

城市燃气管网泄漏致灾演化机理分析

董志成 (山西国新科莱天然气有限公司, 山西 太原 030000)

摘要: 在发生泄漏后, 有可能因为明火的出现而导致火灾爆炸, 或者残余气体残留在部分空气不流通的区域, 而导致操作人员中毒窒息, 引发人身伤害和自然灾害, 进一步影响威胁了人民群众的生命财产安全。本文以城市燃气管网泄漏致灾的演化机理展开分析, 针对城市燃气管网事故理论, 探究城市燃气管网泄漏致灾的机制和演化的机理, 并进行总结。

关键词: 城市燃气管网; 泄漏; 致灾; 演化机理

0 引言

当前, 我国燃气管网已经取得了显著的进步, 在突飞猛进发展的过程中, 全国大部分城市均已经形成了较为完善的管网管理系统, 管网总里程已经超过了 7 万 km。我国的燃气管网主要为 21 世纪所建, 服役的时间较西方发达国家短。由于早期的建设, 一些相关的零配件也与西方国家有一些差距, 零配件的国产率仍然较低。我国的城市燃气管网目前已经进入到事故多发的阶段, 经常出现一些损害人民群众生命财产安全的事故, 严重威胁到人民群众的生命安全和城市经济和谐发展, 并且对城市的稳定造成较大的破坏。因此, 本文以城市燃气管网泄漏致灾的演化机理展开分析, 针对城市燃气管网事故理论, 探究城市燃气管网泄漏致灾的机制和演化的机理, 并进行总结。

1 城市燃气管网灾害事故理论

城市燃气管网在运行的过程中, 若发生泄漏, 则会有较大的安全隐患, 需要立即采取相应的措施进行治理, 将管网内的气体合理泄放, 尽量将经济损失降低。若管道内部发生严重的断裂或管道整体失效, 而未及时控制相应的气体泄放效率, 将会产生火灾的隐患, 管道甚至有可能发生爆炸, 如果在气体聚集的区域内, 未及时疏散人民群众, 将会引发受灾人窒息, 危及人民群众的生命财产安全。

2 城市燃气管网泄漏致灾机制分析

所谓的泄漏是指管道或容器内部的流体流出, 造成了管道损失。从能量整体的转化与变更的角度上来看, 燃气管道的泄漏实际上是燃气与周围的空气进行了混合, 从而在质量和动量层面进行了交换, 通常认为燃气管道的事故主要可以分为前期的泄漏和后期的扩散两个不同的阶段, 造成燃气管道发生泄漏, 有一些重点因素: 设计上的缺陷、材料不足、施工问题、腐蚀造成的影响、自然的老化、人类对管道的影响、

运行维护的周期较长等, 在上述作用下可能会导致管道及其附属的设施发生泄漏和破坏。燃气管道发生泄漏的程度与泄漏的面积、压力、温度和泄漏时的自然风的风速等因素有关, 根据泄漏时的具体尺寸大小, 可将其分为小孔、大孔和管道综合模型。

2.1 小孔模型

小孔模型是把管道作为一个大的容器体, 产生的泄漏点便是一个非常小的小孔。如果泄漏点的孔径很小, 同时随着管道气体压力的改变, 在不考虑泄漏气体摩擦的情况下, 它的泄漏速度也不会变化, 小孔有适合管道泄漏的情况, 模型当中如果泄漏的气体是可以压缩的, 那么在相关的物理方程条件下, 可以明确地分析气体泄漏的整个过程。由于泄漏的实际速度和理论的速度也存在相应的差异, 在进行管道孔口系数计算的过程中, 可以采用相应的公式展开分析。

2.2 大孔模型

在实际的生产中, 大孔模型是长期存在的, 当管道泄漏的孔径大于 0.2m 小于 0.8m 时, 可以采用所谓的大孔模型来计算相应的泄漏量。管道在进行气体运输时, 也需要判断实际的过程是绝热还是等熵, 从而根据实际情况来提前确定相应的参数。若采用质量能量和动量守恒时, 均能够发现管道气体流速的变化, 可以建立相应的气体流动模型, 针对稳定性可以及时地判断气体流动对管道实际的影响。若发生泄漏时, 在停止供气后, 可对管道稳定性展开详细的分析。以实际情况为例, 当管道泄漏的孔径较小时, 泄漏点中心的压力若低于起始点的实际压力, 但是远远大于泄漏口的压力时, 这使管道的内部流动为压临界流, 它的泄漏孔为临界流。如果泄漏孔孔径偏大, 那么它的管道内和泄漏孔均可用临界流来表示。

2.3 管道模型

如果管道的泄漏孔的孔径大于 0.8m, 那么燃气管

道完全发生断裂,它的爆裂孔径的理论值与实际有较大的差距,模型中泄漏点的管道和泄漏孔之间,在实际情况下几乎不会是等熵膨胀,反而会产生内部的气体流动或扰动,在外力作用下更容易发生断裂,所以它的破坏性最大,发生泄漏时容易产生大面积的气体流失,管道内部压力也下降明显。

3 城市燃气管网泄漏致灾的机制分析

3.1 城市燃气管网泄漏致灾的过程分析

城市的燃气管道若发生泄漏,主要包括三大阶段两个过程,分别为灾前阶段、灾中阶段和灾后阶段。在发生灾害过程中,我们需要对灾害的形成原因和灾害的形成机制进行分析。灾害的形成也是一个演变的过程,它有一定的时间进度以完成推演,它的系统需要充分地体现时间的先后顺序,把灾害发生的三个阶段分别展开研究,空间的效应主要体现在燃气泄漏的所在范围,同时灾害的因素内可相互影响、相互制约,具有充分的耦合作用。耦合主要体现在灾害的发生阶段和灾害的结束阶段。在城市燃气管道的灾害发生过程中,它的燃气会发生泄漏,与自然的和社会的环境相作用,而存在的过程与火灾爆炸等事故有关,充分地作用于社会资源和人身财产对其造成了严重的损害。灾害发生的过程中充分体现了时间效应。

灾前阶段是灾害环境发生的重要阶段,它充分酝酿了灾害发生的整个过程。燃气的泄漏在城市的自然环境和社会环境的共同作用下,发生了泄漏扩散和聚集。随着火灾出现,更容易引起爆炸。灾中阶段是灾害致灾因子,致灾因子若在载体受到相应的因素激活后,它的爆炸因子会产生相应的热辐射,从而使得事故更严重。而灾后阶段充分体现了灾情的全过程,该阶段中存在的灾害统计也可以充分地判识环境破坏的相关程度。从灾害所处的空间效应上来看,城市燃气管道泄漏主要是社会层面的灾害,这种灾害往往小于自然灾害的损害,对人类产生的危险性较小。城市燃气管道在泄漏后,随着气体扩散和聚集,它随着水资源、空气等传播和扩散,在其影响的范围内,从不同的位置上充分体现了载体的演变趋势。所谓的灾害耦合效应便是充分描述了灾害在成因作用下的总关系,灾害的发生,它与对象的作用结果相联系。从灾害的因素来看,它充分体现了载体的整个过程。灾前和灾后以及灾中的三个阶段相互和充分酝酿,在自灾的过程中出现了相应的火灾爆炸,也会进一步加深这种作用,形成灾害的多重损失,多维度、多层次造

成了灾害的影响。

3.2 城市燃气管道的灾害形成机制

从物理学的角度上来看,灾害的形成是能量的聚集与释放的过程,它聚集的能量如果超过了相应的阈值便会发生爆炸,能量又发生了释放,它的内部便会产生断裂,引起管道内气体泄漏。而且管道的气体如果被点燃,火焰的辐射范围便会超过人体所能承受的极限。如果燃气管道的气体形成冲击波,便会对周围的人员造成爆炸二次伤害。

燃气管道泄漏主要是由于自带因子超越了载体的范围,对管道的泄漏产生影响,自带因子的风险也会使得载体的脆弱性发生改变,在载体的破坏状态上会充分的体现。这个过程的运载活动会比较高,灾害发生的可能性也会变大,同时灾害受到的损失也会更加严重。虽然灾害是否发生有充分的表示方式,但是不能因为灾害系统的各因素相互作用的改变,而随意的变化自在因子,这样也会对自在环境和载体之间的关系发生影响。如果城市管道泄漏的时间越长,自然泄漏量也会变大,环境当中的泄漏量也更容易发生火灾爆炸,影响程度也变大。

城市燃气管道线路如果发生在不同的区域,那么在其对地形和气象上均会有不同,一些区域上由于障碍物存在,更容易产生气体的聚集,容易发生爆炸。有的地区由于风速等活动的影响,它的气体流动性会更强,引起火灾的可能性更大。如果城市在前期投入了相应的事故预防和处理机制的相关工作,在社会经济环境一体化的系统中,它的承载稳定性就越高,抗灾能力也会变强。针对燃气管道泄漏事故,可以充分地发挥人的主观能动性,防止火灾爆炸发生。如果燃气火灾爆炸已经发生了,那么随着载体的受灾害时间推移,它的伤害程度也会逐渐地弱化,甚至消失。

4 燃气管道泄漏致灾演化机理分析

基于科学计算后得到的结论,可以采用建模的方法建立贝叶斯网络数据模型,充分体现燃气管网致灾演化机理的全过程。从原生、次生灾害延伸不同的阶段来体现管网致灾演化的各个阶段。根据过去的案例,因为泄漏而导致火灾爆炸等事故发生率较高,平均达到 58% 以上。灾害的传播方向为多方向的传播形式,最终造成了较多人员的伤亡、环境的破坏以及人身财产的损失等。通过对比相关演化路径的时间节点及其相互关系,可以发现管网在致灾的过程中主要有三条不同的路径,分别是供气中断、路径受损,供电中断、

财产损失以及供电中断, 社会舆论受到影响等。

表 1 演化节点的致灾参数概率统计表

S_i	$S_i=1$	$S_i=2$	S_i	$S_i=1$	$S_i=2$
S_7	0.259	0.741	S_{17}	0.295	0.705
S_8	0.246	0.754	S_{18}	0.468	0.532
S_9	0.476	0.524	S_{19}	0.869	0.131
S_{10}	0.800	0.200	S_{20}	0.329	0.671
S_{11}	0.649	0.351	S_{21}	0.897	0.103
S_{12}	0.603	0.397	S_{22}	0.319	0.681
S_{13}	0.500	0.500	S_{23}	0.367	0.633
S_{14}	0.643	0.357	S_{24}	0.208	0.792
S_{15}	0.360	0.640	S_{25}	0.478	0.522
S_{16}	0.603	0.397	S_{26}	0.643	0.357

在进行演化推理的过程中, 管网泄漏导致大量的天然气排出, 在致灾因子的作用下, 从而引发火灾与爆炸, 使得管网的调压站的气体压力受到影响, 集气站的安全阀损坏等, 进一步加重燃气管道的泄漏, 引发安全风险。为了及时地控制泄漏的影响程度, 用户根据实际的情况, 把主管道的受损情况与实际的情况相对比, 从而判断整个气源的供气情况, 以避免造成大规模的气体泄漏, 影响企业停产, 增大财政损失。根据对致灾演化的路径全过程分析, 管网泄漏的节点与泄漏量之间存在关联, 爆炸节点与供气设施的受损位置也存在相关性。对比演化分析表中可以发现, 演化变量的节点概率也会随着管网致灾风险的改变而改变(表1)。在进行致灾演化推理的过程中, 若城市的建筑物和公共设施等的损害程度进一步加大, 会对各个节点产生影响, 当节点的致灾概率改变后, 在致灾演化中的火灾爆炸等情况也会发生变化, 将提高城市供水等设施的受灾率, 以及长时间企业停产所导致的不良影响, 造成居民的财产公共损失进一步加重。

在对演化节点进行分析的过程中, 也需要优化灾害演化结果, 对关键节点采取一定的控制措施, 切断相应的路径, 及时遏制其过程, 保证受灾影响降到最低。因此在管网管理的过程中, 也要对其进行定期巡检, 及时对属地配气站和集气站以及支干线的压力展开维护, 避免因为管网超压超速与维修不及时、巡检不及时等原因, 造成燃气大量的泄漏。如果发生小部分的泄漏, 也要对其进行及时检修, 降低燃气管网的灾害损害程度。

5 结语

管网泄漏的致灾过程主要是多角度、多方向的辐射传播过程。在进行灾害演化过程中, 主要有灾害环境、受灾因素和对象等组成。自然演化过程主要是多个方面的结果, 共同影响。泄漏主要可以分为灾前、灾中和灾后三个不同的阶段, 这三个阶段均有可能发生燃气泄漏, 并且各个阶段之间也存在相互的关联性, 引起火灾爆炸进一步变大。在实际的现场要控制易受损的部位, 避免发生灾害加重的情况。

参考文献:

- [1] 朱庆杰, 易善文, 陈艳华, 刘亚婷. 埋地燃气管道失效风险的时间效应预警模型[J]. 消防科学与技术, 2021,40(12):1780-1784.
- [2] 程钰峰, 侯龙飞, 丁超, 端木维可, 周苏安. 城市燃气管网阀门远程控制布设策略研究[J]. 长春工程学院学报(自然科学版), 2021,22(03):84-90.
- [3] 白玉贵, 蒋雯丽, 秦琪伟, 龙彦宏, 马家骥, 姜晓. 基于贝叶斯网络的城市燃气管网泄漏事故后果预测与分析[J]. 城市勘测, 2021(04):163-168.
- [4] 刘海云, 韩晓松, 翟振岗, 刘克会. 基于复杂网络的燃气管线破裂灾害链风险分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2020,16(09):37-42.
- [5] 王春雪. 城市燃气管网泄漏致灾演化机理研究[J]. 消防科学与技术, 2020,39(08):1054-1058.
- [6] 张明红, 余廉. 基于ETA和FTA的输油管道泄漏公共安全事件演化分析[J]. 电子科技大学学报(社科版), 2015,17(03):24-28.
- [7] 杨凯. 城市燃气管道泄漏多因素耦合致灾机理与灾害控制研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2016.
- [8] 王春雪, 吕淑然. 城市燃气管道泄漏致灾混合概率风险评估研究[J]. 中国安全科学学报, 2016,26(12):6.
- [9] 秦玉华, 杨会琴. 城市燃气管网安全管理体系研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015(29):1499-1499.