

LNG 加气站运营损耗问题分析及处理

程永明（中国石化销售股份有限公司江苏南京石油分公司，江苏 南京 210000）

摘 要：近年来，随着 LNG 加气站建站数量的增加，其在使用及运营过程中，LNG 损耗问题是每个 LNG 加气站必须面对且客观存在的；本文探讨 LNG 加气站在实际使用过程中损耗的产生，并结合实际情况对其进行分析及如何处理。

关键词：LNG 加气站；损耗；运维；管理

随着能源行业和环保事业的发展，天然气作为一种清洁能源近年来有了前所未有的发展，特别以中国最为突出，经过 10 多年的发展，全国各地已建成和投入使用的 LNG 加气站差不多有 5000 座左右，LNG 加气站所加注的 LNG 为低温液体，因其特殊性，LNG 加气站在 LNG 的运输，加注，运营过程中都会出现不同程度的损耗，这么多的 LNG 加气站所产生的损耗是不可估量的，为确保环保，又要保证 LNG 加注的经济性，对 LNG 加气站的损耗进行分析及处理很有必要。

随着 LNG 加气站数量的增多，其市场竞争也越来越激烈，为应对市场竞争，其销售价格一降再降，为了生存，需要对 LNG 加气站对各个环节都进行降本增效，其中降低 LNG 加气站的 LNG 损耗是能够明显提升加气站销售利润的，而现场一线 LNG 加注人员的销售提成也与销量进行绑定，所以如何降低 LNG 加气站的 LNG 损耗，也是近几年来困扰各个加气站的一个难题，本文从 LNG 进货，运营，销售，工艺，设备等几个方面进行分析以及如何处理。

1 LNG 的进货

叙述：LNG 加气站根据《GB 50156-2021 汽车加油加气加氢站技术标准》对 LNG 加气站及合建站的等级划分，一般划分为一级，二级，三级；根据建站投资规模，一般情况下三级站较多，以三级站为例；其设备组成有：1 台 60m³LNG 低温卧式储罐；1 台 LNG 双泵撬；2 台 LNG 双枪加气机；1 套 LNG 控制系统。设备加注过程：控制系统根据 LNG 加气机信号，控制 LNG 潜液泵运行，把储罐里面的 LNG 低温液体输送到 LNG 加气机并计量后对外进行加注，当储罐里面的 LNG 低温液体加注完时，需对储罐补充 LNG 低温液体，此过程为卸车，装载 LNG 低温液体的罐车（以下简称：槽车），其储罐为 50m³，比加气站的 60m³ 储罐少 10m³，理论上刚好把槽车里面的 LNG 卸到加气站的储罐里面去，确保 LNG 槽车卸干净又能保证 LNG

加气站储罐留有气相空间，不存在过充的情况。

2 卸车过程中特别容易出现损耗

2.1 过磅损耗

过磅正常操作：LNG 槽车到站后，加气站人员陪同槽车到就近地磅处过磅，并记录毛重；LNG 槽车卸完车后，槽车压力在 0.25MPa 以下，加气站人员陪同槽车到就近地磅处再次进行过磅，与毛重相减即可得到 LNG 净重，有些站附近没有地磅，加气站就以槽车在液化工厂过磅处的满载重量榜单做为毛重，卸完车后的槽车在液化工厂过磅处的空车重量榜单作为皮重，相减后作为 LNG 卸车净重的结算依据；由此产生的损耗无法进行估算，有利于承运方——不建议采用此种方法，有些站直接以储罐卸车前后储罐液位计计算后的重量作为 LNG 卸车净重的结算依据（储罐液位计采用差压的方式在 LNG 低温储罐中应用较为普遍，是通过测量容器内液体压差换算成液位高度的一种测量方法，集合长期使用效果来看，储罐液位计本身采集的液位存在误差，计算出的 LNG 重量相应的也会存在误差，其误差由此产生的损耗无法进行估算，有利于承运方——不建议采用此种方法），有些站地磅离加气站几十公里，槽车到站后与 LNG 加气站工作人员一起到过磅处进行过磅作为毛重或者直接以槽车在液化工厂出厂时过磅处的榜单作为毛重，卸完车后到过磅处过磅作为皮重，相减得出的 LNG 净重存在几十到几百公斤误差，有利于承运方——可以采取有效措施进行规避（LNG 加气站直接购买磅秤进行过磅处理），LNG 槽车作为承运方，其市场竞争也较为激烈，采用低价竞标的方式拿到合同，但其利润太低，所以有些槽车在过磅毛重、皮重时，槽车采用加减水、人员上下车、搬卸物品等方式增加误差；或者对 LNG 槽车结构进行改造，增加槽车容积，通过多拉的方式来提高利润；可以对合同进行精细化管控，根据每个 LNG 加气站的运输距离及运费做出不同的合理要求，有些

槽车承运方常年与地磅打交道，在过磅时与磅秤人员勾结，对毛重，皮重进行微调，在合理范围内人为增加误差，虽然不多，但其累计效应也是不可忽视的，特别是加气量较大的站。以上几种情况，在 LNG 加气站中有出现或者这样做的加气站还有，过磅环节因牵涉到各方利益，所以应加强管理，出具管理细则，特别是加气站员工需全过程监管并杜绝不规范流程。

2.2 掺假损耗

为了增加利润，在 LNG 槽车中，掺杂 0.5 吨 -1 吨的液氮、液氩等便宜的低温液体，特别是在气荒的时候，LNG 价格从常规的 4000 元 / 吨上升到 10000 元 / 吨，中间掺假的利润非常可观，为减少或防止此操作，可以考虑与物流车队签订处罚合同，每车液抽检或提供气质报告。

2.3 卸车损耗

卸车正常操作：要求槽车过来的 LNG 液体温度在 -150°C 以下（其饱和蒸汽压力在 0.1MPa 以下）为冷液，否者为热液（热液不建议卸车，容易卸不干净）。卸车步骤基本上分为三步：第一步平压（平储罐压力）；第二步卸车（槽车里面的液体卸到储罐里面去）；第三步平压（平槽车压力）。

卸车过程中，容易产生泄漏，采用泵卸车时，LNG 潜液泵频率较高，管道阀门没有打开或者没有全开，导致泵后压力过高，安全阀起跳。当销量不好的 LNG 加气站（4 天以上卸车），LNG 储罐压力高于 0.6MPa 以上时，需要对储罐进行平压，降低储罐压力，因操作问题，采用气气平压或者采用气液平压时，手动截止阀开太快，储罐 BOG 气体进入槽车液相时没有液化，直接冲到槽车气相空间，快速升高槽车压力；槽车压力与储罐压力压差较小，导致储罐压力降不下来，不利于卸车；需对储罐进行排放降压，其损耗大档在 200-400Kg 左右。

对槽车平压时，如何把槽车压力平压到 0.25MPa 以下，加气站卸车人员需有较高操作经验。一般卸车过程中，采用上进液进行卸车，储罐压力一直处于降低的状态，当槽车卸到最后 2-3 吨时，气液混合往储罐里面走的时候，储罐压力开始上升，稍微不注意或者储罐上下进液阀切换较慢，储罐压力就上升到 0.3MPa 以上；若槽车储罐压力高于 0.25MPa 以上时，槽车师傅是不愿意过磅的或者把槽车压力就地排放，放到 0.25MPa 以下再去过磅，排放出去的气体 0.1MPa 大档在 80kg 左右，损耗严重。

有些销量较好的 LNG 加气站购买 LNG 时，选择高温液（根据液化工厂设备工艺，生产出来的液体有高温液和低温液，高温液普遍单价较低）低温液混合卸车，一车高温液，一车低温液对外混合加注，高温液卸车时，槽车压力降不下来，也会出现损耗。

卸车过程中产生的损耗，一个是与 LNG 加气站销量成正比关系，销量越好，周转周期越快，储罐压力越低，平压后槽车压力越低，损耗越低，反之越大，一个是加气站卸车操作人员工作责任心以及工作能力对 LNG 损耗也有一定影响。

2.4 运营损耗

保冷情况介绍：LNG 属于低温液体，对储罐、LNG 泵橇、泵橇与储罐之间管道、泵橇与 LNG 加气机之间管道的保冷有一定的要求；目前 LNG 储罐的绝热方式常用的有两种：一种是高真空缠绕；一种是真空粉末填充，其 LNG 蒸发率是不一样的，LNG 泵橇内泵池一般采用真空泵池，但泵橇内管道根据成本，采用真空管道或非真空管道，非真空管道采用保冷材料对管道进行保冷，设备与设备之间的管道连接根据成本，也是采用真空管道和非真空管道，大部分 LNG 加气站采用非真空管道，对非真空管道进行保冷，因距离远近，采用不同的保冷材料，其成本差异也较大，现场管道保冷在现场施工，其施工工艺及施工人员素质决定保冷效果。

LNG 加气站设备综合保冷效果将决定在实际使用过程中待机状态下 LNG 蒸发率的高低，其对 LNG 加气站损耗产生较大影响。

一般情况下，LNG 槽车冷液卸车，LNG 加注设备保冷效果整体较好，每天加注量在 3 吨左右，且集中加注，那么一个星期卖完一车是不存在排放的，LNG 整车液在整个销售期间温度都是持续往上升的过程；若超过一个星期，其 LNG 饱和蒸汽压在 1.0MPa 左右（我们统称为高温液体，其储罐压力超过 1.0MPa 后，加注困难），后续每天储罐都需对空排放，其排放的频率与压力将使损耗异常大，LNG 温度较高，加注困难且挂车师傅不愿意加注此液体，大车不愿意来，容易形成恶性循环，进一步降低加注量，提高排放量，若如一车液买 20 天左右，对空排放差不多都有 7-10 吨。

这种情况下的运营存在亏损，所以需提高 LNG 加气站周转率，采用灵活促销的方式提高销量（不建议采用分卸来增加周转率），尽量保证不排放。

还有一种情况是设备维护保养,因为 LNG 是低温液体,其最低温度在 -160°C 左右,在加注过程中,整个管道充满液体时温度非常低;如若长时间不加注,那么泵池,管道等有可能恢复到常温,此时进行加注,3~5 分钟的时间内,LNG 潜液泵运行,液体又充满整个泵池,管道等,那么管道急剧降温,温差较大,热胀冷缩也厉害,其法兰处容易产生泄漏;LNG 潜液泵运行不稳定,泵后压力突变导致安全阀起跳泄压。

这种因维护保养而出现的损耗,是可以有效避免的,提高 LNG 加气站巡检效率及员工责任心。

2.5 工艺设计

工艺设计也在一定程度上影响损耗,最近这几年潜液泵功率、流量、扬程也越来越大,市场上也出现了 1 泵带 4 枪的加气站,LNG 潜液泵运行时对 LNG 的净正压头有一定的要求,储罐与泵橇之间的基础落差也从原来的 1m 左右提高到 1.8m, 2m, 有的甚至 3m,这种站因加气量较大,LNG 从储罐进入泵池时容易处于欠饱和状态,进入泵池后带来大量 BOG 气体,LNG 潜液泵容易抽空报警,为满足加注,需对 LNG 泵池气相进行排放。

场站设计时,储罐与泵橇之间的管道连接,以前采用横平竖直方式进行连接,容易导致泵池进液及回气不畅,加注时容易抽空报警,也需对 LNG 泵池进行排放。

泵橇到 LNG 加液机之间因场地的原因导致管道过长,LNG 泵橇加液预冷时产生 BOG 气体较多,储罐压力上升较快。

场站设计时考虑在满足规范的同时,尽量根据潜液泵的功率、扬程减少 LNG 管道的长度,弯头,并能保证潜液泵的进液,回气,出口管道直径满足流量及加注的需要,确保 LNG 加气站因设计不合理导致损耗的产生。

2.6 工艺设备

供应商在提供工艺设备时,LNG 泵橇大部分都是自制,其 LNG 泵池真空度,橇内真空管道的真空效果根据各供应商制造能力其保温效果也会呈现出不同情况,也会对储罐 BOG 产生有一定影响。

LNG 泵橇设备工艺设计是否合理,供应商在成本考量时,省掉一些气动阀门或者一些功能,也会间接增加 LNG 加气站运营成本,而建设方在投资时,无法准确预估加注量,LNG 泵橇在运营过程中会出现这样那样的问题,供应商和建设方都会间接的增加运营

成本。

2.7 销售损耗

LNG 对外加注计量采用质量流量计进行计量,LNG 建站的时候,每把枪都会经过特检院进行校正,计量精度高;为了保证加注的准确性,特检院会不定时的对 LNG 加气站进行检验,防止私自修改 LNG 加气机的计量数据,LNG 加气机流量计计量时存在正负误差,误差在合理范围内,对加气站有利时,存在少加多计量;对加气站不利时,存在多加少计量,虽然都在精度误差范围内,但从长远和销售量来看,其累计的误差造成的损耗也是非常可观的。

3 小结

LNG 加气站降低损耗的方式大致总结为以下几种解决方案供大家参考:

- ①购买小型液化装置,把多余的 BOG 气体进行再液化,能够减少排放;
- ②增加 BOG 调压橇,对多余的 BOG 气体进行回收利用或者接入城市管网,回收 BOG 气体;
- ③增加促销力度,提升加注量,增加周转率;
- ④对 LNG 加气机流量计进行定期检定;
- ⑤优化卸车工艺,减少排放;提高槽车过磅监管过程。

总结以上,分享了 LNG 加气站在进货、运营、销售等几个方面出现损耗的问题,那么如何整体的把损耗降下来,需要建设单位在 LNG 加气站选址、设备选型、LNG 加注工艺的合理性、设备质量、施工质量监督、设备运营维护、销售环节以及设备定期维护保养等各个方面进行全面把控,才能有效降低 LNG 加气站的损耗。

参考文献:

- [1] 朱吉华, LNG 加气站合规性运营存在的问题及对策. 石油库与加油站, 2023, 32(05): 3-6+51-52.
- [2] 黄然, 浅析 LNG 加气站损耗因素与控制措施. 中国水运, 2019(19): 3.45-47.
- [3] 郭慧君, 丁永华. LNG 加气站异常损耗的原因与解决措施 [J]. 中国战略新兴产业, 2018(24): 227.
- [4] 韩建明, 杨晓楠. LNG 加气站损耗原因分析及管控对策. 石油库与加油站, 2023, 32(03): 6-9+45+4.

作者简介:

程永明 (1974-) 男, 汉族; 籍贯: 江苏江都; 学历: 大学; 职称: 工程师; 研究方向: 石油化工、加气 LNG。