

# 液化天然气接收站再冷凝工艺优化研究核心思路分析

李程萌

国家管网集团天津液化天然气有限责任公司

**[摘要]**在国民经济水平不断提升的背景下对天然气的需求量越来越大,液化天然气是当前多元化以及优质化能源战略中的重要能源之一。液化气燃气作为低温燃料,在汽化过程中会放出大量的冷量,利用冷量是提高液化天然气效益的重要环节。在研究时需要分析液化天然气再冷凝工艺,明确影响液化天然气接收站再冷凝工艺水平的相关因素,并对液化天然气接收站再冷凝工艺进行优化,明确优化后的运行效益,为类似工艺优化提供借鉴。

**[关键词]**液化天然气接收站;再冷凝工艺;优化要点

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.03.657

## 前言

推动液化天然气的快速发展是当前我国能源结构优化和生态环境改善过程中的最主要措施之一。因为天然气在常压下温度会达到零下160℃,储存条件要求比较高。在液化天然气接收站运行中很容易出现漏热情况,而大量液化气蒸发后产生的气体为BOG。目前,在对BOG进行处理时,主要通过直接压缩和再冷凝工艺。其中对气源型接收站可以利用高压外送管网进行运输。因此,再冷凝工艺的应用更加广泛。目前,再冷凝工艺应用中的主要是对压缩后的BOG和LNG进行换热。利用LNG产生的冷量对压缩后的BOG进行再冷凝。在该工艺应用过程中,BOG压缩机的功耗比较大,管网输送的气体负荷波动时,工艺操作难度也比较高。因此,需要对原有的液化天然气接收站再冷凝工艺进行优化,提升再冷凝工艺的运行效益。

## 一、液化天然气接收站再冷凝工艺概述

### (一)再冷凝工艺流程

液化天然气接收站的具体工艺流程图1所示。

在LNG通过卸料臂卸载到接收站储槽中。储槽的液体蒸发率大约为0.05%,储槽内的LNG经过低压泵加压过冷后可以分成两股运行线路,其中一股会进入再冷凝器对BOG进行冷凝;另一股会通过再冷凝器旁路与冷凝液混合后流入高压泵。气体储槽以及超低温设备管线保冷循环与卸货中产生的BOG都会通过BOC压缩机缓冲槽进入压缩机中进行增压加压,之后的BOG与低压泵的LNG会在再冷凝器中接触混合,之后再冷凝器的BOG会被液化成冷凝液,冷凝液通过再冷凝器的出口与再冷凝器旁路LNG进行混合后,可以进入高压泵。对LNG进行加压后进入汽化器进行气化处理,之后输送到低压管网中<sup>[1]</sup>。

### (二)再冷凝工艺主要设备

液化天然气接收站再冷凝工艺的相关设备包括BOG压缩机、再冷凝器。再冷凝器的主要功能是为BOG和LNG接触提供充足的空间,并可以利用LNG冷量对BOG进行再液化处理,能够

降低在加压过程中的能量损耗。除此之外,再冷凝器作为LNG高压输送泵的吸入端可以发挥缓冲容器的作用。BOG再液化系统在操作过程中必须对再冷凝器的液位和压力稳定性进行严格控制。在本次研究过程中可以针对部分BOG再液化工艺再冷凝器液位不稳定、系统功耗大、天然气输气管网负荷波动大等操作问题进行研究。对已经运行一段时间的LNG接收站进行分析,以BOG再液化工艺为基础完成再液化运行控制系统的优化工作。从而降低BOG再液化中的能耗,对工艺操作弹性进行改善,保证能源的综合利用效率<sup>[2]</sup>。

## 二、影响液化天然气接收站再冷凝工艺运行水平的因素

### (一)输气负荷波动的影响

对再冷凝工艺水平产生的影响进行分析时,发现在输气负荷波动的情况下会对压比以及物料比产生影响。天然气用户的用气量如果波动比较频繁,不同时段以及季节的使用量比较大,LNG的气化也会出现极强的波动特点。供气计划必须根据下游管网输送的峰、谷负荷进行确定。例如在某接收站2019年的送气高峰期达到日出输气量13500t,大约为562.5t/h;输送低谷时期每天的输送量仅为1184.5t,大约为49t/h。气化负荷比较低的情况下,LNG输出量相对较少,而对BOG进行冷凝的LNG量也会降低。为了保证BOG可以充分冷凝,需要对其进行增压,通常处于较高压力水平,才能确保工艺系统正常运行。这会导致压缩机功耗增加,并且随着下游用气负荷的不断波动,LNG输出也会发生一定变化。BOG压缩机的出口压力也会发生变化,一般为1.1MPa~1.4MPa。如果有突发事件会导致较多BOG产生而再冷凝工艺装置无法正常运行,需要送火炬进行燃烧,会对BOG再冷凝工艺的稳定性产生影响<sup>[3]</sup>。

因为对BOG再冷凝工艺的主要因素是BOG压缩机的压比以及LNG的用量。因此,在对再冷凝工艺流程模型进行分析时,需要分别对BOG的操作压力从0.12MPa压缩到1.1MPa~1.4MPa的整体流程进行模拟。经过分析发现BOG进压缩机的温度为零下

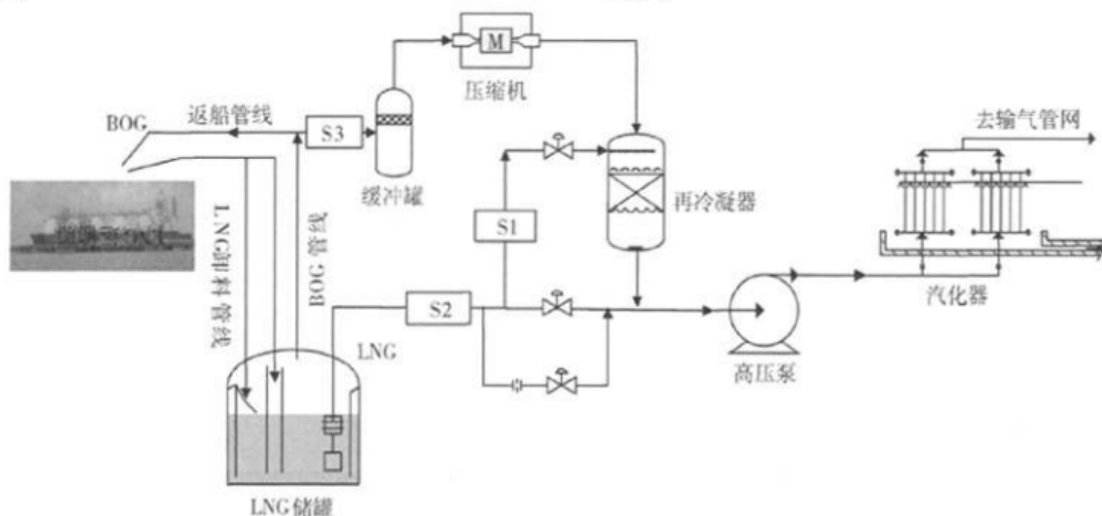


图1某液化天然气接收站工艺流程

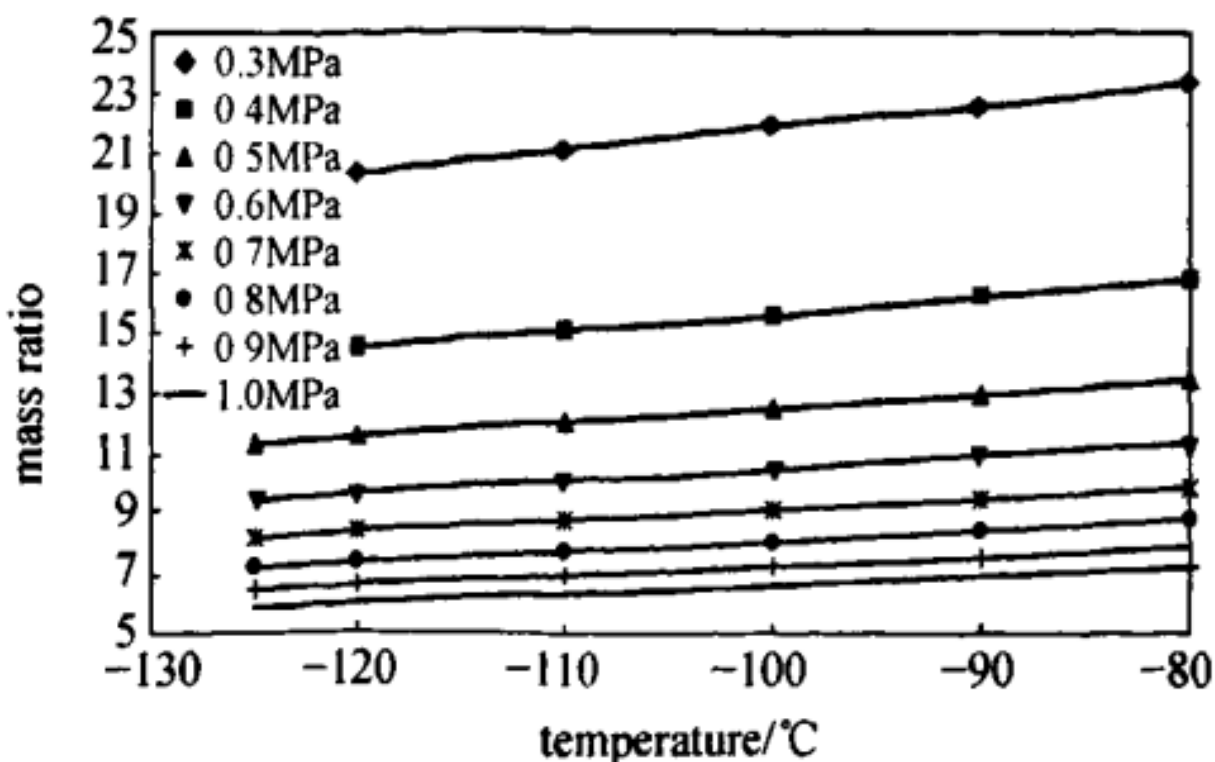


图2 BOG温度与物料比关系

133℃，物料比为BOG全部再液化需要的最小LNG与BOG的质量比。随着整体工艺的压比增加，最小物料比会随之减少，主要是因为BOG压力增加的情况下，漏点温度比较高，很容易液化。而对BOG再液化处理时所需要的LNG冷量比较少。这意味着LNG的用量也会随之减少。但是输出压力会随之增加，导致压缩机的整体功耗增加，影响工艺系统的整体能耗水平。因此，也可以完全对BOG进行处理的再冷凝工艺条件为核心进行分析，在操作方面需要尽可能降低压比，才能过将BOG压缩机的功耗控制在合理水平。但是压比降低的情况下，物料比增加，输气负荷低谷的情况下会导致工艺运行难度增加。

### (二) BOG温度对物料比的影响

BOG进入压缩机的温度为零下133℃，经过增压后温度升高，而BOG再冷凝之后温度会降到零下130℃。在这种情况下，LNG除了要为BOG从气态到液态的整体变化过程提供充足的能量，同时还要为其压缩后的整个降温过程提供能量。在BOG进入再冷凝器之前对其进行降温可以减少LNG的冷量，达到降低物料比的目的。这对缓解输气负荷波动产生的压比和物料比矛盾有重要的作用。在不同BOG压缩机出口压力影响下，再冷凝器的最小物料比随着进入再冷凝器BOG的温度会出现一定变化。物料比与BOG温度为比较简单的线性关系(图2)：BOG进入再冷凝器的温度越低，需要的物料比越小。

因为BOG的温度处于较低水平时，LNG为BOG进行降温时提供的能量会逐渐减少。在理想状态下，BOG温度在露点时进入再冷凝器，LNG只需要为BOG的变化提供冷量，并不需要进行降温。在这种情况下物料比可以在最小水平。因此，为了弥补降低压比导致的物料比增加问题，在实际工艺运行过程中需要降低BOG进入再冷凝器的温度，从而防止物料比随着压比降低而增加。在物料比不变或者变化幅度相对较小的情况下，对压力进行控制可以达到降低压缩机整体能耗的目的。

### 三、液化天然气接收站再冷凝工艺优化要点

为了对液化天然气接收站再冷凝工艺进行优化，需要对现有的BOG再冷凝工艺压比进行控制，这是压缩机功耗优化的关键措施。通过预冷增压后的BOG进入再冷凝器的温度大大降

低，能够减少在BOG冷凝过程中需要的LNG能量，达到降低压比的目的。目前，再冷凝工艺运行过程中，从再冷凝器获取的LNG主要是由二级泵进行升压处理的，进入汽化器后气化到5℃，再将其传输到管网。进入汽化器时的温度一般在零下145℃以下。因此，可以对这一股LNG进汽化器之前进行预冷压缩处理获取BOG，降低现有工艺的压比和压缩机损耗。

与原有的工艺流程相比，完成优化后整体流程主要增加预冷换热器，从储罐获取的LNG在经过增压过冷后可以分成进入再冷凝器上部与BOG混合换热的路径，全部液化后，在再冷凝器的下部可以与另一股LNG进行混合，通过第2级泵进行增压处理后，一部分可以直接作为BOG的预冷冷源对BOG进行预冷处理，将其送入到汽化器进行汽化并传输到外送管网。

优化后的再冷凝工艺系统总功耗明显减少，比原有功耗减少约169.9kW，压缩机的整体功耗减少约163.6kW，压缩机的功耗降低大约32.5%。

### 结语

综上所述，对BOG在液化系统整体功耗比较大、管网数据负荷波动频繁时操作难度较大的问题进行解决时，需要对原再冷凝工艺结构进行深入分析，在不增加设备的情况下完成再冷凝器工艺系统的优化改进工作。在输气负荷相当的情况下完成优化的液化天气再冷凝工艺，比原有工艺的压缩机能量消耗降低约32.5%，实现了再冷凝工艺系统的节能优化目标。

### 参考文献：

- [1] 付海洋. 关于液化天然气接收站蒸发气体再冷凝工艺优化的探讨[J]. 化工管理, 2018, (02): 83+85.
- [2] 胡立凯. 低冷凝温度下有机朗肯循环性能分析和工质筛选[D]. 天津大学, 2019.
- [3] 吴明, 朱祚良, 孙东旭, 等. 针对LNG接收站BOG再冷凝工艺预冷法优化方案的改进[J]. 化工进展, 2019, 38(5): 6.
- [4] 陈晓宏. 乡村振兴背景下农村基层党建模式创新——以福建省三明市“跨村联建”为例[J]. 中共福建省委党校学报, 2018(12): 8.