

# 高压燃气管道工程设计要点浅析

李鹏飞

华润(南京)市政设计有限公司

**摘要:**从设计的角度对高压燃气管道工程设计各过程提出适当举措。

**关键词:**高压管道; 设计; 安全

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.20.117

在“十三五”期间,全国天然气累计建成长输管道4.6万千米,总里程达到约11万千米。随着管线建设长度增加,运行维护的工作量在不断加大,国家于2015年颁布了完整性管理、定期检验等相应规范,但安全事故仍然时常发生,例如某城市高压管道遭第三方破坏,事故导致下游城市燃气供应中断,另某燃气公司高压管线突发天然气泄漏事故,停气时长达4天。高压管道作为燃气供应系统重要组成部分,设计之初其合理性、合规性、安全性,对有效保障区域燃气气源供应安全稳定起着决定性作用。本文对高压管道的设计过程进行交流探讨,希望对相关设计工作者开展工作有所帮助。

## 一、落实设计输入数据,提高项目合理性

### (一)建设规模确定

管线是连接上、下游的中端,工程规模要与气源指标和市场相匹配,既要符合上游资源的承载力、又要符合下游市场需求。从规划的角度看,既要满足当前使用需求,同时也要能满足后期的发展期望,只有合理的规划设计,才可避免过分放大造成“资源成本”的浪费。

上游供气能力可根据供气协议及设计参数确定,下游市场可以参照当地审批通过的“燃气专项规划”内容或市场调研数据。如没有规划或认为专项规划未能贴合实际,设计时可以通过规划编制方法进行测算。根据“城市总体规划”中人口数量,人均年耗热定额,气化率指标数据,对不同供气对象分别测算,可分为居民用户、公建和商业用户、工业用户、三联供用户、天然气汽车用户等。

①居民用户耗气量,通过下面公式计算:

$$Q_a = \frac{Nkq}{Hi}$$

式中:  $Q_a$ ——居民生活年用气量,  $Nm^3/a$ ;

$N$ ——居民人数,人,可根据“城市总体规划”中的规划人口并结合“城市统计年鉴”中的人口数据分析,计算数据应保持外来人口占比符合以往年鉴数据;

$k$ ——气化率,%;可根据城市气化率达标要求以及燃气供应企业近几年居民用户统计数据进行分析,计算数据应保证符合政府要求以及发展趋势;

$q$ ——居民生活用气量指标,  $kJ/(人 \cdot 年)$ ;可根据《燃气工程设计手册》中推荐的各城市指标数值;

$H_i$ ——天然气的低热值,  $kJ/Nm^3$ 。根据上游气源气质分析数据。

②公建和商业用户耗气量,通过下面公式计算:

$$Q_b = kQ_a$$

式中:  $Q_b$ ——公建和商业用户年用气量,  $Nm^3/a$ ;

$k$ ——公建和商业用气量与居民用气量占比,%;可根据燃气供应企业近几年公建和商业耗气量占居民耗气量的比例数据进行分析,随着近几年“瓶改管”工程推广,此数据应有明显提高。

③工业用户,分两种情况确定工业用气指标:

第一种,目前已投产工业用户,按照企业现耗能源种类、热值和效率折算为天然气用气量或单位面积耗气量,根据经济增长率或规划面积预测天然气用气量;

第二种,新建工业区域,可将规划产业分为五类,结合调查分析和经验指标,确定相应类型工业用气指标,五类行业可根据规划面积预测天然气用气量。

第一类——重大型耗能行业  $275.3Nm^3/(m^2 \cdot a)$ ,如:炼钢、锻造、小型燃气轮机等。

第二类——大型耗能行业  $172.0Nm^3/(m^2 \cdot a)$ ,如:陶瓷、玻璃制造、不锈钢电镀、燃气化工等。

第三类——中型耗能企业  $33.0Nm^3/(m^2 \cdot a)$ ,如:食品、玻璃工艺、烘干、印染等中型耗能企业等。

第四类——中小型耗能企业  $5.5Nm^3/(m^2 \cdot a)$ ,如:纺织、药品、服装等。

第五类——小型耗能企业  $1.1Nm^3/(m^2 \cdot a)$ ,如:电子、工艺制品、工业试验等。

④三联供用户

此部分用气量应结合发改委关于能源结构调整的需求,对市场进行预测,或按照医院等可能的企业现耗能源种类、热值和效率折算为天然气用气量。

⑤天然气汽车用户

近年来由于能源危机及俄乌冲突影响,全球能源价格飙升,各地限气停气时常发生。在新能源汽车冲击下,小型乘用车大量改用新能源,CNG加气站大量倒闭,LNG加气站市场也急剧萎缩,在根据车辆管理部门的车辆统计数据进行分析时,应考虑其下降趋势。

以上计算汇总后结合城市高峰系数得到高峰小时流量数据,再结合上游管线压力选择下游管线压力级制,压力级制选择应考虑燃气企业原有压力级制,及邻近城市压力级制,以便城市后期发展“互联互通”的需求,确定压力级制后可计算确定管道口径。

## (二)管线路由的确定

①管线路由的选取

根据沿线地形、地貌、工程地质以及交通运输、人文、经济等条件,经多方案对比后,确定最优线路。如踏勘现场时属于未开发用地,应与土地利用规划衔接,如下图所示的工程案例,此举措可以减少后期城市发展对管线带来不必要的迁改。宜优先选择高速公路、铁路、输电线路平行线路,减少对地块的多次分隔,也利于管线的施工及维护,降低工程费用,减少土地资源浪费。

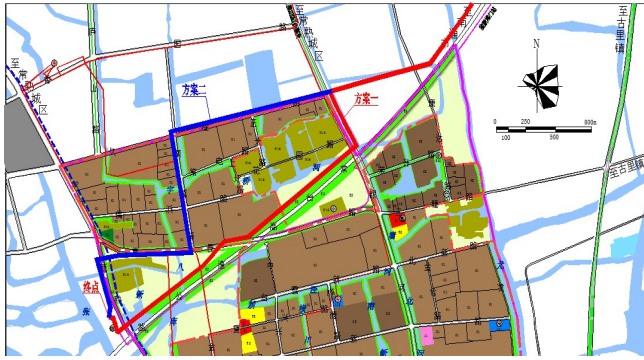


图1 某高压燃气管道工程与城市土地利用规划衔接图

②管线路由的比较

尽可能多的选取出不同的路由走向，根据不同路由走向列出可能的施工措施进行制表分析，如下表1，通过投资数值估算进行定量分析，经济比较以后进行定性分析。

表1 不同路由走向方案主要工程量及建设投资估算表

序号	项目	方案一	方案二
1	管道长度 (km)	7.0	8.0
2	定向钻穿越 (m/处)	500/1	500/1
	大开挖穿越河流 (m/处)	20/1	60/2
	一般地段 (km)	700/1	700/1
3	困难地段长度 (km)	5.2	2.7
4	新建施工便道 (km)	2	0
5	水工保护 (m <sup>3</sup> )	0	5
6	临时用地 (m <sup>2</sup> )	680	810
7	青苗补偿 (m <sup>3</sup> )	60	120
8	拆迁户数 (户)	0	1
建设投资估算 (万元)		1200	1350

不同路由方案优缺点分析：

方案一优点：①符合规范要求；②沿交通走廊铺设，对当地规划基本没有影响；③线路长度较短、较为顺直。缺点：①涉及鱼塘多，施工协调有一定难度；②沿高速公路并行绿化敷设，需征求高速公路部门同意；③沿线困难地段较长。

方案二优点：①基本符合规范要求；②沿线困难地段少；③周边有成型道路，施工较为方便。缺点：①线路长度较长；②高压A级燃气管线不宜经过四级地区，由于周边企业较多，后期运行维护难度大；③涉及拆迁，施工协调难度较大，周期长。

(三) 施工工艺的比选

定向钻穿越具有施工难度小、协调难度小，对周围生态环境破坏小的优势，管道的覆土较深，不影响河流、沟渠的疏浚和拓宽，对管道后期安全运营有利。大开挖穿越对环境破坏大，容易造成水土流失，且易受天气影响工期，不利于后期管道运营。顶管方式穿越，穿越两侧基坑挖深较大，需对基坑进行支护，施工难度大，盾构穿越方式投资过大。不同工段要采取不同的施工方案比较。

二、加强前期对接，确保合法合规

高压管道建设要单独进行审查与立项，由市级住建部门邀请专家参与评审。如项目使用国有资金投资，需进行可行性研究并获得批准。在办理规划许可时，如管线路由未在当前实施燃气专项规划中体现，还需进行专项规划修编或规划选址论证工作。项目开展流程汇总如表2。

设计工作宜按步骤开展各项工作，工作中时常发生要求设计超前完成工作，但实际前几道审批尚未通过，设计方案多次推翻的情况，增加了设计人员的冗余工作量。

表2 高压管道项目设计阶段相关工作程序

	序号	工作内容	负责人	备注
项目立项阶段	1	社会稳定风险性评价	咨询单位	政府办公室维稳办
	2	航评报告	咨询单位	交通运输局
	3	节能登记	建设单位	发改委
	4	取得选址预审意见	建设单位	自然资源和规划局
	5	项目申请报告评审会、立项、申请代码、备案	设计单位	发改委、投资监管平台
初步设计阶段	1	地形测绘、物探、地勘	测绘单位	
	2	安全预评价报告	安评单位	应急管理局
	3	环境影响评价报告	环评单位	生态环境局
	4	场站土地征用手续	建设单位	自然资源和规划局
	5	穿越公路、高速安评	安评单位	交通运输局
	6	穿越河道洪评	洪评单位	水务局
	7	初步设计评审，取得属地审批文件	设计单位	住建局、行政审批局
	8	取得规划许可证	建设单位	自然资源和规划局
施工图设计阶段	1	施工图绘制及评审	设计单位	住建局燃气办
	2	消防设计审查	建设单位	应急管理局消防处
	3	防雷装置设计审核	建设单位	气象局
	4	安全设施设计审查		应急管理局

### 三、严格执行规范，提高本质安全

设计要严格按照国家规范规定，注重相关条例不可遗漏，把控好安全间距和管道埋深要求，并通过应力计算软件做好管道各项应力校核计算。

#### （一）与建筑物的安全距离要求

依据《城镇燃气设计规范》第6.4.3条的规定划分地区等级，按不同等级选取强度设计系数并执行相应建筑物之间的水平净距。三级、四级地区当管道壁厚不小于规定数值或对燃气管道采取有效的保护措施时，可适当缩小间距要求。考虑土壤腐蚀影响，建议选择等级较厚管道，同时满足了间距缩小的条件。

#### （二）与高压电力架空线的安全距离要求

与铁塔的距离除满足燃气管道与电杆要求外，还应考虑地下钢制燃气管道与交流电力线接地体的净距要求，若无法满足应增加排流措施。

#### （三）与相邻管道的距离要求

高压燃气管道与相邻管道之间水平净距离按照《城镇燃气设计规范》第6.3.3条规定中的次高压A规定的净距执行。

目前常规高压管线防腐采用3PE加强级防腐加牺牲阳极的保护方式。由于埋地管道有采用强制电流保护方式，按规范当并行敷设时距离应大于10米，若现场条件无法满足，征得产权单位同意后，可采取联合保护方案。

#### （四）与城市道路及高速公路的距离

燃气主要规范中对高压燃气管道与道路的安全距离并无明确要求。根据道路保护相关要求，高速公路隔离栏30米内，国道路边20米内，省道路边15米内，县道路边10米内，乡道路边5米内，以上范围属于公路建筑控制区，其内不允许敷设管道。建筑控制区内道路实际并无拓宽计划，并且道路控制区可能已覆盖至地块内，导致管线无规划位置，常规办法以方案申报到公路管理部门批复意见为准。如有穿越公路情况，应按要求进行相应专项安全预评价，穿越设计应按照评估所列要求采取保障措施，确保管道在道路路基下的深度以及穿越入土点距离路边距离均满足要求。当要求加设套管时，城镇燃气要求套管比主管大100mm，长输管道要求套管比主管大300mm，套管与主管道应考虑防腐，内外壁之间应做好绝缘支架支撑，套管内主管道设置镁带阳极或镯状阳极保护方案，并在套管端部做检漏井和阳极测试桩。

#### （五）高压管道埋深要求

①穿越公路、铁路时，规范要求为路面以下不小于1.2m，由于高压管道压力较高，为提高安全性，管顶覆土一般在1.5米以下，定向穿越一般在5~6倍扩孔口径

以下，为防止道路塌陷建议不要小于3m。

②穿越水域，管道穿越河流的敷设方式取决于河流的地形、水文和地质条件、施工场地和设备。通航河流、大型河流（40m以上）、中型河流（20m至40m）首先考虑采用定向钻穿越方式，穿越段城镇燃气要求河床下不宜小于3m，长输管道要求不宜小于6m。其他小型河流（20m以下）、人工渠、以及宽窄不等、深浅各异的鱼塘和池塘等，基本采用围堰直埋敷设方式，要求河床下不宜小于1.5m，并应进行抗漂浮核算。

#### （六）适当增加管道防腐等级

管道全线应采用3PE加强级防腐，穿越段由于受到拉拽，可能导致防腐层翻边，在补口处拖拉行进侧应增加牺牲套，条件允许可以整段外加环氧玻璃钢保护层，此项措施会使建设费用上涨10%左右。

### 四、提高自动化水平，加强监控系统设计

高压管道起点应设置发球筒装置，终点应设置收球筒装置，以满足后期完整性检测需求，运行期间可以进行清管、变形检测和漏磁检测。此项非常重要，在苏州某热电公司一段于2017年建成投产的DN700管线内检测中，共发现缺陷特征632处：金属损失404处，环焊缝异常129处，螺旋焊缝异常18处，直焊缝异常79处，凹陷2处。经过分析可能由于采购的管材存在缺陷、穿越施工拖管损伤或应力对口等情况，施工期间相关检测手段未发现异常，由此可见运行期间内检测是非常必要的。

管道的分段阀门应按照国家规范规定执行，不同地区等级执行不同的间距，阀门宜选用电动控制阀或气液联动控制阀，以便实现远程控制功能，电动执行机构约3万元，气液联动执行机构约25万元。高后果区域和环境敏感点可增加视频远程监控，在无法接入市电区域可以采用光伏接电，提高管线运行保障。

### 五、结语

设计过程中，对供应区域数据详细分析，充分利用地理信息平台，优化线路走向和地区等级划分，线路路由多方案比选，通过投资经济定量分析和社会影响定性分析，最大限度地选择最优方案，在最优方案上进行本质安全设计，提高管线运行寿命和可靠性，合理提高智能化管理水平，使我们在保障安全的前提下，享受天然气清洁能源给我们带来的美好环境与幸福生活。

### 参考文献

- [1]严铭卿. 燃气工程设计手册[M]. 第2版. 中国建筑工业出版社, 2019.
- [2]GB 50251-2015, 输气管道工程设计规范[S].
- [3]GB 50028-2006, 城镇燃气设计规范(2020年版)[S].