

石油天然气管道工程敷设关键技术研究

刘 阔 (北京东方华智石油工程有限公司, 天津 301712)

摘 要: 石油天然气管道(下文简称“油气管道”)是石油天然气主要的运输方式,无需常规运输设备、工具即可实现油气资源的大规模、长距离输送。油气管道敷设施工决定了管道使用寿命以及运营安全,为了保障油气管道长期安全稳定运行,就必须掌握管道敷设关键技术,从而充分发挥油气管道工程效益。基于此,本文以油气长输管道为对象,阐述油气长输管道的设计要点,进而探究油气管道工程施工关键技术。

关键词: 油气管道; 关键技术; 敷设; 焊接; 管沟

0 引言

随着我国石油天然气产业不断发展,油气管道施工技术要求也有所提高。近些年,我国大跨度油气资源调度需求量持续增加,新建油气管道多以长输管道为主,具有跨度大、线路长、地形地貌差异大、单项工程多、工艺独特、安全要求高、管径大、压力大等特点,施工难度极大,一旦某个施工环节出现问题,会直接影响管道工程油气运输效率和运营安全。油气长输管道敷设关键技术包括运输与吊装、布管、组对、焊接、管沟开挖、下沟与回填、试压、死口处理等,需要施工单位全方位掌握这些工序施工要求,确保油气管道工程顺利完工。

1 油气长输管道工程设计要点

合理的油气长输管道设计有助于节省钢材用量、提升管道使用寿命、降低施工成本、降低运输能耗、保障工程施工和运维的经济性。所以在油气长输管道设计中,应先用成熟的工艺和优质的材料,确保油气长输管道安全、稳定运行。

1.1 选线方面

选线是油气长输管道设计中的核心工作之一,会直接影响整个长输管道工程的后期施工。选线应满足管道施工和运营的安全、施工、运维管理等要求,应做好实地调查,分析对比选择多项方案,从中挑选最优线路。整个线路应尽可能避开江河、湖泊、公路、山谷、大型建筑,如果无法避免则应选择技术安全、工程量小、施工便捷的地点。尽可能避开不良、复杂地段,综合考虑地区后期规划和开发的需求,考虑与其他工程之间的关系^[1]。同时还要避开盐碱地、积水带、腐蚀地,注意生态平衡、“三废”治理、环境保护。

1.2 敷设方面

长输管道敷设有3种方案,包括埋地、架空、沿地表敷设。大多数情况长输管道都是采用埋地敷设方

案。但在开沟难度大、土方量大、特殊地质条件下,则应考虑采取架空敷设或沿地表敷设方案。无论是采用哪种敷设方案,在设计中均要考虑受热应力的影响,加入人工补偿或自然补偿,减少热应力对管道造成的负面影响。

1.3 管材方面

管材选型应重点考虑材料屈服强度,如S415、S450等材质在强度方面均有较大的提升。在管材韧性方面,应避免产生脆性断裂、原始裂纹,所以要求管材中的碳、硅、锰等元素比例合理,选择综合性能较强的管道。在焊接方面,钛、钒等元素可提升钢材强度,强化焊接性能,而硫元素会降低钢材焊接性能,如增加气孔和热裂纹等,所以尽可能减少焊接中的硫元素^[2]。

2 油气长输管道敷设施工关键技术

2.1 测量放线

根据油气长输管道工程设计图纸以及桩体情况,沿着水准点、坐标网用水准仪放管道中心线和施工边缘线,打出百米中间桩、拐点桩,在施工边缘线上用白灰线做标记。如果业主或监理提出修改拐点桩要求则要重新测量。

2.2 运输与吊装

结合油气长输管道工程前期勘察工作信息,掌握施工沿线地形地貌,选择靠近施工场地、交通便捷的区域确立集散点。集散点应使用推土机等设施整平处理,提前摆好道木或软土袋,如图1所示。成品管在厂内完成防腐处理后运输到集散点,使用专用吊装索具吊放管材。管材装车每层均要垫一层胶皮,封车绳索应有胶皮外套。整个运输过程要重点保护管道的端部和绝缘层,严禁磕到绝缘层。

将集散点的管材运输到各个施工点,布管采用吊车、挖掘机等设备并辅助人工布管。针对特殊地段,

如水田沼泽等地，应制作运输爬犁，爬犁上铺设橡胶板，起吊、下放过程要轻拿轻放，用 5t 卷扬机牵引，挖掘机与人力配合布管。针对通行不便的区域，应提前修建施工便道，并保证便道能够承受一定的上部压力，否则需要开展便道土层强化处理。



图 1 管道吊装以及道木垫层示意图

2.3 布管

布管前，提前将布管区域的杂物清除干净，使用机械设备并配合人工，将区域内石块、杂草、树木等清除干净，如果现场凹凸不平应进行平整处理，确保相关设备能够顺畅通行，同时还要测量管口参数，以便匹配。管沟与布管区域间隔应大于 50cm，尽可能选用机械布管方案，提高布管效率。布管中相邻管口应错开一个管径距离，形成锯齿形^[3]。提前在布管区域铺设 40cm 高的沙袋或软土包，将管道放到垫层上。现场派专人负责技术管理，严格按照设计图纸、测量放样布管。

2.4 组对

正式组对前，再次检查管道是否存在变形情况，如若发现变形超标、严重损伤的管道，应及时上报并更换新管道，缺陷管道标注明显标记避免被二次使用。将管道内的杂物清理干净，如木材、石块、泥块、废旧金属等，每天完工后用临时盲板封堵，避免管内进入杂质。如需要管道切割则采用气割法，完成切割后将坡口内外氧化皮去除并打磨。严控组对参数，要求间隙、坡口角度、钝边尺寸、错变量分别为 1-2mm、55-65°、1-1.6mm、≤ 1.6mm。将管段向内 20mm 处的油污、铁锈清除干净，组装直缝错开间距应在 100mm 弧长以上。组装时严禁强硬对口，避免绝缘层被破坏，使用外对口器组对，保证焊点均匀，根部焊接达到周长的 1/2 以上时才能够将外对口器撤掉。在

管道敷设变方向时，应根据现场实际情况以及设计图纸展开弹性敷设冷弯或热弯弯头。一般情况下管段组对在沟上焊接，针对特殊地段或沟上焊接不便的区域可在沟下组对焊接。

2.5 焊接与质检

由监理工程师审核焊接工艺评定报告、操作规程，提前对焊工进行技能培训和考核，合格后持证上岗，焊接前做好技术交底工作。油气长输管道焊接可采用手工电弧下向焊工艺。完成组对焊口工作后再管道上标注管号、焊口号，及时填写焊工号。在雨雪天气、大风天气（8m/s 以上）、高湿度天气（90% 以上），尽可能不施工，否则要提前做好防护措施。

焊接时，通过双面对称焊接方案为主，工艺流程包括根焊、热填充焊、盖面焊，总共施焊 4 遍。完成焊接的部位进行打磨处理，填充焊工艺完毕后盖面焊流水作业跟进。每遍焊接均应连续完成，保持焊口一次性焊接完毕。施工环境温度达到 0℃ 以上时无需预热可直接焊接施工。如果环境温度为 0℃ 以下，则应提前将焊接口温度预热到 100℃ 的左右。在整个焊接过程中，每层焊接头应错开 20-30mm，完成根焊作业后立即开展热焊，间隔时间不应超过 5min，各层焊接间隔尽可能短，根焊完成后立即清理避免影响后续施焊。整个焊接过程不得在管道表面引弧或擦弧。如图 2 所示，完成焊接工艺后，应清理好焊缝及其周围的飞溅物和焊渣，保证焊接位置平顺、完整。并检查焊口焊接情况，不得出现漏焊、过焊等情况，在接管下游距离焊缝 1m 位置标注焊缝号、焊工号。每天完工应在完成焊接的管道口处设置临时封堵，避免杂物进入到管道内部。

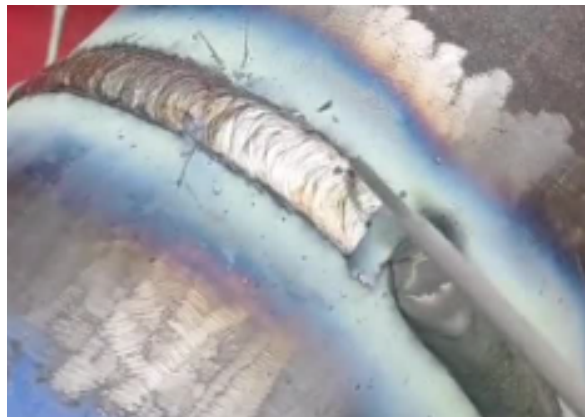


图 2 焊接处平整示意图

完成管道焊接后进行质量检查工作，要求焊接部

位不得存在气孔、断裂、熔合不充分等情况,咬边深度应在 0.5mm 以内,连续焊咬边长度应在 50mm 以内,焊缝宽度应大于坡口宽度的 3mm 左右,余高不超过 1.6mm,外表面应高于母材。错变量应控制在 0.15 倍壁厚以内,局部不应超过 1.5mm^[4]。由于管道尺寸可能存在误差产生较大错边,要求错边在管道圆周上均匀分布。外观检查合格后即可开展无损检测,关键部位使用 X 射线探伤,其余焊缝用超声波探伤或 X 射线探伤。

2.6 管沟开挖

开挖前清除管沟及其周围的建筑垃圾、杂草树木。管沟开挖采用机械与人工配合方法,机械负责土层开挖、人工修坡清底,有障碍物的地段先由人工开挖掌握土层情况,再使用机械大量开挖。开挖中如果有滑坡、塌方、穿越障碍等情况需要设置钢桩(深入沟底 1m、间距为 1m)。管沟开挖整个过程不得损坏任何公共设施,如线缆、管道等。保证沟槽安全,避免地面塌陷,管点或特殊部位应加深、加大管沟规格,大开挖、陡坡等地段设置围栏。完成管沟开挖后由施工队自检,合格后由监理人员验收。施工现场所有的公共设施均要提前设置保护措施。

2.7 下沟与回填

正式下管前再次对检查一次管沟尺寸以及管道防腐层情况,并做好清底工作,视现场情况合理选择吊车、自制支架等管道下放设备,严禁将管道滚入到管沟当中,机械用尼龙带吊起管道并下沟,绑扎点应不少于 2 处,起吊高度控制在 1m 左右,缓慢将管道放入沟底,整个过程不得损坏防腐层。管道下沟后及时检查防腐层是否有损坏,对管道悬空或沟底积水处进行处理。如果发现防腐层出现破坏应及时修复,直到全部检验合格为止。保证阴极保护测量引线焊接牢固性^[5]。

管沟回填高度应高于地面 30cm,管道中线部位向两侧延伸直至管沟边缘 50cm 处,回填土层应无杂物,严禁某个区域集中堆放土层。完成管沟回填工作后,应将前期临时设施的土堆场、材料停放场、临时道路恢复原貌。

2.8 试压

试压前应对试压管段进行清理,共清管 2 次,可以采用高压水清管或压缩空气推球清管。试验应使用无腐蚀性的清洁水,对施工线路分段开展强度、严密性试压,输油管道一般地段的强度试验压力不应小于

管道设计内压力的 1.25 倍,通过人口稠密区的管道强度试验压力不应小于管道设计内压力的 1.5 倍;管道严密性试验压力不应小于管道设计内压力。输气管线强度试验压力一、二级地区内的线路管段水压试验压力不应小于设计压力的 1.25 倍,三级和四级地区内的管段试验压力不应小于设计压力的 1.5 倍,缓慢提升压力直至标准压力,强度试压达到标准压力后维持 4h,严密性试压达到标准后维持 8h,试压维持阶段,在规定时间内压降低于 1% 且小于 0.1MPa 代表合格^[6]。如果在试压中压降不满足规定要求,则要查找渗漏点并及时处理,完成处理后再次试压直到满足规定标准为止。如果试压为寒冷的冬季,应提前做好防冻措施,避免管道受冻开裂。完成试压工作后第一时间安排通球,或使用压缩空气及时将管内试压水清除干净。

3 结束语

综上所述,石油天然气是社会生产、生活不可或缺的资源,随着我国油气输送管网体系愈加完善,油气长输管道工程数量也不断增多,并且施工难度比较大,在工程设计和建设中可能会穿越地势复杂的峡谷、河流,这也对油气长输管道工程施工质量提出了更高要求。总之,在油气长输管道施工中必须要确保每道施工工序的质量,做好施工现场质量管理和技术指导工作,及时发现问题及时解决问题。在日常施工中不断总结施工经验、寻求技术创新,这样才能持续提升油气长输管道施工质量、发挥油气长输管道工程综合效益。

参考文献:

- [1] 李星晨.石油天然气工程地面管道的铺设技术探讨[J].工程技术,2023(4):300-302.
- [2] 叶勇.石油天然气长输管道路由选择及施工技术分析[J].全面腐蚀控制,2023,37(5):58-60.
- [3] 刘宇稀,申铁军.公路工程下穿天然气管道并行顶管同步顶进技术研究[J].交通科技与管理,2023(10):78-80.
- [4] 顾为,赵蔚蓝,李天俊.天然气长输管线投产关键指标参数规律研究[J].石油天然气学报,2023,45(3):636-638.
- [5] 任琰.直埋无补偿敷设供热管道施工技术的研究与应用[J].建筑·建材·装饰,2023(11):523-524.
- [6] 王子瑜.天然气长输管道项目工程建设的施工技术[J].项目工程,2023,1(1):25-27.