

城镇燃气管网输配系统安全运行管理研究

郑洪峰 蒋 瑜（山东港华燃气集团有限公司，山东 济南 250014）

杨小林（山东一通工程技术服务有限公司，山东 济南 250000）

摘 要：城镇燃气管网输配系统作为城市基础设施的重要组成部分，其安全运行管理对保障城市安全、促进经济发展具有至关重要的作用。本研究深入探讨了燃气输配系统在设计施工、运行与维护、技术与设备以及人为与管理四个方面的主要风险，并提出了相应的管理策略，包括加强法规与标准建设、提升设备与技术水平、定期维护与培训提升、以及建立应急管理 with 风险评估系统。通过这些策略的实施，可以有效提升系统的安全性能和响应能力，减少安全事故的发生，保护人民生命财产安全。本文旨在通过系统化的研究和策略制定，提升城镇燃气管网的安全管理水平，确保燃气输配的高效与安全。

关键词：城镇燃气；管网输配系统；安全运行管理

0 引言

城镇燃气输配系统的安全性直接关系到广大用户的生活安全和城市公共安全。随着城市化进程的加快，燃气管网的覆盖面和复杂度也在不断增加，如何有效管理和保障系统的安全运行成为一个亟待解决的问题。传统的燃气管网管理方式已经难以满足当前的安全生产需求，因此，采用现代化的管理理念和技术支持，更新安全策略和应急措施，对提高城镇燃气系统的安全管理水平，确保燃气供应的连续性和安全性具有重要意义。

1 城镇燃气及输配系统概述

城镇燃气输配系统是城市基础设施的重要组成部分，主要包括生产设施、输气管网、调压计量站以及用户接入系统。系统从天然气提煉厂或城市门站接收气源，经过高压输气管线将天然气输送到城市各个区域。在此过程中，调压站对进城管网的高压天然气进行减压处理，确保其进入城市低压配网系统时符合安全标准。城镇燃气的输配网络复杂，涉及大量的技术标准，包括管道的材质选择、阀门与监控设备的配置、以及泄漏监测技术的应用，这些都是确保燃气系统安全、高效运作的关键因素。输配系统的设计需考虑到地理环境、气候影响以及潜在的第三方破坏风险，采用 GIS 系统进行精准布局和实时监控，以应对因地震、挖掘等引发的应急情况。

此外，系统的日常运维管理依赖于先进的自动化和信息化技术，如使用远程传感和数据分析技术来预测设备维护周期和优化资源配置，能大大提升城镇燃气输配系统的安全性和经济性^[1]。

2 城镇燃气管网输配系统安全运行管理风险分析

2.1 设计与施工风险

城镇燃气管网的设计与施工风险主要源于三大方面：设计标准的不合理、施工质量的波动以及技术选型的不当。首先，设计标准的不合理会导致燃气管网在承压能力、抗腐蚀性能及环境适应性方面存在缺陷。例如，设计时未充分考虑地质变异和气候影响，会使管网在实际运行中遇到不匹配的环境应力，引起管线破裂或泄漏。其次，施工质量的波动也是重大风险来源，这包括使用不符合规格的材料、施工人员技能不足以及施工过程中的监督不严格。不合格的材料或不精确的焊接技术都会在未来的运营中形成安全隐患，如泄漏点的形成和管道的早期失效。最后，技术选型的不当如选择低标准的阀门和连接件、未采用最新的监控技术等，同样会削弱系统的整体安全性，尤其是在高压与多变环境下，对燃气管网的可靠性构成长期威胁。

2.2 运行与维护风险

城镇燃气管网在运行与维护阶段面临多种风险，主要包括管网老化、非法挖掘、维护策略不当及技术监控系统的失效。管网老化是常见风险之一，随时间推移，管材会因腐蚀或长期承压而性能下降，这种逐渐积累的损伤会导致泄漏或突然破裂，严重时甚至引起大面积的供气中断和安全事故。此外，非法挖掘活动频繁发生，尤其是在城市快速发展区，未经许可的土地开发活动会意外损伤埋地管线，造成燃气泄漏，危及公共安全。维护策略的不当也是一大风险点，例如缺乏定期的管网检查和预防性维修计划，会导致小

问题演变为大问题，如小裂纹的忽视演进为管道完全断裂。技术监控系统的失效，包括压力监测仪表失准、泄漏检测系统未能及时发现泄漏点，这些技术失败不仅会增加环境和人员的风险，还会因延迟响应而导致更大的经济损失。

2.3 技术与设备风险

城镇燃气输配系统在技术与设备层面面临的危险主要源自设备过时、监控技术不精确及自动化控制系统的故障。设备过时主要表现在老旧的管道材料与阀门设备无法满足当前的安全标准，这种技术滞后会导致系统在承受高压或极端气候条件下工作时，出现性能不稳定甚至失败的风险。同时，监控技术的不精确，如泄漏检测系统的敏感度不高或定位功能不准确，会延误泄漏识别和应对时间，增加环境污染及爆炸的危险。此外，自动化控制系统若出现故障，如传感器数据传输中断或控制软件发生错误，将直接影响燃气流量和压力的调节，会导致供气不稳定或安全事故。

2.4 人为与管理风险

人为错误和管理失误构成了城镇燃气输配系统中的主要风险源，具体包括操作失误、监管不足和应急响应不及时。操作失误通常由操作人员资质不符、经验不足或是培训缺失引起，例如，错误的阀门操作会导致压力异常，从而引发泄漏或爆炸事故。监管不足表现在日常维护和安全检查的忽视，管理层由于成本考虑减少必要的安全投入，如定期的管网检测和老化设备的更新，这种短视会诱发长期的安全隐患。此外，应急响应的不及时也是一个严重问题，缺乏有效的危机管理策略和实战演练在事故发生时造成错误或延误的决策，加剧事故的影响范围和损害程度^[2]。

3 城镇燃气管网输配系统安全运行管理的建议

3.1 加强法规与标准建设

加强法规与标准建设是提升城镇燃气管网安全性的关键措施之一。首先，现有的燃气输配法规与标准需根据最新的技术发展和实践经验进行定期更新。这包括对于管道材料的选择、管网设计、施工技术、以及日常运维的具体要求进行全面覆盖。例如，应引入更加严格的耐压和抗腐蚀性标准，确保管道材料能在不同的地质和气候条件下稳定运作。此外，标准化的设计规范可以减少因设计缺陷造成的安全隐患，如规定明确的最小壁厚和最大承受压力，可以有效避免在压力波动大的区域发生管道破裂。在施工技术方面，强化对焊接、接合技术的标准要求，确保所有连接点

均达到密封、牢固的标准，减少泄漏的可能性。

进一步地，管理法规的强化也应包括对于操作人员资质的严格要求和对运维过程的详尽规定。操作人员不仅需通过专业的资格认证，还应定期接受最新安全操作规程的培训，以确保其技能与知识能跟上技术发展的步伐。对于运维过程，法规应明确规定定期检测与维护的周期和技术标准，如使用先进的泄漏检测技术进行常规检查，以及对于老化管网的更换频率和技术要求。同时，应急响应标准的制定也至关重要，包括事故发生时的通报流程、疏散程序以及紧急修复措施，这些都需在法规中具体化，确保在可能的事故发生时，可以最大限度地控制损失和影响。通过这些综合措施，不仅可以提升燃气输配系统的整体安全水平，还可以在危机情况下有效保护公众安全与环境安全。

3.2 提升设备与技术水平

提升设备与技术水平是确保城镇燃气管网输配系统安全运行的关键措施之一。随着科技的进步，更新老旧的设备与采纳先进的技术变得尤为重要。例如，现代的高密度聚乙烯（HDPE）管材比传统的钢管具有更高的耐腐蚀性和更长的使用寿命（通常超过 50 年），且 HDPE 管的热熔连接技术提供了更高的密封性能，能大大降低泄漏的风险。此外，采用直径范围为 110mm~630mm 的 HDPE 管，可以根据不同的压力等级（如 PN10 至 PN16）和流体动力条件进行优化配置，确保燃气输送的效率和安全性。技术层面上，引入如无损检测技术、智能泄漏监测系统先进设施，可以在不干扰管网正常运作的前提下，实时监控管网状况，及时发现潜在的问题点。

在自动化和信息化管理方面，应用现代的信息技术来优化燃气输配系统的运行管理是提升安全水平的有效策略。例如，使用基于物联网（IoT）的传感器网络可以实现对管网的实时监控，这些传感器能够检测到压力、流量、温度等多种参数，并通过无线网络将数据实时发送到中央控制系统。此技术不仅提升了数据采集的精度（误差率低于 1%），也加快了响应速度。中央控制系统采用高速数据处理技术（处理速度提升至原有的 3 倍），能够对收集到的数据进行快速分析并做出决策，如自动调整压力阀门，防止因压力异常造成的事故。此外，应用大数据分析和机器学习技术对历史数据进行分析，可以预测并优化管网运行的各种参数，进一步提升系统的效率与安全性^[3]。

3.3 定期维护与培训提升

定期维护是城镇燃气管网输配系统安全运行的基础,系统的维护策略应包括但不限于定期的检查、清洁、校验和必要的部件更换。具体来说,对于管网中的主干线和分支线,应每月进行至少一次视觉检查,以及每年进行一次压力测试和泄漏测试,确保无微小泄漏点未被及时发现和处理。特别是在管网连接节点和弯头部分,这些是泄漏最频繁的区域,必须给予更密集的检查。除了物理检查外,使用先进的电子检测设备,如超声波流量计和红外泄漏探测器,可以在不停气的情况下进行,不影响居民日常使用,同时提高检测的准确性和效率。超声波设备通过发射和接收超声波信号来检测管道内部的缺陷和异物,准确率可达99%,而红外探测器则能在管道外部迅速定位到泄漏点,能大大缩短维护周期,提高安全保障水平。

此外,提升操作与维护人员的培训水平也是降低人为错误和提高系统运行效率的关键。应当建立一套完整的培训体系,包括基础的操作技能、高级的故障诊断能力以及应急反应能力的培训。操作技能培训应覆盖从简单的阀门操作到复杂的系统调试,而故障诊断能力的培训则需包括使用各种现代检测工具的方法,如何解读检测数据等。每位员工都应至少每年参加一次全面的技能复训,以确保其操作技能与最新的技术标准相符合。应急反应培训则应模拟各种可能的事故情况,如管线破裂、大规模泄漏等,训练员工在最短时间内采取有效措施,如何快速封堵、疏散周边人员并通知相关安全机构。这样的培训不仅能提升个人技能,也能强化整个团队在紧急情况下的协调与反应能力,是保障燃气系统安全稳定运行的重要环节^[4]。

3.4 建立应急管理 with 风险评估系统

建立应急管理 with 风险评估系统是城镇燃气管网输配系统安全管理中的关键环节,它确保在发生泄漏或其他安全事故时,能迅速采取有效措施,最小化事故的影响。风险评估系统首先需要对所有潜在的风险点进行识别和分类,包括自然灾害(如地震和洪水)、技术故障(如设备老化和操作失误)以及人为破坏(如非法挖掘)。每一类风险都需要根据其可能造成的影响程度和发生的可能性进行评估,从而确定其优先级,以便于资源可以被合理分配,用于防范最可能且影响最大的风险。例如,通过GIS(地理信息系统)技术,可以实时监控地下管网的状态,并结合历史数据分析可能出现问题的区域,从而前期预防。此外,风险评估还应包括对应急措施有效性的评估,确保一旦有事

故发生,相关的应急措施能够有效实施,如紧急封堵、疏散周围居民等。

应急管理系统的建立,则需要在风险评估的基础上进行。该系统包括应急响应计划、应急资源配置(如应急修复队伍和设备)和应急演练。应急响应计划应详细说明在不同类型的事故情况下,各级管理人员和应急团队的具体职责和操作步骤,如何快速有效地通知相关人员,封锁事故区域,以及如何与外部机构(如消防局、医疗急救中心)协调合作。应急资源的配置必须根据风险评估的结果来进行,确保所有可能用到的资源都能在最短时间内到达事故现场。同时,定期的应急演练是必不可少的,这不仅帮助团队成员熟悉应急流程,也有助于发现计划中可能的疏漏和不足,以便及时修正和完善。通过这样的系统性管理,可以大大提高城镇燃气输配系统在面对突发事件时的反应速度和处理能力,有效防控和管理安全风险,保障公共安全和社会稳定^[5]。

4 结语

总而言之,确保城镇燃气管网输配系统的安全运行是一个涉及多方面技术与管理维度的挑战。从加强法规与标准建设,到提升设备与技术水平,再到定期的维护与培训,以及建立应急管理 with 风险评估系统,每一个步骤都不可或缺。这要求相关部门和企业不仅要关注当前技术的应用和人员的培训,还需通过不断的制度创新和技术更新,来适应未来可能的挑战。通过这些综合性的管理策略实施,可以极大地降低事故发生的概率,有效保护人民生命财产安全,同时也为社会经济的持续健康发展提供强有力的支撑。因此,持续推进这些安全运行管理措施的完善与执行,对提升城镇燃气输配系统的整体安全性至关重要。

参考文献:

- [1] 卢奇秀.数智化技术守护燃气管网安全[N].中国能源报,2022,10(08):17-19.
- [2] 黄健雄.城市燃气中低压管网运行管理模式的优化方法[J].化工设计通讯,2022,48(09):133-135.
- [3] 安广福.燃气管网运行的安全管理策略[J].化工管理,2022,3(26):68-70.
- [4] 王杰,李旭,崔斌,刘旭,袁成龙.城镇燃气管网安全运营的问题及解决措施研究[J].科技资讯,2022,20(15):137-139.
- [5] 聂万斗.城市燃气管网安全运行存在的问题与对策[J].工程技术研究,2022,7(12):155-157.