

浮式 LNG 气化船与陆上 LNG 接收站 分析比较

仇德朋, 曲顺利, 鹿晓斌, 郭 雷

(中海油山东化学工程有限责任公司, 山东 济南 250000)

摘要:介绍了浮式接收储存气化装置(FSRU)的特点,就气化器型式、BOG 处理工艺、高压 LNG 外输工艺、放空工艺、LNG 储罐等方面分析了 FSRU 与 LNG 接收终端的异同,指出了 FSRU 的优势。

关键词:FSRU; LNG 接收站; 分析

中图分类号:TE646

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2014)12-0115-03

Analysis and comparison of FSRU and onshore LNG terminal

QIU De-peng, QU Shun-li, LU Xiao-bin, GUO Lei

(CNOOC Shandong Chemical Engineering Co., Ltd., Jinan 250000, China)

Abstract: The characteristics of Floating Storage and Re-gasification Unit (FSRU) have been introduced in this article. The vaporizer style, BOG treatment, HP LNG send-out, emergency vent and LNG tanks of FSRU have been analyzed and compared with onshore LNG terminal. The advantages of FSRU process have been illustrated as well.

Key words: FSRU; LNG terminal; analysis

1 FSRU 介绍

FSRU (floating storage and re-gasification unit)^[1]浮式接收储存和 气化装置,其外形类似于 LNG 运输船,主要功能是接收、储存和 气化 LNG,气化后的天然气通过输气管线进入城市管网,为城市用户供气。整体来看,陆上 LNG 接收终端和 FSRU 相比,其系统构成相似,每个系统的功能也基本相

同。但由于海上环境和陆上环境条件不同,浮式 LNG 接收终端有其自身的特点。通常而言,FSRU 需要设发电装置,自给自足,设备管道布置需要尽量紧凑等等。根据能源行业杂志 Wood Mackenzie 统计,目前全世界已建 FSRU 4 座,在建 4 座。与成熟的陆上 LNG 接收站相比,FSRU 正处于发展初级阶段。

FSRU 的基本结构如图 1 所示,上层为布置管道、设备,以及生活区域,底部为 LNG 船舱。

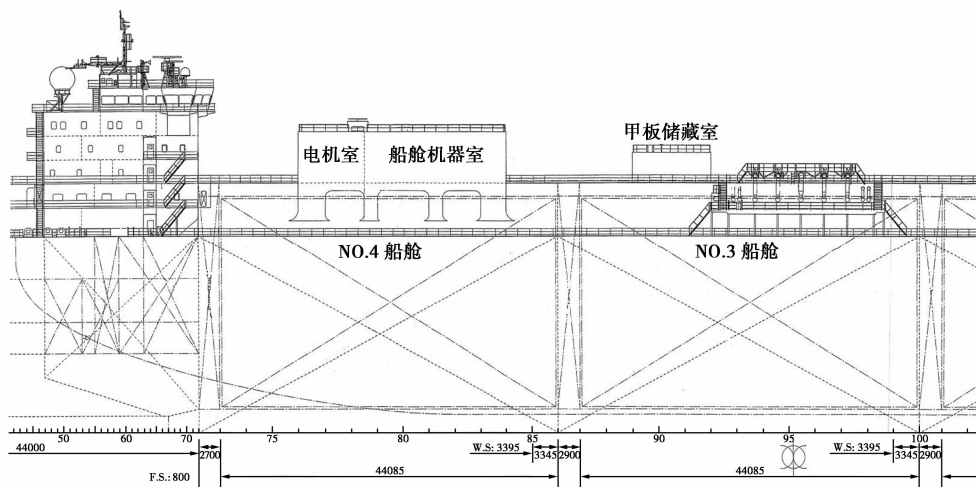


图 1 FSRU 基本结构简图

2 FSRU 与陆上 LNG 接收站分析比较

2.1 气化器型式

FSRU 主体是 LNG 船舶,与陆上 LNG 接收站相

比,可利用面积狭小,因此设备尺寸需要尽可能缩小。陆上传统 LNG 接收站的气化器外形尺寸较大,例如 ORV、IFV、SCV 等。为了节省空间,FSRU 上气化器采用管壳式强制气化器,基本流程如图 2 所示。

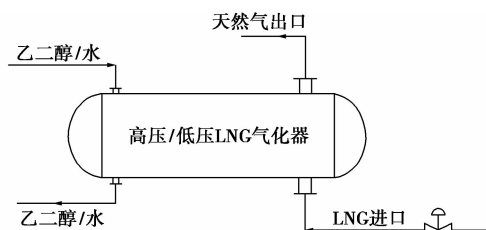


图2 气化器基本流程简图

此型式气化器可气化低压 LNG 或高压 LNG, 加热介质为高温乙二醇/水混合溶液。利用 FSRU 船舶蒸发的 BOG 燃烧加热产生水蒸汽, 水蒸汽再加热乙二醇/水溶液, 之后利用溶液气化 LNG。本气化工艺与传统相比传热效率更高, 操作更稳定, 适合在船舶上使用。

2.2 BOG 处理工艺

通常, 陆上 LNG 接收站需要处理站内产生的 BOG, 一般采用再冷凝工艺或者压缩外输等方法。而 FSRU 可不设置单独的 BOG 处理设备, BOG 一部分用于发电为船舶提供动力; 一部分燃烧用于加热气化器所需的热媒。正常情况下, 可以通过上述用

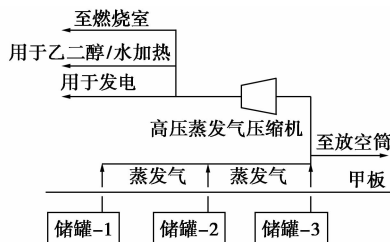


图3 BOG 处理流程简图

途实现内部消化吸收 BOG, 如果一旦 BOG 产生量超过 FSRU 所需, 首先考虑经燃烧室 (GCU) [2] 燃烧排空, 其次考虑直接放空至大气。基本流程如图 3 所示。

以 FSRU 消耗电量 5 000 kW 计, 单台气化器能力为 180 t/h, 内燃机发电效率为 38%, BOG 低热值为 34.39 MJ/m³。所需 BOG 量见表 1。

表1 FSRU 中 BOG 消耗列表

项目	所需能量	消耗 BOG 量/(t·h ⁻¹)
单台气化器	1.2 × 10 ⁸ kJ/h	2.47
总共需求电量	5000 kW	2.92

注: BOG 发电 1.2 kWh/m³。

单个 50 000 m³ LNG 储罐日质量蒸发率为 0.05%, 产生 BOG 量为 0.47 t/h, 按 4 个 50 000 m³ 船舱计算, 结合排净保冷等, 总共产生 BOG 量约为 2.3 t/h。考虑卸船工况, 增加产生 BOG 量约为 2.4 t/h。综合分析可知, 正常操作下所产生 BOG 量不能满足船上所需, 仍需利用低压 LNG 气化器补充船舶所需燃料。

2.3 高压 LNG 外输工艺

传统 LNG 接收站再冷凝器下游接至高压泵, 加压之后进入气化器气化后外输。再冷凝器兼具缓冲和冷凝处理 BOG 的作用, 如果一旦压力降低至设定值, 采用外输天然气补气维持其压力稳定。

FSRU 由于无需设置 BOG 再冷凝, 所谓的“再冷凝器”仅仅为高压泵的缓冲罐之用。从船舱泵送

(上接第 114 页)

减少了生产成本, 缩短了生产周期, 提高了产品品质。这说明采用 50 nm 陶瓷膜处理硫化碱液能有效降低硫化碱液中 ss 含量, 使粗品邻二中碱渣大量减少, 从源头上把控精馏系统碱渣含量的目的得以实现, 经济效益和环境效益明显。

3 结论

(1) 用陶瓷膜进行硫化碱液的纯化除杂是可行的。采用 50 nm 的陶瓷膜进行过滤时, 碱的回收率可达到 99.7%, 清液的 ss 去除率达到了 93%。在浓缩倍数为 17 的情况下, 平均通量在 330 ~ 340 L/(m²·h)。

(2) 由于陶瓷膜在化工行业具有有机膜无可比拟的优势, 必将成为化工行业不可替代的分离纯化

的技术和手段。

参考文献

- [1] 徐南平. 无机膜的发展现状与展望[J]. 江苏化工, 2000, 28(1): 14-17.
- [2] 黄肖容, 黄仲涛. 不对称氧化铝膜管的微滤性能研究[J]. 环境科学学报, 1998, 18(5): 466-470.
- [3] 王学松. 膜分离现状及发展趋向[J]. 化学进展, 1994, 6(4): 322-338.
- [4] 赵宜江, 李红, 徐南平, 等. 陶瓷微滤膜回收偏钛酸过程中膜清洗的研究[J]. 膜科学与技术, 1998, 18(4): 10-14.
- [5] 马卫文, 丁子上. 无机分离膜的发展与应用[J]. 材料科学与工程, 1996, 14(1): 1-4.
- [6] 刘茉娥. 膜分离技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 211-213.
- [7] 刘有智, 高松平, 张俊祥. 用陶瓷超滤膜对含有超细固体颗粒的乳化悬浮液的净化处理[J]. 化工进展, 2003, 22(1): 60-63. ■

出的 LNG 温度低,其饱和压力也低,为了维持缓冲罐的压力,降低 LNG 的气相分压,采用注入氮气方式,稳定缓冲罐压力在 0.7 MPa 左右,而传统陆上 LNG 接收站中,再冷凝器仅仅采用外输补气稳定压力,这是与 LNG 接收站再冷凝器稳压最大的不同之处。在紧急情况下,FSRU 中高压泵入口缓冲罐仍与外输天然气连通(利用高压外输气作为应急保护),防止压力急剧下降。正常操作下只采用氮气稳压即可。基本流程如图 4 所示。

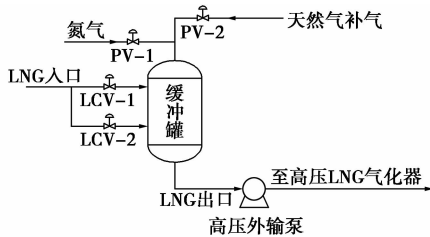


图 4 高压 LNG 外输流程简图

2.4 放空工艺

传统 LNG 接收站中,各类安全阀(高/低压力)放空均接入 BOG 总管,之后分支管至火炬分液罐,直至火炬燃烧放空。

而 FSRU 中,高/低压安全阀放空分开设置,分别进入各自的放空筒。原因是船上管道布置距离有限,无法有效消除高压安全阀起跳给低压安全阀背压带来的影响。因此,高/低压安全阀单独放空更为安全。目前陆上 LNG 接收站都是单独设置一座火炬,高/低压安全阀放空共用。FSRU 放空工艺与目前 LNG 接收站放空设置完全不同,如图 5 所示。

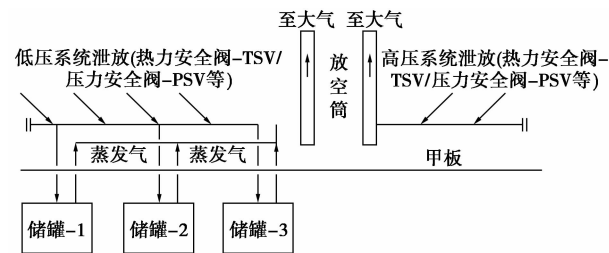


图 5 FSRU 放空流程简图

根据图 5 可知,所有低压安全阀放空汇总后,首先就势步步低接入船舱(LNG 船舱在甲板底部),之后由 LNG 船舱再另接管道至放空筒。这样就避免了安全阀(TSV/PSV)出口管道袋形布置的情况。传统 LNG 接收站中,由于储罐远远高于工艺区域,TSV/PSV 出口汇管需抬高到罐顶再接入

LNG 储罐,就会形成巨大的 U 形弯,一旦 TSV 安全阀泄露^[3],就会产生巨大液柱,导致安全阀无法正常开启。

2.5 LNG 储罐

在传统 LNG 接收站中,并不考虑 LNG 储罐的检修等问题。而作为 FSRU 船舱,则需要考虑船舱清空、检修等操作。利用船舱内低流量清仓泵尽量排出 LNG,之后利用高流量低压力压缩机加压 BOG,经过乙二醇/水再升高温度进入 LNG 船舱,达到气化残余 LNG 目的。最终完成 LNG 船舱的气化、清仓,达到检修操作目的。简略流程见图 6 所示。

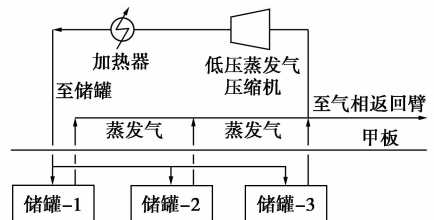


图 6 FSRU 暖舱返气简图

当卸料至 FSRU 时,如果出现置换 BOG 气体无法按既定流量返回,则需要开启高流量低压力压缩机加压 BOG,输送返气。

传统陆上接收站中,LNG 储罐如果出现压力过低,需要利用高压外输天然气作为补气气源,减压后补充至储罐。而 FSRU 可能存在无外输而又在海上航行的可能,因此需单独设置低压 LNG 气化器作为 LNG 船舱的补气气源,流程与图 2 相同。这与传统 LNG 接收站储罐补压存在较大差异。

3 结语

FSRU 是未来 LNG 接收站的发展趋势,可灵活临近用气市场,减少占用有限的岸线及陆地资源。由于是在船上操作运行,其工艺与传统陆上 LNG 接收站存在较大差异。本文中详细分析比较了两者的不同之处,有助于理解 FSRU 的运行模式和特点。

参考文献

- [1] 艾绍平,张奕.浮式 LNG 接收终端技术及发展[J].世界海运,2012,35(9):32-34.
- [2] 董效鹏,李文华,陈海泉.气体燃烧装置 GCU 在 LNG 船上的应用[J].机电设备,2010,(5):13-16.
- [3] 仇德朋,梁金鹏,张张伟.LNG 接收站中热力安全阀的探讨[J].化工设计,2014,24(4):15-17. ■