

天然气储罐的安全性分析

彭世尼*

(重庆大学城市建设工程学院)

吕军献

(深圳燃气集团)

彭世尼等. 天然气储罐的安全性分析. 天然气工业, 2001; 21(6): 93~95

摘 要 随着城市燃气的不断发展, 燃气储配设施在城市中不断兴建。在城市的发展过程中, 原有的天然气储气设施在城市中会逐渐处于城市中心的位置, 新建的储气设施在站址的选择上受到安全因素的制约, 而在我国相关的设计或设计防火规范中对燃气体储罐的安全间距没有作出明确的规定, 因此, 对于天然气储罐的安全性进行分析是很有意义的。文章就天然气储罐的燃气爆炸和破裂对周围环境的破坏效应进行了理论分析, 并就储罐单罐容积 5000 m³、储气压力为 0.9 MPa 的储罐与周边建筑的安全距离提出了参考值。

主题词 天然气 储罐 安全 防火 分析

储罐内天然气的爆炸及其影响

天然气泄漏导致的爆炸属于敞开空间的爆炸, 储罐中储存的可燃气体意味着潜在的爆炸能量的存在。通常这一潜在的爆炸能量用 TNT 当量表示, 可以通过下式计算:

$$Q = W\alpha\epsilon_1 H_1 / 1\,000 \quad (1)$$

式中: Q 为 TNT 当量, kg; W 为 TNT 储藏量, kg; α 为气化气体的气化率; H_1 为可燃气体的热值, kcal/kg (1 kcal/kg = 4 186.8 J/kg); ϵ 为爆炸系数; ϵ_1 为 TNT 转化系数。

关于可燃气体的 TNT 储藏量的计算, 由下式给出:

$$W = 1\,000(N/1\,000)^n \quad (2)$$

式中: N 为可燃气体的实际储藏量, kg, 当 N 的数值小于 10^6 时, $n=1$, 当 N 的数值大于或等于 10^6 时则为 $1/2$ 。

可燃气体的气化率 α , 对于纯气态则为 1。TNT 转化系数通常取 0.064。表 1 为几种常见气体的爆炸系数。

对于储存一定容量可燃气体的储罐, 可以通过计算对其爆炸效应和安全距离进行评估。通过计算爆炸效应参数的大小来判定爆炸产生后对周围设施的影响(破坏)程度。

表 1 几种常见气体的爆炸系数

燃气种类	爆炸系数
乙炔等	0.15
乙烯、一氧化碳	0.10
乙烷、丙烷	0.08
甲烷、丁烷	0.06
甲醇等	0.04

$$K = 2.52(Q^2 + 1.0082 \times 10^7)^{1/9} \frac{R_L}{Q^{5/9}} \quad (3)$$

式中: R_L 为距离爆炸中心的距离, m; K 为爆炸效应参数。

试验结果表明, 不同的 K 值时, 爆炸区内的设施破坏情况如表 2 所示。

表 2 相应于 K 值时的爆炸效应

K	爆炸区内的爆炸效应
9.5	所有建筑物完全破坏
14	砖砌的建筑物外表 50%~70% 的破损, 墙壁下部危险, 必须拆除
24	房屋不能再居住, 物基部分或全部破损, 外墙部分破损 1~2 面, 承重墙受到大的破坏, 必须更换
70	构筑物受到一定程度的损坏, 隔墙、木结构需重新加固
140	经修理可继续使用, 天花板等有不同程度的破损, 10% 左右的门窗玻璃破损

* 彭世尼, 1961 年生, 副教授; 1987 年获重庆建筑工程学院硕士学位, 现在重庆大学城市建设学院从事城市燃气输配、储存与应用的教学、科研工作。地址: (400045) 重庆市沙坪坝。电话: (023) 65124777, 13908347363。E-mail: pengshini@163.net

以下计算例子可以将爆炸的能量估算与其产生的爆炸效应联系起来。

若天然气储罐的储气容积为 5 000 m³, 天然气储气压力为 0.9 MPa, 当储罐发生爆炸后, 在距离爆炸中心不同距离处产生的爆炸效应如何?

解: 假定天然气储罐内天然气的温度为 25℃, 查有关物性参数可知天然气的密度为 0.73 kg/m³, 天然气的热值为 8 500 kcal/m³。ε₁ = 0.064, 查表 1, ε = 0.06。

$N = 5\,000 \times 9 \times 0.73 = 32\,850$ kg, $n = 1$ 由式(2)有:

$$W = 1\,000 \times 32.85 = 32\,850 \text{ (kg)}$$

由于天然气为气体, 则 α = 1

将 W、α 等值代入式(1), 有:

$$Q = 32\,850 \times 1 \times 0.06 \times 0.064 \times 8\,500 / 1\,000 = 1\,072.2 \text{ (kg)}$$

根据式(3)可计算出离爆炸中心不同距离处的爆炸效应参数, 如表 3。

表 3 离爆炸中心的距离与爆炸效应参数

R_L	K	R_L	K	R_L	K	R_L	K
30	9.5	150	47.6	270	85.6	390	123.7
50	15.8	170	53.9	290	92.0	410	130.1
70	22.2	190	60.3	310	98.3	430	136.4
90	28.5	210	66.6	330	104.7	450	142.7
110	34.9	230	73.0	350	111.0	470	149.0
130	41.2	250	79.3	370	117.4		

储罐破裂对环境产生的破坏效应

球形储气罐破裂后产生的破裂能量 E (MJ) 可以由下式计算, 有:

$$E = \frac{10(p_1 - p_0)}{\gamma_1 - 1} V = \frac{10(p_1 - p_0)}{\gamma_1 - 1} + \frac{4}{3} \pi R^3$$

式中: R 为球罐的半径, m; γ_1 为罐内介质的绝热指数; p_1 为罐内介质的压力, MPa; p_0 为大气压力, MPa; V 为储罐容积, m³。

利用立方根法则, 变换上式, 有:

$$\frac{R}{E^{\frac{1}{3}}} = \bar{R} = \left[\frac{3(\gamma_1 - 1)}{40\pi(p_1 - p_0)} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

式中: $\bar{R}$ 为储罐半径处的等效距离, m/MJ^{1/3}。

一旦储罐内的介质性质已知, 压力已知, 便可求出等效距离的值。根据下式, 还可以求出在球罐半径处的冲击波超压。

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{p_s}{p_0} \left[1 - \frac{(\gamma_1 - 1)(\alpha_0/\alpha_1)(p_s/p_0 - 1)}{\sqrt{2\gamma_0} \sqrt{2\gamma_0 + (\gamma_0 + 1)(p_s/p_0 - 1)}} \right]^{\frac{-2\gamma_1}{\gamma_1 - 1}} \quad (5)$$

式中: γ_0 为空气的绝热指数, m; p_s 为破裂瞬间在球罐半径处的超压, MPa; α_0 为空气中的音速, m/s; α_1 为介质中的音速, m/s。

如果要求在离破裂中心某一距离处的超压, 则首先要求出这一距离的等效距离, 有:

$$\bar{R}_L = \frac{R_L \bar{R}}{R} \quad (6)$$

式中: R_L 为距离球体中心的距离, m; $\bar{R}_L$ 为距离球体中心 R_L 处的等效距离, m/MJ^{1/3}。

在此等效距离已知的基础上, 根据式(5)和式(6), 查图 1, 求出冲击波超压 Δp 。

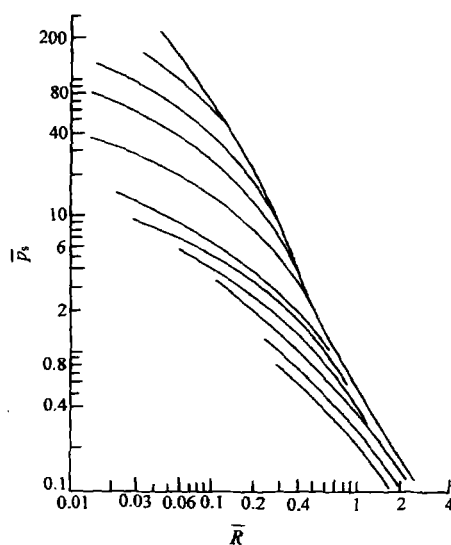


图 1 等效距离与超压的关系

$$\Delta p = p_1 \bar{p}_s \quad (7)$$

以下对 5 000 m³ 的球形罐在天然气储气压力为 1.103 3 MPa 时, 发生破裂后 50~500 m 处的超压情况进行计算。大气压 p_0 为 0.103 3 MPa。

$$\gamma_0 = \gamma_1 = 1.4, \alpha_0/\alpha_1 = 0.818, R = 10.6 \text{ m,}$$

$$p_1 = 1.103 \text{ 3 MPa, } p_0 = 0.103 \text{ 3 MPa}$$

若 $R_L = 50$ m, 根据式(5)和式(6)得:

$$\bar{R} = \left[\frac{3(\gamma_1 - 1)}{40\pi(p_1 - p_0)} \right]^{\frac{1}{3}} = 0.15$$

$$\bar{p}_s = \frac{p_s - p_0}{p_0} = 2.32$$

$$\bar{R}_L = \frac{R_L \bar{R}}{R} = 0.71$$

天然气成本控制的原则、方法和措施

刘庆新*

(中国石油西南油气田分公司天然气经济研究所)

刘庆新. 天然气成本控制的原则、方法和措施. 天然气工业, 2001; 21(6): 95~98

摘要 如何将现代企业成本管理方法与天然气生产的特点相结合, 制订出具有行业特色的成本控制方法措施, 值得深入研究。文章在概要介绍天然气成本控制的原则、方法的基础上, 重点对天然气成本控制的措施进行了探讨, 如三维成本管理、目标成本控制、增加成本容量、降低体制成本以及与施工作业单位建立新型的、相互信任的联盟伙伴关系等, 具有可操作性, 供参考。

主题词 天然气成本 控制 措施 经济管理

天然气成本控制的原则

根据天然气成本形成的特点及影响因素, 成本控制应遵循以下原则: ①全员控制原则; ②全过程控制原则; ③综合控制原则; ④权责利相结合原则; ⑤

例外控制原则; ⑥目标管理与分段控制原则; ⑦可控制原则; ⑧行政一把手是第一责任人的原则。

天然气成本控制的方法

早在二十世纪30年代, 美国哈佛大学企业管理

$$p_s = 0.332 \text{ MPa},$$

查图1得 $(\bar{p}_s)R_2 = 0.54$, 则:

$$\Delta p = 0.054 (\text{MPa})$$

这一计算结果表明, 如此大的冲击波超压, 将与与之相邻的任何构筑物产生毁灭性的破坏, 其中包括相邻的储罐。根据同样的计算, 当距离储罐150 m左右的时候, 破裂对于周围的破坏力便不再存在。

结 论

1) 高压天然气储罐的意外爆炸和破裂无疑是其构成对周围环境产生不安全因素的两大主要原因, 其破坏效应所设涉及的范围以爆炸最为明显, 5 000 m³、储气压力为0.9 MPa的储罐的破坏效应将达到近500 m以内的周边区域。而破裂的直接影响只在150 m的范围内, 当然没有考虑由此引发的二次爆炸, 显然这种影响同样是不能忽视的。而且, 随着储气压力的升高, 这一范围还会扩大;

2) 在天然气储气设施的建设中, 站内储罐之间的安全距离, 目前规范的参考值是储罐的直径, 就常

见的5 000 m³、储气压力为0.9 MPa的储罐而言, 不到25 m, 加上没有对储罐的储气压力纳入标准的影响范围, 本文的计算结果表明, 这似乎没有起到安全的作用; 而对于站内的辅助建筑, 规范给出的参考距离也不到50 m, 同样也是不安全的;

3) 天然气储罐对周围建筑的影响程度, 无论是爆炸还是破裂, 分析表明在500 m以外便不会对其产生较大的破坏, 如以此数据作为天然气储配站建设的安全距离, 则天然气储气设施的安全性又是很高的。

4) 以上的计算是在没有任何防护措施的情况下进行的, 但对于天然气储罐这样大型的设施而言, 似乎不能起到抑制爆炸效应的作用。

参 考 文 献

- 1 (日)安全协会编. 爆炸. 冶金部安全教育中心, 1986
- 2 城镇燃气设计规范, GB50028-93
- 3 建筑设计防火规范, GBJ16-87

(收稿日期 2001-03-13 编辑 申红涛)

* 刘庆新, 1945年生, 高级经济师; 1965年毕业于大庆石油学校财务会计专业, 1994年毕业于中共四川省委党校经济管理专业, 现在中国石油西南油气田分公司天然气经济研究所从事经济研究工作。地址: (610051) 四川省成都市建设北路一段60号。电话: (028) 6012359。

A DISCUSSION ON THE METHOD OF EVALUATING RESIDUAL CORROSION STRENGTH OF IN-SERVICE PRESSURE PIPELINE

Liu Haifeng and Wang Yihui (Long-distance Pipeline Detection and Evaluation Centre of Southwest Oil and Gas Field Branch Company). *NATUR. GAS IND.* v. 21, no. 6, pp. 90 ~ 92, 11/25/2001. (ISSN 1000 - 0976; In Chinese)

ABSTRACT: The safe and reliable operation of in-service pressure pipeline is a significant topic which is in urgent need of solution and is followed with interest by the oil and gas storage-transportation circles in every country of the world at present, and yet the evaluation of residual corrosion strength of in-service pressure pipeline is a fundamental work for guaranteeing its safe and reliable operation. It's evaluation results provide a theoretical basis directly for determining pipeline operation technology and parameters and may be used for guiding pipeline's safety in production management. On the basis of simply stating the works of evaluating the residual corrosion strength of in-service pressure pipeline at home and abroad, the method and experience of comprehensively evaluating the residual corrosion strength for several oil-gas transmission pipelines, as the Long-Cang, Fu-Liang, Ke-Wu and Pu-Lin pipelines, by the Long-distance Pipeline Detection and Evaluation Centre of the Southwest Oil and Gas Field Branch Co., including the defect quantity of various (Planar and volumetrical) shapes and residual strength evaluation method, are emphatically introduced in the paper.

SUBJECT HEADINGS: Petroleum, Natural gas, Transmission Pipeline, Corrosion, Residual strength, Evaluation, Method

Liu Haifeng (*engineer*), born in 1970, graduated in chemical industrial equipment and mechanical engineering at the University of Petroleum in 1991. Add: Huayang, Chengdu, Sichuan (610213), China Tel: (028)5646741

SAFETY ANALYSIS OF NATURAL GAS STORAGE TANK

Peng Shini (Chongqing University) and Lu Junxian (Shenzhen Fuel Gas Group). *NATUR. GAS IND.* v. 21, no. 6, pp. 93 ~ 95, 11/25/2001. (ISSN 1000 - 0976; In Chinese)

ABSTRACT: Along with an unceasing development of municipal fuel gas, its storage-distribution facilities are constantly building up in the city. In the process of city's expansion, the outskirts, at where original natural gas storage facilities are located, have been becoming the central district of the city step by

step, so that station-site selection for newly building the gas storage facilities is restricted by safety factor. Moreover, the safety interval between fuel gas storage tanks didn't give out a clear regulation in relevant design and fire-prevention standards in China. For this reason, it is very significant to analyze the safety of natural gas storage tank. A theoretical analysis concerning the destruction effect of the explosion and disruption of the natural gas storage tank on the surroundings is carried out and a reference value of safety distance between the surrounding buildings and a storage tank with volume of 5 000 m³ and pressure of 0.9 MPa is proposed in the paper.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas, Storage tank, Safety, Fire prevention, Analysis

Peng Shini (*associate professor*), born in 1961, received his Master's degree from the Chongqing College of Architectural Engineering in 1987. Now he is engaged in the teaching and research on the transmission, distribution, storage and application of city fuel gas. Add: Shapingba, Chongqing (400045), China Tel: (023)65124777

NATURAL GAS COST CONTROL PRINCIPLES, METHODS AND MEASURES

Liu Qingxin (Research Institute of Natural Gas Economy, Southwest Oil and Gas Field Branch Co.). *NATUR. GAS IND.* v. 21, no. 6, pp. 95 ~ 98, 11/25/2001. (ISSN 1000 - 0976; In Chinese)

ABSTRACT: It is worth deeply investigating how to combine modern enterprise cost management methods with natural gas production properties to make up a set of profession-characterized cost control methods and measures. In the paper, on the basis of generally introducing natural gas cost control principles and methods, its measures are emphatically discussed, including three-component cost management, target cost control, increasing cost capacity and decreasing system cost as well as building up a novel, mutual-trust and alliance relation with construction unit. They are serviceable and may be available for reference.

SUBJECT HEADINGS: Gas cost, Control, Measure, Economic management

Liu Qingxin (*senior economist*), born in 1945, graduated in accounting at the Daqing Petroleum Training School in 1965 and in economic management at the Sichuan Provincial Party Committee School in 1994. Now he is engaged in the research on petroleum economy. Add: No. 60, Section 1, North Jianshe Road, Chengdu, Sichuan (610051), China Tel: (028)6012359

(翻译 刘方槐)
(编辑 蒋静萍)