

城镇燃气长输管线设计的可靠性与经济性平衡探讨

郑 晨（大连红昇工程设计有限公司，辽宁 大连 116000）

摘 要：在探讨城镇燃气长输管线设计时，为解决燃气管线在保证安全稳定运营的同时，降低建设和运营成本的需求，本文通过深入分析管线设计原则、可靠性、经济性以及影响管线可靠性等关键因素，提出在设计阶段注重可靠性与经济性的协调统一、在施工阶段强化质量控制与成本控制、在运维阶段提升管理水平与应急响应能力策略。城镇燃气长输管线设计采用这些方法，实现长输管线设计可靠性与经济性平衡，为城镇燃气管线的建设发展奠定了基础。

关键词：城镇燃气；长输管线；可靠性；经济性；设计原则

现代城市化发展速度加快，对能源需求量不断增长，保证燃气管线运行的安全性、稳定性已经成为城镇燃气长输管线设计首先考虑的问题。城镇燃气长输管线的可靠性是设计首要原则，保证管线的质量和安全，保护人们生命财产安全不受侵害。同时，城镇燃气长输管线设计中经济性分析必不可少，如果忽略经济性会导致后期维护成本升高，也会增加企业负担，对燃气管线的建设和运营造成不利影响。基于此，深入分析城镇燃气长输管线设计的可靠性与经济性，实现两者平衡才能为城镇燃气管线的建设和运营提供有力支持。

1 城镇燃气长输管线设计原则

1.1 安全性原则

城镇燃气长输管线设计中安全性是首要原则，任何设计和施工活动都必须在安全基础上进行，避免燃气管线投入使用时发生泄漏、火灾、爆炸事故。基于此，城镇燃气长输管线设计时遵守国家标准和行业规定，选择质量优越、耐腐蚀的管材以及连接件，保证燃气管网的可靠性、密封性，结构强度合格。同时，城镇燃气长输管线设计时分析地质条件、气候环境等，燃气管网设置必要的防护层，从而降低安全事故发生概率^[1]。

1.2 可靠性原则

城镇燃气长输管线设计时保证其可靠性，满足长期稳定运行的需求。为能达到燃气管网的可靠性要求，设计过程中需综合分析管道材质、结构布局、运行维护等因素，保证在极端条件下也能避免发生任何安全事故。因此，在城镇燃气长输管线设计时采取备用管线、分支管线的冗余设计方式，提高管线系统的可靠性以及灵活性。此外，燃气管线设计时还要考虑到运维管理的具体情况建设完善监测体系，根据管线情况

落实维护管理措施，保证燃气供应正常、管线安全。

1.3 经济性原则

城镇燃气长输管线设计中经济性原则，是在保证安全性、可靠性达标的基础下降低管线的建设以及运营成本。为能达到这一目标，需综合分析燃气管线走向、长度、材质、连接方式等因素，确定适宜设计方案，选择性价比较高的材料以及设备提高运维管理效率，达到经济性的目标。同时，分析城镇燃气长输管线运行中能耗、维护成本等方面，采用节能技术、优化运维策略等方式降低运营成本。

2 城镇燃气长输管线设计的可靠性分析

城镇燃气长输管线设计时，通过分析其可靠性原则，保证燃气管线运营过程中达到安全性、稳定性。基于GB 50153—2008《工程结构可靠性设计统一标准》的可靠性定义，即“结构在规定的时间内，在规定的条件下，完成预定功能的能力”，所以在城镇燃气长输管线设计时，可靠性设计要从时间、条件、功能方面展开。

2.1 时间维度

城镇燃气长输管线的可靠性设计，应保证其在使用寿命年限内运营达到稳定性。使用寿命年限主要指的是在管线不进行大修的基础下，按照预定目标连续使用的年数。该时间的确定，对于城镇燃气长输管线的经济投入、维护成本方面存在直接影响，是燃气公司对于管线安全性的长期承诺。基于此，燃气长输管线设计阶段应分析地质环境、材料等多方面因素，确定科学合理的设计年限，保证在规定寿命周期内安全稳定运营。

2.2 条件维度

城镇燃气长输管线运营过程中不可避免受到外部因素影响，如地质、气候、施工条件、运行维护条件等，

这些条件对于管线运营的安全性有直接影响。因此，城镇燃气长输管线设计时综合分析多方面条件，加强评估并采取防护措施，通过设置防护层、加强地质勘探、优化施工工艺等方式降低外部环境对燃气管线可靠性产生的影响^[2]。

2.3 功能维度

城镇燃气长输管线的可靠性分析，还要从燃气输送能力以及稳定性方面展开。燃气管线运行中保证其结构强度和密封性合格，保证在任何条件下都能满足燃气输送需求。同时，管线设计时还要具备一定的冗余设计以及灵活性，适应未来燃气增长需求和发展变化。此外，对城镇燃气长输管线运维管理保证其运行安全性，需构建完善的监测、检测以及维护体系，发现潜在隐患并采取应对措施保证燃气管线稳定运营。

3 影响管线可靠性的关键因素

3.1 管线材质影响

城镇燃气长输管线的材质对其运营稳定性、经济性等方面存在影响，也关系到长期投入使用过程中管线的使用效果。如选择高强度钢管建设燃气管线，其承压性良好，焊接性能优越，在高压、长距离输送等领域中应用价值较高。但是高强度钢管对腐蚀环境具备较高敏感性，需采取必要的防腐措施才能提高安全性。与之对比来说，使用聚乙烯（PE）等塑料管耐腐蚀性较强、重量轻，在低压、短距离环境下能满足燃气管线的输送需求，但耐热性、机械强度相对较差，所以需根据使用环境选择。此外，近年来复合性管线使用范围不断扩大，常见的是玻璃钢以及钢塑复合管，将金属与塑料管的优势融合，提升耐腐蚀性、强度且建设与运营成本有所下降。

3.2 管线布局影响

城镇燃气长输管线设计阶段，管线布局对其运营效果以及经济性有直接影响。燃气管线布局过程中采取科学合理的布局方案，保证燃气管线运营具备稳定性，也能降低发生损坏以及事故风险。管线布局阶段，考虑到地形地貌、城市规划、土地利用、环境保护、自然灾害等多方面因素。管线布局应尽量避免人口密集区、生态敏感区以及重要设施，降低对人类以及自然环境产生的不利影响；管线布局在地形起伏变化较大的区域，应根据气候变化设置合理管线坡度，防止因为高度差过大产生应力集中或者泄漏风险。除此之外，管线布局设计阶段还要合理设置分支点以及阀门位置，使得燃气分配以及调度更具灵活性，在紧急情

况下快速切断燃气供应、保证安全。

3.3 地质条件影响

城镇燃气长输管线设计阶段地质条件分析极为关键，从土壤类型、地质结构、地下水位、地震活动、地形地貌等方面展开确定适宜的设计方案，消除潜在地质灾害风险。如软弱地层或湿陷性黄土地质中，燃气管线投入运营中极易发生沉降、变形、断裂的风险；活动断裂带或地震发生率较高的区域，地震波的存在导致管线应力集中、接头松动、土壤液化影响管线的安全性；地下水波动变化给管线产生较大的冲击力和腐蚀性影响管线稳定性；山区、丘陵等复杂地形地貌条件施工难度较高，滑坡、泥石流等灾害发生概率高，威胁燃气长输管线的安全。

4 城镇燃气长输管线设计的经济性分析

4.1 选用性价比高管线材质

城镇燃气长输管线设计阶段，为保证其符合经济性指标，需选择性价比较高的管线材质。目前城镇燃气管线设计中，性价比较高的管线材质见表 1 所示。

表 1 管线材质选择

管线材质	优点	缺点	性价比评价
钢管（如螺旋缠绕钢管、直缝钢管、无缝钢管）	承压能力强、韧性好、耐腐蚀（需防腐处理）、安装维护方便、使用寿命长	制作成本高、对环境污染大	高（适用于高压、大口径长输管道）
聚乙烯管道（PE 管）	重量轻、光滑、防腐性能好、尺寸稳定、制作成本低	抗压能力有限、不适用于高压输气、易受机械冲击损伤	中（适用于低压、小口径长输管道）
合金钢管道	抗腐蚀能力强于碳素钢、承压能力较高	成本高于碳素钢	较高（适用于特定腐蚀环境下的高压管道）

经过表内对比分析发现，钢管材质在承压性、韧性、使用寿命等方面优势明显，应用在高压、大口径长输管线中性价比较高。虽然钢管作为燃气管线应用普遍，但对环境污染大，且容易受到腐蚀性风险，所以使用过程中应落实防腐措施，还要考虑到长期使用需求，采取必要防护处理措施才能满足燃气管线的运行要求。与钢管对比来说，聚乙烯管道在低压、小口径长输管线中具备低成本、耐腐蚀的效果，但耐压强度有限，容易受到机械冲击造成损坏，所以在某些场景下经济性不如钢管。合金管道的耐腐蚀性能优越，尤其是特定腐蚀条件下的高压管道具备较高性价比，但初期安装成本较高。基于此，城镇燃气长输管线设计时需分析压力、口径、环境、成本等多方面因素，

选择性价比较高的管线以提高其经济性、安全性。

4.2 优化管线布局以降低建设成本

城镇燃气长输管线设计时管线布局尤为关键,采取科学合理布局方案以降低建设成本。管辖布局设计中发挥 GIS 技术的优势进行各项信息整合,构建三维模型,使管线布局更加清晰、准确。以此作为基础,设计人员分析管线长度、施工难度、成本效益以及未来扩展需求,初步规划多条可行性的线路。该阶段中应避免和现有地下设施冲突,如电缆、水管等,从而降低运维成本。燃气管线初步规划方案设计后,构建成本效益模型直观观察各个路径的优势与不足,进而筛选出具备经济性的方案。同时,管线布局设计还要分析其安全性、可靠性,尤其对于穿越河流、山地等复杂条件应采取先进工程技术,利用定向钻穿越、隧道敷设等方式保证管线运行的安全性与稳定性。城镇燃气长输管线布局设计阶段还要考虑到和周边环境的融合性,尤其针对穿越河流、山川等敏感区域应采取相应的环保措施,通过设置围挡、水土保持措施等方式降低对生态环境产生的不利影响。同时,管线布局设计阶段和周边社区保持良好沟通,提高社会公众的管线安全防护意识,并建设完善应急响应机制提高管线运行维护的安全性。此外,管线布局设计还要考虑到美观性,选用合理的走向以及支架设计方式,避免给城市整体景观造成影响。

4.3 提高输气效率以降低运营成本

城镇燃气长输管线施工过程中极易存在复杂地形地貌条件,通过安装压缩机满足极端条件下输送需求,尤其在高温、低温、高湿、沙尘等条件下保证燃气供应不受影响。同时,压缩机设计阶段考虑到后续的维护以及检修,落实各项管理策略保证压缩机正常运行,避免出现天然气输送中断的现象。结合燃气管线长度、输送量、压力损失、燃气种类等因素,精准计算压缩功率和压缩比,进而选择更加经济、高效的压缩机类型。此外,压缩机采用变频调速技术降低压缩机运行能效比。

5 城镇燃气长输管线设计的可靠性与经济性平衡策略

5.1 在设计阶段注重可靠性与经济性的协调统一

城镇燃气长输管线初步设计阶段,需对管线的安全性、耐久性、维护成本、长远效益展开综合性分析。为确保城镇燃气长输管线的安全性,针对选材、壁厚设计、防腐蚀手段、关键部位设计等方面进行分析,

适当提高设计标准以应对各种恶劣自然环境的影响,降低泄漏等安全事故发生概率。针对经济性方面,设计阶段对材料采购、建设施工、日常维护、未来扩容成本等综合分析,利用计算机技术构建预测模型,未来长期使用过程中避免出现严重成本超标现象。此外,采用先进的技术和方案,利用管线焊接、无损检测、智能化监控等方式使燃气管线运营效果合格,也能降低建设施工以及运营成本。

5.2 在施工阶段强化质量控制与成本控制

城镇燃气长输管线在施工阶段加强质量控制和成本控制,确保经济效益不受影响,也能保证在后续运营过程中不会造成严重事故。质量控制是保证燃气长输管线施工质量合格的关键,各项施工措施必须严格执行国家标准、行业规范以及设计方案,每个环节有专人质量监督检查。同时,建设质量追溯体系,一旦投入运营过程中发生质量事故,立即确定相关责任单位和责任人。城镇燃气长输管线施工阶段成本控制采取精细化管理措施,提高资源利用率,避免出现资源浪费现象。

5.3 在运维阶段提升管理水平与应急响应能力

城镇燃气长输管线运维阶段提高管理水平以及应急响应能力,使运行过程中安全合格。从管理方面进行分析,构建完善的运维管理体系、制定详细运维计划、定期加强管线巡护与检查、实施智能化监测以及数据分析等措施的应用,提高管线运营管理水平。同时,加强运维人员的专业技能培训,使其具备较高的运维技术和应急处理能力。而在应急响应方面,建设完善应急预案和响应机制,制定详细应急处理流程、准备应急设备以及物资,并加强运营维护人员的应急演练。

6 结语

城镇燃气长输管线设计过程中考虑到可靠性、经济性等方面,确定合理设计方案提高运营水平,从而保证燃气供应满足人们的使用需求。而在设计阶段应保证可靠性与经济性达到平衡性状态,优化设计方案并采取精细化的运维管理措施,保证燃气管线在安全、经济、高效的条件下运营,给城市居民提供高质量燃气供应,也能保证人们生命财产安全不受侵害。

参考文献:

- [1] 贾保印. LNG 站场外输管线设计标准规范差异性分析 [J]. 能源化工, 2021, 42(01): 72-76.
- [2] 梁辰, 关宝良, 孟思宇. 长输供热管线工程设计方案与应用探讨 [J]. 中华建设, 2022(05): 92-94.