

油田建设地面工程管线施工要点与技术分析

彭山峰

胜利油田分公司地面工程建设监督中心, 山东 东营 257000

DOI:10.61369/ME.2026020037

摘 要： 为切实保障油田生产安全性与运营高效性，在油田建设地面工程中应着重提升管线施工质量。文章结合油田建设地面管线施工实践与行业经验，总结其工程规模大、技术标准高、环境复杂与多专业协调等特点，系统梳理施工全流程中的关键点，聚焦从图纸审查、测量放线到沟槽开挖、管线安装等关键工序，深入分析各个环节的实施规范与关键点，通过细化技术操作提升油田建设地面工程管线施工质量与技术水平，降低施工风险，保障工程整体的经济效益。

关 键 词： 油田建设；地面工程；管线施工；防腐处理

Key Points and Technical Analysis of Pipeline Construction in Surface Engineering for Oilfield Development

Peng Shanfeng

Shengli Oilfield Branch Surface Engineering Construction Supervision Center, Dongying, Shandong 257000

Abstract： To effectively ensure the safety and operational efficiency of oilfield production, it is essential to focus on improving pipeline construction quality during surface engineering construction. This article integrates practical experience and industry insights from oilfield surface pipeline construction, summarizing its characteristics such as large-scale engineering, high technical standards, complex environments, and multi-disciplinary coordination. It systematically reviews key points throughout the entire construction process, concentrating on critical procedures from drawing review and surveying to trench excavation and pipeline installation. By analyzing implementation standards and key aspects of each phase, the study enhances the quality and technical level of pipeline construction in oilfield surface engineering through refined technical operations, reduces construction risks, and ensures the overall economic benefits of the project.

Keywords： oilfield construction; surface engineering; pipeline construction; anti-corrosion treatment

引言

随着我国能源需求持续增长，油田开发建设数量与规模持续扩大，地面工程管线施工作为油气集输、输送的核心载体，其施工技术水平与施工质量对油田生产运营有着决定性影响。但由于这类管线输送介质多具有易燃、易爆、腐蚀性强等特点，再加上油田地面环境复杂多变，管线施工若存在质量问题极易引发泄漏、爆炸等安全事故。因此，深入研究油田建设地面工程管线施工要点与关键技术，规范施工流程，优化技术方案，保障工程质量，推动油田行业高质量发展。

一、油田建设地面工程管线施工特点

（一）工程规模庞大

油田建设地面工程管线施工往往覆盖数十甚至数百平方公里的油区，跨越不同区域、不同地形，部分大型油田管线工程甚至跨越多个市县。再加上这类管线施工需要配套建设阀门井、接口设施、防护设施等附属工程，工程量大、施工点位分散、物资需求多，为施工组织、进度管控、质量监管提出较大挑战。

（二）技术要求较高

由于油田建设地面工程管线主要用于输送原油、天然气等易

燃易爆介质，同时还要承受内部介质压力、环境温度变化和外部土体荷载等复杂作用，对管线密封性、耐压性、防护性等性能均有严格标准。管线施工需严格遵循国家和行业相关规范，从管材选择、接口处理到防腐施工、闭水试验等各个环节均有明确的技术规范。

（三）现场条件复杂

从油田建设地面工程管线施工的位置来看，多位于远离城市地区的荒野区域，现场地形复杂，常涉及农田、山地、河流、沼泽等多种地形，部分区域还可能存在软土地基、岩石层、地下水位较高等恶劣的地质条件，导致沟槽开挖、管线铺设等技术实施

作者简介：彭山峰（1988.09-），男，汉族，山东东营人，本科，助理工程师，从事油田地面工程建设监督与风险防控施工现场标准化、精细化管理研究。

难度大幅提升^[1]。另外，野外施工通常会在较大程度上受到天气的影响，高温、暴雨、严寒等恶劣天气都可能对施工进度和施工质量造成影响，同时还要应对现场交通不便、水电供应不足、原有管线设备密集和地下障碍物多等问题，给施工组织带来诸多不便。

（四）需要多方协调

油田建设地面工程管线施工涉及建设单位、设计单位、施工单位、监理单位等多个单位以及当地政府、交通、水利、环保等相关部门，施工前需协调土地征用、管线路由审批、环境保护评估等相关手续，施工期间需协调施工班组和专业工种相互配合，确保施工流程有序推进，同时还要与当地群众沟通协调，减少施工对周边环境和群众生产生活的影响。若协调不到位，则极易导致施工中断、设计变更或交叉作业冲突，影响工期和质量。

二、油田建设地面工程管线施工要点与关键技术实施

（一）图纸审查

（1）依据《油气输送管道线路工程施工规范》《钢质管道焊接及验收》等现行国家及行业规范对设计图纸进行符合性审查。（2）围绕图纸目录、设计说明、平面图、纵断面图、节点详图、防腐结构图以及材料表等设计内容和成果开展完整性审查。（3）重点核对管线路由与现场地形、地下管线的实际位置，避免管线交叉冲突；核查管径、管材规格与现场进场管材的匹配性，确认接口方式、防腐要求能否通过现有施工设备实现；检查阀门井、支吊架等附属设施的布置位置，确保不影响后续施工与后期维护。（4）整合工艺、结构、防腐、电气等专业图纸，通过专业协同审查核对专业之间是否存在矛盾。

针对审查过程中发现的设计漏洞、尺寸偏差等问题，当场形成会审纪要，要求设计单位在规定期限内出具设计变更，经三方签字确认后方可生效。会审合格后，由技术负责人向施工班组开展技术交底工作，结合现场标记明确每段管线的施工要点、技术参数与注意事项，同步发放图纸复印件，确保施工人员掌握设计意图，避免因理解偏差导致施工质量问题。

（二）测量放线

以设计图纸为参照，在施工现场提前收集现场水准点、控制点资料，校验全站仪、水准仪等专业工程测量设备，确保仪器精度误差不超过2mm。根据设计坐标，运用全站仪定位管线中心线，间隔20~50m设置1个中心桩，在转角处、变坡处加密至每隔10m一个，管线中心线偏差不得超过5cm。沿中心线两侧用白灰线作出清晰标记。采用水准仪测量高程，在中心桩上标注沟槽开挖深度以及管底设计标高，确保槽底高程偏差不得超过3cm。

放线完成后，由监理单位牵头，施工单位配合，对中心线、开挖边线、高程进行双重复核，采用交叉测量的方式核对中心桩位置，高程复核需至少测量3个点位，确认误差在允许范围内^[2]。若涉及山地、河流穿越等复杂地形，需增加临时测量控制点，加密测量频次，每日施工前重新复核1次，保障测量放线精准性。对中心桩、高程控制点采用混凝土浇筑的形式进行固定，避免施工

过程中因碰撞产生移位，同时在标记处设置明显的警示标识，防止破坏放线成果。

（三）沟槽开挖

根据工程现场的实际情况，常规条件下设置管线埋深为 $\geq 1.2\text{m}$ ，但若穿越道路或河流，则需调整管线埋深至 $\geq 1.5\text{m}$ 、 $\geq 2.0\text{m}$ ，结合不同位置具体的管线埋深和地质条件确定开挖坡度。开挖断面采用梯形，槽底宽度在管线外径基础上增加0.6m，便于人员操作。

组织开展沟槽开挖作业期间，采用挖掘机分层开挖，根据现场地质条件确定单层开挖厚度，一般每层厚度不超过1.5m，避免一次性开挖过深导致沟槽坍塌，上层开挖完成后测量设计开挖厚度，而后继续开挖下层。在开挖至距离槽底20cm时，停止机械开挖改用人工清理，避免机械碾压破坏基底土壤。在沟槽两侧距离沟底0.5m以上的位置堆放开挖的土方，堆高控制在1.5m以下，避免土方坍塌涌入沟槽。当地下水位高于槽底0.5m时，以降水处理为重点，采用集水坑降水的方式，每间隔50m设置1个集水坑，坑深为1.0~1.2m，配备潜水泵持续排水。对于地下水位较高、土层渗透系数较大的区域，可采用轻型井点降水，将地下水位降至沟槽底面以下0.5m，防止沟槽积水、边坡坍塌。开挖过程中，及时清理沟槽内的浮土、杂物，槽底清理完成后，采用打夯机夯实，夯实次数不低于3遍，夯实度不低于90%。对于软土地基，需按照3:7的砂石比例铺设10~15cm厚的砂石垫层，铺设后平整夯实，增强地基承载力。

（四）管线安装

作为整个油田建设地面工程管线施工的核心环节，在管线安装前需规范落实进场检验环节，严格核查所有进场管材的出厂合格证、质量检测报告。采用现场抽样检查的方式，钢管检查表面无裂纹、锈蚀，用卡尺测量管径偏差，不超过2mm，PE管检查外观无破损、无气泡，进行热熔对接试验，试对接后检查接口无虚焊、无开裂，严禁不合格管材进场。

管材就位后对管材进行处理，清理管材接口处的油污、铁锈等杂物，保证接口清洁。根据不同的管材类型选择合适的接口方式。钢管采用手工电弧焊，对口间隙控制在2~4mm，坡口角度为 60° ~ 70° ，焊接分两层进行，第一层打底焊，厚度为3~4mm，第二层为盖面焊，厚度不低于5mm。焊接完成后清除焊渣，采用超声波检测的方式检验焊接质量，对不合格焊缝需铲除重焊。PE管采用热熔对接，设定 200°C ~ 220°C 的热熔温度，根据管径合理设定加热时间，如DN100管加热10~15s，对接压力0.3~0.5MPa，对接冷却30min以上方可移动。

采用吊车配合专用尼龙带或橡胶垫吊钩进行下管，严禁钢丝绳与管身发生直接接触。合理确定吊点位置，避免管材在吊装环节产生过大弯曲变形，下管时安排专人负责指挥，避免碰撞沟壁或槽底。采用专用支吊架固定，支吊架间距根据钢管与PE管进行区分，分别控制在3m和2.5m以内。在安装过程中，用水平仪校准管线坡度，确保管线顺直，无弯曲、无移位。管线安装完成一段后，采用砂袋在管线两侧固定，每2m设置1组，防止管线在回填前移位、变形，同时核对管线位置和高程，偏差超标的及时

调整。

（五）防腐处理

为保障油田建设地面工程管线施工质量，有效解决内外部腐蚀问题，需先采用喷砂除锈工艺，使得管线表面无可见铁锈、氧化皮，呈现均匀金属光泽，除锈等级达到 Sa2.5 级，喷砂压力控制在 0.5–0.7MPa，喷砂距离 30–50cm，喷砂后及时清理管线表面砂尘，1 小时内进行防腐施工，避免二次锈蚀。

针对由土壤、地下水、大气等环境因素引起的外部腐蚀，可采用 3PE 防腐层，底层涂刷 80–100 μm 厚环氧底漆，中间缠绕胶粘剂，外层缠绕厚度不低于 1.5mm 的聚乙烯层。局部修补采用防腐胶带，缠绕宽度重叠 1/2，缠绕层数超过 3 层。针对由输送介质中腐蚀性物质引起的内部腐蚀，采用厚度 3–5mm 的聚四氟乙烯衬里，衬里后进行打压试验，设置 0.8MPa 的压力，稳压 30min 无渗漏即可。对于输送原油的管线，采用环氧煤沥青涂料涂刷 2–3 遍，总厚度控制在 200 μm 以上，采用毛刷均匀涂刷，涂刷后自然养护 24 小时以上^[3]。

防腐处理完成后，对外防腐层采用电火花检测仪检测，若无击穿现象则说明防腐合格。涂层厚度采用涂层测厚仪检测，每 10m 检测 1 个点，偏差不得超过 $\pm 10\mu\text{m}$ 。内防腐层采用目测与超声波测厚相结合的方式，确保涂层均匀、无破损。

（六）闭水试验

在确保管道与管道外观完好、内部无填土且所有预留孔洞均全部封闭严实的前提下，关闭管线所有阀门，采用橡胶堵头封堵管线两端，在管线最高点设置排气阀，最低点设置排水阀。打开排气阀，向管线内缓慢注水，注水速度控制在 5 m^3/h 以内，直至排气阀有水流出时关闭排气阀，继续注水至设计水位。静置 24 小时，期间补充水位确保水位保持稳定。采用电动试压泵缓慢升压，升压速度不超过 0.1MPa/min，整个过程采用分级升压的方式，每升压一级稳压 5–10 分钟，检查无异常后再次升压，升至设计压力 1.5 倍后稳压 30min，期间观察管线接口、阀门、堵头是否有渗漏、冒汗现象，同时用压力表读取压力值，压力降低于设计

压力的 10% 则说明合格。

若在闭水试验期间发现管线出现渗漏，则需立即泄压排水，重点检查接口、阀门密封处等部位，查找渗漏点，采用补焊、更换密封件等方式进行修补。修补后重新注水、试压，直至合格。试验合格后打开排水阀缓慢排水，排水速度低于 10 m^3/h ，避免水流冲击损坏管线。排水完成后，用压缩空气吹扫管线内部，清除残留水分和杂物，做好试验记录存档。

（七）沟槽回填

闭水试验合格后，清除沟槽内积水以及石子、建筑垃圾等杂物，确保槽内干燥、清洁。回填土选用无杂质、无冻土、颗粒粒径不超过 5cm 的粉质黏土或砂土，严禁使用石块、尖锐杂物，避免划伤管线防腐层。采用分层回填、分层夯实的方式，单层回填厚度控制在 20–30cm，回填土铺设平整后，在沟槽内外分别采用小型打夯机、压路机压实。

在沟槽回填施工过程中，在管线两侧及顶部 50cm 范围内需采用人工夯实，以实现管线保护，避免机械碾压对管线造成冲击。回填至管线顶部 50cm 后，方可采用压路机碾压，碾压速度不超过 2km/h，碾压次数不低于 2 遍。回填至设计标高后，整体平整夯实，确保回填土无下沉、无凹陷。若沟槽穿越农田，回填后需平整土地，恢复原有地貌；穿越道路的沟槽，回填至路面标高后，采用压路机反复碾压，确保路面平整，满足通行要求。

三、结论

综上所述，油田建设地面工程管线施工是确保工程安全、稳定、长效运行的关键环节，在具体实践中需从工程实际出发，采用先进的施工技术和工艺，优化施工方案，加强全流程施工控制，提升施工效率和工程质量。未来，随着油田建设技术的不断进步，可推动管线施工智能化、绿色化、精细化发展，实现工程经济效益与社会效益的高度统一。

参考文献

[1] 毕青, 任井保, 于瑾, 等. 油田地面集输管线腐蚀与防腐措施研究 [J]. 石化技术, 2025, 32(3): 199–201.
[2] 郝明. 油田场站建设施工中的施工要点探析 [J]. 石油和化工设备, 2025, 28(10): 202–204.
[3] 李建松. 油田地面集输管线的防腐管理措施研究 [J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(4).