

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2017.03.002

LNG加气站、气化站EAG产生量计算方法分析

□ 泰安开元环保成套设备有限公司(271000) 何启友 史玉芹 王云雨

摘 要: 本文主要论述采用固定式真空绝热深冷容器的LNG加气站、气化站中产生的EAG量计算方法,并以工程实例举例说明了如何选择EAG加热器,以避免二次危害。

关 键 词: LNG加气站 气化站 泄放量 翻滚 EAG加热器 二次危害

在LNG加气站、气化站中蒸发性气体称为BOG,而其中通过安全阀放散及其工艺放散无法回收利用的天然气统称为EAG,为保证安全EAG需经加热成比空气轻的气体后(-107℃以上)经汇集总管放空。EAG加热的设备多为空浴式加热器,EAG产生量计算方法

选择、EAG加热器工程选择对于整站安全至关重要。

1 EAG放散量理论分析及计算

在正常工作条件下LNG加气站、气化站,只有在

表7 RPN排序

序号	RPN值	潜在失效模式
1	112	罐体材质失效
2	72	罐体应力变化
3	72	操作程序不完善
4	64	罐体支撑,结构力变化
5	64	消防设施失效
6	32	连接焊缝失效
7	32	压力测量失效
8	32	液位计失效
9	32	根部阀失效
10	32	夹套真空失效

3 建议的对策措施

综合以上分析,针对风险优先度相对较高的失效

模式,应执行如下的对策措施以降低风险优先度:

(1) 针对罐体:应严格执行对罐体的无损检测、真空度检测、垂直度检测及防雷检测等,必要时增加检测频次,及时发现罐体的问题。

(2) 针对附件:严格执行采购、验收等制度,把控附件质量,同时定期对附件进行维保、检测等,保证附件的可靠性。

(3) 在管理方面应加强巡查、巡检,完善装卸车、倒罐、供气等操作的操作规程;对现有作业进行作业危险性分析,评估操作规程的可行性和合理性,并根据分析结果对规程进行修订。

参考文献

- 1 刘正高,李福秋.工艺FMEA技术研究[J].质量与可靠性,2005;20(1):42—46

卸车、泵预冷工艺操作时有微小的气体放散，不会有大的EAG放散，因此，极端条件是EAG放散量计算及加热器选择的基础。

1.1 火灾环境

火灾环境是极端条件的一种，国内标准对于压力容器、管道放散有以下3个计算依据：

(1) GB150压力容器 附录B超压泄放装置中，盛放液化气体的容器在有可能发生火灾环境下工作，安全泄放量分无保温层和有完整的绝热保温层两种情况，人们大都按照有完整的绝热保温层的公式1进行计算： $W_s=2.61(650-T)\lambda A_r^{0.82}/(t_q)\dots\dots(1)$

式中 W_s —安全泄放量，kg/h

T —泄放压力下介质的饱和温度，K

λ —常温下绝热材料的导热系数，kJ/m.h.℃

A_r —容器受热面积，m²

t —绝热材料的名义厚度，m

q —在泄放压力下，天然气气化潜热，kJ/kg.m

(2) TSG D0001-2009压力管道安全技术监察规程中E1.3.1第二条，液化气体容器和管道系统位于有可能发生火灾的环境在有完善的绝热层时，安全泄放量也是按照公式(1)进行计算。 A_r —容器管道受热面积，m²

(3) GB/T18442-2011固定式真空绝热深冷容器附录A安全泄放量的计算中：绝热系统完好或部分完好，但夹层真空已丧失，且外部遭遇922K高温的情况在此情况下，由热壁传入内容器的总热量按下式计算：

$$H=2.6*(922-T_d)*U_{if}*A_r^{0.82}$$

式中 H —有热壁传入内容器的总热量，W

T_d —对应于一深冷介质的容器或传热构件冷端表面温度，K

U_{if} —在火灾条件下(外部温度922K和大气压下)绝热材料总的传热系数，W/m².k

$$U_{if}=\lambda_{if}/t$$

λ_{if} —绝热材料在 T_d 与922K之间的平均导热系数，取两者(气体或空气)之中的较大者，W/m.k

$$\text{放散量 } W_s=3.6H/q\dots\dots(2)$$

国内工程及公开发表资料上多采用公式(1)，其实这应是一误区。比较以上两种计算式模型，公式(2)应比较符合实际，原因在于LNG加气站、气化

站中容器采用的是真空容器，无论立式容器还是卧式容器，无论是多层缠绕真空容器还是珠光砂填充真空容器，其抽真空装置都处在容器的底部，都会在火灾高温下使密封件迅速失效，特别是卧式容器的防爆口橡胶密封圈材质在极端高温下会迅速老化，从而造成夹层很快失去真空。部分LNG加气站、气化站中管路也采用了高真空管，同样在失火条件夹层会失去真空。真空容器、真空管一旦失去真空其保温性能会急速下降。因此，应采用公式(2)计算低温容器、管道的放散量。

1.2 储罐处于翻滚状态

翻滚对于低温LNG容器是另一极端放散条件，对于LNG加气站、气化站而言，如果气源来源复杂，液体含氮量比较高达1%，每天气化量不是很大储存时间较长，又采用立式容器，那么LNG的翻滚就有可能。欧洲标准EN1473-2007附件B LNG参考流量中翻滚产生的闪蒸气量： $V_B=100V_T$ 。 V_T —在夏季环境达到最高时，正常操作条件下，环境温度升高带来的热量输入使罐产生最大量闪蒸气量。顾安忠等著的《液化天然气技术》更认为此时的液态蒸发率可为正常状态下的250倍，我们建议采用100倍计算。GB/T18442低温容器的静态蒸发率计算中均以环境温度20℃为准，静态蒸发率的测定也是静态而非正常操作条件，因此 V_T 远大于静态蒸发率。

1.3 计算

低温LNG容器的放散量应对上述两种极端条件分别计算，选择大者。

低温管道放散量：在LNG加气站中容器区外LNG管道大多进行地下布置，如果管路、阀门出现泄漏，在车辆人员频繁进出的情况下就有可能发生火灾，全部地下管路都有可能处在火灾环境下。LNG加气站、气化站中容器区内的管道同容器同时处于火灾环境下。真空管道放散量按照公式(2)进行计算，非真空保温管道按照公式(1)进行计算。

系统放散总量 W_s ：在LNG加气站、气化站中，由于管阀的泄漏而造成容器、管路同时发生火灾的可能性是存在的，此时的EAG放散量总量应是容器、管路放散量的总和 $W_s=W_{s\text{容器}}+W_{s\text{管路}}$ 。

EAG加热器工程选择 低温容器安全阀、管路安全阀开启后的平均总流量不会大于上述放散总

流量 W_s ，因此EAG加热器大小以 W_s 为计算依据。GB50156-2012建议比空气轻时排放，尽管天然气在常压下-107℃时已比空气轻，但是工程选择制作EAG加热器时仍需将其加热到比环境温度低5℃~10℃，这样确保该易燃易爆气体不沉降、并向上迅速扩散，绝不会产生二次危害。

2 以LNG加气站3级站为例进行计算说明

2.1 容器放散量

LNG加气站3级站采用1台60m³珠光砂填充真空容器，常用泄放压力1.44MPa，珠光砂在常压77K~310K下导热系数小于0.03W/m.k^[1]，干空气在常压253K~922K下平均导热系数0.043W/m.k^[2]，取 $\lambda_{\text{空气}}=0.043\text{W/m.k}$

$$U_{if}=\lambda_{if}/t_i=\lambda_{\text{空气}}/t_{\text{空气}}=0.043/0.24=0.18\text{W/m.k}$$

$$t=0.24\text{m}$$

$$A_r=110\text{m}^2$$

$$q=376.1\text{kJ/kg—天然气气化潜热}$$

$$\lambda\text{——珠光砂导热系数，}0.009\text{kJ/m.h.}^\circ\text{C}$$

$$\text{按照公式(2)} W_s=2.6*(922-159)*0.18*110^{0.82}*3.6/376.1=161.3\text{ kg/h}$$

$$\text{粉末导热计算 } Q_1=\lambda \times A_r \times \Delta T/t =0.009 \times 110 \times 151/0.24=623\text{kJ/h}$$

$$\text{环境温度取: } T_0=310\text{K} (37^\circ\text{C}) \Delta T=T_0-T_L=310-159=151\text{K}$$

储罐内支撑件 Q_2 一般不超过72kJ/h。

$$\text{闪蒸气量 } V_B=100V_T=100(Q_1+Q_2)/q=100*(623+72)/376.1=185\text{kg/h (按照EN1473-2 007)}$$

2.2 管路放散量

在LNG加气站中，由于泵工作压力小于1.6MPa，因此大部分管路设计压力1.76MPa，安全阀整定压力1.76MPa。LNG加气站中地下管道大部分为DN40管，一般长度在80m~130m，按100m计。保温厚度0.1m，保温材料以市场多采用的PIR为例， $\lambda=0.0756\text{kJ/m.h.}^\circ\text{C}$ ， $q=352.4\text{kJ/kg}$ 。

$$W_s=2.61(650-T)\lambda A_r^{0.82}/(t_q)=2.61(650-164)0.0756*38.3^{0.82}/0.1*352.4=54\text{kg/h}$$

$$\text{容器、管路同时失火最大放散量 } W_s=W_{s\text{容器}}+W_{s\text{管路}}=161.3+54=215.3\text{kg/h}$$

可见失火状态下放散总量大于翻滚放散量，应以

失火状态下放散总量为最大放散量 $W_s=215.3\text{kg/h}$ （气量280Nm³/h）。

由上述的LNG加气站 W_s 可知，选择300~350Nm³/h的EAG加热器是合理的。但是，从国内已建成的LNG加气站可以看到，EAG加热器许多为150Nm³/h，究其原因在于失火状况下的放散量大小计算模型有误，一旦出现极端危险状况二次危害仍不可避免，这是应该引起高度重视的事情。有的LNG加气站、气化站低温容器，人为增大放散管口径，人为放散时气体会远远大于EAG加热器的加热能力，放散气体就有可能下沉造成危害，这一问题更应引起重视。

3 结论

采用固定式真空绝热深冷容器的LNG加气站、气化站EAG总量应比较容器翻滚，容器管路失火状况下的放散量大小，容器失火状况下的放散量大小计算应以GB18442附录A为模型，气体放散出口温度应比环境温度低5℃~10℃。正确选择EAG产生量计算方法、正确选择EAG加热器负荷对于整站安全至关重要。

参考文献

- 1 GB/T18442.6-2011 固定式真空绝热深冷压力容器 第3、6部分
- 2 杨世铭，陶文铨. 传热学. 北京：高等教育出版社，2006：8：559
- 3 顾安忠等. 液化天然气技术. 北京：机械工业出版社，2003：10：225

更正启事

我刊2017年1期《燃气公司经营管控三步走（上篇）——年度经营计划制定》的作者应为滨海投资（天津）有限公司 高峰 刘娟。特此更正！