

某液化工厂气化反输项目功能的实现与设备选型

杜卫星（山西晋东新能液化天然气有限公司，山西 阳泉 045000）

摘要：某液化工厂于2016年5月开工建设，于2017年年底月投产试运行，日液化能力 $50 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，日产液量约330t，建有 10000 m^3 LNG 全容储罐一座，日最大充装能力500 t。气化反输项目是液化工厂实现LNG应急储备的配套项目，笔者参与了从项目前期策划到施工全过程，本篇对前期项目策划过程中工艺流程和设备选型做一个简要介绍，以方便相关专业人员和工程技术人员参考。

关键词：生产方案；设备选定；节能措施

1 生产方案及流程

1.1 生产方案

项目定位于调峰和应急保障，为本区域城燃企业及不可中断大用户提供天然气源。其生产方式为接受原液化工厂 10000 m^3 LNG 储罐储存的液化天然气和槽车运输过来的LNG液体，为区域提供调峰应急天然气，同时为下游LNG用户提供应急气源。

1.2 工艺总流程

工艺系统组成如下：LNG增压输送系统、LNG气化及加热系统、BOG处理系统、调压计量外输系统、LNG装卸车系统等。

LNG储存利用原厂已建 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ LNG 全容罐。LNG通过已建LNG罐内潜液泵增压至0.5~0.8MPaG，由LNG低压输送总管输送至本项目LNG缓冲罐，利用LNG高压泵将压力提升到3.8MPaG，然后送至LNG空温式气化器进行气化。在冬季气温较低或气化量较大时，经LNG空温式气化器（带防爆强制对流风机和导热油管除冰霜装置）气化后的天然气温度达不到高压管网输送要求时，采用电加热NG油浴式加热器加热，气化加热后的常温天然气经调压计量橇稳压输送至下游高压管网。（正常运行压力3.5MPa）。

低温常压LNG储罐自然蒸发气体及槽车卸车后的气相天然气，利用BOG空温式加热器进行加热，升温至常温气体后进入BOG压缩机进行加压，加压后的气体接入计量系统，进入站外高压管网（正常运行压力3.5MPa）。

为保证液化天然气储存气化系统设备和管道的正常使用及生产安全，在设备和管道上安装有安全放散装置。低温液体和低温气体放散通过安全放散阀后管道连接集中排放至已建火炬排放。

2 主要设备的选定说明

本项目高峰小时气化规模为：

$$2.1 \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

2.1 LNG增压气化系统

主要设备：LNG增压气化系统主要设备为：LNG缓冲罐、LNG高压输送泵、LNG空温式气化器（带防爆强

制对流风机和导热油管除冰霜装置）、电加热NG油浴式加热器（带导热油循环泵）。

2.1.1 LNG缓冲罐

LNG缓冲罐安装在LNG高压输送泵前，设置1台 30 m^3 的真空粉末绝热储罐。

2.1.2 LNG高压输送泵

LNG高压输送泵安装在LNG空温式气化器前，将低压LNG增压至3.8MPaG。

依据气化外输规模，设置3台LNG高压输送泵（柱塞泵，2用1备），单台流量为 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ ，排出压力为3.8MPaG。

2.1.3 LNG空温式气化器（带防爆强制对流风机和导热油管除冰霜装置）

依据高峰小时气化规模，设置5台LNG空温式气化器，单台气化能力为 $5000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，设计压力为4.6MPaG，分5组，每组1台，高峰小时供气时，5台全开。

考虑LNG空温式气化器长时间运行后，结霜严重，影响气化能力，每台LNG空温式气化器均配套防爆强制对流风机和导热油管除冰霜装置，当LNG空温式气化器出口温度过低时，关闭LNG空温式气化器入口切断阀，并打开配套的导热油管除冰霜装置和对流风机，LNG空温式气化器化冰结束后，再投入使用。

2.1.4 电加热NG油浴式加热器（带导热油循环泵）

电加热NG油浴式加热器用于冬季及环境温度较低时，将LNG空温式气化器后的低温天然气温度加热至 5°C 以上，以保证下游工艺设备正常运行。

设置1台电加热NG油浴式加热器，加热量为 $2.5 \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，壳程设计压力为1.0MPaG。

2.2 BOG处理系统

低温常压LNG储罐自然蒸发气体及槽车卸车后的气相天然气，利用站内设置的BOG空温式加热器进行加热，BOG气体升温至常温气体后进入BOG压缩机加压至3.8MPaG，加压后的气体接入计量系统，进入站外高压管网。

LNG属于超低温液体，站内设备、管道在日常运营中，由于环境漏热等因素影响，会有BOG产生。站内

BOG 气体来源主要有储罐蒸发、罐内泵电机运行释放热量气化、LNG 装车时从槽车置换、低温管道吸热蒸发、以及 LNG 卸车时的饱和液进入储罐闪蒸。

原液化工厂已建 1 台 $1200\text{Nm}^3/\text{h}$ 的 BOG 压缩机, 根据需要, 本项目设置 1 台 $1500\text{Nm}^3/\text{h}$ 的 BOG 压缩机, 增加 3 台 BOG 空温式加热器, 其中 1 台加热后的 BOG 接至已建 BOG 压缩机入口总管, 另外 2 台 BOG 空温式加热器设在 $1500\text{Nm}^3/\text{h}$ 的 BOG 压缩机入口系统, 1 开 1 备。

BOG 处理系统主要设备为:

① 3 台 BOG 空温式加热器 ($1500\text{Nm}^3/\text{h} \cdot \text{台}$), 设计压力为 1.6MPaG , 其中 1 台加热后的 BOG 接至已建 BOG 压缩机入口总管, 另外 2 台 BOG 空温式加热器设在 $1500\text{Nm}^3/\text{h}$ 的 BOG 压缩机入口系统, 1 开 1 备;

② 1 台 BOG 压缩机入口缓冲罐 (5m^3), 设计压力为 0.35MPaG ;

③ 1 台 BOG 压缩机 ($1500\text{Nm}^3/\text{h} \cdot \text{台}$), 进口压力为 $5\sim 20\text{kPaG}$, 出口压力为 3.8MPaG 。

2.3 调压计量外输系统

LNG 经增压气化后, 经调压计量橇过滤、计量, 并接入站外高压管网, 外输工作压力 3.5MPaG , 设计高峰小时外输能力为 $2.1 \times 10^4\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

BOG 气体加热至常温气体后, 经 BOG 压缩机加压至 3.8MPaG , 进入调压计量橇调压后接入高压总管, 外输工作压力 3.5MPaG , 设计输气能力为 $1500\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

本项目设置一套调压计量橇, 具体设备参数详见表 1:

表 1 调压计量系统设备参数

设备	数量	处理能力	配置	进 / 出口压力 (MPaG)
调压计量橇	1	$1500\text{Nm}^3/\text{h} \cdot \text{路}$	1 路调压, 带旁通	入口: 3.8 出口: 3.8
		$2.1 \times 10^4\text{Nm}^3/\text{h} \cdot \text{路}$	2 路, 1 开 1 备	入口: 3.8 出口: 3.5

2.4 LNG 装卸车系统

2.4.1 LNG 装卸车流程

LNG 装卸车系统含已建 4 台 LNG 装车橇, 其中 2 台装车橇已完成卸车功能改造, 采用卸车增压气化器给 LNG 槽车增压, 另外 2 台 LNG 装车橇未进行改造。本项目对另外 2 台 LNG 装车橇进行卸车功能改造, 增加卸车增压气化器。并利用增压气化加热后的常温天然气给槽车增压, 使 4 台 LNG 装卸车橇均具有常温天然气增压卸车功能。

卸车初期采用卸车增压气化器, 储罐存有 LNG 液

后, 利用常温增压气进行卸车作业。

2.4.2 主要设备

设置 2 台 $300\text{Nm}^3/\text{h}$ 卸车增压气化器。

2.5 节能措施

①对来自 LNG 储罐及装卸车的 BOG 进行回收, 回收后的 BOG 加压后进入下游高压管网。在正常操作工艺中, 没有 BOG 的浪费;

② LNG 气化工艺采用“环境气化”的气化方式, 充分利用空气中的热量, 既满足工艺要求, 又节约了能耗;

③ LNG 卸车采用“增压器卸车”+“常温天然气增压卸车”结合的方式, 减少电能消耗;

④ LNG 潜液泵采用变频控制, 根据工况调整电机转速, 从而达到降低电耗;

⑤气化后的天然气复热采用电加热 NG 油浴式加热器, 中间介质采用导热油, 导热油管路给 LNG 空温式气化器除冰霜, 减少设备配置, 提高了能量的有效利用率;

⑥在 LNG 缓冲罐的设计中, 采用先进的绝热性能好的绝热材料, 并加强深冷管线的绝热, 充分考虑减少 LNG 在罐内储存过程中的能量损失;

⑦采用先进、省电的电气产品, 以减少电能消耗;

⑧工艺管道及阀门等在安装时选择良好的连接方式, 主要为焊接, 以减少泄露;

⑨低温管道采用 PIR 材料保冷, 减少冷量损失, 以减少 BOG 及 EAG 的排放。

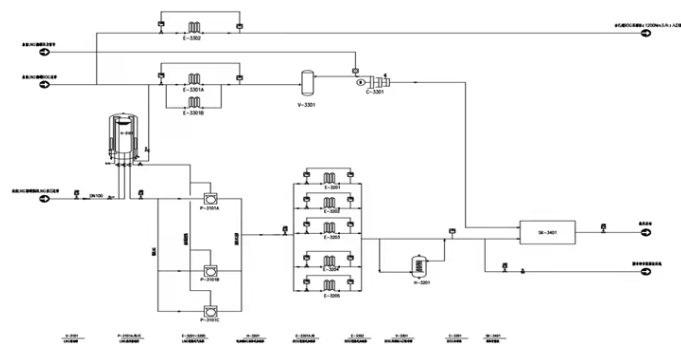


图 1 流程图

3 结束语

本项目工艺流程相比较原液化工厂相对简单, 项目投产后用水用电由原厂提供, 通过自动控制系统可以连续监视并控制站内生产过程, 能实现控制启动、正常运行、减量运行、工艺实效以及紧急停车期间均对整个工厂进行控制和保护。控制系统参照已建站的自控系统采用分散控制集中管理的模式。考虑到原厂已有技术条件, 经本厂工程技术人员与原厂设计方沟通咨询后, 对本项目工艺流程和设备选型多次优化和修改, 最终定型后委托气化项目设计院进行初步设计和施工图设计。