

油气输送管道穿跨越设计技术要点探讨

贾春磊（中石化石油工程设计有限公司，山东 东营 257026）

摘要：目前，在我国油气产业发展的推动下，各相关产业的发展也迎来了新的机遇。特别是随着油气储运规模的不断扩大，油气管道行业已引入新一轮建设热潮，多个重大油气管道项目相继获批。然而，由于油气管道施工涉及许多重要技术，特别是非开挖技术、大型跨越等困难的施工技术，有必要掌握这些技术的应用，以确保施工质量，油气管道穿跨越施工的首要任务是做好勘察设计，其次是掌握科学的施工技术。本文主要讨论了油气管道穿跨越设计和主要施工技术，希望在我国油气管道行业的进步和发展中发挥一定的作用。

关键词：石油和天然气；管道；穿跨越技术

0 引言

随着石油和天然气工程的快速发展，长途管道在石油和天然气运输中发挥着重要作用。在建设长距离管道时，经常会遇到高速公路、铁路等障碍物，因此需要采取合理的定向钻方法来应对这些障碍物。油气输送管道穿跨越施工技术是施工过程中必须保证的主要技术，不仅对施工质量、效率和成本，而且对工程油气输送管道经济效益的安全和可靠性产生重要影响，是保证油气管道运输水平高质量、高效率的必然要求。

根据原油在建设长途管道、实际技术分类、原则、特点、技术标准等方面的丰富经验，尽可能确定建筑过境的实际操作特点、转向有效性的功能和特点。

1 油气输送管道穿跨越设计要点概述

1.1 油气输送管道理由选择原则

根据地形地貌和工程地质，沿管道供应天然气的地理位置和运输条件应尽量顺直，以减少管道长度，最大限度地减少管道穿跨越的自然和人为障碍。大中型河流的穿跨越地点应根据线路的总体方向进行选择，即根据大中河的穿跨越地点，调整局部方向，避免永久性经济作物区和重要的农业基础设施。此外，穿跨越管道道路应尽量避免重要、易燃、爆炸性军事设施、主要国家仓库和安全保护部队。尽量避免山体滑坡、山体滑坡、碎片流动等不良地质区域，优先考虑管道建设和运行安全。需与城市规划与发展相一致，尽量避开工业与采矿、铁路与高速公路外，减少管道与其他工程的冲突。

1.2 油气输送管道穿跨越敷设原则和技术要求

敷设管道必须符合《输气管道工程设计规范》（GB50251）的要求。在满足最低埋深要求的前提下，管道纵向曲线应尽可能少。根据《输气管道工程设计

规范》的有关规定，考虑地区冻土深度最大的影响，对于覆盖鱼虾池、盐池和土壤厚度的完整管道顶部至少 2m。水平和垂直转向管道可以依靠灵活的模式、冷弯和热弯弯。若地质条件和地形允许，则应首选灵活模式。当平面和管道纵向方向发生变化，无条件灵活直接敷设时，可采用冷弯弯管。尽量减少使用热管。弹性弯曲的弯曲半径超过 1000D（D 为管道外径），垂直弯曲弹性管的弯曲半径也必须满足自重管的变形条件。管道穿跨越包括管道穿跨越河流、公路等自然和人工建（构）筑障碍物，执行《油气输送管道穿越工程设计规范》，对于河流穿越完成后，应按照有关要求对河道、渠道进行恢复。

1.3 油气输送管道穿跨越位置选择技术要求

①河流穿、跨越位置的选择应服从线路总走向，避免不良工程地质河段；对于大型河流，线路局部走向应服从穿跨越点位置；②若与现役管道路由一致，结合地方规划、管道安全及施工条件等，宜考虑与现役管道并行；③应符合国家及地方相关法律法规，满足河道、水务、海事、渔业、环保、航运、规划、交通、铁路、文物等相关部门的要求，并应与各相关项评估、评；④穿越河段宜选择水流平缓、河面较窄，主流线摆动不大的顺直河段；同时尽量避免浅滩、深槽及冲淤变化较为剧烈的河段；⑤宜避开存在活动地震断裂或大型地层断裂带的河段；⑥穿、跨越管道应和已建或规划的水工构筑物保持足够的安全距离，管道穿越位置与港口、码头、水下建筑物或引水建筑物之间的距离，当采用大开挖穿越时不宜小于 200m，当采用定向钻穿越、隧道穿越时不宜小于 100m；⑦穿越管段应垂直于水流轴向；如要斜交时，交角不宜小于 60°，采用定向钻穿越时，不宜小于 30°；⑧确定穿越位置时结合穿跨越方案，应按工程经济型、

工期、施工安全及难度、维护管理便利性等等综合分析考虑。

2 油气输送穿跨越管道弯曲、扭曲的原因分析

①应力温度导致管道弯曲变形；②长时间移动油箱并通过管道泵摩擦后，将粘土混合，管道中的粘土温度估计在 20 度左右在调试过程中多次启动和停止；③管道中的水粘土经常交替；④管道内部的温差导致管道严重偏离弯曲。局部温差会导致管道弯曲变形；⑤由于包装主要用现场软土而不是软沙包装，延伸至两侧的管道结构加固了土壤，使得管的扭矩不足。

3 油气输送管道设计选择穿跨越法的技术优势

穿跨越设计石油和天然气管道的工程通常很长，地形相对复杂。跨越方法的选择应基于对地形、水文、工程地质、环境、交通等因素的综合分析，以油气管道的安全为主要假设。为满足整个项目的要求，应选择低投资的运输方式。

一般来说，通过管道的方法比较好。由于管道埋在地下，实用模型对环境影响不大，安全性高，投资节约，施工时间短，技术困难少，维护管理有利。在实践工程中，大多数穿跨越路线用于穿跨越河流和湖泊。虽然运输方法具有后期维护方便的优点，但由于管道暴露，容易被外部环境侵蚀，造成人为损坏。近年来，除山谷外，中国建造的大直径管道还将复杂的地形推向危险的地形，通常采用穿法。

定向钻穿越作为一种技术成熟的非开挖穿越方式，应用广泛，具有不破坏河堤或水域堤防、不扰动河床、不影响通航、施工周期短、管道运营安全、综合造价低等优点，对于水域大中型穿越在地质条件适宜的条件下，宜优先考虑采用；地质条件复杂水域穿越，可考虑采用隧道、盾构、顶管等穿越方式或跨越方式，并通过综合技术经济比选，确定合理的穿跨越方案。

穿跨越方式的选择应该根据地形地貌、水文、工程地质、环境、交通运输等多方面因素综合分析，注重管道安全，工期满足要求，选择风险低、施工难度小、经济合理的穿跨越方案。

一般情况下，管道穿越方式较跨越方式由于管道埋入地下，受环境影响小，安全性好，节省投资，施工期短，施工技术难度小，有利于维护和管理等优点，在工程实践中，大多采用穿越方式通过水域。采用跨越方式，虽然有后期维护方便的优点，但是，由于管线裸露，容易受到外部环境的侵蚀和人为破坏，且需

要人员进行安全值守，管道安全存在的潜在风险较大，结合近年管道建设的经验，管道大中型穿跨越以穿越为主。

4 油气输送管道穿跨越设计施工要点

4.1 主要技术措施

油气输送管道，特别是大直径长距离油气输送管道，穿跨越河流、山脉、河流、高速公路等的穿跨越方法通常包括定向挖掘。

主要原理是：采用有效的参考方法，提高油气长距离管道运输设计的技术水平，确保油气长距离管道的合理施工。

根据实际施工标准，通过定向钻井方法进行施工技术，通过河流、道路、湖泊、油气管道施工中的建筑物等障碍进行长距离、短距离定向钻井。

油气管道导向钻穿跨施工工艺一般有三个步骤：

第一步是钻导向孔，直接关系到整体施工质量。一般来说，导向孔的钻孔过程需要通过定向控制系统实时监控，及时获取钻孔数据，并根据实际情况随时调整；

第二步是预扩孔，需要根据实际地质条件选择合适的扩孔器；

第三步是拖回管道。施工前提是将孔径扩大到要求的标准，然后将管道拉回钻机侧。

在施工过程中，有必要根据路径设计钻一个有效的引导孔，并在换位时扩大车床直径的大开口。扩建完成后，有必要控制钻井现场有效管道的放置，以提高管道铺设的合理性。钻井通常需要有效确定管道的直径和地质条件，根据多级方法扩大孔，放置有效尺寸的管道和地质条件，改善扩大孔的过程，并在适当的时候再次进行管道回拖。

4.2 施工注意事项

根据实际情况，准确确定顶管施工队伍的资质和技术水平。

在施工过程中，应注意是否有旧管道，及时分析实际情况，及时停止处理问题，并通知设计单位。

穿跨越现场时，应设置警示标志，减速，确保有效的安全通行标准，并及时调整照明装置的效果。

穿跨越施工时，设专人指挥维护，确保顶管施工有序进行。

施工过程中，应及时清土除渣，合理使用履带滑轮，配合小绞车牵引。

测量准确放线后，底部铺设 200mm 混凝土垫层，

安装固定设备和轨道,上边缘设置土堰,防止地表水流入和沟壁坍塌。

加密和砂袋采用合理的方法。在特别严重的情况下,可采用浇筑钢筋混凝土的方法进行护理。根据基坑开挖情况,准确分析实际墙体的土壤位置。为了提高液压缸与管道之间的承载力,保证墙上的应力均匀,并采用液压设备对墙上的钢筋进行处理。

5 油气管道穿跨越测量中的问题及对策

5.1 油气管道穿跨越调查中的问题

虽然近年来穿跨越技术在我国许多重大油气管道工程的建设中发挥了重要作用和价值,但在应用中发现了越来越多的问题。其中,最集中的阶段是油气管道定向钻穿跨勘探阶段,具体问题如下:

①勘察时未检查油气管道工程施工区卵石层的厚度、分布和粒径。造成这一问题的主要原因是,经过长时间的冲刷和淤积,该地区两岸的河床和沉积物发生了巨大的变化。如果我们只依靠钻探来测量它,就很难测量准确的信息;②勘察期间,油气管道工程施工区基岩断裂分布未查明。造成这一问题的原因是该地区的覆盖层厚度相对较大,难以通过直接观察来确定。但是,如果通过钻探等方式进行勘探,技术要求很高,如果不小心,可能会出错;③油气管道工程施工区岩体强度及其变化规律在勘察中未发现。造成这个问题的原因是该地区的岩体由于其自身的特点和成岩过程中的不同风化而发生了巨大的变化,在取样过程中很难获得具有代表性的岩石样本;④在选择跨越位置和截面时,由于大多数跨越位置的截面波动较大,两岸进出口土端与河底水平截面之间也存在较大的高差,容易导致泌水等现象;⑤在选择穿越层时,往往会有不合理的选择,如不充分考虑避免粗砂、流砂和砂卵石层,大大增加了施工难度。

5.2 油气管道穿跨越问题解决对策

①综合应用钻井技术、工程地质测绘技术、工程物质勘探技术、地质勘探技术,有机结合各种技术,提高调查结果的准确性,最大限度地减少数据误差;②根据当地情况和自然地理条件,灵活安排勘察工作,合理调整钻孔间距;③在复杂的地质条件下,可根据实际情况适当缩小勘探孔间距,增加勘探孔数量。地质雷达、地震勘探等技术可用于辅助测量;④在岩石取样过程中,应尽量选择具有代表性的岩石样品,并选择更多的岩石样品;⑤在实际施工过程中,应采取具体措施,确保孔洞质量,防止泥浆等不良现象的发

生;⑥在设计前,需要根据初步调查数据对该区域的地层进行详细分析,才能遇到一些不利地层。在设计过程中,应避免深断层河段、急弯等;当遇到卵石和流沙时,应首先进行有效处理,隔离或处理不良地层。

6 结束语

综上所述,在油气长输管道跨越建设项目的设计中,需要分析实际情况和标准,确定管道的穿跨越方法,确定管道的设计方向,确定管道的实际回填,并根据地形标准确定恢复过程和效果。在中国如此广阔的地区,工程设计和施工往往需要通过有效的管道交叉进行,明确施工设计的各种技术要求,分析施工设计的具体方法,提出合理的设计方法来解决长途管道施工项目。

在油气长输管道跨越工程设计中,往往需要判断相关长输管道施工要求,分析适合油气长输管道的施工跨越标准,提供合理的施工管理形式,不断提高设计合理性,提高设计有效性,确保施工工程技术满足整体技术的基本实施要求。

参考文献:

- [1] GB/T 50459-2017. 油气输送管道跨越工程设计标准[S]. 北京:国家质量监督检验检疫总局,2017.
- [2] 许波. 油气输送管道线路工程施工技术[J]. 科技风,2012(24):126.
- [3] 李世虎. 谈谈大红山铁精矿管道输送工程的跨越设计[J]. 有色金属设计,2009,36(03):69-73+94.
- [4] 本刊通讯员. 《油气输送管道跨越工程设计规范》国家标准发布[J]. 煤气与热力,2009,29(05):27.
- [5] 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):96-96.
- [6] 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.
- [7] 梁金强,赵晓梅,翟波,等. 油气输送管道顶管穿越公路施工设计[J]. 工程建设与设计,2013(1):3.
- [8] 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):2.
- [9] 冯时. 油气长输管道设计施工中的质量控制措施探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量,2014(12):1.
- [10] 刁亮平. 试论油气长输管道线路设计与施工技术[J]. 花溪,2021(11):1.
- [11] 郭涛. 浅谈长输管道施工中常遇问题与应对措施[J]. 建筑工程技术与设计,2017(16).