

城镇天然气输配系统压力等级选择与经济性分析

张方娟

德州昆仑燃气有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i1.7652

[摘要] 当前,我国城镇天然气输配系统呈现多压力等级共存的态势,各压力等级在输配中均具独特性。于实际规划建设时,怎样依城镇具体情形精准选定适配的压力等级,仍需深入探究与解决。既要充分考量供气规模、气源条件、地理环境等客观要素,亦需对不同压力等级输配系统的经济性展开全面且细致的剖析,以达最优决策。本文就此展开探讨,供相关从业者参考。

[关键词] 城镇天然气输配系统; 压力等级选择; 经济性分析

Pressure grade selection and economic analysis of urban natural gas transmission and distribution system

Zhang Fangjuan

Dezhou Kunlun Gas Co., Ltd.

[Abstract] At present, China's urban natural gas transmission and distribution system presents a trend of coexistence of multiple pressure levels, and each pressure level has its uniqueness in transmission and distribution. In the actual planning and construction, how to accurately select the appropriate pressure level according to the specific situation of the town still needs to be deeply explored and solved. It is necessary not only to fully consider the objective factors such as gas supply scale, gas source conditions, and geographical environment, but also to carry out a comprehensive and detailed analysis of the economy of the transmission and distribution system of different pressure levels to achieve optimal decision-making. This article discusses this issue for the reference of relevant practitioners.

[Key words] urban natural gas transmission and distribution system; pressure class selection; Economic analysis

引言

天然气开发依赖输送、储存与配气环节。为精准把控输配系统运行规律,实现天然气计量与监控,完备的输配系统不可或缺。国内多数小型天然气输配站惯用传统人工模式监控调度,效率低、管理滞后,存在监控非实时性,不利于高效可靠生产。故而,合理抉择压力等级,提升输配系统经济性与安全性,已成天然气行业焦点议题。

一、城镇天然气输配系统压力等级的划分标准

典型天然气输配系统涵盖天然气接收门站、储气设施、高中压调压站、高压/次高压输气管、市政中压管网、中低压调压器(柜)、庭院(小区)低压管网。依《城镇燃气设计规范》,城镇天然气输配系统压力等级划分明确。其中,高压 A 级为 $2.5\text{MPa} < P \leq 4.0\text{MPa}$, 高压 B 级为 $1.6\text{MPa} < P \leq 2.5\text{MPa}$; 次高

压 A 级 $0.8\text{MPa} < P \leq 1.6\text{MPa}$, 次高压 B 级 $0.4\text{MPa} < P \leq 0.8\text{MPa}$; 中压 A 级 $0.2\text{MPa} < P \leq 0.4\text{MPa}$, 中压 B 级 $0.01\text{MPa} < P \leq 0.2\text{MPa}$; 低压则为 $P \leq 0.01\text{MPa}$ 。高压管道用于长距大规模输气至城市周边,因其压力高而作用关键;中低压管道承担城市内供气分配,中压管降压后输气至中低压调压站,低压管将气送至居民、商业与小型工业等各类用户以满足用气诉求。

二、不同压力等级输配系统的经济性分析的方法

(一) 成本效益对比法

先明确不同压力等级输配系统建设成本,涵盖管道铺设、调压站建设、设备购置等费用。高压系统管道建设成本虽高,但因传输量大致使单位运输成本降低;中低压系统在区域分配环节有各自的设备与施工成本构成。再剖析运营成本,如能源消耗、维护检修费用等。考量不同压力等级系统于供气稳定性、

供气范围等方面产生的效益。借净现值、内部收益率等经济指标对比各压力等级系统总成本与总效益,以评定其经济性,进而确定特定需求与条件下最具经济性的压力等级输配系统。在大型城市且用气需求集中区域,高压系统前期建设成本虽高,但长期效益更佳;小型城镇中低压系统成本效益比则更为适宜。

(二) 生命周期成本法

此方法囊括输配系统从规划设计、建设施工、运营使用至报废拆除全生命周期成本。规划设计阶段,对不同压力等级系统方案预估成本予以分析,包含技术可行性研究、初步设计费用等。建设施工阶段统计实际发生的材料、人工、设备安装等费用。运营阶段计算每年燃气输送成本、设备维护更新费用、管理费用等,并考量通货膨胀等因素对成本的影响。报废拆除阶段估算残余价值与拆除成本。将各阶段成本折现并累加,获取不同压力等级系统的生命周期总成本。高压系统建设时因管道材料与施工技术要求高而成本高昂,但运营期长且维护相对集中;中低压系统建设相对灵活但运营维护频次较高,借生命周期成本法可全面权衡不同阶段成本,精准判定经济性。

(三) 敏感性分析法

确定影响不同压力等级输配系统经济性的关键因素,诸如天然气价格波动、管道材质及价格变动、输送距离、用户用气规模及波动状况等。对各因素设定不同变化范围与幅度,如天然气价格在特定期限内涨跌 20%~30%等。分别计算这些因素变化时不同压力等级输配系统的经济指标,如投资回收期、成本利润率等。剖析各因素变化对经济指标的影响程度,明确特定压力等级系统经济性的敏感因素。对于长距离输配且用户用气规模稳定情形,管道材质价格波动对高压输配系统经济性影响较大;用气规模波动大的区域,用户用气规模变化对中低压系统经济性更为敏感。依据敏感性分析结果,可制定相应策略应对不确定性因素,提升系统经济性。

三、城镇天然气输配系统压力等级选择的影响因素

(一) 供气规模与需求特性

大型工业集聚区或人口密集大城市等大规模供气区域,需较大供气流量与压力以契合众多用户用气需求,宜采用高压或次高压输配系统,保障高效气体输送与分配。而小型城镇或供气需求分散、用气量小的区域,中低压系统即可满足需求,可规避高压系统建设所致的过高成本与资源浪费。需求特性亦至关重要,若用户用气存在显著峰谷差异,如冬季取暖期用气量剧增,那么压力等级确定还需考量高峰需求时系统的供气稳定性与调节能力,确保不同用气负荷下的供气稳定。

(二) 气源条件与供气距离

如果气源压力本身较高且稳定,来自长输管道的高压气源,在供气距离较长时,可优先考虑采用高压输配系统,以减少中途加压站的设置数量,降低建设与运营成本,充分利用气源的压力势能进行长距离输送。而当气源压力较低或供气距离较短时,如城市周边小型气源或局部区域供气,次高压或中低压系统更为合适。若气源供应不稳定或存在多气源切换情况,压力等级的确定需要考虑系统的兼容性与灵活性,以便在不同气源条件下都能实现平稳过渡与有效调配,保障供气的连续性与可靠性,避免因气源变化导致压力波动而影响供气质量与安全。

(三) 地理环境与城市规划

在地形复杂的山区或丘陵地区,管道铺设难度较大,建设高压管道面临更高的施工成本与技术挑战,此时可根据实际情况考虑采用中低压系统结合局部加压的方式来构建输配网络,以适应复杂地形并降低建设风险。在城市规划方面,城市的功能分区、土地利用布局等影响压力等级选择。商业区、工业区等用气集中且对供气稳定性要求高的区域需要较高压力等级的供气保障;而居民区、文教区等对安全性要求更高,中低压系统相对更为适宜,且城市规划中的道路布局、地下管线综合布置等也会限制管道走向与压力等级选择,需要与其他市政设施协调规划,避免相互干扰与冲突,确保天然气输配系统与城市整体规划相融合并高效运行。

四、城镇天然气输配系统压力等级选择的优化建议

(一) 精准需求预测

借助大数据分析技术广泛采集海量历史用气数据,涵盖不同季节、日期、时段以及居民、商业、工业等各类用户的用气规律。运用时间序列分析、多元回归模型等专业预测模型深入挖掘与剖析数据,并结合城市发展规划(如新兴大型住宅区开发导致人口涌入使用气需求上升)以及产业布局变化(如新增大工业企业时其用气规模与特性需重点关注)。对不同区域(如市中心商业区与城郊居民区)和时间段(工作日与节假日、白天与夜晚)细分预测。精准预测可为压力等级选择筑牢科学根基。例如,预测某新兴区域未来数年用气高峰值较低,则中低压系统便可满足需求,如此可规避高压管道铺设与高压调压设备购置等高额建设成本,且不会因压力不足干扰用户正常用气。

(二) 气源适配评估

气源压力是核心要素,高压气源(如长输管道气源压力达 4.0MPa)利于长距离大规模供气,适配高压输配系统以削减中

途加压环节。气源流量稳定性方面,若波动较大,选择压力等级时需考量配备缓冲设施或灵活的压力级制。气质特性会左右管道材质与设备选型,含硫量高的气源需特殊防腐管道,且不同压力等级管道材质与防腐要求有别。对于供应能力有限的局部气源(如小型天然气井),因其供气规模小,采用高压系统会造成资源浪费与高成本,次高压或中低压系统更为适宜,可减少不必要的调压站建设与复杂调压流程,削减设备投资与运营维护成本。

(三) 地理环境考量

山区地势起伏,建设高压管道需沿山坡铺设,提升管道固定难度与防护成本,地质灾害高发地段受损修复难度大。河流穿越区域,高压管道建设需大型水下穿越工程(如盾构隧道或大型定向钻穿越),成本高昂。详细勘察后,面对此类复杂地理环境,采用中低压管道结合小型区域调压站是优选策略。于山区,可先铺设中压管道至地势平缓区域,再经小型调压站降压至低压满足周边用户需求。如此可降低施工技术难度与安全风险,削减前期建设投资。虽调压站数量有所增加,但总体建设成本仍低于高压管道建设,且后期维护时,中低压管道维修技术要求较低,可有效保障供气可靠性,降低因地理环境引发的供气中断风险。

(四) 城市规划协同

城市规划部门掌控城市未来规划蓝图,天然气输配系统规划应在城市新区规划初期与之协同,将压力等级规划融入其中。商业中心用气大户云集,设置高压或次高压供气干线可保障用气,维持商业运营。工业园区企业用气规模与压力需求多样,以高压供气干线为骨干,按需经调压设施分配。居民住宅区与学校等地人口密集,单个用户用气少且注重安全,中低压系统可减少高压管铺设,降低安全风险。预留管道走廊与调压站建设用地至关重要,可避免后期市政工程与天然气管道的冲突,防止因城市建设变动导致管道改迁或压力等级被迫调整,促使天然气输配系统与城市发展相适配,增强城市能源供应基建的稳定性与可持续性。

(五) 技术经济比选

不同压力等级输配系统方案成本计算应精细入微,高压管道因高压属性需高强度厚壁管材,材料成本远超中低压管道。施工时,焊接、探伤等技术要求严格,人工成本相应增加。高压调压站设备复杂精密,购置安装成本高昂。运营环节,虽长距离输送单位能源消耗成本低,但高压阀门、压缩机等设备维护成本高,且需专业技术与昂贵配件,人员管理因技术要求高人

力成本亦高,设备折旧成本也不低。供气可靠性方面,高压故障影响范围大但大规模供气时稳定性强,安全性方面风险较高但可严格控制。综合净现值、内部收益率等指标,当净现值为正且较高、内部收益率大于基准收益率时,经全面权衡各因素确定的方案可实现技术与经济的最优结合,提升天然气输配系统综合效益。

(六) 压力级制简化

在城镇天然气输配系统中,压力级制的复杂性紧密关联系统运营效率与成本。从维护管理视角出发,多种调压设备类型与规格繁杂,需储备大量不同备品备件,维修技术人员需掌握多种维修技能,这既增加人员培训成本,又提升管理难度。过多压力转换环节易引发压力波动、泄漏等问题,提高系统故障率。采用高压-中压两级压力级制时,高压管道可将天然气长距离输送至城市边缘,再经少量大型中压调压站降压至中压,直接向城市各区域供气。相较于复杂压力级制,减少中间调压环节,降低调压设备故障风险,增强供气稳定性与系统整体运行效率,削减长期运营成本,更利于系统统一管理与维护。

结束语

综上所述,城镇天然气输配系统压力等级的抉择是关联多因素且深刻影响系统经济性的关键所在。通过综合考量供气规模与需求特性、气源条件与供气距离、地理环境与城市规划等因素,能够更为精准地确定契合城镇实际需求的压力等级方案。伴随技术的持续演进以及城镇环境的不断变迁,仍需持续关注相关因素的动态变化,对压力等级方案予以适时优化与调整,进而保障城镇天然气输配系统能够安全、高效、经济地运行,为城镇的稳定发展提供坚实可靠的能源支撑。

[参考文献]

- [1]张泽国,陶加银,张怀韬,等.天然气调压站冷电联供系统性能研究[J].低温与超导,2022,50(12):93-97.
- [2]李彤,周阳,罗东晓.天然气压力能发电产储用一体化系统[J].煤气与热力,2022,42(11):40-42.
- [3]李峰.安全仪表系统联锁设定值的确定方法[J].山东化工,2022,51(06):190-192.
- [4]李云云,刘明明.天然气分输调压站压力能利用方案探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(01):157-158.
- [5]彭建良.城市天然气输配系统建设之研究[J].中华建设,2020,(04):78-79.
- [6]朱建宾,吴俊杰,王凯.天然气输配系统输气能力提升[J].城市燃气,2019,(08):6-10.