

回收高压管输气压力能用于冷库的技术

新奥燃气控股有限公司(065001) 罗东晓

摘要 天然气以高压方式通过长输管道输送到终端用户后,通常需要通过调压设备进行降压处理,以便与用气设施匹配。国内外的现实情况是,调压过程中天然气内蕴含的巨大压力能不仅被白白浪费掉,而且还因为急剧降温对调压及管道设备运行安全构成威胁。研究压力能回收利用技术,将其用于发电、冷库、冷水空调、制冰、滑冰场、空气分离、干冰生产、橡胶深冷粉碎以及天然气轻烃分离等领域,节能效果显著,同时可消除生产过程产生的噪音和设备安全隐患,经济、社会效益都将十分可观,市场推广应用前景广阔,对于提高能源利用效率、促进循环经济发展有着重要的现实意义。

关键词 天然气 压力能 冷能 回收利用

1 引言

天然气一般通过管道以高压形式输送^[1],但到达终端用户时往往又需要进行降压处理。如果能够将降压过程中这部分压力能转换成冷能加以回收利用,无疑可以产生显著的经济和社会效益,意义深远而重大。

计算结果表明,输送压力为 10MPa 的高压天然气降压至 0.4MPa 时,能够回收的最大压力火用为 400kJ/kg 以上。以此推算,一个 300 亿 m³/a 规模的输气项目,一年可以回收的压力能可达近 2 亿 kWh 的电力,节能效果是显著的。

2 高压管道天然气压力能转换成冷能的技术

将高压天然气降压过程中的压力能转换为冷能的技术有很多种,核心设备是透平膨胀机、气波制冷机、涡流管、射流管、脉动管、激流泵等,工作原理各不相同,其中传统的透平膨胀机使用最为普遍^[2],先进的气波制冷机应用技术则发展最快。透平膨胀机可以同时利用高压天然气在膨胀过程中由于体积增加而产生的机械能和气体膨胀后温度降低所得到的低温冷能;而气波制冷机则主要是利用高压天然气

膨胀后温度降低所得到的低温冷能。

2.1 透平膨胀机回收压力能制冷技术

高压天然气在透平膨胀机的静喷嘴环流道内降压提速,射入动叶栅流道再流出,出入口动量矩的改变使气流对叶栅做功,气流的动能降低,滞止焓下降,达到对外做功和制冷的目的。透平膨胀机用于天然气压力能制冷时的效率较高,可以达到 70%~80%。但不足之处是结构特别是润滑系统复杂,制造成本高;操作维修难度大;变工况适应性差,当进口气体流量变化超过±20%时,将会显著影响膨胀机的制冷效率。该技术只适合用于天然气负荷比较稳定的工况。

2.2 涡流管回收压力能制冷技术

涡流管是一种结构简单的能量分离装置。高压气流在涡流管内高速旋转时,经过涡流变换后分离成总温不相等的两部分气流,处于中心部位的气流温度低,而处于外层部位的气流温度高,调节冷热流比例,可以得到最佳制冷效应或制热效应,产生高温和低温两种气流。

进口气体的压力是涡流管工作的唯一动力源,膨胀比增加,在相同的冷流率下,涡流管的制冷温度效应显著增加。

涡流管没有运动部件,重量轻,体积小,具有结构简单、操作方便、运行安全可靠、造价低廉的优势。

但制冷效率比较低,且受进口气体压力、流量的影响比较大,只能用于一些特定的场合。

2.3 气波制冷机回收压力能制冷技术

气波制冷机是利用气体的压力能产生激波和膨胀波使气体降温的一种制冷设备,又称压力波制冷机或热分离机^[3]。它在制冷工艺中的作用与透平膨胀机、节流阀一样,热力过程则与膨胀机相似,靠气体的等熵膨胀过程获得低温。与膨胀机不同之处在于,它是以气波(激波、膨胀波)为主要工作元件的机器。其主要特点如下:

① 制冷效率高达 75%,不需外部动力驱动,节能效果明显。

② 设备投资低。

③ 制冷部分无运动部件,且具有较强的两相流侵蚀的能力,对气体在机器内发生的液化现象不敏感,允许带液率最高达 50%,适用于在气体冷却过程中会出现气液两相流的工况。

④ 对进口高压气体的组成、流量、压力及膨胀比的变化有较强的适应性,特性曲线平坦,允许操作工况变化范围大,适用的膨胀比范围广,不需要仪表控制。该工艺用于天然气制冷的适用条件为:进气压力范围为 0.6MPa~30.0MPa,流量范围为 1.0~40.0×10⁴m³/d,膨胀比范围为 2~7。

通过对上述 3 种不同的设备用于回收天然气压力能进行制冷的技术进行分析后得知,气波制冷机的技术特征比较符合天然气调压站的特点,它在天

然气负荷大范围波动时能够像普通节流阀一样调节而不影响制冷性能,且初始投资少,运行可靠性较高,是一种较有前景的回收天然气压力能制冷技术。

3 回收天然气压力能用作冷库

由高压天然气压力能转换而回收得来的冷能,可用于橡胶深冷粉碎、冷库、空气分离、冷水空调、制冰、滑冰场、干冰生产等领域^[4]。以现有技术成熟度以及和市场推广应用前景情况来看,将该部分冷能用于冷库中代替电力制冷是一项较实用的投资少、见效快的利用途径,具有明显的优势。

以某城市一个天然气调压站为例。该站天然气处理量为 100 万 m³/d,进站压力 5.0MPa,出站 0.4MPa,站址附近具有建设冷库的条件,站内建筑物夏季具有用冷需求。通过技术工艺路线比较,选择气波制冷机作为压力能/冷能转换设备,冷能通过冷媒分别供应冷库和站内建筑物空调系统,其工艺流程如图 1 所示。

由图 1 可知,冷能获取部分设在调压站内,建设有压力能/冷能转换及相关的换热设备、工艺管线等,气波制冷机既是压力能/冷能转换设备,又执行调压功能。为稳妥起见,保留了一套传统的调压设备作为备用;调压站外是冷能利用部分,即冷库和空调用户,通过冷媒管线与调压站设备相连。按照相关要求,冷库可设在距调压站 3km 的范围内。此外,为了

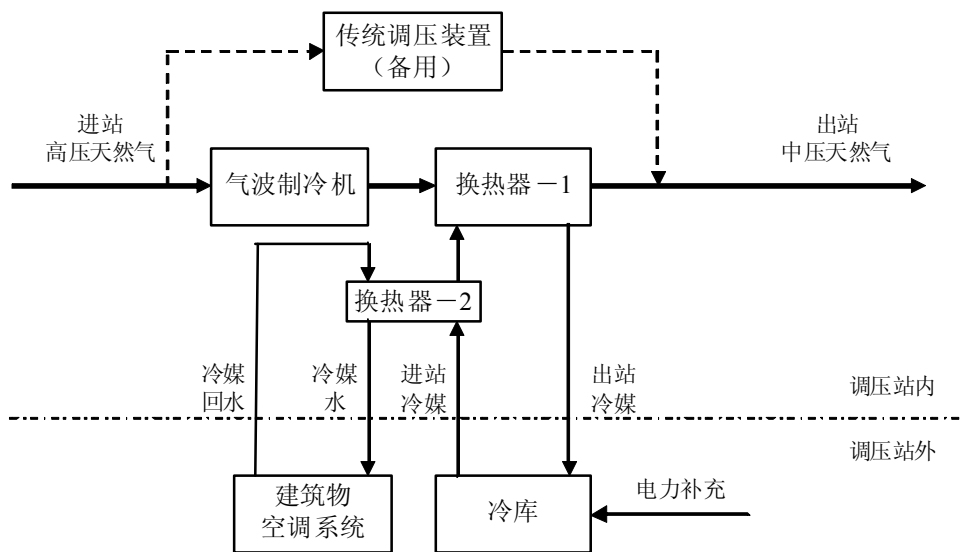


图 1 调压站内气波制冷机回收压力能制冷的工艺流程

平衡天然气负荷与用冷设备需求间的矛盾,可设置蓄冷装置用于冷能储存。

按照该调压站的压比及天然气处理量规模,所回收的全部冷能可配套建设一座 4 000m² 规模的中型冷库。冷库内分-25℃深冷库、-18℃中冷库和-5℃冷藏库三部分。冷水空调系统直接用于调压站自身办公楼,也可外输至附近冷能用户。

3.1 流程说明

3.1.1 正常工况

5.0MPa、初温 20℃的高压天然气进入气波制冷机后,出口压力降至 0.5MPa、温度降至-58℃,再进入换热器-1 与冷媒 R134 换热,其出口温度升至 5℃、压力降至 0.4MPa 后进入天然气中压管网。

进入换热器-1 的冷媒 R134,被低温天然气冷却至-50℃送入冷库与冷库内部的二次冷媒换热,升温至-15℃后再进入换热器-2 与冷水空调冷媒水换热,升温至 6℃回到换热器-1 中,完成一次循环过程。

冷库内的二次冷媒为乙二醇水溶液,温度约为-40℃左右,依次进入-25℃、-18℃、-5℃冷库后,升温至-13℃左右再与来至换热器-1 的低温冷媒 R134 换热。

冷水空调系统的冷媒为水介质,在换热器-2 中温度降至 5℃通过冷水空调输送管道供应用户,升温至 14℃回到换热器-2 内再进行下一个循环过程。

3.1.2 异常工况

气波制冷机故障或冷能利用系统停运时,高压天然气通过传统的调压设备减压至 0.4MPa 后进入天然气中压管网。

3.1.3 冗余系统

当冷媒循环系统停运或某些冷能用户停用时,利用常温水加热降压后的低温天然气,替代冷能用户建立系统新的能量平衡。比如,通过消防水供应系统,消防水池初温 20℃,回水温度在 10℃左右。

3.2 主要工艺技术参数

3.2.1 原料天然气

进站压力 5.0MPa、初始温度 20℃、出站压力 0.4MPa、温度 5℃、流量 100 万 m³/d。

3.2.2 冷媒

一次冷媒 R134,流量 46 000kg/h;

冷库二次冷媒(60%乙二醇水溶液)初温-13℃,

末温-40℃,流量 18 000kg/h;

冷水空调二次冷媒(水)初温 14℃,末温 5℃,流量 2 680kg/h。

3.3 项目投资

整个项目投资测算为:站内设备的投资约为 180 万元;站外设备总投资约为 680 万元(含设备购置、安装、调试及厂房、道路、土建等费用),不含征地费用。

3.4 收益分析

测算表明,一个处理量为 100 万 m³/d 的天然气调压站,其压力能所转换成的冷能可供应 4 000m² 规模的冷库,年经济收入可达 420 万元/a 以上,直接经济效益约为 200 万元/a。

4 结语

高压天然气压力能与生俱来,是名副其实的无价之宝,回收后用于冷库代替电力制冷,可产生显著的环保及社会效益。

在城市燃气调压站以气波制冷机获取冷能并加以利用是一项新型的压力能利用技术^[5]。尽管气波制冷机作为压力能与冷能的转换设备已经开始应用于天然气上游开采环节的净化处理流程,但在调压站内使用、且要替代传统调压器功能尚属新鲜事物,还有不少具体技术工作要做。从气波制冷机在其它领域的使用效果以及调压站、冷库的工艺要求方面分析,该项技术在工程上实施是具有可行性的,市场推广应用前景广阔。

参考文献

- 1 罗东晓.实施全国天然气管网大联通的战略构想[J]天然气工业,2006,10:139-141.
- 2 熊永强,华贲,罗东晓.用于燃气调峰和轻烃回收的管道天然气液化流程[J]天然气工业,2006,5:130-132.
- 3 熊永强,华贲,罗东晓等.天然气管网压力能用于废旧橡胶粉碎的制冷装置[J]现代化工,2007,1:49-52.
- 4 杜琳琳,罗东晓,徐文东.冷库利用液化天然气冷能的技术研究[J]天然气工业,2007,6:115-117.
- 5 乔武康,李静,张德坤,罗东晓.利用天然气压力能的方法,中国发明专利,200810026979.4.公开日期 2008.08.20.