

城市燃气中低压输配系统 供气能力分析对策研究

宫园园

深圳市燃气集团股份有限公司

摘要: 随着城市燃气中低压管网用气负荷的增长及管网规模的不断扩大,因管网结构不完善导致的供气能力不足问题日益显现。本文以国内一线城市A市为例,阐述了中低压燃气输配系统存在的供气问题,从负荷增长、管网结构变化、施工质量等方面分析了造成管网供气能力不足的主要原因,并在此基础上,提出应对措施及优化建议。

关键词: 城市燃气; 中低压管网; 输配系统; 管网完善; 供气评估

1 概述

根据国家发展改革委及住房和城乡建设部发布的数据,2023年全年国内天然气消费量 $3.945 \times 10^8 \text{m}^3$,同比增长7.6%,全国城市燃气管道长度已超过 $9.8 \times 10^5 \text{km}$ 。随着我国城市燃气市场的快速发展,管网基础设施建设也日趋完善。以国内一线城市A市为例,其第一版天然气输配系统规划于2006年正式发布,经过十多年的建设完善,形成了高压-次高压-中压-低压四级压力级制管网,连通了门站、调压站、LNG气化站等多种供气场站,构建了“多气源、多压力管网、互联互通、功能互补”的供气格局。上游天然气气源通过门站进入城市燃气管网,经多次调压后进入

中低压管网系统,供应至末端城市燃气用户,包含工业、商业、公福及民用户。作为城市燃气供气系统的关键一环,中低压输配系统具有结构庞大、用户需求多变、受城市规划影响大等特点。近年来,随着城市发展、用户增长、以及管网结构变化,中低压输配系统在供气能力方面的问题逐渐显现^[1]。因此,A市中低压输配系统供气情况进行的深入研究,对于提升我国城市燃气系统的整体水平具有重要的现实意义。

2 主要问题

2.1 部分次高-中压调压站供气负荷高

对于中压管网而言,其气源主要来自于次高-中

2021: 19-33.

[4] 董伟松,李国超,辛冠初,等.多种清洁能源供热技术耦合应用选型浅析[J].区域供热,2021,4:133-136.

[5] 康智福.园区综合能源系统综合评价与优化策略研

究(硕士学位论文)[D].扬州:扬州大学,2022:38-53.

[6] 胡昕.污水源热泵的应用及思考[J].区域供热,2021,1:86-92.

[7] 赵国杰.技术经济学教程[M].天津:天津科技翻译出版公司,1989:149-172.

压调压站。为保障供气安全性及稳定性，调压站的供气路一般分为主供气路和备用供气路，其中备用供气路可在主供气路出现故障或检修时启动以保障正常供气。对A市30个次高-中压调压站冬季高峰小时供气数据分析发现，7个调压站的实际供气流量已超过主供气路设计流量，在供气高峰时段必须开启备用供气路才能满足用气需求。供气设备长期高负荷运行易产生偏流、异常震动等问题，对于厂站供气安全性和稳定性造成不利影响。

2.2 部分管网片区运行压力低

冬季寒潮时期，因供暖、热水使用和烹饪需求上升，城市燃气用户用气量大幅增长。2023年冬季，A市高峰小时用气量达到了40万m³/h，高流量运行引起供气高压损，加上中压主干管道上的断点、瓶颈影响管网供气能力，致使末端用户供气压力降低。其中，A市中压管网盐田片区、龙华片区、龙岗片区的供气压力低于部分工业用户供气设备稳定运行的最低压力要求。中压管网供气压力低还会造成调压器工作稳定性差，2023年因压力低导致调压器异常报警18 721单，同比增长了46%。

3 原因分析

3.1 用气需求增长加大管网负荷

根据A市用户管理系统数据统计，近三年来城市燃气用户数大幅增长，从2020年261万户增长至2023年513万户，增长了97%。高峰小时用气量由2020年29.1万m³/h增长至2023年40万m³/h，增长了38%。随着城市燃气管网规模的持续完善及用户量的增加，未来几年内城市燃气用气需求还将进一步增长。A市《城市燃气管网系统布局规划2023-2025年》文件指出，至2025年，城燃用户冬季高峰小时用气量预计达到73万m³/h，届时中低压管网供气将面临更严峻的考验。

3.2 城市规划调整引起用气结构变化

受城市规划调整、“瓶改管”项目实施等因素影响，城燃用户分布及用气结构也随之发生改变，原本供气能力富余的区域，逐渐变成气源不足或压力低区。比如，根据相关规划文件预测，A市新增前海片区高峰小时气量约为0.8万m³/h，新增深港合作区高峰小时用气量约0.85万m³/h。而按照管网输配系统建设进度，以上两个规划片区建设完成前，配套供气调压站暂不具备投产条件。因此，两个规划片区的新增用户将由现状调压站及中压管网供应，届时大幅增长的用气负荷将对现状管网供气造成影响。

3.3 管道迁改、改造等形成供气断点

因地铁工程、水务工程、通信工程及道路改造等各种工程建设需要，每年城市燃气地下管线迁改工程量也非常多。根据A市城燃企业GIS系统数据统计，近三年因管线迁改项目累计废弃了地下燃气管线143km。2022年国务院发文要尽快启动实施城市老旧钢质燃气管道更新改造工作，为了加快完成改造任务，部分市政钢质管道在未完成PE建设的前提下就实施废弃封堵，形成了新的断点。如图1所示，图示红色管线为当前带气的DN400 PE管线，黑色管线为其他管径带气管线。2022年底因老旧钢管改造项目的实施，图示蓝色老旧D325钢质管道废弃，因该过路管建设周期长且协调难度高等原因，该段钢管废弃时延布龙公路穿越东西干道未建设新PE管道，导致在此处形成断点，对日常供气造成不利影响。

3.4 阀门配置不足造成供气影响大

因市政阀门配置不足、或设计不合理等因素，随着管网扩展及后端用户增加，致使管网中停气范围超10 000户的风险点不断增加。一旦发生管道抢维修事件，因阀门关闭受影响停气的用户数量多，对燃气企业的社会服务形象造成负面影响。如图2所示，当图示位置1号至4号阀门直接连通的市政管道发生事故时，需对图中红色管线区域进行停气处置，受停气影

表1 2020年—2023年A市城市燃气用户及用气情况

| 类型 | 2020年 | 2021年 | 2022年 | 2023年 |
|---------------------------------|-------|------------|-----------|-----------|
| 城燃用户数(万户) | 261 | 374(+43%) | 419(+12%) | 513(+22%) |
| 城燃用户年用气量(亿m ³) | 9.5 | 11.2(+18%) | 11.6(+3%) | 12.1(+4%) |
| 城燃用户高峰小时用气量(万m ³ /h) | 29.1 | 35.0(+20%) | 36.9(+5%) | 40(+9%) |



图1 因管道改造形成主干管道断点图示



图2 某片区中压管网阀门分析图示

响的用户数将达到11 440户。对该区域管网拓扑路由进一步分析发现，如果在2号阀门与4号阀门之间管道上增设阀门，可有效减小停气范围。

3.5 对管网完善工作不够重视

当前城市燃气管网新增项目主要来源于新用户的供气配管、市政管道迁改、老旧管网改造等，管径和路由大多基于新用户的用气需求及道路条件予以设计实施，管网在运行一段时间后会 出现气源不足、连通性差、压力低等问题。因此，管网运行管理单位应定期对现状管网进行供气能力评估，梳理影响供气的断点、瓶颈等问题，通过完善管网结构予以优化。当前

各运行管理单位对管网供气评估及完善工作的重视度不够，随着用气需求的不断增长，最终管网供气能力不足问题逐渐显现。

3.6 施工问题造成供气“栓塞”

在管道设计和施工过程中，因设计期统筹不到位、建设期施工质量差等原因，也会导致现状管网在运行时形成供气“栓塞”。一是因建设期选取管径时未统筹考虑管网现状，大管径连接小管径形成供气瓶颈造成压损大。如图3所示，紫色管线为DN315 PE管道，因在三通接头处采用红色的DN160 PE管道连接，形成供气瓶颈。二是现场施工阶段管件选型不合



图3 主干管道供气瓶颈图示

理，比如采用两个鞍型三通代替普通三通，或者接头处采用多个弯头连接等现象屡见不鲜。三是新建管道清理不到位，管道在投产前因吹扫不到位，残留的泥沙、积水等形成管内堵塞点。

4 应对措施

4.1 优化中压管网气源配置

针对当前部分次高-中压调压站供气负荷高的问题，一方面有序推进新增高-中压调压站、次高-中压调压站建设工作，加快气源不足区域的新增场站项目建设进度。另一方面，开展调压站的供气测试工作，掌握各调压站的实际最大供气能力，为冬季高峰供气优化提供依据。同时，启动高负荷运行调压站的改造工作，通过增设调压供气路、扩大单路供气能力等措

施提升调压站的整体供气能力，并进一步提升调压站的运行效率和安全性。

4.2 中压管网供气评估及完善

中压管网供气评估是指对现状中压管网主干管道连通性及压力监测数据展开分析，结合近期和远期各片区的用户发展和规划情况进一步评估管网的供气能力。利用现有的GIS数据分析市政管道供气路径，梳理主干管道上存在的断点和变径点，建立管网待完善点清单。根据SCADA系统监测数据确定管网供气压力低点，向上游延供气路径溯源寻找造成压力损失的断点和变径点，通过连通断点、增大瓶颈点管径完善管网结构，提高供气能力。另外，还可以利用管网仿真分析和压力测试等手段评估管网断点和瓶颈对供气的影响^[2]。对于因管道造成的供气断点和瓶颈，可以利用管网仿真技术，对完善前后的计算结果进行比对，确定该完善点项目的必要性和提升效果。对于因施工质量等问题造成的供气瓶颈，可以通过在管道上布置压力监测点，排查压降较大的位置，开挖确定实际原因后予以改造。例如，A市燃气公司针对图4所示用户供气压力低的问题，组织开展压力监测与瓶颈排查工作。通过在图示6个位置安装压力测试仪表，排查出监测点4与5之间压降高达0.07MPa，是压降主要原因。现场开挖后确定瓶颈为施工质量问题引起，如图5所示，因施工时三通处未设置限位卡致使支路管穿过支管道内壁造成供气通道堵塞，经改造消除瓶颈



图4 压力监测点位布置图示

后末端压力得到有效提升。



图5 瓶颈点三通位置管道连接实拍图

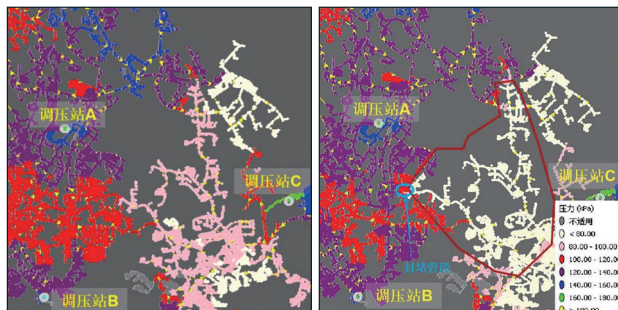
4.3 管网规划建设应统筹全面

当前，大多城市燃气管网规划设计与运行业务管理单位不同，而规划设计又往往是分阶段实施的，缺少统筹及跟进管理机制，导致分段设计的市政管道存在未联通的断点，以及因不同项目选取管径不同造成的供气瓶颈。因此，建议管网规划设计应基于现状管网供气分析的结果，统筹考虑后期运行需求，选择与周边片区管网一致的管径，并对各个片区管网距离、连接形式等关系进行全面分析^[3]。同时，为确保管道设计规划能得到有效的实施，一方面建立管道规划期、建设期、运行期的项目管理链条，建立长期的跟进管理机制，让各阶段规划设计效果能落实到实际建设运行上；另一方面，建议加强各环节的监督和质量管理，避免因设计问题和施工问题造成的运行瓶颈。

4.4 管道作业应分析供气影响

燃气管道一般敷设在城市道路两侧，周边地下空间内还遍布着输油管道、给排水管道、通讯线路等。受到道路施工以及其他管线施工的影响，燃气管道周边的第三方施工数量居高不下。据统计，A市燃气管道周边施工工地数量全年累计超过1万个。为了降低管道带气运行带来的事故风险，部分主干管道一般选择在周边地下空间施工期间予以封堵停气。管道的封堵会引起供气路径发生变化，甚至造成下游供气压力降低，导致部分用户供气异常，这种情况在一段管道同时封堵停气时更为常见。因此，建议管道作业前利用管网仿真技术分析管道停气对整体供气的影响，及时调整作业方案，避免供气异常事件的发生。如图6所示，蓝色圈选位置现状运行的中压DN200管段因配合市政施工需进行封堵，仿真分析结果显示，封堵后高峰供气时段图示红色多边形区域内供气压力将明显

降低，部分用户压力将低至0.07MPa，无法满足其设备运行要求。因此，为保障稳定供气，建议该施工项目避开高峰供气时段实施。



(a) 封堵前 (b) 封堵后

图6 中压市政管段封堵前后仿真压力图示

4.5 利用日常运行资源完善管网

对于阀门配置不足的问题，建议开展专项研究，梳理并建立阀门增设计划，并充分利用日常管道改造、抢维修作业等予以实施，有效避免道路重复开挖。同时，加强对闲置不带气管道的管理，经评估后，通过补充资料、开展强度和气密性试验后重新启用，提高现状管网供气能力的同时，有效利用资源。

5 结语

随着城市基础设施的完善，燃气用户量快速增长，中低压管网结构日趋庞大复杂，燃气运营企业应注重对中低压管网供气能力的评估。通过优化场站配置、完善管网结构、加强管道施工质量管理等手段消除供气不利因素，全面提升系统供气能力，保障管网的高效运营及用户稳定供气。

参考文献

- [1] 田川, 宋悦, 王一君. 城镇燃气管网安全运营的问题及解决措施研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (19): 95-97.
- [2] 王文想. 基于管网仿真技术的城市燃气运营管理实践[J]. 煤气与热力, 2022, 42 (11): 42-46.
- [3] 王英霞, 傅宗化, 曹靓. 城镇燃气管网规划的设计要点[J]. 石化技术, 2022, 29 (11): 191-193.