

石油天然气工程地面管道铺设技术要点

张 驰（国家管网石油天然气集团有限公司沈阳输油气分公司，辽宁 沈阳 110167）

摘 要：石油天然气作为我国一项重要的资源，在人们的生产和生活中都具有十分重要的意义。因此，我国对于石油天然气的建设十分重视，尤其是在地面管道铺设方面。本文分析了石油天然气工程地面管道施工难点，从多个方面阐述了石油天然气工程地面管道铺设技术要点，包括测量放线、管段检验、基础施工、管道铺设、管道焊接等。旨在保证石油和天然气运输质量和效率，为油气运输的有效落实创造良好条件。

关键词：石油天然气工程；地面管道；铺设技术

0 引言

在石油天然气工程，地面管道作为重要建设内容，负责把油气自产地远距离输送到消费地，或是输送到化工企业进行二次加工，管道铺设质量直接关系到工程总体建设质量。然而，根据同类工程案例来看，管道变形、开裂等质量病害频频发生。因此，相关单位必须高度重视管道建设，结合工作需求铺设各项管道，保证项目工程建设质量，确保能够有效减少质量问题，避免管道铺设过程出现安全事故，造成环境污染，保证管道工程的建设效益。

1 石油天然气工程地面管道施工难点

1.1 建设规模庞大

在石油天然气工程，所铺设地面管道以长输管道作为主要类型，负责远距离输送油气资源，建设规模和管道铺设距离成正比，总体建设规模庞大，常出现突发状况和质量问题。例如，施工人员长时间作业，注意力无法高度集中，容易出现错误操作行为，如在管道对位焊接步骤，没有完全对准相邻管段，焊接后存在管道接口缝隙病害。多数石油天然气工程存在工期紧张的共性问题，地面管道铺设工期短，任务重，为确保工程如期竣工交付，对施工效率有很高的要求，而施工速度越快，越容易出现错误操作，也容易降低各工序成果质量。

1.2 运行环境复杂

在石油天然气工程重，地面铺设长输管道的运行环境复杂，周边分布各类型障碍物与腐蚀性物质，管道运行持续遭受外界环境侵蚀，容易引起管道腐蚀破损、偏位错位等病害。必须在常规施工方案基础上，结合现场环境情况，针对性采取应对措施，才能保证地面管道长时间平稳运行。

以管道腐蚀病害为例，复杂运行环境容易诱发外部腐蚀病害，管道外壁逐渐出现腐蚀现象，随着时间

推移，腐蚀程度有所加剧，腐蚀原因包括物理原因、化学原因、生物原因，物理原因为环境温度变化和承受一定外部压力，化学原因为外界环境分布本身具备腐蚀特性的物质，生物原因为管道外部被微生物侵蚀，如硫酸盐还原菌等菌种。

1.3 技术标准严格

石油天然气工程铺设的地面管道负责输送油气，油气本身具备污染属性和易燃易爆属性，需要严格把控管道铺设质量。如果施工成果质量没有达到工程建设标准与设计的要求，在管道运行易出现裂缝、渗漏等问题，从而造成环境污染、资源浪费、火灾爆炸等严重后果。

因此，石油天然气工程铺设技术标准十分严格，如地面管道铺设定位精度要求，远远高于市政给排水等其他种类的管道，包括管道轴线允许偏差、管道顶面与底面高程允许偏差。为切实满足地面管道铺设要求，从根源上消除质量隐患，需要全程监控现场施工过程，借助精密仪器进行测量放样，工序交接环节必须全面检查上道工序成果质量，并在管道铺设就位、连接完毕后，开展水压试验，判断管道承压性能与密闭状态是否达标。

2 石油天然气工程地面管道铺设技术要点

2.1 测量放线

在测量放线环节，提前对比验证设计图纸与现场环境情况，同步分析岩土勘察报告等资料信息，确定现场环境满足施工要求后，按照设计图纸，现场弹放定位轴线、高程控制线等控制线，用于标记地面管道铺设位置。如果管线铺设路径上分布不易清理的障碍物，如大体积孤石、重要地下设施，可适当调整管道铺设路线。在现场准备高精度测量仪器，如全站仪和经纬仪，组织开展测量放线作业，掌握各类仪器的正确操作方法。例如，对于全站仪，负责根据设计图纸

内容,标记地面管道起点、终点以及沿途多处控制点,开展定点放线作业,使用配套棱镜定位测量,搭配使用水准仪来校核确认高程和距离。对于经纬仪,以地面管道的起点和终点作为测量内容,根据图纸标记的管道方向与角度,开展放样作业,搭配使用钢尺定位距离,使用皮尺校核确认高程。正常工况下,要求地面管道铺设方向角度误差不超过 0.2° ,坐标点定位误差和高程误差不超过 5mm ,导线全长相对闭合差不超过 $1/11000$ 。

2.2 管段检验

目前,石油天然气工程中普遍采取预制管段分段铺设、连接的施工方式,提前按照设计要求,委托第三方工厂预制加工特定规格尺寸和材质的管段,再将管段转运入场,按顺序逐段吊放在沟槽底部,焊接连接相邻管段,即可迅速完成管道铺设作业,由多节管段组合形成整体长输管道。预制管段转运入场后,无法保证制作质量完全满足设计要求,且运输途中大概率出现管段变形破损问题,不得立即开展管道铺设作业,而是全面检验管段质量是否达标。

管段检验环节,以管段外观完好情况、尺寸精度、材质、表面状态作为质量检验内容,要求预制管段结构完好无破损,彻底清理管段内外壁面上的附着物与残留锈迹,打磨毛刺,测量管段尺寸误差是否超出设计容许范围,并对细微裂纹等轻微破损部位加以修补处理。

2.3 基础施工

开挖沟槽是基础施工的重要内容,需沿着地面管道铺设走向,沿途开挖沟槽,后期在沟槽内部吊放管段,铺设连接结束后,再进行回填处理,即可把地面管道置于封闭环境中,降低外界环境对长输管道使用状态造成的影响。在施工前,施工人员核对检查沟槽开挖边线和定位轴线,确保沟槽实际开挖位置、范围完全满足设计要求。

考虑到沟槽开挖深度较大,一次性开挖到底工况下,有可能出现槽壁坍塌、变形问题,应选取分层开挖方法,逐层开挖到设计标高位置,必要时,额外搭建围护结构,逐层交错开展沟槽开挖和支护作业。沟槽开挖面抵达设计标高位置后,平整处理沟槽底部,不得存在超挖问题与欠挖问题,检验成槽质量,以槽底平整度、槽壁垂直度作为检验内容,彻底清除槽底杂物,槽底保持平整状态,槽壁保持竖直状态。

通过基础验收后,沟槽底部浇筑一层混凝土,或

是铺筑砂垫层,作为管道基层,要求基层中心点和定位轴线相互重合,基层宽度略大于管道外径值,基层施工完毕后,放置一段时间,结束工后沉降过程后,再行组织开展管道铺设作业。

2.4 管道铺设

在现场准备吊车、牵引器等机具设备,采取吊放入槽方式,将各节段管道平稳、居中放置在沟槽底部基层上方,定位调整管道位置,沿途安装多组固定卡,用于固定管道位置,也可选择在管道下部铺设枕木或支架作为支撑物。后续等待各段管道铺设就位、支撑固定后,全面验收管道质量,焊接连接相邻两段管道,最终在管道周边填土夯实,预防地面管道沉降、变形等质量问题出现。

现场施工期间,要求施工人员必须掌握管段吊放、定位调整两道步骤的实操要点。其中,在管段吊放步骤,前期在测量定位环节,同步标记各段管道安装位置,重点检查管道质量,部署吊索吊具,采取对称起吊方式,把首节管段起吊到基层上方悬停,要求管道方向和地面管道铺设走向完全一致,且管道中心点和定位轴线相互重合。

基层上铺设枕木或是搭设支架,把管道平稳下落在支撑面上,定位调整完毕后,固定管道位置,拆卸吊索吊具,按照上述工艺做法,把剩余管道铺设就位。而在定位调整步骤,现场准备精密仪器,各节管段吊放就位后,全面测量调整管道平面位置、上下部高程和表面平整度,根据石油天然气工程建设标准来确定设计容许误差,施工偏差不得超出设计容许范围,且相邻节段管口相互对准。

2.5 管道焊接

石油天然气工程对地面管道连接质量有很高的要求,当前主要采取焊接连接方式,焊接连接效果远超过其他机械连接方式,有利于预防管道接口渗漏病害发生。在管道焊接过程中,施工人员应掌握管道疏通、接口连接、焊缝检验三道步骤的工艺要点。

第一,管道疏通。各节管道铺设就位后,清除管道内部垃圾杂物,不得存在明水,保持洁净状态,两端管口包裹塑料布进行封闭处理,直至接口连接步骤,再拆除临时封堵设施。如果管道内部存在大体积杂物,或是出现管道堵塞问题,则使用到专用疏通器,进行强力疏通。

第二,接口连接。焊接工艺类型众多,以下向焊工艺为例,采取多层焊接方式,率先开展根焊作业,

也被称为打底焊,焊缝两侧对称、同步施焊,小幅度往返直线运条,熄弧时刻适度下压焊条,形成熔孔,迅速更换焊条,填满前弧熔孔,继续开展热焊填充作业,清理根焊表面焊渣,按照薄层快速焊方式开展热焊作业。

第三,焊缝检验。要求焊缝部位不存在各类焊接病害,且管道接口连接强度完全满足设计要求,依次对焊缝部位进行无损检测、开展拉伸试验与缺口试验。如果存在焊接病害,则对不合格部位进行补焊处理。同时,还需要着手改善工艺做法,提前预防焊接病害出现,以气孔病害预防方法为例,必须选用长度一致的焊丝,管道底部焊接期间酌情增加焊丝长度,无论是焊丝过长还是长度不一致,都有可能出现过热发红问题,进而形成气孔缺陷。

2.6 防腐保护

管道防腐保护是为了降低腐蚀病害出现时间,减轻管道的腐蚀程度,具体可采取阴极保护、涂层保护、缓蚀剂保护等防腐形式。以阴极保护技术为例,现场设置阳极电床,用于改变表面电位,长期保持表面电位、平衡性电位相互偏离状态,从而终止管道腐蚀进度。现场施工期间,重点掌握设置阳极电床步骤的工艺要点,具体采取到浅埋阳极电床、深井阳极电床两种形式,前者埋深值超过冻土层深度,后者埋深值控制在15m以内。

以浅埋阳极电床施工标准为例,把阳极材料埋在地床内部,地床、管线间距不得小于200m,保持垂直状态,阳极顶部和地面间距不小于2.5m,相邻2道阳极间距不小于5m,辅助阳极表面包裹填料包,内部填充15mm粒径焦炭粉,有效包裹厚度控制在100mm左右。

2.7 管道试压

长输管道地面铺设期间,由于工艺流程繁琐、技术标准严格,易出现错误操作,致使管道密封系数和工作性能下降,甚至出现渗漏危害。为消除质量隐患,在确认管道铺设连接和防腐处理完毕后,应立即组织开展试压试验,以试验结果作为管道隐蔽验收的重要依据,对于试验不合格管段存在渗漏病害,需进行返工处理。管道试压环节,提前划分管段和挑选试压介质,根据管道沿途地理环境,划分若干管段,分段开展试压试验,选用压缩空气或是洁净水体等不会腐蚀管道内壁的介质,试验压力控制在管道设计压力1.1~1.5倍不等,管道强度试验和严密试验的稳压时间分

别设定为4h和24h。确定试验方案后,全面检查管道与配件安装质量,以逐步升压作为试验准则,试验压力先后上升到30%、60%与100%预定压力,前两级稳压时间保持在30min,同步采集测量数据,通过压力记录仪等设备来观察管道工作情况。结束试压试验后,逐步缓慢降低管道压力。以管道严密性试验标准为例,管道持续稳压24h,确定稳压期间的降压比例不超过1%,且小于0.1MPa的工况下,表明管道严密性满足设计要求。

2.8 沟槽回填

沟槽回填即为地面管道铺设过程的收尾工序,必须等待前几道工序完工并通过质量检验后,才能组织开展沟槽回填作业。沟槽回填环节,重点关注回填作业对地面管道造成的扰动问题,有较高概率出现管道偏位、错位、连接失效等情况,存在质量隐患。要求施工人员必须在沟槽两侧同步对称回填,两侧回填方式、单次回填厚度和回填进度保持一致,避免因两侧受力不均,致使地面管道向一侧方向偏斜。同时,组合采取人工回填与机械回填方式,管道两侧与上部0.5m范围内,采取人工回填方式,其他部分则采取机械回填方式。

3 结语

综上所述,为满足现代石油天然气工程建设需求,确保油气资源长距离安全输送,在施工层面彻底消除质量安全隐患。施工单位必须进一步提高对地面管道铺设技术的重视程度,树立质量为先与标准化施工的观念意识,及早掌握全部工序环节的正确工艺做法,编制内容详尽与标准明确的施工技术方案,为工程建设质量提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 周成瑞. 研究石油天然气工程地面管道的铺设技术[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(03): 175-177.
- [2] 王德胜. 油气田地面建设管道安装技术的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(09): 190-192.
- [3] 周万悦. 天然气长输管道施工关键技术分析[J]. 石化技术, 2024, 31(10): 154-155+112.
- [4] 张光毅. 油气长输管道试压工序要点分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(17): 25-27.
- [5] 宋剑. 石油天然气工程地面管道的铺设技术分析[J]. 化工管理, 2019, (10): 192-193.
- [6] 喻芬. 简析石油天然气工程地面管道的铺设技术[J]. 中国新技术新产品, 2015, (15).