

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, 以期对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, 以期对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

除了聚乙烯 (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 (℃)	冲击强度 (kJ/m²)	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。