

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2013.08.003

# LNG汽车加气站蒸发气体 (BOG) 产生量过大原因分析及对策

□ 淄博绿博燃气有限公司 (255000) 刘新领

**摘 要:** 随着液化天然气 (LNG) 技术应用的深入, 目前各地相继开工建设液化天然气 (LNG) 汽车加气站, 针对较多加气站遇到的液化天然气 (LNG) 蒸发气体 (BOG) 产生量过大的问题, 对相关影响环节进行了分析, 提出了降低BOG产生量的措施对策, 对LNG汽车加气站的建设及运营有一定的指导作用。

**关 键 词:** LNG汽车加气站 蒸发气体 (BOG) 卸车 真空度 站址选择

## Analysis of Causes and Measures on the Excessive Releasing of Boil-off Gas (BOG) in LNG Gas Stations

Zibo LvBo Gas Co.,Ltd Liu Xinling

**Abstract:** Liquefied natural gas (LNG) stations were developed and constructed in various regions recently. The present article analyses the related factors affecting the excessive releasing of boil-off gas (BOG) in LNG gas stations. Measures of reducing the BOG has also been put forward in this article, which make the guiding significance for the construction and operation of LNG station.

**Keywords:** LNG Gas station Boil-off Gas Unload Vacuum degree Choice of station address

### 1 问题的提出

液化天然气 (以下简称LNG) 供气技术自2001年引入中国以来<sup>[1]</sup>, 极大地促进了天然气产业的发展, 从上游LNG的生产与液化, 到 LNG 的运输, 再到下游 LNG 的储存、气化供气, 这一产业链日趋完善。以下游的城镇燃气为例, LNG气化后不但能供应城镇居民、公福及工业用户用气, 而且还能用作汽车动力源。自从LNG汽车试点至今, 建设了相当的LNG汽车加气站, 这些多数为中海油、新疆广汇等建设, 所

使用的LNG气源较为固定。为促进这项产业的发展, 规范LNG汽车加气站的建设, 国家相继颁布了相关规范标准<sup>[2, 3]</sup>。近段时间来, 各地相继开工建设了多座LNG汽车加气站, 不少加气站由于种种原因, 在投用后LNG蒸发气体 (BOG) 的产生量过大, 导致LNG储罐压力上升过快, 不得不进行放散, 这样不但在加气站周边形成可燃气体危险空间, 同时也造成了资源的浪费及环境污染, 加气站的效益受到影响。本文运用相关理论并结合工程实际, 对LNG汽车加气站蒸发气体 (BOG) 产生量过大的问题进行分析, 同时提出相

应的解决方案。

## 2 蒸发气体 (BOG) 产生的原因及危险性

### 2.1 蒸发气体 (BOG) 产生的原因

在正常储运过程中能不断产生蒸发气体,是LNG的重要特性之一<sup>[4]</sup>。众所周知,LNG的沸点约为-162℃(以组分定),为深冷状态。为保证正常储运,所需的LNG储罐设计为双层结构,中间夹层采取充填保冷材料并抽真空或充填干燥惰性气体处理,尽管如此,在储运时外界的热量还会传导至储罐内层,LNG在接收这些热量后将导致一些液体蒸发为气体,即蒸发气体(BOG, boil off gas)。蒸发时,LNG中的氮和甲烷首先从液体中气化,使得剩余液体密度增大。

### 2.2 蒸发气体 (BOG) 的危险性

储罐(或低温管道)内的LNG产生BOG后,会使得其上部空间的气体密度增大,压力升高,升高到一定程度,储罐(或低温管道)的安全泄放装置将开启放散。BOG放散出来后,如果气体温度在-113℃以下(以组分定)时通常BOG的密度比空气大,在泄放点周围一定区域内会形成“雾团”。此时对附近工作人

员能造成冷灼伤和窒息的危害。如果储罐(或低温管道)没有安全泄放装置,压力上升到一定程度,则有爆裂的危险。

## 3 LNG汽车加气站中产生蒸发气体 (BOG) 的环节及分析

LNG汽车加气站具有卸车、储存、增压、加气等工艺过程,由此形成了相应的工艺流程,见图1。

在上述工艺流程中,涉及到产生BOG的环节主要是LNG槽车到站后的卸车、LNG在储罐内的储存及LNG的加气等工艺过程。

### 3.1 LNG卸车环节

#### (1) 低温输送管道

LNG槽车到站后,通常通过低温泵法或增压器法对槽车内LNG增压后将LNG卸入储罐内。不论采用哪种方法,LNG必须通过低温管道进行输送,在输送过程中,LNG将吸收外界环境热量而气化,产生BOG。为了减少BOG的产生,通常利用两种方法对低温管道进行保冷处理,即绝热材料包覆法和真空管法,这两种方法结构如图2、3所示<sup>[5]</sup>。

在上面两种方法中,绝热材料包覆结构的设计

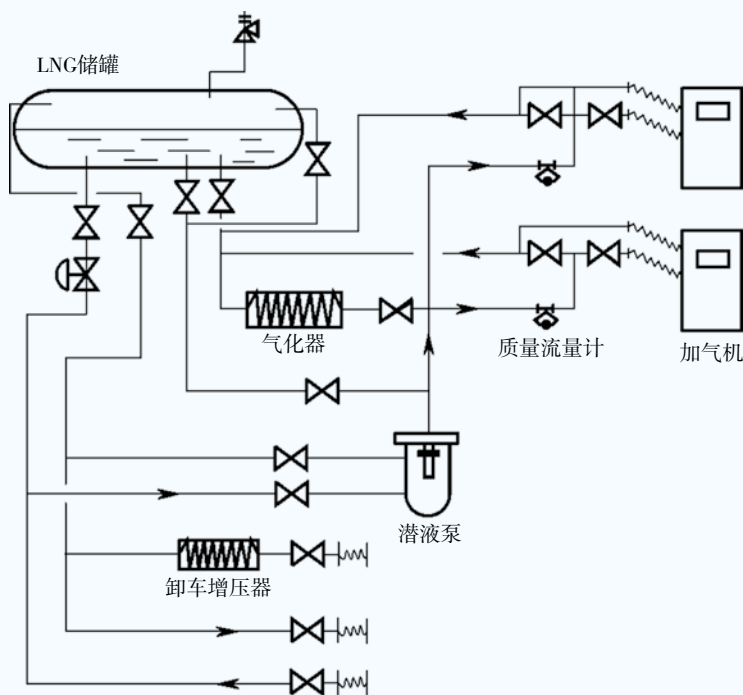
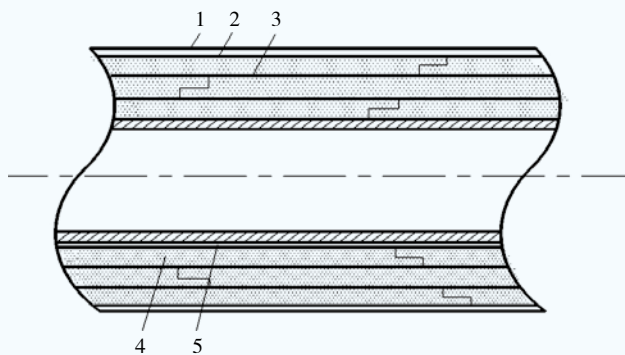
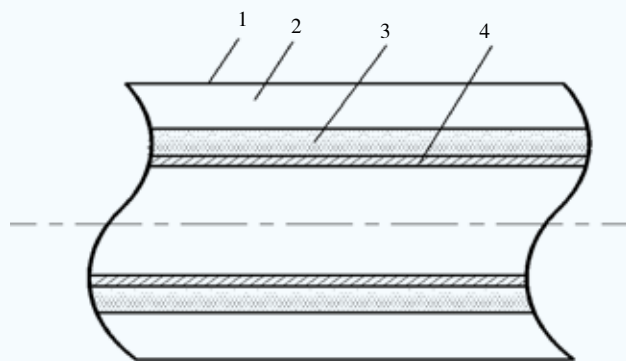


图1 LNG汽车加气站工艺流程图



1.保护层; 2.水分阻挡层; 3.绝热材料; 4.缝隙; 5.钢管壁

图2 绝热材料包覆结构



1.外管; 2.真空夹层; 3.绝热材料; 4.钢管

图3 真空管结构

与施工方法基本可靠,可执行的规范主要有《设备及管道保冷技术通则》GB/T11790、《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264等,而对于真空管结构的技术要求和做法,目前还没有可执行的设计、施工规范,真空管内的真空度、真空的漏放气速率、使用寿命还没有明确要求。从目前LNG加气站的运行实际看,相当多的LNG加气站低温管道采用了真空管保冷法,由生产厂家配置。有的厂家的真空管制造质量不高,导致真空度不高且漏放气速率过快,有的甚至运行数月即失效,外界环境热量很快到达管道内部,LNG遇热快速气化成蒸发气体BOG。

### (2) 低温卸车泵

目前LNG汽车加气站多采用低温泵卸车,对立式潜液泵而言其电机及泵体均浸没于保冷外壳中,多为国外产品,有一定的保冷效果;但如果产品的制造质量存在缺陷,保冷措施不到位,则LNG经过泵体会吸收外界较多的热量而形成BOG气体。

### 3.2 LNG储存环节

同前所述,LNG经卸车工序后进入储罐储存。目前LNG汽车加气站采用的储罐多为真空粉末绝热储罐或高真空多层绝热储罐。这两种储罐虽然进行了绝热保冷处理,但外界热量还是会进入储罐中,LNG吸收热量后将蒸发气化成BOG。为此国家制定相关标准进行规范。但实际项目运行中有些生产厂家储罐的真空度达不到要求或运行不长时间就发生了夹层漏气而造成真空度下降过快,使得BOG产生量过大。

### 3.3 LNG加气环节

此环节中BOG的产生同卸车环节。

### 3.4 LNG组分的影响

通常LNG的沸点约为 $-162^{\circ}\text{C}$ ,即常压下LNG的储存温度为 $-162^{\circ}\text{C}$ 。由LNG的一般特性可知,LNG中重组分越多,其沸点越高,蒸气压越高,也就是说沸点高于 $-162^{\circ}\text{C}$ 的LNG重组分较多时,在LNG储罐内储存压力较高,温度就高(相对),较长时间后储存温度、更高。当储罐内卸入新的LNG时,则卸入的LNG进入后被加热,也增大了蒸发量。另外卸车时由于储罐内压力高,为便于卸车有时也必须进行天然气的泄压放散。

### 3.5 工艺设计环节

目前有些设计单位对LNG的性质和技术掌握不全面,对LNG汽车加气站的工艺设计不太理解,主要表现在:LNG输送管道无谓过长;对储罐和低温管道夹层的真空度指标提不出技术要求;对低温管道绝热材料的保冷设计过于笼统,保冷措施不明确等,这些也容易造成LNG的蒸发量增大,即产生较多的蒸发气体BOG。

## 4 降低BOG产生量的对策

### 4.1 强化工程设计质量和合理工艺操作

(1)设计单位在对低温工艺管道(特别是卸车、加气液相管道)保冷设计时应明确技术要求。应用绝热材料包覆法时应明确绝热材料的技术参数、保冷层的厚度及施工要求;利用真空管技术保冷时应明确封结真空度的数值要求、真空的漏放气速率及正常使用寿命(即保证正常真空度的使用周期),如果是

生产厂家直接供应安装真空管,则更应提出详细的技术要求,明确双方的责任。低温工艺管道保冷措施得当,蒸发气体量就会降低。在低温管道的保冷设计方面,应该对相关问题做进一步研究和探讨。

(2)设计文件应对LNG储罐提出明确的保冷指标要求。不论是真空粉末绝热储罐还是高真空多层绝热储罐对保冷都应有明确的要求,即某体积的储罐都应对应相应的真空度和静态蒸发率,超过这些数值指标就达不到保冷效果,蒸发气体产生量就会增加,应及时抽真空处理或采取其他措施。综合相关规范和工程实践,提出储罐的保冷指标要求,储罐的封结真空度指标要求见表1,静态蒸发率指标(上限)要求见表2。

表1 储罐的封结真空度(Pa)

有效容积 v/m <sup>3</sup>	高真空多层储罐	真空粉末绝热储罐
10 < v ≤ 50	≤ 3 × 10 <sup>-1</sup>	≤ 3
50 < v ≤ 100	≤ 3 × 10 <sup>-1</sup>	≤ 5

表2 储罐的静态蒸发率指标(上限)(%/d)

有效容积 v/m <sup>3</sup>	高真空多层储罐	真空粉末绝热储罐
30	0.200	0.440
50	0.150	0.350
65	0.135	0.300
100	0.095	0.250

(3)加气站设计时,在工艺上储罐应具有上进液功能。在卸车操作时,当储罐内LNG温度比来气高时,应采取上进液的方法,以降低罐内LNG的温度,从而降低罐内气相压力,降低蒸发气体量。

#### 4.2 严格设备制造质量

LNG加气设备生产厂家应加强自律,精益求精,不断提高设备制造质量,特别是LNG储罐、卸加气设备及相关低温真空管道的制造更应重视,应保证达到最低保冷要求。建设单位与设备生产厂家签订购货合同时,应同时签订技术协议,双方按此协议制造及验收。

#### 4.3 注意LNG组分的影响

用气方在购进LNG之前,应索取供气方LNG的组分参数,应要求所供LNG的沸点尽量低,即饱和蒸气

压尽量低,这样LNG槽车到站卸车时,槽车储罐内的压力不会很高(与储存时间也有关系),LNG的温度也不会很高,这样槽车卸车时就很利于卸车且站内储罐蒸发气体量也小。LNG汽车加气站一般应固定气源点。

#### 4.4 注重LNG汽车加气站站址的选择

由于LNG较CNG(压缩天然气)、LPG(液化石油气)有其特殊性,决定了LNG汽车加气站站址的选择更应慎重。除符合国家、行业相关规范规定外,应尽量选择在附近有天然气管道的地方,该天然气管道的设计压力宜小于0.8MPa,运行压力宜小于0.6MPa。这样,LNG在卸车及操作过程中产生的BOG,可及时泄入附近的天然气管道中供周边用户使用,减少了天然气的浪费。如果附近天然气管道的运行压力高于储罐的最高运行压力,BOG是否进入天然气管道,应经经济技术分析确定。因此LNG加气站的站址选择是一个重要的问题。

### 5 结语

从以往LNG汽车加气站出现的问题看,加气站的设计、施工与运营安全应引起重视。由前述分析可知,如果加气站存在相应的技术、制造缺陷,操作不当,蒸发气体量BOG的产生量将过大,严重时可能造成安全事故。因此,应采取相应措施,将BOG的产生量尽量控制在合理范围内,本文提出的相关观点措施,值得同行高度重视。

#### 参考文献

- 1 刘新领. 液化天然气供气站的建设[J]. 煤气与热力, 2002; 22(1): 35~36
- 2 NB/T1001-2011 液化天然气(LNG)汽车加气站技术规范
- 3 GB50156-2012 汽车加油加气站设计与施工规范
- 4 GB/T19204-2003 液化天然气的一般特性
- 5 李明, 刘新领. 液化天然气(LNG)技术与应用[M]. 山东: 山东科学技术出版社, 2012