天然气—凝析液混输管道段塞流的控制措施

王春瑶　朱丽静
（中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司）

王春瑶等.天然气—凝析液混输管道段塞流的控制措施.天然气工业,2008,28(11):106-108.

摘　要　气液混输的集输工艺简化了气田集输系统流程,操作运行简便,适用无人值守的操作管理方式,已在国内陆上几个大型气田得到应用。但气液混输管道中常出现段塞流,段塞流对管道具有振动性破坏并导致管道末端工艺处理设备的不稳定运行。介绍了容器式、多管式等捕集器,针对气液混输管路提出分离器兼做容积式捕集器、分段清管法等设计措施,并以长北气田某集气干线为实例,讨论了缓解段塞流的生产运行措施。

主题词　天然气　管道　混输　段塞流　控制　捕集器　清管器

为了适应工业发展的需要,气田集输管道从传统的气液分输工艺发展到气液混输工艺,气液混输工艺简化了集输流程,操作运行简便,但气液混输管道中常出现段塞流,其对管道具有振动性破坏并导致管道末端工艺处理设备的不稳定运行。笔者主要探讨天然气—凝析液混输管道的段塞流解决措施或缓解措施。

一、段塞捕集器

1.容器式捕集器

容器式捕集器的结构和设计方法与气液分离器无本质的差别,从几何形状上可分为:简单的单个分离器和较复杂的多个分离器并联布置。在给定容积条件下,容器式段塞流捕集器的总长相对较短,当布置场地受到限制时选用这种捕集器较为理想。此外,容积式捕集器便于保温和保持流体的流动性,有较大容积空间和停留时间使气液分离和泡沫破裂,因此对于泡沫成为气液分离主要问题的油流和易凝固的高黏原油,一般采用容积式捕集器。但如果收集的液体量较大,应选用其他类型段塞流捕集器,壳牌集团的 DEP 标准规定当储存液体体积大于 100 m^3 时,应当采用多管式或环管储存式捕集器[1]。

2.环管储存式段塞捕集器

环管储存式段塞捕集器可避免逆向流问题。在这种设计中,分离部分和储存部分实际上是分开的,其主要由一台大分离器及与分离器液体出口连接的一根长环管组成。进入分离器的气、液流在此分离。当分离器的液位上升很快时,表明不是气、液混合物而是段塞正在到来,限制分离器的出口气流,迫使液体流入环管。此时,环管的另一端向下游设施打开,气体随之一并被驱出。对储存的液体,用高压气体将其作为液塞予以排出,或者可将其排放到下游处理装置,见图 1。储存环管可以埋地敷设,节约空间,但要求操作程序极为严格、可靠。

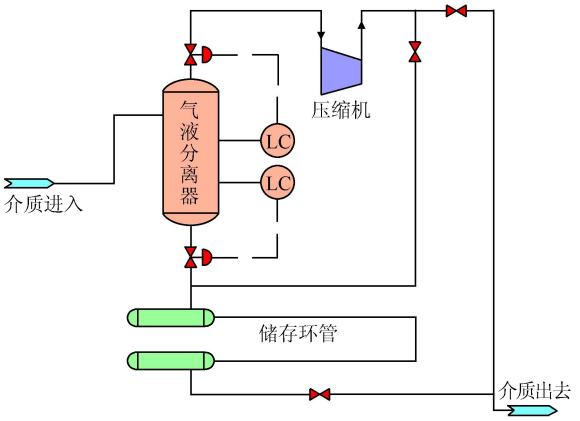

图 1　环管储存式段塞捕集器示意图

对于采用气液混输工艺的陆上气田,随着气田不断开发,气藏压力逐渐下降,井口压力不能满足集输管道的输送压力要求,需在集气站设置增压装置。在增压装置前设置分离器,将液体从气体中分离器出来,段塞来临时瞬间液量过大,在此设置段塞捕集器,防止分离器失效,液体进入压缩机。若设置其他形式段塞捕集器,捕集后的液体不能进入增压后的气体管道,要么单独储存起来或由泵对液体增压后

作者简介:王春瑶,1966 年生,高级工程师;长期从事气田地面建设工程和油气储运设计工作。地址:(610017)四川省成都市小关庙后街 25 号。电话:(028)86014910。E-mail:wangchunyao@cpe-sw.com

再与增压后的气体混合输送至下游处理厂,其流程复杂,工程投资高,操作运行费用高。

3.多管式捕集器

多管式捕集器由分配管汇、气液分离段和液体储存段三部分组成。气液两相进入分配管汇,使平行管内的介质流量均匀,降低气液流速,使之变为分层流型,便于气液分离,储存段应容纳各工况产生的最大液量。多管式捕集器可采用标准管材制作,因此它在高压容器设计方面具有费用上的优势。这种类型捕集器不仅具有较大的灵活性,适应的流量范围大,能按现场的不同几何形状进行布置,而且容易操作,不需任何流量控制器。缺点是储存段设计不正确时会加大出口气体对液体的夹带量。

二、控制段塞流设计措施的选择

1.分离器兼做容积式捕集器

对于大多数气田,气田开发前期管道中液量较少,在气田开发后期,一方面气量减少,另一方面出现气田水,除了清管等非正常工况产生的液量增加外,正常生产的液量也增加许多。若单独为其设置捕集量大的多管式捕集器,是很不经济的。设计上利用管道末端的分离器兼做容积式捕集器,来解决清管工况下出现的段塞流。该分离器通过上游入口阀门控制流量来保持进入分离器液量及压力稳定,工艺原理流程见图 2。

分离器入口管道上控制阀 LCV014 控制进入分离器流量,LICA014、FICA204 控制 LCV014。正常情况下 LT014 的液位设定高于 LT011 的控制液位,使入口控制阀 LCV014 处于全开状态;当上游有段塞流来到分离器,若液位控制阀 LCV011 在全开状态仍使分离器液位超过 LICA014 的设定值,此时 LCV014 开度减少,控制进入分离器的液体流量;LCV014 优先接受 LICA014 高限值或下游装置流量计的低限值,防止控制阀 LCV014 开度过大或过小,保持向下游装置提供较稳定的气量。

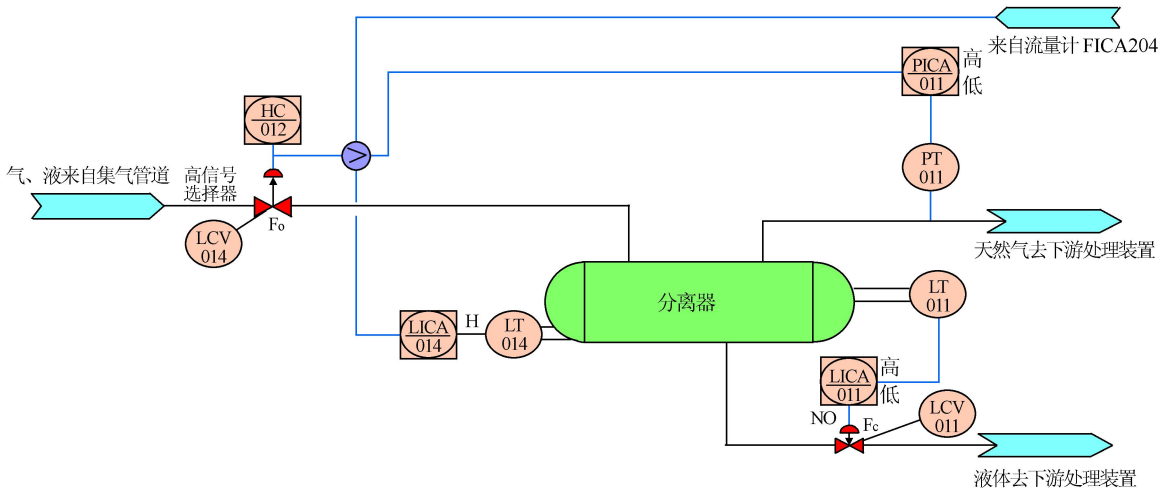

图 2　分离器控制原理流程图

由于未设置专门的段塞流捕集器,采用此方式需结合分离器的工艺设计,首先从分离器选择来看,分离器还应有将液体提供给分离器下游处理设施的液体缓冲容积,必须容纳较大量液体,那么选择水平容器合适。此外分离器的排液阀还需与下游液体处理设施的能力相结合,防止流向下游液体的速度大于液体处理设施的排泄能力。

2.分段清管法

若未在集输管道末端设置大型捕集器,为了减小因产量提高、清管产生的段塞,对集输管道进行分段式清管,让上游管段液体进入下游管段,由气流将液体较平稳地带到末端,不至于产生较大的段塞。通过软件模拟计算各段持液量和清管产生的液量,合理安排清管站间距,使各段产生较小的段塞,最末段的清管产生液量必须小于段塞捕集装置的捕集能力。设计中应结合工程具体情况,对设置中间清管站和段塞捕集器的尺寸进行技术经济对比,确定增大段塞捕集器还是设置中间清管站。

3.其他设计措施

气液混输管道在丘陵地形的诱导下,管内常会产生具有高度脉动性的段塞流,对管道造成振动性破坏及末端处理设备的不稳定运行,管道的长度及地形也影响管道的持液量。为此,管道应尽可能避开高落差地段,防止严重段塞流产生;气田集输管道

末端的处理厂(站)应设置在气田中央,使集输管道长度最短,管道中的持液量随管道长度变短而减少。根据气田井位布置及进行技术经济对比,最好布置两根或多根集气管道进厂(站),这样不但减小段塞捕集器的尺寸,而且防止单根管道进厂(站)内段塞过大引起末端处理设备"跳闸",出现全厂(站)瞬间断流的危险。

三、缓解段塞流的生产运行措施

1.提产工况段塞流的缓解措施

气田开发初期只有一部分各井(站)投产,管道输量处于低负荷状态,管道中流型大多数为波层流、波浪流,输气量小时其持液量大,反之增大输气量时,气体流速增大,在相同水力摩阻的作用下,液体流速增大,大量液体被气体带到管道末端,直至排出管道,起到清管作用,管道中持液量减少。

长北气田采用气液混输工艺通过南、北集气干线将各井丛的天然气输至中央处理厂,对其进行集中脱水和脱烃处理,其中北集气干线管径为∅610 mm,总长 43.3 km。根据北集气干线所辖井丛的开采时间,北集气干线被分为两期建设,一期北集气干线长 24.2 km,二期通集气干线长 19.1 km。

C1 井丛先投产,产量从 96.6×10^4 m^3/d 提高到 199.6×10^4 m^3/d;然后 C2 井丛投产,产量从 49.8×10^4 m^3/d 分别提高到 150.8×10^4 m^3/d、222×10^4 m^3/d;接着 C3 井丛投产,产量达到 156×10^4 m^3/d。通过软件计算上述工况下管道的持液量,见表 1。

从上面计算可看出,随着输气量增大,管内持液量降低。因此在生产运行管理过程中,若有新井投产时,应当缓慢开井投产,让气井产量逐渐达到预定产量,防止开井提高产量的速度过快,让管道末端液量十分缓慢地进入管道末端的处理厂(站),避免产生较大的段塞流。

表 1　井丛提产时北集气干线的持液量计算表

C1 井丛		C2 井丛		C3 井丛		持液量 (m^3)	进中央处理厂压力 (MPa)
产量 (10^4 m^3/d)	进干线处压力 (MPa)	产量 (10^4 m^3/d)	进干线处压力 (MPa)	产量 (10^4 m^3/d)	进干线处压力 (MPa)		
96.6	4.701	/	/	/	/	9.7	4.70
199.6	4.703	/	/	/	/	7.7	4.70
199.6	4.705	49.8	4.707			87.6	4.70
199.6	4.710	150.8	4.718			50.5	4.70
199.6	4.715	222	4.734			44.2	4.70
199.6	4.727	222	4.788	156	4.788	39.4	4.70

2.使用旁通式清管器

旁通式清管器是一种专门为天然气—凝析液两相管道设计的清管器,由一个中央圆筒连接清管器的前端和尾端,气体通过中央圆筒由清管器前端的折板流向管壁,改变支撑于前盘上折板与前盘的间距来调节旁通通道的大小。清管时旁通气体吹扫清管器前的段塞,使液体分散,到达管道末端的液体峰值流量减小。

旁通式清管器的使用只能减少所需段塞捕集器的尺寸,不能彻底根除段塞流问题,但可作为解决段塞流的辅助措施,与段塞捕集器配套使用。此外旁通清管器中心圆筒的直径较小,流体通过中心圆筒时产生节流温降,输送介质温度较低时易形成水合物堵塞中心圆筒,特别是管道内有固体杂质存在时,更易堵塞清管器的中心圆筒,缓解段塞措施失效。

四、结束语

气液混输管道的流动十分复杂,其流态通过理论关系式进行预测。对于多相管道的计算至今仍是一个难题,尽管国内外已推出几种软件,但这些软件适用一定的范围,在相同工况下不同软件的计算结果差异较大,严重影响段塞的预测计算。随着多相流混输技术的发展,对段塞流不断的深入研究,能准确预测计算段塞的大小及发生的频率,从而制定与之相适应的控制措施。

参 考 文 献

[1] SHELL. Design of multiple-pipe slug catchers EPT-DF. DEP 31.40.10.12[S]. The Netherlands: SHELL, 1998.

(修改回稿日期　2008-09-20　编辑　罗冬梅)