

燃气用 PE 管在城市燃气集输工程中的应用 与施工要点研究

刘 乾 (泰山燃气集团有限公司道朗输配经营分公司, 山东 泰安 271000)

摘 要: 随着城市燃气集输工程规模不断扩大以及管网布局朝着精细化方向发展, 燃气用聚乙烯 (PE) 管依靠自身出色的综合性能, 成为燃气管网建设的关键材料。其在全生命周期成本把控、复杂场景适应以及安全环保管理等方面呈现出优势, 对于提高燃气输送系统的可靠性与经济性有着关键工程价值。本文对燃气用 PE 管的材料特性、分类展开分析, 并全面探讨其在城市燃气工程中的核心应用优势, 进而研究材料检验、焊接控制、敷设回填、强度试验以及特殊工况应对等关键施工环节的技术要点, 助力城市燃气集输工程安全高效建设。

关键词: 燃气用 PE 管; 城市燃气集输; 材料特性; 施工要点

中图分类号: TU996.7

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 033-0097-03

Research on the Application and Construction Key Points of PE Pipes for Gas in Urban Gas Gathering and Transportation Projects

Liu Qian (Taishan Gas Group Co., LTD. Daolang Transmission and Distribution Business Branch, Tai'an Shandong 271000, China)

Abstract: With the continuous expansion of the scale of urban gas gathering and transportation projects and the development of pipeline network layout towards refinement, polyethylene (PE) pipes for gas, relying on their outstanding comprehensive performance, have become key materials for gas pipeline network construction. It demonstrates advantages in terms of full life cycle cost control, adaptation to complex scenarios, and safety and environmental protection management, and holds key engineering value for enhancing the reliability and economy of gas transmission systems. This article analyzes the material properties and classification of PE pipes for gas, and comprehensively explores their core application advantages in urban gas engineering. It then studies the technical points of key construction links such as material inspection, welding control, laying and backfilling, strength testing, and response to special working conditions, with the aim of contributing to the safe and efficient construction of urban gas gathering and transportation projects.

Key words: PE pipe for gas Urban gas gathering and transportation Material properties; Key points of construction

燃气作为一种清洁且高效的能源载体, 其集输网络覆盖范围及运行可靠性, 会直接对居民的生活质量及工业生产效能产生影响。深入研究燃气用 PE 管的材料本质特性, 系统梳理它在城市燃气工程中的应用优势, 有针对性提炼出施工全流程的核心技术要点, 对于规范施工行为、保障管网可长期安全运行有着关键意义。

1 燃气用 PE 管材料特性与分类

1.1 燃气用 PE 管材料的特性

燃气用聚乙烯管材料是以乙烯单体聚合而成的热塑性高分子材料作为核心部分, 经过分子结构优化以及添加剂调控形成适用于燃气输送的专用管材。其核心特性主要体现在力学性能、化学稳定性与环境适应性这三个方面: 在力学性能方面, PE 管拥有较好的抗冲击韧性, 可承受一定程度的地面沉降或者外力碰撞, 不容易出现脆裂的情况, 并且有适度的刚性, 以此契合敷设时保持形状的要求; 在化学稳定性上, PE 分子链结构较为稳定, 对于天然气中的烷烃组分以及

常见酸碱物质有着出色的抗腐蚀能力, 长时间接触也不会发生电化学腐蚀或者溶解现象, 从根本上规避了金属管道常见的腐蚀穿孔风险; 在环境适应性上, PE 管有良好的柔韧性与抗疲劳性能, 可以依靠盘卷的方式进行长距离运输, 还可以适应复杂地形的敷设, 其长期静液压强度受到温度与压力的影响比较小, 在常规燃气输送工况下可保持 50 年以上使用寿命, 同时材料本身没有毒性, 不会析出有害物质, 符合燃气管道对卫生安全以及环保性的双重要求^[1]。

1.2 燃气用 PE 管材料的分类

燃气使用的 PE 管材料按照密度不同以及长期性能等级可划分成三大主流类别, 每一个类别在分子结构、力学性能以及适用场景方面都有清晰的区分。

低密度聚乙烯 (LDPE) 分子链分支度比较高, 结晶度则比较低, 呈现出柔软的线性结构。此结构使得它柔韧性突出, 但承压能力相对来说比较弱, 主要用于低压燃气输送或者非开挖修复等特殊场景。

中密度聚乙烯 (MDPE), 在分子链规整性以及

结晶度之间实现了平衡,同时有一定的刚性以及抗环境应力开裂能力。其长期静液压强度处于适中状态,适合应用于中压B级及以下压力等级的常规燃气管网,中压B级(通常 $\leq 0.4\text{MPa}$)。

高密度聚乙烯(HDPE),其分子链排列紧密,结晶度较高,具有最高的力学强度以及抗慢速裂纹扩展性能,是当下城市燃气工程中使用最为广泛的类型,覆盖了中压A级以及以下的全部压力范围。特别适用于对管道环刚度和长期可靠性有着较高要求的主干管网,或者是穿越复杂地质条件的敷设场景。

2 燃气用PE管在城市燃气工程中的应用优势

2.1 有助于降低全生命周期成本

燃气用PE管用于城市燃气工程时能降低全生命周期成本,这主要体现在材料成本、施工维护以及长期使用这三个阶段。其一,PE管原材料价格较为低廉,还可运用热熔连接工艺达成无泄漏接口,减少了对昂贵焊接设备或者贵金属接头的依赖,降低了初始安装成本;其二,它柔韧性良好且重量较轻,不需要大型吊装机械就能完成长距离敷设,搭配盘卷供货方式减少了现场切割与焊接的工作量,缩短了施工周期还节约了人工费用;其三,PE管有优异的抗腐蚀性以及抗磨损性能,在长期运行期间无需进行防腐涂层维护或阴极保护,并且抗疲劳性能强,不易因地面沉降或温度变化而产生裂纹扩展,大幅减少中后期的检测与维修投入^[2]。

2.2 促进复杂场景适应性

燃气用PE管依靠其特有的材料特性以及施工灵活性,可以有效适应城市燃气工程中复杂的地形和工况条件。PE管有高柔韧性以及可盘卷性,可依靠弯曲敷设绕过地下障碍物,减少了开挖工作量以及拆迁成本,特别适用于老旧城区狭窄道路或者建筑物密集区域的管网改造。并且,其抗冲击性能以及抗慢速裂纹扩展能力较为突出,在冻土区或者温度波动较大的环境中不容易因热胀冷缩产生脆性断裂,在软土地基或者不均匀沉降区域可依靠蛇形敷设方式吸收变形应力,防止管道接口拉脱或者本体开裂。此外,PE管还支持非开挖技术的广泛运用,可在不破坏路面的情况下完成穿越河流、道路或者建筑物的施工,极大降低了对城市交通以及环境的影响,为复杂城市环境下的燃气输送提供了可靠的解决办法。

2.3 加强安全与环保管控

燃气用PE管在安全性能以及环保特性方面有着传统金属管道难以比拟的优势,为城市燃气系统的本质安全以及绿色低碳运行给予了关键支撑。在安全层面,PE管运用热熔或者电熔连接工艺,接头强度和

管体一致,完全消除了金属管道焊接或者螺纹连接可能存在的泄漏隐患,且材料自身不导电、不导磁,避免了杂散电流腐蚀风险;其抗静电性能借助添加炭黑等助剂达成,可有效导除燃气输送过程中产生的微量静电,防止静电火花引发爆炸事故。

3 燃气用PE管施工核心要点分析

3.1 材料进场检验与存储管理

材料进场检验是工程质量控制的首要环节,务必构建并施行一套严谨、周全的检验流程。此流程需对供应商资质以及产品质量证明文件给予核验,保证如原料牌号、产品规格、生产批号、执行标准以及型式试验报告等文件的真实与完整。随后开展管材实体的现场检验,检验项目包含外观质量、尺寸规格以及颜色标识。外观检查要保证管材内外表面光滑平整,不存在气泡、凹陷、明显划痕或者杂质,管口端面应平整且垂直于管轴线。尺寸测量需着重把控外径、壁厚及其公差范围,要契合设计图纸与规范要求等。对于用于燃气工程的PE管,其醒目的黄色或黑色管体加黄色色条是关键的身份标识,不可缺少。每批管材都应附带有效的质量证明文件,并依照规定进行抽样送检,着重验证其静液压强度、热稳定性以及熔体质量流动速率等关键性能指标是否达标,从源头防止不合格材料进入施工现场^[3]。

考虑到PE材料对紫外线比较敏感并且容易被坚硬物体划伤,其存储场地的挑选应当遵循远离火源、避开高温暴晒、地面平整坚实没有尖锐突起的准则,理想的存储方式是在室内库房,若需要露天堆放,必须使用不透明且性能稳定的篷布进行完全遮盖,防止阳光直射致使材料老化。管材堆放的时候要保证码放整齐,层间最好使用柔性的木方或沙袋进行有效垫隔,堆放高度需要严格限制,以免底层管材因为长期承受过大压力而发生不可逆的变形。不同规格、不同压力等级的管材应该分区分类存放,并且设置清晰醒目的标识牌,方便管理和领用。

3.2 管道焊接工艺控制

焊接工艺控制属于全流程管理体系,该体系贯穿焊前准备、焊接过程以及焊后检验。在焊前阶段,要保证待焊管材或管件端口处于清洁且干燥状态,依据作业指导书规定,运用专用工具完成铣削操作,以此获取洁净、平整且相互平行的焊接面。同时,要认真检查并校准焊机参数设置,其中囊括加热板温度、吸热与冷却时间以及焊接压力等,保证这些参数与管材规格、材质以及环境条件相适配。焊接操作人员需经过专业机构培训并获取相应资格证书,熟练掌握设备操作流程以及故障排除技能。焊接环境条件也要符合

要求,例如在风雨天气开展焊接作业时,要采取有效的防风防雨措施,防止焊接区域遭受污染,当环境温度过低时,还需采取必要的预热保温手段。

为得到强度不低于管材本体的优质焊缝,焊接时的每个参数都得精确执行并实时监控,热熔对接焊过程严格控制,涉及卷边形成、吸热、切换、加压及冷却等多个阶段。加热板温度要稳定在推荐范围,达到预定吸热时间后,需迅速切换并施加规定压力,同时密切留意卷边高度和形态的均匀性。电熔焊接重点控制输入电压稳定性,严格扫描识别管件上的条形码保证焊接参数自动设置准确,冷却时间要充分保证,期间严禁移动管道或对焊口施加外力。

3.3 管道敷设与回填技术

在进行管道敷设之前,应依据设计图纸展开精确的测量放线工作,以此来核实沟槽底部的高程以及坡度是否契合设计要求。沟槽开挖的宽度以及边坡坡度都需要经过严谨的计算,这要契合管道安装以及回填压实所需要的工作空间要求,同时也要保证边坡自身可保持稳定状态,防止出现坍塌的情况。对于处于软土地基或者地下水位比较高的区段而言,应当采取恰当的降水、支护或者地基处理措施,沟槽底部应当保持平整、连续且坚实的状态,不存在坚硬物体,对于不符合要求的原状土层或者回填土层,就需要铺设设计规定厚度的砂垫层或者过筛细土当作基础。下管过程要借助柔性的吊装带等专用机具来进行,绝对禁止使用金属绳索直接接触或者勾吊管体,以免产生集中应力或者划伤管道。管道在沟槽内应当以自然弯曲的状态进行敷设,在平面或者纵向转弯的地方,其弯曲半径要严格控制在规范所允许的范围之内,防止因过度弯曲而致使管壁应力超出标准^[4]。

管道敷设工作结束之后,应开展初始回填工作,首先用不含石块、砖块这类尖锐杂物的砂土或者经过筛过的细土回填到管顶上面一定的高度,回填的时候要从管道两边对称着进行,并且分层轻轻地夯实,以此保证对管道形成均匀的侧向支撑,此阶段不可以使用大型重型压实机械直接在管顶上方开展作业。回填材料的挑选十分关键,其最大粒径以及压实度需要符合设计规定,避免大粒径石块在压实的时候刺破或者挤压管壁。回填要分层来做,每层虚铺的厚度要和压实机具的能力相适应,并且按照规定检测压实度,管顶以上部分的回填可逐渐采用符合要求的原状土或者其他指定材料,且分层压实到规定的地面高程。对于处在道路下方的管段,其回填压实度一定要达到道路路基的相关标准,避免日后因为回填不紧实致使路面沉降,给管道带来附加荷载。

3.4 强度试验与严密性检验

强度试验主要是为了检验管道系统有没有承受高于正常操作压力的强度,通常在回填到管顶以上一定高度但还没有完全回填到设计地面高程的时候开展。试验之前要对管道进行有效的固定,弯头、三通等可能产生推力的部位,试验介质最好选择清洁没有腐蚀性的空气或者如氮气这样的惰性气体。强度试验压力一般是管道设计压力的一定倍数,还要经过规定的稳压时间,此期间压力降不能超过规范允许值。整个试验过程都得制定详细的安全预案,设置警戒区域,严禁无关人员靠近,以此保证试验安全。

强度试验顺利通过之后,严密性试验随即展开,其重点在于管道系统在设计压力下的微小泄漏总量,这是评估管网长期密封稳定性的关键指标。严密性试验一般在管道完全回填至设计标高后开展,来模拟管道在实际覆土条件下的真实状况。试验压力一般等同于或接近于管道的设计压力。严密性试验需在管段内气体温度与周围土壤温度达到基本平衡后启动,并持续一段规定的较长时间。期间要精确记录试验开始与结束时的压力、温度数据,同时考虑大气压力变化的影响,借助公式计算得出压力降,该数值要小于规范规定的最大允许压降值^[5]。

4 结语

燃气用PE管是现代城市燃气集输系统中的关键材料,其出色的材料性能与科学的施工技术一起构成燃气输配安全的关键保障。本文对其材料基础、应用优势以及施工核心要点做了系统梳理,得出只有充分了解材料特性、严格依照规范施工、精准掌控关键工序,才可全面发挥PE管的综合优势。未来随着材料技术跟施工工艺不断取得进步,燃气用PE管肯定会在构建安全、高效、绿色的城市燃气基础设施网络中发挥更关键的作用。

参考文献:

- [1] 李晓虎.燃气用PE管在城市燃气工程中的应用优势与施工要点研究[J].石化技术,2024,31(09):326-328.
- [2] 李巍.PE管在燃气中低压管网工程中的应用[J].上海煤气,2020(03):23-25.
- [3] 方进生.PE管在城镇燃气中的应用与发展[J].大众科技,2020,22(01):24-26.
- [4] 殷玉新.燃气用PE管道施工质量控制的注意事项[J].化学工程与装备,2020(03):86-87.
- [5] 罗兴月.城市PE燃气管道风险评估技术研究与应用[D].沈阳:沈阳建筑大学,2019.

作者简介:

刘乾(1986-),男,汉族,山东泰安人,本科,中级工程师,主要研究方向:燃气工程。