

可移动式LNG压力加注设备的设计结构浅谈

余军庆 罗哲 唐雯 李阳

荆门宏图特种飞行器制造有限公司 湖北 荆门 448000

摘要：近年来，因LNG与柴油价格存在一定价差，燃气车型相较于柴油车具有更强的盈利能力。受益于此，以液化天然气（LNG）为代表的天然气卡车逆势而上，表现出色，LNG车载瓶更是大量销售海外各地。而专用于给LNG车载瓶加注的LNG加气站、LNG带泵车等设备因投入成本大、维护成本高且受限于地域限制等因素，并不适用于给野外作业的燃气工程车类进行加注。因此，一款可移动、可计量、制造成本低LNG加注设备，可以满足海外市场用户对这一细分市场的需求。

关键词：LNG；加注设备；车载瓶

可移动式LNG压力加注设备是一种专用于海外市场的撬装产品。该款LNG压力加注撬工作压力1.6MPa，产品主要由低温LNG贮存罐体、外框架、操作箱、管路系

统、控制系统等5个部分组成（整体外形结构见图1）。其中管路系统与控制系统布局在端部的操作箱内，实现集中布置，便于使用人员进行操作。

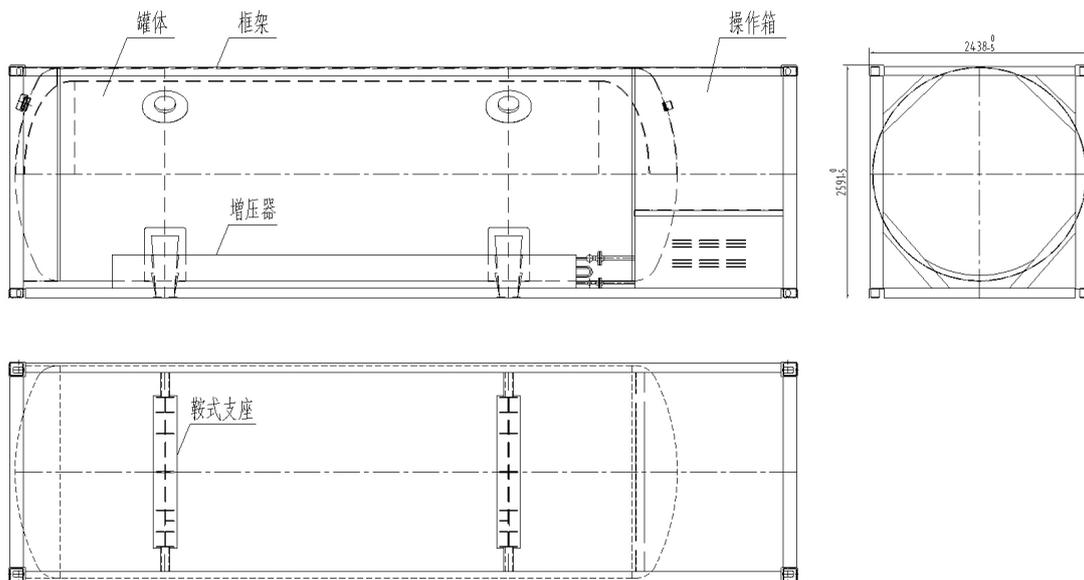


图1 产品外形结构

1 罐体、框架与后箱体结构描述

1.1 罐体由内罐体和外罐体组成，采用卧式结构。其中内罐体主体材料S30408、外罐体主体材料Q345R，内、外罐体之间通过绝热性能优的环氧玻璃钢支撑进行轴向和径向的约束。夹层为高真空多层绝热缠绕并抽真空，绝热层设置低温及常温双重真空吸附装置，以获得并长时间维持高真空，确保日蒸发率指标优良。

同时，为了满足移动式压力容器的要求，内罐体均布有材质为S30408的防波板，可以有效降低设备在移动过程中的浪涌现象。因为罐体夹层为真空状态，为了保证外罐体的抗外压能力，在其内部焊接有多组角钢型

加强圈。为了防止外罐体超压，在外罐体上配置了防爆口。为了承载罐体和介质，在外罐体上设置有2组鞍座。相关结构见下图2。

1.2 框架的外形尺寸按标准集装箱尺寸执行，方便采用市场上常用的骨架车进行运载。加注撬左右两侧设置有厚壁圆筒，其一端与框架焊接，另一端与罐体焊接。使框架与罐体连接成为一个整体。

通过上述结构的设置，可在满载状态下通过2点鞍座进行支撑、空载下可直接通过两侧端框直接进行起吊。LNG压力加注撬放在骨架车上，可以作为移动的储运设备和加注设备，随时根据客户需求转场使用。放置在平

整地面，可作为固定的储存和简易加注站使用，产品适用范围广。

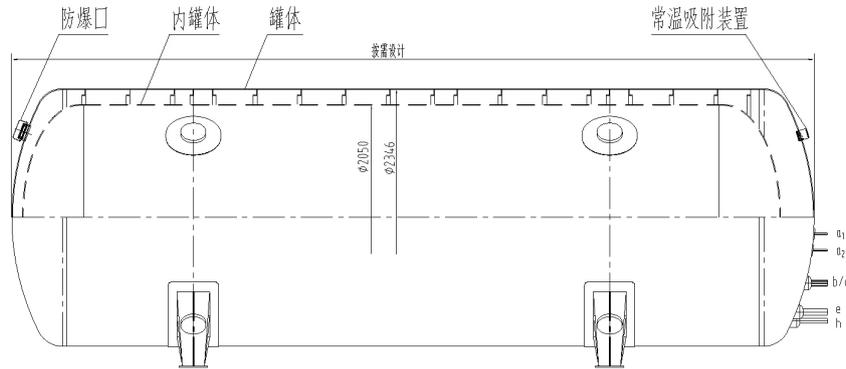


图2 内外罐体结构

LNG压力加注撬罐体配置有液位计气相口、液位计液口等多个管口，相关管口见表1。管口设置能够满足相口、测满口、气相口、上进液口、底部进出液口、排液口等多个管口，相关管口见表1。管口设置能够满足备充装、储存、加注、排放、测量等多项基本功能。

表1 管口表

符号	公称通径	连接管尺寸	连接面形式	用途及名称
a1	DN10	G14x2	焊接	液位计气相口
a2	DN10	G14x2	焊接	液位计液相口
b	DN10	G14x2	焊接	测满口
c	DN40	G45x3	焊接	气相口
d	DN50	G57x3	焊接	上进液口
e	DN50	G57x3	焊接	底部进出液口
h	DN40	G45x3	焊接	排液口

1.3 本产品LNG压力加注撬后部设有操作箱，箱体设有集装箱式对开门。在操作箱的箱体内部安装了供操作使用的各种阀门、安全附件、压力表、液位计、控制系统等，便于操作人员进行装卸车作业。

操作箱为全封闭不锈钢结构，箱体左右两侧布置有百叶窗。在运输过程中，实现箱体内、外空气的流动，避免可燃气体在箱体内大量积聚爆燃，降低危险发生的概率。

2 管路系统结构及功能描述

LNG压力加注撬管路系统的外部接口主要有：KC-1（充装口）、KC-2（气相口）、C-1接口（连接LNG加液枪）、C-2接口（连接LNG回气枪）、C-3接口（连接LNG充装座），具体流程图见图3。

通过KC-1口，经V7、V12阀门，使用顶部进液管道对罐体进行补液；

通过KC-1口，经V18、EV2阀门，使用底部进/出液管道对罐体进行补液或排液；

通过EV2、V9阀门，罐体贮存的LNG流向增压器，增压器将液态的介质汽化为气态后，通过V11阀门回至罐体的气相空间，可以提高罐体内部的压力；

通过V5阀门，实现对罐体介质达到额定充装液位的测量；

通过LG压力表和PI液位计，实现对罐体实时液位和压力的监测；

通过EV1、FM、V10阀门，可以实现对质量流量计的预冷功能；

通过EV1、FM、V6阀门，并连接加液枪。将加液枪头连接至C-3接口，此时打开阀门V19，可以实现对充装软管的快速吹扫与预冷。当罐体压力高于受液容器的压力时，可以将完成吹扫后的加液枪与LNG车载瓶充装口进行对接，完成LNG车载瓶的加注。

为了保证罐体安全，本产品配置有两组互相独立的超压泄放装置，每一组超压泄放装置由两只并联的全启式弹簧安全阀组成，两组超压泄放装置由一只三通切换阀V1控制。正常工作时，两组超压泄放装置同时工作，即两侧通道同时打开，手柄位置按图4中a所示；更换安全阀时，把手柄旋转90°，按图4中b和c所示，将更换的一侧通道关闭，并使通道内残留介质排空，然后更换安全阀。

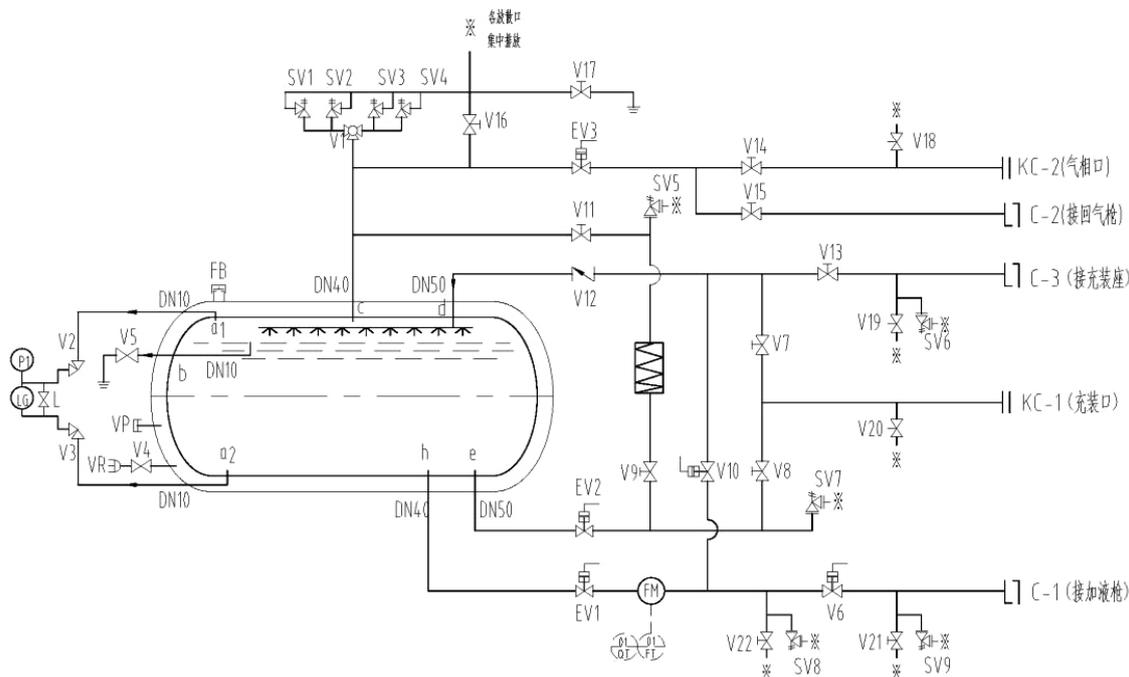


图3 管路流程图

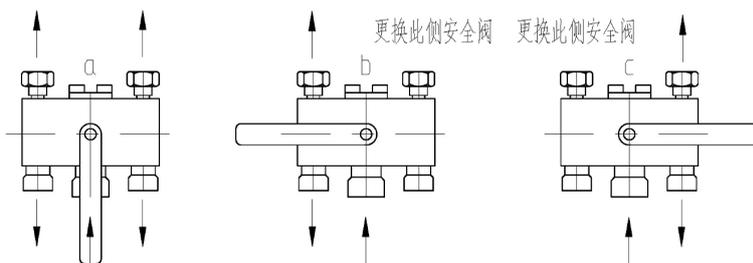


图4 安全阀结构

安全阀是产品上的重要安全装置，在正常情况下处于严密关闭状态，当由于某种原因（如充液过量或环境温度过高，带压储运时间太长等）使罐内压力升高超过安全阀的开启压力时，安全阀自动开启，开始排气，待罐内压力降低低于安全阀的回座压力时，安全阀自动关闭。考虑到实际运行中的安全性、经济性等因素，避免安全阀自动回座时，可能会由于霜冻原因而卡住，一般可在排气泄压一定的时间后，用三通切换阀关闭正在工作的安全阀，强行使其回座，并使另一组安全阀处于待工作状态。这样既保证了产品的安全，又防止了低温介质的大量外溢。

3 控制系统功能描述

LNG加注撬配置有质量流量计及控制柜（见下图），质量流量计带有就地显示功能并可输出实时温度和流量信号至控制柜。阀门EV1、V6和V10通过0.4~0.7MPa的压缩空气进行驱动控制，通过将其气路控制管道接入控制柜，可通过控制柜上的操作实现对上述

阀门的开启和关闭。



上述结构布置，可实现如下便捷操作，具体有：

- 通过按下控制柜的“预冷”按钮，阀门EV1、V10开启，实现对流量计的自动预冷。当流量计温度降至设定温度时，自动关闭阀门EV1、V10；

——通过按下控制柜的“加注”按钮，阀门EV1、V6开启，实现对LNG车载瓶的自动加注。（注：加液枪及软管已完成吹扫、预冷、对接等）；

——整套LNG压力加注撬的防爆灯开关、可燃气体报警接入控制柜，控制箱显示面板上窗口单价、单次加注量、总价，下窗口显示密度、瞬时流量、温度、增益等数值显示；

——控制系统采用24V DC电源供电，通过快接头接入瓶装和车载气源，整套设备即可满足运转条件。

结束语

LNG压力加注撬通过自增压管道实现罐体增压、通过对管路系统的集成实现快捷控制、通过24V DC电源和

气瓶供气即可快捷驱动控制系统，整套设备的购置成本比带泵加注设备省10万以上。在满足用户对加液效率的情况下，制造成本低、结构布局简单、系统操作简单，是一款专用于LNG车载瓶加注的理想装备。

参考文献

[1]杨阳,周伟明,等.NB/T47059-2017冷冻液化气体罐式集装箱[S].

[2]陈文锋,周伟明,等.GB/T18442.3-2019固定式真空绝热深冷压力容器 第3部分设计[S]

[3]李国豪,刘士华.LNG储罐现场检查与设备管理[J].化学工程与装备,2021(06):134-137.