

分储分输在 LNG 接收站贸易中应用探讨

李 云 (中石油江苏液化天然气有限公司, 江苏 南通 226400)

摘 要: LNG 接收站在 LNG 贸易中发挥着至关重要的作用, 是 LNG 海上运输的陆上接收终端。本文简单介绍了国内 LNG 接收站功能、接收站原料、国内 LNG 接收站贸易现状, 对分储分输在液态装车贸易、接收站气化外输、接收站工艺运行、接收站功能拓展方面的影响进行了分析, 同时指出了分储分输在国内的应用现状及实施难点。

关键词: LNG 接收站; 贸易; 分储分输; 组份; 气化率

Abstract: LNG receiving stations play a crucial role in LNG trade and are onshore receiving terminals for LNG sea transportation. This article provides a brief introduction to the functions, raw materials, and trade status of domestic LNG receiving stations. It analyzes the impact of storage and transportation on liquid loading trade, gasification export of receiving stations, process operation of receiving stations, and expansion of receiving station functions. At the same time, it points out the current application status and implementation difficulties of storage and transportation in China.

Keywords: LNG receiving station; Trade; Separate storage and transmission; Components; Gasification rate

0 引言

中国目前是全球最大 LNG 进口国, LNG 接收站在 LNG 贸易中发挥着至关重要的作用, 是 LNG 海上运输的陆上接收终端。随着环保政策推进和能源结构调整, 天然气需求持续上升, 近年来国内 LNG 接收站数量显著增长, 沿海地区如广东、浙江、江苏、山东等地均有布局。同时接收站的储罐容量和接卸能力不断提升, 大部分接收站已具备百万吨级甚至千万吨级的年接卸能力, 其中储罐总罐容最大的是中国海油盐城“绿能港”, 此接收站目前包含 4 座 220000m³ 液化天然气储罐和 6 座 270000m³ 液化天然气储罐, 总罐容达 2500000m³。我国目前接收站接收的 LNG 来自全球多个国家, 来自不同国家的 LNG 可能具有不同的组成和热值, 液化天然气国际贸易中由于产地不同, 根据 LNG 的成分、热值等特性, 将其分类储存在不同的 LNG 储罐中实现 LNG 接收站的分储分输。由于 LNG 接收站的“分储分输”是一个复杂的过程, 涉及 LNG 的接收、储存、气化、液态转运等多个环节, 可以通过科学的分储分输管理, 接收站可以在贸易中灵

活应对不同用户的需求, 确保天然气供应的稳定性和安全性。

1 国内接收站基本情况

1.1 LNG 接收站功能

来自世界各地的 LNG 通过运输船运到接收站后通过卸料臂、卸船管线将 LNG 输送至大型低温储罐, 在进入储罐时会与储罐内存储的 LNG 进行密度比较, 如果船上密度大于储罐内 LNG 密度则选择上进液, 反之选择下进液。储存在储罐的 LNG 通过罐内低温离心泵做功加压输出, 加压输出的 LNG 通常分三路, 一路去下游经高压泵加压至气化器转化为气态天然气后输送至管网, 供工业、发电和居民使用; 一路去码头保冷循环管线用于卸船管线保冷; 一路用于槽车装车进行液态外输。

1.2 接收站原料分析

我国 LNG 进口来源多样化, 产地主要分布在澳大利亚、卡塔尔、马来西亚、印度尼西亚、俄罗斯和美国等国家, 不同产地 LNG 的密度、组分、热值各不相同。LNG 接收站接卸的 LNG 密度在 420~470kg/m³

表 1 常见 LNG 密度组分表

| LNG 密度 | 甲烷含量 (%) | 乙烷含量 (%) | 丙烷含量 (%) | 异丁烷含量 (%) | 正丁烷含量 (%) | 异戊烷 (%) | 正戊烷 (%) | 质量热值 (MJ/kg) | 气化率 (m ³ /t) |
|--------|----------|----------|----------|-----------|-----------|---------|---------|--------------|-------------------------|
| 420.89 | 99.81 | 0.09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55.4720 | 1494.30 |
| 429.22 | 96.75 | 3.07 | 0.09 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0 | 55.3255 | 1452.09 |
| 438.91 | 95.04 | 3.45 | 0.86 | 0.28 | 0.24 | 0 | 0 | 55.0045 | 1411.73 |
| 442.33 | 93.98 | 4.23 | 1.13 | 0.21 | 0.27 | 0.02 | 0 | 54.9055 | 1396.62 |
| 457.59 | 90.46 | 5.79 | 2.24 | 0.67 | 0.62 | 0 | 0 | 54.5213 | 1327.89 |
| 470.72 | 86.72 | 8.25 | 3.23 | 0.60 | 0.72 | 0.09 | 0.03 | 54.12 | 1277.96 |

注: 气化率为在标况下单位质量的 LNG 完全气化后的体积。

之间波动。如表 1 常见 LNG 密度组分表。

1.3 国内 LNG 接收站贸易现状简介

对于国内大型国有控股企业普遍采用传统一体化运营模式，企业在上游参与天然气资源的采购，通过自有或租赁的 LNG 运输船将液化天然气运输到接收站。接收站负责接卸、储存、气化等环节，然后通过自建的管道或其他运输方式将天然气输送到下游的城市燃气运营商、工业用户、发电企业等，实现了从资源采购到终端销售的全产业链覆盖，例如“三桶油”的 LNG 接收站。这种模式有利于企业对整个产业链的各个环节进行统一管理和协调，保障资源供应的稳定性和安全性，同时也能通过产业链的协同效应实现利润的最大化。LNG 接收站在这项贸易过程中赚取管道气化费用和槽车装车费用。

2 分储分输的意义

2.1 对液态装车贸易的影响

LNG 接收站如若未采取 LNG 分储分输工艺模式，在进行槽车液态充装时 LNG 来源于接收站低压外输总管不同密度的 LNG 并未分开，如图 1 所示。在 LNG 槽车液态充装贸易中，单辆槽车的充装费用实际是按照管道气化费用 G_t (元/ m^3) * 充装质量 M (吨) * 气化率。从表 1 可知不同密度的 LNG 气化率各不相同，密度相差越大气化率相差越大。采用分储分输工艺后

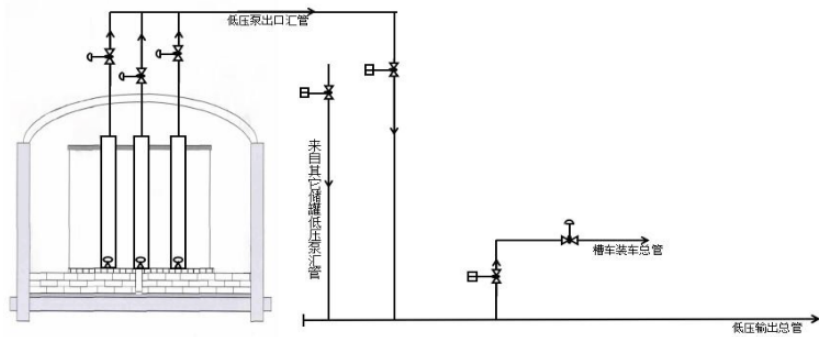


图 1 传统槽车充装工艺流程

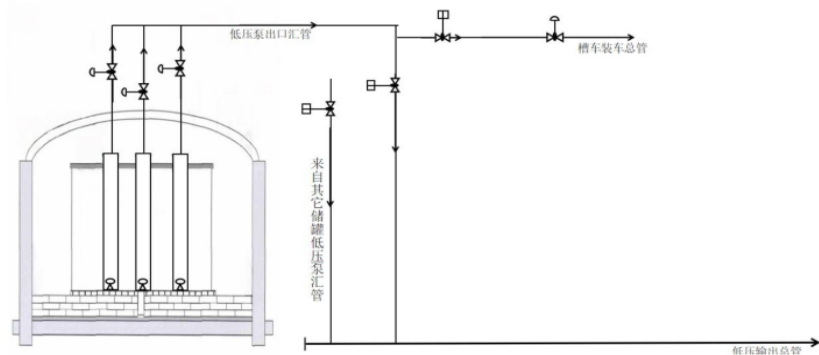


图 2 采用分储分输槽车充装工艺流程

如图 2，在槽车进行液态时可以选择将重组分 LNG 进行槽车充装，节省槽车运输公司充装费用，在液态贸易中增加区域竞争优势同时使 LNG 运输单位收益增加客户粘性。

下游不同用户对 LNG 热值要求也不同，从表 1 中可知不同密度的 LNG 由于组分不同其单位质量热值具有一定差异，采用分储分输后可以满足下游用需求增加用户的选择同时也会增加接收站区域竞争优势。

2.2 对接收站气化外输的影响

LNG 接收站采用分储分输将不同密度 LNG 分开储存在不同储罐内，在进行气化外输时可根据外输计划，充分利用不同储罐内 LNG 气化率的差异化特性进行选择储罐 LNG 进行外输。假定在接收站外输 1200 万方/天时，不同密度下接收站每小时外输量如表 2。

表 2 不同密度下接收站外输流量

| LNG 密度 (kg/m^3) | 气化率 | 每小时外输量 (t/h) |
|---------------------|---------|--------------|
| 420.89 | 1494.30 | 334.6 |
| 429.22 | 1452.09 | 344.33 |
| 438.91 | 1411.73 | 354.18 |
| 442.33 | 1396.62 | 358.01 |
| 457.59 | 1327.89 | 376.54 |
| 470.72 | 1277.96 | 391.2 |

从表 2 中可知 LNG 密度越大气化率越低，在一定计划外输情况下接收站外输流量会增大，使低压泵、高压泵、浸没燃烧气化器（如果有）功耗增加。国内某个接收站为保证高压泵等高耗能设备满负荷运行，会积极协调生产计划实施阶梯输量排产，生产负荷高于阶梯输量较少时增加轻组分外输，尽量避免增启新的生产设备，采用此措施可以降低生产能耗提高生产效率。

2.3 对接收站工艺运行影响

接收站采用传统混合储存模式时，用于槽车充装的 LNG 来自低压输出总管，在槽车充装过程中槽车充装的数量、充装的速度、充装的状态等都会造成低压输出总管压力、流量波动；接收站采用分储分输后液态装车工艺与增压气化外输工艺相对独立，在槽车充装过程低压输出总管流量、压力不会因为槽车充装状态发生波动，使增压气化外输工艺工

况处于稳定。

LNG 接收站来船进行卸料时, 根据 LNG 密度将密度相近的 LNG 通过卸料管线卸进同一储罐, 可以防止罐内 LNG 出现分层现象。在进行 LNG 卸料过程中会由于以下原因产生大量 BOG 气体: ①储罐进料时会置换出储罐气相空间中体积的 BOG 蒸发气; ② LNG 进入储罐时会从气相空间吸热, 导致 LNG 处于过热状态而发生罐内闪蒸; ③ LNG 进入储罐后由于船上 LNG 温度较低储罐内罐壁吸收冷量会降温至 -158°C 左右, 造成部分 LNG 吸热气化。采用分储分输工艺后由于会选择密度相近的储罐采用储罐底部进料这样就减少了 LNG 在罐内闪蒸, 在卸船过程中接收站 BOG 蒸发量大大降低, 降低了 BOG 压缩机运行负荷或时间, 从而实现节能降耗。

2.4 对接收站功能拓展意义

LNG 接收站作为天然气供应链中的关键节点, 传统功能主要包括接收、储存、再气化及输送液化天然气。随着能源转型和技术进步, 其将从单一气源入口逐步正在向多元化、综合化和低碳化方向扩展。目前 LNG 接收站功能扩展的主要方向是冷能综合利用、储气调峰、轻烃分离、第三方开放等。其中分储分输工艺在乙烷回收、第三方开放功能上有积极意义。

2.4.1 轻烃分离

LNG 接收站乙烷回收目前主要分为气相轻烃回收工艺、液相轻烃回收工艺两种方式, 两种乙烷回收工艺都受原料组分波动性影响。一般来说, 当 LNG 中乙烷含量达到 4%~5% 以上时, 就可能具有一定的分离价值。从表 1 可知不同密度的 LNG 乙烷含量有一定差异, 采用分储分输工艺可以将组分满足乙烷分离的 LNG 按照密度卸入同一储罐。

2.4.2 第三方开放

随着接收站数量增加, 市场竞争加剧, 部分接收站利用率不足。国家管网公司成立后, 推动接收站向第三方公平开放, 这一举措有利于充分释放其产能, 提高基础设施的利用效率, 避免资源闲置浪费, 实现了接收站代加工窗口的市场化交易。例如广东大鹏、天津南疆等接收站已向民营和外资企业开放使用。第三方用户一般会通过液态装车贸易方式将 LNG 转运, 采用分储分输工艺将接卸的第三方 LNG 卸入密度组分相似的储罐, 可以避免在液态装车贸易交接中的计量问题。

3 分储分输在国内的应用现状及实施难点

目前国内应用分储分输工艺的接收站较少还处

于, 已经应用的接收站也仅限在增压气化外输和液态装车贸易中。珠海金 LNG 接收站在实施分储分输后根据销售公司需求进行销售, 液态装车业务单日增加 30 辆左右, 其中高气化率槽车约 20 车, 低气化率约 10 车, 每日增加外输量约 600t。

要实现对于分储分输工艺需要设置相应工艺管道, 对于已经投产运行的接收站实现分储分输功能则需要进行工艺管线改造, 然而工艺管线改造难度较大会增加接收站内作业风险。分储分输在工艺运行阶段需要精确控制不同储罐的 LNG 储存和输出, 并且多路输送管道和控制系统增加了运营难度

4 结论

①接收站采用分储分输工艺可以确保来自不同产地不同密度不同品质的 LNG 不混合, 减少资源浪费同时满足客户对天然气热值、组分等的特定要求, 提高储存灵活性, 应对市场需求波动。

② LNG 接收站实施分储分输工艺可以优化工艺设备运行, 实现降本增效。

③ LNG 接收站实施分储分输工艺有助于实现接收站工艺扩展, 在乙烷分离、面向第三方开放有积极推动作用。

④接收站要实现分储分输工艺需要有多多个储罐, 同时为满足工艺需求需要增设或对已有的工艺管线进行改造。

参考文献:

- [1] 康正凌, 孙新征. LNG 接收站蒸发气量计算方法 [J]. 油气储运, 2011, 30(09): 663-666+632.
- [2] 贾保印, 刘峰, 刘以荣, 等. LNG 接收站回收乙烷的工艺流程分析 [J]. 石油工程建设, 2024, 50(03): 35-41+72.
- [3] 孔令海, 江路. 大型 LNG 接收站新型仓储运营管理模式探讨 [J]. 天然气技术与经济, 2019, 13(03): 80-84.
- [4] 田亚军. 浅谈 LNG 接收站仓储库存的管理与控制 [J]. 科技视界, 2022(16): 25-27.
- [5] 杨书忠, 殷丽秋, 李皓月, 等. LNG 接收站到港贸易交接计量误差及影响因素分析 [J]. 石油与天然气化工, 2022(1): 67-72.
- [6] 邢楠, 刘冰, 吴健宏. LNG 接收站贸易计量技术研究 [J]. 石化技术, 2023(12): 136-138.
- [7] 周亚洲. LNG 接收站蒸发气处理工艺研究 [D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2018.
- [8] 李鑫, 陈帅. LNG 接收站气化外输单位能耗计算 [J]. 石油与天然气化工, 2023(2): 88-90.