

LNG 贸易交接流程及控制要点

侯晓璐（华新燃气集团有限公司，山西 太原 030000）

摘要：由于 LNG 是一种低温、易挥发的烃类混合物，在国际 LNG 交易中，能量是最终结算方式，为了保证交易的公平性，获得正确的交接量和组分是进行贸易交接的前提。本文首先对 LNG 的贸易环境做了简单介绍，再对贸易计量交接的各个流程进行了较为系统的介绍，并从技术角度分析了影响贸易交接顺利进行的有关因素，包括：卸货前分析、计量设备适用性检验、样品采集、分析步骤和取样分析的标准；然后针对近年来贸易交接中的常见问题，如不同船型船压控制、取样或分析、争议判断等提出相应解决措施；最后根据国情提出发展建议，可为其他接收站提供参考。

关键词：液化天然气贸易；交接流程；控制要点

天然气是一种洁净的矿物能源，在能源市场上备受欢迎。LNG 因其在储存和运输上的优势而在世界范围内日益受到重视。在全球范围内，LNG 交易已经形成了一整套的国际规范程序。由于 LNG 的低温、易挥发性，目前还不能通过流量计直接进行动态的实时测量，现有的国际规范只对其静态的测量方法作了较详尽的阐述。和大宗油品的静态计量一样，LNG 到港的静态计量是由船载和卸载计量系统自动记录船舱内的液面，然后将液面转换为船舱容积，然后根据船舱横、纵倾等因素进行计算，然后根据密度来计算，因为每个气源的天然气成分和热值都不一样，为了公平起见，LNG 的最终结算方式都是以能量为最终结算基础，所以如何获得具有代表性的样本并准确地测定出其中的组分是十分重要的^[1]。

1 液化天然气的市场状况

消费和需要。近年来，相对较高的 LNG 需求增长速度因下列因素而减缓：①全球能源需求增长速度减缓；②煤炭和其他非矿物能源的竞争。另外，由于天然气资源的分布不同，导致了对 LNG 的国际需求呈现出区域性特点，从进口量上讲，主要集中在下列区域：欧洲是传统的天然气消费区域，欧洲近年来的经济发展比较稳定。2013 年，亚洲 LNG 进口量较 2012 年增长，约为 $1100 \times 10^4 \text{t}$ ，占到全球 LNG 进口总额的 75%。在这些国家中，中国、日本、韩国和印度是全球四大 LNG 进口国。在美洲，如美国和加拿大，都是传统的能源消耗国^[2-3]。

2 贸易中的体积计量

2.1 卸货船计量设备的适用性

由于 LNG 的特殊性，船舶测量仪器在设计时必须获得行业认可的权威部门的认可。在进行卸货

前，检验员必须检查舱容表液位温度，压力测量系统是否正确校准，以及校准日期的到期时间，误差的范围。各仪器的测量精度如表 1 所示。

表 1 各仪表测量精度

测量项目	精度要求	备注
主液位计 /mm	± 0.75	
辅助液位计 /mm	± 10	
测温仪 / $^{\circ}\text{C}$	± 0.2	范围 -165~-140
	± 1.5	范围 -140~+40
压强计量仪器 /kPa	± 1	
横倾计量仪 / $^{\circ}$	± 0.05	
纵倾计量仪 /m	± 0.01	

2.2 体载提及量的确认

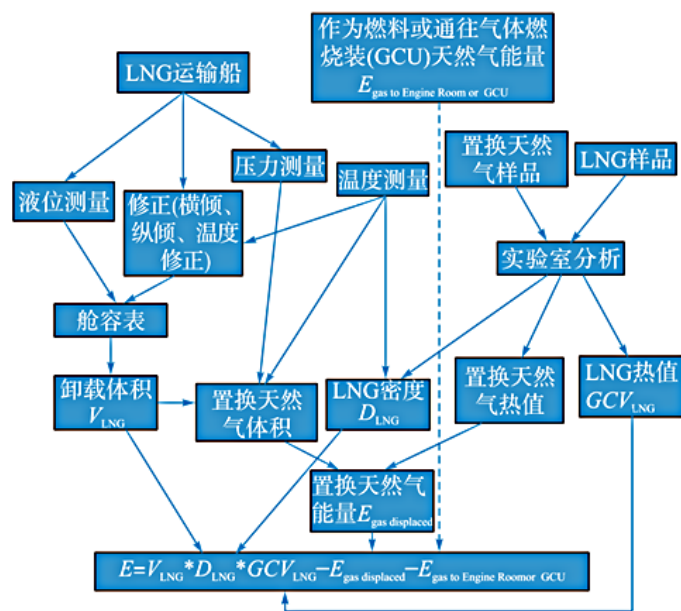


图 1 LNG 船舶到港计量交接流程

CTMS 系统能自动记录舱室内的液面，校正船舶横倾对液面的影响，并能实现对 LNG 容积的自动计算。同时，通过现场采集到的浮子液位计，根

据船舶提供的舱容——液位对照表,通过查阅有关资料,直接计算出 LNG 容积,再根据 CTMS 系统自动计算出的 LNG 容积,确定卸货后的 LNG 容积。CTMS 系统在记录舱室液面的同时,也可以记录舱室内的气体、液体的温度、舱室的压力等重要参数,并以此来计算出最终的卸荷能量^[4]。液化天然气船至港口的计量和移交过程如图 1 所示。

3 抽样和质量检验

3.1 在卸货之前对测量仪器的适应性的检验

在投入使用分析仪器之前,检验员应对化验室的气相色谱仪、化验室的标准气、在线取样器和在线气相色谱仪的校准是否进行了有效的校准,对标准单位名称、资质证明、校准日期、偏差幅度等进行了核查。检查气相色谱仪的状况,使用校准气体校准,保证测试结果的正确性。

3.2 采样

LNG 样品将按照 ISO8943-2007 (E)《冷冻液态轻烃轻质流体—液化天然气连续取样方法》(下文简称 ISO 8943-2007),或者根据买方和卖方达成的有效协议,在顺利卸料时,可以得到 LNG 的样品。为了防止 LNG 样品在送到蒸馏塔前的样品中的一部分蒸发,必须做好防范措施。采样点位置、取样检测器、取样点和蒸馏器间的管道排、蒸馏器及有关的控制装置均按 ISO8943-2007 的相关标准进行^[5]。主要的控制点:

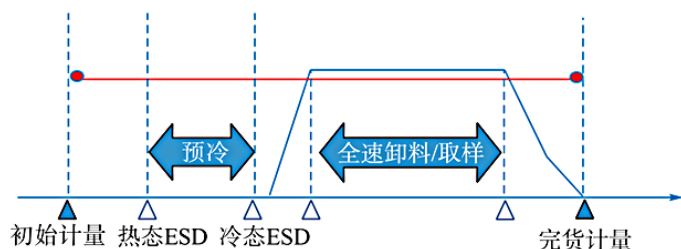


图 2 LNG 取样区间示意图

①采样间隔只是卸载速率达到全转速之后的一段时期,而不是在初始阶段的流量大幅增加和在一年 1 结束时的停顿;

②当采样过程中,LNG 管道的压力和流速因船上水泵或应急关闭阀门而急剧改变时,应暂停采样,直至 LNG 流量恢复正常后再进行采样;

③为了避免在联机采样系统中发生故障,需要人工采样,也就是在卸料速度达到最大速度后,每 1h 取一次;

④具有代表性的试件应在 30 天内或在其他规定的时间内进行密封,如果有争议,应保留至买方

和卖方商定的处理期限。图 2 是液化天然气采样段的示意图。

3.3 品质检验

品质分析采用国内常用的离线分析方法,它是将少量气化的液化天然气通过样品瓶进行在线采样,然后用气相色谱分析仪进行质量分析,其主要注意事项有以下几点:

①脱机分析方法应当按照 GPA2261《利用气相色谱仪分析天然气和类似气体混合物》或买方商定的其他国际通用标准;

②将最终分析的结果维持在 GPA2261 的可重复的宽限度之内;

③检验分析结果的重复性,使其与标准中的错误保持一致;

④将人工采样和在线采样的分析结果进行了比较;

⑤有关各方的代表必须签署组分资料。

4 贸易转交的关键点控制

4.1 卸船过程中的压力控制

液压系统的压力控制是保证卸载工作进行的重要因素,它直接关系到卸载的效率和安全性。在船舶到达港口之前,由码头方调整压气机的负载来控制油箱的压力,由船方利用汽化气体(BOG)进行调整。卸载过程中,船岸两个气相空间由气相臂连接,以确保压力的稳定,卸料过程平稳^[6]。

4.1.1 正常工作状态

在卸货初期,卸货泵会逐渐打开,卸料流量会逐渐增加,而舱室内的气体体积会增加,压力会急剧降低,这时需要岸上的人用气相杆对舱室进行加压,以保持货舱的压力均衡。当码头 BOG 不足时,可适当降低卸载速度,以防止发生舱室低压报警或应急断电(ESD)连锁关闭。另外,还可以利用接收站外送的高压气体,实现舱室内的压力均衡。如果在卸载之前,岸上的压力很大,那么在卸载初期,码头的油罐就会从气相臂排放到船舱中。

4.1.2 异常工作状态

目前 LNG 船队的主要类型有常规船、Q-Flex 船和 Q-Max 船(Q-Flex 和 Q-Max)三种。液化天然气船的型号和主要技术指标在表 2 中列出。

表 2 LNG 船型及主要参数

船型	舱容 / 10^4m^3	船舱 / 座	卸货时间 /h	BOG 处理方式
常规船	12~17	4	12~15	作为燃料气
Q-Flex	21.1~21.7	5	19~20	再液化
Q-Max	26.1~26.7	5	23~24	再液化

不同船型的 BOG 处理设备有差异,Q 型船采

用打开再液化系统将 BOG 液化后送至船舱,而常规船采用 GCU 进行 BOG 的处理,根据工业经验,为了确保测量的精确度,所有对测量有影响的设备都必须在卸载之前关闭,以确保舱室在密封、稳定的条件下保持密封,包括重新凝结。(Q 型船)和 GCU (常规船)等,再冷凝设备的启动时间为 1.5~2h,在再液化设备和 GCU 关闭过程中,油罐的压力难以控制,如果在卸载过程中,作为码头压力调节系统的接收站 BOG 处理系统发生故障,极有可能导致船岸两端同时超载,严重危及卸载安全,参照国际上其他国家卸船作业流程,并经国内接收站实际操作验证,下列方法既可保证计量公平又可确保压力稳定:

① Q 型船:在预冷、卸货加速、减速、吹扫期间,使再液化设备处于打开状态,可有效地控制舱内的压力,使卸货作业更加安全^[7]。

方案一:在卸载之前,在卸载之前,重新液化设备处于打开状态;在卸载之前,在舱压稳定的情况下,可以关闭再液化设备;在卸载之前,在卸载之前,将重新液化设备打开,并在卸载后进行计量。

方案二:在整个卸料过程中,再液化设备始终处于打开状态,在卸载之前和卸载后的计量过程中,都是相同的。

②对于普通船只:如果可以准确测量 BOG 的消耗量,可以让普通船只燃烧 BOG,也可以采用 BOG 作为燃料,尤其是当 LNG 船舱内的气压太高时,允许 LNG 船进行 BOG 的消耗,从而达到控制 BOG 的目的。BOG 的消耗应该根据 CH 值来计算。的单位质量热量或其他经双方同意的的方法,从总装量中扣除。

4.2 取样或分析争议判定及解决思路

按照有关合同和行业惯例,如果采样、分析不能得到准确的成分,则采用 5 艘或更多船舶,船型和运距条件下的 LNG 样本分析或由双方商定的预测气成分作为结算基础。但是,该方法具有很大的局限性,因此,如何正确地判断和解决纠纷,是一个迫切需要解决的问题。

4.2.1 构建老化模型并预测卸货总热值

液化天然气是一种具有低沸点的多组分混合物,其在常压、低温运输中具有较低的沸点。与 CH 等会先挥发,使 LNG 成分和密度发生变化,并随运输时间和贮存温度的变化而变化,此现象被称作 LNG 老化。运用统计学方法,统计了同一发货

地的 LNG 组分、蒸发率和热值变化,建立了一个老化模型,监测卸载港组分、热值变化值是否处于合理的品质控制区间,从而对装载港、卸货港的检验计量装置和贸易中的检验计量结果进行验证。表 3 中列出了历史资料的统计。

表 3 历史数据统计

船型	装载港	卸载港	航行时间	蒸发量	蒸发率	日蒸发率	热值变化值
常规船	某气源地	某港口	26.5	7035	4.8	0.18	102.5
常规船	某气源地	某港口	24.1	5681	4.0	0.15	86.2
常规船	某气源地	某港口	28.9	9421	6.2	0.22	123.2
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	平均值 =0.18	平均值 =103.2

4.2.2 分析能力验证

当实际的供热量超过了该模型所能预测的热值时,将会有有一个独立的第三方来检验买方和卖方的采样分析能力,其中包括校准数据、标气数据和采样系统稳定性数据。基于确认的结果,决定下一步的解决办法。

5 结论

中国 LNG 工业发展相对滞后,在配套设备、设备、人才、质量管理体系等方面都与国外有着很大的差距,特别是在贸易交接方面。文章从船舶压控制、取样和分析争议的判断等方面,结合实践经验,提出了相应的对策。

参考文献:

- [1] 陈蕊,祁鹏飞,张晓宇,等.全球 LNG 贸易定价演变规律与新趋势及相关启示[J].天然气工业,2021,41(5):9.
- [2] 武颐峰,冯陈玥,张沛宇.供需再平衡下的全球 LNG 贸易回顾及展望[J].国际石油经济,2021(2):9.
- [3] 赵旭.全球 LNG 贸易资源供应新趋势及中国能源企业 LNG 业务发展建议[J].国际石油经济,2021,29(10):8.
- [4] 张奕,艾绍平,安娜,等.船运 LNG 贸易交接计量及存在问题分析[J].天然气技术与经济,2015,9(1):4.
- [5] 牛斌,陶克.LNG 贸易交接流程及控制要点[J].天然气与石油,2017,35(3):5.
- [6] 张奕,艾绍平,王浩,等.LNG 接收站贸易交接在线取样技术[J].天然气与石油,2015,33(2):5.
- [7] 杨书忠,殷丽秋,李皓月,等.LNG 接收站到港贸易交接计量误差及影响因素分析[J].石油与天然气化工,2022,51(1):7.