

基于 Synergi Gas 系统的燃气管网模拟仿真应用

赵 岩¹, 金永浩¹, 赵 宁¹, 王 俏¹, 曹北斗², 宫园园²

(1. 长春燃气股份有限公司, 吉林长春 361008;

2. 深圳市爱路恩济能源技术有限公司, 广东深圳 518047)

摘 要: 长春燃气股份有限公司基于 Synergi Gas 管网模拟仿真系统建立了长春市燃气管网模型。在建模过程中, 通过模拟仿真软件的空间检测分析工具, 纠正原管网 GIS 档案数据拓扑错误、孤立区域(或管线) 400 余处, 查出原管网模型物理性错误 123 处, 逐一进行了更正, 并在 GIS 系统中进行了同步更新。对长春市申中低压管网进行稳态计算, 通过压力分布分析、气源组分追踪, 发现与实际工况相同的压力过低的四个区域。采用调整管径和建立联系管线的方法对压力较低的区域进行优化, 均衡了管网的输配通过能力。Synergi Gas 管网模拟仿真系统为城市燃气管网模型的建立、负载及优化都能提供操作性方案及决策依据。

关键词: Synergi Gas; 城市燃气管网模型; 模拟仿真; 管网优化

Simulation and Application of Changchun City Gas Pipeline Network Based on Synergi Gas System

Abstract: The gas pipeline network model of Changchun city was established based on Synergi Gas simulation system by Changchun Gas Co., Ltd. In the modeling process, 123 physical errors of the original model, more than 400 topology errors and isolated areas (or lines) of original network GIS archives were checked out using space detection tool of the simulation system, so they were corrected one by one and updated in GIS system. Pressure distribution and gas source tracking were analyzed after steady-state simulation of the low-pressure pipeline network, so four areas of lowest pressure were found. Pipe diameter adjustment and networking approach were used to optimize and balance the distribution ability of pipeline. Synergi Gas pipeline network simulation system could provide operational programs and decision basis guidance for the model establishment, load and optimization of city gas pipeline network.

Key words: Synergi Gas; city gas pipeline network model; simulation; network optimization

1 引言

随着燃气开发及利用规模的不断扩大, 燃气管道系统也日趋庞大和复杂。为了掌握燃气在管道内的运行规律, 合理地确定管道系统的设计方案和改造方案, 保障管道系统的运行性能, 提高管道系统的调度管理水平, 对燃气管网系统参数的研究是十分必要的^[1]。目前应用较为广泛的是管网模拟仿真软件,

其在规划设计、投资评审、生产运营、资产完整性管理、培训及学术研究等各个管理环节都发挥着重要作用^[2]。

从上世纪五十年代开始,随着计算机技术的发展,管网模拟仿真软件也越来越快速、准确地处理大量数据,大多欧美大型燃气企业几乎在全岗位应用管网模拟仿真软件。目前国外最好的管网模拟仿真软件能够计算超过 280 万节点的管网数据,较为成熟的管网模拟仿真软件主要有 Synergi Gas、SFLOW、ISAP 等,其中 Synergi Gas 占有 90% 左右的市场份额。国内基本还没有企业和研究单位能够成熟开发管网模拟仿真软件,现有的一些水力计算软件大多来自于高校或设计院,最多只能计算几百个节点,节点数量越多偏差越大,并且该计算分析仅适用于管网设计的水力计算,功能较为单一。

长春燃气股份有限公司是吉林省最大的管道燃气供应企业,拥有 90 多万燃气客户,直接服务对象超过 300 万人,现有各类地下燃气输配管网近 2500 公里,使用聚乙烯管、球墨铸铁管、灰口铸铁管、焊接钢管和镀锌进户钢管五种管材,中、低压输送天然气和人工煤气两种气体介质。长春市是使用人工煤气较早的城市之一,从 1924 年开始,至今已经有 91 年的历史,城市的煤气管网主要分布在中心区域和靠近气源厂的周边,早期的用户发展主要以人工煤气为主;从 1996 年开始引入天然气,城市的周边和部分中心城区开始使用天然气,从 2000 以后,用户发展主要以天然气为主。由于历史的原因,形成了人工煤气、天然气交叉、包围分布的、错综复杂的格局,给供气平衡带来很大难度,供气不均衡现象和供气瓶颈问题经常发生。

随着城市的发展,长春燃气实际管网的输配能力已接近前期设计的饱和度,寻找输送瓶颈、提高管网负荷、均衡输配、拓展客户迫在眉睫。这些工作靠人工计算和经验分析很难完成。同时,自 2011 年开始长春燃气全面展开天然气置换工程,为了给天然气置换、管网改造提供操作方案与决策依据,掌握天然气在管道系统内的运行规律,分析和处理管道系统的事故工况是十分必要。迫切需要一套科学的软件对目前的管网进行有效分析。2014 年 8 月,长春燃气股份有限公司引入 Synergi Gas 管网模拟仿真软件,并将其应用于城市燃气管网模型的建立与分析。Synergi Gas 管网模拟仿真软件由美国著名的模拟仿真软件公司 Stoner 公司研发,其公司的 SPS 瞬态模拟仿真软件在国内外大型石油天然气公司都有应用,已成为长输管道模拟仿真的标准软件。Synergi Gas 以稳态为核心,已有四十余年的应用及持续开发历程,软件厂商是全球最大的能源和海工服务商之一 DNV GL 公司。该模拟仿真软件在全球拥有 650 多个用户,遍布 60 多个国家,在欧美有 90% 以上的大型输配管网公司和 50% 以上的长输管道公司运用该软件进行模拟仿真建模,作为管道的综合管理平台。Synergi Gas 管网模拟仿真软件具有很高的稳定性、计算精度和效率,可应用于大型天然气管网设计计算、运行工况分析、GIS 和 SCADA 数据计算和校验、资产性管理、员工培训等方面。

目前中国大中型城市燃气现已经基本建成和有效运营地理信息系统(GIS)、数据采集与监控系统(SCADA)、用户信息系统(CIS)等各类信息化系统^[3]。GIS 系统可作为管网电子图纸,记录地理位置、管线物理参数等信息;SCADA 系统可采集实时工况数据,为调度提供数据支持;CIS 的主要应用于客户信息统计、抄表收费。它们是相互独立的工序管理操作系统,无法提供决策性的分析。长春燃气从上世纪九十年代起陆续建设了 GIS、SCADA 及 CIS 系统,目前已经非常成熟,达到了实用的要求。这对燃气管网模型建立与分析提供了很好的数据支持。因此本技术方案旨在运用 Synergi Gas 管网模拟

仿真软件,通过水力逻辑计算搭建起一个智能的 IT 平台,对实际管网进行模拟仿真,为管网的建模、负载及优化提供操作性方案及决策依据。

2 基于 Synergi Gas 管网模拟仿真系统的长春市燃气管网模型

2.1 管网模型物理数据来源

长春燃气GIS系统于2008年投入使用,系统以Oracle为数据库,G/Technology为开发平台,采用Client/Server架构,支持多用户同时操作。GIS系统将长春燃气的全部地下燃气管网进行数字化处理,实现查询、统计、打印、数据的导入和导出等功能。系统支持SHP、DWG/DXF、DGN等通用的GIS/CAD格式,可以将系统中的管网数据以DXF和MIF的格式进行导出。模拟仿真中的管网模型数据全部来源于GIS系统以MIF格式导出含有管径、长度、材质等信息的全部管线。

2.2 建立模型,修正错误数据

将长春市燃气管网数据导入 Synergi Gas 软件之前,对 GIS 系统中管线的材质、管径、长度、运行压力、流量等进行配置匹配,以 MIF 的格式导出,转换成 SHP 格式进行导入,长春燃气管网初始模型如图 1 所示。但是由于在历史前期管网信息录入过程中竣工资料不完整,管线数据与实际管线不相符,或管线变更数据没有得到及时更新,或管线属性信息录入错误等问题,管网模型在导入后没有连通性无法进行水力计算并运行。通过 Synergi Gas 管网仿真软件的自动检测,对管网模型进行管线物理性错误分析,检测出孤立管线 198 处,管线瓶颈 25 处,占总管网节点数 162329 的 0.13%。

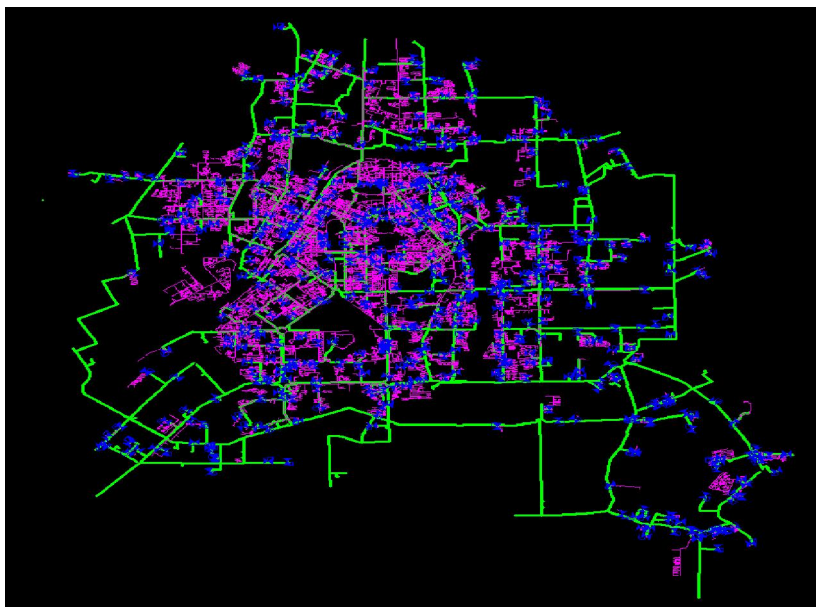


图 1 长春燃气管网模型初始图

Synergi Gas 模拟仿真系统可直接分析出以上孤立管网和管径不合理问题并提示和报告,对管网数据存在的实际问题需要在原始竣工资料源中寻找进行分析,最终确定数据属性。这就需要进一步核实 GIS 系统中可能产生的拓扑错误,或者查找最原始竣工数据进行实际勘察。在逐一查找管网气源断开处的过程中,由于管线数量大、分布广,查找工作较为复杂。所以按照服务部分区来排查,将长春市 12 个服务部分成五个区域,即中心区域(重庆、桂林、大经、平阳),东北区域(铁北、二道),东南区域(经开、南湖),西北区域(新竹、铁西),西南区域(景阳、宽平)。经过半个月的查找,长春市 12

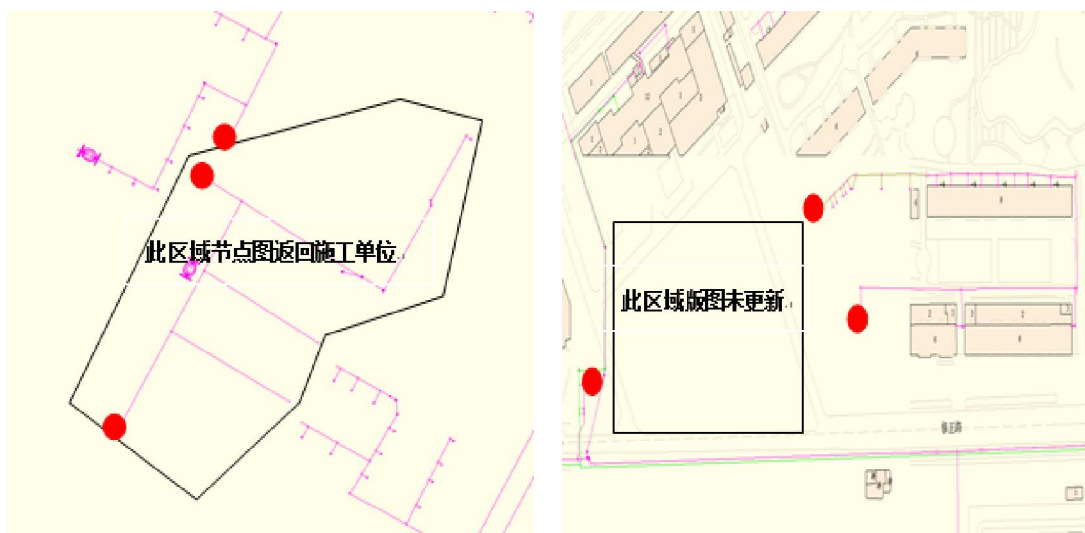
个服务部的管线缺失点已全部找出, 共计 260 余处, 影响面积 27 平方公里 (占长春燃气管网覆盖面积的 6.34%), 对此进行汇总分析。

在修改气源断点的过程中, 查找竣工资料并与之核对, 按照竣工资料修改 GIS 管线, 同时手动修改 Synergi Gas 模拟仿真模型管线。具体处理如下:

(1) 对于由于尺寸规格不准确返回施工单位的资料, 参照电子版节点图示意连接气源方向, 如图 2 (a) 所示;

(2) 部分由于版图不全无法连接到气源来源处的小管网采取在 Synergi Gas 模拟仿真模型中删除, GIS 中保留的方式, 如图 2 (b) 所示;

(3) 对于部分找不到竣工资料的断点处, 我们采取咨询施工单位及管网部工作人员的方式, 尽量保证管网的连通性及准确性。



(a) 返回施工单位的管线图

(b) 未更新管线图

图2 管网断点处理图

3 管网工况参数赋值

3.1 管网工况数据来源

管网工况参数主要包括入口压力及出口流量, 数据主要来源于 SCADA 系统与客服系统。压力数据来源于 SCADA 实时监测系统, 长春燃气 SCADA 系统于 2010 年建成, 共 69 个远程监控站点, 其中 3 个门站监测点、5 个高中压站点、50 个区域调压站点和 11 个工业用户站点。本次管网模拟仿真中 3 个气源点在日不同时段的压力值由 SCADA 提供。流量数据来源于客服系统中各地区月销售量, 经分析统计换算成平均单位时间用气量, 高峰时段需在平均流量基础上乘以日高峰系数。本次模拟是对日高峰时段管网运行状态进行稳态计算。

根据 SCADA 实测系统提供的数据, 对管网节点压力、流量进行赋值、分配。经过反复调试, Synergi Gas 管网仿真系统建立成长春市中低压燃气管网模型, 为管网压力分析、管改规划、新管道设计等场景的模拟仿真建立基础, 为长春燃气管道建设和运营提供计算依据。图 3 为长春市中低压燃气管网模型。

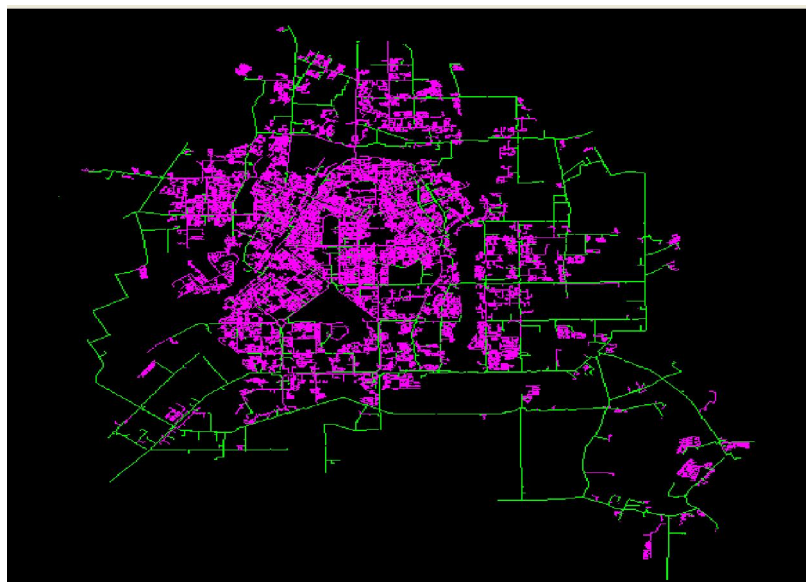


图3 长春市中低压燃气管网模型

3.2 流量分配

经统计,长春市瞬时总流量为 $42594\text{m}^3/\text{h}$,市中心与南部工业用气量较大,占总流量的46%。在分配流量时,将流量最大的三十个工业户节点按所在地图位置逐一分配,其余工业户用量平均分配,民用量以调压器所在位置为输出节点,按照服务部所在区域平均分配,流量分配数据使管网模型分析结果与真实管网运行情况基本相符。长春市流量分布如图4所示。

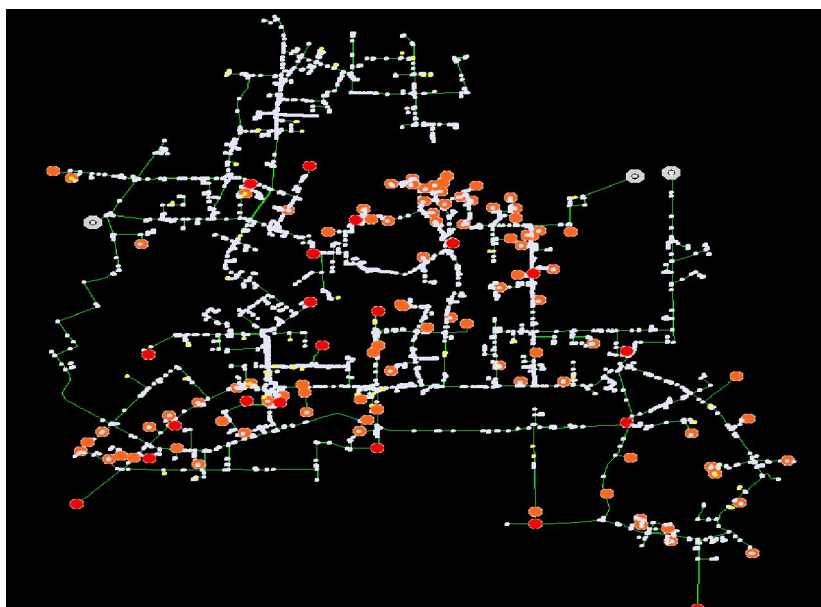


图4 长春市流量分布图

3.3 压力分配

长春市天然气气源门站为大刘屯及东郊站,其中东郊站气源分两路供向市区。此三路气源的高峰供气压力为:大刘屯站 160kPa ,东郊站一路 170kPa 走向营口路,东郊二路 250kPa 走向洋浦大街。将三个门站供气的压力值分别匹配到模型中的相应节点上,并进行稳态计算,如图5所示。



图5 气源点压力分配图

4 管网稳态分析

对模型完成气源压力、节点流量的赋值后,即可进行稳态计算。计算出所有节点压力后,根据不同的需求可输出不同的显示图及分析报告,如管网压力、流量等参数的分布、管线压降、各节点气源组分分析等。

4.1 压力等高分析

根据稳态计算结果可输出压力等高图,分析各区域的压力状态,及时发现问题,制作预案。如图6所示,红色区域为压力较低区域,在冬季供暖时期可能出现压力过低而无法供应,绿色区域为压力正常区域,蓝色区域为气源周围区域。压力等高图可为后期燃气管网的扩展和设计提供参考,红色区域的压力较低,不适宜再继续增加用户量,如若需要增加,必须进行管线整改和优化才能满足负荷量;最适宜增加用户量的为绿色以及蓝色等靠近气源的地区,对整体管网压力分布影响不大。

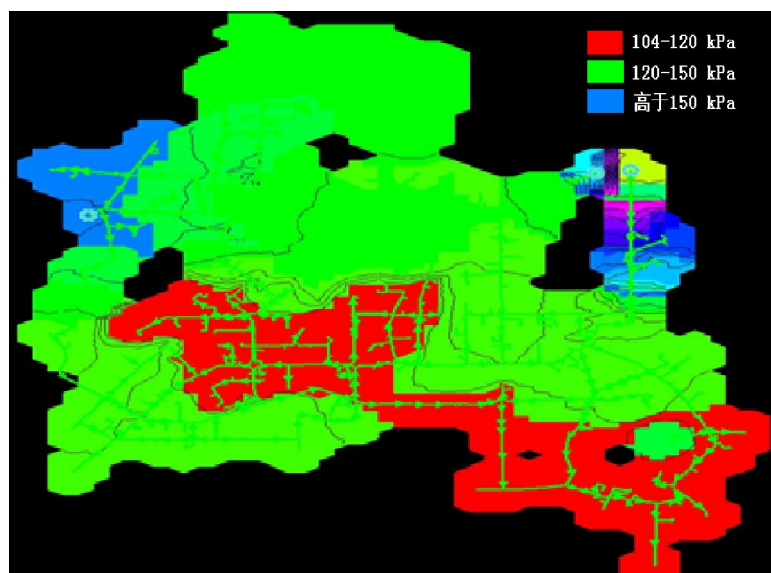


图6 长春燃气中低压管网压力等高图

4.2 气源组分追踪

显示管网内燃气的气流走向,更直观的描述实际管网内气流的流动,这对管道的工程维修、泄漏检测都具有指导意义。软件后处理模块还可进行气源供给追踪,分析气源供给区域,为管理系统按成本预算采购气提供理论依据。例如对节点 12475(东郊二路气源)进行供给追踪,结果如图 7 所示,其中红色部分表示供给在 95%以上,橙色部分表示供给在 80%以上。同时将气源追踪结果输出分析报告,可直观的显示各气源输送的燃气在每个节点的分配情况。如图 8 所示,每一用户节点的燃气都来自于三个气源的供给,但所占比例各不相同,此报告对事故应对方案可提供依据。如果其中一个气源供给故障,可分析出受影响的用户,依赖单一气源的用户节点的弹性要低于拥有多个气源的用户节点,所受影响最大。



图7 东郊二路气源供给追踪图

气源追踪组分表			
气源点	东郊气源二路	东郊气源一路	大刘电站
一汽财务有	100.000		
万达百脑汇			100.000
东北师范大	100.000		
东北师范大	100.000		
东北师范大	81.767	18.233	
中国人民解			100.000
中国人民银			100.000
中国科学院	76.067	10.099	13.834
中庆建设有	100.000		
光机物理研	100.000		
前卫医院省	27.631	3.668	68.700
动画学院			100.000
吉林农业大	100.000		
吉林大学	27.431	3.642	68.928

图8 气源追踪报告

5 基于稳态分析对长春市燃气管网的优化

Synergi Gas 软件后处理模块可以文本报告形式输出管网稳态计算结果,通过分析管网各区域、各节点的管材、流速、压力等参数变化,为管网的优化提供了数据依据。为了使结果显示更直观,将压力值分成不同区间并以不同颜色显示:节点压力 120kPa 以下为红色,节点压力 120~130kPa 为黄色,节点压力 130kPa 以上为绿色,如图 9 所示。图中标示的四个节点压力值最低,为了分析原因,对其进行放

大并对比四个节点附近的压力值。在普阳街、延安大街、卫星路上的中压管线压力骤降 10kPa~15kPa, 这些都是由于节点附近管径急剧变化且下游用气量大造成的。世纪广场-卫星路-亚泰大街铺设的中压管线是管线管径变化频率大, 造成压力降低, 而湖西路-延安大街-南湖广场虽只是与上游管线管径相差大, 但是下游用气量较大, 造成压力下降。

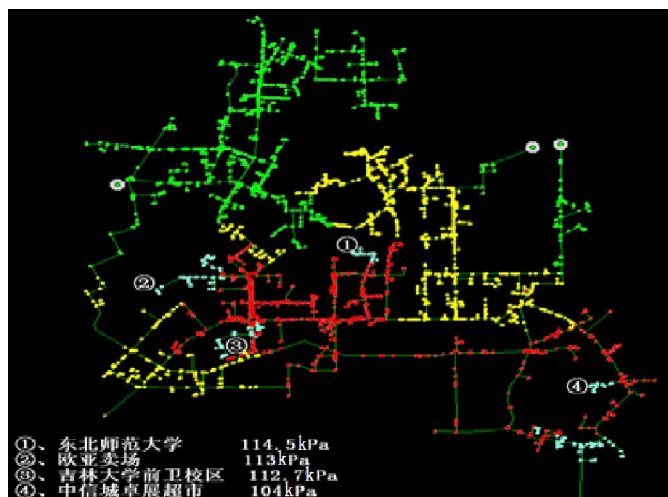


图9 稳态计算后的模型

为了提高管网的输运能力, 降低管线耗损, 对压力较低的管网区域进行优化改进。主要可采取的方案有两种: 调整急剧变化的管径及建立联络管线。

5.1 优化方案一: 调整管径

将普阳街、卫星路上的中压管线的管径调整到与上游管线管径相同, 即湖西路管径 250mm 的管线调整到 315mm, 管径 200mm 的管线调整到 315mm, 延安大街至南湖广场上管径 200mm 的管线调整到 250mm, 世纪广场—卫星路—亚泰大街段管径为 250mm 的管线全部调整到 355mm, 再次进行计算, 结果如图 10 所示。最低压力由吉林大学前卫校区节点处的 112kPa 上升到 122kPa, 欧亚卖场节点压力已由 114kPa 上升到 123kPa。压力骤降区间也由 10~15kPa 下降到 4~6kPa, 其中卫星路压力降低改善结果最明显, 由之前的压降 15kPa 改善到压降 6kPa, 同时对西南部区域压力的提高影响很大。

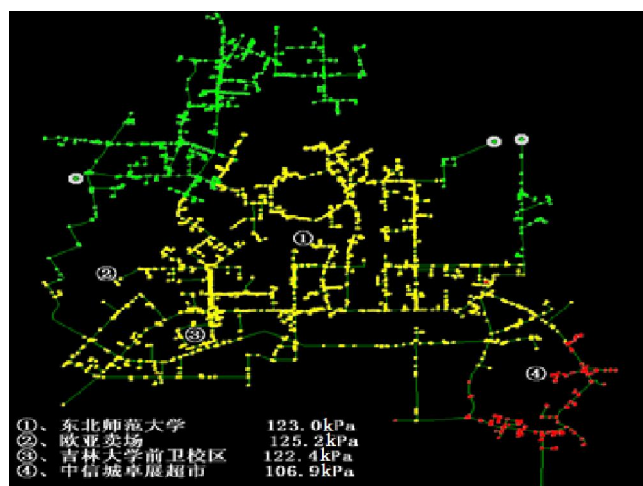


图10 调整管径后节点压力分布

5.2 优化方案二: 建立联络管线

由于调整管线管径在实际铺设中耗资较大,且对地下管网造成一定的浪费。在合理的情况下,可以从气源来向方面做一些改善。以欧亚卖场,吉林大学前卫校区为中心的两个气压较低区域为例,欧亚卖场主要由普阳街方向供气,吉林大学主要由卫星路与环城路方向供气,现在① 新民广场处新设一根管径为 200mm 管线,② 东岭南街与东岭北街新设管径为 250mm 中压管线。计算结果显示两段管线内气流流向发生了改变,如图 11 所示,黄色箭头表示原管线内气流的走向,红色箭头表示建立联络管线后气流的走向。同时,对整体管网压力分布产生了一定的影响,如图 12 所示。建立联络管线后,吉林大学前卫校区节点处的压力值由 112kPa 提高到 119.5kPa,欧亚卖场节点处的压力值由 114kPa 提高到 122kPa。其他区域的压力也相应得到提高,缺点是对于压力骤降这种现象并没有明显改善。



图11 管线内气流方向变化

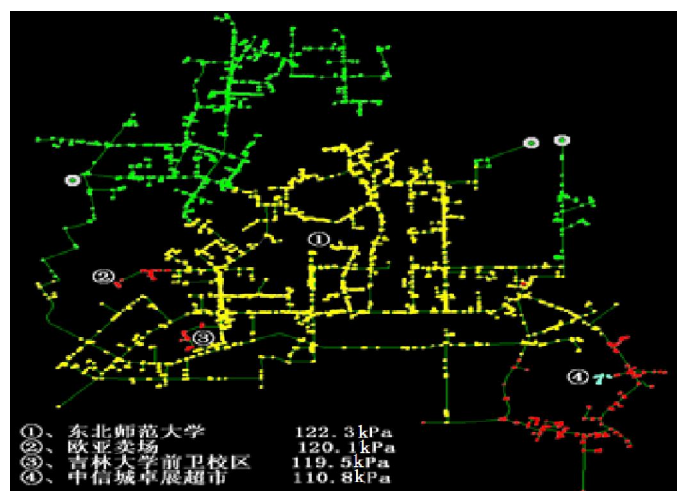


图12 建立联络管线后压力分布图

同时,以上两种优化方案合并应用到管网模型中,节点压力分布改善更为明显。最低压力由吉林大学前卫校区节点的 112kPa 上升到 125kPa,欧亚卖场节点已由 114kPa 上升到 126kPa。无论选择以上两种方案中的哪一种,或者两种方案并用,都能改善管网的压力分布,均衡管网的输配能力,达到优化管网的目的。

6 结语

首次应用 Synergi Gas 管网模拟仿真软件对长春燃气管网系统进行建模及稳态分析,其主要结论可概括如下:

(1) 长春燃气通过近十年的 GIS、SCADA 及 CIS 信息化建设, 管网和工况数据已经实现系统性档案化管理, 完全支持管网模拟仿真系统的数据要求, 并建立了中国第一个全管网多压力多气源的复杂模型, 实施半年就实现了稳态分析。

(2) 在建立模型的过程中通过 Synergi Gas 检测, 发现了原管网中物理性错误 123 处, 其中孤立管线 98 处, 管径急剧变化 25 处, 经过修正, 进一步完善了长春燃气管网信息系统, 同时实现了 GIS 系统同步更新, 为管网巡查提供更加准确的依据;

(3) 根据稳态计算结果, 显示管网内流量、压力等分布情况, 同时动态监测不同的气源在管网内的分布及流向, 及时反馈管网内压力变化。通过气源追踪分析, 可直观的显示各气源输送的燃气在每个节点的分配情况。

(4) 根据气源追踪和压力分析的结果, 采用调整管径和建立联系管线的方法对压力较低的区域进行优化, 均衡了管网的输配能力。

Synergi Gas 模拟仿真系统对于城市燃气管网有很强的适用性, 它几乎可覆盖所有有关管网运行工况的分析并形成方案, 基于现有模型, 再进一步细化工况数据。该软件还可应用于瞬态分析形成日志化、周志化调度计划, 进行需求分析及气源计划, 并可在安全管理中实现各种安全预案并演练。基于现已建成的管网模型, 长春燃气设计院可轻松地对管网规划、改造、增量需求等设计工作进行准确设计, 并且可加入未来投入输配的环状高压管线, 未来的管网运行各种变化都可清晰认知并决策。随着燃气业务飞速发展, 建立管网仿真系统, 与信息管理系统 SCADA、GIS、CIS 等相连, 祛除信息孤岛统一数据管理, 并实现大数据分析, 可持续地提高管网安全运行能力, 真正实现智慧燃气。模拟仿真技术实现了管网管理在人工智能方面的技术进步, 其管理效益、经济效益、安全效益等方面, 有待在今后的实践中进一步总结。

参考文献:

- [1] 张甫仁, 徐湃, 曾小燕. 燃气管网系统仿真的理论分析与应用[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, 41(7): 193-198.
- [2] 周伟国, 刘晓婧, 王海. 燃气管网仿真技术的发展状况[J]. 世界科技研究与发展, 2013, 35(1): 99-100.
- [3] 李猷嘉. 燃气输配系统的设计与实践[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.