

PE 管道在高压条件下的安装优化策略探讨

杨天宇, 杨昆

桂林市中科石油化工工程有限公司, 广西桂林 541004

摘要：随着塑料材料科技的飞速发展, PE 管道因其独特的耐腐蚀性、轻质高强度、安装便捷等特性, 在高压输水、天然气输送、工业流体传输等多个领域展现出广泛的应用前景。尤其是在高压条件下的应用, 对 PE 管道的安装提出了更高要求。优化 PE 管道在高压环境下的安装策略, 不仅关乎管道系统的安全稳定运行, 还直接影响到工程项目的经济效益与长期可靠性。因此, 深入探讨 PE 管道在高压条件下的安装优化策略, 成为行业内外共同关注的焦点。

关键词：PE 管道; 高压条件; 安装; 优化策略

Exploration Of Installation Optimization Strategies For Pe Pipelines Under High Pressure Conditions

Yang Tianyu, Yang Kun

Guilin Zhongke Petrochemical Engineering Co., Ltd., Guangxi, Guilin 541004

Abstract : With the rapid development of plastic material technology, PE pipes have shown wide application prospects in various fields such as high-pressure water transportation, natural gas transportation, and industrial fluid transportation due to their unique characteristics of corrosion resistance, lightweight and high-strength, and convenient installation. Especially under high-pressure conditions, higher requirements are placed on the installation of PE pipelines. Optimizing the installation strategy of PE pipelines in high-pressure environments not only concerns the safe and stable operation of pipeline systems, but also directly affects the economic benefits and long-term reliability of engineering projects. Therefore, in-depth exploration of installation optimization strategies for PE pipelines under high-pressure conditions has become a common focus of attention both inside and outside the industry.

Keywords : PE pipeline; high pressure conditions; installation; optimization strategy

引言:

PE 管道在高压条件下的安装优化策略, 是一个涉及材料、设计、施工、监测等多方面的系统工程。在高压条件下, PE 管道的壁厚、直径选择以及铺设路线的设计需综合考虑工作压力、土壤条件、地形地貌等因素, 确保管道能够承受预期的压力负荷, 同时减少外部环境对管道的潜在损害^[1]。采用先进的计算机模拟技术进行应力分析和流体动力学模拟, 有助于提前识别潜在风险, 优化设计方案。高压环境对 PE 管道的材料性能提出了更高要求, 施工过程中, 加强对接焊、电熔焊等焊接工艺的控制, 确保焊接质量, 避免因焊接缺陷引起的泄漏或破裂。通过科学规划、严格质量控制、先进施工技术和智能化管理的综合运用, 可以显著提升 PE 管道在高压环境下的安装质量和运行安全。

一、高压条件下 PE 管道的应用优势

PE 管道以其出色的耐腐蚀性、良好的柔韧性、轻便易安装以及长寿命等优点, 成为替代传统金属管道的理想选择。在高压环境下, 特别设计的高强度 PE100 或 PE100-RC (抗裂纹快速扩散) 等级材料被广泛应用, 它们能够承受更高的压力, 保证管道系统的安全稳定运行^[2]。在城市供水系统中, 高压 PE 管道能够满足远距离、大口径输水的需求, 减少渗漏, 提升水资源的利用效率。对于天然气输送, 高压 PE 管道确保了气体的安全运输, 减少

了维护成本和泄漏风险。此外, 在石油、化工等工业领域, 耐高压 PE 管道用于输送各类化学介质, 表现出优异的化学稳定性和耐环境应力开裂性能。

二、PE 管道安装过程中常见问题

(一) 原材料进场管理

原材料作为压力管道安装的基石, 其质量直接决定了最终工程的质量与安全。然而, 实践中常发现安装单位对原材料的管理

* 作者简介: 杨天宇, 19971102, 男, 汉族, 黑龙江省甘南县, 大学本科, 助理级工程师, 从事石油天然气管道方向。

有所松懈，主要体现在：原材料的分类、标识和保管不规范，导致材料混淆、保护不当，以及追溯性差^[3]。部分原材料因未严格按照规定进行化学成分分析，使得不符合要求的材料可能被错误使用，埋下了安全隐患。

(二) 静密封安装管理

静密封是确保超高压管道系统密封性与安全性的关键环节。在法兰连接中，透镜形垫圈的保护不当成为常见问题，如垫圈随意堆放，包装提前被拆除，导致密封面受损，进而引发泄漏^[4]。此外，超高压管道特有的螺栓紧固要求，如方向一致性及外露长度控制，往往因安装预留空间不足或操作不当而难以达标，影响螺栓紧固的均匀性和有效性，这也是造成泄漏隐患的原因之一。

(三) 管道安装管理

超高压管道安装的高要求体现在其必须在无应力状态下进行，以应对工作时的高压力和温度带来的振动挑战。然而，实际操作中，滑动支架的安装常常出现问题，如支座地板的不平整或粗糙，无法满足防震要求，增加了管道在运行中发生位移、振动甚至损坏的风险，这对管道系统的长期稳定运行构成了威胁。

(四) 自增强处理

超高压管道在承受极高工作压力的同时，还需面对介质循环压力变化带来的疲劳考验。为提高管道的耐久性和抗疲劳性能，自增强处理成为必要环节。然而，实际中存在部分管道在正式投用前未按制造商标准完成所有管件（除透镜垫片外）的自增强处理。这不仅未能充分利用预应力抵消工作应力，降低管件在服役期间的应力集中和裂纹扩展风险，还可能严重影响管道的使用寿命和安全性。

三、PE 管道在高压条件下的安装优化策略

(一) 管道组成件质量控制

清晰、完整的标识是管道组成件质量控制的第一步。标识不仅包括了组成件的基本信息，如型号、规格、生产批次、制造标准等，还有重要的材质信息和检验合格标记。这些信息对于后续的追溯管理、安装指导以及维护保养至关重要。模糊或缺失的标识可能会导致错误安装，影响系统的正常运行，严重时还会因选用不当引发事故^[5]。合理分类堆放是维护组成件质量的必要措施。根据材质、规格、用途的不同，对管道组成件进行科学分类，不仅便于管理，还能防止因堆放不当导致的损伤，如防腐涂层磨损、机械损伤等。此外，按照标准和设计要求进行堆放，确保在储存期间组成件的性能不被外界环境影响，如潮湿、腐蚀等。核对组成件与质量证明文件的一致性是质量控制的关键步骤。每一批次的组成件都应附有相应的质量证明文件，包括但不限于材质报告、性能测试报告、合格证等。这些文件是组成件质量的直接证据，通过对文件的仔细审核，可以验证组成件是否符合设计要求和相关标准，确保工程质量不打折。对于具有特殊要求的管道系统，如高温、高压、腐蚀性介质等工况，组成件的选择更为严格。除了常规检查外，还需特别关注其耐腐蚀性、耐高温性、承压能力等特殊性能指标，确保所选组件能够满足极端工况下的安全运行要求。任何偏离设计标准或未经验证的替代品都不应被采

纳，以防止潜在的安全风险。对于无法证明其质量合格的组件，应坚决执行替换原则。允许未经验证的材料进入安装环节，是对工程质量的严重不负责任，不仅违反了相关法规，还可能对人员安全、环境和企业声誉造成长远损害。因此，建立严格的质量把关机制，确保每一件管道组件都能“持证上岗”，是每个项目管理者和质量控制人员必须坚守的原则。

(二) 静密封安装质量控制

静密封安装质量控制在超高压管道系统中至关重要，直接关系到系统的安全稳定运行和防止介质泄漏，特别是在含有易燃、易爆或有害介质的管道中，任何密封失效都可能导致严重的后果。因此，对透镜垫的清洁处理、安装操作的精确控制，以及高强度螺栓预紧力的施加，都需严格遵守规范，确保密封效果。透镜垫作为关键的密封元件，其安装前的清洁工作是基础上的基础。使用 CC14 等适宜溶剂清洗透镜垫，旨在去除表面的保护油脂和任何可能影响密封性的杂质，确保其表面的绝对清洁和光洁度。这一环节看似简单，却往往是密封失效的根源所在。一旦有微小的颗粒或油脂残留，都可能在高压环境下形成泄漏通道^[6]。因此，采用干净、无毛的抹布对安装区域进行彻底清洁，以及使用专用工具抓取透镜垫，避免手部直接接触，都是减少污染、保障密封性的关键步骤。在高强度螺栓的安装与预紧力控制方面，其重要性同样不容忽视。超高压管道系统中，螺栓不仅要承受极高的拉伸载荷，还需确保法兰连接的紧密度，任何预紧力的不均匀都可能导致法兰面偏斜、透镜垫受力不均，从而引发泄漏。因此，安装过程中必须严格依照制造商或标准规范要求施加预紧力，通过专用的液压工具来保证施力的精确性和一致性。同时，法兰对正、找平的过程需在螺栓扭转的每个阶段同步进行，确保在整个紧固过程中法兰接口的对齐，最终的对中偏差检查更是不可或缺，以确保密封面能够均匀受力，实现可靠的密封效果。

(三) 管道安装的控制

管道安装作为工程项目建设中的关键环节，其质量直接影响到整个系统的安全运行和使用寿命。特别是在超高压、精密要求较高的管道安装项目中，对控制措施的严格实施更是不容忽视。现场的控制检查不仅需要细致入微，更需遵循科学合理的程序，确保每一步操作均符合设计和规范要求^[7]。管道清洗与防锈处理是安装前的必备环节，其目的是确保管道内部清洁无异物，避免因杂质残留导致的堵塞或腐蚀问题。使用丙酮、煤油等溶剂进行擦拭，要求操作人员细致操作，确保管段内壁的绝对清洁。同时，采用丝绸等软性材料进行拖擦，避免硬物刮伤内壁，体现了对管道保护的高度重视。在管道的吊装与搬运过程中，选择正确的吊装工具与方法至关重要。使用吊装带而非钢丝绳，可有效避免铁离子污染，保护管道免受损伤，同时，通过平衡梁和不少于两处的吊点，保证吊装过程的平稳，减少因受力不均导致的管道变形风险。此外，对管道端部的螺纹保护也是不容忽视的细节，通过临时保护设施和安装前后严格的清洁与润滑，确保螺纹连接的顺利与密封性。安装顺序与无应力状态的控制是确保管道系统稳定性的关键。在管道安装规划中，将调整段的安装安排在最后，且确保在无应力状态下进行，这能有效减少因应力集中导致的管道

损坏和泄漏风险^[8]。同时，法兰组装时避免强力组装，体现了对材料特性的尊重与保护，防止因操作不当造成的材料浪费。合理使用调整薄板等工具，对支架尺寸的偏差进行修正，确保管道在安装后的垂直度与水平度，减少运行中因振动或热膨胀导致的位移问题^[9]。对于热位移和振动的预防，通过选用合适的垫片材料，如木垫、金属垫片等，既可以有效缓冲，又避免了管道间的直接摩擦，延长了管道系统的使用寿命。

（四）自增强处理控制

自增强处理作为一种提高超高压管道性能的重要工艺手段，其核心在于通过预先在管道内壁施加高于正常工作压力的载荷，使材料发生塑性变形，形成残余应力场。这一应力场在管道投入实际运行后，能有效抵消或减轻工作压力带来的拉应力，从而减轻内壁的应力集中，显著增强管道的抗疲劳性能和长期运行的安全性^[10]。在项目实施过程中，对自增强处理的控制尤为关键。监督检验人员需细致审查供应商提供的自增强处理记录，确保每一批次管道均严格按照既定的标准和工艺进行了处理。这些记录应详尽记录处理过程中的关键参数，包括但不限于增压压力、保压时间、减压速率以及处理后的检测结果等，以证明处理

的有效性和一致性。此外，还需确认记录中是否包含处理前后管道内壁状态的对比数据，以及是否有第三方检测机构的验证报告，以进一步确保处理质量。

结束语：

总之，高压条件下聚乙烯（PE）管道的应用，近年来在全球范围内得到了显著增长，尤其是在供水、燃气输送、工业流体传输等领域。PE管道在高压条件下的安装优化不仅能够延长管道的使用寿命，降低维护成本，还能够提升整个输送系统的可靠性和效率，为能源、水利等基础设施建设的高质量发展提供强有力的支持。随着材料科学与施工技术的不断进步，PE管道在高压领域的应用将会更加广泛，其安装与维护方法亦将更加高效、智能。持续探索和实践这些优化策略，对于推动市政给排水、天然气输送、工业流体传输等行业的发展具有重要意义，同时也为实现资源的高效利用和环境保护目标提供了强有力的技术支撑。在高压管道工程的每一环节注入匠心精神，力求精准，方能铺就安全、可靠、持久的输送之路，为社会的可持续发展贡献力量。

参考文献：

- [1] 赵向南, 张海营. 埋地 PE 燃气管道安装监检质量控制 [J]. 设备监理, 2022(002):000.
- [2] 黄寅, 陈川. 小井沟支渠管道安装质量控制要点探析 [J]. 四川水利, 2022(S2):59-61+80.
- [3] 成强. 市政聚乙烯管道施工纵向伸缩变形控制探讨 [J]. 城镇供水, 2022(3):4.
- [4] 开前正, 彭换宝, 卫世全, 朱庆龙. 双顶推 PE 内衬短管管道修复施工技术 [J]. 汽车博览, 2022(35):55-57.
- [5] 马辉文. 大口径 HDPE 虹吸管用于水利工程防汛的可行性研究 [J]. 水利技术监督, 2023(12):61-64, 88.
- [6] 隋瑞祥. 论 PE 燃气管道焊接施工质量管理与控制对策 [J]. 砖瓦世界, 2023(24):112-114.
- [7] 韦寒雨. 市政供水工程大口径 PE 管道安装施工技术研究 [J]. 企业科技与发展, 2024(2):121-124.
- [8] 闫新江, 张晓彤, 陈西国, 等. 高产气井生产管柱非线性流致振动实验研究 [J]. 实验技术与管理, 2024, 41(3):45-53.
- [9] 曹福想, 郭少宏, 黄良发. 聚乙烯埋地燃气管道示踪线安装与检验 [J]. 中国特种设备安全, 2023, 39(10):84-87, 92.
- [10] 郭莉萍. 某老库区供水管网连通工程施工中管材管件安装技术 [J]. 河南水利与南水北调, 2023, 52(7):66-67.