

燃气工程输配系统安全性评估方法研究与实践

宗承磊（泰安泰山港华燃气有限公司，山东 泰安 271000）

摘要：城镇燃气输配系统的安全性评估，是保障燃气安全稳定运行的重要环节。本文基于城镇燃气输配系统的组成和特点，介绍了城镇燃气输配系统的安全性评估方法，运用统计分析、现场检查等方法、借鉴国内外先进的经验和技术方法、运用概率综合评判方法等，对城镇燃气输配系统的安全性进行评价。然后，通过对城镇燃气输配系统安全性评估措施的分析，提出了加强设备维护和管理、加强管道施工和维护质量管理、加强安全教育和培训、建立健全的安全管理制度等措施。最后，对燃气输配安全性评估的挑战进行分析，并对燃气输配安全性评估方法予以展望。

关键词：城镇燃气；输配系统；安全性评估；统计分析法；现场检查法；概率综合评价法

天然气是一种清洁、高效的能源，在国家政策的推动下，我国城镇燃气事业蓬勃发展，燃气管网建设规模也在不断扩大。但是，城市燃气是城市能源供应的重要组成部分，然而燃气具有易燃、易爆的特点，燃气在储存、输送过程中容易发生火灾、爆炸，造成人员伤亡、财产损失，有必要对城市燃气输配系统进行安全评价，以便及时发现和消除安全隐患，对保证天然气供应的安全和稳定至关重要。

1 燃气输配系统概述

1.1 城镇燃气输配系统的组成

城镇燃气管网是城市“生命线”的重要组成部分，对城镇燃气管网的安全运行起着至关重要的作用。门站起着严格的“把关者”的角色，接受来自气体源的天然气，它既要对气体进行精筛，去除杂质，又要对气体流量进行准确的测量，准确地掌握气流速度，调整气压在合适的范围内，为后续输送做好准备。储配站相当于一个“能量储存库”，它通过贮存天然气满足不同时段的需求变化，对天然气的供需进行有效调节^[1]。调压站扮演着“压力调节器”的角色，精确调节用户所需的压力。作为天然气输送的“主干道”，天然气管道可分为地下和架空两种形式，承担着将天然气输送到城市的各个角落的任务。阀门及附属设备如同忠诚的“卫士”，严格控制燃气流量，全方位保障管道的安全运行。

1.2 城镇燃气输配系统的特点

城镇燃气输配系统具有鲜明的特征，它们分布极为广泛，如同一张巨大的网，覆盖了整座城市的每一个角落。管网结构复杂，纵横交错，连接着众多的气源、门站、储配站、调压站以及数以千计的用户。它与人们的生活和企业生产息息相关，是保障人们生活和经

济发展的重要基础设施。然而，多数管道埋于地下，工作环境复杂多变，如土壤中的化学物质会对管道造成腐蚀，降低管道寿命；地震、滑坡等地质灾害会破坏管线结构，给管道带来安全隐患；第三方施工稍不注意，也极易导致管道损伤。此外，城镇燃气输配系统用户数量庞大，涵盖了不同类型的居民和企事业单位，对燃气的需求也有较大的差别。居民生活燃气、燃气取暖、企业燃气加工，根据用户的不同，燃气压力也不同。为了确保天然气的稳定供应，保障居民生命财产的安全，保障城市正常运转，对系统的可靠性和安全性提出了更高的要求。

2 燃气输配系统安全性评估方法

2.1 统计分析法

统计分析方法就是通过分析天然气管道的历史数据，分析天然气管道泄漏和事故发生的频率和规律，从而判断天然气管道是否存在安全隐患和风险。该方法能够较好地反映事故的统计特征，有利于采取有针对性的安全管理措施。但是，统计分析方法的建立依赖于历史数据的全面和精确，所以在数据收集和整理上还需要进一步加强。

2.2 现场检查法

现场检查法是指通过现场检查天然气管道，了解管道的运行情况和维修记录，判断管道的老化和损伤程度，从而评价管道是否存在安全隐患和风险。该方法可以直观地发现设备的缺陷，及时采取整改措施。为保证检测结果的准确性和可靠性，现场检测必须有专业人员参与^[2]。

2.3 概率综合评价法

概率综合评价法，也就是根据事故的基本致因因素，确定事故发生的概率，再利用数理统计中的概率

分析方法,获得事故基本致因因素间的关联度,或整体评价系统的发生概率。然后,将主要影响因素分为失效可能性和后果,评估管道本体、附属设备等发生概率和环境因素对后果的影响程度,并根据失效可能性等级和失效后果等级综合评判评价单元等级。运用概率综合评估法,对煤矿安全风险进行定量评估,为制定有针对性的安全管理措施提供科学依据。

2.4 借鉴国内外先进经验和技术方法

借鉴国内外先进经验和技术方法,对天然气管网进行安全评估,是一种行之有效的方法。借鉴国外的先进经验,尤其是美国的天然气管网安全性评估方法,对于完善我国天然气管网的安全性评估体系,具有十分重要的现实意义。在此基础上,结合我国实际情况,对相关方法进行本土化改革和创新,以提高绩效考核的针对性和实效性。

3 燃气输配系统安全性评估指标

3.1 失效可能性

在管网系统中,管道本体、阀井、调压器等设备的运行状况,对系统的稳定运行有着重要的影响。首先,随着设备使用年限的增加,设备性能会逐渐退化,可靠性下降,出现故障的可能性也随之增加。例如,长时间运行在恶劣环境中的管道,会因为腐蚀而变薄,更容易出现断裂和泄漏。其次,维护状况对故障的可能性也有很大的影响,定期、优质的维护能够及时发现并消除潜在的隐患,有效降低失效风险。反之,若不及时维修或维护不当,则可能导致设备隐患不断累积,最终导致设备失效。最后,设备运行环境也不能忽视,复杂的地质条件、恶劣的气象条件等对设备产生不利影响。综合分析各影响因素,采用特定的评估方法和模型,能够更加准确地获得设备失效的概率,进而采取针对性的防范措施,保障输电线路的安全运行。

3.2 失效后果

失效后果指的是输电线路在发生故障后,因环境因素不同,对输电线路产生不同程度的影响。在人口密集的地区,一旦发生燃气泄漏、爆炸等事故,给人民群众造成了很大的损失。另外,建筑物的密度也是重要的因素之一,随着建筑密度的增加,火的传播也会越来越快,从而引发火灾等二次灾害,影响范围越来越大,对周边建筑和设施的破坏也越来越大。此外,地形也是不可忽视的一环。如在山区,输配系统失效将引发泥石流、泥石流等地质灾害;在低洼地带,渗漏液易积聚,造成环境污染和其他安全隐患。

4 燃气输配系统安全性评估措施

4.1 加强设备维护和管理

随着时间的推移,燃气输配管网逐渐老化,然气管道泄漏故障也呈上升趋势,所以加强管网的巡查,对重点地段布控、对违章行为及时制止是否切实到位是管网安全运行的最有效的手段。首先,管网设备的稳定运行是确保燃气供应安全的根本,定期对设备进行全面检查、检修,及时发现并消除隐患,是十分必要的^[3]。在平时的工作中,要用先进的检测手段对管网中的各类设备进行认真检查,如阀门、调压箱、计量表等,及时发现老化或破损的部位,并及时更换。其次要建立完善的设备管理制度,确保设备维护工作的标准化和制度化。从制度上,明确设备维护人员的职责,明确设备的日常巡检、定期维护、故障维修等各个环节的职责划分。同时,要根据不同设备的特性和工作特点,制定科学合理的维护周期,使设备得到及时有效维护。

4.2 加强管道施工和维护质量管理

燃气管网施工和维修质量的好坏,直接关系到管网的安全性和使用寿命。在施工过程中,建设单位需要严格按照国家和行业规范要求,从材料的选择、铺设、焊接、防腐等各个环节进行严格的质量控制。①建设单位应建立健全质量管理体系,加强施工全过程的监督、检查,确保施工各环节均达到规范要求;②定期组织专业技术培训,使施工和维护人员了解最新的施工工艺和技术,增强施工技术和质量意识;③要加强职业道德教育,增强员工的责任感和使命感,让他们认识到自己的工作对管网安全的重要性。

4.3 加强安全教育和培训

燃气管网操作人员是确保管网安全运行的第一线人员,他们的安全意识和操作水平直接关系到整个管网的安全运行。因此,加强对作业人员的安全教育和培训具有十分重要的意义。安全教育应包含燃气安全基本知识、操作规程、应急处置等内容,此外,为了提高操作人员的技术水平,必须对其进行定期的技能培训。培训内容包括设备的操作、维护技巧和常见故障的处理,通过理论讲解和实际操作的结合,使员工掌握各种设备的操作技能,提高应变能力。

5 燃气输配系统安全性评估的挑战与展望

5.1 挑战

5.1.1 数据收集与整理

天然气管网系统的数据来源广泛,涵盖了管道建

设、运行维护、事故记录等多个方面，但各部分数据标准不统一，难以进行数据整合。有些老管线在使用过程中存在着历史数据的缺失和缺失，一些重要的信息如管道材料和安装年代等都不准确。实时数据采集设备可能发生故障或不精确，会影响数据的准确性和时效性。此外，由于数据所涉及的部门和单位较多，存在数据壁垒，难以实现共享^[4]。因此，需要建立一个统一的数据标准和规范，对历史数据进行清理和补充，优化数据采集设备和技术，加强各个部门间的沟通和协作，打破数据壁垒。

5.1.2 评估方法的选择与应用

天然气管道系统结构复杂多样，不同地区的天然气管道因其材质、运行环境及用户需求等方面存在较大差异，对其设计有重要的指导意义。现有的评估方法大多基于国外的经验和理论，存在一定的局限性。此外，一些评估方法具有理论性强、实际操作难度大、需要大量数据支撑等特点。因此，有必要充分了解燃气输配系统的特点和实际需求，对现有评估方法进行深入研究和比较，结合我国国情进行本地化改造和创新，同时加强对评估人员的培训，提高其应用能力。

5.1.3 评估结果的解读与应用

量化评估结果通常比较抽象，对于非专业人员而言，难以了解其重要性及重要性。从风险值、概率等结果到具体的安全管理措施和应急预案，都要考虑到整个系统的实际情况和可能遇到的各种风险，这就要求我们对天然气输配系统有全面的了解和丰富的实践经验。另外，不同企业和部门对绩效评估结果的重视程度和应用能力也存在差异，这可能导致成果无法被有效地转化为实际行动。为此，应加强素质教育教学成果的解读和宣传，使员工充分认识到素质评价的重要意义。同时，成立专业团队，根据评估结果，制定有针对性的安全管理措施和应急预案，加强对企业和部门的指导和监督，确保成果的有效利用。

5.2 展望

5.2.1 智能化评估技术的发展

人工智能和大数据技术可以对海量天然气管网进行快速分析和处理，从中发现安全隐患和风险规律。在此基础上，构建基于传感器和物联网的智能监控系统，实时采集系统的工作参数（压力、流量、温度等），并将数据传输到分析平台，对异常状态进行预警。然后，建立基于智能评估技术的输配系统评估模型和参数，以实现系统运行状态和风险的动态调整，提高评估的准确性和时效性，为输配系统的安全运行提供更

加可靠的保证。

5.2.2 评估体系的完善与标准化

在统一标准和规范的基础上，实现不同地区、不同企业安全评价结果的可比性，便于行业之间的比较和交流。利用该方法，可以找出系统中普遍存在的问题和薄弱环节，从而有针对性地制定安全管理措施。并构建一套涵盖燃气管网、管网设备、管网运行管理等各方面的综合评价指标体系，确保燃气管网评估的全面性和系统性。

5.2.3 跨部门协作和信息共享

天然气管网安全评价涉及燃气工程、安全工程、信息技术、新材料等多个领域，开展跨领域合作，可以充分发挥各自的专业知识和技术优势，为评价工作提供更全面、更深层次的支持。例如，通过与材料科学的合作，可以开发出更加安全耐用的管道；更先进的软件和监管系统可以在信息技术领域开展合作。信息共享机制打破了部门和企业之间的“信息孤岛”，实现了数据的互联和共享，提高了评估的精确性和有效性。在此基础上，加强与其他行业专家和企业的交流，借鉴他们的先进经验和管理模式，促进了燃气管网安全评估技术的创新和发展。

6 结束语

天然气管道运输安全评价是保障天然气供应安全和稳定的重要环节，分析和评价天然气输配系统中的风险因素，及时发现和消除安全隐患，制定有针对性的安全管理措施。本文归纳了统计分析法、现场检查法、概率综合评价法、国内外先进经验和技术方法等内容。认为应加强设备的维护和管理，加强管道建设和维护质量管理，加强安全教育和培训，建立健全的安全管理制度，以此提高评估的质量和水平。

参考文献：

- [1] 张玉宝. 城镇燃气管道输配系统供气可靠性的研究 [J]. 中国化工贸易, 2024(22):91-93.
- [2] 郑洪峰, 蒋瑜, 杨小林. 城镇燃气管网输配系统安全运行管理研究 [J]. 中国化工贸易, 2024, 16(10):94-96.
- [3] 沈浩. 燃气三联供复合系统运行能效及经济性分析 [D]. 重庆: 重庆大学, 2022.
- [4] 刘住明. 燃气工程项目中的燃气输配技术 [J]. 砖瓦世界, 2024(13):136-138.

作者简介：

宗承磊（1986.02—）男，汉族，山东泰安人，本科，研究方向：主要从事城镇燃气安全管理、安全督导检查，燃气工程技术措施制定、燃气工程安全质量验收等。