

LNG 储配项目 BOG 系统升压技术改造

汪俊秀 张 超 沈江泉 (江西省鄱阳湖液化天然气有限公司, 江西 九江 332500)

摘 要: 液化天然气作为日常生产生活中使用的重要能源之一, 被广泛地应用于各个领域。甲烷是其中主要的组成成分, 无色无味, 并且对其他物质没有腐蚀性, 用于做工业企业的燃料和化工企业的材料。这种材料的主要优势就是无污染, 通常需要借助储备站来实现对天然气的处理。但在实际的处理过程中, 会产生闪蒸气 (BOG) 这种物质, 因此本文对储备站如何处理闪蒸气进行具体的研究和分析, 为相关工作人员和企业提供一定的经验参考和理论指引。

关键词: 处理技术; 闪蒸气; 储备站

本项目工程范围为 BOG 供给系统的提压改造及与之配套的基础结构、设备供电、仪表自控和给排水消防系统等; 主要工程内容为 1 台缓冲罐、2 台 BOG 压缩机和 1 台封闭式冷却装置的选型配置、现场布置及管道连接, 以及电气、自控、土建等配套设施的工程设计。其中压缩机由设备厂家成撬供货。

1 BOG 处理系统及处理流程

BOG 的产生原因主要是存在外界能量的输入, 如泵运转、外界热量的导入、大气压的变化、环境的影响及 LNG 注入储罐时罐内 LNG 体积的变化等。LNG 储罐在卸车操作时, BOG 的产生量远大于无卸车操作。根据实际运行经验, 一期工程 BOG 日产生量为 $7000\sim 10000\text{Nm}^3/\text{d}$, 年产生量约为 $400\times 10^4\text{Nm}^3/\text{a}$, 压缩机日均启动 3 次, 日均运行 5.5h。BOG 处理系统设计规模为 $3600\text{Nm}^3/\text{h}$, 主要设备包括 2 台 $1800\text{Nm}^3/\text{h}$ BOG 加热器, 2 台 $1800\text{Nm}^3/\text{h}$ BOG 进出口换热器, 2 台 $1800\text{Nm}^3/\text{h}$ 一级 BOG 压缩机 (出口压力 0.8MPa) 和 2 台 $1800\text{Nm}^3/\text{h}$ 二级 BOG 压缩机 (出口设计压力 1.6MPa)。

BOG 处理流程: 储罐及各 LNG 设备产生的蒸发气汇入 BOG 总管, 当储罐压力升至 22kPa 时, 压缩机启动; BOG 气体经 BOG 加热器、换热器升温后, 再先后进入一级压缩机、二级压缩机增压, 将气体压力升至 1.2~1.4MPa, 然后进入湖口县已建次高压管网供下游用户使用。当储罐压力下降至 16kPa 时, 压缩机停止运行。

2 BOG 系统改造方案

2.1 BOG 系统改造方案

方案一: 将 BOG 从 16~22kPa 增至 5.5~5.7MPa。

在 BOG 加热器之后连接新建压缩机, 直接升压至 5.5~5.7MPa, 输送至省管网。具体工作状况分以下几种情形: ①当需要将 BOG 升压后送入省管网时, 已

建压缩机停止运行, 利用新建压缩机升压; ②当需要将 BOG 全部升压后送入次高压管网时, 则停用新建压缩机, 启用已建压缩机; ③当需要将 BOG 同时送入次高压管网和省管网时, 新建压缩机和已建压缩机同时运行。该方案可以实现 BOG 处理系统的多种工作模式。流程框图 1 如下所示:

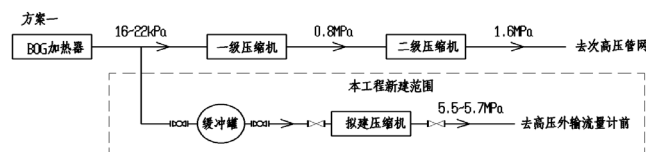


图1 方案一流程框图

方案二: 将BOG从0.8及1.6MPa增至5.5~5.7MPa。

分别在一级压缩机和二级压缩机出口管道开口接气, 接气压力为 0.8MPa 和 1.6MPa, 先进入缓冲罐, 再进入新建压缩机, 增压至 5.5~5.7MPa 后送入省主管网。具体工作状况分以下几种情形: ①当需要将 BOG 升压后送入省主管网时, 已建压缩机与新建压缩机同时运行; ②当需要将 BOG 全部升压后送入次高压管网时, 则开启已建压缩机, 关闭新建压缩机; ③当需要将 BOG 同时送入次高压管网和省管网时, 则新建压缩机与已建压缩机同时启动。该方案也可以实现多种工作模式。流程框图 2 如下所示:

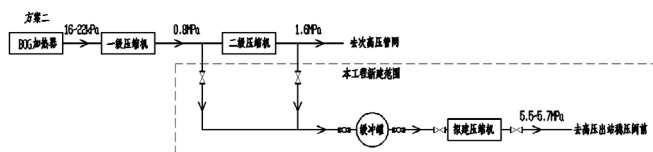


图2 方案二流程框图

2.2 BOG 系统改造方案比选

对以上两个建设方案进行对比, 汇总如表 1 所示。通过表 1 对比可知, 方案一能够实现 BOG 的两种相互独立的处理模式, 增强了站场运行的安全、稳定性,

且年综合运行成本略低,本项目改造推荐采用方案一。

3 BOG 系统改造工艺设计及功能

本项目从 BOG 加热器后已建管道 DN250 开口接气,接气压力为 16~22kPa,加热后的 BOG 气体首先进入缓冲罐,再进入新建压缩机组,将压力提升至 5.5~5.7MPa,然后通过压缩机出口管道送至已建外输管道流量计前,最终进入省高压管网,省高压管网设计压力为 6.3MPa。

3.1 压缩机选型与配置

压缩机种类众多,常见的有活塞式、隔膜式、螺杆式、离心式等类型。适用于本项目的 BOG 压缩机主要有活塞式和螺杆式,本项目将对这两类压缩机进行对比分析。

3.1.1 活塞式压缩机

3.1.1.1 工作原理

活塞压缩机的曲轴旋转时,通过连杆的传动,活塞便做往复运动,由气缸内壁、气缸盖和活塞顶面所构成的工作容积则会发生周期性变化。活塞式压缩机的活塞从气缸盖处开始运动时,气缸内的工作容积逐渐增大,这时,气体即沿着进气管推开进气阀进入气缸,知道工作容积变到最大时为止,进气阀关闭;活塞式压缩机的活塞反向运动时,气缸内工作容积缩小,气体压力升高,当气缸内压力达到并略高于排气压力时,排气阀打开,气体排出气缸,直到活塞运动到极限位置为止,排气阀关闭。当活塞式压缩机的活塞再次反向运动时,重复上述过程。压缩机曲轴旋转一周,活塞往复一次,气缸内完成进气-压缩-排气工作循环。

3.1.1.2 优点

①适合排气压力范围广,最高压力可达 320MPa 超高压;②适用的排气流量范围广,最大可达工作状态流量 $500\text{m}^3/\text{min}$;③同样压力条件和介质,对材料的要求低,加工较容易;④气量调节时,适应性强,不受压力高低影响,能适应较广的压力范围和流量范围;⑤气体的重度和特性对压缩机的工作性能影响不大,同一台压缩机可以用于不同的气体;⑥驱动比较简单,多为电动机,可维修性强;⑦活塞压缩机技术上较为成熟。

3.1.1.3 缺点

①结构复杂,易损件多,维修工作量大;②转速低,单机最大排气量受限;③机器运转时存在振动,对设备按照要求高;④排气过程中气量连续性差,气

流脉动明显,严重时会因气流脉动与连接管道形成共振,引起管网和机件损坏。

3.1.2 螺杆式压缩机

3.1.2.1 工作原理

螺杆压缩机是一种回转式容积压缩机。利用螺杆的齿槽容积和位置变化来完成气体的吸入、压缩和排气过程。螺杆压缩机有喷油式螺杆压缩机和无油螺杆压缩机。由于喷油螺杆压缩机比无油螺杆压缩机性能好,天然气压缩机多采用无油螺杆压缩机。螺杆式压缩机根据螺杆配置,分为双螺杆和单螺杆两类,双螺杆压缩机习惯上称为螺杆式压缩机。

3.1.2.2 优点

①螺杆压缩机只有旋转运动,没有往复运动,因此压缩机的平衡性好,振动性小;②螺杆压缩机的结构简单、紧凑,重量轻,易损件少,可靠性高;③螺杆压缩机对湿压缩不敏感。

3.1.2.3 缺点

①转子齿面是一空间曲面,设备加工要求严格,机体零部件加工精度要求高;②齿间容积周期性 with 吸排气口联通,噪声高;③压缩机内部依靠间隙密封,比较适用于中低压范围,难于适应高压场合;④螺杆压缩机采用喷油技术,油处理系统复杂,机组附属设备多;⑤采用喷油冷却,压缩气体与喷油混合,气体中会携带污染油,致使压缩机排出气体受到污染。

3.2 压缩机控制系统功能

为确保压缩安全稳定运行,应对压缩机橇的工作参量进行检测和控制。压缩机控制系统应具有如下控制功能:各级排气压力超高报警并停机;油压偏低、超高报警并停机;进气压力超高及偏低报警并停机;水压偏低报警并停机;各级排气温度超高报警并停机;冷却系统应设温度报警,并停机保护;主电机过载报警并停机;系统压力超高自动停机;气体浓度超高报警并停机;风机过载报警并停机;ESD 紧急停机按钮;自动排污。

4 生产过程中主要危害因素分析

4.1 生产过程中主要有毒有害物的危害

本项目在 BOG 处理区内新建 2 台 $1800\text{Nm}^3/\text{h}$ BOG 压缩机及 1 台冷却装置,并配套建设公用工程设施。储存期间和卸车期间产生蒸发气(BOG)经空温式气化器加热后,通过新建压缩机可以将 BOG 压力从 16~22kPa 增至 5.2~5.5MPa,最后经外输管道进入省主管网,满足新建工程 BOG 处理要求。新建设备生产过

程中存在的主要危险有害物质为：BOG 及天然气。生产过程中存在的主要危险有害因素有：火灾、爆炸、冻伤、烫伤、中毒窒息、噪声、机械伤害、电气伤害、高处坠落等。BOG 潜在的危险主要来源与其三个主要性质：① BOG 的低温性；②易燃，可以与空气形成爆炸性混合物。

4.2 火灾爆炸的危害

本项目生产处理的主要物质为 BOG，其中天然气为首批重点监管的危险化学品，极易燃，与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热源和明火有燃烧爆炸的危险，可与空气形成爆炸性混合物。BOG 具有低温、易燃、易爆、易扩散、易流淌、易产生静电荷的特点。其火灾的特点是火焰传播速度快、质量燃烧速率大、火焰温度高、辐射热强、易形成大面积火灾，具有复燃、复爆性，难于扑灭。

4.3 窒息

高浓度的天然气可使人因缺氧而窒息。主要介质甲烷、氮气的健康危害性如下：

4.3.1 甲烷

甲烷对人基本无毒，但浓度过高时，使空气中

氧含量明显降低，使人窒息。当空气中甲烷达 25%~30% 时，可引起头痛、头晕、乏力、注意力不集中、呼吸和心跳加速、共济失调。若不及时脱离，可致窒息死亡。皮肤接触液化本品，可致冻伤。

4.3.2 氮气

当空气中氮浓度过高时，易使人窒息。氮气在生理学上是惰性气体，仅在高浓度时，由于空气中氧分压降低才引起窒息，在高的分压下，氮气可呈现出麻醉作用。当生产过程中出现不正常现象或事故状态，检修设备时未按规定通风置换便进入检修，均有可能发生窒息事故。

5 总结

本文借助储备站进行了处理技术和能耗等方面的介绍，对储备站进行了大致的阐述。从冷蒸汽产生的原理出发进行分析，对增压技术进行了流程介绍。此外，处理人员还需要关注在处理冷蒸汽过程中的能源消耗问题，提升液化天然气的产出和应用水平。

参考文献：

- [1] 付海泉,仇山珊.LNG 接收站 BOG 处理工艺综合对比分析[J].油气田地面工程,2021,40(2):6.

表 1 方案对比表

项目	方案一	方案二
进气接气点	已建 BOG 加热器之后	已建压缩机之后
外输接气点	高压外输流量计前	高压外输流量计前
新增主要设备配置	①工艺: a.2 台 BOG 活塞式压缩机: 进口压力 20kPaG、出口压力 5.5MPa、流量 1800Nm ³ /h、电机功率 400kW; b.1 台封闭式冷却装置: 冷却水量 140t/h、电功率 20kW; c.1 台 BOG 前置缓冲罐容积 10m ³ 、设计压力 1.6MPa; ②电气: 1 台电容补偿柜、1 台高压馈线柜、1 台低压馈线柜	①工艺: a.2 台 BOG 活塞式压缩机: 进口压力 0.8-1.6MPaG、出口压力 5.5MPa、流量 1800Nm ³ /h、电机功率 132kW; b.1 台 BOG 前置: 缓冲罐容积 10m ³ 、设计压力 1.6MPa; c.1 台封闭式冷却装置: 冷却水量 12t/h、电功率 10kW; ②电气: 1 台电容补偿柜、1 台低压馈线柜
配电负荷	820kW	284kW
配电方案	采用 2# 变压器供电, 方案一的变压器负载率为 65%	采用 2# 变压器供电, 方案二的变压器负载率为 22.7%
新增冷却水需求量	140t/h	12t/h
设备投资	1061 万元	520 万元
可实现功能	高压省网供气; 次高压管网供气; 可增加 BOG 排气量, 为后期码头卸液增加的 BOG 处理量提供条件	高压省网供气; 次高压管网供气
优点	设备少, 流程简单; 已建压缩机出现故障时, 不影响 BOG 处理; 可根据外输管网天然气需求, 灵活开启压缩机台数, 生产运行调度灵活; BOG 升压规模具有更大空间, 为后期码头卸液做好 BOG 回收准备 (但需要增大 BOG 加热器规模); 新建压缩机与已建压缩机为独立管路, 在生产运行时, 相互影响小	设备投资少; 可根据外输管网天然气需求, 灵活开启压缩机台数, 生产运行调度灵活; 新增设备用电负荷低, 变压器负载率低
缺点	设备投资高; 新增设备用电负荷高, 变压器负载率高	改造管路相对复杂; 在已建压缩机串联新建压缩机, 存在接力误差影响; 新建设备运行受已建设备影响较大, 已建设备出现故障后, 新建压缩机不能运行; BOG 增压处理规模受限, 最大不能超过 3600Nm ³ /h; 新建压缩机与已建压缩机串联, 当其中某一级压缩机出现故障时, 则会影响整个 BOG 处理系统的处理能力, 对储备库平稳运行带来安全隐患。采用多机串联形式, 衔接工序复杂, 操作难度大, 容易因操作失误而引发安全问题