

天然气调压器设计原理及影响因素分析

王青袁佩李华伟

陕西长之河工程有限公司 陕西 西安 710000

摘要: 天然气从进口站输送到输配管网, 然后经输配管网输送到城市燃气管网均需要调压。天然气调压器是连接燃气管网的最重要设备。调压器的性能具有独特性, 以自立式调压器广泛作为天然气运输过程的一部分, 本文从力学的角度分析了自力式调压的设计原理, 并分析了管道出口压力和噪声等的影响因素。结果表明如想提高调压器运行可靠度, 应根据当地温度条件添加加热设备, 消除调压器的上下游温差, 以及去除天然气中的杂质等。

关键词: 天然气; 调压器设计原理; 影响因素

前言: 天然气调压器是天然气调压站的主要设备。其功能是将进口的高压力调节到所需的低压并保持恒定的出口压力。调压器是一种非常可靠的设备, 但是由于工作中会产生杂质, 运行参数影响和自动调节器失效等因素, 会影响其正常运行, 严重可能会导致运行中断, 甚至导致天然气供应中断。

1 天然气调压器设计原理

大多数自立式调节器具有三个部分: 指挥器、稳定器和调压器。不同之处在于, 有些制造商将指挥器和稳定器组合为一个设备, 而有些制造商则单独生产指挥器和稳定器, 后将两个控制单元连接到调压器的主体。图 1 是指挥器和稳定器分开为两个部分的自立式调节器的基本原理示意图, 图 2 是调压器各部件的结构示意图。在稳定器和指挥器部分分别有一个弹簧。弹簧产生的弹力与弹簧的弹力系数及其变形有关。指挥器可以通过更换外部调节螺钉改变弹簧变形。对于稳定器来说, 只有与弹簧相连的皮膜会影响弹簧的变形。现在分别以稳定器、指挥器和调压器主体中的三个皮膜 F1, F3, F4 为研

究对象, 分别进行受力分析 [1]。

$$\text{皮膜 F1: } FS_1 + FP_2 = FP_3 + FP_1 \quad (1)$$

$$\text{皮膜 F3: } FS_2 + F' P_2 + FP_3 + FP_4 = FP_2 \quad (2)$$

$$\text{皮膜 F4: } FS_4 + FP_2 = FP_4 \quad (3)$$

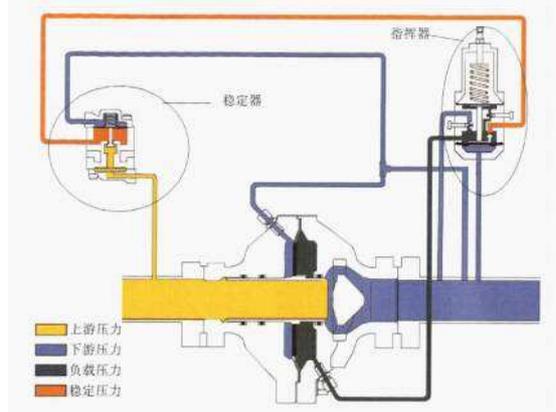


图 1 调压器基本原理示意图

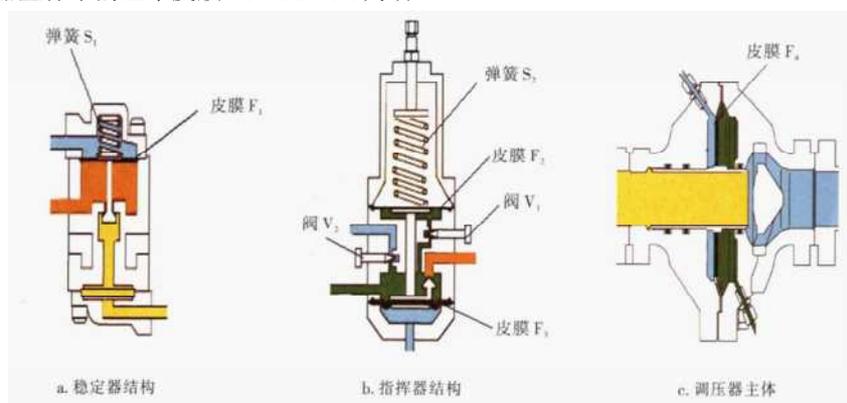


图 2 调压器各部分结构示意图

等式 (1) 表明, 稳定压力的大小是弹簧产生的弹力和皮膜上游和下游的压力决定的。稳定器产生的恒定压力由制造商确定。当压力超过设定值时, 上游气体进入的通道将自动关闭, 保证下游压力的恒定。稳定器通常配备有过滤器, 以防止气体中的杂质进入先导端口并阻塞端口引起故障。从等式 (2) - (3) 可以看出, 负载压力的强度取决于薄膜 F 的两个表面上的压力弹簧 S 所产

生的弹力、稳定压力和下游调节后的压力 F 的合力。因此, 每当先导阀的入口压力改变时, 隔膜 F3 两侧的压力的平衡状态都改变。当下游压力升高时, 皮膜 F 向上运动, 带着调节器的套筒也向右移动, 阀的开度减小并且工作压力减小最后使式 (1) ~ (3) 重新达到平衡。

随着下游压力的降低, F3 膜向下移动, 使稳定压力进入指挥器, 从而增加了增压压力。为了不改变稳定压力,

下游气体进入稳定器,在图2中,可以看到F4膜向左移动,并且带着压力调节器的套筒也向左移动。阀门开度增加。出口流量增加,出口压力增加。最后,方程式(1)-(3)返回到平衡状态。根据(1)-(3)可知,弹簧S:可以手动调节。换句话说,可以通过调节螺钉并测量出口压力来调节弹簧变形量。在调节阀门的出口压力的过程中,出口阀门不能完全关闭。必须降低压力时,必须将少量气体引入入口或大气中,并在出口侧泵出。用扳手调节螺钉时,移动应缓慢。检查仪表,直到显示所需的值。

2 天然气调压器设计影响因素分析

2.1 调压节流效应产生的影响

如果温差过高并低于天然气的参考温度,则管道和压力调节器的外表面会形成冷凝水和霜冻。潮湿的天然气会在管道中产生水合物,从而在控制阀或管道压力阀的入口处形成“冰堵”,并导致调节器故障,调压器上橡胶垫圈的使用寿命缩短。当调压后的埋地管道周边土壤含有水分,且管道介质温度较低时,管道周边土壤中的水分就会结冰。根据土壤冻胀机理,管道产生变形,局部产生应力集中,带来安全隐患。

2.2 工况参数的影响

①出口压力设定过低。出口压力设置过低时,天然气在阀芯与阀座闭合处的差压就会增大。当气体有杂质时,会加速冲刷阀芯和阀座,降低阀芯和阀座的关闭性能。当用气量较低或不用气的工况出现时,由于调压器不能关闭到位或不能完全关闭,造成调压器超压切断;②出口压力设定过高。在多路调压器联合运行,通过不同的出口设定值来控制调压器的运行路和备用路时,由于系统设计压力的限制,出口压力设定过高给安全保护切断设定值带来一定的影响。使得调压器出口设定值过于接近于安全切断值,在调压精度不高或天然气流量波动较大时,出现切断阀非正常切断故障;③下游天然气流量的影响。当流量发生突然变化时,流速也相应发生变化。由于附加动压的影响,调压器切断阀膜片处产生附加作用力和冲击,极易造成调压器切断阀切断,甚至出现切断阀阀杆发生因弯曲变形而发生断裂的情况。

2.3 管道噪声

管道噪声是由于天然气通过压力调节器后产生大量湍流运动,使部分流体在经过调压器扩口段后仍做不停的剧烈的漩涡运动,这些漩涡与流动通道以及与漩涡本身的接触将导致漩涡振动并产生很大的噪音。

3 控制对策与措施

3.1 控制调压节流效应影响的措施

①调压器导压管加装电加热带和电伴热带。加装电加热带局部加热调压器导压管内部介质,对导压管外辅以缠绕具有自限温功能的电伴热带,并在导压管外部包裹保温材料。通过这种方式,有效缓解调压器“冰堵”现象。同时,对于调压器后的管道材质,设计时应考虑采用耐低温管材;②采用水浴式换热器或电加热器加热。水浴式换热器可以采用天然气作为燃料,将水加热后,通过管道与天然气介质进行换热。电加热换热器内部加热元件将导热油加热后,通过管道对天然气介质进行换热。水浴式换热器或电加热器都可以通过对热负荷进行

自动调节,从而对天然气介质温度进行控制。这种方式可以从根本上解决天然气介质降温问题。但这种方式的缺点是投资较大,而且受用电负荷以及场地的影响。

3.2 控制工况条件及参数影响的措施

①正确设计和选型,提高调压器调节性能。设计时应合理选择调压器通过能力。在选择调压器通过能力时,应按照系统最不利工况(即最小进口压力,最大出口压力)进行计算通过流量,考虑进出口压力的变化对调压器通过能力的影响。同时校核调压器对最小流量的适应性;②正确配置压力信号采集管路。为了使调压器稳定工作,取压点必须位于正确的位置。通常在调压器出口和下游的取压点之间,须有一段长度大于等于4倍出口管径的直管段,在取压点之后,还须有一段长度大于等于2倍出口管径的直管段;③合理设定调压器系统压力。用户的实际情况比较复杂,用户的性格也有所不同。在符合规格和实际用户要求下,正确设置工作压力和安全压力。当前,内部法规尚未明确定义设计原则。欧洲标准EN12186提出了压力控制系统中的压力调节。如果压力调节器的出口压力在 $0.5 \text{ MPa} < p < 1.6 \text{ MPa}$ 范围内,则安全截止压力必须设置为 $PS = 1.2$ 秒。对于气体消耗波动较大的直接能量消耗者或耐磨用户,应特别注意固定值以及控制器输出值,传感器与压力保护值的显示和终止之间的过程。对于多路供气的调压器系统更是如此^[2]。

3.3 降低管道噪声

在高压天然气气体通过调压器后降低漩涡产生的管道噪声是维护调压器及管道正常工作的重要途径。借鉴工程中管道降噪的方法,针对调压器下游管道中漩涡产生的噪声可从降低管路系统工作雷诺数方面出发,通过增加调压器下游管道的管径,降低流速从而实现降低下游管路雷诺数的目的;也可在调压器下游加弹性材料,吸收湍流脉动噪声和冲击管壁噪声产生能量损失。

4 结语

天然气压力调节器是天然气分配网络的重要组成部分。因此,调压器的正常,稳定运行是燃气管网安全运行的可靠保证。压力调节器的性能不仅取决于设备的特性,还取决于各个方面,例如压力调节器的调压器节流效应、上下游用气的工艺参数、管道清洁度等。所以应该将压力调节器视为一个系统。在设计和选择,安装和调试,维护及其他连接过程中,应进行仔细的优化和控制,以确保天然气调压器的正常和稳定运行。

参考文献:

- [1] 史德化. 天然气调压器工作性能影响因素及对策分析[J]. 上海煤气, 2015(01): 7-9+13.
 [2] 陈功剑, 宋峰彬, 王丽丽, 黄刚. 天然气调压器设计原理及影响因素分析[J]. 天然气与石油, 2011, 29(03): 67-71+89.