

液化天然气接收站

1 液化天然气接收站工艺

LNG 接收站工艺系统包括 LNG 卸船工艺系统、LNG 储存工艺系统、蒸发器（BOG）处理工艺系统、LNG 再气化工艺系统和火炬放空系统。

1) LNG 卸船工艺系统

LNG 卸船工艺系统由卸料臂、蒸发气（BOG）回流臂、LNG 取样器、~~LNG~~ 卸船管线、蒸发气回流管线及 LNG 循环保冷管线组成。

卸料臂结构上采用自平衡设计，其多自由度旋转接头可以在工作状态随船的运动而移动和转动。卸料臂上配置有安全切断装置，在紧急情况下，在卸料臂能快速解脱，并将截止阀关断，以防止 LNG 泄漏。在卸船作业开始前要使用储罐内 LNG 对卸料臂进行预冷，卸船作业结束后，使用~~氮气~~吹扫卸料臂及管线。

从卸料臂到储罐的管线，通常是靠循环 LNG 来保冷。

2) LNG 储存工艺系统

LNG 储罐是 LNG 储存工艺系统中的核心设备，也是接收站中的重要设备。目前世界上地上式储罐最大容积为 $18 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，地下式储罐最大容积为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，常用储罐容积为 $18 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。常用储罐类型为混凝土外罐的全容式储罐。

3) 蒸发气（BOG）处理工艺系统

由于 LNG 在储存过程中产生大量的蒸发气（日蒸发率为 0.03~0.08%）。工程上因对蒸发气的处理方法不同而产生了两种不同的工艺流程：一种为将蒸发气经压缩机压缩直接外输至用户，另一种为将蒸发气压缩后与罐中 LNG 换热冷凝至液态，再经高压泵加压，气化后外输至用户。

4) LNG 再气化工艺系统

LNG 经船运至接收站后，一般以气态的方式送给用户。正常作业时用海水加热的开架式气化器（ORV）气化，辅以燃气气化器（SCV）应付高峰用气和海水气化器的备用。

5) 火炬/放空系统

接收站火炬放空系统的目的是泄放正常操作时压缩机不能处理的储罐内低压蒸发气和因事故停产时气化器产生的高压蒸发气。

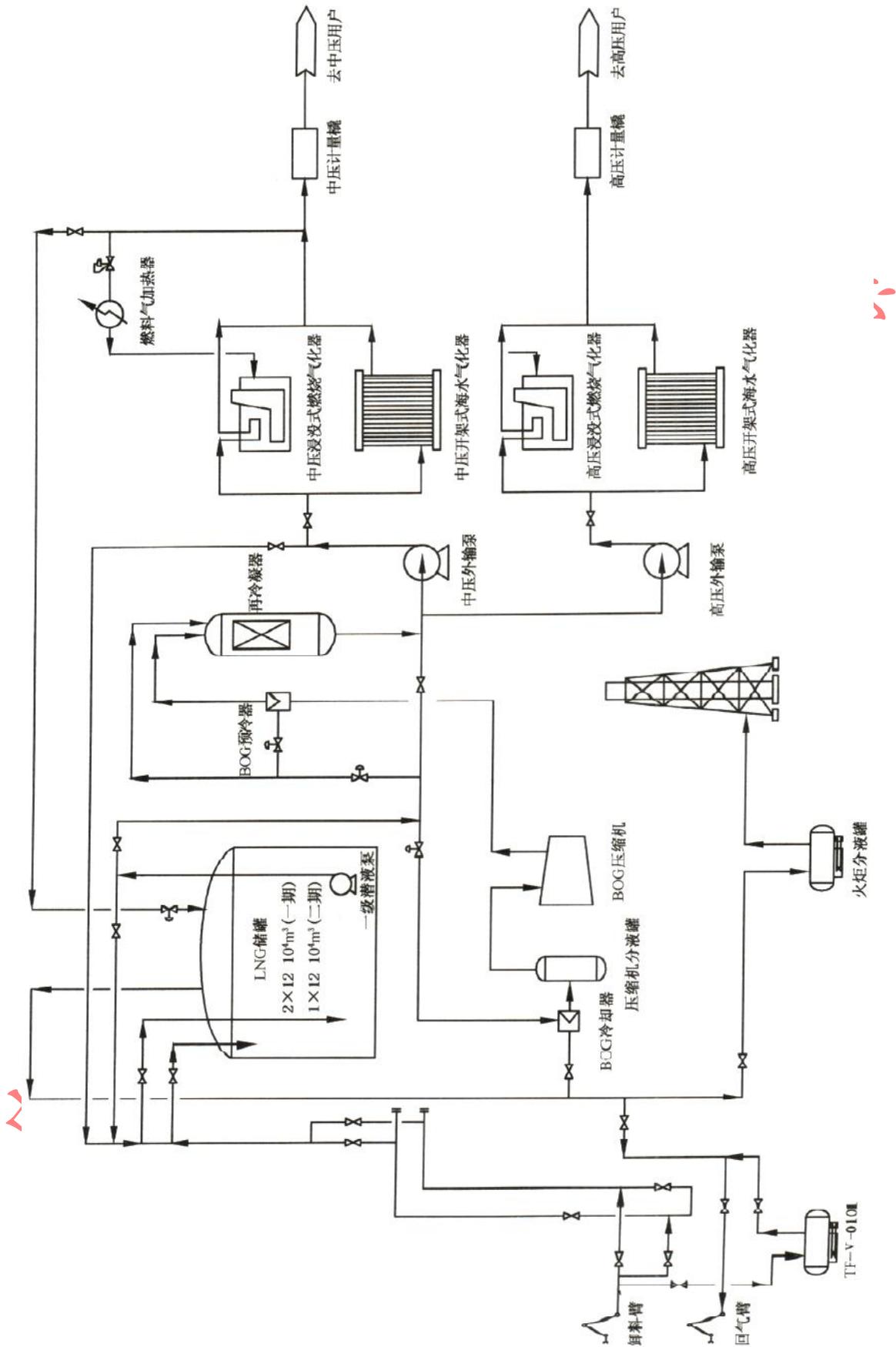


图 1 接收站工艺流程图

2 液化天然气接收站设施

2.1 卸货系统

1) LNG 装卸臂

LNG 装卸臂（LNG Marine Loading/Unloading Arm）是用于车、船装卸 LNG 的特殊专用设备，是储存设备之间转移 LNG 的过渡连接装置。如 LNG 船在码头装/卸 LNG，装卸臂就是把岸上管线和船上管线连接在一起的中间过渡设备。



图 2 装卸臂



图 3 液压快速连接器

2) 卸液管道

工作温度大约是-162℃，比周围环境温度低 200℃，通常建设低温管道的优点

先选用的材料是不锈钢。必须有特殊的结构，以弥补因冷收缩引起的管道的变化。通常可以采取膨胀环和膨胀波纹管。



图 4 卸液管线

2.2 LNG 储罐

预应力混凝土地上储罐具有很好的安全性能及可靠的使用性能，通常由预应力混凝土外层罐和质量分数为 9% Ni 钢内层罐组成。钢筋混凝土罐顶采用碳钢作为衬里，衬里还作为混凝土的模板。

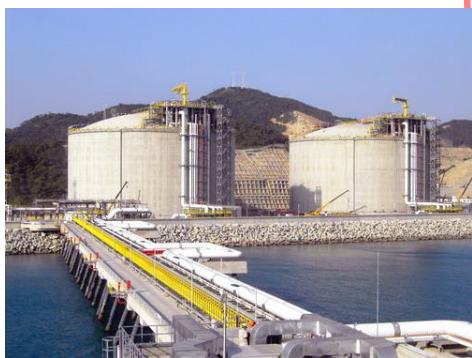


图 5 全容式液化天然气储罐

2.3 LNG 泵

LNG 泵是液化天然气系统常见的关键性设备，主要用于液化天然气的装卸、输送、增压等目的。液化天然气的温度较低，又是易燃易爆的危险品，因此 LNG 泵的制造要求比较高。我国使用的一些大型 LNG 泵目前还需要从国外进口。

输送 LNG 这类易燃介质的低温泵，不仅要具备一般低温液体泵的要求，而且对泵的密封性能和防爆性能要求很高。在 LNG 系统的应用中，潜液泵得到了

更广泛的应用。



图 6 LNG 潜液泵

2.4 气化系统

液化天然气需要在汽化器中获得热量变为气态并恢复到常温以后才使用。汽化器也是一种换热器，专门用于 LNG 的汽化。低温的液态天然气要转变成常温的气体，必须要提供相应的热量使其汽化。热量的来源可以从环境空气和水中获得，也可以通过燃料燃烧或蒸汽来产生。

1) 空气加热型汽化器

对于汽化容量较小的 LNG 汽化装置，大多数都采用空气加热型汽化器。空气加热型汽化器通常采用星形等截面直翅型翅片管制造，利用环境空气的热量加热 LNG，使 LNG 汽化。空气加热型汽化器由于不需要消耗燃料和动力，结构简单，运行成本低，也不需要很多的维护工作。。



图 7 空气加热型气化器结构图

2) 开架式汽化器 (ORV)

开架式汽化器 (Open Rack Vaporizer, ORV) 是 LNG 接收站的主要汽化器，用海水作热源，因为很多 LNG 生产装置和接受装置都是靠海建设，海水温度比较稳定，热容量大，是取之不尽的热源。适合于基本负荷型的大型汽化供气系统，最大天然气流量可达 180t/h。汽化量可以在 0%~100% 的负荷范围内运行。根据需求的变化遥控调整汽化量。



图 8 ORV 汽化器

3) 浸没式燃烧汽化器 (SCV)

浸没式燃烧加热型汽化器是通过燃料燃烧的热气直接与水混合，进行热质交

换。加热 LNG 的热交换盘管浸在热水中，热水使加热盘管内的 LNG 加热汽化。由于热水和 LNG 之间的温差更大（与常温海水相比），因此 SCV 汽化器的汽化能力更强，设备结构更紧凑，占地面积小。SCV 汽化器可以是单个燃烧器或多个燃烧器，每个燃烧器的加热能力可达到 105GJ/h。改变燃烧器的数量，能方便地调整汽化量。SCV 的汽化量可以在 10%~100% 的范围内进行调节，能对负荷的突然变化作出反应，特别适合于负荷变化幅度比较大的情况。



图 9 SCV 汽化器外型图

2.5 蒸发气 (BOG) 处理系统

再冷凝法可以利用 LNG 的冷量，并减少了蒸发气压缩功的消耗，节省了能量。在再冷凝器中，经加压后的蒸发气与送出的 LNG 混合后，被冷凝为液体；再冷凝器可作为 LNG 高压输送泵的入口缓冲容器。LNG 接收站通常设 1 台再冷凝器。



图 10 再冷凝器外形图

中国石油大学
(北京) 油气储运系