

浅析塑料天然气管道的运用

王齐君 肖三雄 郑 艳（西安市产品质量监督检验院，陕西 西安 710065）

摘要：本文综合探讨了塑料天然气管道在现代能源系统中的重要作用、主要材料特性、应用现状、存在的问题及未来发展趋势，指出塑料管道以其耐腐蚀、轻便、安装便捷等优势在燃气输送领域具有广阔前景，目前已在CNG、LNG输送及智能管道监测系统中得到应用，但面临材料性能局限、施工技术要求高、安全性问题等挑战，未来需通过材料创新、技术进步和安全监管加强推动其持续发展，以期为能源行业可持续发展贡献力量。

关键词：塑料天然气管道；耐腐蚀性；材料性能

随着全球能源结构的转型与城市化进程的加快，天然气作为一种清洁高效的能源，在现代能源系统中占据了越来越重要的地位。塑料天然气管道凭借其独特的材料优势和技术特点，在燃气输送领域展现出广阔的应用前景。相比于传统金属管道，塑料管道不仅具备优良的耐腐蚀性、轻便性和施工便捷性，还能有效应对复杂地理环境和地质灾害，大大提升了天然气输送系统的安全性和经济性。本文旨在探讨塑料天然气管道在中国的应用现状、主要材料特性、存在的问题及其未来发展趋势，以期为相关领域的研究与实践提供参考。

1 塑料天然气管道的优势

塑料天然气管道在现代城市燃气输配系统中得到了广泛应用，其优势主要体现在以下几个方面：第一，塑料管道具有良好的耐腐蚀性能，相较于传统的金属管道，它们不易受到土壤中的化学物质或细菌的影响，从而延长了管道的使用寿命，减少了维护成本。第二，塑料管道重量轻、安装便捷、柔韧性好、能够适应复杂的地形条件，如遇到地震等地质灾害时，其弹性特性使其更不易断裂，安全性更高。第三，从环保角度来看，生产塑料管道所需的能耗相对较低，且部分塑料材料可回收利用，符合可持续发展的要求。因此，综合来看，塑料天然气管道以其诸多优点，在现代城市基础设施建设中占据了一席之地，成为未来发展的趋势之一。

2 塑料天然气管道的主要材料

2.1 聚乙烯（PE）

聚乙烯（PE）是塑料天然气管道最常用的主要材料，它具有良好的化学稳定性，能够抵抗大部分酸碱盐的侵蚀，同时其柔韧性好，能够适应地下温度变化

引起的伸缩，有效减少因温度变化造成的管道应力。聚乙烯管道的连接方式多样，如热熔对接、电熔焊接等，这些连接方式能够确保管道系统的密封性和整体性。除此之外，PE材料还具有较低的热传导系数，能够减少在输送过程中天然气的热量损失，提高输送效率。然而，聚乙烯材料在高温环境下性能会下降，因此在使用过程中需要注意温度控制，确保管道安全运行。

2.2 聚丙烯（PP）

聚丙烯（PP）是天然气管道的重要构成材料，其卓越的耐热、化学耐受力及机械性能在业界备受推崇。在高温环境中，PP管道能保持稳定性，不易形变，尤其适合温度波动大的区域。同时，它能抵御多种化学物质，如有机溶剂及无机酸碱，有效减轻复杂土壤条件下的腐蚀问题。此外，其轻质特性让安装和维护工作更为简便，降低了施工成本。但需注意，PP在低温下易变脆，寒冷地区应用时需谨慎。而且，由于其高熔点，加工难度较高，对焊接技术要求也更高。

2.3 聚氯乙烯（PVC）

聚氯乙烯（PVC）作为一种传统的塑料材料，在塑料天然气管道领域也有着广泛的应用，其硬度和强度较高，能够承受一定的压力，同时具有良好的耐化学性和耐腐蚀性，适用于多种恶劣的地下环境。PVC管道的安装简便，连接方式多样，如溶剂粘接、螺纹连接等，这些连接方式能够确保管道系统的密封性和稳定性。然而，PVC材料的耐热性相对较差，长期使用温度不宜超过70℃，因此在高温环境下的应用受到限制，且在燃烧时可能会释放出氯化氢等有害气体，对环境和人体健康造成潜在威胁。

2.4 其他复合材料

除了聚乙稀（PE）、聚丙烯（PP）和聚氯乙烯（PVC）

表1 常见的塑料天然气管道主要性能

材料类型	抗拉强度 (MPa)	压缩强度 (MPa)	弯曲强度 (MPa)	热变形温度 (°C)	冲击强度 (kJ/m ²)	应用领域
聚乙烯醇	40-70	20-40	30-60	90-120	2-5	中低压天然气管道
聚苯硫醚	110-150	80-120	90-140	220-280	5-10	高压天然气管道
聚酰亚胺	150-250	120-180	130-200	280-350	8-15	高温高压天然气管道
聚四氟乙烯	20-40	10-20	15-30	250-300	1-3	耐化学品天然气管道
聚氨酯	50-90	30-60	40-80	80-120	3-8	弯曲半径小的天然气管道
聚乙烯	60-120	40-80	50-100	110-140	4-10	天然气输送管道

等单一材质塑料管道，天然气管道的运用还涉及到其他复合材料，如聚乙烯醇（PVA）、聚苯硫醚（PPS）、聚酰亚胺（PI）以及各种玻璃纤维增强塑料等，这些材料通过物理或化学方法复合，形成了具有优异性能的管道产品。这些复合材料管道通常具备更好的机械强度、耐热性、耐磨性和耐化学性，能够适应更为苛刻的输送条件，例如在高温、高压或强腐蚀性环境下，复合材料管道能够保持稳定性能，确保天然气的安全输送。如表1所示。

3 塑料天然气管道在我国的运用现状

3.1 压缩天然气（CNG）输送

压缩天然气（CNG）输送领域在我国也越来越多地采用塑料天然气管道，尤其是在CNG加气站与用户之间的输送环节，塑料管道的轻质、耐压、耐腐蚀特性使其成为理想的输送介质。相较于金属管道，塑料天然气管道在CNG输送中能够有效减少因重量带来的安装和维修难度，同时其良好的耐压性能能够满足CNG输送所需的较高压力要求。此外，塑料管道的内壁光滑，能够降低气体流动阻力，提高输送效率，减少能耗。在我国，随着CNG作为替代能源的推广，塑料天然气管道在CNG输送中的应用得到了快速发展，不仅在城市公共交通领域，而且在偏远地区和农村地区的CNG供应中也发挥了重要作用，为推广清洁能源、改善能源结构提供了有力支持。

3.2 液化天然气（LNG）输送

在我国，液化天然气（LNG）输送领域也逐渐开始采用塑料天然气管道，尤其是在LNG接收站与调峰站之间的中低压输送环节，塑料管道因其优越的绝热性能、耐低温性和抗冲击性而受到青睐。这些塑料管道能够在LNG的低温环境下保持稳定的性能，不易发

生脆裂，确保了输送过程的安全。同时，塑料管道的安装便捷性和成本效益在LNG输送系统中也得到了体现，它们能够快速部署，减少项目周期和成本。随着我国对清洁能源需求的不断增长，LNG作为重要的能源组成部分，其输送系统的建设也在加速推进，塑料天然气管道在LNG产业链中的应用正逐步扩大，为保障国家能源安全和促进能源结构优化提供了重要支撑。

3.3 智能管道监测与控制系统

在我国，随着信息技术与材料科学的融合，塑料天然气管道的运用已逐步向智能化方向发展，智能管道监测与控制系统的应用日益广泛。这些系统通过在塑料管道上安装传感器和监测设备，能够实时收集管道的运行数据，包括压力、温度、流量等信息，并通过数据分析预测潜在的风险，实现管道的远程监控和自动调节。智能管道系统的运用不仅提高了天然气输送的自动化水平，增强了系统的安全性和可靠性，还大幅提升了管道网络的运行效率和管理水平。目前，我国在智能管道领域的技术研发和应用推广正在加速，一些城市已经开始试点智能管道监测与控制系统，为天然气行业的发展注入了新的活力，推动了行业向智能化、精细化管理迈进。

4 塑料天然气管道运用中存在的问题

4.1 材料性能制约

塑料天然气管道面临的问题主要与材料性能有关。尽管塑料管道有优点，但其性能限制也不可忽视。例如，PVC耐热性差，限制了其在高温环境的应用；PE、PP等材料在低温下可能变脆，影响耐久性和安全。塑料管道的机械强度通常低于金属管道，可能在复杂地质或外部冲击下损坏。塑料材料的线性膨胀系数较

大，易受温度变化影响，可能导致泄漏或变形。因此，材料性能限制了塑料天然气管道的应用范围，需要通过材料改性和结构设计优化来解决这些问题。

4.2 施工技术要求高

塑料天然气管道在施工过程中对技术的要求较高，例如，塑料管道的连接技术，如热熔对接、电熔焊接等，需要专业人员进行操作，且对施工环境有严格的要求，如温度、湿度等，一旦操作不当，极易造成连接处的质量问题，影响管道系统的密封性和安全性。此外，塑料管道在施工过程中的损伤防护也是一项挑战，由于塑料材质相对较软，容易在运输、安装过程中发生划伤或磨损，这些损伤在运行初期可能不易察觉，但随着时间的推移，可能会成为泄漏或破裂的隐患。同时，塑料管道的回填和固定也需要严格按照规范执行，以确保管道在地下环境中保持稳定的形状和位置。

4.3 安全性问题

塑料天然气管道在运用中存在一些安全性问题，主要体现在其耐高温性较差，在高温环境下易发生软化变形，可能导致管道泄漏，进而引发安全事故。并且，塑料管道的抗冲击性能较弱，一旦受到外力撞击，容易产生裂纹，影响管道的完整性。同时，塑料管道的长期老化问题也不容忽视，随着时间的推移，管道材料可能会出现性能下降，导致泄漏风险增加。这些问题都对塑料天然气管道的安全运行构成了威胁，需要我们在设计、施工和维护过程中，采取相应的措施，如加强管道的保温隔热、增设保护套管、定期检测管道状况等，以确保塑料天然气管道的安全可靠运行。

5 塑料天然气管道的发展趋势及建议

5.1 材料研发与创新

塑料天然气管道在现代能源输送系统中运用广泛，其发展趋势主要集中在材料研发与创新上，包括高性能化以提升强度和耐热性，研发可降解环保材料以减少环境污染，轻量化设计以降低成本，智能化发展以实现管道状态实时监控，以及成本控制以增强市场竞争力。为推动这一领域的发展，建议政府和企业加大研发投入，优化生产工艺，完善标准体系，并加强国际技术交流合作，以促进塑料天然气管道产业的持续进步和技术创新。

5.2 施工技术进步

塑料天然气管道在我国的运用日益广泛，其施工技术的进步为行业发展注入了新动力。随着材料科学

和加工技术的不断发展，塑料天然气管道的安装更加便捷，施工效率大幅提升。目前，施工技术进步主要体现在以下几个方面：一是非开挖施工技术的应用，减少了施工对环境的影响，降低了工程成本；二是自动化焊接技术的普及，提高了管道连接的可靠性和安全性；三是施工管理的信息化，实现了对施工现场的实时监控和调度。展望未来，塑料天然气管道行业应继续加大技术研发力度，推广绿色施工技术，提升施工人员素质，以适应市场需求，推动行业持续健康发展。

5.3 安全监管加强

塑料天然气管道作为一种新型输气材料，在现代城市建设中得到了广泛应用。其主要优势在于耐腐蚀、重量轻、安装方便、维护成本低等。随着技术的发展，塑料天然气管道的应用将更加广泛。在发展趋势上，安全监管加强是必然趋势。建议相关部门完善安全法规，加大对塑料天然气管道生产、安装、运维等环节的监管力度，确保管道安全运行。同时，企业应提高产品质量，采用先进技术，加强员工培训，提升安全意识。通过政府、企业和社会的共同努力，为塑料天然气管道的健康发展创造良好的环境，保障人民群众的生命财产安全。

6 结论

综上所述，塑料天然气管道在现代城市燃气输配系统中占据重要地位，凭借其耐腐蚀、重量轻、安装便捷、安全性高等多重优势，在CNG和LNG输送以及智能管道监测与控制系统方面应用广泛，尽管面临材料性能制约、施工技术要求高及安全性挑战，但通过材料研发创新、施工技术进步和安全监管加强，塑料天然气管道将克服现有问题，进一步拓展应用范围，提升天然气输送系统效率与安全性，为能源行业可持续发展贡献力量。

参考文献：

- [1] 李宝生, 黄志刚, 黄健文. 塑料天然气管道的运用 [J]. 企业技术开发, 2014, 33(08):174+178.
- [2] 徐建华. 我国塑料管道创新成果与世界共享 [N]. 中国质量报, 2024-09-11(002).
- [3] 王洋. 城镇燃气聚乙烯管道热氧老化寿命预测方法研究 [D]. 北京交通大学, 2019.

作者简介：

王齐君（1981-），男，汉族，辽宁盖州市人，工程师，本科，工程学士，检验检测。