

大型城市天然气管网建设特点探讨

王 勃 杨 光 王遇冬

西安长庆科技工程有限责任公司,陕西 西安 710018

摘要:

为了研究大型城市天然气管网规划建设的特点,详细介绍了上海市在天然气利用及在城市天然气管网规划建设方面的现状及经验。上海市作为全国特大城市之一,随着“西气东输”、“川气东送”、“东海天然气(平湖)”管道及 LNG 接收站的建设,天然气供应多元化局面已基本形成。天然气管网建设及规划具有明显特色。通过上海市天然气管网建设及规划的思路,总结和探讨上海市天然气管网规划及建设的特点。提出大型城市在天然气管网规划建设中,应适当增加高压(超高压)干线、专用线及 LNG 接收站的建设,避免后期管道的重复性建设。

关键词:

天然气;管网;特点;建议

文献标识码:B

文章编号:1006-5539(2011)04-0012-04

0 前言

上海作为我国经济、金融、贸易、航运等中心,近年来约有 2 000 万人居住和生活,是我国典型的大型城市之一,其能源消耗量巨大。由于受当前原油和煤炭价格大幅度上升的影响,天然气价格及综合利用优势日益明显,再加上我国天然气利用政策及上海世博会对上海环境建设的促进,环境保护力度加大,上海市在发电、化工、钢铁等行业的天然气消费量与日俱增。自“西气东输一线”管道天然气供应上海后,上海市民更加感受到清洁能源给生活及城市带来的巨大变化,天然气用户、用量大幅增加,在上海能源结构中所占比例不断攀升。近年来上海根据其天然气气源多、区域范围广、用户类别多、人口密度大、施工难度大等特点,建成了具有其城市特点的天然气管网,合理的规划布局、先进的工艺技术均处于国内领先地位。本文从上海天然气利用情况、管网建设特点^[1]、燃气调峰及专供

管线等几个方面对其规划和建设模式进行探讨。

1 上海天然气利用情况

1.1 气源

2010 年,上海所用天然气已经形成了包含“东海天然气(平湖)”、“西气东输一线”、“川气东送”、“西气东输二线”管道天然气和进口液化天然气(LNG)六大气源的供应体系,分别从城市不同区域位置进入管网,体现气源多元化的合理局面。气源供应稳定性逐渐提高,供气能力稳步提升。仅 2010 年,上海市年供气量已达 $45 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其中,“西气东输一线”协议供气量 $23.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,上海液化天然气约 $15.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,东海气约 $3.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,川气约 $0.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,五号沟液化天然气应急站约 $0.35 \times 10^8 \text{ m}^3$,“西气东输二线”气约 $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

除上述六大气源外,上海还在考虑两个新的气源供应规划:一是在崇明岛建站负责接收中国石油如东 LNG 气源供应的天然气;二是对洋山港 LNG 接收站

收稿日期:

2011-04-12

基金项目:

中国石油天然气集团公司工程资助项目(CTEC132Q-2006)

作者简介:

王 勃(1983-),男,陕西西安人,助理工程师,学士,主要从事天然气输气管道、城镇燃气规划设计研究工作。

进行二期扩建。这两个气源点的建设一方面作为城市天然气的应急气源;另一方面全面提升上海市天然气供应的可靠性。

1.2 天然气特点

多气源城市,常常会遇到以下两种情况:一是某一地区原来使用的燃气要由性质不同的另一种燃气所代替;二是在主气源产生紧急事故,或在用气高峰时由于主气源不足,需要在供气系统中混入性质不同的其它燃气。当城镇燃气具有多种天然气气源时,如果它们的组成不同,其沃泊指数和燃烧势就会不同。此外,即使它们发热量类似,但沃泊指数和燃烧势也可能差别较大,不一定属于同一互换性范围,故必须将其进行分类,并依此定出与之适应的互换性范围,以保证天然气的使用效果。表 1 列出了上海天然气各气源的相关参数^[2]。

表1 各气源天然气气质及相关参数表

项目	西气东输一线	到港 LNG (贫)	到港 LNG (富)	川气东送	西气东输二线
$x_i/(%)$					
CH ₄	96.23	96.64	89.39	97.058	92.55
C ₂ H ₆	1.77	1.97	5.76	0.158	3.95
C ₃ H ₈	0.30	0.34	3.30	0.019	0.34
<i>i</i> C ₄	0.14	0.07	0.78	0.000	0.12
<i>n</i> C ₄		0.08	0.66	0.000	0.09
<i>i</i> C ₅	0.13	0.00	0.00	0.000	0.22
<i>n</i> C ₅		0.00	0.00	0.000	0.00
C ₆ ⁺	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
N ₂	0.96	0.90	0.11	0.709	0.84
CO ₂	0.47	0.00	0.00	2.029	1.89
相对密度	0.578	0.572	0.634	0.577	0.606
高位发热量 / MJ·m ⁻³	38.71	38.64	42.46	37.81	39.58
沃泊指数 / MJ·m ⁻³	50.82	51.00	53.13	49.71	50.78
燃烧势	37.68	38.12	39.27	36.46	37.15
燃气类别	12T	12T	12T	12T	12T

注:密度、高位发热量、沃泊指数体积参比条件均为 101.325 kPa,15℃。

由表 1 上海各气源的燃烧特性可知,“西气东输一线”、贫 LNG、富 LNG、“川气东送”和“西气东输二线”管道的天然气都属于 12 T。贫 LNG、富 LNG、“川气东送”、“西气东输二线”管道的天然气和“西气东输一线”管道天然气互换时,其沃泊指数变化范围均在±5%之内,燃烧势也很相近,故气源具有互换性。各气源来气既可按压力级制和用气对象分片供气,必要时也可混配使用。多年来上海多气源天然气互换性的实践

也充分证明了这点。

2 天然气管网规划和建设

上海作为我国典型的大型城市,其天然气管网分为八个压力等级:6.0 MPa、4.0 MPa、2.5 MPa、1.6 MPa、0.8 MPa、0.4 MPa、3 kPa、1 kPa,是国内城镇管网分级最多的城市。1.6 MPa 及以上称为主干天然气管网,1.6 MPa 以下称为区域性天然气管网。特别是该市首次将 6.0 MPa 超高压管道纳入城市天然气管网系统,这样不但提高城市管网的输气能力,也提高城市管网调峰储气能力。

2.1 主干天然气管网建设情况

根据上海气源接点分布和城市建设布局,在城市天然气管网建设规划中将郊环线布置为 6.0 MPa 超高压城网干管,分别向北、向南供应天然气发电厂和化工区等集中大型用户;管网从西向东逐级降压深入市区,在外环线埋设 1.6 MPa 的次高压 A 级管网,向中心城区供应天然气;在 6.0 MPa 管网和 1.6 MPa 管网之间,分别沿沪宁高速、五号沟至临港首站敷设 4.0 MPa 高压管道,作为东部主干管;沿浦东的迎宾大道、沪南公路、远东大道敷设计压力为 2.5 MPa 高压管线。从而形成“二环四射”的供应框架,截至 2009 年底,上海累计建成主干天然气管道 567km,具体管网布置见图 1^[3]。

2.2 区域性天然气管网建设情况

根据天然气管网在“新区中压气直接到户供应、原人工煤气管网综合利用”的原则,上海区域性天然气管网采取新建区域按 0.4 MPa 天然气管网直接供气,或利用原有人工煤气管内穿入聚乙烯塑料管的“中压到户直接供应”方式,以及通过降压至 0.1 MPa,直接利用原人工煤气管网的“中低压两级制”管网供应方式。基于上述原则,上海在中环线上埋设 0.8MPa 管网,内环线及其内部改造埋设 0.4 MPa 管网,且将“东海天然气(平湖)”与“西气东输”管道天然气在中心城区汇合。

2.3 电厂专线管网规划

上海天然气发电厂主要位于城市北部、主干网供应末端的石洞口电厂,以及位于城市南部的临港电厂、漕泾电厂、化工区热电联供电厂等,而且大型工业用户和电厂分布相对集中,这几座电厂年用气需求量 50×10⁸ m³/a,占上海年需求总量的 36%左右,占 LNG 接收站年供应量的 60%左右。根据市场分析,2020 年上海天然气电厂的用气量为 89.1×10⁸ m³,因此建设专供管线非常必要,其专线管网规划见图 2^[4]。

目前,上海正规划建设 40 km 的临港—漕泾化工区电厂专线(压力 4.0~6.0 MPa,管径 DN 800)供应上述用户。该专线不仅供应临港发电厂、漕泾化工区热

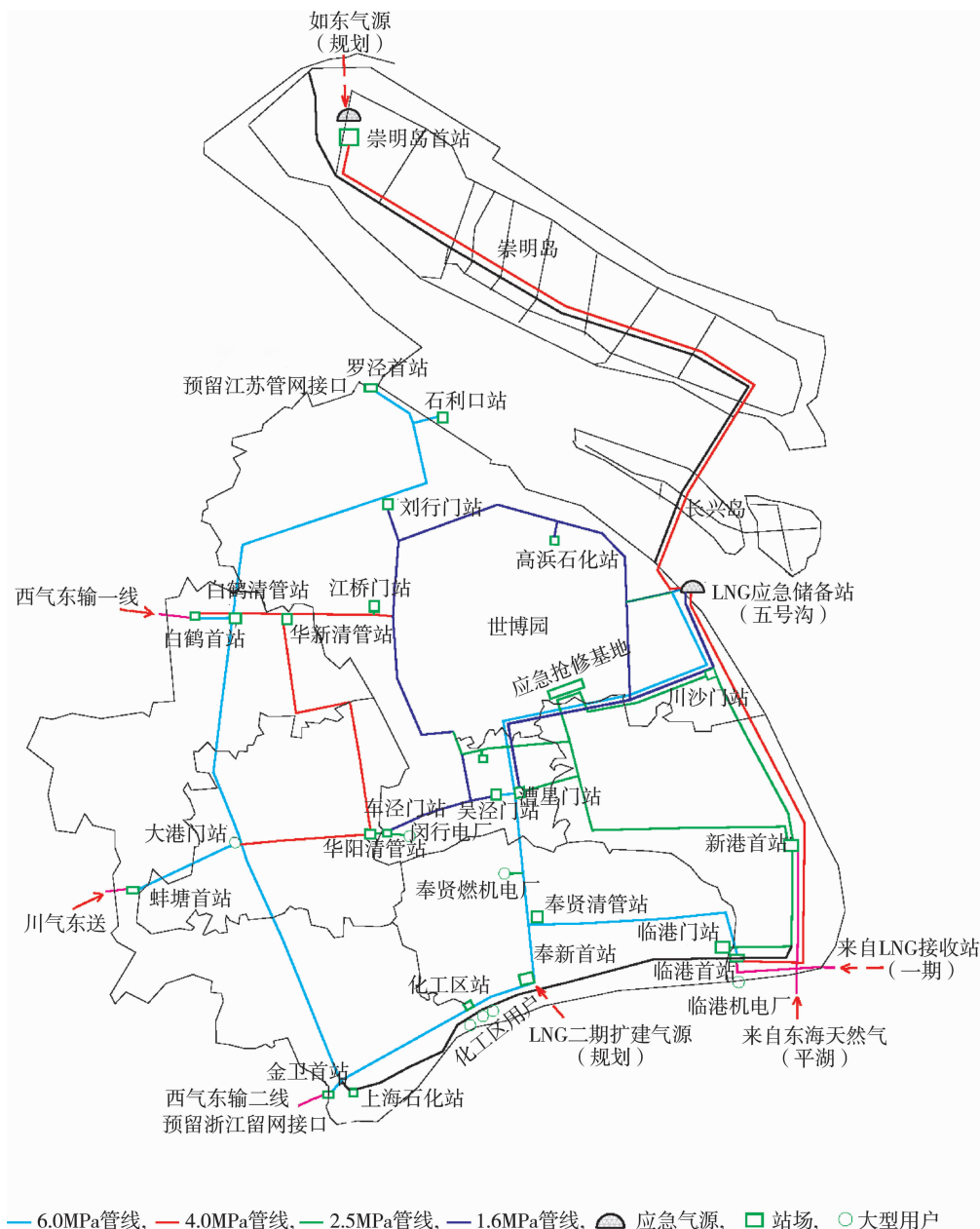


图1 上海市管网规划布置图

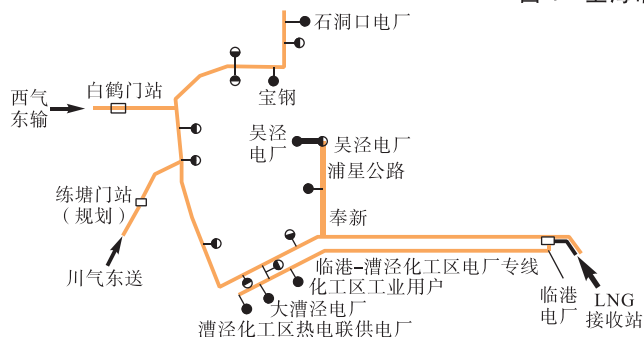


图2 上海市电厂用户及6.0 MPa管网分布图

电联供电厂、漕泾电厂等用户,还供应化工区工业用户,有效地使这些大型用户所用天然气与民用气分流,实现大型用户和城市民用用户分开供气,可大大提高城市天然气供应安全,同时避免出现这几座电厂

的启停对其他用户,尤其是管网末端的石洞口电厂正常用气产生的冲击。

2.4 上海天然气管网特点

上海天然气管网建设有三个突出特点:

2.4.1 超高压天然气管道直接入市

新近发布的 GB 50028-2006《城镇燃气设计规范》已将城镇燃气压力系统从原来的 2.5 MPa 提高到 4.0 MPa。该压力等级的制定,是吸收了美、英等发达国家的先进标准成果,并经过了充分论证^[5]。

然而,上海 6.0 MPa 超高压管道建设,则是为解决城市用气量大、大型工业用户分布广、天然气使用不均匀系数大等问题而提出的。为此,上海相关部门专门研究制定了《上海市天然气主管网系统规划》,突

破了目前国家现行规范的最高压力等级,提出并推荐“外高内低”的布局方案,沿城市西南侧郊环公路敷设高压(4.0 或 6.0 MPa)天然气干管,作为城市天然气调峰储气的重要组成部分。

2.4.2 低压管网抽气供应分布式功能系统

从低级别压力管网抽取天然气,加压后供应分布式供能系统,是上海根据城市天然气用量压力不均匀而采取的天然气供应技术,可使管网建设具有较强的灵活性及适应性。通过增压设备直接从天然气管网上抽气的典型较大用户为浦东机场的分布式供能系统^[3]。

例如,浦东机场用气接自 2.5 MPa 管网,由于 2.5 MPa 管网日常运行压力偏低,仅有 1.2 MPa,为满足机场用气需求,在管道来气起点设置增压机,将其增压至 1.8 MPa(设计流量为 4 000 m³/h),然后再输往浦东机场管网。目前,连接浦东机场的专用管道设计压力 2.5 MPa,管道长度约 5 km 左右,由日常运行状况看,增压机对管网正常输气无影响。

国外也有类似增压抽气用户,从实际运行情况看基本不影响管网正常运行。在某些国家,对于不同的增压抽气用户,需进行管网模型测试,以确保管网正常运行。

2.4.3 大型用户由专供管线直接供气

由上可知,规划中的临港—漕泾化工区发电厂专线,可有效防止因发电厂或大型工业用户在用气设备启动时,由于天然气用量瞬间较大,造成附近管网瞬间压差巨大、管道承压瞬间提高而出现的管网压力严重不稳定、管道受损等现象发生。以 2020 年高峰周为例,利用 TGNET 软件对上海主干管网进行水力计算^[4]。结果表明,该专供管线的建设,可以将石洞口发电厂的供气压力从 3.3 MPa 提高到 4.7 MPa,不但可以满足发电厂用量需求,同时预留一定的空间,大大提高整个天然气管网运行的抗风险能力,提高管网供应稳定性和安全性。此外,该专供管线的建设,还可将郊环线的储气量由 180×10⁴ m³ 提高到 270×10⁴ m³ 左右,大大提高管网储气调峰的作用,减少上海 LNG 储气调峰对汽化器的能力要求,增加管网应对突发事件的能力,优化了 LNG 接收站的设计,提高发电厂用气的安全性。

3 天然气调峰

上海作为天然气用气大城市,其调峰问题日益明显。2010 年,上海天然气用量高峰主要集中在夏冬两季,日平均用气量 Q_{ave} 为 1 200×10⁴ m³,实际最大日用气量 Q_{max} 为 1 500×10⁴ m³;月不均匀系数峰值约 1.2,春秋两季为用气低谷,不均匀系数谷值为 0.8;而

小时不均匀系数主要集中在城市配气部分,不均匀系数数大约在 3 左右,给上海供气稳定性提出很大挑战。

上海根据自身天然气管网及用气特性,采取上游和自身共同调峰的措施^[2]。由于上海下游天然气管网无法解决自身所有调峰问题,故上海季节性调峰、日调峰及重点大型用户的小时调峰基本依靠上游的天然气供气量来解决,自身调峰主要是解决城市燃气的小时调峰。

鉴于上海境内无法建设地下储气库,故城市调峰主要由高压管道、高压球罐及 LNG 调峰三种方式来解决。目前,上海利用郊环线及内部高压管道调峰量能达到约 270×10⁴ m³;球罐调峰能力约 30×10⁴ m³;浦东五号沟 LNG 应急备用站储备量达到 7 200×10⁴ m³,新建的洋山港进口 LNG 接收站储备量达到 9 000×10⁴ m³,均作为调峰及应急储备^[6]。

4 几点建议

通过对上海天然气管网建设及规划的分析和探讨,建议我国大城市天然气管网在规划和建设时,在考虑城市所属区域位置、用户组成及分布情况、大型工业或燃气发电厂用量等方面的同时,还应重点考虑以下几点:

a)对于区域面积大、用气种类多的大城市,在城郊及环线敷设高压管道,可有效利用高压管道储气来完成城市天然气调峰,保障供气安全平稳。

b)大型工业用户和天然气发电厂可考虑天然气专供管线。专供管线的建设可将大型用户和城市民用供气系统有效分流,防止由于用气设备的启停影响附近天然气系统的稳定性。

c)LNG 供气是大型城市天然气调峰及应急的重要补充措施,具有占地小、储气量大的特点。

参考文献:

- [1] 杨帆,刘玉峰,姚林,等.经济发达地区长输天然气管道的设计要点[J].天然气与石油,2008,26(5):4-6.
- [2] 刘军.上海城市燃气调峰分析[J].上海煤气,2002,22(1):7-9.
- [3] 王遇冬.天然气处理原理与工艺[M].北京:中国石化出版社,2011.
- [4] 金芳.上海建设燃气电厂专线的必要性[J].煤气与热力,2007,12(27):12-14.
- [5] GB 50028-2006,城镇燃气设计规范[S].
- [6] 张明.浅析上海城市天然气供应系统应急储备措施——上海 LNG 事故起源备用站[J].城市燃气,2006,(9):16-19.