

不同管材在燃气管道工程中的应用对比分析

阎亮 蔡俊强（山东港华燃气集团有限公司，山东 济南 250000）

摘要：随着燃气工程的蓬勃发展，管材选用直接关乎工程质量与安全。本文聚焦燃气管道工程，系统介绍常用的钢管、铸铁管、聚乙烯管（PE管）及钢骨架聚乙烯复合管，通过深入对比其力学、耐腐蚀、耐温、连接等性能，结合多领域实际应用案例剖析各管材优势与局限，综合考量压力、介质、环境、成本、施工等因素，给出针对性管材选择策略，旨在为燃气管道工程选材提供科学依据，助力行业高效发展。

关键词：燃气管道工程；管材；性能对比；应用案例；选择策略

中图分类号：TE832 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)013-0104-03

Comparative analysis of the application of different pipes in gas pipeline engineering

Yan Liang, Cai Junqiang (Shandong Ganghua Gas Group Co., Ltd., Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: With the vigorous development of gas engineering, the selection of pipes is directly related to the quality and safety of the project. This paper focuses on gas pipeline engineering, systematically introduces the commonly used steel pipes, cast iron pipes, polyethylene pipes (PE pipes) and steel skeleton polyethylene composite pipes, through in-depth comparison of their mechanical, corrosion resistance, temperature resistance, connection and other properties, combined with practical application cases in multiple fields to analyze the advantages and limitations of each pipe, comprehensively consider pressure, medium, environment, cost, construction and other factors, and give targeted pipe selection strategies, aiming to provide a scientific basis for the selection of gas pipeline engineering materials and help the efficient development of the industry.

Keywords: gas pipeline engineering; Pipe; performance comparison; Application Cases; Select a policy

1 背景与意义

随着城市化进程的加速，城市能源供应的稳定性和安全性愈发重要。燃气作为一种清洁、高效的能源，在城市能源结构中占据着举足轻重的地位。燃气管道工程作为燃气输送的关键基础设施，其建设质量直接关系到城市居民的生活质量和城市经济的可持续发展。据相关数据显示，截至2020年底，我国燃气管道总长度已经超过40万公里，覆盖了绝大部分城市和乡村地区，为城市居民和工业用户提供了稳定的燃气供应。

在燃气管道工程中，管材的选择是至关重要的环节。不同的管材具有不同的物理性能、化学性能、耐腐蚀性能、耐压性能以及成本等特点，这些特点直接影响着燃气管道工程的安全性、可靠性、使用寿命和建设成本。合理选择管材对于确保燃气管道工程的安全运行、降低工程成本、提高经济效益具有重要意义。

2 燃气管道工程常用管材概述

2.1 钢管

钢管是燃气管道工程中常用的管材之一，具有较高的强度和耐压性能，能够承受较大的内压和外部荷载。

无缝钢管是一种通过穿孔、热轧、冷拔或冷轧等工艺制成的管材，其管壁上没有焊缝，整体结构均匀。

这使得无缝钢管具有出色的承压能力，能够在高压、高温等恶劣环境下稳定工作。例如在长距离的高压燃气输送干线中，无缝钢管就凭借其高强度和高耐压性，确保了燃气的安全、高效输送。同时，无缝钢管的内外壁光滑，尺寸精度高，这不仅有利于减少流体在管道内的流动阻力，提高输送效率，还适用于对流体阻力、流量控制要求较高的场合。在一些对燃气流量稳定性要求严格的工业生产领域，无缝钢管的高精度特性就能够充分发挥优势，保障生产过程的顺利进行。此外，无缝钢管还可采用特殊材质和表面处理技术，进一步提高其耐腐蚀性能，延长使用寿命，满足不同工程环境的需求。

2.2 铸铁管

铸铁管在燃气管道工程中也有着广泛的应用历史，主要分为灰口铸铁管和球墨铸铁管。

灰口铸铁管是一种含有片状石墨的铸铁管材，其生产工艺相对简单，成本较低。由于石墨的存在，灰口铸铁管具有一定的自润滑性和消振能力，在一些对管道振动要求较高的场合具有一定优势。此外，灰口铸铁管的耐腐蚀性较好，能够在一定程度上抵抗土壤和大气中的化学物质侵蚀，适用于一般的燃气输送环境。然而，灰口铸铁管的强度相对较低，尤其是抗拉强度和韧性较差，在受到较大外力冲击或不均匀沉

降时，容易发生破裂或断裂。而且，灰口铸铁管的管壁相对较厚，这不仅增加了管材的重量和运输成本，还会影响管道的安装效率。因此，随着技术的发展和工程要求的提高，灰口铸铁管的应用逐渐受到限制。

2.3 聚乙烯管（PE 管）

聚乙烯管（PE 管）是以聚乙烯树脂为主要原料，添加适量的助剂，经挤出成型制成的管材。随着合成材料技术的不断发展，PE 管在燃气管道工程中的应用越来越广泛，尤其是在中低压燃气输送领域。

PE 管具有出色的耐腐蚀性，这是其在燃气管道工程中得以广泛应用的重要原因之一。聚乙烯是一种化学性质稳定的高分子材料，能够抵抗多种化学介质的侵蚀，如土壤中的酸碱物质、地下水的腐蚀性成分等。与钢管相比，PE 管无需进行复杂的防腐处理，这不仅降低了工程成本，还减少了因防腐层损坏而导致的管道腐蚀风险，延长了管道的使用寿命。在一些土壤腐蚀性较强的地区，如沿海地区或工业污染较为严重的区域，PE 管的耐腐蚀性优势尤为明显，能够确保燃气管道在恶劣环境下长期稳定运行。

PE 管的柔韧性也是其一大亮点。PE 管具有较高的柔韧性和抗变形能力，能够适应一定程度的地面沉降、土壤位移等情况。在遇到地震、地质灾害等特殊情况时，PE 管能够通过自身的变形来缓冲外力，减少管道破裂的可能性。而且，PE 管的柔韧性使其易于弯曲和盘卷，在施工过程中可以根据实际地形和工程要求进行灵活布置，减少了管件的使用数量，降低了施工难度和成本。

3 不同管材性能对比分析

3.1 力学性能对比

不同管材的力学性能存在显著差异，这直接影响着它们在燃气管道工程中的适用性。

钢管具有较高的抗拉强度和弯曲强度，能够承受较大的拉力和弯曲力。在一些长距离、大口径的燃气输送管道中，钢管能够凭借其强大的力学性能，稳定地承受燃气的压力以及管道自身的重量和外部荷载。无缝钢管的抗拉强度一般在 300–800MPa 之间，焊接钢管的抗拉强度也能达到相应的标准，满足燃气管道工程对强度的要求。

铸铁管中，球墨铸铁管的力学性能相对较好。球墨铸铁管的抗拉强度通常在 400–700MPa 之间，屈服强度在 300–500MPa 之间，延伸率可达 10%–20%。这使得球墨铸铁管在承受内压和外部荷载时，具有较好的抗变形能力。在城市燃气分配管网中，球墨铸铁管能够适应一定程度的地面沉降和土壤位移，减少管道破裂的风险。然而，灰口铸铁管的力学性能相对较弱，

抗拉强度和韧性较差，在受到较大外力作用时容易发生破裂。

PE 管的抗拉强度和弯曲强度相对较低，一般抗拉强度在 10–30MPa 之间。但是，PE 管具有出色的柔韧性和抗变形能力，其断裂伸长率可达 300%–800%。这使得 PE 管在遇到地面沉降、土壤位移等情况时，能够通过自身的变形来适应，减少管道破裂的可能性。在一些地质条件较为复杂的地区，如软土地基、地震多发区等，PE 管的柔韧性优势能够得到充分发挥。此外，PE 管还具有良好的耐刮痕能力，在施工过程中不易受到损伤。

3.2 耐腐蚀性能对比

在燃气管道工程中，管材的耐腐蚀性能是影响管道使用寿命和运行安全的关键因素之一。不同管材在不同土壤、介质环境中的耐腐蚀表现存在明显差异。

铸铁管的耐腐蚀性能介于 PE 管和钢管之间。灰口铸铁管由于含有片状石墨，在一定程度上具有自润滑性和消振能力，但其耐腐蚀性能相对有限。在潮湿的环境中，灰口铸铁管容易发生腐蚀，尤其是在有酸性介质存在的情况下，腐蚀速度会加快。球墨铸铁管通过球化处理，其强度和韧性得到了显著提高，同时耐腐蚀性能也有所增强。球墨铸铁管的金相组织更加均匀，减少了因组织不均匀而导致的腐蚀倾向。然而，球墨铸铁管在一些特殊环境下，如高浓度的酸碱介质中，仍然可能受到腐蚀的影响。为了提高球墨铸铁管的耐腐蚀性能，通常会在其表面进行镀锌、涂漆等处理。这些防腐措施可以在一定程度上延缓腐蚀的发生，但对于一些极端腐蚀环境，球墨铸铁管的耐腐蚀性能仍需进一步加强。

钢骨架聚乙烯复合管结合了钢管和 PE 管的优点，在耐腐蚀性能方面表现出色。其外层的聚乙烯层能够有效地抵御外界化学介质的侵蚀，与 PE 管一样具有良好的耐化学腐蚀性。而内部的钢丝骨架则提供了强度支撑，确保管道在承受压力时的稳定性。由于钢丝骨架被聚乙烯紧密包裹，避免了与外界腐蚀介质的直接接触，从而减少了钢丝骨架的腐蚀风险。在一些对耐腐蚀性能和强度要求都较高的场合，如穿越河流、湖泊等特殊地段，钢骨架聚乙烯复合管能够充分发挥其优势，保证燃气管道的安全运行。

4 燃气管道工程管材选择的影响因素与策略

4.1 管材选择的影响因素

在燃气管道工程中，管材的选择是一个复杂且关键的决策过程，受到多种因素的综合影响。这些因素相互关联，共同决定了哪种管材最适合特定的燃气管道工程项目。

压力等级是影响管材选择的重要因素之一。根据《城镇燃气设计规范》GB50028，燃气管道按压力分为七级，不同压力等级对管材的强度和耐压性能要求差异显著。高压燃气管道（如压力为 $2.5 < P \leq 4.0 \text{ MPa}$ 的高压A级管道）需要管材具备极高的强度和耐压能力，以确保在高压环境下的安全运行。钢管由于其高强度和良好的耐压性能，成为高压燃气管道的首选管材。

在长距离高压燃气输送干线中，钢管能够承受巨大的压力，保障燃气的稳定输送。而对于低压燃气管道（压力为 $P < 0.01 \text{ MPa}$ ），对管材强度和耐压性能的要求相对较低，此时可以考虑成本较低、安装方便的管材，如PE管。在一些居民小区的入户燃气管道中，PE管因其柔韧性好、安装简便等特点，被广泛应用。

输送介质的特性也对管材选择有着重要影响。天然气中可能含有少量的硫化氢、二氧化碳等腐蚀性气体，这些气体与管道内壁接触会引起化学腐蚀。此外，土壤中的水分、盐分等也会对管道造成腐蚀。如果燃气中含有腐蚀性成分，就需要选择具有良好耐腐蚀性能的管材，以防止管道被腐蚀损坏，确保燃气输送的安全。

PE管以其优异的化学稳定性，能够有效抵抗多种化学介质的侵蚀，是输送含有腐蚀性成分燃气的理想选择。在一些化工园区的燃气管道工程中，由于燃气成分复杂，含有较多腐蚀性物质，PE管的耐腐蚀性能优势使其成为首选管材。而对于输送纯净、无腐蚀性燃气的管道，在管材选择上可以更多地考虑其他因素，如成本、施工便利性等。

环境条件也是管材选择时需要考虑的重要因素。不同地区的土壤性质、气候条件等存在差异，这些因素会对管材的性能产生影响。在土壤腐蚀性较强的地区，如沿海地区或工业污染较为严重的区域，土壤中含有大量的盐分和酸性物质，容易对金属管材造成腐蚀。在这些地区，应优先选择耐腐蚀性能好的管材，如PE管或经过特殊防腐处理的钢管。在沿海城市的燃气管道工程中，由于土壤和海水的双重腐蚀作用，PE管因其出色的耐腐蚀性，被广泛应用于燃气管道的铺设。

而在寒冷地区，气候条件恶劣，温度变化大，对管材的耐温性能和抗冻性能要求较高。钢管在低温环境下仍能保持较好的强度和韧性，因此在寒冷地区的燃气管道工程中，钢管是较为合适的选择。在一些北方城市的燃气管道建设中，为了确保管道在冬季低温环境下的安全运行，通常会选用耐低温性能较好的钢管，并采取相应的保温措施。

4.2 管材选择策略

在燃气管道工程中，管材的选择是一个系统工程，需要综合考虑多方面因素，制定科学合理的选择策略，以确保工程的安全、可靠和经济运行。

技术性能是管材选择的首要考量因素。管材的力学性能，如抗拉强度、弯曲强度、抗压强度等，直接关系到管道在承受燃气压力和外部荷载时的安全性。在高压燃气管道工程中，必须选择具有高强度和良好耐压性能的管材，如钢管，以确保管道在高压环境下不发生破裂或变形。耐腐蚀性能也是关键因素之一。不同的工程环境对管材的耐腐蚀要求不同，在土壤腐蚀性较强的地区，应优先选择耐腐蚀性能好的管材，如PE管或经过特殊防腐处理的钢管，以延长管道的使用寿命，降低维护成本。耐温性能同样不容忽视，在高温或低温环境下，管材的性能可能会发生变化，影响管道的正常运行。在高温区域，应选择耐温性能好的钢管；在寒冷地区，要考虑管材的低温脆性，选择合适的管材并采取相应的保温措施。连接性能也会影响管道系统的密封性和稳定性，不同管材的连接方式和连接可靠性存在差异，应根据管材类型和施工条件选择合适的连接方式，确保连接部位的质量。

经济成本是制约管材选择的重要因素。管材的采购成本是直接的经济投入，不同管材的价格差异较大。一般来说，钢管的价格相对较高，而PE管的价格相对较低。在满足工程技术要求的前提下，应优先选择价格合理的管材，以降低工程的初始投资成本。施工成本也不容忽视，包括管材的运输、安装、连接等费用。

5 结论

本研究深入对比分析了钢管、铸铁管、聚乙烯管（PE管）以及钢骨架聚乙烯复合管在燃气管道工程中的应用。不同管材各有其独特的性能特点，钢管强度高、耐压性能好，但耐腐蚀性能相对较弱；铸铁管中球墨铸铁管强度和韧性较好，耐腐蚀性也有一定保障，而灰口铸铁管强度较低；PE管具有良好的耐腐蚀性能和柔韧性，连接方式简便，但强度和耐温性能有限；钢骨架聚乙烯复合管则兼具了钢管和PE管的优点，在强度、耐腐蚀性和柔韧性方面表现较为均衡。

参考文献：

- [1] 严铭卿. 燃气工程设计手册 [M]. 中国建筑工业出版社, 2009.
- [2] 段常贵. 输配燃气 [M]. 中国建筑工业出版社, 2001.
- [3] 李波, 邵邦印, 张祝华. 两种燃气用连接管件性能对比分析 [J]. 城市燃气, 2022, (2): 16-19.
- [4] 王兴龙. 工业装置用塑料管材的选材设计 [J]. 化工设计, 2023, 33(03): 11-14+24+1.