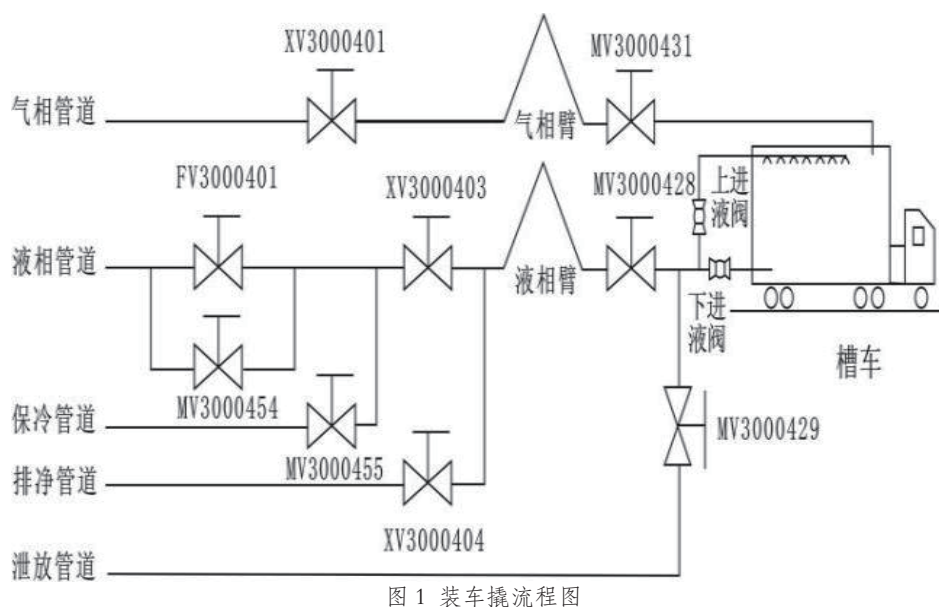


预防 LNG 槽车运输超装的几种措施

杨建坡（中石油江苏液化天然气有限公司，江苏 南通 226400）

摘 要：天然气作为一种清洁能源在我国一次能源结构中的比例与需求量日益增加。液化天然气（LNG）通过将天然气温度冷却到沸点以下使其体积大大减小，从而提高了 LNG 的储存与运输效率。LNG 槽车运输作为 LNG 运输的主要方式之一，也是 LNG 产业链中连接上下游的重要环节。随着天然气需求量的不断增加，近年来 LNG 槽车运输量也是明显增多。但 LNG 槽车运输也面临着安全运输的问题，尤其是超装运输风险，如何避免 LNG 槽车超装是企业急需解决的实际问题。针对超装问题本文通过国内现状及工作经验提出了几种有效措施以降低超装风险。

关键词：现状；预防；运输超装；措施



我国 LNG 槽车充装行业起步较晚，同时 LNG 槽车生产厂家众多，包括安瑞科、查特、圣达因、广东建成等等，由于罐体容积与最大充装量没有制定相关标准，导致目前罐体容积种类繁多，加之实时密度和皮重变化以及流量计故障等都可导致超装现象的出现，严重威胁安全运行，LNG 槽车的充装与计量仍有待于进一步优化研究。针对实时密度的变化、罐容的差异、皮重的变化以及流量计的故障进行深入研究，本文提出几种有效措施避免超装现象

1 槽车装车流程简述

天然气从气田开采出来，经过处理、液化形成无色无味无毒的 LNG，LNG 通过船运靠泊接收站码头，经卸料臂进入储罐，储罐中的 LNG 首先经低压泵加压后，进入低压输送总管，低压输送总管分出一支管装车总管进入装车撬，经过流量计 FE3000401、流量调节阀 FV3000401、气动阀 XV3000403 及放空球阀 MV3000428 进入槽车（图 1）。为了保证充装的准确性及安全性，装车撬上设置了流量计，通过流量计检测到的信号传至控制系统，来达到控制装车流量及装车量的目的。

2 国内现状

近年来随着国家政策对节能环保以及可持续发展战略的重视，清洁能源的需求与日俱增，而 LNG 槽车运输作为主要运输方式之一，其运输安全性愈发重要。

出现，对安全生产具有重要意义。

3 超装定义

槽车超装分为三种，第一种超装是指 LNG 槽车的装载量超过了其出厂所核定的最大充装量，即超过了槽车的承载能力；第二种超装是指 LNG 的装载量超过充装设定量，目前国内槽车充装模式仍以计量室发放 IC 卡模式为主；第三种超装是指 LNG 的装载量加上槽车皮重超过国家道路允许最大量 48.8t。

4 超装的危害

①增加泄漏风险，导致火灾爆炸。LNG 充装出现超装可导致内部压力急剧升高出现安全阀起跳释放高压 LNG，引发爆炸和火灾的危害。

②在运输过程中，超装会增加槽车的重量，导致车辆制动和操作性能下降，增加刹车失灵、车辆侧翻、追尾等交通事故的风险。

③超装会导致槽车内部压力超过其承受能力，造成罐体损坏。

5 预防超装的措施

超装定义分为三种，本文根据超装的三种情况制定具体措施。

5.1 建立罐容数据库以及采集实时密度

本车当时最大充装量 (m)，即最大充装量 = 罐容 (v) * 充装系数 (0.9) * 实时密度 (ρ)。

5.1.1 罐容数据库的建立

对所有备案合格车辆罐容录入计量系统数据库，目前国内槽车主要品牌安瑞科、查特、圣达因、广东建成等，由于各生产厂家出厂资料标注的罐体容积方式不同，部分厂家出厂资料标注的罐容为罐体实际容积，部分厂家标注的罐体容积为有效容积（有效容积 = 实际容积 * 充装系数），实际容积和有效容积不易辨别，数据库的建立存在较大困难，应根据槽车产品技术特性表和特种设备使用登记证比对计算。

5.1.2 低压输出总管或装车总管增加密度测量仪表采集实时密度

目前由于接收站装车总管及低压总管均无密度相关仪表，实时密度无法采集，虽各储罐内安装 LTD 可测量各储罐密度，可根据各储罐密度粗略计算平均密度，但各储罐的密度不同以及各储罐低压泵输出量实时变化，平均密度值无法真实反映低压总管和装车总管内 LNG 的实时密度 ρ 。根据气相色谱数据通过公式可以反推液态 LNG 密度，但由于分输站距离接收站较远，储罐内的 LNG 经低压泵、高压泵、汽化器、输气管线进入分输站需较长时间，分输站气相色谱数据也无法真实反映低压总管实时密度。依据目前接收站工艺均无法推算实时密度，需增加相关仪表方可得实时密度以计算本车最大充装量 m 。

依据最大充装量 = 罐容 (v) * 充装系数 (0.9) * 实时密度 (ρ) 可计算最大充装量，由于罐容一定实时密度的不同槽车的最大充装量也相差较大。以安瑞科厂家生产的 52.6m^3 罐车为例，当实时密度为 0.445 kg/m^3 时，通过公式计算可得最大充装量 = $52.6 * 0.9 * 0.45 = 21.30\text{t}$ ，当实时密度为 0.435 kg/m^3 时，通过公式计算可得最大充装量 = $52.6 * 0.9 * 0.435 = 20.59\text{t}$ ，实时密度的变化导致最大充装量相差达 0.7t 。通过罐容数据库及实时密度值的采取计量系统可生成本车此时最大充装量，以防由于实时密度的变化出现超装现象。

5.2 认真监控，根据低压总管压力及时调整低压泵输出量确保压力稳定

根据各装车撬位流量变化及时切换装车总管压力调节大小阀，当装车流量较大时压力调节小阀已无法满足时需切换至大阀以确保装车压力维持设定值；当装车流量较小时压力调节大阀已无法满足时需切换至小阀以确保装车压力维持设定值。流量计的检测器无可动部件和密封件，理论上不受 LNG 的温度、压力等参数变化的影响，但在实际中发现，流量计的准确性不但受介质工艺条件的影响，甚至外界的振动也会使测量结果出现偏差。

质量流量计的质量测量都是基于下面公式：

$$Q_m = K * \Delta t / (8r^2)$$

式中： Q_m 为质量流量

K 为传感管的扭转弹性模量

Δt 为测量管内有流量时检测出的相位差

r 为左右传感管的半径

从公式中可以看出，当传感管的半径发生变化时，流量计的准确度也会受到影响；传感管一般是一个弹性元件，一般管壁较薄，当压力发生变化时，传感管的半径也会发生变化，从而影响流量计的准确性，因此中控室操作员认真监控及时调整压力调节阀避免出现压力大范围波动可有助于流量计的准确性，降低超装的风险。

5.3 流量计示数接入计量系统，实现流量计是否正常工作的实时监控

由于流量计零部件老化、磨损及温度压力变化电源电压不稳定均可导致流量计零点漂移。表现为当传感器的输入信号为零时，放大器的输出并不为零，导致测量出现误差。流量计零点漂移是流量计最常见故障，一旦出现零点漂移将严重影响流量计准确度，当流体未经过流量计时流量计显示负数将出现超装，反之少装。流量计是充装过程中唯一计量工具，流量计正常工作是预防超装的重要手段，流量计示数接入计量系统，对流量计实时监控，确保充装前流量计可正常工作。

5.4 实现数据库皮重数据趋势查询，实现数据比对功能

由于少量终端用户不存在称重条件及槽车液位计精度不够可能导致罐内有残液而驾驶员不知的情况，若预装量与之前预装量一样可能出现超装情况，计量系统应实现皮重数据查询功能，形成折线图（图 2），

出现较大波动计量员应认真分析判断是汽车衡故障还是罐内有残液。若有残液计量员应认真核算本次槽车可装量,严防超装。

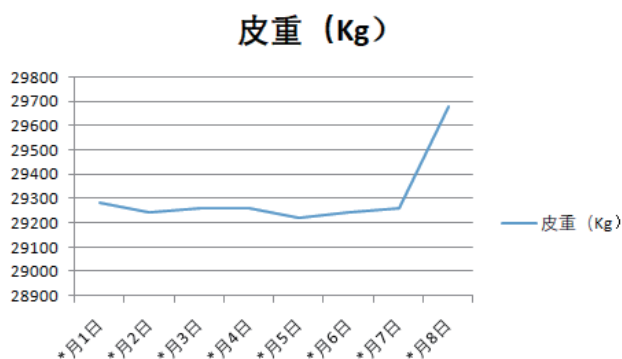


图 2 折线图

5.5 改变目前备案模式,更改为挂车牵引车整体备案

LNG 槽车都属于半挂车,挂车和牵引车都有独立的牌照和手续,可以根据需要进行调配,同一辆牵引车可以更换不同的挂车。目前市场除正常牵引车固定同一挂车运输外存在另外一种极少量运输模式,牵引车牵引不同挂车运行运输即甩挂模式,由于部分终端无储存功能,只能用槽车储罐充当储存容器,运输模式采用甩挂模式。由于甩挂模式牵引车与挂车不固定,导致槽车整体皮重可能一直变化,无法分析罐内是否有残液,容易出现超装情况。更改备案方式后不再实行牵引车与挂车分开备案模式,可避免出现此情况,如运行中确需甩挂需求模式,需向接收站更改备案资料。

5.6 完善计量系统,实现皮重加上预装量不超 48.8t,超过 48.8t 无法生成装车卡的功能

根据强制性国家标准 GB1589《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》该标准规定了汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值,二轴货车总重限值 18t,三轴货车总重限制 25t,三轴汽车列车总重限值 27t,双转向四轴货车总重限值 31t,四轴汽车列车总重限值 36t,五轴车限重 43t,六轴车限重 49t。国内运行的 LNG 槽车均为六轴车,限重 49t,若实现皮重加预装量不超 48.8t 功能可有效降低超装风险。

5.7 正确使用汽车衡,确保数据真实有效

汽车衡包括承载器、称重显示仪表、称重传感器、连接件、限位装置及连接盒等关键部件,其工作原理为槽车置于台面上,通过重力将重量传递到称重传感器,传感器弹性体发生形变,导致贴附于弹性体上的

应变计桥路失去平衡,输出成比例的电信号。称重传感器是最重要部件,其灵敏度直接关系称重的准确性,每年应由相关部门定期检验汽车衡,确保称重数据准确。每日计量前检查汽车衡台面上是否有异物、槽车停靠台面确认驾押人员完全离开称重区域。通过定期检验、每日检查及称重确认可确保汽车衡正常工作,也是预防超装的一项重要措施。

5.8 严格按照操作规程操作,保证装车顺利进行,不出现少装再补装情况

装车操作规程中已明确规定进液前关闭装车撬保冷手阀 MV3000455,若装车操作员未按照装车程序进行操作出现保冷手阀不关闭时,部分 LNG 经装车撬保冷管线经保冷总管进入储罐,实际充装量将比预装量少 1—2t。国内装车控制系统厂家众多,部分厂家装车程序中设置装车量剩余 1.5t 确认提醒,如未按下确认键确认,系统将会在规定时间内停止装车,默认装车结束,实际充装量将比预装量少 0.5—1t。以上两种操作可导致装车量比预装量少少的情况,少装将严重影响运输利益,操作员需对本车进行补装,补装量如未进行称重计算而是估算很容易出现超装现象。严格按照操作规程操作确保装车按照装车程序顺利进行,不出现补装情况可降低超装风险。

通过建立罐容数据库以及采集实时密度、认真监控根据低压总管压力及时调整低压泵输出量确保压力稳定、流量计计数接入计量系统实现流量计是否正常工作的实时监控、实现数据库皮重数据趋势查询实现数据比对功能、改变目前备案模式更改为挂车牵引车整体备案、完善计量系统实现皮重加上预装量不超 48.8t、正确使用汽车衡确保数据真实有效、严格按照操作规程操作保证装车顺利进行不出现少装再补装情况。以上八种措施根据工艺运行、目前现状和管理经验总结,可有效预防超装,降低事故发生风险,确保安全生产。

参考文献:

- [1] 范玉久,朱麟章.化工质量及仪表[M].化学工业出版社,2002.
- [2] 顾安忠.液化天然气技术手册[M].机械工业出版社,2010.

作者简介:

杨建坡,男,河北唐山人,学历:本科,毕业于中国石油大学,现职称:工程师。