

城市燃气管道泄漏检测技术的发展及应用

齐浩洋 (山西国新定襄燃气有限公司, 山西 忻州 035400)

摘要: 燃气管道工程建设满足了城市内居民的用气需求, 给生产生活带来了极大的便捷, 但因为燃气的性质特殊, 一旦在使用的过程中发生了管道泄漏的问题, 将造成严重的事故。因此, 城市燃气的使用中, 对管道泄漏的检测尤为重要, 市场上陆续出现了多种的管道泄漏检测技术, 这些检测技术的应用, 对识别管道泄漏风险非常有效。基于此, 本文重点分析了当下城市燃气管道泄漏检测技术的发展现状, 探讨了其具体应用, 有利于减少因为管道泄漏而造成的燃气事故。

关键词: 燃气管道; 泄漏检测技术; 发展; 应用

随着城市基础设施的日渐完善, 每个城市的服务水平都显著提高, 燃气管道的铺设, 使得天然气资源被广泛应用, 与城市可持续发展的目标相一致。虽然燃气的使用有着极大的便捷性, 但因为管道泄漏所导致的事故屡见不鲜, 为保证城市燃气的安全性, 各个燃气公司都加大了对管道泄漏技术的应用, 以通过多种多样的管道泄漏检测技术, 来发现燃气使用中的管道泄漏风险, 及时应对和处理风险。因为城市燃气工程对管道泄漏检测的依赖性, 未来的管道泄漏检测技术还有着巨大的发展和应用潜力。

1 城市燃气管道发生泄漏的常见原因

在城市燃气工程的运行过程中, 管道泄漏是一个危害较大的问题, 为有效减少这种问题的出现, 需结合管道泄漏的发生原因, 采取有效的管道泄漏检测技术。就当下我国城市燃气管道工程的实施情况来看, 管道泄漏一般是由以下因素所导致:

1.1 施工质量问题

对城市燃气管道而言, 后续的运行安全与前期的施工质量有着直接的关系, 如果在前期施工中存在质量方面的问题, 必将影响后续运行的安全性。对城市燃气管道而言, 管道泄漏在很大程度上是由施工质量问题所导致, 主要表现在:

①管材选择不当, 管道是城市燃气工程中的关键要素, 对管材的选择十分重要, 如一旦在管道制造的过程中没有做好质量控制, 不达标管材的使用, 很可能会伴随着应力集中、强度偏小的现象, 很难保障管道在燃气输送中的作用;

②管道安装问题, 对城市燃气管道的安装作业而言, 在每一个安装环节都有严苛的规定, 针对管道安装作业, 焊接环节最容易出现的问题, 如果存在焊接方面的问题, 管道泄漏很难避免。焊接方面的问题一般是由焊接工艺选择不当所引起, 市场上关于燃气管道的焊接, 包含了多种的焊接工艺, 每一种焊接工艺都有其特点和适用条件, 应结合实际的要求, 选择恰当的焊接工艺, 并在焊接作业开展的过程中, 加强工艺技术、人员操作等的管理, 一旦作业人员未遵守相应的安装、焊接要求, 管道可能会出现裂缝最终引发泄漏问题。

1.2 管道腐蚀影响

燃气管道在长时间的使用过程中, 因为所面临环境的特殊性, 再加上其传输介质的特点, 管道可能会出现一定的腐蚀现象, 腐蚀也会增大管道泄漏风险。比如, 在燃气管道为架空敷设的状态时, 管道长时间暴露在空气中, 在这种环境条件下, 在管道的表面, 将出现一层水膜, 这一层水膜肉眼不容易识别, 将加剧电化学腐蚀, 在腐蚀作用下引起泄漏。城市燃气工程中, 部分管道为埋地敷设状态, 但在这种敷设条件下, 因为管道长时间与土壤接触, 土壤中所存在的空气、水蒸气等物质, 也会加剧管道腐蚀, 长时间的腐蚀会导致管道穿孔或者裂缝, 最终引起泄漏事故^[1]。

1.3 第三方破坏

城市燃气管道也会因为第三方破坏而引起泄漏问题, 主要指的是由其他工作开展对管道造成的损坏, 比如, 在城市燃气管道周边所开展的地质勘察、施工建设任务, 如果缺乏对管道的有效保护, 可能会因为这些施工问题而引起管道的损坏。第三方破坏的原因包含以下几个方面: ①安全意识薄弱, 负责其他工作的有关人员, 往往在自身的工作岗位上缺乏足够的安全意识, 比如, 在燃气管道周围所开展的各种建设活动, 没有做好对管道的防护, 或者未遵守安全施工的要求, 就可能出现燃气管道受到剧烈碰撞后的损伤; ②对燃气管道资料的掌握不完整, 在一些施工建设任务的开展中, 部分施工人员在现场未严格遵守施工方案的要求, 对管道位置存在随意的调整与变更; ③缺乏安全管理工作, 对燃气管道工程而言, 为减少安全事故的发生, 应加强安全防护与管理, 但显然, 有关人员并未做好燃气管道的安全隐患排查, 对于在燃气管道周围所开展的违法活动, 未及时制止并给予坚决的严惩。

2 城市燃气管道泄漏检测技术的应用

2.1 基于化学成分分析法

在城市燃气管道的泄漏检测方面, 化学成分分析法是一种相对传统的方式, 主要采用的就是嗅探测法, 在利用该方法开展泄漏检测的过程中, 需配置专门的仪器, 用该仪器来探测在管道现场是否存在泄漏气体, 如果存在有泄漏气体的分布, 仪器可得到关于气体浓度的信息。

在利用这一方式开展管道泄漏检测时,为全面提高整体的检测效率,会采用机载设备靠近管道沿线展开巡查的方式,比如,可利用燃气巡检车来完成检测工作。当在城市燃气管道泄漏检测的过程中采用的是这一检测方法时,可在短时间内就得到相对准确的结果,有关人员也可通过对检测结果的分析来定位泄漏点。但这一检测方法也存在着一定的缺陷,就是运营成本相对较高,一些环境因素可能会干扰检测工作的进行。

2.2 声学分析法

2.2.1 声波法

声学分析法中包含了多种检测方法,这些检测方法利用的都是声学原理,以声波法为例,这一检测技术下,要在检测时配置声波传感器,利用该传感器可实时采集燃气管道沿着天然气传播的特定声波信号,利用传感器对这些信号加以有效分析,也就可得到管道的泄漏信息,并进行泄漏点的定位。在利用声波法开展管道泄漏检测的过程中,最为重要的就是要进行声波波速的确定。对声波而言,在天然气介质中的传播速度要远远低于原油介质中的传播速度,根据对这些特性的利用,也就可进行管道泄漏检测。声波法具备多方面的优势,在城市燃气管道泄漏检测时,这一检测方法的原理简单,检测时的灵敏度高,定位准,当城市燃气管道处于相对复杂的环境条件下时,声速信号可能存在干扰,也就无法得到准确的检测信息。

2.2.2 声发射法

在利用声发射法对燃气管道开展泄漏检测的过程中,同样需配备声传感器,该传感器安装在管壁外侧,在开展检测工作的过程中,该传感器可接收到关于天然气经由泄漏孔向外泄漏而产生的声音信号,在相应的检测装置下,所接收到的这些声音信号将被进一步处理,形成声音全波形,通过对波形的分析,不仅可判定燃气管道是否存在泄漏问题,还可精准定位泄漏点^[2]。当在检测时采用声发射技术时,该技术可实现在线检测,对埋地管道泄漏源的检测非常有效,但因为这一检测方法的特殊性,在检测管道周围要开展开挖作业,以实现传感器的安装。

2.3 光学测量法

2.3.1 激光雷达系统法

随着人们对城市燃气管道泄漏检测的日渐重视,市场上出现了越来越多的新型检测技术,在信息技术支持下所出现的激光雷达技术,同样对管道泄漏检测较为有效。当采用激光雷达检测技术开展检测的过程中,要在现场构建激光雷达系统,因为在该系统内配备有激光发射装置、吸收光谱传感器,在利用系统检测时,激光发射装置负责光波的发送,而吸收光谱传感器负责激光回波信号的接收,通过对激光散失能量、功率的分析,可得到检测区域内的甲烷浓度信息^[3]。关于激光雷达检测,虽然市场上出现了很多的激光雷达系统,但不同系统的

检测灵敏度有所区别,以美国 TTT 公司开发的机载天然气发射激光雷达系统为例,该系统内配备有高分辨率测绘摄像机、差异吸收光谱传感器、数字摄像机和飞机,探测速度快。如果在城市燃气管道的泄漏检测方面采用的是激光雷达技术,虽然可在短时间内得到高精度的检测信息,但是前期的成本投入和后续运营成本都是相对较高的。

2.3.2 热成像法

热成像法也属于在燃气管道泄漏检测中应用较广的技术,这一检测技术下,主要是要通过对检测对象气体红外波段辐射信息的采集,来得到关于燃气管道气体泄漏的热成像结果,通过对成像结果的分析,也就可进行泄漏的准确判定。当利用热成像法开展燃气管道泄漏检测时,要配备相应的热成像仪,由该仪器对管道周围的热辐射变化加以精准分析。一旦燃气管道发生了泄漏问题,管道周围的土壤因为存在节流效应的影响,其温度将呈下降趋势。当在城市燃气管道的泄漏检测中采用的是这一检测方法时,相应的结果可在极短的时间内加以显示,但利用这一方法开展检测时,设备投入高,燃气温度、周围土壤温度都会对检测结果的准确度产生一定的干扰。

2.3.3 光谱成像法

当在城市燃气管道泄漏检测的过程中采用的是光谱成像法时,同样能够得到管道泄漏的相关信息。结合这一检测技术的原理,通过光谱对空间的全面扫描,可得到随波长分布的光谱辐射信息,当通过有关的方法对这些信息加以全面处理以后,也就可得到被检测对象的三维特征、内部属性信息,对这些信息的分析也就是判定管道泄漏的过程。根据光谱成像法的进一步细分,又包含多波长成像技术和高光谱成像技术两种,可根据现场的情况来选择适宜的技术。在采用光谱成像法开展管道泄漏检测时,包含有吸收与发射两种模式,如果在城市燃气管道的泄漏检测过程中采用的是多波长发射技术,要获得关于气体的浓度信息,需确保泄漏以后的天然气温度要超过周边空气的温度,这是检测成功的前提条件。即使在检测的过程中天然气与环境空气之间不存在明显的温差,多波长吸收成像技术下,也能够通过多波长背景辐射的条件,来得到天然气浓度的成像结果^[4]。在光谱成像法的应用中,可配备自适应红外成像光谱仪或者辐射光谱成像光谱仪,利用这种检测方法时,所得到的检测结果准确度高,但同样也存在着设备投资高的局限,且在得到了成像结果时,处理和分析过程相对复杂。

2.4 分布式光纤传感器法

城市燃气管道泄漏检测的过程中,分布式光纤传感器技术也相对适用,这种检测技术中融合了多种的现代化技术,经由分布式光纤,也就可对管道的应变、温度开展全方位监测,如果存在异常情况,则说明燃气管道中存在泄漏点。采用分布式传感器法开展管道泄漏检测

时,检测具有实时性、动态性等特征,在管道内外往往存在着一定的压力差,在管道泄漏点位置,管道壁面与周边土壤之间可能会发生一定的振动,导致局部位置产生温度变化区。当在检测的过程中发现燃气管道存在这些现象时,必将同步带动光纤温度、光导介质的波动,还会形成弯曲和张力应变^[5]。分布式光纤传感器法同样包含了多种的方式,如根据检测方法的区别,又包含反射式分布式光纤、干涉式分布式光纤、准分布式光纤光栅检测几种。与其他的检测技术不同,利用分布式光纤传感器检测,可实现管道泄漏的在线监测,且抗干扰性好,受到外部因素的影响较小,即使在管道中出现的是微小的泄漏,利用这一检测技术也可能获得可靠的检测结果。但这一技术在当下的发展条件下也存在着一定的技术不足,未来还需进一步研究。

2.5 智能球法

当在城市燃气管道的检测过程中面临的是公称直径在100mm以上的管道时,就可采用智能球检测方法,从根本上看,智能球为自漂流式的球形装置,在燃气流动的过程中,该装置可随着燃气的流动在管道中运动。在清管装置下,智能球可完成发射与回收,不再需要配置其他的设备和设施,由于其装置的特殊性,在利用这一技术开展管道泄漏检测的过程中,受到管道形状的限制相对较小,即使是微小的泄露问题,也具有较高的检测灵敏度。智能球装置在通过管道的过程中,自动对全部的噪声事件加以记录,如与小型泄漏噪声相似的环境噪声。在智能球出现的最初阶段,在供水管道的检测中应用相对较多,随着技术的不断进步,智能球在越来越多的管道检测中都得到了应用,虽然其灵敏度高、适用性好,但在管道泄漏检测时,检测结果的准确性可能会受到内外压差的干扰。

2.6 基于软件的检测技术

2.6.1 压力梯度法

根据压力梯度法在燃气管道泄漏检测中的应用,这一检测技术从根本上来讲属于软件检测的范畴,具体的检测工作开展时,需在燃气管道的上下两端,都进行压力传感器的安装,这些传感器可采集关于管道的压力信号,经由采集到的信息分析,就可获得管道各个分段的压力梯度。一旦在燃气管道的运行过程中发生了管道泄漏的情况,意味着在泄漏部位,管道的压力梯度将会因为流量的波动而表现出明显的交叉特性,而在这种情况下,交点位置实际上也就是泄漏点,在此处的管道压力梯度表现为倾斜状态。虽然这种检测方式的操作相对简单,但因为具体的检测工作开展时,压力梯度并不呈均匀分布的特点,也就会使得得到的检测结果与实际存在一定的偏差,当管道泄漏范围比较大的情况下,可采用这种检测技术。

2.6.2 负压波法

对燃气管道而言,当在管道中发生了泄漏情况时,

管道内外部的压力将会发生明显的差异,且管道的输送能力也大大降低。当管道泄漏情况持续了一段时间后,其泄漏压力显著减小,能量将通过压力波的方式逐步向两侧传播,这种情况下的压力波实际上就是负压波。内外部的压差,会导致泄漏部位的气体损失加剧,在此处的流体密度相对较小,将会形成瞬时压降的现象。负压波检测法在应用的过程中,可得到相对可靠的检测结果,虽有着良好的适用性,但环境因素可能造成检测误差。

3 管道泄漏检测技术发展趋势

近年来,随着各个城市燃气管道敷设长度、面积的扩大,燃气管道泄漏检测技术也得到了显著的发展,专业人员增大了对燃气管道泄漏系统的研发,力求通过该系统技术的更新、功能的完善来提高燃气管道泄漏检测的整体效率,确保检测精度。但当下的市场上,陆续出现了越来越多的管道泄漏检测技术,每一种检测技术都有各自的优缺点,在具体的检测工作中,可从技术可行性、经济合理性的角度,选择最佳的管道泄漏检测技术,以得到相对有效的检测结果。未来的管道泄漏检测技术可保持以下的发展方向:①增大对实时泄漏检测技术、方法的探索,因为对城市的燃气管道而言,其是处于全天候的运行状态下的,再加上其在城市中的覆盖范围广,如果在检测的过程中过于依赖间歇式、阶段性的检测,很难及时发现燃气管道运行中的安全风险;②加强先进技术的研发,将多种技术高度集成起来,形成更为先进的泄漏检测技术,比如,光纤技术的发展迅速,在该技术的研发和应用中,其应用范围显著扩大,以光纤技术作为基础的管道泄漏检测技术,在未来具有巨大的发展潜力,比如,基于OTDR的连续光纤应变传感系统。

4 结束语

在城市燃气系统的运行过程中,管道泄漏问题时常发生,为有效减少此类现象的出现,可增大在城市燃气工程中的管道泄漏技术应用,以通过各种各样的管道泄漏检测技术,来消灭管道泄漏风险,保持城市燃气管道的安全运行。

参考文献:

- [1] 张廷君.城市燃气管网泄漏监测技术研究[J].中国科技投资,2017(17):215.
- [2] 张成.城市天然气管网泄漏检测与定位技术研究[J].商品与质量,2016(14):116-117.
- [3] 姚佳丽.城市燃气泄漏检测新方法及其应用[J].城市建设理论研究(电子版),2016(13):3065.
- [4] 虞丹阳,玉建军,靳新迪.2种基于模式识别的环状燃气管网泄漏检测方法[J].中国安全生产科学技术,2017,13(1):6.
- [5] 魏立明,郭兴.基于RSSI算法的城市燃气管网泄漏检测及定位研究[J].消防科学与技术,2020,39(8):4.