

混合制冷剂在天然气液化工艺中的循环应用及技术研究

马金兵 (宁夏哈纳斯液化天然气有限公司, 宁夏 银川 750021)

摘要: 混合制冷剂能够在天然气液化工艺当中取得广泛应用, 主要是因为其操作性强、投入成本低并且相应的能耗与其他制冷剂相比要小很多。在实际进行天然气液化时, 混合制冷剂的成分配比十分重要。经典混合制冷剂液化天然气技术又称为 LNG 工艺, 伴随当前环保意识的深入人心, 作为一种新型清洁能源在全世界范围都获得了非常广泛的应用, 尤其是城市交通、载重卡车以及工业燃气领域。这种新型天然气液化工艺的大范围使用, 在极大程度上减少了汽车尾气等污染性气体对于环境的破坏, 提升了城市的空气质量, 进一步推进了全国范围性的节能减排工作。本文主要针对混合制冷剂在天然气液化工艺当中的循环应用包括其技术进行分析与研究, 旨在对业界同仁提供相关参考。

关键词: 混合制冷剂; 天然气液化; 循环应用; 技术研究

1 混合制冷剂的天然气液化工艺简介

1.1 工艺概念

针对于混合石油制冷剂的应用技术工艺, 它的主要原理是由各种级联混合形式的油气液化流程工艺进行技术改良, 由混合制冷介质成分进行组合, 介质成分主要包括氮气、碳氢化合物等等, 完成独立制冷系统的建立。依据天然气混合原料各基本性质构成以及混合压力差的大小, 混合制冷剂系统可以通过其中的压缩、冷凝、分离以及空气蒸发四种操作手段实现不同使用温度下的冷量控制功能, 进而直接完成天然气的高压液化运输流程。

1.2 混合制冷剂的天然气液化工艺流程

1.2.1 混合剂制冷循环

混合后的制冷剂在高速进行压缩循环时, 主要的工作流程主要如下所示: 首先对所有混合后的制冷剂全部进行压缩冷冻操作, 利用低、高压的压缩机将混合制冷剂全部进行压缩, 使其完全达到一种高压压缩形态, 而后将其直接放入水冷器之中进行冷凝冷却操作, 达到完全停止冷却冷凝状态后便需使其进入一号分离器中用来对气相与液相的制冷剂共同进行混合分离, 分离之后新的气相与液相制冷剂便有机会以两路的分离形式共同进行工作。液相的制冷剂在直接进入 1 号换热器后可以实现冷凝以及节流, 与此同时由其返回的液相混合剂和制冷剂进行混合, 直接为 1 号换热器系统进行了冷量的支持。第二路的气相混合制冷剂, 在直接通过 1 号换热器进行低温冷却以及降温之后, 会再直接进入 2 号的分离器当中再实现进行气相与液相两路混合制冷剂的分离, 得到的一路液相制冷剂再直接进入 2 号换热器当中进行冷凝以及节流, 出来之后再与之前的气相制冷剂相互结合, 进而为 2 号换热器提供提高冷量上的支持, 分离制冷出来的另一路气相制冷剂之后会再直接进入 3 号换热器, 进行实现冷凝以及加热节流上的处理, 而后为 3 号的换热器进行冷量的提供支持。

1.2.2 天然气液化回路

首先需要原料天然气进行净化, 净化完成之后便

可以利用 1 号换热器进行冷却处理, 冷却完成后再进入 1 号分离器开展重烃分离操作, 分离出的一路液相制冷剂返流到 1 号换热器当中进行冷量提供, 而后便可进入凝析油闪蒸装置, 分离出的第二路气相制冷剂在进入 2 号换热器进行降温之后, 需要再进入到 3 号换热器进行冷却以及液化处理, 并且以降低压力节流的方式来存储压力, 在这之后再进入 2 号分离器对气相与液相制冷剂最后一次分离, 分离得到的液相制冷剂就是工艺当中最为重要的 LNG 产品, 将其置于低温的存储罐当中进行保存。

1.3 混合制冷剂的选择

1.3.1 混合制冷剂的组成选择

在进行混合制冷剂的天然气液化过程当中, 处理混合制冷剂的时候会出现非常多的气体, 且这些气体的沸点均有所不同, 针对这一特点, 可以采取冷凝以及逐级闪蒸的方式, 对得到的高压的制冷剂进行降压处理, 并实现对混合制冷剂的多层次分离要求, 最终形成的制冷效果可以实现不同稳定档位的处理标准。前文介绍过, 目前市面上混合制冷剂介质的主要组成成分是碳氢化合物以及氮气等多种物质, 因此这会对混合型制冷剂的天然气液化工艺流程的能耗产生重大影响, 因而如何选择混合制冷剂的组成成分十分重要。

1.3.2 混合制冷剂的配比优化

对混合制冷剂的具体组成成分进行确认之后就需要对混合制冷剂各成分的配比进行设计, 混合制冷剂的各成分配比是否合适, 直接决定了低温冷剂的压缩功, 也会对天然气液化的效率产生直接影响, 并最终影响到最终工艺所产生的经济效益。

在实际天然气液化工艺当中, 相关技术人员一般情况下会采取 HYSYS 软件来进行混合制冷剂的最终优化配比, 对整体工艺流程进行优化处理, 该应用软件的具体使用流程如下所示: 首先对混合制冷剂的各组成成分进行拆分处理, 将所拆分的成分按照其具体流量作为软件优化的自变量导入到该软件的优化处理程序之中, 对每一部分设置好上限与下限, 进而方便对各组分的流量

进行具体调整,然后再将具体的目标函数与优化目标导入到软件当中,最后再调价最大迭代次数以及容差等数据,以确保最终得到合理有效的优化结果。

1.4 混合制冷剂的影响因素

1.4.1 天然气原料组成对于混合制冷剂的影响

LNG 主要的组成化学成分之一便是烷基甲烷,并且因为甲烷这种化学成分作为混合制冷剂当中的一种低温散热成分来说会对其产生非常大的影响,直接关系着制冷剂介质成分当中的各成分含量。具体表现在于当对一种天然气产品进行混合制冷剂低温液化时,甲烷含量越来越多,混合天然气制冷剂当中的其他低温型制冷剂中甲烷含量也可能会大幅度增加。

除此之外,单位混合制冷剂的具体能耗往往会随着其中甲烷离子含量的不断增加而逐渐出现先下降而后又开始继续上升的变化情况,产生这一现象的主要原因在于混合制冷剂的具体使用能耗会伴随其中低温制冷剂含量的增加而逐渐变小,而此时主要以混合制冷剂的低能耗为主要变化,单位混合制冷剂的能耗也会产生相应的下降。

1.4.2 天然气原料压力对于混合制冷剂的影响

在使用混合天然气制冷剂对天然气原料进行液化的应用过程当中,天然气原料压力的持续变化并不会对整个混合天然气制冷剂在整个应用期间的能耗增长产生任何直接影响,尽管如此,天然气原料压力的持续变化却可能会直接影响整个混合制冷剂每个单位应用能耗幅度的上升或是下降。当天然气石油原料液化压力不断逐渐提升时,单位流量的应用天然气原料焓度数值会逐渐开始降低,由此一来天然气石油液化工艺的原料耗能自然会开始逐渐降低,对应的混合制冷剂等在单位流量应用时的耗能便自然开始有所回升。

通过以上对于工业混合制冷剂在天然气液化技术当中具体应用的阐述,便可有机会了解到混合型天然气液化制冷剂的主要原料组成、结构成分以及其应用相应的最佳原料配比,也有机会了解到原料混合气体的组成以及原料天然气液化压力对于工业混合制冷剂应用可能会产生的各种不良影响,进而为推动天然气液化技术工艺的不断进步发展提供必要的技术支持。

2 经典混合制冷剂 LNG 工艺

2.1 单级混合制冷工艺流程

单级混合制冷工艺流程同上文所阐述的工艺流程一致,这里便不再进行赘述。

2.2 双级混合制冷工艺流程

双级混合制冷工艺流程主要由两次循环构成,第一级循环为预冷循环,主要以乙烷、丙烷以及部分甲烷与丁烷的混合物作为主要的制冷剂,主要功能是将天然气的温度降至 -40°C 。第二级循环为深冷循环,主要功能是将第一级循环处理后的天然气继续进行冷却,直至其温度达到 -162°C 从而产生液化现象,这两级循环是完全独立的。

3 对各类混合制冷剂 LNG 工艺的对比分析

对天然气进行制冷,投资较大的设备主要有压缩机、分离器以及换热器,单级混合制冷工艺流程是最简单的,因而其可以大大缩减设备的造价投入,设备的投资以及运行所产生的费用是最少的,而双级混合制冷工艺需要两级循环,因此在设备装置时需要设置预冷循环与深冷循环两套独立的制冷系统,这种设备通常采用绕管式换热器,整体工艺流程较为复杂,与此同时控制系统操作难度也非常大,不仅需要较大的设备投入,还在具体天然气液化时也要投入更多的专业技术人才聘用费用。但是从设备功耗来看,在相同气源条件、相同液化量以及相同压缩机效率的条件下,单级混合制冷工艺流程所产生的应用功耗要远高于双级混合制冷工艺流程。

4 国内自主研发的节能型混合制冷剂单循环工艺

LNG 技术不断发展,就需要天然气在实现液化的过程当中能够始终保持操作简单、安全性高、节能绿色、高效、低成本的基本特点,在以上目标的持续激励下,许多国内企业都已经开始了自主研发的技术环节,当前国内研究成果最为突出的便是节能型混合制冷剂单循环工艺,这种多级节流工艺通常只设置一个混合制冷剂循环系统,压缩机的数量也缩减至一台,针对于之前工艺的冷凝节流环节也进行了工程优化。

在对应的约束条件下,多级节流设置不仅使得气相与液相制冷剂可以多通道流通,进而可以向换热设备提供足够多的冷量,由此这种循环工艺可以在很大程度上减小节流压缩机的应用耗能,并且不需要再工作量较大时对换热面积进行加大,整体的工艺耗能也会随之大大减少。

5 结语

分析当前国内应用较为广泛的节能型混合制冷剂单循环工艺流程,仍然可以针对这一天然气液化工艺进行相应的改进工作,将普通换热器换位冷箱板翅式换热器,将换热功能划分为以下三步:预冷阶段、液化阶段以及过冷阶段,由此便可将先前复杂的工艺流程进行简化,这种方案不仅天然气的最终液化效率非常高,并且混合制冷剂的单位功耗也会大大降低,在原有的基础上另外添加了制冷过程当中温度梯度,可以适应各种各样的突发情况,在实际操作中较少了混合冷剂泵这一液化设备,在工程投入方面设备的投资数额也获得了很大程度地缩减,整体工艺流程的实际操作难度大大减弱,减少了原本所要投入的人才培养成本,在能量与效率获得极大提升的同时,还可以使得天然气的液化产量大幅度提升。

参考文献:

- [1] 孙花珍. 中小型天然气液化工艺流程选择及制冷剂配比研究 [D]. 北京: 中国石油大学, 2014.
- [2] 郑大振. 进展我国液化天然气工业的探讨 [J]. 低温与特气, 1999(1): 12.