第 11 卷 第 12 期 2011 年 4 月
1671—1815(2011)12-2870-04

科 学 技 术 与 工 程
Science Technology and Engineering

Vol. 11 No. 12 Apr. 2011
ⓒ 2011 Sci. Tech. Engng.

环境科学

储油库油气挥发过程分析及计算

张秀青[1] 王旭东[2] 张令戈[1] 孙 娜[1] 曲丹丹[1]

(大连市环境科学设计研究院[1],大连 116023; 中国天然气股份有限公司大连分公司[2],大连 116000)

摘 要 储油库储存、运输及销售过程油气的挥发不仅浪费能源,而且造成环境污染,影响人体健康。因此,进行油气控制是节能、环保、安全的综合体现。就储油库的油气挥发过程进行了分析,对国内外储油库油气计算方法进行了介绍和对比,并对某千万吨级炼油厂储油库进行了油气挥发核算及经济效益估算。

关键词 储油库 油气损耗 计算方法

中图法分类号 X511; **文献标志码** A

随着经济快速发展,工业化和城镇化进程加快,人们对主要用于工业生产、化工原料以及交通工具燃料的石油化工产品的需求也越来越高,导致储油库的数量大幅增加。储油库储存及销售的原油和汽油等轻质油品中含有大量的轻烃组分,具有很强的挥发性,因此不可避免地会有一部分液态烃组分汽化,以油气的形式进入大气环境,不仅浪费能源,而且造成环境污染,影响人体健康[1—3]。因此,进行油气控制室节能、环保、安全的综合体现。因此对储油库的油气挥发量过程进行分析,选取正确的方法进行计算十分必要。

1 储油库油气挥发过程分析

一般情况下,油库油气挥发过程主要可分为三个阶段,即卸油、油库储油和收、发油阶段。虽每一个阶段中都有油气的排放,但排放的量有一定的区别,通常情况下,把储油阶段的油气挥发称为小呼吸,把收、发油阶段的油气挥发统称为大呼吸[4,5]。详细排放过程见图 1。

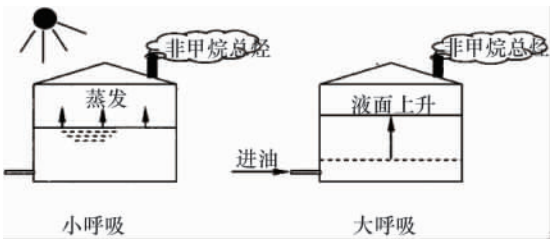


图 1 储罐大小呼吸示意图

2 油气挥发计算方法的选取

对于储罐大、小呼吸挥发的主要污染物烃类(NMHC)的排放量计算,国内外已展开了许多研究工作,主要计算公式有美国国家环保局(EPA)推荐的经验公式、美国石油学会(API)的经验公式和我国原中石化(CPCC)系统编制的相应经验计算公式。

2.1 EPA 推荐经验公式[6]

1) 拱顶罐损耗计算公式

$$L_T = L_S + L_W \tag{1}$$

式(1)中 L_T 为总损耗量,1b/a; L_S 为静置储存损失,1b/a; L_W 为工作损失,1b/a。

2) 浮顶罐损耗计算公式

$$L_T = L_R + L_{WD} + L_F + L_D \tag{2}$$

2010 年 12 月 27 日收到

第一作者简介:张秀青(1974—),女,河北石家庄人,工程师,研究方向:环境科学。E-mail: zhangxq1111@126.com。

式中 L_T 为总损耗量，1b/a；L_R 为板层边缘密封损失，1b/a；L_{WD} 为抽取损失，1b/a；L_F 为板层附属配件损失，1b/a；L_D 为板层接缝损失（仅适用于内浮顶），1b/a。

2.2 API 经验公式[7]

2.2.1 拱顶罐小呼吸损耗计算公式

$$L = 0.024\ K_1 K_2 \left(\frac{P_y}{P_a - P_y}\right)^{0.68} D^{1.73}\ H^{0.51}\ \Delta T^{0.5}\ F_p C \tag{3}$$

式（3）中 L 为拱顶罐的年小呼吸损耗量，m^3/a；K_1 为单位换算系数；K_2 为油品系数；P_a 为当地大气压，mmHg；P_y 为油品本体温度下的真实蒸气压，mmHg；D 为储罐直径，m；H 为储罐内气相空间的高度，包括罐顶部分的相当高度，m；$\triangle T$ 为每日大气温度变化的年平均值，℃；F_p 为涂层因子或涂料系数；C 为小罐修正系数。

2.2.2 拱顶罐大呼吸损耗计算公式

$$F = \frac{5.8\ p\ V}{10^6} K_T \tag{4}$$

式（4）中 F 为常压时拱顶罐的年大呼吸损耗量，m3/a；P 为散装温度下油品的真实蒸气压，mmHg；V 为油品年泵送入罐体积，m^3/a；K_T 为周转因子或周转系数。

2.2.3 浮顶罐小呼吸损耗计算公式

$$L_y = 1.665 K_f \left(\frac{P_y}{P_a - P_y}\right)^{0.68} D^{1.5}\ V_W\ K_S\ F_C\ F_P \tag{5}$$

式（5）中 L_y 为浮顶罐的年小呼吸损耗量，m^3/a；K_f 为罐型系数；P_a 为当地大气压，mmHg；P_y 为油品本体温度下的真实蒸气压；D 为储罐直径，m；V_w 为平均风速，m/s；K_s 为密封系数，1 ~ 1.33；K_c 为油品系数（汽油取 1.0，原油取 0.75）；K_p 为涂层因子或涂料系数。

2.2.4 浮顶罐大呼吸损耗计算公式

$$W = 1.37 \times 10^{-4}\ V/D \tag{6}$$

式（6）中 W 为浮顶罐发油损耗量，m^3/a；V 为油品年泵送入罐体积，m^3/a；1.37×10^{-4} 为系数，m^{-1}；D 为储罐直径，m。

2.3 CPCC 公式[8]

2.3.1 拱顶罐小呼吸计算公式

$$L_{DS} = 12.751 \times 10^{-3}\ K_E \left(\frac{P_y}{P_a - P_y}\right)^{0.68} \rho D^{1.73}\ H^{0.51} \times \Delta T^{0.5}\ K_p\ C \tag{7}$$

式（7）中 L_{DS} 为拱顶罐的年小呼吸损耗量，kg/a；ρ 为储存油品的平均密度，t/m^3；K_E 为油品系数，汽油取 24，原油取 14；P_a 为当地大气压，mmHg；P_y 为油品本体温度下的真实蒸气压；D 为储罐直径，m；H 为储罐内气相空间的高度，包括罐顶部分的相当高度，m；$\triangle T$ 为每日大气温度变化的年平均值，℃；K_p 为涂层因子或涂料系数；C 为小罐修正系数。

2.3.2 拱顶罐大呼吸计算公式

$$L_{DW} = 4.35 \times 10^{-5}\ P \rho\ V\ K_T\ K_E \tag{8}$$

式（8）中 L_{DW} 为拱顶罐的年大呼吸损耗量，kg/a；P 为储罐内平均温度下油品真实蒸气压，Pa；ρ 为储存油品的平均密度，t/m^3；V 为油品年泵送入罐体积，m^3/a；K_T 为周转系数；K_E 为油品系数，（汽油取 1.0，原油取 0.75）。

2.3.3 浮顶罐小呼吸损耗计算公式

$$L_{FS} = K\ V^n\ P_r\ D\ M_V\ K_S\ K_C\ E_F \tag{9}$$

式（9）中 L_{FS} 为浮顶罐的年小呼吸损耗量，kg/a；ρ 为储存油品的平均密度，t/m^3；K 为系数，外浮顶取 3.1，内浮顶取 2.05；V 为罐外平均风速，m/s；n 为与密封有关的风速指数；D 为储罐直径，m；M_V 为油品蒸发的平均分子量，kg/mol；K_S 为密封系数；K_C 为油品系数，（原油取 0.4，其它所有石油液体取 1.0）E_F 为二次密封系数，（单层取 1，二次密封取 0.25）；P_r 为蒸气压函数，P_a 为当地大气压，Pa；P_y 为油品本体温度下的真实蒸气压，Pa；

2.3.4 浮顶罐大呼吸损耗计算公式

$$L_{FW} = \frac{4\ V \rho\ C}{D} \tag{10}$$

式（10）中 L_{FW} 为浮顶罐的年大呼吸损耗量，kg/a；D 为储罐直径，m；V 为油品年泵送入罐体积，m^3/a；ρ 为储存油品的平均密度，t/m^3；C 为罐壁粘附系数，$m^3/1\ 000\ m^2$，详见表 1。

由以上公式可以看出，EPA 公式的主要影响因素为储罐形式、储罐规格和油品种类，API 公式的主

要影响因素有液体的真实蒸气压、储罐的温度变化，储罐的留空高度、规格、收发作业周期及安排、储罐状况等，CPCC 公式的影响因素与 API 公式大致相同。由于工艺水平和气象条件等因素的差异，EPA 推荐的方法在美国以外地区直接应用的估算结果精度较差。考虑到我国国情和储油库储存的实际情况，建议采用 CPCC 公式计算储罐油气损耗。

表 1 罐壁粘附系数列表

油品	罐壁情况		
	轻度铁锈	严重铁锈	喷涂内衬
汽油	0.002 6	0.013	0.26
原油	0.01	0.05	1.03

3 实例计算

以我国东北某年处理规模 1 000 万吨的炼油厂为例，采集其储油库存储数据，对油气挥发量进行了计算。该厂储罐罐型因储存油品不同分别为拱顶罐 23 座、外浮顶罐 8 座和内浮顶储罐 45 座，油品年周转量为 2 744 万吨。采用 CPCC 公式计算该储油库油气损耗，因篇幅所限，取一个拱顶罐和一个外浮顶储罐计算过程举例，详见表 2—表 5 所示。

表 2 拱顶罐小呼吸计算

物质名称	罐型	容积/m^3	ρ/(t·m^{-3})	K_E	Pa/mmHg	Py/mmHg	H/m
燃料油	拱顶	20 000	0.85	14	760	5.25	8

D/m	P	$\triangle T$/℃	Kp	C	L_{DS}/(t·a^{-1})	备注
38.04	0.034	10	1.39	1	0.036	公式(7)

表 3 拱顶罐大呼吸计算

物质名称	罐型	容积/m^3	P/Pa	V/(m^3·a^{-1})	ρ/(t·m^{-3})
燃料油	拱顶	20 000	500	417 647.06	0.85

N	K_T	K_E	周转量/(t·a^{-1})	L_{DW}/(t·a)	备注
20.9	1	0.75	355 000	5.791	公式(8)

表 4 外浮顶罐小呼吸计算

物质名称	罐型	容积/m^3	K	V/(m·s^{-1})	n	D/m	M_V/(kg·mol^{-1})	Ks
原油	外浮顶	100 000	3.1	4	1.7	80	0.07	1

K_C	E_F	Py	Pa	P_0	P_1	P_r	L_{FS}/(t·a^{-1})	备注
1	1	70 000	101 325	0.6	2.4	0.3	0.05	公式(9)

表 5 外浮顶罐大呼吸计算

物质名称	罐型	容积/m^3	V/(m^3·a^{-1})	ρ/(t·m^{-3})
原油	外浮顶	100 000	2 179 320	0.844 3

C/(m^3·1 000 m^{-2})	D/m	周转量/(t·a^{-1})	L_{FW}/(t·a^{-1})	备注
1.03	80	1 840 000	94.760	公式(10)

汇总该厂全部储罐计算结果，表明该厂储油库油气损耗为 4 200 吨/年，折合经济损失约 2 940 万元/年。

4 结语

当前，石油资源匮乏、石油价格猛涨，给我国经济带来很大压力。石油在储油库储存过程中，挥发的油气不仅带来极大的经济损失，而且对居民健康会造成重大危害，油气中烃类等物质还会对大气环境造成光化学烟雾、含氧烃类污染地下土壤与水源等环境问题。因此对储油库的油气挥发量过程进行分析，选取正确的方法进行计算是进行油气治理的必要前提。

参 考 文 献

1 Fingas M F. Studies on the evaporation of crude oil and petroleum products: I. the relationship between evaporation rate and time. Joural of Hazardous Materials, 1997; 56(3): 227—236

2 张 伟. 推动油气回收事业促进能源与环境的和谐统一. 节能与环保, 2002; 5: 32—35

3 API Bulletin2513. Evaporation loss in the petroleum industry-causes and control. USA: API, 1973(Reaffirmed).

4 李　瑾. 液体储罐无组织排放估算方法. 石油化工环境保护, 2003; 26(4): 51—53

5 李志民. 油品储存损耗的分析和建议. 工业计量, 2001; 10(1): 75—77

6 Fingas M F. Studies on the evaporation of crude oil and petroleum products: I. the relationship between evaporation rate and time. Joural of Hazardous Materials, 1997; 56(3): 227—236

7 李征西, 徐思文. 油品储运设计手册. 北京: 石油工业出版社, 1997; 348—350

8 国家石油和化学工业局. 石油库节能设计导则(SH/T3002—2000) 北京: 国家石油和化学工业局, 2000

The Analysis and Calculation of Oil Volatilizes Process in Oil Depot

ZHANG Xiu-qing[1], WANG Xu-dong[2], ZHANG Ling-ge[1], SUN Na[1], QU Dan-dan[1]

(Dalian Municipal Design and Research Institute of Environmental Science[1], Dalian 116023, P. R. China;
CNPC Dalian Petrochemical Company[2], Dalian 116000, PR. China)

[Abstract] The volatile oil gas during storage, transportation and sales process has not only brought serious waste of energy, but also environmental pollution and health damage. Therefore, oil control is the comprehensive to save energy, environmental protection and security. The volatile process of stripes has been analysed, the calculation methods of volatile oil gas at home and abroad are introduced and compared. And the volatile oil gas accounting and economic efficiency estimation for a 10 million-ton oil refinery has ben done.

[Key words] oil depot　　oil and gas loss　　calculation method