文章编号: 1006-5539(2004)03-0032-04

储油罐小呼吸损耗机理研究

康 勇

(西安石油大学, 陕西 西安 710065)

摘 要: 造成油罐小呼吸损耗原因是多方面的, 除与油品的挥发性强弱有关外, 还与油罐所处的环境、油罐的储油状态、油罐的几何形状、油罐的保温措施、油罐的结构、热辐射方向和传热路线等多种影响因素有很大关系。文章从小呼吸损耗量的计算方法入手, 通过对主要各物理量作用的详细分析, 提出其对小呼吸损耗量所起的不同作用、主次地位及变化规律。这对进一步认识油品小呼吸损耗发生机理, 从而对于指导储油罐的设计, 减少油品损耗及提高油品储运过程的生产管理水平是非常有益的。

关键词: 储油罐; 小呼吸; 油品损耗; 呼吸阀; 呼吸损耗

中图分类号: TE972 文献标识码: A

在油品的储运过程中, 由于其自身的自然挥发性而造成的各种损耗是十分严重的, 而其中一半以上是属于油罐的小呼吸损耗。虽然我们现在还不能完全消除油罐小呼吸作用而带来的油品自然蒸发损耗, 但我们可以通过研究和分析造成这种损耗各具体细节的全过程, 找出一些行之有效的减少方法并有针对地采用一定的措施, 最大限度地减少或限制这种损耗。下面通过对储油罐小呼吸发生的机理研究, 对其影响的各种因素进行详细地分析。

一般油品所采用的储存方式, 除了一些高挥发性化工产品和液化石油气储存于可承受较高压力的容器外, 大多数都属于常压储存。目前约 80%的油罐类型属于固定顶式的全密闭型金属储罐。当罐内混合气压力达到或超过油罐安全装置的控制压力时(这个压力的大小可由储罐的设计压力来确定), 混合气体则在罐内外压差的作用下排入大气或吸入空气。这一过程可以由安装在罐体上的安全阀或呼吸阀及真空阀自动完成。其主要作用是当气体压力增加至油罐呼吸阀极限时, 泄压阀就自动打开放出气体, 防止油罐因超压而损坏; 相应地在当气体压力低于外界大气压时, 油罐的真空阀也要打开使空气吸入罐内, 防止油罐因在负压状态下而被压瘪。这种通过呼吸阀进行的气体排出和空气的吸入过程称之为储油罐的小呼吸损耗。实践证明可减少油品蒸发

的储气量增加, 同样, 在 23:00 时刻, 用气陡降, 使得 7:00 ~ 23:00 时间段内需要管道补充用气量增加。由于管道储气量与补充用气量的增加, 故管道的调峰能力增加。

从以上 4 种组合可看出, 在进行动态计算分析时, 边界条件的正确设置对调峰计算起着重要作用。

4 结束语

采用 LNG 作为气源的输配气管道来解决用气不均匀的调峰, 可通过气源与管道储气能力的优化组合较气田恒量供气解决用气调峰更具有经济性。掌握、分析、确定最大小时用气流量的时间段及用气性质则是系统设计的关键。终端站(气化站)和首站的设计能力取决于小时流量的供气量的不同比例, 也是影响系统投资的主要部分。

参考文献:

[1] 中油天然气管道工程有限公司. 广东 LNG 战线项目工程[Z]. 廊坊: 中油天然气管道工程有限公司, 2003.

收稿日期: 2004-03-02; 修回日期: 2004-03-15

作者简介: 康 勇(1957-), 男, 山西柳林人, 高级工程师, 研究生, 主要从事石油天然气储运教学与科研工作。电话: (029)88383966

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

损失约 8%左右,从图 1 中就可以看出有无呼吸阀对油品的蒸发损耗的影响是很明显的。

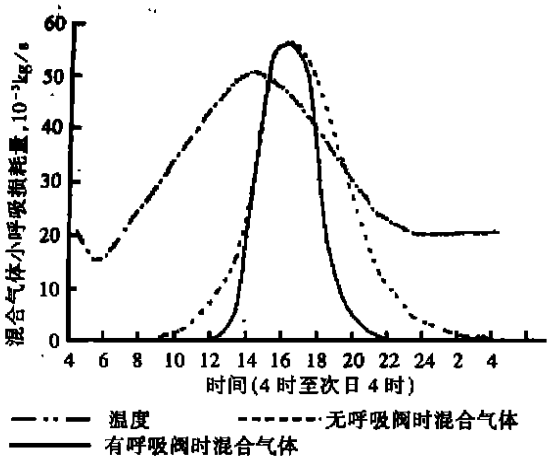

图 1　混合气体小呼吸损耗量与温度、时间的关系

由此可得到小呼吸损耗量:

$$M_x = \int m_x(T)dT \tag{1}$$

实际上要计算出真实损耗量是非常不容易的。因为它不仅是一个时间的函数(见图 1),而且还和许多参数和变化有关[1]。因为大多数各种油品的储罐都是在外界环境中使用,受到外界环境的影响很大。就环境温度变化的影响而言,如一年四季气侯的变化,每日早晚的温度变化,晴天与阴雨天温度的变化,气体空间温度分布不均的影响等,这些因素都会导致储罐内液态介质及存在于液态之上的气态介质的温度、体积及压力等参数发生相应的变化,这些参数也是时间的函数。除了这些主要原因外,油品本身性质及所含成分、油罐的储油状态、油罐的几何形状、油罐的保温措施、罐体的材质、油罐的结构、进油温度、储油量的多少、太阳的辐射方向和传热路线等多种因素也会影响油品的损耗程度。

我们定义在一个计时周期内,即 1 天 24 h 内作为一个计算单位损耗量 M_x。分析油罐在初始状态Ⅰ(空气停止吸入时)及温度变化后的测定状态Ⅱ的主要影响因素,M_x 变化可用(2)式表示:

$$M_x = f\left(\begin{array}{l} A,\ N,\ F,\ R_m,\ t(T_0,\ T_q,\ T_y,\ T_h,\ T_{qy}), \\ p(P_a, P_0, P_{qf}, P_q, P_h, P_z, P_{ya}, P_{qz}), \\ C_y(h,\ T,\ H_h,\ m_x),\ k(Z,\ R,\ \rho_q,\ \rho_y, \\ C_q,\ C_y,\ U_k,\ U_q),\ q(n,\ \lambda_1,\ \lambda_2,\ S), \\ v(V_g,\ V_q,\ V_y,\ E) \end{array}\right) \tag{2}$$

式中函数关系组所代表的意义:

$t(T_0,\ T_q,\ T_y,\ T_h,\ T_{qy})$——罐内温度的变化特性因素;

$p(P_a,\ P_0,\ P_{qf},\ P_q,\ P_h,\ P_z,\ P_{ya},\ P_{qz})$——罐内压力变化特性因素;

$C_y(h,\ T,\ H_h,\ m_x)$——油品计算模型变化特性因素;

$k(Z,\ R,\ \rho_q,\ \rho_y,\ C_q,\ C_y,\ U_k,\ U_q)$——油品的气相及液相特性因素;

$q(n,\ \lambda_1,\ \lambda_2,\ S)$——热传导变化特性因素;

$v(V_g,\ V_q,\ V_y,\ E)$——油品气相及液相体积变化因素。

油品物性及有关油品状态各计算参数的意义:

F——油罐的环境因素;

A——油罐的几何形状因素;

h——油罐内气体空间某点的高度,m;

H_h——油罐内液面高度,m;

m_x——泄压阀泄放量,kg/s;

N——一个呼吸过程的周期,s;

T——在计算小呼吸损耗的某一时刻;

T_{qy}——气液两相的平均温度,K;

T_h——油罐外界环境温度,K;

T_0——油罐刚完成充装后的平均温度,K;

T_q——气相油品温度,K;

T_y——液相油品温度,K;

P_a——大气压,kPa;

P_h——油罐内气体空间某点的静压,kPa;

P_0——油罐刚完成充装后气相压力,kPa;

P_q——气相油品压力,kPa;

P_{ya}——泄压阀的设定压力,kPa;

P_z——真空阀的设定压力,kPa;

P_{qf}——气相油品的分压力,kPa;

P_{qz}——气相油品的蒸汽压,kPa;

V_g——油罐体积,m^3;

V_q——气相油品体积,m^3;

V_y——液相油品体积,m^3;

Z——气相油品压缩因子;

R——气相油品气体常数,kJ/(kmol·K);

R_m——通用气体常数,R_m=8.314 3kJ/(kmol·K);

U_k——空气的摩尔质量,kg/kmol;

U_q——气相油品的摩尔质量,kg/kmol;

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

C_q——气相油品热容, J/(kg·K);

C_y——液相油品热容, J/(kg·K);

S——油罐导热形状因子;

λ_1——罐体导热系数, J/(m·K);

λ_2——保温层导热系数, J/(m·K);

n——保温层厚度, m;

E——罐体金属弹性模数;

ρ_q——气相油品密度, kg/m^3;

ρ_y——液相油品密度, kg/m^3。

1 计算方法的基本简化因素

如前所述, 由于影响油品蒸发损耗量的因素比较多, 如果把所有的因素都考虑在内, 这样问题将变得十分复杂, 从实际应用的角度上讲目前还无法办到。所以迄今还没一个公认的能很好的计算油品损耗的通用公式, 这些计算公式主要通过两个方法获得: 一个通过理论的推导而得, 主要是利用理想气体的状态克拉伯龙公式推导出来的; 再一个将理论分析与经验数据相结合而得, 或者有的则完全根据实测数据整理而得的经验公式。其中瓦廖夫斯基—契尔尼金公式目前相对还比较认可[2], 认为该公式计算参数确定比较方便, 而且误差也不太大。虽然产生误差的原因是多方面的, 但主要有两个方面: 一个是公式本身在理论推导的假设条件的不相容性; 再一个是物性参数的真实性和理论推论性的矛盾。因为这个理论计算公式, 不可能把所涉及的各种影响因素都归溶于一个相对独立的体系之中, 但重要的是我们要对每个相互关联又相对独立的参数的变化规律的特点及对整体变化而产生的作用通过一个全面的分析而得到充分地认识, 从而为今后利用这些规律对现有理论计算方法进一步地深入研究和分析, 发现出更好的应用计算方法。下面结合瓦廖夫斯基—契尔尼金公式, 分析相关计算油品损耗和各种参数的确定方法。

瓦廖夫斯基—契尔尼金公式的建立是一种理想气体状态为理论基础的以三个基本假设为条件而得出的。首先它把所研究的对象视为一个独立体, 即不考虑外界的干扰因素, 但实际上其储罐内部并非是一个绝热体, 外界变化要对其内部产生一定的影响, 为了简化变量参数, 而把这种影响忽略; 第二是由于把介质蒸汽与空气的混合气体的混合气在工作条件下视为理想气体, 即其各参数和关系变化符合气体状态方程和道尔顿定律。但实际上这种混合气应为真实气体, 因为各参数之间的变化并不是一个线性关系, 比如在计算参数的变化时应考虑气体的压缩因数; 第三由于假定了混合气体的分布是均匀的, 即在空间任何点处的压力、温度及浓度都一致, 而且其浓度还达到了饱和状态。但实际上由于混合气体由初始状态到结束状态的过程中, 气态介质各成分的分压与比容变化是一个非线性过程; 而且各点的分布也不是均匀的。比如对气体的浓度分布而言, 一般来说愈靠近液面浓度愈大, 甚至接近或达到饱和状态。而各种参数的均一性与所储存的油品的性质、储存时间, 空间结构、边界条件等多种因素有关。综上所述, 由于基本模型确定的因素的不确定性, 所以就必然带来计算的误差。

为了得到实用的计算公式, 除了假设混合气体满足以上作为理想气体的三个条件外, 还作了更进一步的假设, 如忽略的储存油品的容器对计算结果的影响, 不考虑传热产生的误差; 将液相油品视为一个物性均质体, 并将其产生的影响忽略。由此可得:

$$M_x = f(A, R_m, U_q, t(T_q, T_{qy}), p(P_a, P_0, P_{qf}, P_z, P_{qz}), v(V_q)) \quad (3)$$

2 实际计算参数的确定

在实际的物性参数的测量时, 确定 P_{qf} 是非常困难的。因为罐内气体空间温度分布 T_q 并不是均匀的, 而且受到外界环境的影响, 是一个时间的函数[3]。气体空间的最低温度和最高温度可以通过传热学的理论方法求得, 一般来说, 温度的计算过程不但相当复杂, 而且也没有多少实际意义。因为求得的空间某点温度数值并不能代表气体空间温度, 或用于计算呼出气体的温度。为了便于实际计算, 可将罐内气体空间温度分布 T_{qf} 视为匀一的, 即混合气体浓度分布也是均匀的。同时将油品饱和蒸汽分压 P_{qf} 也为相应温度下的饱和蒸汽压 P_{qz}。由此就产生了一定的误差。因为不但有以上的假定性, 而且还有气体温度的滞后性所带来的误差, 这是因为温度与饱和蒸汽压存在的不对应性而造成的。

通常所说的蒸汽压均为平衡体系, 即气液两相温度相同情况下的饱和蒸汽压。然而, 油罐内气液两相的温度经常是不同的, 当油面温度低于气体空间温度时, 可能从液相进入气相的油分子数量主要受油面温度的制约; 当气体空间温度低于油面温度时, 已汽化的油气分子能否继续全部保留气相状态,

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

主要取决于气体空间温度。由于状态Ⅰ时气体空间温度低于液体表面温度,状态Ⅱ时液体温度低于气体空间温度,故任意时刻的油品蒸汽压都取决于油面温度和气体空间温度中的较低值。假设在一个呼吸周期结束后,由于这时的油品损耗量相对液体的体积影响很小,即液体的体积 V_q 可认为是一个常数。

通过以上进一步的简化,若求得油品的损耗量,就只需考虑以下函数关系:

$$M_x = f(A, R_m, U_q, V_q, t(T_q), p(P_a, P_z, P_{qz})) \tag{4}$$

故计算有呼吸阀的小呼吸损耗的计算公式为:

$$M_x = \left[\left(\frac{P_a - P_z - P_{qz1}}{T_{q1}}\right) - \left(\frac{P_a + P_{ya} - P_{qz2}}{T_{q2}}\right) \right] \cdot V_q \frac{P_q}{P_{12} - P_q} \frac{U_q}{R_m} \tag{5}$$

式中

$$P_{12} = P_a + \frac{P_z + P_{ya}}{2}$$

$$P_q = \frac{P_{qz1} + P_{qz2}}{2}$$

T_{q1}——状态Ⅰ的气相温度,K;

T_{q2}——状态Ⅱ的气相温度,K;

P_{qz1}——状态Ⅰ气相油品的蒸汽压,kPa;

P_{qz2}——状态Ⅱ气相油品的蒸汽压,kPa;

P_{12}——由状态Ⅰ到状态Ⅱ气相油品的平均压力,kPa;

P_q——呼出气相油品的平均蒸汽压,kPa。

3　各种物理量的不确定性

由于罐内气体温度的变化及分布规律复杂性,储存介质在这个复杂的温度变化中的蒸发数学模型在理论上还没有完全解决,就目前普遍使用及用于分析这种变化规律的办法,一些是通过理论分析推导得出,一些是利用实验或实测的数据整理而成的经验所得,在实际应用中受到许多限制和不便,甚至无法实际应用。所得的计算结果与实际数据还有一定的误差。这主要由以下几个方面因素造成:

罐内介质始终受到外界环境的影响,理论上讲无法达保持平衡状态,同时气液两相的密度分布也不是均匀的。通过实测,愈靠近液面的气相密度愈接近液相密度,同时再加上几个方面的因素:由于外界环境温度对罐内温度的滞后性;罐体受热的不均匀性;罐体热阻的不均匀性;气相和液相导热的不同,罐内压力增加的影响等,这些因素都会造成平衡状态的不稳定性,即是一个非平衡状态。实际上,罐内介质是一个气液两相并存的热力平衡系统,气相的密度和液相的密度不同,所以整个系统不是均匀的。如果储罐加上了保温层,提高了储罐的热阻值,从而使得环境温度的变化对储罐本身温度的影响大大地降低了,也就降低了储罐对外界温度变化的敏感性。如果保温效果好的话,可以认为罐内介质的温度就是罐壁温度,两者的温差可以近似忽略。而对无保温层的储罐,如轻质油罐一般不加保温层,罐的内壁直接与储存介质相接触,其温度主要受到储存介质的影响,而罐的壁外与外界环境相接触,其温度又主要受到外界环境温度的影响,所以从罐外就很难获得罐内介质的实际温度,这就增加了分析计算环境温度对储罐影响的难度。

参考文献:

[1]　黄维秋,高锡棋,卢显文,等. 小型锥顶汽油罐蒸发损耗的实验测定[J]. 江苏石油化工学院学报,1997,9(3):1-6.

[2]　郭光臣. 炼油厂油品储运[M]. 北京:中国石化出版社,1999. 300-315.

[3]　蔡春知. 油气储运工艺[M]. 北京:石油工业出版社,1994. 168-188.

西气东输管道工程全线贯通

2004 年 8 月 3 日上午 10 时 30 分左右,西气东输甘肃玉门段施工现场,西气东输管道最后一道焊口焊接完成,至此国家西部大开发的标志性工程,全长约 4 000 km,共 35 万多道焊口的西气东输管道工程全线贯通,整体工程年内有望全线投产。

西气东输工程是我国继长江三峡工程之后的又一项世界级特大工程,该工程输气管线西起新疆塔里木轮南,东至上海白鹤镇,穿越 10 个省、市、自治区,是中国目前距离最长、管径最大、投资最多、输气量最大、施工条件最复杂的天然气管道。该管道直径 1 016 mm,年设计输量 120×10^8 m^3。工程从 2000 年 3 月启动,2002 年 7 月正式开工,历经两年多的艰苦建设,这条连接祖国东西部的经济大动脉终于全线贯通。

中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司　王晓霞

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

NATURAL GAS AND OIL
(QUARTERLY)
Vol. 22 No. 3(Total No. 197)Sept. 2004

SELECTED ABSTRACTS

ABSTRACT: Fire-fighting system is an important part of oil depot and fire-fighting pump station design and its equipments are the key of fire-fighting system design. Summarized are the design principles of fire-fighting water system and foam extinguishing system. Pointed out are the basic demands of fire-fighting pump station design and fire-fighting water pool setting. Analysis is made on setting principles of standby pump at fire-fighting pump station, the rationality of internal combustion engine fire-fighting pump sed and the necessary trend of positive foam proportion mixing techniques for fire-fighting system in oil depot. There is some guide significance for fire-fighting system in oil depot.
KEY WORDS: Oil depot; Fire-fighting system; Design; Equipment

Construction of Natural Gas Transportation Pipeline from Hangzhou to Huzhou

Wang Luobiao(Zhejiang Natural Gas Develpoment Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang, 310009, China) **NGO**, 2004, 22(3): 27~29
ABSTRACT: The natural gas pipeline from Hangzhou to Huzhou is a large branch of "West-to-East Gas Pipeline", and the first long-distance gas pipeline in Zhejiang Provice. The Project started in the late of 2002 and completed near a year later. Summarized are some successful experiences of project construction and put forward are issues to be improved. Some suggestions and considerations are put forward for construction of long-distance and large-diameter gas pipeline in water net areas.
KEY WORDS: Long-distance gas pipeline; Water net area; Project construction

Study on Breather Loss Mechanism of Oil Tank

Kang Yong(Xi' an Oil Univercity, Xi' an, Shanxi, 710065, China) **NGO**, 2004, 22(3): 32~35
ABSTRACT: Except the volatility of oil, there are many reasons, which cause oil losses, such as the environment where the tank is, the state of the tank used, the geometrical shape of the tank, the heat preservation measures of the tank, the tank' s configuration intensity and route of heat transmission etc. Beginning with the calculation methods of breather loss, all factors are analyzed such as temperature, pressure. Put forward are the variety of rules that influence the primary and second status for breather loss. If these reasons are considered, it will be a great help to understand more about the breather loss mechanism and a beneficial guidance for oil tank design and to reduce breather loss and improve the management of oil storage.
KEY WORDS: Oil tank; Breather loss; Configuation; Geometrical shape

OIL & GAS TREATING AND PROCESSING

Analysis on Clinsulf-SDP Process Features and Problems Existing in The Unit

Tan Zhiqiang, Xi Ningkai(PetroChina Southwest Oil and Gas Field Branch Chongqing General Gas Purifiction Plant, Changshou, Chongqing, 410259, China)
Chen Xiaobo(PetroChina Southwest Oil and Gas Field Branch Chongqing General Gas Purifiction Plant Dianjiang Branch, Dianjiang Chongqing, 408323, China) **NGO**, 2004, 22(3): 40~43
ABSTRACT: Clinsulf-SDP sulfur recovery technology is one of the extended advanced CLAUSE technologies at present. Its process is simple and clear. Introduced are the technical process and its features, analyzed are the existing problemes and put forward is the tentative plan for solving these problems.
KEY WORDS: Process feature; Existing problem; Solution plan

Application of the On-line Cleaning System Technique in Cold Machine in Water

Lu Liling(China Qingjiang Petro Chemical Co., Ltd. Huai' an, Jiangsu, 223002, China) **NGO**, 2004, 22(3): 44~45
ABSTRACT: The usage of this kind of on-line cleaning system technique in cold machine in water is introduced in steamer machine condenser of FRCC in the company' s refinery. It reduced consumption and operational expenses and solved technical problems, which effected the operation of the device for long period at the same time. The benefit of economy is very remarkable.
KEY WORDS: On-line cleaning; Cold machine in water; Energy-saving; Long period

COMPUTER & COMMUNICATION

Network Transmission of Reported Information from Dispatching Center

Wang Jianjian(Pipeline Transportation and Storage Branch Co., Xuzhou, Jiangsu, 221008, China)**NGO**, 2004, 22(3): 62~64
ABSTRACT: Adopting the Microsoft Visual FoxPro 6.0 data base language developed is the data management system(the network edition)software of the dispatching center. Its function is relatively complete and operating interfaces are simple and easy to use. With this software, data transmission and integrity of report forms can be carried out faster between the dispatching center and dispatchers of oil transportation offices. It can help dispatchers to manage most data information form the oil transportation dispatching system more conventiently.
KEY WORDS: Dispatch; Data management; Netework transmission

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net