

城镇聚乙烯 (PE) 燃气管道的发展及设计应用

Development and Design Application of Urban Polyethylene (PE) Gas Pipeline

蔡 健 (北京燃气房山公司, 北京 102401)

Cai Jian(Beijing Gas Fangshan Company, Beijing 102401)

摘 要: “以塑代钢”符合燃气管道的发展趋势, 在城镇燃气输配系统中得到了快速发展。对 PE 燃气管道的发展历程、管材的特点、管道规格及选用、安全运行等做了全面的阐述。采用钢管和 PE 管两种方案下对某低压燃气管道案例进行管径选择及工程费用的计算分析。结果表明, 采用 PE 管具有明显的优势。随着我国燃气 PE 系统的技术进步, 其各方面的优势将会更加突显。

关键词: 城镇燃气; PE 管; 发展; 工程计算分析

Abstract: "Replacing steel with plastics" conforms to the development trend of gas pipeline and has been rapidly developed in urban gas transmission and distribution system. The development history of PE gas pipeline, the characteristics of pipe materials, pipe specifications and selection, and safe operation are comprehensively described. The pipe diameter selection and engineering cost calculation analysis of a low pressure gas pipeline case are carried out under the two schemes of steel pipe and PE pipe. The results show that PE pipe has obvious advantages. With the technical progress of China's gas PE system, its advantages in all aspects will be more prominent.

Key words: urban gas; PE pipe; development; Engineering calculation and analysis

0 引言

作为清洁的化石能源, 我国天然气正处于蓬勃发展时期。天然气管网“全国一张网”基本成型, 产供储销体系建设已经取得阶段性成效。在国家“双碳”及“煤改气”等政策的引导下, 城镇燃气管网系统得到了快速的发展。

现今, 聚乙烯 (PE) 管材在管网应用中的优势也越来越突显, 具有耐腐蚀、环保质轻、施工方便、适应性优良等特点^[1]。

不仅能够解决和应对现有城镇燃气管网铺设中的诸多问题, 而且在相关热点技术研究中也显现出其优越性, 如混氢天然气输送研究中有学者认为在常规工况下 PE 燃气管可不考虑氢损伤问题, 且对于低压管路推荐使用 PE 管道输送^[2]。

可见, PE 燃气管道对天然气终端管网的输送能力、工程施工及安全运行等方面具有深远的现实意义, 其设计和应用将在城镇燃气管网系统工程中发挥重要的作用。

1 聚乙烯 (PE) 燃气管道的发展

表 1 聚乙烯 (PE) 管道发展历程

时间		特点
第一代	20 世纪 50 年代至 70 年代末	考虑五十年的承压能力, 称为压力管道。1956 年美国铺设了第一条聚乙烯燃气管道。
第二代	20 世纪 80 年代初至 80 年代末	进一步注重寿命期内的耐慢速裂纹增长性能, 称其为“长寿”压力管, 相当于现在的 PE80 级, 从而快速占领了燃气管道市场。如法国, 1970 年开始使用 PE 管, 到 1980 年以后, 中低压燃气管网建设中完全取代了钢管。
第三代	20 世纪 90 年代以后至今	进一步提高了管道性能, 被称为“安全长寿”压力管, 具有双峰结构的 PE100 管材问世。

聚乙烯管材被称为“塑料中的软黄金”。英国于 1933 年发明了聚乙烯 (PE), 此后 PE 管道在城镇燃气管网中的应用大致经历的三代, 如表 1 所示。目前,

PE 燃气管道的高速发展, 进一步提高了管道性能, 被称为“安全长寿”压力管, 具有双峰结构的 PE100 管材问世, 极大的推进了 PE 管材在城镇燃气输配系统中的应用。

我国的 PE 燃气管道发展起步于 20 世纪 80 年代初, 历时十余年的高密度聚乙烯 (HDPE) 燃气管道专用料研制和加工应用技术科技攻关项目拉开了我国 PE 燃气管道开发应用的序幕。1982 年上海低压人工煤气聚乙烯管道、1988 年北京燃气 PE 工程示范小区等项目的有益尝试, 为今天的 PE 燃气管道应用奠定了坚实的基础。PE 燃气管材、管件的国家标准和工程技术的行业规程于 1995 年颁布, 一系列相关基础标准和方法标准也做了修订。目前, PE 燃气管正在国内城镇燃气输配系统工程中迅速推广使用。

2 聚乙烯 (PE) 燃气管材特性及选择

2.1 PE 燃气管道一般特点及选用

具有节材、节能、节水、节地特点的聚乙烯管道, 经长期实践应用证明, 在多方面具有其独特的优越性。优良的耐腐蚀性和抗震性能, 重量轻、寿命长 (可达五十年以上)、柔韧性好且施工方便可靠, 值得在城镇燃气领域大力推广, 尤其是中低压燃气管网中大量选用。PE 燃气管道适用于埋地敷设, 不适合室内燃气管道, 因为在紫外线和大气环境作用下它易发生物理化学性能的改变, 如变色、脆化和龟裂等。PE 燃气管道因具有光滑的内表面使管道阻力损失小, 从而具有较强的管道输送能力。

2.2 PE 燃气管道颜色及选用

城镇燃气管网常用的 PE 管道按颜色分为黑色和橙色 (黄色), 两种管材的区别主要体现在: 制造工艺方面, 黑色 PE 管加入了炭黑作为光稳定剂, 以提高材料抗紫外线光老化的能力, 但炭黑有吸潮性, 可能会影响焊口质量, 因为在生产或存放时若吸收水分导致 PE 管含水量过高可能产生焊接翻边麻点。橙色 (黄色) PE 管是在基础树脂中加入抗氧化剂、抗紫外线稳定剂及颜料后挤出加工制造, 这种管材没有吸潮性; 使用寿命方面: 橙色 (黄色) PE 管寿命大于黑色 PE 管, 特定条件下前者寿命是后者的三倍^[3]。警示效果方面, 橙色 (黄色) 是燃气 PE 管道专用色, 其警示效果较只有条纹黄色带的黑色 PE 管更明显。且在添加回用料的辨别方面, 橙色 (黄色) 比黑色 PE 管材更易从外观辨别。综上, 橙色 (黄色) PE 燃气管材优势更明显。

2.3 PE 燃气管道规格及选用

目前应用于城镇燃气工程中的 PE 管材和管件, 按材质分为 PE80、PE100、PE100RC、PE100RT 等, 按标准尺寸比分为 SDR11、SDR17 (SDR17.6)^[4] 等。PE80 可以是高密度聚乙烯 (HDPE) 也可以是中密度聚乙烯 (MDPE), 而 PE100 必须是高密度聚乙烯 (HDPE)。PE100 比 PE80 有更优良的耐压性能、更薄的管壁且更加经济。

城镇燃气输配系统中, PE 管道输送天然气和液化石油气 (LPG) 时, 其设计压力不应大于管道最大允许工作压力。如图 1 所示, 输送天然气的 PE 管道最大允许压力相对大, 且 PE100 SDR11 承压能力最强, 因此 PE100 能应用在城镇较高压力的燃气管网中。目前, 大多数燃气公司选用的管材、管件一般以 PE80 SDR11 为主^[5]。PE80 的最大优点是溶体流动速率较高, 焊接时更容易填满空隙。

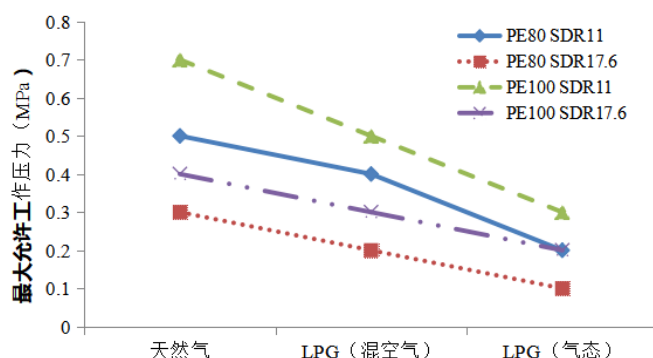


图 1 PE 燃气管道的最大允许工作压力

3 聚乙烯 (PE) 燃气管道设计及分析

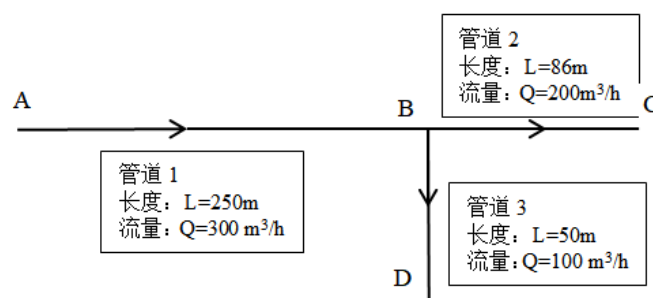


图 2 低压燃气管道水力计算示意图

一般情况下, 管径小于 300 时, PE 管材的单价较钢管是有明显优势的, 且结合管材的承压能力, PE 管材在城镇燃气中低压管网中的应用更具优势。因此, 本案例选择商业用户低压管道进行计算分析。计算示意图如图 2 所示。天然气气源, 密度为 0.74 kg/Nm^3 。两个用户的天然气耗气量分别为 $200 \text{ m}^3/\text{h}$ 和 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 。上游

供气压力为 4500Pa，用户处最低供气压力为 2400Pa。由两条分支管和一条主管道供气。

分别根据钢管和 PE 管水力计算方法进行管径的计算选择及工程费用的计算对比，结果见表 2。由于是低压系统，PE 管材选用 PE80 系列管材。经计算，燃气管道最大容许摩擦阻力损失为 2100Pa；采用 PE 管时，管道总损失为 1900Pa，选用 De160、De90 和 De63 三种管径的管道；采用钢管时，管道总损失为 2006Pa，选用 DN100 和 DN80 两种管径的管道。

表 2 管道设计工程费汇总

管材	管段 (mm)	管长 (m)	管径 (mm)	管材费 (元/m)	施工费 (元/m)	小计 (元)
PE 管	AB-1	250	160	136	90	56500
	BC-2	86	90	64	70	11524
	CD-3	50	63	41	62	5150
钢管	AB-1	250	100	178	98	69000
	BC-2	86	100	178	98	23736
	CD-3	50	80	120	90	16500

注：表中主材费用参考市场报价，施工费参考管道安装定额标准估算。

上述计算结果表明：采用 PE 管的方案，工程费用总计 73174 元，采用钢管的方案，工程费用总计 109236 元。可见，采用钢管管材的工程费用约是 PE 管工程费用的 150%，PE 管具有明显的经济优势。PE 管道的材料强度得到了充分的利用。此外，本案例中 PE 管道的优势还在于，大部分管线可采用盘管敷设，既节省施工费用也减少施工时数。

4 聚乙烯 (PE) 燃气管道安全运行

城镇 PE 燃气管道系统的运行涉及多个安全因素，从管道的设计制造到其运输埋设和运行的各个环节都应加以重视。如：设计执行标准、原材料、加工质量、出厂检测、运输防晒措施、防污防撞措施、熔接施工质量、埋设工序管理、管线标识、第三方破坏等。研

究表明^[6] 这些安全因素中危害最大的是第三方破坏。作为市政设施的一部分，PE 燃气管道在高速发展的城市化建设过程中因受第三方破坏而成为燃气泄露事故的主要原因。

PE 燃气管道的安全运行应着重关注以下几方面：设计交底时应在符合设计规范的前提下根据现场情况选择合理的管线、埋设工艺及保护措施；进一步重视燃气管道投入运行前的安全措施（如吹扫、强度测试、严密性测试等）；警示带、标识或第三方工地警示灯的设置；燃气相关单位应加强巡线工作以及与施工单位的紧密联系，预防第三方施工破坏；此外，应大力做好相关安全宣传推广工作，提升社会各界的安全意识。

5 结语

当今城市建设不断发展，燃气用聚乙烯 (PE) 管道已成为管道领域引人注目的成就。埋地 PE 管道经济可靠、运行安全、维护简便等的优势日渐突显，也是 GB50028（城镇燃气设计规范）里中低压燃气管网的首选管材。相信在不远的将来，随着天然气输送新技术的发展、国家对城市燃气管道更新改造方案的推进实施以及管道施工技术的不断提升，PE 管道将作为衡量城市经济发展和燃气行业技术平衡量标准之一而发挥其举足轻重的作用。

参考文献：

- [1] 陈建忠. 聚乙烯管材在燃气工程中的选择与应用 [J]. 山东化工, 2020, 49(23): 103-104, 108.
- [2] 李茜璐, 唐柳怡. 混氢天然气在终端管网中应用的研究进展 [J]. 油气储运, 2022, 41(4): 381-390.
- [3] GB15558.1-2015. 燃气用埋地聚乙烯 (PE) 管道系统 第 1 部分: 管材 [S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2016.
- [4] 陈洞杉, 杨梅等. 燃气用聚乙烯管材对比与选型 [C]. 中国燃气运营与安全研讨会 (第十一届) 暨中国土木工程学会燃气分会学术年会, 2021: 643-650.
- [5] 中国城市燃气协会. 城镇燃气聚乙烯 (PE) 输配系统 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [6] 陈晓军, 马丽, 区军. 基于物元和可拓学的埋地聚乙烯管道风险评价方法研究 [J]. 综述专论, 2018(18): 141-142.

作者简介：

蔡健，北京燃气房山公司，初级助理工程师。从事燃气运营管理及应急方向工作。