

原料天然气组分对 LNG 液化流程的影响

吴万斌（鄂尔多斯市派思能源有限公司，内蒙古 鄂尔多斯 017000）

摘要：不同地区天然气的组成差别很大，LNG 中 C_3 及以上的高含量会导致低温冻结，影响设备的正常运行。本文从高氮气体组和高氮气体组两个方面对 LNG 液化工艺进行了分析，为实际生产提供了依据。液化气体工艺（LNG）的原料组分是安装液化天然气系统高效、经济运行的关键。液化天然气作为一种投资少、工期短的施工方法，效果快，影响小，与地下储气等其他方法相比，具有更高的收益和效益。液化厂采用三种直接冷凝设备和材料的方法，本文介绍了国内工业生产中先进液化技术的发展，提出了我国生产技术领域有待进一步研究的问题。

关键词：天然气；组分；LNG；液化流程

随着世界经济的快速发展和人口的快速增长，世界对能源的需求也越来越大。然而，温室效应和有害物质的排放对人类环境构成了严峻的挑战。在这方面，天然气作为一种优质高效的环保化工原料越来越受到人们的重视。我国自然资源丰富且分布较广，除大中型普通气田外，油田内还有偏远的天然气、页岩气等，不同地区天然气组成的差异或显著变化导致 LNG 生产设施不能正常运转。随着各国对这些产品需求的不断增加，这些产品的快速发展是通过各种资金流入来实现的。虽然建设 LNG 工厂的条件还不成熟，但我们需要对这一趋势给予应有的重视，以适应能源供应多元化战略和国际合作的需要。

1 液化天然气发展情况

1.1 国际发展

2019 年，世界液化天然气贸易额增长了 10.5%。液化天然气主要产自印度尼西亚、阿尔及利亚、文莱等国，自上世纪 60 年代开始使用液化天然气以来，年平均产量稳步增长 20%。世界天然气产量从 12 万亿美元增加到 24 万亿美元。从 1973 年的 3 亿 m^3 增加到 2017 年的 35 亿 m^3 。其中，经合组织的份额从 71.5% 下降到 43.4%。

1.2 中国液化天然气的使用

液化气在我国天然气工业中的比重较低，中国刚刚开始工作，比上一年增长了 20%。中国油田液化天然气厂是中国第一家液化天然气生产和商业化工厂。该装置充分利用了油井中天然气压力的能量，液化成本低，能满足我国液化天然气经济发展的需要。

2 LNG 液化流程

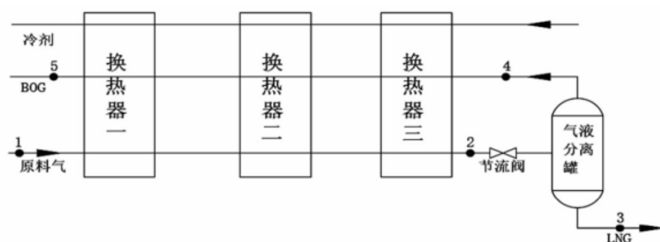


图 1 高氮含量原料气液化流程

从我国部分气田的组成来看，按照液化天然气的质量标准，甲烷含量不低于 75%，氮气含量不超过 5%。

天然气液化工艺的关键是调整天然气中的甲烷含量，并对其进行重组，以满足液化天然气的需求。

2.1 液化工艺

2.1.1 混合冷却

目前，混合冷却是世界上最大的液化天然气工厂最常用的技术。它具有流程短、液化效率高、节能等优点，缺点是易波动、难以控制。第一级和第二级加压后，冷却介质将进入热交换器。通过第一级冷却和第一级冷却分离，冷却液相被冷却节流膨胀。气相和液相可分为两个阶段。气相和液相的冷却介质返回冰箱进一步冷却，此时，反应堆可以扩大，以确保冷却。热交换过程集成在大型热交换器中，用于混合制冷设备中的多组分混合气体。在不同的温度、不同的沸点和部分冷凝特性下对原始气体进行冷却和液化，而混合冷却只需压缩机组，工艺流程大大简化。但是，制冷剂仍应根据不同的温度或压力等级进行分类，这导致高能耗和高科技控制指标。

2.1.2 再冷却

典型的多层制冷循环是一种与天然气进行热交换并使用丙烷等多组冷却剂的过程，这种方法通常被称为整体冷却过程或多层冷却过程，但由于技术原因，通常被称为复合冷却过程或多层冷却过程。技术相对复杂，设备数量庞大，难以控制和维护。冷却剂是一种易燃易爆气体，一旦发生泄漏会造成严重后果，对电站的管理，其检查和维护将非常高。为了提高多层大型液化天然气生产设施的效率，每个冷却系统都有一个双涡轮。尽管这样即使汽轮机发生故障也能维持生产，但操作要复杂得多。

2.2 液化流程

2.2.1 级联式液化流程

串联液化工艺又称串联液化工艺、串联液化工艺或连续蒸发冷凝液化工艺，主要用于在主负荷下安装天然气液化装置。在级联压缩过程中，低温循环将热量传递给相邻的高温循环。二次乙烯冷却为天然气和甲烷提供制冷设施；甲烷制冷循环的第三阶段保证了天然气的制冷能力；制冷剂是一种清洁的材料，技术成熟，运行稳定，缺点：设备多，工艺复杂；大量的辅助设备，专门生产和储存各种制冷剂，初期投资大。

2.2.2 混合制冷液化工艺

混合制冷剂的液化过程由碳氢化合物 C_1-C_5 和 N_2 组成。为了实现液化天然气的逐步冷却,采用了五种以上不同的方法。MRC 不仅可以保证流程的日常效率,而且可以保证流程的连续性。与级联液化工艺类似,各种混合液化工艺在液化厂得到了广泛的应用。与串级压缩工艺相比,MRC 装置少,工艺简单,投资成本比传统串级液化工艺低 15~20%。缺点是能耗高,采用连续液化工艺;制冷剂混合困难;在工艺计算中很难提供可靠的平衡数据和物理参数。

3 带膨胀机的液化流程

膨胀机液化是指通过克劳德冷却循环使用高压冷却剂;在气体压缩过程中采用了绝热膨胀涡轮。膨胀气体在膨胀机中冷却后,可在输出端工作,过程中可采用压缩机驱动。在管道输送至设备的原料气和商品气之间存在自由压降的情况下,液化装置排出的液化过程可以不依靠外部能源,而是依靠自由压差和膨胀机冷却,天然气液化过程中的关键设备是透平膨胀机。该技术具有工艺简单、配置灵活、启动方便等优点。易于操作和维护;利用天然气作为劳动力可以节约特种生产成本,制冷剂的运输、储存和投资适中。特别适用于液化能力低的天然气最高液化单元。

3.1 天然气液化工艺

天然气膨胀液化工艺是指在膨胀天然气设备中直接利用高压天然气对天然气进行液化的工艺。一部分原始气体被脱水并从 CO 中去除,形成二氧化碳。天然气通过热交换器和热交换器燃烧。节流后,部分天然气进入储层,另一部分可以保证换热器和换热器的冷却,换热器进入防气压缩机。经过压缩和冷却后,它与未经处理的二氧化碳混合。塔的原料气在换热器中混合冷却,使换热器在扩散器中冷却膨胀,使这些过程获得更大的液化能力。

3.2 氮气膨胀液化

在氮气膨胀液化循环中,氮气经过循环压缩机,冷却换热器,进入氮气膨胀机冷却,为提供换热的可能性,氮气膨胀机膨胀冷却,换热器冷却,进入循环压缩机并开始下一个循环。

4 原料天然气组分对 LNG 液化流程的影响

4.1 解决边远地区的能源供应

LNG 可以通过地面或水上运输工具运输到远离天然气田的边远能源消费地,从而取代地下远距离管道输送,节省大量管线及站场建设的投资。

4.2 解决边远气田的开发或天然气回收

利用 LNG 方式,可以有效解决远海、荒漠地区等边远气田的开发及其天然气回收。

4.3 天然气调峰

由于民用用户季节或日用气量波动、工业用户或 LNG 厂本身检修或改造以及输气管网发生故障等因素都将造成定期或不定期的供气不平衡,建设 LNG 储罐可

有效地削峰填谷。对于高峰负荷型 LNG 工厂,一般建在用户附近,调节工业与民用天然气的不均衡负荷,确保供气的安全与平稳。

4.4 LNG 冷量回收利用

LNG 在常温下携带有大约 836J/kg 的冷量,不仅可以利用这些冷量来液化和分离空气,生产液氧、液氮或干冰,而且还可以用来发电、冷藏冷冻物品、低温破碎处理工业废弃物、淡化海水等。为此,有的调峰装置常与冷冻厂联建。此外,LNG 储罐的蒸沸气也可就近回收。目前,LNG 冷量回收率可达到 50% 以上。

4.5 生产 LNG 副产品

在 LNG 生产过程中的不同阶段,可分离出 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_5^+ 烃类以及 H_2S 、 H_2 等化工原料及燃料,由于氦 (He) 的液化温度为 -269°C ,当温度降到 -162°C 时天然气将全部液化成 LNG,因此 LNG 与氦 (He) 可以联产,这不仅节省投资、降低操作费用,而且提高了装置的操作灵活性。

4.6 LNG 用作燃料

天然气在液化之前除去了酸性气体、重烃、水、汞等有害成分,它除了用作发电厂、工厂、家庭用户的燃料外,其中甲烷还可用来制造肥料、甲醇溶剂及合成醋酸等化工产品,而乙烷和丙烷可以通过裂解来生产乙烯及丙烯等塑料原料。所以,LNG 是一种优质的化工原料和民用燃料。

5 结束语

天然气已成为我国乃至世界的主要能源,中国将成为液化石油气的进口国。根据我国天然气装备的特点,发展液化天然气是世界发展的趋势。我国经济社会的可持续发展必须以液化天然气的可持续利用为基础,并具有广阔的市场前景:整体而言,在换热器原料的液化过程中,在冰箱内安装 bog 通道,以获得冷却,采用冷箱分离 bog,安装 LNG 气体分离器,可节约能耗 5%;对于重金属气体的液化过程,选择低温蒸馏。冷箱不冻结、不堵塞,产品产量和纯度较高,产品中轻组分含量较低,产品易于储存。

参考文献:

- [1] 李建芳,冯星星,赵仕浪.浅谈提高 LNG 液化工厂液化率的方法 [J]. 中国石油和化工标准与质量,2020,40(05):50-51.
- [2] 穆拉德.天然气液化与加注联合工艺研究 [D]. 北京:中国石油大学,2020.
- [3] 柳智.LNG 组分分析的过程控制及质量控制方式 [J]. 化工管理,2020(16):37-38.
- [4] 罗颖异.多议天然气深冷液化工艺流程及操作要点 [J]. 化工管理,2020(02):176-177.
- [5] 于慧颖.对 LNG 液化工艺相关问题的探讨 [J]. 中国化工贸易,2020,12(02):116-117.
- [6] 王恒远.LNG 液舱气体惰化作业过程分析优化与应用 [D]. 舟山:浙江海洋大学,2020.