

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2017.09.002

管廊中天然气管道舱泄漏爆炸当量计算及简析

□ 北京市燃气集团有限责任公司 (100035) 白丽萍 刘江涛 刘丽珍 陈文柳

摘 要: 本文用天然气管道在最不利条件下发生爆炸产生的TNT爆炸当量计算为依据,从爆炸危险性分析的角度,探讨了当发生爆炸时,在天然气管道舱内不同防火分隔情况下,距爆炸源的危险距离,以此作为防火分隔确定的参考依据之一。

关 键 词: 天然气管道舱 爆炸当量 防火分隔

1 前言

自2015年8月国务院办公厅发布《国务院办公厅

关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见》(国办发[2015]61号)部署推进城市地下综合管廊建设工作以来,各地高度重视,积极谋划,住建部、财政部先

水问题,及解决冰堵问题采取的措施,本文对城市标准CNG加气站的脱水问题提出如下建议:

(1)城市标准CNG加气站建设方案阶段,供气方应提供气源气质分析报告,分析报告中应注明天然气管网内水露点范围,以及管网中存在游离水的季节。

(2)气源管接驳处,如中压管网内游离水较多,宜在工艺装置区内进站阀门与计量橇之间安装一座气液分离器,当含有游离水的天然气进入工艺装置区时,可以第一时间将游离水与天然气分离,减少脱水器负荷,提高脱水效率。

(3)脱水器入口处增加在线水露点仪,该露点仪应具备数据远传功能,并能与站控报警系统联动,当脱水器入口处天然气水露点温度高于设备设计值时报警,提醒站场操作人员及时排除气液分离器中的游离水,提高脱水塔再生频率,严密监控脱水器后露点温度是否低于 -40°C ,避免来气含水量过高,导致加气机处发生冰堵,对加气机和CNG车辆造成损伤。

5 结语

城市天然气中压管网处于不断建设中,燃气管网支管与主管碰头、外来施工破坏等多种因素可能导致水、泥沙进入中压管网。城市标准CNG加气站建设前期应详细调查气源气质组分和水含量变化情况。建设方案宜在常规工艺基础上,在工艺装置区进站阀门与计量橇之间增加气液分离器,在脱水器入口处增加带远传和报警功能的在线水露点仪,实时监控进站天然气含水量,避免天然气气源含水量过高给站场带来的运营风险。

参考文献

- 1 天然气饱和含水量计算. 当代化工, 2014; 43 (2)
- 2 天然气含水量的公式化计算方法. 天然气工业, 2013; 5

后确定了25个试点城市，使综合管廊的建设工作逐步形成态势。2016年6月住建部召开推进地下综合管廊建设电视电话会议，强调“坚决落实管线全部入廊的要求，排水、燃气管线要求入廊”。基于上述这些政策背景，各地的燃气管廊项目纷纷开始建设，北京市2017年燃气管廊建设里程要达到50km，为使燃气管廊项目更加安全可靠，笔者对北京市在建的几条燃气管廊项目进行了燃气舱爆炸情况下爆炸当量的计算，为燃气舱的工艺系统设计提供数据支持。

2 管廊天然气舱基本情况

本文以北京市在建的7条管廊为例进行计算。管廊天然气舱空间净尺寸及内设天然气管道情况详见表1：

3 泄漏爆炸当量计算

舱内的天然气泄漏后遇空气可形成天然气云，可通过下式用TNT当量法对蒸气云爆炸能量进行预测。

$$W_{TNT} = \frac{AW_f Q_f}{Q_{TNT}}$$

式中： W_{TNT} ——蒸气云的TNT当量，kg；
 A ——当量系数，取0.04；
 W_f ——泄漏天然气总质量，kg；

Q_f ——天然气燃烧热，取46 545kJ/kg；

Q_{TNT} ——天然气爆炸热，取 4.52×10^3 kJ/kg。

当蒸气云中天然气量为化学计量浓度的1.07倍时，爆炸强度最大，破坏作用最强，因此本文以这一最不利边界条件为计算依据。

计算过程中所采用的天然气成分为2014年陕京气年平均成分，天然气舱中的空气体积已扣除天然气管道所占体积。

天然气理论空气需要量取 $9.78 \text{Nm}^3/\text{Nm}^3$ ，因此计算蒸气云中的空气与天然气的比例为9.78:1.07，此时天然气浓度为9.86%。天然气密度取 $0.7612 \text{kg}/\text{Nm}^3$ 。

现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》GB50838-2015中规定：天然气管道舱应每隔200m采用耐火极限不小于3.0h的不燃烧性墙体进行防火分隔。按照该标准，天然气舱200m设1个防火墙分隔进行泄漏爆炸计算，结果如表2：

有关天然气管道舱防火分隔的问题，业内也一直存在争论，有观点认为，天然气舱室内主要的事故预防是通风防爆，而非防火，因此建议修改为至少400m一个防火分隔。为此，加设天然气舱400m为1个防火墙分隔进行泄漏爆炸计算，结果如表3。

由此可见，当防火分隔加大后，舱室内天然气浓度达到爆炸极限并爆炸后的 W_{TNT} 将会线性增大。

日本目前天然气管道舱的防火分隔为100m，按照这个数据进行泄漏爆炸当量计算，结果如表4。

表1 管廊天然气舱空间净尺寸及内设天然气管道情况汇总表

序号	天然气舱宽度（m）	天然气舱高度（m）	管径（mm）	压力（MPa）	备注
1	1.7	3.4	200	0.4	
2	1.7	3.4	300	0.4	
3	2.0	3.0	500	0.4	双管
			400		
4	1.9	3.0	400	0.4	双管
			200		
5	2.0	3.4	500	1.0	双管
			500	0.4	
6	2.0	3.0	500	1.0	双管
			500	0.4	
7	2.0	3.1	500	1.0	双管
			500	0.4	

表2 天然气舱200m设1个防火墙分隔泄漏爆炸当量

序号	天然气舱宽度 (m)	天然气舱高度 (m)	管长 (m)	天然气舱体积 (m ³)	W_f (kg)	W_{TNT} (kg)
1	1.7	3.4	200	1 156	95.75	39.44
2	1.7	3.4	200	1 156	95.10	39.17
3	2	3	200	1 200	94.58	38.96
4	1.9	3	200	1 140	92.32	38.03
5	2	3.4	200	1 360	106.72	43.96
6	2	3	200	1 200	93.40	38.47
7	2	3.1	200	1 240	96.73	39.84

表3 天然气舱400m设1个防火墙分隔泄漏爆炸当量

序号	天然气舱宽度 (m)	天然气舱高度 (m)	管长 (m)	天然气舱体积 (m ³)	W_f (kg)	W_{TNT} (kg)
1	1.7	3.4	400	2 312	191.50	78.88
2	1.7	3.4	400	2 312	190.19	78.34
3	2	3	400	2 400	189.15	77.91
4	1.9	3	400	2 280	184.65	76.06
5	2	3.4	400	2 720	213.45	87.92
6	2	3	400	2 400	186.80	76.94
7	2	3.1	400	2 480	193.46	79.68

表4 天然气舱100m设1个防火墙分隔泄漏爆炸当量

序号	天然气舱宽度 (m)	天然气舱高度 (m)	管长 (m)	天然气舱体积 (m ³)	W_f (kg)	W_{TNT} (kg)
1	1.7	3.4	100	2 312	43.08	17.74
2	1.7	3.4	100	2 312	42.78	17.62
3	2	3	100	2 400	42.55	17.53
4	1.9	3	100	2 280	41.54	17.11
5	2	3.4	100	2 720	48.01	19.78
6	2	3	100	2 400	42.02	17.31
7	2	3.1	100	2 480	43.52	17.93

4 TNT爆炸数据分析

在爆炸过程中形成的冲击波超压（爆炸冲击波阵面与大气压之间的压差称为爆炸超压）的破坏作用最大，当冲击波超压达到17kPa时，可对人造成轻伤；当超压为44kPa时，可对人体造成重伤；当超压超过100kPa时，可导致人死亡。与以50kgTNT为爆炸源，不同距离处的冲击波超压详见图1。^[1]不同的冲击波超压对人员的伤害情况和对周围建筑的破坏效应分别详见表5和表6。^[2]

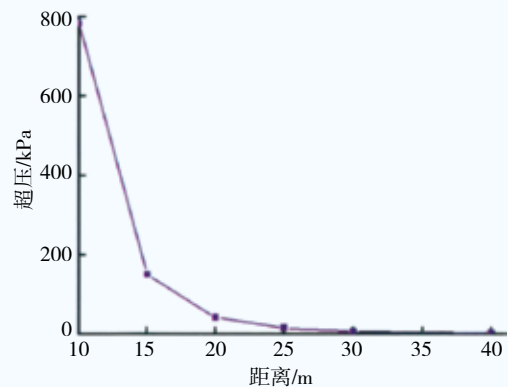


图1 以50kgTNT为爆炸源时，不同距离处的冲击波超压

表5 冲击波超压对人员的伤害情况

冲击波超压 (kPa)	对人员的损伤程度
< 20	人是安全的
20 ~ 30	轻微损伤
40 ~ 50	听觉器官损伤或骨折
50 ~ 100	内脏严重损伤或死亡
≥ 100	大部分人员死亡

表6 冲击波超压对周围建筑物的破坏效应

冲击波超压 (kPa)	对建筑物的破坏效应
0.2	某些大型的椭圆形玻璃窗破裂
0.3	产生喷气式飞机的冲击音
0.7	某些小的椭圆形玻璃窗破裂
1.0	窗玻璃全部破裂
2.0	有冲击碎片飞出
3.0	居民住房轻微损坏
5.0	窗户外框损坏
6.0	层基受到损害
8.0	树木折枝, 房屋需要修理才能居住
10.0	承重墙破坏, 层基向上移动
15.0	层基破坏, 30%的树木倾倒, 动物耳膜破坏
20.0	90%的树木倾倒, 钢筋混凝土柱扭曲
30.0	油罐开裂, 钢柱倒塌, 木柱折断
50.0	货车倾覆, 墙大裂缝, 屋瓦掉下
70.0	砖墙全部破坏
100.0	油罐压坏, 房屋倒塌
200.0	大型钢结构破坏

由图1可以看出, 当以50kgTNT为爆炸源时, 距离爆炸源约14m以内, 大型钢结构破坏, 约18m以内可造成大部分人员死亡, 约25m以外基本安全; 以此

推算, 当以18kgTNT为爆炸源时, 距离约5m以内时, 大型钢结构破坏, 约6.48m以内可造成大部分人员死亡, 9m以外基本安全, 即距离爆炸源9m以内是危险的; 当以40kgTNT为爆炸源时, 距离约11.2m以内, 大型钢结构破坏, 约14.4m以内可造成大部分人员死亡, 约20m以外基本安全。对应表2~表4, 不同防火分隔情况下燃气管道舱发生爆炸后的危险半径详见表7。

由表7可以看出, 防火分隔越小, 发生爆炸时, 危险半径越小, 人员和建构物越安全。

5 结论

(1) 在天然气管道舱内敷设的管道相同的条件下, 防火分隔越大, 发生爆炸时, 产生的TNT当量越大, 爆炸冲击波的超压越大, 对人员和周围建筑的伤害越大。当防火分隔为100m时, 距爆炸源10m之外, 人员安全; 当防火分隔为200m时, 距离爆炸源20m之外, 人员安全; 当防火分隔为400m时, 距离爆炸源40m之外人员安全。

(2) 燃气管道舱内因燃气泄漏而导致的爆炸破坏性极大, 因此燃气管道不宜敷设在管廊内, 当必须敷设时应采取有效的技术措施, 避免燃气泄漏达到爆炸极限。

(3) 通过TNT爆炸当量计算, 日本燃气管道舱100m防火分隔的规定较我国标准规定的200m防火分隔, 在发生爆炸时, 周围的人员逃生的可能性更大。

(4) 燃气管道舱防火分隔加大后, 一旦泄漏, 形成爆炸浓度的时间会相应增加, 留给应急抢险部门控制风险的时间也会增加, 但是在风险没有控制住的

表7 不同防火分隔情况下燃气管道舱内发生爆炸的危险半径

序号	天然气舱宽度 (m)	天然气舱高度 (m)	管长 (m)	W_{TNT} (kg)	危险半径 (m)	管长 (m)	W_{TNT} (kg)	危险半径 (m)	管长 (m)	W_{TNT} (kg)	危险半径 (m)
1	1.7	3.4	100	17.74	8.87	200	39.44	19.72	400	78.88	39.44
2	1.7	3.4	100	17.62	8.81	200	39.17	19.585	400	78.34	39.17
3	2	3	100	17.53	8.765	200	38.96	19.48	400	77.91	38.955
4	1.9	3	100	17.11	8.555	200	38.03	19.015	400	76.06	38.03
5	2	3.4	100	19.78	9.89	200	43.96	21.98	400	87.92	43.96
6	2	3	100	17.31	8.655	200	38.47	19.235	400	76.94	38.47
7	2	3.1	100	17.93	8.965	200	39.84	19.92	400	79.68	39.84

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2017.09.003

国内外综合管廊的发展现状

□ 华南理工大学化学与化工学院(510640) 李昭阳

□ 深圳中燃哈工大燃气技术研究院(518033) 解东来

摘 要: 综合管廊对于我国来说是一个新兴事物,大家对它还不甚了解,但大众最关心的便是燃气入廊的安全性、经济性。目前国外综合管廊对于收纳燃气管道的情况也并不相同。本文对国内外综合管廊发展的相关情况进行了搜集、总结。

关 键 词: 综合管廊 共同沟 综述

1 综合管廊定义及意义

所谓综合管廊,就是“城市市政地下管线综合体”,将上水、中水、下水、雨水、供热、供冷、电力通信、燃气等各种市政管线分门别类有序的敷设在一个类似走廊的地下空腔内,同时配置专门的智能检测、报警、监控等配套系统,按照实际需求进行统一化标准化管理及维护^[1]。

综合管廊是我国城市化发展规划的一项重要市政基础设施,同时也是国内外城市现代化的重要标志之一^[2],对于改善目前地下空间市政管线敷设混乱,增

容、维护和管理难,地面重复开挖等情况具有良好的效果。并且由于各管线敷设在管廊空间内,不与土壤



图1 综合管廊地下示意图

前提下,爆炸形成的冲击波超压也将加大,对人员和建构筑物的伤害程度加大。因此燃气管道进入管廊敷设,应进行充分的安全评估,识别风险、评估风险进而控制风险。在工程建设阶段采取包括设置有效的截断阀门、补偿措施,可靠的泄漏检测装置、通风装置,提升管道施工质量等措施提升管道系统的本质安全水平;在运行维护阶段,通过提升运维人员的应急响应速度和处置能力来减少泄漏后的影响;前期建设

和后期运维的质量都至关重要。

参考文献

- 1 张国军,高志国,申龙涉.天然气管道泄漏爆炸事故风险分析.辽宁石油化工大学学报,2012;32(3)
- 2 骆洪森,王为民,张月等.高压天然气管道泄漏爆炸后的危害分析.当代化工,2014;43(7)