



LNG 装置可被设计完成新的操作要求

当今以海上天然气为基础、世界最大的合成燃料工程项目目前正在南非南海岸莫塞尔贝城附近处于交工试运转阶段。林德公司(德国)参与了它所承担的液态燃料工程项目。该装置于1992年9月投入生产,实现了使天然气的液化、液化天然气的储存及液化天然气的汽化等三项工艺合为一体的要求。

LNG 装置可被设计完成新的操作要求。一方面,计划将 LNG 装置作为备用系统使用,其目的是:万一海上天然气中断生产时,可利用它来维持岸上所有炼油厂的装置运行;另一方面,计划将 LNG 装置作为高峰补充操作系统,其目的是:在定期检修维护期间,通过调整反应器的原料气配比,使

岸上炼油厂合成燃料反应器运行达到最佳状态。

岸上炼油厂主要工艺过程如下:①天然气中的贫气(C_4^-)分离,丙烷、丁烷和重质烃类的回收以及轻油、凝析油的收率稳定;②应用甲烷和乙烷的催化蒸汽转化法来生产费-托合成气;③应用费-托催化技术,把合成气转化成液态烃;④为能生产出运输燃料,对这些液态烃类进行精制(炼制)和浓缩处理。

林德公司负责在 Mossas 炼油厂安装 LNG 装置以及与之配套的空分系统,液化天然气回收系统(天然气和凝析油的分离),以及尾气处理系统(合成醇废气分离)。

LNG 装置流程,见图1。

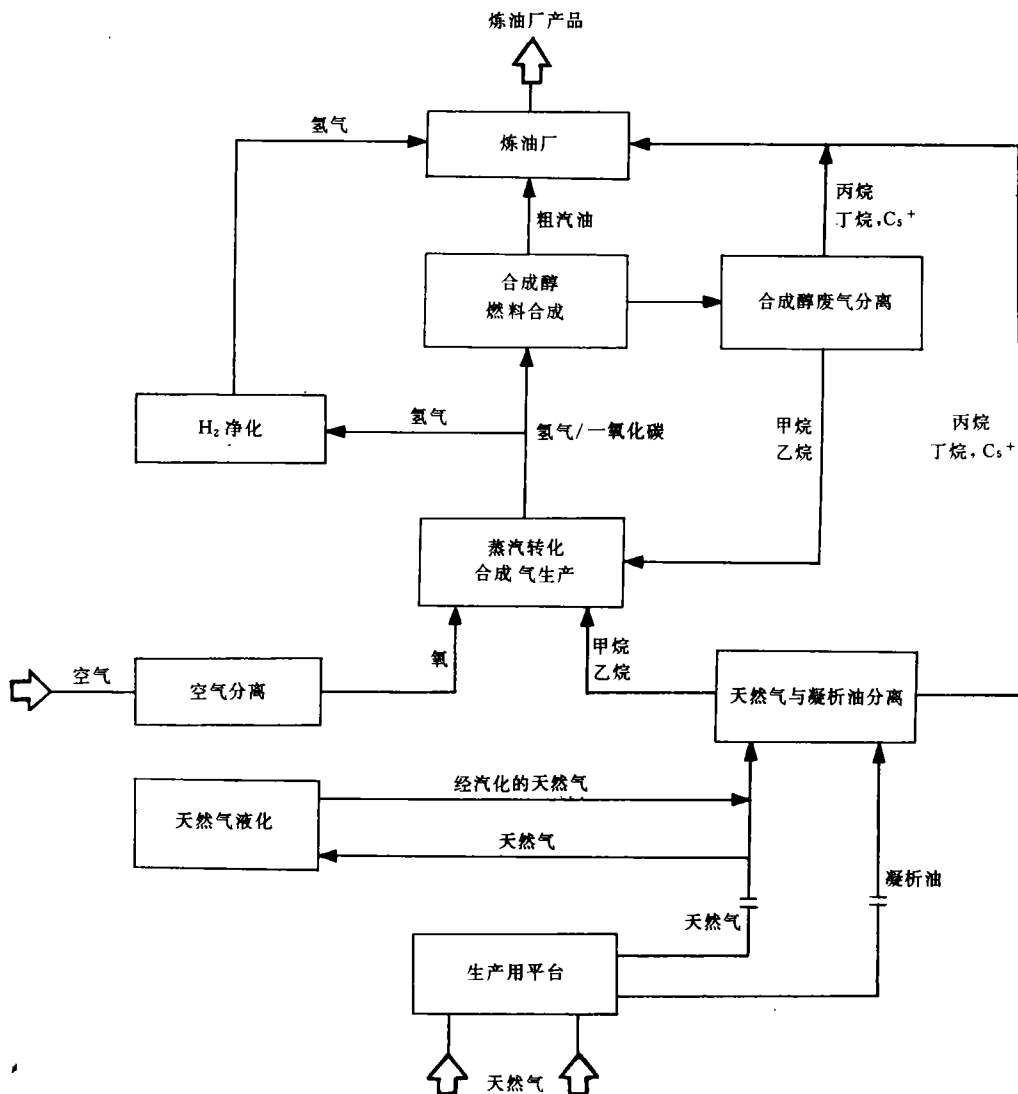


图1 海岸炼油厂框图

Fig. 1. Block diagram of coastal oil refinery.

LNG 装置的设计基础与 操作要求及装置的用途

LNG 装置最初用途是,可液化被输送来的天然气,并将其储存下来,供海上停产期间再汽化用。这样,可以避免炼油厂运转良好的装置(尤其是甲烷重整装置和合成装置)发生同时停车现象。

LNG 装置的第二个用途是代替高峰补充操作装置所具有的作用。在合成燃料反应器正常停车期间,例行维护方法是一次一台。这样,使得运转中的反应器荷载有所增加,但这些反应器又没有能力接收整个海上输送的气体。因此,为避免产品的两种损失,需要降低海上平台的生产能力。对在运转的合成燃料反应器所不能容纳的过量气进行液化,并储存在 LNG 装置备有的罐中。当使用过的合成燃料反应器被废除时,所储存的气体容量与正常海上管线进料被一起输送到炼油厂去。

表 1 列出了 LNG 装置的设计数据。

表 1 原料气组成
Table 1. Composition of unstripped gas

原料气组成(克分子百分比)	
N ₂	1.54%
CO ₂	2.84%
CH ₄	84.80%
C ₂ H ₆	6.95%
C ₃ H ₈	2.61%
i-C ₄ H ₁₀	0.41%
i-C ₅ H ₁₂	0.55%
C ₆ H ₁₄	0.05%
H ₂ S	<5 ppm
原料气压力	42 bar(1 bar=10 ⁵ Pa)
原料气温度	10℃
液化速率	15 600 m ³ /h
储存容量	10 000 m ³

根据这些设计条件,LNG 罐 15 天内就可装满。该罐的储存容量足能以最大处理量为岸上炼油厂供气约达 72 小时,而按最小的处理量则可供气 30 天。

关于 LNG 装置用的冷却水、蒸汽、电力以及燃料气补给品的连接点,均在界区的边界处进行连接。

就必须满足下面列举的特殊操作条件而言,在 Mossas 炼油厂安装的 LNG 装置与常规的高峰补充系统或基本荷载系统是有区别的。

Mossas 炼油厂要求用两种不同的输气方式,即 100% 的最大供给(备用)方式和 3.7% 的最小供给(高峰补充)方式,来操作 LNG 装置。为满足这些要求,安装了具有 25% 和 75% 处理能力的输出泵和 LNG 汽化器,每台都有单独的极限负荷系数。

由于海上平台和岸上炼油厂之间的天然气缓冲容器容积有限,因此要求 LNG 装置输出系统与汽化系统在开车的 10 分钟内要达到 100% 的处理能力。

上述要求只有通过利用炼油厂现有的集散控制系统才能使装置的完全自动化得以实现。这意味着,LNG 装置的输出系统可以通过炼油厂的中心控制室控制,而装置本身又不需要固定的操作员。

工程设计要求:由于 LNG 装置的设计与安装将作为 Mossas 炼油厂的一部分,因此,LNG 装置的设计要求必须符合炼油厂所有相应的标准、规范和技术要求。另外,该设计曾以林德公司和 Mossas 炼油厂的安全标准为基础,并且在早期设计阶段,该设计与由两家公司所进行的 Hazop 研究结果相一致。

LNG 装置的主要工艺设备

图 2 示明了 LNG 装置的主要工艺设备布置情况,说明了这些主要工艺设备是如何被列入到总工艺当中的,又是如何满足上述特殊操作要求的。同时,图 2 也说明了各种消耗值。

(1) 二氧化碳脱除过程

用 MEA(单乙醇胺)洗涤法从原料气中把 CO₂ 脱除到 50 ppm。这样做,可防止设备和管路因 CO₂ 固化造成 LNG 装置低温而堵塞。

(2) 天然气脱水作用

为了防止设备和管路因水结冰而堵塞,应对净化的原料气进行脱水,并把水脱除到含量小于 1 ppm。

净化气体经普通自动式双床分子筛吸附器(进行)干燥,当分子筛吸附器饱和时,从设在压缩机后的储罐里出来的气体可作为分子筛再生气进行再生。再生后,将湿气体输送到炼油厂的燃料系统。在压缩机停止运行期间,可用干燥原料气的侧线抽出气体进行再生。

(3) 天然气的液化

净化和干燥后的天然气需经 3 个真空钎焊板式换热器进行冷却、冷凝和过冷却处理。重要烃类(根据其组成,于低温时可能会结冰而堵塞设备和管路)应经过部分冷凝及其后的分离。HHC 馏分可与输送到燃料系统的废再生气相混合。在用珍珠岩隔热的冷箱内,装有换热器和 HHC 分离器。

(4) 天然气液化制冷要求

循环的混合制冷剂的压缩及其后来的汽化可满足天然气液化的大部分制冷要求。这种方法以成本低(只需要一台运转设备)和操作费用低(能源和冷却水要求低)而著称。混合制冷剂由氟气、甲烷、乙烯和异丁烷组成。

正如对天然气液化的要求那样,只有通过加热冷却罐的回流气体才能达到附加的制冷处理能力。因此可以扩大 HHC 馏分处理量。

在气体没有被液化的期间,制冷剂缓冲罐具有适当滞留处理能力,以避免制冷剂放空。制冷循环剂的组成和数量始终保持不变,这就满足了装置快而易于起动的要求。

(5) 回流气流程

当进行天然气液化处理时,储罐回流气(从 LNG 储罐中

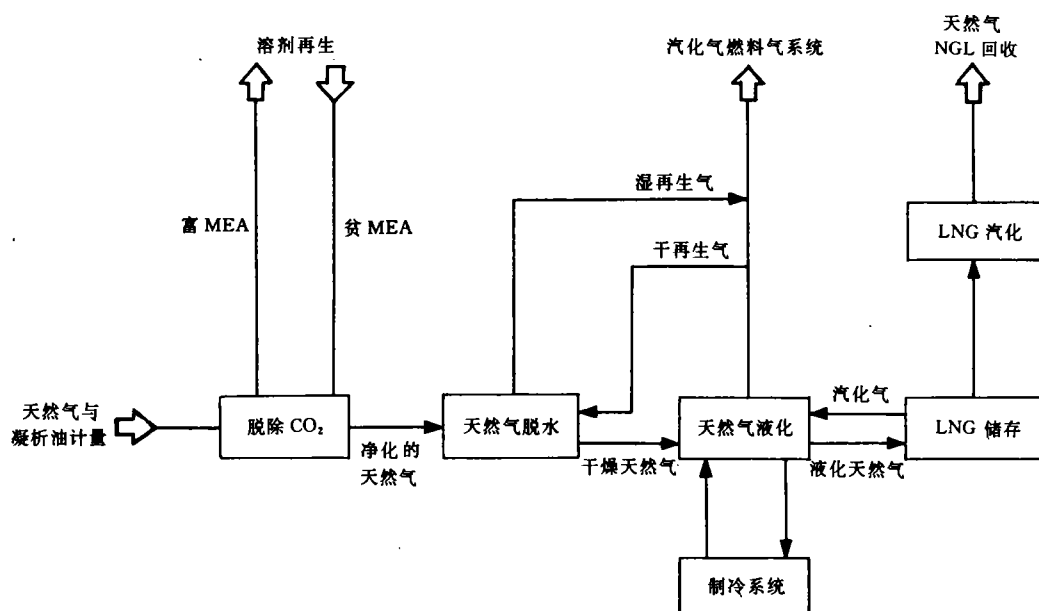


图 2 LNG 装置的框图

Fig. 2. Block diagram of LNG installation.

出来的闪蒸气、汽化气和置换气)可采用与原料气进行换热的方法来加热。在进行非液化操作时,储罐回流气(主要是汽化气)可由电热器进行加热和汽化处理。

温(热)罐回流气可被压缩,然后用于原料气脱水系统的分子筛吸附器再生,最后输送到炼油厂燃料系统。

(6) 液化天然气储存

液化天然气储存用的双容器罐实质上是一个不锈钢结构的罐。该罐带有悬浮顶盖,顶盖用一种既是独立密封,又是整体的外用预应力混凝土容器封闭。

内罐与外罐之间应进行保温处理(采用泡沫玻璃和珍珠岩),而且悬浮顶盖也应进行保温处理(用矿渣棉即石棉纤维)。这样做的目的是,如果发生热循环现象,可减少珍珠岩压力。弹簧垫可装在内罐壳体上。

该设计应符合一些刊物中所说明的非常完善的原理,保证两个罐中的每一个罐本身能够储存液化天然气,不管负载如何,均不会发生泄漏现象。除上述情况外,根据可能发生的外部效应,例如,物性冲击或热辐射,密封的外罐用来保护内罐。对安全要求很高的目的是,尽量减少给装置操作人员以及炼油厂的临近设施(该设施内所储存的液化天然气可能会发生泄漏现象)带来危害。

(7) 液化天然气的输送

按要求,应用 4 个天然气泵才能够将最大和最小的气体排放比速连同相对高压参数(在该压时装置可提供气体)一起给出。安装在罐内的浸没式初始泵可把液化天然气输送到罐外部的增压泵中。

至于极限负荷比的高要求,初始泵和从动泵的流量(即输出量)在两类泵之间区分开(一类泵流量为 25%,另一类泵流量为 75%)。另外,25%流量(的)泵又作为 75%流量(的)泵的备用泵,因为 25%流量的泵在极限负荷很高时,可使岸上炼油厂继续运行。

在这些初始泵中,有一台可用于冷却输送泵及其各自的备用循环液化天然气的管线,以保证达到输送系统快速启动的要求。

(8) 液化天然气的汽化

从储罐中抽出的液化天然气可通过浸液式燃烧型汽化器(该汽化器可燃烧从炼油厂燃料气系统中供给的气体)进行汽化,并可加热到环境温度。烟道气通过烟囱排放到大气中去。

我们选用了浸没式燃烧型汽化器,因为它热效率高、操作弹性大、安全可靠。

(9) 公用工程(略)

张继文 李生武 节译
(编辑 居维清)