

# 我国燃气管道风险评估现状、差距及对策<sup>\*</sup>

孙永庆 张晓庆 张 峥 钟群鹏

(北京航空航天大学材料科学与工程学院)

孙永庆等. 我国燃气管道风险评估现状、差距及对策. 天然气工业, 2004; 24(5): 113~115

**摘 要** 随着风险概念的引入, 对燃气管道进行风险评估是实现燃气管道从安全管理向风险管理、从经验管理向科学管理过渡的必要技术手段。综述了近年来国外燃气管道风险评估领域在评估体系、失效可能性和失效后果等方面的研究进展和应用成果, 以及我国燃气管道风险评估的现状、主要应用成果和技术贡献。研究指出: 我国主要在获取可靠原始数据等方面与国外先进水平之间存在着较大差距, 这直接阻碍了我国燃气管道风险评估技术的应用和发展。对造成这些差距的原因进行分析后认为: 弥补这些差距不能仅依靠照搬国外的先进技术; 主要还应在建立全国性的管道数据库等几方面采取对策, 以构建适合我国国情的燃气管道风险评估体系。最终的结论是我国在燃气管道风险评估领域完全能够实现自主发展。

**主题词** 气体燃料 输气管道 灾害 风险分析 综述 中国

近年来, 由于风险这一概念的引入, 传统的安全管理正在向风险管理的方向过渡, 盲目的被动维修也正在向预知性主动维修过渡<sup>[1]</sup>。燃气管道及其附属设施(包括阀门、调压器等)是一个十分复杂的系统, 包含了复杂的管道自身结构情况和地面环境情况, 在输送燃气时存在着爆炸、火灾、人员伤亡和设施损坏的危险性, 与燃气输送、使用有关的灾难性事故也时有发生。虽然有关单位制定了严格的安全生产管理条例, 但目前多数规范都是反应性的, 并不具有预见性。而及时预见危险发生的时间、地点以及可能的事故后果则是实际中迫切需要的。对燃气管道进行风险评估和风险管理是实现科学管理行之有效的措施。

## 燃气管道风险评估的现状

### 1. 国外燃气管道风险评估

#### (1) 燃气管道风险评估体系

20 世纪 70 年代, 美国首先开始借鉴经济学和其他工业领域中的风险分析技术来评价油气管道的风险性。美国的 PRCI(Pipeline Research Committee International)针对美国和欧洲的输气管道事故数据进行了分析和分类, 归纳总结出 22 种引起管道失效的“基本因素”<sup>[2]</sup>, 其中只有 1 种因素的本质原因是

“未知的”, 即不能确定它的本质特性。其余的 21 种失效因素则按照其本质和发展特性分为 9 种, 进而又按照它们与时间的关系分为 3 类, 如表 1 所示。

1985 年美国 Battelle Columbus 研究院发表了《风险调查指南》, 在管道风险分析方面运用了评分体系法; 1992 年 W. Kent. Muhlbaier 编著了《管道风险管理手册》一书, 详细叙述了管道风险评估模型和各种评估方法, 已为世界各国所普遍接受且作为开发风险评估软件的惟一依据<sup>[3]</sup>。

燃气管道风险评估的技术进展主要集中于管道的失效可能性研究, 许多研究者进行了定量的研究工作。如 Kiefner 和 Vieth 的对于管道缺陷进行了定量评估工作<sup>[4,5]</sup>, 这最终为美国 ASME 的 B31G 所采纳, 用以评价管道的表面缺陷<sup>[6]</sup>。不少研究者不断对该方法进行完善, 由最初的单一研究腐蚀引起的管道寿命预测<sup>[7]</sup>, 过渡到考虑管道周边环境多种因素共同作用下管道的可靠性预测<sup>[8]</sup>。

#### (2) 燃气管道风险评估的应用

20 世纪 90 年代初期, 美国的许多油气管道都已应用了风险管理技术来指导管道的维护工作, 出台了许多风险评估的规程和标准, 如 ASME B31. 8S、API PR581<sup>[9]</sup> 等。这些标准的出台对燃气管道风险管理技术有很大的指导作用。目前国外的管道

<sup>\*</sup> 本成果为国家十五科技攻关课题资助项目(2001BA803B03-01)。

**作者简介:** 孙永庆, 1978 年生, 博士研究生; 研究方向为机械(含构件)的失效分析及预测预防。地址: (100083) 北京市北京航空航天大学 10-11 信箱。电话: (010)82317108。E-mail: y. q. sun@sina.com

表1 PRCI 针对输气管道总结出的失效“基本因素”

|                       |                  |                                                          |
|-----------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| 一、发生变化且变化规律与时间关系密切的因素 | 1. 外腐蚀           |                                                          |
|                       | 2. 内腐蚀           |                                                          |
|                       | 3. 应力腐蚀          |                                                          |
| 二、稳定存在的失效因素           | 4. 与生产制造有关的缺陷    | 焊缝缺陷<br>管材缺陷                                             |
|                       | 5. 与焊接、装配有关的缺陷   | 管道周向焊接有缺陷<br>管道焊接装配有缺陷<br>起皱或翘曲<br>螺栓掉落/管道破裂/接头失效        |
|                       | 6. 与设备有关的失效      | 衬垫或密封圈失效<br>控制/排放设备故障<br>密封/捆扎失效<br>装备混杂                 |
| 三、发生变化但变化规律与时间无关的失效因素 | 7. 第三方/机械破坏      | 由第一方,第二方,或第三方引起的破坏(瞬间/随后失效)<br>管道先前曾遭受破坏(延时失效模式)<br>蓄意破坏 |
|                       | 8. 误操作           | 错误的操作程序                                                  |
|                       | 9. 与自然和外力有关的失效因素 | 严寒<br>闪电<br>暴雨或洪水<br>地层运动                                |

风险管理技术正在向成熟应用阶段过渡。至今美国许多管道公司都已进行了风险管理或开发出了风险管理软件,取得了良好的社会效益。

## 2. 我国的燃气管道风险评估

在我国,最早由潘家华在1995年全面介绍了美国的管道风险管理手册<sup>[10]</sup>,引起国内学术界的广泛关注。国内对于燃气管道风险评估方法进行了一定的探讨,借鉴了国外研究成果,提出了一系列实用的风险评价方法,并在管道的腐蚀剩余寿命、多因素影响下的管道可靠性、管道的定量风险评估等方面进行了卓有成效的研究,解决了不少实际工程问题。在工程应用方面,2000年姚安林等对达卧线天然气长输管道进行了风险评估,并编制了风险管理软件。2001年10月,科技人员应用Muhlbauer的评分体系法对乌鲁木齐市煤气(天然气)管道工程成功地进行了风险评估<sup>[11]</sup>。西气东输工程立项阶段,有关部门对该工程和下游节点进行了全面的风险分析和评估,保障了工程的顺利建设。以上工作的开展,对提高我国油气管道风险评价技术水平起到了重要的推动作用。

## 我国燃气管道风险评估存在的差距

由于我国燃气管道在设备和管理水平上同国外相比还存在着一定的差距,所以我国的燃气管道风

险评估将面临以下几方面的问题。

### 1. 获取真实可靠的原始数据

我国燃气管道在投入使用后的运行情况全部依靠人工记录。在一些服役期较长的管线系统中,很难将管线的历史运营数据整理齐全。此外由于缺少行业内标准化、规范化的运营数据管理方法,对管道运营的历史资料必须耗费大量人力将其分门别类地进行归纳和总结。这些客观实际情况,削弱了燃气管道原始数据的真实性和可靠性,增加了收集原始数据的难度。另一方面,由于我国的智能清管技术不发达,致使许多管道不具备使用智能清管器的通行条件,因此要掌握燃气管道系统中存在的缺陷其难度很大。

### 2. 辨别我国特有的风险因素

在我国目前的燃气管道管理和运行体制下,有很多中国特有的管理、操作、运行、维护的措施和规范。这些措施和规范对于燃气管道发生失效的抑制作用与国外的措施相比是不一样的。此外,估计事故造成的后果是管道风险评估中的重要环节,必须考虑我国的实际情况。如对人身伤亡损失和环境污染损失的计算,必须通过专家和经营者对包括社会的、政治的、经济的多方面因素进行综合分析后才能最终评定。

### 3. 建立定量风险评估的概率模型

使用定量风险评估方法首先需要将各类影响因素处理成随机过程或随机变量,如何构造概率模型以描述燃气管道的载荷和结构的完整性便成为了关键问题。我国过去对有关管道所受各种载荷的概率模型的研究进行得很少,必须通过大量的实测研究工作来确定主要影响因素的概率模型。

## 我国燃气管道风险评估的对策

我国能源行业在中国加入世界贸易组织之后的相当长的一段时间内,都将面临日趋激烈的国际、国内竞争,而风险评估作为燃气管道现代管理技术的必要性和现实意义已被越来越多的科研技术人员所认同。但目前在我国开展燃气管道风险评估的工程仍将面临许多问题,需要我们积极应对。

### 1. 建立全国燃气管道的信息数据库

为了丰富我国燃气管道运行的历史数据,建立全国性的数据库系统势在必行。为了使管道信息数据库具有规范性和通用性,我国燃气管道主管部门应尽早制订管道信息数据库的基本要求和录用标准,并组织人力将各地所辖燃气管道的历史参数按要求进行录入,为研究开发我国的管道风险评估体系作好基本数据准备。管道数据的收集必须全面,必须综合考虑对管道安全造成威胁的所有(21种)因素,并且应确保其真实性和可靠性。

### 2. 风险评估的标准化

为了更好地借鉴国外先进成熟的技术经验,避免重复研究,有必要对我国评估方法的建立和对评估结果的认证等进行一系列的标准化。燃气管道风险评估本身是一项循环进行、不断优化、自我更新的工程活动,对这些技术性的工作流程应加以详细的规范化,以利于总结和经验交流。对风险评价的结果进行认证也是一个重要的环节,可以确保评估结果有效并与实际的操作经验相符。这些技术也需要进行标准化以利于推广应用。

### 3. 识别潜在模糊因素的影响

国外的风险评估应用实践表明,在评估过程考虑更多的影响因素,将得到更为准确的评估结果。燃气管道的风险构成是一个包含了众多因素和复杂内在关系的体系。这些因素之间的内在关系是客观存在的,并具有一定的模糊性,难以使用确切的计算公式进行表达。但评分体系法中的一条前提性的基本假设即是认为各个影响因素之间相互独立<sup>[3]</sup>,显然,这是该风险评估体系目前尚存在的一个缺陷。承认各类影响因素的模糊性,把影响燃气管道风险

构成的模糊因素纳入管道风险评估体系之中,可以更为准确地描述客观事实,提高管道风险评估结果的准确性。

## 结束语

尽管我国在燃气管道风险评估和风险管理这一领域的应用研究工作才刚起步,但只要广大科研人员达成共识,认清我们的主要差距和应解决的问题,学习和吸收国外先进的研究经验,采取行之有效的研究方法并加快步伐,就一定能尽快建立起适合我国国情的燃气管道风险评估体系和风险管理系统,改善我国燃气管道的管理方式,提高燃气行业的经济效益并确保全国燃气管道的安全运行。

## 参考文献

- 1 吴宗之. 建立我国工业事故风险管理制度的探讨. 中国安全科学学报, 1995; (增刊): 183~186
- 2 ASME B31. 8 S 2001. Supplement to B31. 8 on management system of gas pipeline. ASME B31. 8—2001, New York, 2001
- 3 Muhlbaue W K. Pipeline risk management manual. — 2nd ed. Gulf publishing company
- 4 Kiefner J F. Failure stress levels of flaws in pressurized cylinders. ASTM STP536. American Society for Testing and materials, 1973: 461
- 5 Kiefner J F *et al.* A modified criterion for evaluating the remaining strength of corroded pipe. Final Report on Project PR 3—805. Columbus: Battelle Memorial Institute; 1989
- 6 ASME B31G. Manual for determining the remaining strength of corroded pipelines. ASME B31G—1991, New York, 1991
- 7 Ahammed M. Prediction of remaining strength of corroded pressurized pipelines. Int J Pres Ves Piping 1997; 71: 213
- 8 Duane S Cronin *et al.* Prediction of the failure pressure for complex corrosion defects. Int J Pres Ves Piping 2002; 79: 279~287
- 9 American Petroleum Institute. Risk based resource document API PR581. 2000
- 10 潘家华. 油气管道的风险分析. 油气储运, 1995; 14(3): 11~15
- 11 刘俊杰等. 油气管道风险评价在安全评价中的应用. 油气田地面工程, 2003; 22(1): 71

(收稿日期 2003-09-01 编辑 居维清)