

油气长输管线施工技术分析

祝木 黎浩坚 邓富榕 (中建三局集团有限公司, 广东 湛江 524000)

摘要: 油气长输管线作为能源运输的重要方式, 具有运输量大、稳定性强、安全性高等优点, 广泛应用于国内外能源运输系统中。随着管道施工技术的不断发展, 油气长输管线的施工质量和效率有了显著提升。本文分析了油气长输管线施工中的关键技术, 重点探讨了管道敷设、焊接、防腐等施工环节中的技术措施及控制要点。此外, 还针对特殊路段施工中的技术难点, 提出了相应的解决方案。通过对施工技术的优化和施工质量的严格把控, 确保了管道的安全运行和长期稳定性。

关键词: 油气; 长输管线; 施工技术

中图分类号: TE973

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 021-0065-04

Analysis of Construction Technology for Long distance Oil and Gas Pipeline

Zhu Mu, li Haojian, Deng Furong (China Construction Third Engineering Group Co., Ltd., Zhanjiang Guangdong 524000, China)

Abstract: As an important way of energy transportation, long-distance oil and gas pipelines have the advantages of large transportation volume, strong stability, and high safety, and are widely used in energy transportation systems at home and abroad. With the continuous development of pipeline construction technology, the construction quality and efficiency of long-distance oil and gas pipelines have been significantly improved. This article analyzes the key technologies in the construction of long-distance oil and gas pipelines, focusing on the technical measures and control points in pipeline laying, welding, anti-corrosion and other construction processes. In addition, corresponding solutions have been proposed for the technical difficulties in the construction of special road sections. By optimizing construction technology and strictly controlling construction quality, the safe operation and long-term stability of the pipeline have been ensured.

Keywords: oil and gas; Long distance pipelines; construction technique

随着我国能源需求的不断增长, 油气长输管线作为重要的能源输送通道, 发挥着日益重要的作用。我国油气管道建设取得了显著进展, 管道网络逐渐完善, 工程规模不断扩大。然而, 管道施工面临着复杂的地质条件、环境影响和技术难题, 尤其是在特殊地段的施工中, 挑战尤为突出。为了确保管道的长期稳定性和安全性, 必须采取科学合理的施工方法和先进技术。本文旨在深入探讨油气长输管线施工中的技术应用, 分析常见的施工难点及解决策略, 并提出优化施工质量的建议。

1 长输管线施工技术设计及要点控制

1.1 油气管道施工参数确定

在油气长输管线的施工过程中, 施工参数的确定是确保工程质量、安全的重要环节。首先, 管道的直径、壁厚、材质以及设计压力等是影响施工参数的重要因素。设计时应根据油气输送量、管道所需的强度、耐腐蚀性和使用寿命等要求, 选择合适的管道材质和壁厚, 以确保管道在长时间使用中的稳定性与安全性。不同类型的油气管道, 其设计压力和施工参数也会有所不同, 因此, 确定管道的设计参数时, 需要综合考虑管道所经过的地形、气候、施工环境以及管道运行过程中可能遭遇的压力变化等因素。其次,

在施工过程中, 管道的焊接工艺参数, 如电流、电压、焊接速度、焊接温度等, 也需严格控制。焊接工艺的选择应根据管道材质和壁厚, 制定合理的工艺规程, 以确保焊接接头的强度和密封性能。此外, 管道的防腐处理也是施工参数的一部分。根据管道所处的地理环境和腐蚀情况, 选用合适的防腐材料和防腐工艺, 保证管道在运行过程中不受腐蚀和损坏, 延长其使用寿命。在施工过程中, 环境温度、湿度、风速等因素也会对施工质量产生影响, 因此需要进行适当的环境控制。油气管道的敷设净距要求见表1所示。

表1 油气管道的最小敷设净距

构筑物名称	平行净距 /m
建筑物基础边缘	≥ 5.0
道路边沟边缘	≥ 3.0
围墙和围栅	≥ 2.0
铁路中心线	≥ 5.0
电力电缆	≥ 5.0
绿化	≥ 2.5

1.2 管道敷设

管道敷设是油气长输管线施工中的关键步骤之一。首先, 施工单位应根据设计图纸和施工方案, 严格按照规定的线路进行管道的铺设。在复杂地形如山地、河流处, 可采用悬索布管等技术。悬索布管

能借助缆索系统,灵活应对复杂地形对管道敷设的挑战,精准定位管道位置,减少地形因素对管道敷设的干扰。悬缆索布管示意图如图1所示。在敷设过程中,需确保管道与地面之间的适当距离,避免与地面或其他障碍物发生干涉。其次,管道的连接应精确对接,确保焊接处无缝隙,以防止出现泄漏等问题。敷设过程中,应特别注意地形的变化,如山地、河流等复杂地形,采取适当的技术措施,确保管道的稳定性和安全性。

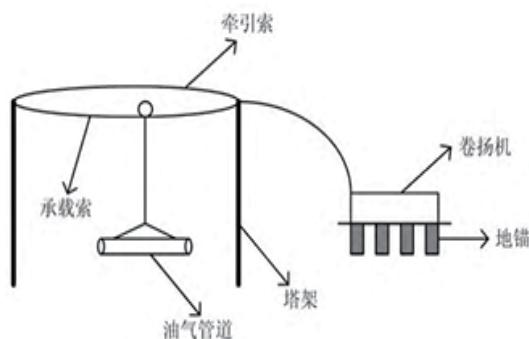


图 1 悬缆索布管示意图

1.3 管道焊接

在管道焊接是油气长输管线施工中的核心工艺之一,其质量直接关系到管道的安全性和长期运行的稳定性。在管道焊接过程中,首先需要确保焊接前的准备工作,包括管道的清洁处理和接头的精确对接。管道接头部位必须去除氧化层、油污和杂质,以确保焊接接头的质量。焊接材料的选择也非常关键,应根据管道材质和设计要求,选用合适的焊条、焊丝和保护气体。在焊接过程中,要严格控制焊接工艺参数,包括电流、电压、焊接速度和焊接温度等,避免因参数不当而导致焊接缺陷。焊接方法可以根据具体施工情况选择手工电弧焊、气体保护焊或埋弧焊等,不同的焊接方法应根据管道的壁厚、材质和运行环境来选择,以确保焊接质量。焊接过程中,还需要保持焊缝的均匀性,防止出现裂纹、气孔、夹渣等缺陷,确保焊接接头的强度和密封性。管道焊接质量控制是油气长输管线施工中至关重要的一环,必须严格执行操作规范,确保焊接质量满足标准要求,如图2所示。

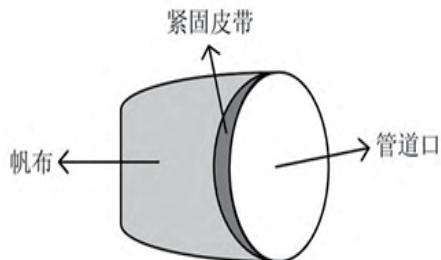


图 2 油气管道封堵器

在焊接过程中,还需要特别注意环境条件的影响,如温度、湿度及风速等,极端天气可能会影响焊接质量。在低温或高湿环境下,焊接容易产生冷裂纹或气孔,因此应采取相应的措施,如预热管道或采取防风、防潮措施,确保焊接过程顺利进行。为了确保焊接工艺的一致性和质量稳定性,焊接操作人员必须经过严格的培训和认证,具备熟练的焊接技术和操作经验。焊接过程中,应特别关注焊接接头的强度和密封性,避免由于焊接缺陷导致的泄漏、腐蚀等问题,这对于油气长输管线的安全运行至关重要。焊接完毕后,及时进行检测与评估,包括对焊接接头进行拉伸试验、硬度测试及无损检测,以全面确认焊接质量是否符合标准,确保管道能够长期稳定、安全运行。

1.4 管道防腐

管道防腐是油气长输管线施工中至关重要的一环,直接关系到管道的使用寿命和安全性。由于管道长期埋设在地下,容易受到土壤、水分、空气等因素的影响,腐蚀问题普遍存在。为防止管道腐蚀,必须采取有效的防腐措施,以确保管道在长时间运行过程中不发生腐蚀破坏,保障油气运输的安全性。常见的管道防腐方法包括外涂防腐层、电化学防腐等。外涂防腐层是目前应用最广泛的一种防腐技术,主要通过在管道外表面涂覆防腐材料,如环氧树脂、聚乙烯涂料等,形成一层耐腐蚀的保护膜,阻止水分和氧气的渗透,减少腐蚀的发生。在施工中,涂层的厚度、均匀性和附着力必须严格控制,以确保防腐效果。电化学防腐也是一种有效的防腐方法,主要通过安装外部电流源,利用电化学原理使管道形成阴极保护,防止腐蚀。阴极保护系统的设计和维护需要考虑土壤电阻、电流分布等因素,以保证防腐效果。

2 长输管线施工实例分析

2.1 工程概况

本工程为某油气长输管线建设项目,旨在实现某单位物资油气的高效输送。管道全长约1500km,采用大口径、高压设计,经过复杂的地质环境和多样化的地形。项目施工涉及管道焊接、防腐处理及敷设等多个环节,施工难度较大,技术要求高,见表2。

该管线穿越山地、河流、城市及农业用地等多种复杂地形,需要采取不同的施工技术和措施。在施工过程中,特别注重环境保护和施工安全,确保施工对周围环境的影响降到最低。同时,为确保管道的长期稳定运行,焊接工艺、防腐技术及质量控制均严格按照标准执行。项目实施过程中,施工团队克服了多项技术难题,确保了工程按时高质量完成,为油气资源的安全输送提供了有力保障。

表 2 长输管线第八标段主要工程量

项目	单位	参数
线路长度	km	86.5
管道焊接 - 直缝埋弧焊钢管	km	3.72
管道防腐 - 聚乙烯加强级防腐	m ²	81435
热煨弯管	个	391
冷弯弯管	个	508
穿公路	m/ 次	1870/203
穿铁路	m/ 次	497/12
水工保护	m ³	90125
混凝土固定墩	个	2
伴行道路	km	3.7
房屋拆迁	m ²	240

2.2 管线沉降控制结果分析

在施工过程中,针对管道所经过的沉降区域,采取了适当的沉降控制措施,包括合理选择管道敷设深度、加强管道支撑结构、使用柔性连接等技术手段。经过长期监测,管道在沉降地段未出现明显沉降或变形,沉降控制措施取得了良好的效果,确保了管道的稳定性与安全性,避免了因沉降造成的管道损坏或泄漏风险,保障了油气长输管线的安全运行,如图3所示。

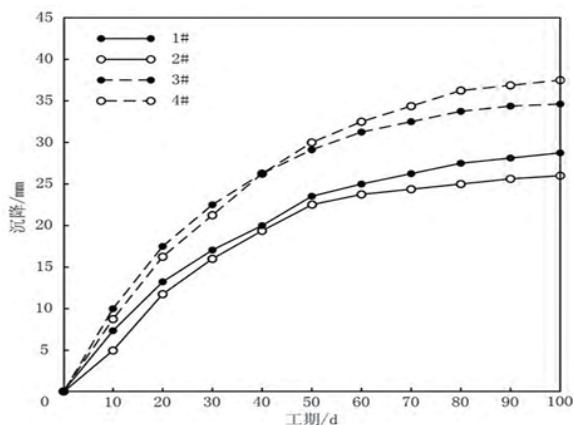


图 3 长输管线沉降监测结果

在沉降监测过程中,采用了地质雷达、沉降标记和在线监测系统等技术手段,实时跟踪管道的变形情况,并对潜在风险进行预警。通过数据分析和现场应急处理,及时调整施工方案,进一步提高了管道的稳定性。整体来看,沉降控制的成功实施不仅减少了管道维修成本,也确保了管道在复杂地质条件下的长期安全运行,为油气长输管线的可靠性提供了坚实保障。

3 管线施工注意事项

3.1 检查原材料

在油气长输管线施工过程中,原材料的质量直接

影响到工程的安全性和使用寿命,因此,严格检查原材料是保证施工质量的首要步骤。首先,管道本体材料的质量必须符合设计要求和相关标准,管道的钢材应具备足够的抗拉强度、抗压强度和耐腐蚀性。对于大口径、高压力管道,材料的选择尤为重要,需选用符合标准的高强度、耐高压的管道钢材。同时,焊接材料的质量也必须严格把控,焊条、焊丝等焊接材料要与管道材质匹配,并通过合格的质量检测,确保其焊接性能。防腐材料的检查同样不可忽视。防腐涂层的质量、厚度和附着力需要通过专业设备进行检测,确保防腐层完整均匀,没有裂纹或剥落的现象。对于阴极保护系统的电极材料,也需要经过质量检测,确保其性能稳定,能够长期有效地提供保护。

3.2 管道技防措施

管道的技术防范措施对于保障油气长输管线的安全至关重要。首先,应安装实时监测系统,监测管道的压力、温度、流量等关键参数,及时发现异常情况。其次,采用智能化渗漏检测技术,利用传感器和自动报警系统,在发生泄漏时迅速检测并采取应急措施。此外,管道沿线应设立防护设施,如防护栏杆和警示标志,防止外部破坏。加强监控和巡检,结合无人机和卫星遥感技术,实现管道的全方位防护,确保管道的长期安全运行。

3.3 管道防腐施工

管道防腐施工是确保油气长输管线长期稳定运行的关键步骤。首先,在管道外表面进行彻底清洁,去除油污、氧化层和其他杂质,确保防腐层能够与管道表面良好附着。常见的防腐施工方法包括涂层防腐、环氧树脂涂料防腐和聚乙烯包覆防腐。涂层防腐施工时,涂料的均匀性和附着力是关键,需要分层涂覆,确保每一层防腐材料达到设计厚度,并避免出现气泡、裂纹等缺陷。阴极保护是另一种有效的防腐措施,采用外加直流电流使管道形成阴极,防止电化学腐蚀。安装阴极保护系统时,要根据土壤电阻、电流分布等因素进行科学设计和调试,确保保护效果。在施工过程中,还应加强防腐材料的质量检测,确保涂层的耐久性和防腐性能。

3.4 特殊路段的施工

在油气长输管线施工过程中,特殊路段的施工需要特别关注和处理,这些路段通常包括农田、湿地、河流、城市区域等。针对不同的特殊地形和环境,施工方法和技术应采取差异化策略。对于山地和高原地区,管道的敷设往往面临地质条件复杂、坡度陡峭等问题。在这些地区,必须进行详细的地质勘察,确保管道的稳定性。在管道敷设时,应采取分段施工,确

保每段管道能够平稳铺设，避免因地形复杂导致的管道变形或移位。在河流、湖泊等水域区域，管道施工需要采取水下敷设技术。可采用定向钻进技术（HDD）来穿越水体，避免对水域生态环境的破坏。通过这种方式，可以确保管道稳定、无缝隙地穿越水体，并减少对生态环境的负面影响。对于城市区域，管道施工需要遵守当地的环保规定，并采取最小干扰施工法，如顶管技术、开挖开槽等方式。施工时，必须加强与当地居民的沟通和协调，确保施工过程中的安全和环境保护。通过针对不同特殊路段的施工方案，能够有效克服施工中的难题，确保管道的顺利铺设和长期安全运行。

4 结语

综上所述，油气长输管线的施工涉及多个环节，每个环节都需要精细化管理与严格控制。通过科学的施工技术、先进的设备和完善的质量控制措施，能够确保管道的安全性、稳定性和长久的使用寿命。特别是在面对特殊地形和复杂环境时，采用合适的施工方法和技术手段至关重要。随着技术的不断进步，相信未来油气长输管线的施工将更加高效、安全，推动能源输送网络的可持续发展。

参考文献：

- [1] 何智勇, 杨胜, 杨卫东. 油气管道山地管沟施工技术要点 [J]. 化工管理, 2021(5):152-154.
- [2] 刘贊. 城市石油天然气管道施工技术简述 [J]. 中国室内装饰装修天地, 2019(12):111-113.
- [3] 罗勇. 戈壁山体定向钻油气管道穿越工程施工技术探析--以吐孜洛克气田 TZ2 井-TZ3 井定向钻穿越工程为例 [J]. 中国化工贸易, 2015,(36):62-62,64.
- [4] 陈恒. 浅谈石油天然气管道施工技术及质量控制 [J]. 化工通讯设计, 2022(2):132-134.
- [5] 马小飞. 黄土高原地区油气管道施工地质问题及应对措施 [C]// 全国油气储运科技, 信息与标准技术交流大会. 中国石油学会, 2013.
- [6] 张伟, 王磊, 李强. 高寒冻土区油气长输管道施工关键技术研究 [J]. 石油工程建设, 2020,46(4):1-6.
- [7] 赵明, 孙建华. 基于 BIM 技术的长输管线施工协同管理应用 [J]. 油气储运, 2021,40(8):101-107.
- [8] 周涛, 刘洋. 深海油气管道铺设中的 S 型铺管法与动态定位控制 [J]. 海洋工程, 2019,37(3):112-118.
- [9] 黄志强, 吴晓南. 长输管道全自动焊接工艺及缺陷智能检测技术 [J]. 焊接学报, 2022,43(5):78-84.

