

# 城市燃气输配管网系统危机管理的研究

天津大学管理学院(300072) 林广利 尹贻林  
 天津理工大学管理学院(300384) 陈伟珂  
 天津工业大学管理学院(300160) 付 聪

**摘要** 近年来频繁发生的城市燃气事故对居民生命财产安全造成巨大威胁。为保障城市燃气管网系统的安全运行,针对城市燃气输配管网系统的危机管理研究十分必要。基于此,本论文针对天津现役燃气管网系统实际情况,以城市燃气输配管网系统作为危机管理的研究对象,对其危机管理中的风险辨识、风险分析与评价、事故后果分析、预警及应急几个环节进行研究,以做到针对所发生的燃气事故进行有效的应急行动,达到控制事故的发展并最终消除的结果。

**关键词** 燃气管网 危机管理 风险评价 预警 应急

## Study on City Gas Distribution Network System Crisis Management

School of Management ,Tianjin University Lin Guangli, Yin Yilin  
 School of Management ,Tianjin University of Technology Chen Weike  
 School of Management, Tianjin Polytechnic University Fu Cong

**Abstract** The gas accidents have had an enormous threat to the safety of life and property of urban residents. In order to guarantee the safe operation of city gas pipeline network system, study of crisis management about the urban gas transmission and distribution pipeline network system is necessary. According to the Tianjin actual gas pipeline system and taking the city gas distribution network system as a study target of crisis management, in this paper, risk identification, risk analysis and evaluation, analysis of the accident consequences will be studied, so as to take some serious measures to the gas accidents, control them and eliminate the results of accidents ultimately.

**Keywords** gas network crisis management risk evaluation warning emergency

### 1 前言

城市燃气输配系统是城市公用基础设施的重要组成部分,由于埋地金属管道长期在土壤和燃气杂质的联合腐蚀作用下,加上城市发展建设活动对燃气管道的侵扰,使得燃气管道有发生泄漏、爆炸等事故的可能性。天然气的爆炸极限很低,仅为5%~15%,属甲类化学危险品,稍有泄漏,很容易与空气混合形成爆炸性混合气体,遇火源将会引发火灾爆炸事故,并造成重大经济损失、人员伤亡和环境污染。

因此,了解和掌握管网系统的运行状态,分析导致燃气事故突发的危险因素以及可能性后果,预防和控制城市燃气事故,降低事故发生后所造成的危害,是城市突发燃气事件危机管理研究中的关键内容。

本文将从3个体系对城市燃气事件危机管理进行研究,具体研究思路如图1所示。

### 2 城市燃气管网事故风险评价体系

针对城市燃气输配管网自有的风险,本文提出

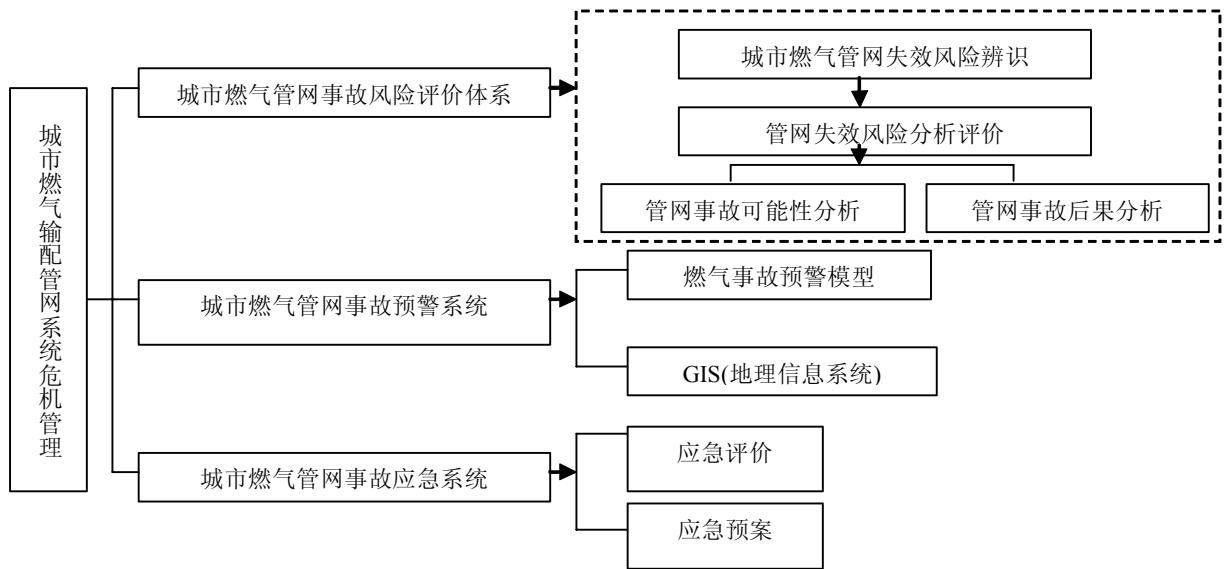


图1 城市燃气事件危机管理研究思路

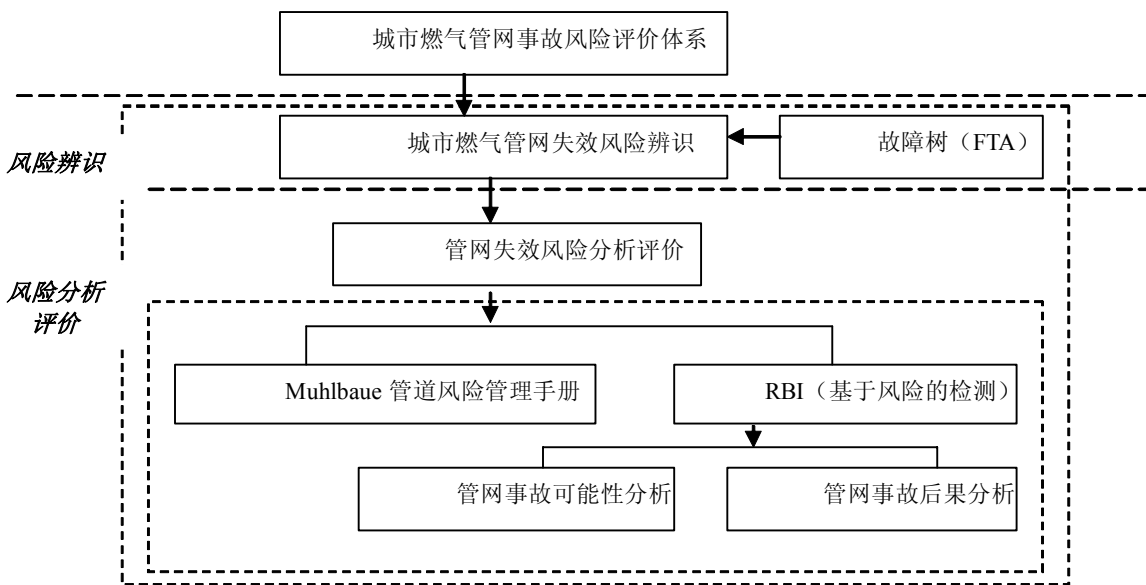


图2 城市燃气管网事故风险评价体系

将故障树分析(FTA)法,管道风险指数评价法及基于风险的检测(RBI)3个方法组合联用,实现风险辨识—风险分析—风险评价,形成了一套完整的风险评价方法体系(如图2所示)。三种方法联用有以下优势:

第一,发挥故障树分析(FTA)在危险辨识中的方法优势,充分考虑燃气管网系统的部件组成,实现了对燃气管网系统的完整的危险辨识。

第二,采用管道风险指数指标的分类体系对故障树危险源辨识结果进行分类分析,实现了对危险源的快速分类,提高了对燃气管网风险因素分类分析的系统性。

第三,有效解决了故障树分析(FTA)在定量评价中缺乏基础数据统计来源的问题,采用管道风险指数评价法及基于风险的检测(RBI)来分别完成风险评价的定量分析。

第四,用基于风险的检测(RBI)方法对燃气管网失效后果进行了全面的分析和定量评价。

## 2.1 风险辨识

燃气事故危险源辨识的目的是确定系统的风险因素,以便加以预防和控制,降低事故造成危害的严重程度<sup>[1]</sup>。根据燃气系统的特性,本文采用故障树分析方法来识别燃气管网事故危险源,对故障树进行定性分析以确定管道风险的主要影响因素,通过求得最小割集来分析导致管道燃气泄漏的基本事件。

选择“城市燃气管网事故”作为顶端事件,引起管网事故的失效原因为次顶事件,采用类似方法继续深入分析,直到找到代表各种故障事件的基本事件为止。按逻辑顺序分别依次建立了(1)城市燃气管网事故故障树;(2)城市燃气管网失效故障树(3)管网附属设备失效故障树;(4)管道泄漏故障树;(5)管道腐蚀穿孔故障树;(6)第三方破坏故障树。采用下行法求解最小割集。通过对失效因素的分析,结论表明,腐蚀破坏、管材缺陷和第三方破坏是城市燃气输配管网的主要失效影响因素。因此,强化管材的抗蚀能力、腐蚀检测、管道制造监督及施工监督、巡线、法律规则的制约、安全意识普及等都都对管道风险起到很大的控制作用,在制定风险降低策略时也应该考虑这些方面。

## 2.2 风险分析评价

### 2.2.1 管道风险指数评价法

根据对风险因素的辨识分析,首先基于管道风险指数评价法建立城市燃气输配管网系统风险指数评价体系,将其详细分项范围分为4个指数<sup>[2]</sup>,构建了第三方损坏指数、腐蚀指数、设计指数、误操作指数4个子因子的指标体系,对各指标进行了权重的确定,描述了指标的评分标准和方法,编制了详细的评分工作表,完成对风险因素的分析与定性评价。并以天津市为例,具体进行了风险分析与评价。

### 2.2.2 RBI(风险检测评价方法)

RBI方法定义运行设备的风险为两个单独术语的组合:失效后果和失效可能性。如图3所示。

该分析方法有定性分析、半定量分析、定量分析3种。它们的共同点在于为风险筛选、潜在高风险区域的识别和进一步检测或分析、编制设备项的优先排序提供了一个系统的途径,而且都可给出风险评估的措施<sup>[3]</sup>。本论文采取半定量的RBI方法进行风

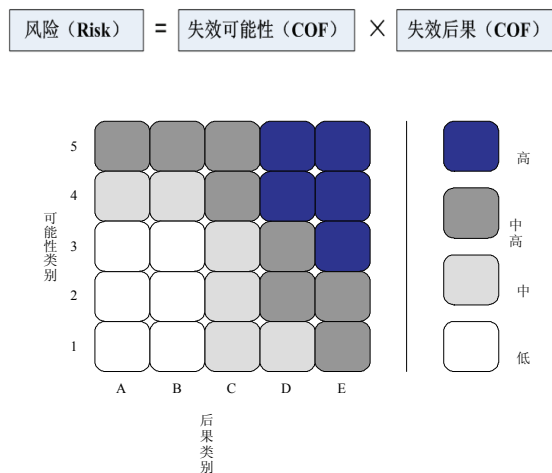


图3 RBI风险图

险评估。步骤如下:

(1)失效可能性分析。技术模块是评估特定的失效机理对失效概率的影响的系统方法。针对研究对象输气管道系统存在的破坏机理情况,主要涉及到3种失效模式,即腐蚀减薄 $T_1$ 、应力腐蚀开裂(SSC、HIC/SOHIC- $H_2S$ ) $T_2$ 与外部腐蚀 $T_3$ 。根据城市燃气输配管网的特点,筛选、确定并建立了本论文的技术模块此因素T值为各种失效模式下损伤系数的总和,可用公式表示: $T=T_1+T_2+T_3$ 。

根据T值的范围转换为所对应的可能性类别(分A\B\C\D\E 5档)。

(2)失效后果分析。根据城市燃气输配管网的特点,修订了失效的泄漏后果影响区公式(包括对人员的伤亡和对设备的破坏两组后果面积公式),计算所得后果面积对应值转换为失效后果等级,(分A\B\C\D\E 5档)。

(3)绘制RBI风险图,得出风险评价等级。编制了评价工作表,可操作性强,具体指导实际工作中的应用。

## 3 城市燃气管网事故预警系统

本研究构建的预警系统由两部分组成(图4)。一部分是事故后果预警模型,由小孔泄露模型、高斯扩散模型、喷射火模型、爆炸模型组成。另一部分是

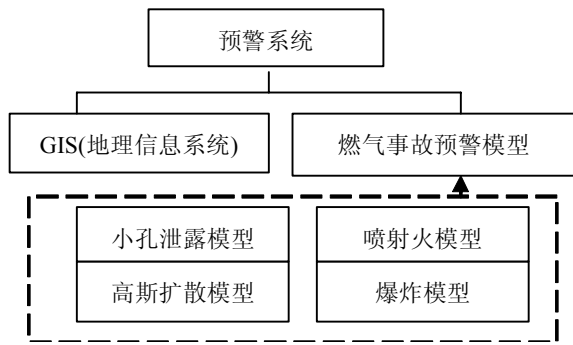


图4 城市燃气管网预警系统

天津市燃气集团自身配备的燃气管网GIS系统。

### 3.1 燃气事故预警模型

燃气泄漏造成的最大危险在于由其引起的火灾和爆炸事故。研究燃气泄漏扩散规律及火灾、爆炸事故的伤害范围是燃气安全领域研究的重点，也是预测、分析和评价燃气事故后果的重点。

对城市燃气输配管网系统泄漏后果进行系统分析，筛选适合城市管道燃气失效事故的泄漏、扩散以及火灾爆炸模型，确定了小孔瞬时泄漏模型、高斯烟羽扩散模型，喷射火模型及超压爆炸模型为城市燃气输配管网失效的泄漏扩散以及后果分析适用模型，通过分析城市输配管网特点，建立燃气事故预警模型，实现预测事故伤亡范围及后果分析。

### 3.2 GIS(地理信息系统)

GIS(Geographic Information System)是一个以地理数据为研究对象，以空间数据库为核心，采用多种数据分析与建模方法，实时提供多种空间和动态资源与环境信息，为科研、管理和决策服务的计算机应用系统<sup>[4]</sup>。

城市公共安全决策就是在最短时间内处理大量与灾害相关的空间和属性数据，合理调配各种资源，组织应急扑救，以减少灾害的影响范围。这里的灾害范围不仅包括灾害源的空间布局、实质环境状况、关键设施状况、应急救援力量等实体范围，而且涉及社会经济领域非实体因素，如人口分布、财产分布等。因此，城市公共安全决策作为一个动态系统的运行过程，其复杂的灾害影响范围需要强有力的信息分析工具的支持，地理信息系统(GIS)是解决这一问题的有力工具。

### 3.3 预警系统的建立

采用MATLAB,VC++语言编辑开发了事故分析功能模块，通过与ARCGIS数据平台的接口编辑，实现了模块嵌入，构建了基于GIS的城市燃气输配管网事故预警系统。借助GIS数据平台系统的可视化优势和数字管网地图信息数据库有效地实现了燃气泄漏点的警戒区域的划分和警情分级预报，实现了事故后果预测预警实时分析与应急预案启动的联动功能，为采取有效的应急措施提供了决策支持。其操作界面如图5所示。

## 4 城市燃气管网事故应急系统

对城市燃气输配系统的应急系统进行研究，主要包括应急预案编制和应急能力评价两个方面(图6)。

### 4.1 应急预案

编制城市燃气突发事件的应急预案，构建了天津市燃气输配管网系统突发公共事件的三级应急预案体系和文件体系，划分了综合预案与专项预案。对各部分内容的编制制定了相关内容指南和流程规定。

### 4.2 应急评价

评价燃气管道应急能力，需要对各个指标在整个评价体系中的重要程度(权重)用具体的数字进行度量。对于通常采用的层次分析法(AHP)，在实际应用中所建立的判断矩阵往往都不是一致矩阵，这就将导致评价指标间权重系数的排序关系的错乱。这里本文采用权重的另一种算法，即G1赋权法。G1赋权法是一种主观赋权法，特点是确定各指标权重过程中不需要构造矩阵，无需一致性检验，计算量比AHP法明显减少，方法可操作性强，便于应用<sup>[5]</sup>。

首先建立城市燃气输配系统的应急能力评价体系，分设7个一级指标，分别为应急预案；应急救援能力；监测预报能力；快速反应能力；应急保障能力；培训和宣传；后期处置能力。分别对各个一级指标细化列出了共31个二级指标。对指标的含义和评分标准进行了说明。运用G1赋权法对该评价体系进行系统的应急能力评价，评价结果经验证与实际一致。

## 5 结论

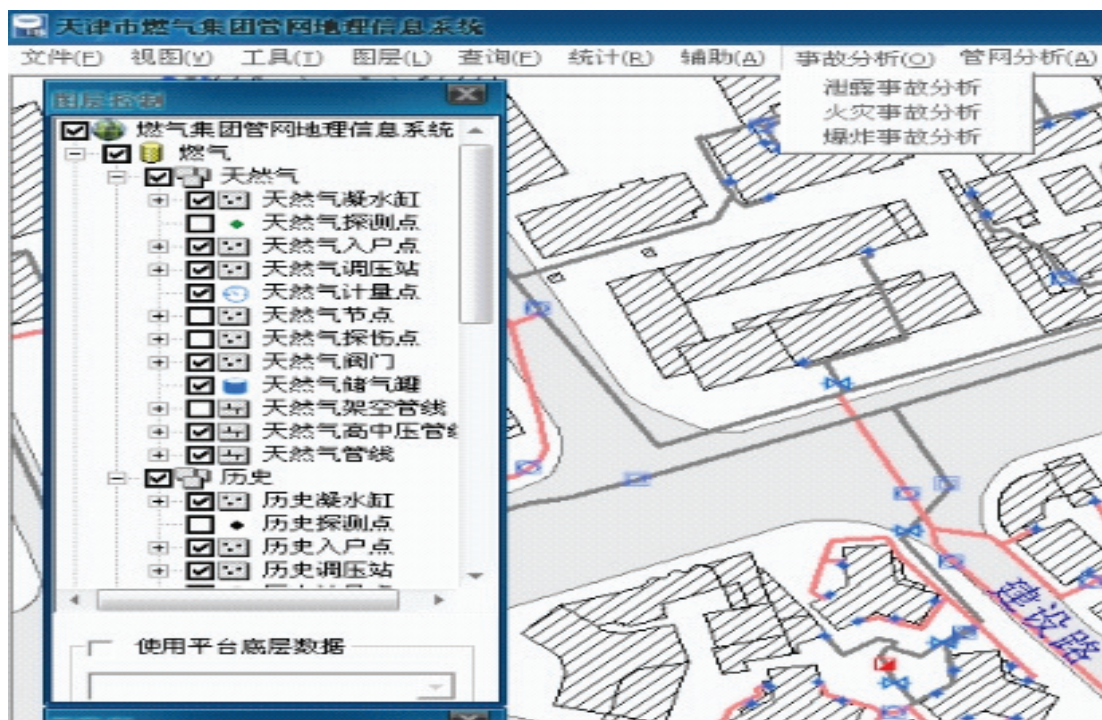


图5 天津市燃气集团管网预警系统操作界面

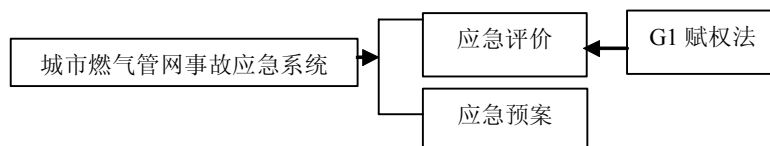


图6 城市燃气管网事故应急系统

本文首先多方位、多层次地辨识了城市燃气输配管网系统风险因素,并对其进行风险评价,最终建立一套城市燃气管网事故风险评价体系。然后结合泄露模型、扩散模型、火灾模型、爆炸模型准确地确定事故泄漏量及泄漏扩散的危险范围,并结合天津市燃气集团的 GIS 平台构建了燃气事故预警系统。最后应急系统的建立将有效帮助领导层实施应急预案,最大程度地降低事故灾害所造成的损失。

保障城市燃气管网系统的安全运行,是城市公共安全工程防灾减灾的最重要组成部分之一。城市燃气输配管网系统危机管理的研究成果将提高天津市燃气集团燃气管网运行的安全性,减少突发燃气事故,保障广大人民群众安定生活,促进社会和谐发

展。

#### 参考文献

- 1 黄小美.城市燃气管道系统风险评价研究[D].重庆:重庆大学,2004.
- 2 管道风险管理手册[M](第二版).北京:中国石化出版社,2005.
- 3 徐胜,艾志斌.基于风险的检验在福建炼化公司的应用[J].石油化工设备技术,2006,27(5):5-11
- 4 佟少臣,董华,涂爱民.基于地理信息系统的燃气紧急事件的管理[J].煤气与热力,2005,25(3):24-27
- 5 刘建,郑双忠,邓云峰等.基于 G1 法的应急能力评估指标权重的确定[J].中国安全科学学报,2006,16(1):30-33