

油气输送管道线路设计与施工技术探讨

李云鹏 (北京东方华智石油工程有限公司, 天津 301712)

摘要: 在油气输送中油气输送管道是最常见的运输方式, 为了保障油气输送质量, 就必须保障管道线路设计的科学性, 以经济最大化、效益最大化为目标, 但由于油气输送管道线路经常会穿越一些复杂地质条件, 因此不同区域的线路设计也存在差异。同时, 在油气输送管道线路设计基础上, 还需重点掌握管路施工技术, 提升输送管路施工质量。基于此, 本文重点探究油气输送管道线路设计方案, 并提出油气输送管道施工技术。

关键词: 油气输送管道; 线路设计; 施工技术; 焊接

0 引言

石油天然气作为重要的战略资源, 对社会生产和生活有着极大的影响。随着社会经济不断发展, 对石油天然气等化石资源需求量越来越大, 输送管道作为油气最常见的运输方式, 为了能够保证油气输送质量, 就必须科学设计输送管道线路, 尽可能避开障碍物、山体、河流等复杂区域, 同时为了减少管道线路阻力, 线路设计中应减少转弯处, 保持油气输送的顺畅性。

此外, 油气输送管道施工直接决定了管道工程的使用质量和安全, 应根据管道工程设计方案和施工标准加强施工技术掌控, 保障每道施工工序的作业质量, 这样才能够充分发挥油气输送管路工程的综合效益。

1 复杂地形对输送管道的危害

1.1 河道地段

油气输送管道线路设计中可能会遇到河道地段, 该区域中包含了诸多冲击沟渠, 特别是在丘陵地区会形成较大规模的冲击规模, 如遇到雨季水体冲击力会进一步加强, 增大了管道外部压力以及加速外管腐蚀速率, 从而增加安全隐患。

1.2 水网地段

在丘陵、河道地段很容易形成水网区域, 如管道穿越地区为水体丰富的水网地质, 则管道可能会穿越农田、水田等地下设施。如果当地农户没有注意到管道警示标识开挖土地, 轻则破坏管道上方土层、重则损伤管线, 导致管道泄露。一旦管道暴露在空气中会加速管道腐蚀速率, 增加安全隐患, 严重影响周围环境。

1.3 山地地段

越往后期输送管道线路可能会穿越山地区域, 这些区域由于土层不平, 存在山体滑坡、山体崩塌、泥石流等自然灾害, 会严重影响管道的运行安全, 造成

极大的经济损失。此外, 如果绕过山体铺设管道会增加管道线路长度和施工难度。

1.4 冲击平原

冲击平原坡度要小于山体地段, 主要是长期暴雨冲刷形成, 在该地段铺设油气管道, 可能会因水体冲刷作用导致管道及其周边土层下沉, 管道受压形成排水沟, 并且会加速管道及其周围土壤的侵蚀。管道因此可能会暴露在空气中, 严重会造成泄露问题, 威胁周围居民的生命财产安全。

2 油气输送管道线路设计要求

油气输送管道线路设计必须要结合管道走向途径地形、沿线供气点、地质条件、交通运输条件等多项因素, 结合以上因素进行方案对比并选定。管道线路尽可能短、平缓、顺直, 同时要尽量避免与人工障碍、天然障碍交叉。从市场角度出发, 应考虑沿线油气使用大户, 保障管道工程的经济效益。

在线路设计选择中, 应尽可能靠近既有公路设施敷设, 方便后续施工以及运维。针对河流等复杂地质条件, 应结合线路整体走向, 以跨越、下穿等方式为主, 避开农作物以及农田基础设施, 同时要避开易燃易爆仓库、军事设施、安全保护区。为了保证施工安全以及后期运行安全, 应尽可能绕过容易出现泥石流、山体崩塌、山体滑坡等危险地质区域。还要避免管线与鱼塘、水利工程、矿产、运输线路产生矛盾^[1]。

3 油气输送管道施工技术

3.1 沟槽开挖

沟槽开挖顺序为: 测量放线→路面切割→路面破碎→机械开挖→人工清底。我国大部分地区基地地质为粘土、回填土, 为了保证沟槽开挖质量以及起到管道保护效果, 应采用机械与人工结合开挖方案, 如图1所示, 在正式开挖前应明确横穿沟槽的管线位置,

在机械开挖达到距离管线位置 1.5~2.0m 时由施工人员开挖。机械开挖所预留的槽底厚度应在 15cm 以上，开挖到预留厚度后由人工开挖到基地标高深度，并保持槽底土层平整、无杂物^[2]。



图 1 油气输送管道沟槽开挖示意图

3.2 回填砂

后槽人工开挖至标高深度后，在沟槽底部铺设一层基地砂，厚度为 10cm 左右，采用人工铺填并整平处理。要求砂质均匀、无大颗粒石块、无泥块，保持基底回填层的均匀度，密度应在 90% 以上。

3.3 管道铺设

3.3.1 布管



图 2 管墩布设示意图

布管应选用起吊设施，由于管道设施重量较大，所需用的尼龙吊带、麻绳必须满足管道起吊要求，捆绑点间距不宜过大或过小，控制在 3~4m 为宜，使用起吊设备将管道吊起，由专人观察管道平衡情况并负责下管指挥直到下至沟底。单根下管的捆绑点为 2~3 个，依次将管道下放到沟底。在布管前，使用推土机沿着布管中心线修筑条形管墩，可采用土筑管墩并压实，间距与管长度相等。管墩高度控制在 50~60cm。如果现场取土难度大可使用麻袋装软质物制作管墩。管道和管墩接触位置使用编织袋衬垫，管墩设置如图 2 所示。布管前由专人负责测量管口参数，包括椭圆

度、周长是否满足标准，管口不达标禁止使用，布管在施工作业带管道组装一侧开展。结合管道工程设计标准、测量放线参数、标志桩、控制桩，在指定管墩上布设管道，管道之间首位衔接，相邻管道之间错开一个管口距离，形成齿状布设。如果是双管调运，为了避免造成损伤问题可以增设软垫或分位调运。管道起吊和下放必须轻起轻落，如需吊管行走应有专人负责管道牵引，避免发生碰撞现象。

3.3.2 组装

正式进行管道组装前应先进行管道内部清理，包括油污、灰尘、积水等均要用棉布擦拭干净，在清洁过程中检查管口处是否存在裂纹、压痕等质量问题，如若发现问题及时上报并修复或换管，不达标管道严禁组装。完成检查且质量合格的管道应按照布设顺序依次编号，使用油漆在前后管口顶部位置标注编号。逐根测量管道长度并标注管长平分线。管道组对中应保证各项尺寸符合工艺要求，包括坡口、对口间隙、钝边、错边等参数。完成组对后组对人员先进行质量自检、再由焊接员互检，均合格后再开展下一步施工^[3]。

3.3.3 管道对口与焊接

长输管道焊接主流方法有两种，均为 4 名焊工开展作业：一是 2 名焊工根焊打底，另外 2 名焊工对负责填充剩余焊道以及盖面焊接；二是 2 名焊工根焊打底，另外 2 名焊工负责填充剩余每一层焊道以及盖面焊接，进行流水作业。焊接注意事项为以下几点：

- ① 2 名焊工完成管道根焊后要将焊根清理干净，完成根焊清除派专人负责该部位打磨，保证焊根部位无残留，否则容易产生焊渣；
- ② 每层焊道完成填充之后，均要将焊口位置的焊渣清理干净，直到露出金属光泽为止；
- ③ 完成焊面焊接后，由专人使用钢丝刷将表面焊渣清理干净，同时将焊口两侧飞溅物使用砂轮机打磨干净，这样可避免后期检测时造成划伤风险；
- ④ 在管道焊接中，为了保证防腐层不被破坏，应在土层上覆盖一层黑胶皮，这样焊接时产生的飞溅物会落到黑胶皮上而不是防腐层上；
- ⑤ 焊接部位要保证焊实、焊足，不得出现过焊、漏焊等问题，焊接整个流程应有专人负责技术检查和技术指导，及时发现问题及时解决问题；
- ⑥ 如果是雨雪天气或风速达到 8m/s 时不得焊接施工，避免在大风作用下焊接飞溅物飞出过远烫伤防腐层。雨雪天过后管道表面上的水、霜应进行烘干处理，否则不得施工；
- ⑦ 完成每道焊接工作后应在焊口部位做好焊缝标记，及时填写焊缝台账，制作管

道施工单线图。

3.3.4 下沟与回填

下沟前再次复检沟槽，清理沟槽中的土方、石块、土块等杂物。对下沟管道进行最后一次安全检查，确保工作人员、设备已经就位，管道内侧严禁站人、摆放物品。由专人统一指挥管道下沟作业，并提前设置好醒目标志。使用高强尼龙吊带绑定管道下沟。起吊点与管道接头间距应在 2m 以上。下沟前用检测仪检查防腐层（特别是管道底部和支墩接触位置），如果防腐层破损应及时修复^[4]。

下沟中应精准将管道下放到管沟中心部位，管道轴心与管沟中线误差应控制 250mm 以内。下沟如果防腐层被破坏应第一时间修复。完成下沟后派专人负责对沟内管道进行质量检查，检查合格后在质检报告上签字确认。

管沟回填前需将阴极保护测试线焊接好并引出，并配合装测试桩完成管沟回填。管沟回填也可预留操作坑，焊接好阴极保护线再回填。针对特殊部位，如管道穿越建筑、与其他管道交叉、与地下电缆接触等部位，应机械配合人工进行回填。

3.4 管道检测

3.4.1 吹扫

管道检测前先进行管道吹扫工作，使用大型空压机持续吹扫管道内部，吹扫参数为：压力 $\leq 0.3\text{MPa}$ 、流速 $\geq 20\text{m/s}$ 、吹扫长度 $\leq 500\text{m}$ /次。在吹扫整个流程中，管道另一层无烟尘出现时，可在排气口位置设置白布障检验，持续吹 5min 白布障上无灰尘、铁锈等杂物即为合格。通过压缩空气进行管线通球扫线，用气压试压^[5]。

3.4.2 强度与严密性试验

一级一类地区采用 0.8 强度设计系数的管道，强度试验应采用压力-体积图法进行监测；二级地区输气管道线路强度试压的试验压力不得高于设计压力的 1.25 倍。在管段起点、终点处设置压力表，升压过程应缓慢进行，直到升到标准压力，维持试压标准压力并观察是否有异常情况。试压合格后对管道焊缝部位使用超声波、射线等无损检测，合格后可不再试压。参与管道试压的试压头、连接管道、阀门及其组合件等的耐压能力，应能承受管道的最大试验压力，试压头与管道连接的环焊缝应进行 100% 射线检测。

3.4.3 安装试压装置

试压段起点、终点位置压力表以及温度计应不低

于 2 块，压力表量程应有一定冗余量，通常试验标准压力应为不超过压力表量程的 2/3，精度不低于 1.5 级，温度计刻度为 1℃。

3.4.4 升压启动

启动升压设备后即向管内注水，保持升压过程的平稳度，升压应保持 3 个阶段，首次升压为标准压力的 30%，其次升压到标准压力的 50%，最后升压到标准压力的 90%，每达到一个升压阶段维持 15min，并由专人负责检查管线、升压设备，包括是否有遗漏、外观是否正常，达到 90% 后继续升压到 100% 标准试验压力，稳压 1h 后观察压力计，每 30min 记录一次，强度试验以整个过程无压降为合格。在整个升压过程中不得有外力冲击管道，应有专人负责试压段进行巡逻，如果发现管道破裂等异常应及时汇报并停止升压^[6]。

3.4.5 严密性压力试验

打开阀门，结合压力表参数让管线压力降到严密性试验压力值，将阀门关闭观察 15min 变化情况，期间压力不变即可开展严密性试验，整个试验过程为 24h，检查记录间隔为 1h，包括温度、压力，修正压力降不超过 133Pa 代表合格。

4 结束语

综上所述，管道是油气输送的主要形式，直接影响油气运输质量和安全性，这就需要全面做好前期的管道线路设计工作，最大程度上减少河道、水网、山体、冲积平原等负面影响，远离风险源。在油气输送管道施工中，应严控每道施工工序，加强施工现场质量管理和技术指导，及时进行检查，这样才能够保证整个油气运输管道工程顺利完工。

参考文献：

- [1] 李晓明. 油气输送管道线路设计与施工技术探究 [J]. 居舍, 2020(12):96-98.
- [2] 赵子涵. 油气输送管道线路设计与施工技术研究 [J]. 工程技术, 2022(10):533-534.
- [3] 胡如鹏. 关于油气输送管道线路工程施工技术探究 [J]. 新商务周刊, 2020(20):178-180.
- [4] 姜涛. 油气输送管道线路设计与施工技术分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(10):63-64.
- [5] 习亮平. 试论油气长输管道线路设计与施工技术 [J]. 花溪, 2021(11):111-113.
- [6] 辛亚. 油气管道定向钻穿越设计及主要施工技术 [J]. 化学工程与装备, 2020(3):277-279.