

天然气输配节流过程中能量损失的利用探索

庞志辉 王洪阳

杭州市城乡建设设计院股份有限公司

摘要: 目前,国内天然气管网压力能的利用方式主要是发电和制冷。同时也有部分轻烃回收和天然气脱水,化工制冷的运用案例,其原理主要是利用节流效应中的温度变化或膨胀过程的能量释放做功。而天然气输配气过程中的压力能利用实际运用却不多。

关键词: 天然气;输配节流过程;能量损失;利用

一、引言

天然气集输配气过程中,由于用户的使用条件不同,需求不同,存在不同的集输压力,因此我们最常使用的调压阀在集输过程中起到举足轻重的作用,几乎成为集输场站的标配。而在实际使用过程中,不同的调压方式,不同的结构形式的调压阀,都离不开节流效应和压力损失。那么这样的损失能不能合理利用呢?

二、能量损失分析及应用探索

从节流降压的原理来看:节流降压一般利用流通截面或长度的变化通过改变流体的流速和流量进行降压,其节流过程可以看做一个近似等焓的过程,而熵在这个过程中不断增加。这个过程中,压力不断降低,动能不断减小。当压力、速度下降时,流体密度必然发生改变,为克服分子之间的作用力,温度发生改变,这个现象也叫焦耳汤姆逊效应。而其膨胀过程中,根据伯努利方程:动能+压力势能+重力势能=常数。忽略气体重力势能的作用可以得到简略计算公式即:

$$p + 1/2\rho v^2 = C$$

式中: p 为流体中某点的压强; v 为流体该点的流速; ρ 为流体密度; C 是一个常量。我们得到一个简单的结论:通过降低压力,能获得能量和较低的气体温度。也就是说如果利用透平压缩机、涡轮压缩机等膨胀做功设备完全可以对压力能进行再利用。某石化天然气减压站提出以高压天然气降压产生的压力能驱动透平膨胀机做功并同轴带动空气压缩机,实现了冷能的回收和利用。该项目实施每年可产生经济效益1676.58万元,每年可减少二氧化碳2603.9t。

对于天然气大气量输配环节的压力能利用目前已有成功案例,但小气量环节中天然气压力能得到充分的利用吗?可以从能量损失和需求两个方面对压力能利用进行综合分析。某阀室位置偏僻,使用的太阳能等供电设备供能不稳,其进站压力1.2~1.8MPa,节流至0.8MPa内,供给直线距离500m内一配气场站 $8 \times 10^3 \text{Nm}^3/\text{d}$ 天然气,最低瞬时 $2 \times 10^3 \text{Nm}^3/\text{d}$ 。由于焦耳汤姆逊效应影响,其管线外壁冷凝水现象严重,腐蚀较快。根据概算公式:

$$\Delta ex = C_p(T - T_0) - T_0[C_p \ln(T/T_0) - (R/M) \ln(P_2/P_1)]$$

其中, Δex 为天然气压力比(火用)KJ/Kg; C_p 为天然气定压比热容KJ/(Kg·K); T 为天然气温度K; T_0 为环境温度K; R 为摩尔气体常数KJ/(Kmol·K)一般取8.3145KJ/(Kmol·K); M 为天然气摩尔质量kg/Kmol取16; P_2 是节流前端绝对压力MPa; P_1 是节流后端绝对压力MPa。 C_p 根据CH₄比热容量(25℃)KJ/(kg·K)选择2进行概算, T 取现场进气温度25℃(298.15K)取值, T_0 按计量温度20℃(293.15K)计算,大气压力按0.1MPa计算。 $\Delta ex = 2(298.15 - 293.15) - 293.15[2 \times \ln(298.15 \div 293.15) - (8.3145 \div 16) \ln(1.3 \div 0.9)] = 56.1 \text{KJ/Kg}$ 按最低流量 $2 \times 10^4 \text{Nm}^3$ 天然气,密度 $0.71 \text{Nm}^3/\text{kg}$ 计算,实际能稳定提供 $2 \times 10^4 \times 0.71 \times 56.1 \div 86400$,相当于 $9 \text{Kw} \cdot \text{h}$ 能量。

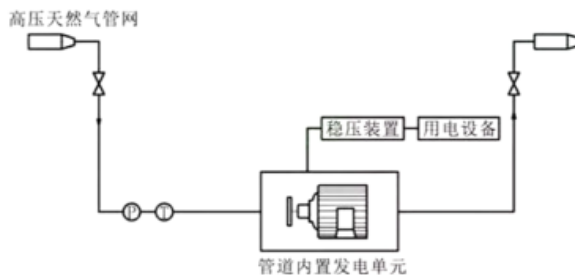


图1 管道内置发电装置工艺流程

也就是说可以如果利用管道内置的透平膨胀机或涡轮离心机进行发电充能,按转换效率50%计算,相当于至少4.5KW电机的不间断供能。这对于一些小型无人值守站、阀室的能量供给有重要意义,如仪表系统、自动阀门、阴极保护装置的稳定供能,可以避免因采用太阳能供电不足产生的潜在安全隐患,在减少压差损失的同时,还可以利用电伴热预加热的方式减轻设备冻堵腐蚀等,达到设备保护的目的。

三、讨论

目前输配场站的调压方式仍然采用节流装置降压为主,没有压力能有效利用体系。在输配气计量过程中,也没有将压力能作为一个有效能量进行计算(只计天然气标准下的燃烧热值),从井口到用户的过程中,大多数能量被白白消耗。大量采用的调压装置其实存在非常巨大的节能空间,但是我们在分析中也发现,压力能的利用在天然气输配气企业中的推广存在两个不良因素:一是环境因素。实际上,我们在直接面对用户的调压系统中,由于流量变化频繁,压差较小,单独用户实际压力能损失较小,利用前景不大。而非化工类调压过程中,能量需求不高,再利用条件受到限制。其次是设备因素。使用节流效应的调压设备使用普遍,基本能满足变化调压环境下的不同流量需求,而透平膨胀压缩机、涡轮离心压缩机小型化设备的可选范围窄,运用范例较少,安全性和可靠性待进一步验证。同时,我们也看到,在一些储气库、集输管线,阀室的压力节流过程中,其压力能发电或充能项目有巨大前景,西气东输的部分压力能发电项目就是压力能应用的典范。在一些较大的输配增压场站,经常出现一方面需要对输配的部分用户天然气进行节流降压,另一方面又需要对进入下游的管网天然气进行压缩升压的情况。我们同样可以利用涡轮同轴原理一边降压做功,一边增压输送。或者在气质较好的单井采气过程中利用压力能进行脱水等能量利用,利用前景广阔。

四、结语

随着增压设备小型化,多样化趋势变化,相信在不远的将来,我们还能找到并使用更多,更节能的新型增压设备及发电设备。新的能源使用方式,必定会带来更加广阔的节能前景,增压设备和发电设备可能会在未来的某一天替代调压设备成为输配场站的标配。

总之,从能量损失的角度看问题,再从需求的角度寻找解决的办法,可以为我们节能减排找到新的突破口。就输配气过程中的能量损失而言,调压过程的压力损失,如果利用得当,有极大的潜力可以挖掘。

参考文献

[1]徐磊.节流对天然气输配管网产生冻堵的影响分析[J].化工管理,2015(14):207.