

天然气液化与储运技术的应用分析

袁 宁 李 洲 (陕西延长石油天然气股份有限公司, 陕西 延安 716000)

摘要: 随着社会和经济的进步, 科技也在不断地革新和改进, 这对于推动我们社会各个领域的发展具有重大的意义。在此大环境下, 天然气作为一种清洁能源, 其在我国能源工业的发展进程中占有非常重要的位置。而通过对现有天然气液化与储运技术的分析与研究, 充分把握天然气液化在天然气液化与储运领域的应用优势, 将有助于促进天然气液化与储运的进一步发展, 对于提高国内天然气企业的长期发展具有重大的实际意义。

关键词: 天然气液化; 预处理; 液化技术; 储运技术; 应用

0 引言

天然气以其高氢碳比、高热值等特点, 被誉为全球一次能源的三大支柱。相比于其他的矿物燃料, 天然气具有更少的污染和更高的效率。在世界范围内, 由于能源短缺、能源短缺等原因, 世界范围内对天然气的需求迅速增加, 21 世纪将进入“天然气世纪”。天然气是一种洁净能源, 它所占的一次能源比例不断提高, 减轻对大气环境的压力。天然气因其液化后体积变小、储运高效等优点, 已成为发展迅速的能源供给方式。

1 液化天然气液化与储运技术基本概述

天然气具有清洁、高热值等特点, 被称为“一次三大能源”。与其他化石燃料比较, 天然气对环境的污染较小, 对天然气的使用效率也较高。特别是在经济飞速发展的今天, 环境问题日益受到关注。因此, 在当前的社会发展过程中, 天然气将成为一种重要的能源。天然气在一次能源中的比重不断增加, 在一次能源中占有越来越大的比重。天然气的广泛应用, 不仅对大气环境有很好的改善作用, 而且对能源的综合利用也有很大的帮助。天然气液化后, 它的体积就会减小, 便于运输和储存, 并且在运输和存储上的成本比较低, 效率也比较高, 所以天然气是现在发展最快的一种能源。

2 液化天然气液化与储运技术的应用优势

2.1 安全、环保与易储存性较强, 具有较强的生态效益

相对于普通天然气而言, 天然气液化有着更显著的优点, 它是一种洁净能源, 能够充分燃烧, 并且其利用率相对较高。气体天然气的密度小于空气, 一旦发生泄露, 将快速蔓延开来, 对人体健康和周边设备的稳定构成极大的威胁。而天然气液化的低温、运输、存储方法都相对容易, 安全可靠, 可以在各个行业中

得到广泛的使用, 是可以依靠的一种重要的能源。

2.2 液化天然气输送和贮存工程建设投资方面的优势

天然气液化自身的密度和体积都相对较小, 所以在工程造价上有很大的优势。尤其是在输送和贮存天然气液化方面具有显著的优点, 天然气液化贮存时, 只需使用低温的槽车即可进行液体天然气的输送, 且输送方法较为简便。而且天然气液化更适用于长距离输送, 能够降低运输费用, 为液态天然气企业带来更大的经济效益。另外, 在向天然气液化供应的过程中, 气化站可以在一定的区域内实现均衡供应, 这对于天然气公司和有关部门而言, 可以极大地降低其投资规模, 同时也带来很好的经济效益和生态效益。

2.3 液化天然气便于冷藏

随着经济的快速增长, 对能源的需求日益增长, 石油、煤炭等资源日益短缺。传统的能量, 已经不能跟上时代发展的步伐。发展清洁能源, 既是促进生态文明, 又是可持续发展的必由之路。特别是在环保意识不断增强的今天, 人们对安全、健康、环保的能源需求越来越高。天然气液化作为一种洁净、环境友好的技术, 被越来越多地采用, 符合我国可持续发展战略。

另外, 当使用液化天然气时, 因为气化过程会产生大量的冷气, 所以可以按照这个原理开展各种各样的活动, 针对不同的温度, 采取不同的方式, 所以在速冻冷库建设、夏季制冷和橡胶磨碎等方面, 都具有较高的经济效益。

3 天然气生产输送过程中液化处理工艺

天然气的生产、输送过程中, 涉及到许多工序, 其中, 液化过程起着至关重要的作用, 因为它是能源消耗最大的一个环节, 所以安全性要求很高。所以各行业都十分重视这一过程的深入研究和优化。多角度、多层次地研究各种过程机理, 并对各种装备的工作机

理和工况问题也相当关注，这是今后选择和过程改进的基础。天然气中含有多种杂质，需要采用多种物化方法和原理对其进行预处理。当前所提的工艺和过程，大都按照杂质的种类和来源进行分类，大致可以分为水、酸气、氮气、其他四种。

3.1 天然气脱酸方法

许多天然气在开采的过程中都含有大量的酸性物质，如果不加以处理，就会造成金属的腐蚀，造成泄漏和污染事故，另外，将此类天然气用作化学原料时，会产生催化剂中毒的情况，从而影响产品的质量。此外，若有二氧化碳含量超过标准，亦可使燃气热值曲线下降。因此，有必要为天然气的酸性物质比重制定一条严格的标准线。现在的脱酸法有很多种，常用的有溶剂法、不再生法、低温分离法等。在这些方法中，体积吸收法是最受欢迎的一种方法，它的基本原理是利用碱性溶液的性质，来吸收水中的酸性物质，其中起到的是一种可逆的化学反应。

3.2 天然气脱水方法

湿度是天然气处理过程中的一个重要问题，在外界的激励作用下，往往会导致严重的后果。这是由于在某些因素的作用下，水与天然气会生成水合物，从而导致管路堵塞、堵塞，从而给供气带来严重的不利影响。此外，在这些自由水中也会逐步添加被溶解的 CO_2 、 H_2S 等，它们会逐步生成酸性物质，从而损坏管线。同时，湿气也会增加能耗，再加上天然气液化后的低温环境，极易结冰，所以天然气脱水技术显得尤为重要。

溶剂吸收-脱水技术是当前最受欢迎的一种方法，它的初期设备投资不高，运行中的连续性投资也很小，特别是对大型和高压天然气的处理，其缺点是脱水深度受限，露点下降值通常小于45。通常情况下，原料气都要经历一次脱水过程，而且是深度脱水方式，这时通常采用固体吸附法，最后可以使天然气达到下面所说的要求，即气体水分的测量数据要小于 1mL/m^3 ，同时，温度、流量等参数的变化不会引起装置的敏感，也不会出现腐蚀、起泡等问题。

3.3 天然气脱其他杂质

天然气中的汞含量在 $0.1\text{--}7000\mu\text{g/m}^3$ （含单质汞和有机汞化物）之间。在铝制板翅式热交换器中，含痕量汞的存在，不但会引起铝制板翅式热交换器的腐蚀与渗漏，而且还会对周围的环境产生污染，对维护人员也有一定的危害。为此，应对液化天然气生产

过程中的原料气汞量进行严格控制。液化天然气厂一般对其预处理过程中的汞量要求在 $0.1\mu\text{g/m}^3$ 以下。某些含硫固相吸附剂能从烟气中脱除 $0.001\text{--}0.01\mu\text{g/m}^3$ 的汞气，其原因是汞和硫发生反应生成硫化汞，吸附于吸附剂表面。汞的脱除过程可以分成非再生的和非再生的。前者以含硫活性炭、硫组分筛、金属硫化物等为主要原料，在固定床上进行脱汞，而后者则以Calgon公司的HGR（4x10目）、HGR-P（4mm）及汞离子汞（ HgSIV ）为吸附剂，对其进行脱汞处理。供给气中重烃和水对汞的脱除没有影响。若采用非再生脱汞法，废弃的吸着剂应以对环境无害的方法加以处理，以免对环境造成污染。

4 天然气液化技术应用与经济和环保性分析

4.1 混合制冷工艺

混合式制冷流程是在多年的实践中总结出来的一种流程，它是通过改变制冷剂来替换梯级制冷流程中的纯组分，所使用的制冷剂以碳氢化合物为主，在实际的应用中，主要是依据原料气的压力进行结合，可以将混合制冷工艺分为闭式混合制冷工艺和开放式混合制冷工艺。与梯级冷却技术相比较，该技术具有设备数量少、过程简单、投资少等优点。由于液化天然气含有很少的杂质，因此在燃烧时对环境没有太大的影响，由于它具有这种特性，因此可以用于发电。天然气液化发电不仅可以满足电能的需要，而且还可以实现生态保护，这就可以让经济发展与环境保护相结合。

4.2 阶式制冷工艺

阶式制冷工艺是一种很常见的制冷工艺技术，它是利用多个制冷循环系统对天然气进行液化，在各个环节中都有各自的系统，其中有乙烯制冷系统、丙烷制冷系统和甲烷制冷系统，利用制冷温度的梯度为天然气输送充足的液化冷量，其流程如下：

首先，天然气经过提纯后，进入多级制冷循环系统，经过冷却器的冷却凝结，再液化，再经过过冷，再经节流减压，得到常压的低温液态天然气，储存起来。梯级制冷技术的显著特征是将制冷系统与天然气液化系统分离开来，由于各制冷剂都是独立的，因此二者的相关性很小，因此操作更为简便，系统的运转也更为平稳，不会发生系统之间的互相干扰，非常适用于高压气源的处理。不过，这项技术也不是没有缺点，那就是制冷机的数量太多，生产周期太长，对制冷剂的纯度要求很高。另外一个原因是它不能有效地

处理高含氮量的天然气，使其逐步退出市场。天然气的液化是通过低温液化的方式进行的，这就要求天然气中蕴含着丰富的能源，并且在转化成气体的过程中，还会释放出大量的电能。在此过程中，若能对能源进行合理的回收，则可提高能源的使用效率，推动社会与经济的发展。

4.3 膨胀制冷工艺

膨胀制冷技术利用原气体的压力能作功，以提供足够的冷源供液化。由于膨胀系数直接影响到气体的液化速率，而膨胀剂冷却技术更适用于高压和中间减压的应用。由于天然气液化运输方便，储存方便，因此，在输送天然气液化时，可以有效地克服由于距离、地理、环境等因素造成的影响，使天然气液化的输送变得更加便捷、安全。尤其是在那些偏僻的地区，也可以将天然气输送出去，同时也可以向那些缺乏能源的国家提供天然气，起到天然气调峰的作用，使这个产业的可持续发展变得更加有利。

5 天然气液化与输运工艺安全设计研究

5.1 合理的工艺方案的选择

天然气组分与组分的配比并非恒定不变，而是受气井所处位置、季节等因素的影响；同时，组分、杂质等的不稳定，使得在设计过程中需要考虑组分变化所引起的超压或设备阻塞等问题，需要在流程设计中使设备内部各个部件的运行灵活性相匹配，从而实现物质平衡与热量平衡。

5.2 危险性和可操作性分析

液化天然气技术的基本要求就是安全研究，对其流程、设备流程等进行风险分析，以保证过程的安全。在天然气液化过程中，要考虑到管道的安全、材料、环境和操作人员的过失，因此，要对这些可能导致液化过程的危险因素进行科学、合理的分析，并采取相应的安全措施，比如，放空系统的安全设计，安全阀的设计，安全连锁的设计，从而提高天然气液化工程的安全性。

5.4 天然气的液化流程

目前国内对天然气液化工艺的研究还没有一个统一的标准，其液化流程也不尽相同。传统的液化流程包括多级（梯级）液化、带有膨胀机的液化以及混合工质液化。三个流程均具有较好的工业应用前景。串联液化流程具有能耗最低、工质纯净、不存在比例问题等优点；其不利之处在于机组多，流程复杂，辅助设备多，造价高，管路及控制系统复杂，维修难度大。

膨胀式液化流程具有流程简单，操作简便，维护方便等优点；其不足之处在于，在低温条件下，涡轮膨胀机在高速运行时存在着能耗高、可靠性差和维修费用高等问题。混合工质液化技术可解决串联液化过程中存在的问题，在能耗上可减少15%~20%；其不足之处在于难以找到合适的混合工质比例。但是，随着工艺的进步和操作者的熟练程度的提高，冷媒比例便已经不是问题了。

5.5 运输的安全性

天然气的输送也被纳入到了天然气技术安全设计的研究当中，在输送的过程中，如果管线的质量不好或设计不当，就会导致天然气的泄露，导致天然气的流失，甚至产生安全隐患。我国当前最有名的利用天然气项目是“南气北输”，由于天然气储量的不均一性，南方和北方对天然气用量的不同，因此，建设“南气北输”具有重大意义。

6 结束语

从本文的讨论中可以看出，液化天然气具有运输、储存方便、清洁、安全等优点，因此目前天然气液化的使用范围很广。本文首先介绍天然气液化的概况，并对国内天然气液化技术的发展状况进行分析，进而讨论了天然气液化的工艺和应用，并对天然气液化存在的安全隐患和防范对策进行了探讨。期望通过这篇文章，可以进一步提高对天然气液化的认识，促进天然气液化行业的健康发展。

参考文献：

- [1] 牛永峰,王向阳.天然气液化工厂天然气液化工艺设计浅析[J].科技创新导报,2018,15(06):97+99.
- [2] 丁蔚.天然气液化(液化天然气)工厂火炬仪表控制系统设计[J].机电信息,2016(15):139-140.
- [3] 庄秀娜,顾德雯,平丽.天然气液化工艺控制结构设计及优化[J].当代化工研究,2022(20):144-147.
- [4] 高宏宏.液化天然气装置净化与液化工艺关键技术研究[J].化工管理,2022(28):152-154.
- [5] 吕胜男,王师婧.新型天然气液化装置工艺流程及设备特点分析[J].化工管理,2022(28):155-157.
- [6] 牛永峰,王向阳.液化天然气液化天然气工厂天然气液化工艺设计浅析[J].科技创新导报,2018,15(6):97,99.
- [7] 杜鹏.天然气的液化工艺和储运安全性分析[D].大庆:东北石油大学,2021(08):116-117.