

城镇燃气管道天然气安全运行管理策略

翁晓霞（南京益美沃电子科技有限公司，江苏 南京 211500）

摘要：城镇燃气管道系统作为城市基础设施的重要组成部分，其安全运行事关公共安全和城市正常运营。鉴于此，本文详细探讨了城镇燃气管道的类型与构造，分析了其运行过程中的物理性和化学性风险因素，并系统地评估了这些风险的影响。本文进一步阐述了安全运行的管理策略，包括建立完善的管理体系、严格的技术和操作规范，以及有效的应急管理 with 事故处理机制。通过这些策略的实施，可以显著提高管道系统的安全性，确保天然气供应的连续性和效率。本文旨在通过综合管理策略，优化天然气管道的安全运行框架，提升应急响应效率，从而保障城镇燃气供应的安全与可靠。

关键词：城镇燃气管道；天然气；安全运行；管理策略

0 引言

城镇燃气管道天然气作为一种清洁能源，其安全有效的供应对现代城市的能源安全和环境保护至关重要。随着城市化进程的加快，燃气管道网络也日益庞大与复杂，相关的安全管理问题随之突显。燃气管道的泄漏、爆炸等事故频发，不仅造成重大的人员伤亡和财产损失，更对社会稳定和公众安全构成威胁。

1 城镇燃气管道的类型与构造

城镇燃气管道主要分为高压管道和低压管道两大类，具体类型包括钢质管道、聚乙烯管道和复合管道，每种类型在设计与构造上都有其独特的技术标准和安

全要求。钢质管道因其耐高压特性主要用于主干线输送，特点是能够承受更大的输送距离和压力，但安装成本和维护成本较高；聚乙烯管道则主要应用于分布网中，这种材料具有良好的抗腐蚀性和柔韧性，适合城镇中低压气体的输送，同时由于重量轻、易于连接，广泛应用于新建小区和老旧管网的改造。

复合管道则结合了金属管和塑料管的优点，兼具耐压和抗腐蚀的特性，适合特殊环境下的天然气输送。在构造上，除了管道材质的选择，还包括连接方式和附件的设计，例如焊接、法兰连接以及使用阀门和调压设备，这些都是确保管道系统安全、稳定运行的关键技术。

每种管道在安装前都必须经过严格的压力测试和泄漏测试，确保其在实际运行中的安全可靠。此外，随着技术的进步，更多的高科技检测与维护技术也被应用，如使用内窥镜技术和智能机器人进行管道检查，能大大提高检修效率和精确度，减少人为因素导致的安全隐患。

2 管道天然气的运行风险分析

2.1 风险识别

2.1.1 物理性风险因素

在城镇燃气管道的运行中，物理性风险因素主要包括管道泄漏、爆炸和外部冲击损伤等。管道泄漏是最常见的风险之一，主要由管道老化、材料疲劳、焊缝缺陷或安装质量不佳造成。特别是在管道接头、法兰盘和阀门等部件，如果密封不良或因振动松动，均会导致甲烷等天然气成分泄漏，形成潜在的安全隐患。天然气一旦泄漏，其与空气混合达到一定比例时极易发生爆炸，爆炸的冲击波可以对人员造成伤害、破坏周边设施甚至引起更大规模的连环反应。

此外，外部冲击也是一个不可忽视的风险点，例如在施工过程中机械设备意外撞击管道，或者自然灾害如地震和洪水导致地面变形，都对管道完整性构成威胁。对于埋地管道，土壤沉降或腐蚀也会导致管道断裂或变形。

2.1.2 化学性风险因素

化学性风险因素在城镇燃气管道系统中主要表现为天然气的腐蚀性和化学不稳定性。首先，虽然天然气主要由甲烷组成，但其杂质如硫化氢和水蒸气会引起严重的化学腐蚀问题，特别是硫化氢，即便是极小的含量也足以对管道内壁造成硫化腐蚀，导致管道强度减弱和使用寿命缩短。

此外，天然气中的二氧化碳和水蒸气能生成碳酸或酸性环境，进一步加速管道材质如碳钢的腐蚀速率，这种腐蚀若及时发现，将极大地危害管道的结构安全。化学不稳定性也是一个重要风险，例如在天然气输送过程中，若管道内部形成的局部高压环境导致甲烷分解，会生成更小分子的烃类气体或自由基，这些

活性分子不仅会引发内部更复杂的化学反应，增加爆炸的风险，而且还通过反应生成的微粒侵蚀管道内壁。管道内气体的这种化学活性需通过精确控制化学成分和维持适当的压力、温度标准来管理，以防止化学反应引起的结构损坏或潜在的安全事故。

2.2 风险评估方法

2.2.1 定性评估方法

定性风险评估方法在城镇燃气管道天然气安全运行管理中，主要用于初步识别和分类风险，以及判断风险的接受程度。此方法包括但不限于故障树分析（FTA）、事件树分析（ETA）和 HAZOP（危害及可操作性研究）。

通过故障树分析，可以从一个具体的不良事件（如管道爆炸）反推会导致该事件的各种原因，例如管道腐蚀、材料失败或操作错误等，此分析通常以逻辑符号表示不同原因之间的逻辑关系，如“与门”（AND）和“或门”（OR），从而揭示复杂问题的多个因素。事件树分析则从一个初始事件（例如管道泄漏）出发，通过顺序发展的分支展示可能的事件进展路径，以及每个路径点的概率，常用于评估事故发展的不同结果及其概率。

HAZOP 技术则通过系统地审查过程和操作中的每一个步骤，识别偏离正常操作的情况，评估导致的风险，这种方法特别适用于复杂系统或新技术应用，能有效识别设计与操作中的潜在风险。这些方法的共同点是通过专家组的讨论和分析，依赖于参与者的经验和直觉，不需要复杂的数学计算，但能提供重要的风险透视，帮助决策者理解风险的根源和性质，从而做出更为明智的管理决策。

使用这些方法时，通常会参考历史数据和类似案例，例如，根据过往事故的发生频率和严重性分类风险等级，如将事件发生的概率定义为“很可能”（>10%）、“可能”（1%-10%）、“不太可能”（0.1%-1%）和“极不可能”（<0.1%），以此来指导具体的安全措施的制定。

2.2.2 定量评估方法

定量风险评估方法在城镇燃气管道的安全管理中扮演着核心角色，它通过精确的数学计算来预测风险事件发生的概率和潜在的影响，从而为风险管理提供数据支持。这一方法包括概率安全评估（PSA）、风险矩阵法以及故障率计算等。在进行概率安全评估时，通常采用“事件树”和“故障树”的分析结果来计算

特定事件发生的概率，以及其对人员、环境及财产造成的损害程度。例如，通过分析历史故障数据，可以得到特定部件的年故障率，如阀门的故障率为 0.0001 次/设备·年，这种数据可用于进一步的系统可靠性分析。

风险矩阵法则结合了事件的发生概率和后果严重性来评估风险等级，通常定义为三个维度：可能性、频率及影响。例如，一个事件的发生可能性为 1%（偶然），频率为每年发生 1~2 次（较频繁），后果严重性为导致大规模停气（灾难性后果），通过风险矩阵可以将此类风险定级为“高风险”。

此外，故障率计算是通过统计分析特定时间内的故障次数与总运行时间的比例来实施的，用于估计设备或组件的平均失效间隔时间（MTTF），这是衡量部件可靠性的重要指标。

3 安全运行管理策略

3.1 管理体系建设

在城镇燃气管道天然气的安全运行管理中，构建一个科学的管理体系是确保运行安全的基石。这个体系应当包括组织结构的合理设置、明确的责任体系、以及高效的监控与控制流程。首先，组织结构必须设计为层次分明，从高层管理到现场操作人员都需有明确的职责与权限，确保信息的流动和决策的执行都能够高效准确。例如，高层管理负责制定安全政策和目标，中层管理负责具体的策略实施与监督，而现场操作人员则直接执行这些策略，并进行日常的监控和维护工作。

此外，责任体系的建立则需依据实际操作流程，对每一个关键节点定义具体的责任人，从管道的设计、建设、维护到紧急响应每个环节都不留歌隙，通过明确责任到人，能极大地增强安全管理的针对性和有效性。

具体到监控与控制流程的建设，应采用现代信息技术和自动化技术来提升系统的反应速度和准确性。监控系统应包括但不限于实时数据采集系统、远程监控中心和自动报警系统。实时数据采集系统能够通过传感器网络持续监测管道压力、温度、流量等关键参数，这些数据被实时传输到远程监控中心，任何异常指标都将触发自动报警，迅速通知操作人员进行处理。

此外，监控中心的建设还应考虑到数据的大规模处理与分析，使用先进的数据分析技术如机器学习算法对历史数据进行深入分析，可以有效预测潜在的风

险点，从而采取预防措施。例如，通过分析特定区域和时间内的故障率与外部因素（如气候变化、工程作业等）的关系，可以辅助决策者优化维护计划和应急预案，提高天然气管道系统的整体安全性和可靠性。

3.2 技术与操作规范

在城镇燃气管道系统的安全运行管理中，技术与操作规范是核心组成部分，直接关系到整个系统的运行效率和安全性。技术规范主要包括管道的设计标准、建设规范、检测技术要求以及维护技术规程。具体来说，管道设计必须符合国家或国际上关于高压和低压燃气管道的严格标准，包括对管道材料、厚度、连接方式等方面的具体规定，以确保管道在长期运行中能承受内部气体压力及外部环境的影响。建设规范则涉及到管道的铺设方法、焊接工艺以及试压操作，每一步都需严格遵循专业指导书籍和安全标准来执行，以避免因工程质量问题引发安全事故。

此外，检测技术要求定义了管道系统在运行前后需进行的各项技术检测，包括但不限于超声波检测、射线检测和气密性测试，这些检测能有效识别管道中的微小裂纹、腐蚀及其他潜在的安全隐患。

操作规范则详细规定了管道系统的日常运行、监控以及应急响应标准操作程序（SOP）。在日常运行中，操作规范要求操作人员定期对管道系统进行巡检，监测系统的实时数据，包括压力、温度和流速等，一旦发现数据异常，必须立即按照预定程序调整或停止运行，确保不发生危险情况。

监控方面，规定了使用先进的监控系统和技术，如SCADA系统，这种系统能实时收集和分析数据，当检测到任何越界值时，能自动调整操作参数或者触发报警，操作人员应依照规范进行响应，确保问题被及时处理。应急响应规范则涉及到管道系统在遭遇意外（如管道破裂、火灾或其他危机）时的处置措施，包括紧急关闭系统、疏散区域人员、通知相关安全机构和快速修复损坏的管道等，这些操作必须快速、准确无误地执行，以最小化事故可能造成的伤害和损失。

3.3 应急管理 with 事故处理

应急管理 with 事故处理策略是城镇燃气管道系统安全运行管理中不可或缺的一部分，旨在对突发事件做出快速有效的响应以保护人民生命财产安全和环境。首先，应急管理的首要步骤是建立一个全面的应急响应计划，该计划需要详细描述在不同类型的事故情况下的具体响应流程。例如，对于管道泄漏或爆炸，计

划中应包括立即切断泄漏区域的气源，快速疏散周围居民，以及通知消防和医疗救援机构。

此外，该计划还需定义各类事故的报告协议、通讯链和责任人，确保在事故发生的第一时间内，所有相关部门和人员能够得到快速准确的信息，以协调一致的行动。同时，应急预案也需定期进行演练，确保所有参与人员熟悉操作流程，能在危机发生时迅速且有效地响应。

在事故处理方面，一旦接到事故报告，相关部门必须迅速启动应急预案，并按照既定流程操作。事故现场的初步应对措施包括隔离事故区域，防止事故扩散；评估事故影响，包括潜在的危害和紧急修复需要；及时修复损坏的管道部分，恢复系统的正常运行。所有事故处理活动必须记录详细，包括事故的性质、处理过程、涉及人员和最终结果，这些记录对于后续的事故分析和防范具有重要意义。

4 结语

总而言之，确保城镇燃气管道天然气的安全运行，需通过构建完善的管理体系、严格的技术与操作规范，以及高效的应急管理 with 事故处理机制。一个科学的管理体系能够为天然气管道的安全运行提供坚强的组织保障，明确的责任分配和高效的信息流通是其核心内容。技术和操作规范的制定和执行是预防风险的第一道防线，能确保所有操作都按照高标准执行，从而最大程度地减少事故发生的可能性。同时，一旦遇到紧急情况，快速而有序的应急响应和事故处理流程可以有效控制事故扩散，最小化损失。只有这样，才能真正实现天然气管道的安全、稳定和高效运行，保障公共安全，促进社会和谐稳定。

参考文献：

- [1] 刘啸奔, 王宝栋, 张东等. 地表载荷作用下含缺陷燃气管道安全评价 [J]. 中国安全科学学报, 2021(10):127-135.
- [2] 豆连旺. 天然气长输管道与城镇燃气管道安全管理对比 [J]. 煤气与热力, 2021(06):38-40.
- [3] 张斌. 城镇燃气管道安全监管现状及建议实践思考 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022(14):58-59.
- [4] 蔡玲超. 加强安全管理措施防止燃气管道第三方施工破坏 [J]. 上海煤气, 2021(6):34-36.
- [5] 付青云, 李尧斌. 基于声波法燃气管道单双点泄漏安全检测研究 [J]. 安全, 2022(7):53-56.