

可燃液体常压储罐尾气热呼出量分析与比较

喻长连 孙金^[通讯作者] 徐洪敏(中国化学赛鼎宁波工程有限公司,浙江宁波315000)

摘要:本文根据SH/T3007-2014和API2000-2014规范,结合湛江某工程案例,计算了可燃液体常压储罐尾气热呼出量,并比较分析了上述两种计算方法、罐容、保温方式对热呼出量的影响,为工程实践中储罐尾气系统设计提供理论依据。

关键词:可燃液体;热呼出量;常压储罐;SH/T3007;API2000

中图分类号:TE972 文献标识码:A 文章编号:1674-5167(2025)029-0130-03

Analysis and Comparison of Thermal Exhaust Gas Volume from Flammable Liquid Storage Tanks at Atmospheric Pressure

Yu Changlian, Sun Jin^[Corresponding Author], Xu Hongmin (China Chemical Sedin Ningbo Engineering Co., Ltd., Ningbo Zhejiang 315000, China)

Abstract: Based on the SH/T3007 and API 2000 standards, and using an engineering case study from Zhanjiang, this paper calculates the thermal breathing loss of flammable liquid atmospheric storage tanks. It compares and analyzes the two calculation methods mentioned above, as well as the effects of tank capacity and insulation methods on thermal breathing loss. The study provides a theoretical basis for the design of vapor recovery systems in storage tanks for engineering practice.

Keywords: flammable liquid; thermal breathing loss; atmospheric storage tank; SH/T3007; API2000

目前,关于石化企业尾气排放要求越来越严格。其中,常压储罐尾气排放是安评和环评的重点监控对象。由于尾气通常含有有毒、可燃、易爆介质,直接排放大气不仅污染空气,导致爆炸等安全问题,还会产生经济损失^[4-5]。因此,理解储罐尾气排放的原理和计算方法,通过分析尾气排放的影响因素,对优化储罐尾气系统设计,减少尾气排放具有重要意义。

1 尾气系统的设置

1.1 储罐尾气连通方式

根据中国石化安技[2018]33号文《石油化工企业储罐区罐顶油气连通安全技术要求(试行)》^[1],

可燃液体常压储罐尾气连通方式可分为直接连通方式和非直接连通方式,前者主要指气相平衡管,后者主要指单罐单控和单呼阀方案等。同罐组内物料特性相同或相近的可燃液体,常压储罐尾气收集系统可以采用气相平衡管方案和直接连通共用切断阀方案。对于物料性质相差较大时,通常采用单罐单控和单呼阀方案,如图1和2所示。单罐单控方案在即罐顶尾气口依次设根部切断阀、阻火器、调节阀或开关阀。单呼阀方案即在罐顶尾气口依次设置单呼阀、阻火器和切

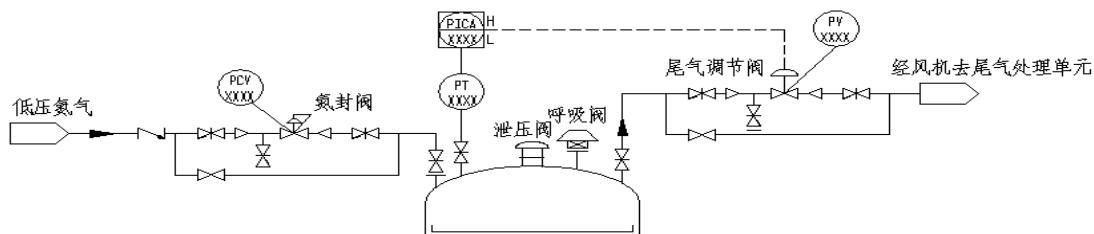


图 1 单罐单控方案

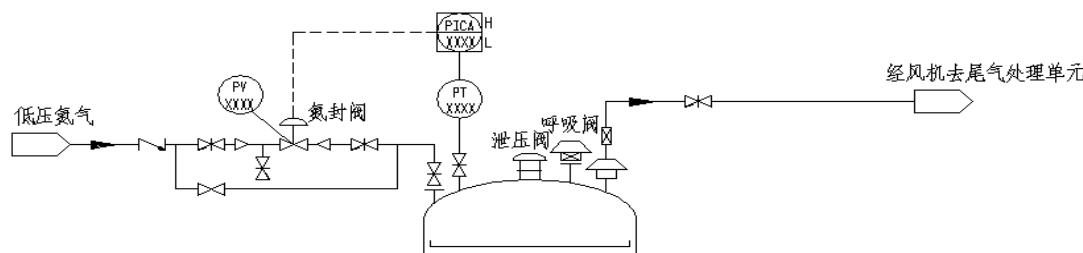


图 2 单呼阀方案

断阀^[4]。

1.2 储罐尾气连通方式的选择

可燃液体常压储罐顶气相平衡管线直接连通存在以下三个隐患^[5]:

①气相平衡管线因储罐下沉而出现变形破损。随着储罐使用时间增加，罐基础不断沉降，特别是遇到地质松软或地震烈度≥7度的情况时，储罐罐体可能发生翘移或变形，存在破損风险；

②气相平衡管线支路缺少阻火器或阻火器质量低劣出现火焰互串现象。事故状态下，气相平衡管线阻火器如果缺失或质量低劣，连通线无法隔断火焰传播，从而导致事态扩大；

③气相平衡管线因储罐内部闪爆遭到机械破坏。

因此，建议优先选用单罐单控或单呼阀方案等非直接连通方式。

2 常压储罐尾气排放量计算方法

根据SH/T3007-2014《石油化工储运系统罐区设计规范》^[2]，可燃液体常压储罐尾气排气量主要包含可燃液体进罐引起的罐内气体呼出量和环境温度升高引起的罐内气体呼出量^[2-4]，以下简称“热呼出量”。热呼出量则可根据国内标准SH/T3007-2014《石油化工储运系统罐区设计规范》和国外标准API2000-2014《Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks》进行计算。在实际工程设计中，必须综合考量诸如储存物料特性、保温方式、罐容及储运工艺等多种因素。

2.1 SH/T3007-2014 计算法

在规范SH/T3007-2014表5.1.6中，可以根据罐容和闪点查出热呼出量^[1]。从表中数据可以看出，可燃液体储罐热呼出量与储罐容积和液体闪点相关。当列表中无所需计算的罐容时，可以按内插法计算储罐热呼出量^[5]。此种方法计算简单、取值保守。

2.2 API2000-2014 计算法

可燃液体常压储罐热呼出量还可以通过规范API2000-2014中的计算公式计算出热呼出量，具体计算公式如下：

$$V_{ot} = Y \cdot V_{tk}^{0.9} \cdot R_i \quad (1)$$

式中： V_{ot} —为热呼出量， m^3/h ； Y —纬度系数，详见API2000表1； V_{tk} —为储罐容积， m^3 ； R_i —为保温衰减系数（当储罐无保温时， $R_i=1$ ；当储罐部分保温时， $R_i=R_{in}$ ）。

$$R_{in} = \frac{1}{1 + \frac{h * l_{in}}{\lambda_{in}}} \quad (2)$$

式中： h —为储罐内部传热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ； l_{in} —为储罐保温厚度， m ； λ_{in} —为储罐保温的导热性， $W/(m^2 \cdot K)$ 。

表1 纬度系数 Y

纬度	纬度系数 Y
< 42°	0.32
42° ~ 58°	0.25
> 58°	0.2

3 工程案例分析与比较

以湛江石化某项目原料产品罐组10种可燃液体物料为例，储罐均采用氮气密封保护，设计压力均为-0.49/3kPa。由于储罐尾气排放量包含进罐液体导致的呼出量和环境升温导致的热呼出量，因此，通过采用SH/T3007-2014和API2000-2014两种计算法分别计算出储罐热呼出量，即可获得两种计算方法下储罐尾气排放量的排放值，如表2所示。此外，通过表2中的数据还分析了罐容、保温方式、罐型对储罐热呼出量的影响，分别对可燃液体物料1、2、4保温固定顶储罐热呼出量和可燃液体物料7、9、10、12不保温内浮顶储罐热呼出量进行了比较，见图3和图4。

表2 热呼出量计算表

序号	储罐物料	容积 m^3	罐型	闪点°C	保温厚度 mm	进罐流量 m^3/h	纬度系数 Y	保温衰减系数 R_i	热呼出量 m^3/h (SH/T3007)	热呼出量 m^3/h (API2000)
1	烧火油	300	固定顶	> 60	80	19.13	0.32	0.114	30.4	6
2	工业萘	500	固定顶	80	80	4.9	0.32	0.114	50.7	10
3	焦油	500	固定顶	80	80	95	0.32	0.114	50.7	10
4	焦油	1000	固定顶	80	80	95	0.32	0.114	101	18
5	柴油	500	固定顶	> 60	/	2.87	0.32	1	50.7	86
6	混四甲苯	300	内浮顶	> 60	/	51.1	0.32	1	30.4	54
7	混合甲苯	300	内浮顶	< 28	/	4.77	0.32	1	50.4	54
8	DCPD	500	内浮顶	< 28	80	52.13	0.32	0.114	84.5	10
9	混二甲苯	500	内浮顶	< 28	/	53.35	0.32	1	84.5	86
10	裂解 C9	1000	内浮顶	< 28	/	170	0.32	1	169	160
11	混三甲苯	1000	内浮顶	< 28	/	87	0.32	1	169	160
12	混三甲苯	2000	内浮顶	< 28	/	87	0.32	1	338	229

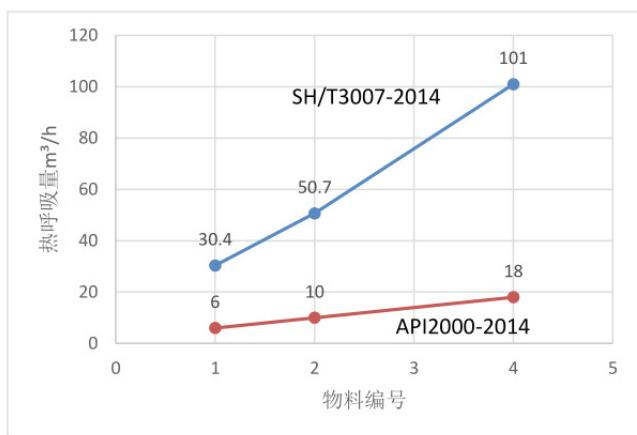


图 3 可燃液体常压保温储罐的热呼出量

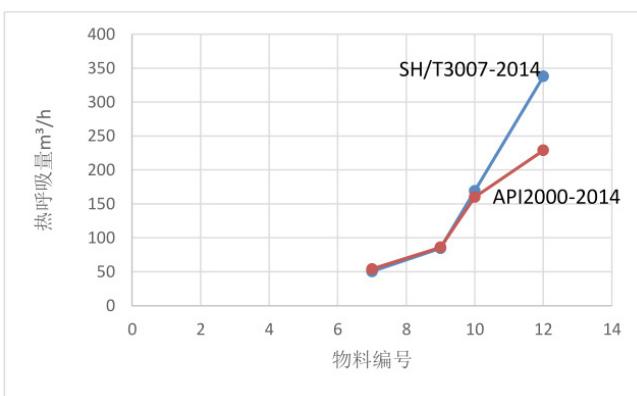


图 4 可燃液体常压不保温储罐的热呼出量

3.1 SH/T3007-2014 和 API2000-2014 计算法比较

由图 3 知, 可燃液体物料 1、2、4 储罐在保温情况下, SH/T3007-2014 计算出的热呼出量明显高于 API2000-2014。而由图 4 知, 可燃液体物料 7、9、10、12 储罐在不保温情况下, 当罐容小于等于 500m^3 时, 两种计算方法所得热呼出量几乎相同; 当罐容大于 500m^3 时, SH/T3007-2014 计算法明显高于 API2000-2014 计算出的热呼吸量。说明针对 500m^3 立以上的可燃液体常压储罐的热呼出量计算, SH/T3007-2014 计算值要比 API2000-2014 更加保守。

3.2 罐容对热呼吸量的影响

由图 3 可知, 可燃液体物料 1、2、4 储罐容积分别为 300m^3 、 500m^3 、 1000m^3 , 闪点均大于 60°C , 储罐保温, 两种计算法所得热呼吸量均随容积增大而增加。其中, 根据 SH/T3007-2014 计算所得热呼吸量随罐容增大而增加更为显著; 由图 4 可知, 可燃液体物料 7、9、10、12 储罐容积分别为 300m^3 、 500m^3 、 1000m^3 、 2000m^3 , 闪点均小于 28°C , 储罐不保温, 罐容大于 500m^3 时, 两种计算法所得热呼出量也均随容积增大而增加, 根据 SH/T3007-2014 计算所得热呼

吸量随罐容增大而增加更为明显。

3.3 保温对热呼出量的影响

由表 2 可知, 物料 2 和 5 对应的不保温储罐热呼吸量分别是 $10\text{m}^3/\text{h}$ 和 $86\text{m}^3/\text{h}$, 而物料 8 和 9 对应的保温储罐热呼吸量同样分别是 $10\text{m}^3/\text{h}$ 和 $86\text{m}^3/\text{h}$, 可知, 在闪点、容积、罐型相同情况下, 保温和不保温 SH/T3007-2014 计算所得热呼出量相同。API2000-2014 计算法中热呼吸量与纬度系数、罐容、保温相关, 而 SH/T3007-2014 计算法仅与罐容和闪点相关, 因此, 计算结果出现较大偏差。

3.4 罐型对热呼出量的影响

由表 2 可知, 按照 SH/T3007-2014 计算, 物料 2 和 8 对应的保温储罐热呼吸量分别为 $50.7\text{m}^3/\text{h}$ 和 $84.5\text{m}^3/\text{h}$, 而按照 API2000-2014 计算均为 $10\text{m}^3/\text{h}$ 。物料 5 和 9 对应的不保温储罐热呼吸量分别为 $50.7\text{m}^3/\text{h}$ 和 $84.5\text{m}^3/\text{h}$, 而按照 API2000-2014 计算均为 $86\text{m}^3/\text{h}$ 。说明 SH/T3007-2014 计算法所得热呼吸量与罐型相关, API2000-2014 计算法所得热呼吸量与罐型无关。

4 结论

通过以上计算分析可以得到如下结论:

①由于 SH/T3007-2014 和 API2000-2014 计算法中热呼吸量关联的因素不完全相同, 前者与罐容和闪点相关, 后者纬度、罐容、保温相关, 两种方法计算结果存在较大偏差, 为确保尾气处理设施能满足储罐尾气处理的需求, 热呼吸量计算建议取两种计算结果中的较大值。

②对于 500m^3 以上的储罐, 特别是闪点较低的可燃液体储罐, 建议增加保温措施, 以减少尾气排放。

参考文献:

- [1] SH/T3007-2014. 石油化工储运系统罐区设计规范 [s]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2014.
- [2] 中国石化安技【2018】33号文. 石油化工企业储罐区罐顶油气连通安全技术要求 [s]. 北京: 中国石油化工集团公司, 2018.
- [3] API2000-2014. Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks [s]. Washington, DC: American Petroleum Institute, 2014.
- [4] 李玉祯, 王梓键. 有机液体罐区 VOCs 排放计算及治理措施研究 [J]. 山东化工, 2024, 21(13): 269-273.
- [5] 杜焕宗, 朱德汉. 煤化工企业储运系统 VOCs 治理分析研究 [J]. 煤化工, 2023, 51(6): 81-84, 88.

作者简介:

喻长连 (1986-) , 男, 汉族, 湖北荆州人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 石油化工行业储运设计。