

城市燃气管道风险评价技术现状分析与思考

西南石油大学(610500) 蔡良君
洛阳理工学院(471023) 姚安林

摘要 本文以燃气管道风险评价的发展趋势为基点,介绍并分析了当前我国城市燃气管道的特性和风险评价技术现状以及常用的风险评价方法,针对风险评价存在的问题,重点阐述了笔者对燃气管道风险评价研究的人因分析、适用性、相关性和完整性等方面的一些思考与建议。

关键词 天然气 管道 风险评价 方法

Analysis on present risk assessment situation of city gas pipelines

Graduate School of Southwest Petroleum University(610500) Cai Liangjun
Luoyang Institute of Science and Technology(471023) Yao Anlin

Abstract By the rapid development of natural gas, it makes safe operation of city gas pipeline affects every individual in city. This paper is based on the city fuel gas pipeline risk assessment trend of development, deeply introduced and detailed analysis of the current city fuel gas pipeline characteristics and risk assessment technology present situation as well as the commonly used risk assessment method. In view of the risk assessment existence question, proposed the author to fuel gas pipeline's some thoughts on risk assessment and recommendations, such as the human factors analysis, the serviceability, the relevance and pipeline integrity research.

Keywords natural gas pipeline risk assessment method

随着建设事业的高速发展,人们的环保意识越来越强,可以预见,在不久的将来,城镇对作为清洁能源燃料——天然气的需求必将迅猛增长,燃气输送管道必将快速兴建。我国现有燃气管道大多是上世纪70、80年代所建,它们大多面临腐蚀、破裂等问题,因而必须对管道进行维修、更换,但如果对所有将到期或超期的管道都更换,没有必要也不经济,而管道风险评价技术可以对这些作出评测,给出维修、更换、预防事故的合理建议,减少事故发生的几率,维护人们生命财产安全。同时管道风险评价既可用于已建管道,也可用于在建和拟建管道,为管道事业的发展做出应有贡献。本文介绍了我国城市燃气管道常用风险评价方法,并详细阐述了自己的独特构

想,与同仁共同探讨。

1 燃气管道风险评价国内研究技术进展及局限

风险评价是对事故发生可能与后果严重程度的综合度量,事先给出分析对象的风险预报。量化管道各管段的事故可能和后果严重度,评定其风险等级,进而实现分级管理和风险维修。国内从事管道风险评价的研究始于20世纪90年代中期,研究人员依托W.K.Muhlbauer的《管道风险管理手册》,提出了一系列切实可行的用于油气长输管线的评价方案,促使油气长输管道的风险评估技术发展迅速。虽然

我国学者已在长输管道方面进行了大量研究并取得了众多成果,但因我们自身条件限制,管道风险评价研究的许多领域尚未涉及,而对城市燃气管网(线)的研究则更显不足,“十五”科技计划将城市燃气管道的风险评估作为重点研究内容。而“十一五”国家科技支撑计划已将“城市市政管线的安全可靠性”作为重点项目专题,其中包含了燃气管线这一重要课题,由此可见管理层对燃气管道安全运营的重视,也表明了进行城市燃气管道风险评价的紧迫性和重要性。

城市燃气管网不同于油气长输管线,其附属设备众多,燃气管道风险影响因素(管网规划、管道设计、第三方破坏等)也较长输管线多许多,而且城市环境各不相同,燃气管道特性也有所不同,加之 70、80 年代我国城市燃气管道建设初期并没有保留相应的数据资料,导致进行风险评价研究的资料大量缺失,投入使用后的管道运行工况完全依靠人工记录,这些客观因素增加了建立城市燃气管道风险评价方法和模型的难度,削弱了管道风险评价的效用性和准确性、科学性。目前在城市燃气管道风险评价方面尚未形成系统、完整的风险评估技术,常用的评价方法对管道运行的各种缺陷无法做实际意义上的定量的描述,评分的人为主观性较大,评价结果与实际状况有许多差异,实际应用受到一定局限。鉴于我国目前的燃气管道管理和运行体制,对事故可能影响因素和控制措施以及事故后果严重度的评价更应考虑我国的价值取向,对社会、政治、经济等多方面因素进行综合分析后才能最终评定。因此,应该将管道的可靠性分析、检测评价和风险分析等技术有机结合,形成一整套完整性评价技术与方法,为管道的运行管理、检测、维修和更换提供全面、可行的依据和措施,提高现役管道运行的安全性和经济性,形成我国特有的管理、操作、运行、维护的措施和技术规范。

2 风险评价技术方法

风险评价根据潜在危险发生的概率确定风险的可接受程度,决定是否采取措施,以减少和降低潜在危险所带来的预期经济损失和人身安全。风险评价主要解决风险来源辨识、失效概率和失效后果评价

等方面的问题。风险评价方法按评判的准确性来分有定性、定量和介于前两者的半定量评价。前者对待评价对象做出定性评判说明;定量评价技术则利用统计概率论、可靠性技术等对风险做定量评价决策;半定量评价则介于两者之间利用数值体现指标重要性,兼顾二者优势,并能十分精确的进行评判。

2.1 定性风险分析

定性分析是找出系统存在何种危险及诱因,这些因素在何种条件导致管道失效以及对系统的影响程度,制定出预防措施。该方法基于决策科学和统计理论,对存在的风险进行感性评价,根据专家观点提供低、中、中高和高风险的相对等级评价结果,具有简便、直观、快速的特点,但不能量化事故发生的频率和损失后果。常用故障树分析法(或称 FTA)和故障类型及影响分析(或称 FMEA)。

FTA 运用逻辑演绎法分析产生事故的原因和结果及事件间的某种特定组合关系,找到规避事故的措施。从某一特定事故出发,运用逻辑推理识别出潜在影响因素,求出事故发生的概率,提出风险控制方案。

FMEA 建立在工程鉴定和预先准备好的工程数据的基础上,是一种能对元件或系统进行风险评估的方法。从失效可能和失效后果两方面以失效概率的形式对管线进行风险评价,为设备提供设计改进意见和为新项目提供指导,并处理有效信息,无需特别的软件支持,且能用成熟的风险模型为工程技术人员提供确定性指导。

2.2 半定量风险分析

管道风险半定量分析法以风险的数量指标为基础,对管道事故损失后果和事故发生概率按因素的权重值各自分配一个指标,运用算术法将事故概率和后果严重度指标组合,从而形成一个相对风险值,能够克服定量评价在实施中缺少数据的困难。常用方法有 W.K.Muhlbauer 的专家评分指标法和现在引入模糊数学的综合评价法。

目前我国风险研究者普遍采用 W.K.Muhlbauer 的专家评价模型。该法通过对引起管线失效的各因素进行评分,结合管线失效后果,形成一个相对风险指标来表示总的风险程度。可分以下几步:①综合考虑评价的精确性和最优经济性对被评对象合理分段;②对失效因素引起的危险大小分配评分指数和

权重;③根据资料对各管段评分并求指数和;④确定泄漏影响系数并计算相对风险值。

引入模糊数学进行燃气管道风险评价的半定量法,充分考虑城市燃气管网的纷繁复杂,承认失效因素和相互关系的模糊性,并进行定量计算。为使城市燃气管网评价结果更详细精确,充分发挥模糊数学适于非线性系统或系统数学模型不准确甚至难建立的优势,引入模糊数学方法将是极为有效的。通过专家使用模糊语言对失效因素引起管道失效的程度做出评判,构造权重向量和关系矩阵,得到模糊评判向量,从而对燃气管道的风险等级做出评价。

2.3 定量风险分析

定量风险分析利用随机变量和随机过程处理引起管道事故的因素,约定一个有明确物理意义的单位量化事故发生概率和损失后果,计算出管道的风险值,分析过程复杂但结果严密而准确,但必须建立完备的资料库,掌握裂纹扩展和管材腐蚀等机理,建立数学模型求解,结果精确性取决于原始数据的完整性、模型的精准性和分析方法的合理性。评价结果可用于安全、成本、效益的分析,这是前两类方法都做不到的。包括模拟仿真和概率法、结构可靠性评估等分析法。

模拟仿真和概率法利用蒙特卡洛原理从预先设定集合中随机抽样,对系统部件在多阶段出现的不安全情形进行计算机仿真,分析各阶段各元件可靠度因素,统计成败情况,评估每一组合发生的概率和造成的后果,区分各因素对风险影响的重要程度,得到所需的多种故障和相关安全指标,以概率分布表示各结果。

结构可靠性评估以失效数据、分析模型、构件状态假设等为基础,并结合最优化技术、经济分析,综合考虑由分布函数描述影响因素的随机变量,为结构可靠度的计算提供依据,确定是否需要维修或继续观察。对燃气管网而言,需做管道静态分析和寿命期内的综合分析,是近几年新兴起来的定量评价方法。

3 管道风险评价的思考和建议

3.1 建立评价的人因分析

随着加工工艺的发展,设备自身的可靠性也提

高,人的行为对系统安全性的影响也越来越大,人类心理存在潜在规律,情绪定律告诉我们,人百分之百是情绪化的。即使说某人很理性,但当这个人很有“理性”地思考问题的时候,也受到他当时情绪状态的影响。经笔者调查,发现在现今燃气管道风险分析中基本未考虑人因对评价的影响,而在燃气管网的潜在风险中,人的行为(风险评价人员和管网沿线的社会人)是很重要的因素,贯穿燃气管道风险评估的整个过程,对评价结果起决定性作用。有统计显示,近年来因人为失误引起的事故约占事故总数的80%~95%。其中单纯就燃气管道风险评价方面的影响因素而言,所涉及的人因笔者认为主要包括评价者的素质和管线周边的社会群体。

评价人员素质对管道风险评价的影响主要表现为:①缺乏实践经验,理论素养浅薄。体现在辨识隐患的洞察力和时效性差、对评价对象的深层理解不够,处理实际问题的能力不强等。②责任心缺失,敬业精神和意识不强。如实地取样避繁、难就简,调查数据不准确等。③公德意识和法律意识淡薄。体现在伪造数据,项目评价敷衍了事等。④评价人员的心理状态:体现在评价人员进行该项工作时的心情舒畅程度,态度端正与否,情绪状况如何。我们知道人是受情绪控制的动物,情绪心态的好坏直接影响到人的意识行为,情绪的波动直接影响办事的优劣。而就管线环境的社会群体而言主要包括:①管线周边人员的人文素养;②管线周边人员的安全意识;③管线周边人员的生活水平和环境等。这些因素对燃气管道的风险评价造成潜在影响,同时,研究中我们应当注重人的价值体现,值得我们深入研究。在对人的因素的研究中,涉及到行为学、心理学,社会心理学等方面的知识,人作为有思维能力和情绪化的动物,所实施的行为受到大脑意识的支配、调节以及心态变化的影响,故而人因在人类从事的各项活动中占有很重要的地位,在管道风险评价的众多方面牵涉到人的因素,笔者认为十分有必要对其进行深入研究。

3.2 建立合理的资料筛选制度

影响系统评价方案的优劣很大程度上受研究资料的影响,进行燃气管道风险评价前我们必须要做的一项工作就是采集、筛选资料,资料采集的好坏直接关系到整个评估工作的效率和效果。资料筛选主

要有以下几方面:①历史资料的详实性,它将直接影响管道风险评价方案的选取、制订研究内容和方法以及风险评价的后续工作。②资料采集手段:研究人员应尽可能的通过多渠道、多方式去获取研究对象的资料,综合采用试验测试、现场调研、走访管道设计方等获取资料,而今有些研究者图省事,采集方法单一,影响了评价结果的准确性。③资料的可信度和一致性,应仔细辨识资料的真伪,并尽可能亲自去获取研究对象的最原始资料,达到数据与评价对象的一致性,从而提高风险评价的可行性和可信度。

3.3 评价方式和模型的选取分析

城市燃气管道的特征与长输油气管道有许多差异,不能把评价长输管线的方法照搬套用。实际上,城市燃气管道不同类型因素所蕴涵的内容往往有本质的差别,各影响因素的关系错综复杂,有些因素的交互作用非常强烈,不宜忽略同类影响因素的相互关系,而应综合考虑这种关系并采用分散赋值、健全模型等办法评价。城市燃气管道在管道设计、施工、运行管理等方面有自身固有的特点,如城市燃气管网结构复杂、设计规划和建设周期、腐蚀与防护方式、缺陷检测等都跟长输管线有很大差异,在选择风险评估方法一定要考虑被评对象的特点以及可以获得资料,根据城市燃气管网的实际状况确定合理的评价模型。对某些城市管网的相似环境、相似状况可采取类比分析法对同类问题进行类比风险分析,节省分析时间、提高分析效率和效果。

3.4 建立燃气管网的完整性评价和管理体系

完整性评价和管理是指管道公司根据不断变化的管道因素,获取与专业管理相结合的管道完整性的信息,持续地对管道潜在风险因素进行识别和评价,并采取相应的控制对策,将风险水平始终控制在合理的、可接受的范围内,以最终达到减少和预防发生管道事故、经济合理的保证管道的安全运行的目的。包括对管道本体的适用性评价、管道和站场设施故障诊断、地质灾害评估等,并运用 IT 技术提升管道的完整性评价和管理水平。当前国内对城市燃气管道在完整性风险评价方面研究才刚刚起步,研

究面较窄,由于燃气管道广布于密集的居民区,对居民生活影响很大,因此,进行完整性风险分析显得尤为重要,为此我们应当联合相关专业,充分借鉴国外研究成果,加大力度对这些方面进行深入研究,促使管道运行管理更科学。

3.5 加快通用性、相关性及指标体系建立研究

现今我们针对燃气管道风险的研究仅局限于对管道局部和某一城市管网的研究,单独剥离各因素而未考虑因素间的相互联系,而实际影响因素是相互关联的,并且评估指标的选取方法不一致、不全面,或没有足够代表性使得对相同特性的管线也缺乏十分相近的认识。部分成果缺乏通用性,基本不能用于相似的城市燃气管网,管理层应组织制定一些通用的技术标准并加大这方面的投入。为此,笔者建议今后应加快管道风险评价的通用性研究,综合考虑并建立相对统一的技术标准和执行规范,做到既科学合理,又兼顾完备性、独立性、针对性、相关性,还能从总体上反映实际风险状况的指标体系以更好的指导燃气管道风险研究,提高城市燃气管网的安全水平。指标体系应力求符合具体情况,从实践中提炼指标,通过评价并应用于实践接受检验,不断完善通用性指标,对于特定系统,应该灵活处理。

4 结束语

城市燃气管道的风险构成是一个包含众多因素和复杂内在关联的体系,因此,我们必须利用决策理论,根据研究对象的实际情况建立合理模型,并选取适当的评价方法。风险评估不仅预测了系统发生各项事故的概率,而且分析了其发生的原因和造成的后果,评价结果还能真实反映城市燃气管网系统的安全状况,帮助改进和降低损害事件发生的可能性,给燃气公司提供合理预防信息,给管理层、操作者合理建议,进行最佳运行控制和提高对设备的可信度,从而带来较大的安全效益和经济效益,促进城市整体安全水平不断提高。