底料位计;
4—气缸;5—三通球阀;6—步进电机

图 1 连续输送仓式泵

这种连续输送仓式泵的工作原理是:当底部仓将要卸空时(由底部仓底料位计探测),步进电机带动三通球阀转动一定角度,使底部仓和中部仓相通,这时,底部仓会往中部仓充气。当底部仓和中部仓压力相等时(由电接点压力表探测),在气缸作用下两仓间的阀门被打开。中部仓的贮料流向底部仓将其装满(由底部仓顶料位计探测),然后在气缸作用下,两仓间的钟阀关闭。步进电机带动三通球阀转到另一位置,使中部仓与大气相通,这时,中部仓会放气。当中部仓压力降到与外界大气压相等时,在气缸作用下中部仓与顶部仓间的阀门被打开,物料从顶部仓流入中部仓。中部仓装满料后(由中部仓顶料位计探测),在气缸作用下两仓间的钟阀关闭。一个循环结束,以后再重复以上过程,实现连续供料。

这种连续输送仓式泵有以下特点:

①输送和装料过程互不影响。底部仓在装料的过程中,物料输送过程不停止,这样既提高了输送产量,又节约了能量。

②仅当上下两仓压力相等时,物料才会顺利地

由上部仓流向下部仓。这就不像单、双仓泵,由于压差的作用,物料通过时会对阀门造成很大的磨损。

③在单、双仓泵中有排气阀,这种阀容易损坏,严重影响输送。而该泵不用排气阀,这样停机检修的时间也就减少了。

④每个仓下部都装有流化棒助流装置。流化棒助流装置的主要作用在于避免了物料在料仓内的不稳定流动,消除料仓内的不流动区域,形成先进先出的流动,解决了结拱和下料不畅等问题。

3 试验

3.1 操作参数的选定

试验用物料为耀县水泥厂生产的秦岭牌水泥,平均粒径为 $25\ \mu\text{m}$,含水量为 0.7%。输送管径为 25 mm,水平距离为 50 m,垂直距离为 8 m。

试验过程中操作参数的合理选择是非常重要的。当顶部仓流化风压力大于 0.20 MPa 时,顶部仓冒灰很严重。为了减少顶部仓水泥的卸料时间与顶部仓冒灰现象,选顶部仓流化风压力为 0.20 MPa(流化风压小,可减少顶部仓冒灰,但是不利于卸料)。底部仓输送压力过高,整个系统能耗会增大。在保证能顺利输送的情况下,尽量减小输送压力,有利于节能。试验中选输送压力为 0.25 MPa,同时底部仓流化风压取为 0.25 MPa。因为在卸料过程中,中部仓压力要达到和底部仓压力相等,中部仓流化风压力应大于底部仓压力才能够保证流化风加到中部仓内,所以试验中控制中部仓流化风压力不低于 0.30 MPa。

在离底部仓的出料口 50 mm 处的输送管道上,增设气刀,气刀压力必需大于输送压力才能起作用,试验中取为 0.30 MPa 或 0.40 MPa。输送时的不同固气比是靠改变供料和供气的时间(简称料时和气时)来实现的。料时和气时的比值越大,固气比就越大,节能降耗效果就越明显。但是,过大的固气比会导致管道堵塞而无法输送。试验中取最大的料时和气时的比为 3:1。

3.2 试验方案

把试验分为周期供料试验和连续供料试验两部分。周期供料试验主要是讨论在一个供料周期内不同的操作参数,这种仓式泵是否存在连续供料的可能性。连续供料试验主要是讨论该设备长时间连续运转的情况。选料时和气时之比分别为 1:1、2.5:1 和 3:1(即料气比由小变大),在不同气刀压力下,分别测定中部仓充气、放气和各仓卸料的时间。

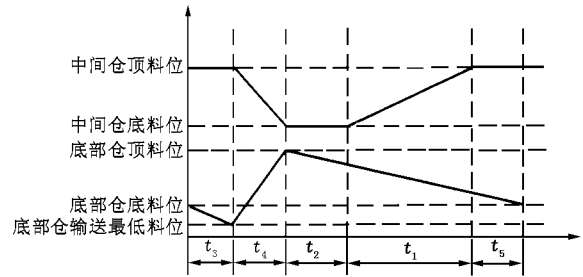
4 结果与讨论

4.1 周期供料试验

把物料进入顶部仓再通过底部仓送完所需要的时间称为 1 个输送周期。1 个输送周期内中部仓和底部仓料位随时间的变化如图 2 所示。

由图 2 可知：

- ① 稳流仓式泵的运行周期 $t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ ；
- ② 周期产量为中部仓贮料量 G ；
- ③ 只有 $t_5 \geq 0$ 才可能实现连续供料。即底部仓料位由设计的最高点，降到设计的最低点所需时间必须大于或等于中部仓进料时间与中部仓放气时间之和，才能实现连续供料。



t_1 —顶部仓卸料的时间； t_2 —中部仓的放气时间； t_3 —底、中部仓的压力平衡时间； t_4 —中部仓卸料的时间； t_5 —中部仓等待卸料时间

图 2 一个周期内中部仓和底部仓料位随时间的变化示意图

分别测出在一个周期内顶部仓卸料时间、中部仓放气时间、底部仓和中部仓压力平衡时间、中部仓卸料时间及底部仓送料时间，试验结果见表 1。

表 1 周期供料试验

控制参数		时间/s					连续性验证
料时/s	气时/s	顶仓卸料(t_1)	中仓放气(t_2)	底中仓仓压平衡(t_3)	中仓卸料(t_4)	底部送料(t)	$t - (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$
1.0	1.0	20	70	77	28	324	129
2.5	1.0	20	70	75	29	330	136
3.0	1.0	21	76	71	25	335	142

由表 1 可知，在不同的料时和气时情况下， $t_5 = t - (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$ 均大于零，即当底部仓料送完之前，中部仓总能保证及时把底仓装满料，使底部仓送料过程不间断，故该装置有实现连续送料的可能。

4.2 连续供料试验

在不同的操作参数下，对该系统进行连续供料试验，结果见表 2。

表 2 连续供料试验

料时/s	气时/s	气刀压力/MPa	各仓流化空气压力/MPa			输送压力/MPa	连续运行时间/min
			底仓	中仓	顶仓		
1.0	1.0	0.30	0.25	0.30	0.20	0.25	40
		0.40	0.25	0.30	0.20	0.25	40
2.5	1.0	0.30	0.25	0.30	0.20	0.25	40
		0.40	0.25	0.30	0.20	0.25	40
3.0	1.0	0.30	0.25	0.30	0.20	0.25	40
		0.40	0.25	0.30	0.20	0.25	40

由表 2 可知，在不同的操作参数下，系统均能实现连续供料 40 min，而且还可以继续连续供料。按每送完 1 仓料需 7 min 估算，40 min 能连续送完 6 仓料。因此，该系统能实现连续供料。单仓泵在 1 个

输送周期内，压力仓在放气和进料这两段时间内是不送料的。从图 2 可以看出，连续输送仓式泵在这两段时间（即中部仓卸料时间和中部仓放气时间）内还继续送料。由此可见，连续输送仓式泵的产量要高于单仓泵。由表 1 可知，中部仓卸料时间和中部仓放气时间之和约占总输送时间的 1/3，由此可以估算，连续输送仓式泵的产量要比同规格的单仓泵高出 30% 左右。

5 结束语

周期供料和连续供料试验结果表明，连续输送仓式泵能实现连续输送且输送过程稳定。该试验装置在汉中水泥厂得到放大使用，节能增产效果明显。这种泵比单、双仓泵应用范围广，对于必须连续供料的密相气力输送系统，不能用传统的单、双仓泵，可以使用该泵。

在实际工程应用中，应注意以下几点：①为了减少放气时间，可以加大放气管径；②钟阀的设计、加工与安装应力求精确，否则系统会因漏气而无法运行；③气刀处应装有流量调节阀；④气刀压力要高于罐体压力，差值不要超过 0.20 MPa。

(下转第 44 页)

+ FGD 抗衡时,IGCC 才有可能在发电市场上获得一定数量的应用,乐观地估计,这个目标将在 21 世纪初实现。

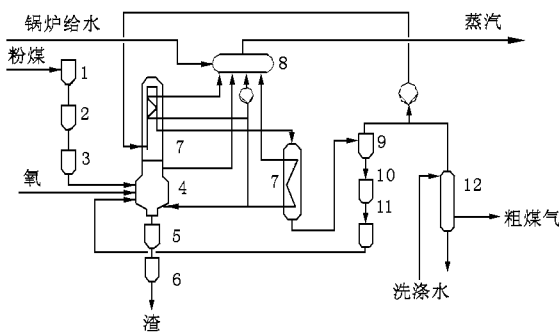
发展 IGCC 技术的关键应该是煤的气化技术、粗煤气的净化技术以及高温高效率的燃气-蒸汽联合循环发电技术。

2 Prenflo 粉煤气化

Prenflo 粉煤燃料的气流床(携带床)(pressurized entrained-flow gasification)技术由 Krupp Uhde 公司开发,该技术继承了 K-T 炉的优点,适用的原料范围宽,硬煤、褐煤、烟煤、石油焦等都可作为气化原料。

①可以气化高灰分、高含硫煤,预处理时要求硬煤粉 75% 的粒径 < 0.1 mm,含水量为 2%,褐煤粉 75% 的粒径 < 0.1 mm,含水量约为 6%。经预处理的煤粉,用压缩空气送入常压旋风过滤器。

②工艺流程见图 1。



1—常压旋风过滤器;2—闸式料斗;3—常压进料斗;
4—Prenflo 气化室;5—集渣器;6—闸式渣斗;7—余热锅炉;
8—汽包;9—过滤器;10、11—闸式料斗;12—洗涤器

图 1 Prenflo 工艺流程示意图

气化煤经过破碎、研磨、干燥后,粉煤粒度达到有 70% ~ 80% 通过 20 目的筛孔,由自动闸门储料器系统将粉煤自旋风过滤器送至常压进料斗,粉煤在常压进料斗内通过氮气输送,与氧、蒸汽一起送入气

化炉喷嘴。炉膛内火焰温度达 2 000℃,气化炉内衬循环锅炉水管,煤中灰渣形成遮蔽层保护气化炉外壳,冷却管内产生饱和蒸汽。自炉中排出的液态渣在集渣器中冷却成固体。集渣器中有破渣机,可将较大的渣块破碎。灰渣临时收集在灰锁斗内,并定期将渣排出系统。反应生成的粗煤气进入废热锅炉,在此处经激冷气循环压缩机输送到废热锅炉的激冷煤气激冷后混合,煤气温度约为 900℃,粗煤气夹带的熔渣变成固体,废热锅炉产生高压蒸汽,混合煤气出废热锅炉经过滤器除尘分离后大部分进入洗涤塔,经洗涤塔除尘后含尘量为 1 mg/m³ 的煤气送往后工序。飞灰经闸式料斗循环返回气化室的喷嘴。

气化炉大体分为两部分,下部为气化室,上部为废热锅炉,副产高压蒸汽。两者的交界处为激冷煤气入口。气化室中有 4 个喷嘴,在同一水平面上对称布置。气化炉的内衬也为锅炉水(此点与 Shell 气化炉相似)并副产中压蒸汽,气化炉的下部为排渣口。

建于西班牙 Puertollano 的 IGCC 发电装置净发电能力为 300 MW,混合燃料的日处理为 2 600 t,产煤气 430 万 m³/d,约 26 MPa 下气化,气化炉的壳体直径为 5 m,气化室内直径为 4.5 m,炉高 45 m,气化炉总框架高为 76 m。

Prenflo 气化炉的气化指标见表 1。

表 1 Prenflo 气化炉与 K-T 炉的气化指标对比

	K-T 炉	Prenflo 气化炉
原煤耗量/t	1.13	1
氧气(98%)耗量/m ³	1.24	1
粗煤气产量/m ³	1.03	1
(CO + H ₂)产量/m ³	0.91	1
冷煤气效率/%	73.4	80.8

注:氧耗量为每公斤煤的消耗量,粗煤气、(CO + H₂)为每公斤煤的产量;以 Prenflo 气化炉各项值为 1,K-T 炉为相对值。

(上接第 42 页)

连续输送仓式泵有望取代能耗高、效率低的单、双仓泵,广泛应用在化工、冶金和食品等行业。这将大大减少能耗,提高产量,给企业带来巨大的经济效益。

参考文献

[1] 坂下摄,李克永,杨伦,等.实用粉体技术[M].北京:中国建筑工

业出版社,1982

[2] 白礼懋.水泥厂工艺设计实用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997
[3] 上法贞贞,阮少明,许尚宏,等.粉粒体的空气输送[M].北京:电力工业出版社,1982
[4] 金星.脉冲气力输送[J].水泥,1980(3):49~51
[5] 黄标.气力输送[M].上海:上海科学技术出版社,1984
[6] 白增辰.CP20 型单仓泵的使用维修[J].水泥,1989(3):40
[7] 刘明红.喷射泵的两点改进[J].水泥技术,1996(1):55