

800t 水平定向钻机在 石油天然气管道工程项目中的实施效果评价

李 闯 康 健 高广威 (辽河油田经济技术研究院, 辽宁 盘锦 124010)

摘 要: 水平定向钻机是在不开挖地表面的条件下, 铺设多种地下公用设施 (管道、电缆等) 的一种施工机械, 它广泛应用于供水、电力、电讯、天然气、煤气、石油等柔性管线铺设施工中, 它适用于沙土、粘土、岩石等地况。工作环境温度为 $-30^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 。水平定向钻进技术是将石油工业的定向钻进技术和传统的管线施工方法结合在一起的一项施工新技术, 它具有施工速度快、施工精度高、成本低等优点, 广泛应用于供水、煤气、电力、电讯、天然气、石油等管线铺设施工工程中。本文介绍了 800t 水平定向钻机在石油天然气管道工程项目中的实施情况, 详细评价了前期工作, 招投采购, 工程建设等阶段实际完成情况。

关键词: 800t 水平定向钻机; 石油天然气管道; 工程技术; 建设实施

随着城市建设的迅猛发展, 地下管线的建设缺乏统筹规划, 经常出现同一条马路多次开挖铺设管线的情形, 不仅造成了环境污染而且给周围居民的日常生活以及城市交通带来不便。水平定向钻穿越具有导向准确、有利环保、效率高等特点。它能在一定曲率半径范围内绕开障碍物, 避免破坏管线经过地区的生态环境, 具有施工速度快、穿越长度长、深度深等特点, 在国内已越来越多地应用于石油、天然气、电力、电信等领域。水平定向钻进设备在十几年间也获得了飞速发展, 成为发达国家中新兴的产业。其发展趋势正朝着大型化和微型化、适应硬岩作业、自备式锚固系统、钻杆自动堆放与提取、钻杆连接自动润滑、防触电系统等自动化作业功能、超深度导向监控、应用范围广等特征发展。该种设备一般适用于管径 D50~D1422mm 的钢管、PE 管, 适应于软土到硬岩多种土壤条件, 应用前景广阔。

1 设备购置必要性

根据国家发改委 2017 年公布的《中长期管网发展规划》, 到 2025 年, 全国油气管网规模达到 24 万 km, 而截至到 2020 年, 全国油气管网规模不足 17 万 km。“十四五”期间油气管道建设预计里程为 7 万 km, 每年新建长输管线超过 1 万 km。“十四五”期间规划的 D1016 及以上大口径管线穿越工程包括: 中俄东线永清-上海、川气东送二线天然气管道工程鄂豫赣皖浙闽段工程、中俄远东天然气管道工程北段 (虎林-长春) 等重点项目。定向钻穿越工程受管径、长度、地质条件等客观因素影响, 施工过程中存在一定的风

险。选用定向钻机时需要在回拖拉力、扭矩等方面考虑一定的安全余量, 一般为理论回拖拉力的 2.5 倍。以 D1219mm 管道穿越施工为例, 长度 1000m 左右的穿越工程, 回拖启动拉力一般不超过 300t, 入孔后拉力一般不超过 150t。但如果出现塌孔、抱钻等情况, 拉力很快增加, 一旦达到钻机最大工作拉力, 会造成回拖失败。当前国家管网公司大型管道管径主要为 D1219mm 和 D1422mm, 目前现有定向钻机最大拉力 500t、最大扭矩 140000N.m, 施工管径上限 D1219mm, 施工长度上限 1100m, 设备老化, 性能下降严重, 施工能力不能达到理想状态。因此, 现有设备施工能力不能满足大型管道水平定向钻穿越施工要求。

2 招投标及采购工作评价

2.1 设备比选评价

对徐工集团、谷登机械、北京德威士行孙、连云港黄海机械等四家国产大型水平定向钻机制造厂家进行比选, 从厂家的生产能力、设备技术参数、投资以及后续服务能力进行对比分析, 可以看出对于推拉力相同的水平定向钻机, 各生产厂商的产品均可以达到要求, 但在设备性能、品牌可靠性等其他个别具体参数上, 谷登机械和徐工集团的产品略微领先其他厂商, 本次水平定向钻机最终购置厂家为谷登机械。

可研阶段对设备购置方案与选型工作开展了充分调研和比选, 设备选型较为科学, 设备的型号、数量、技术要求与可研报告基本一致; 设备性能满足现场作业要求和大型管道穿越市场发展需要, 配置的信息化、自动化设备, 较好的适应了大型管道穿越市场发展趋

势，在市场中具有较强的竞争力。

2.2 市场运作评价

2021年5月投资计划下达，2021年7月通过多方考察后，完成了设备主要技术参数和技术规格书制定，同时完成采购计划的申报，2021年8月油田公司相关部门组织招标采购的方案评审，2021年9月完成方案修订，2021年10月上旬上级部门完成设备招标采购的方案批复，招标采购实施。2021年10月12日，发布第一轮招标公告，但由于投标厂家不满三家，于2021年11月9日发布第二轮招标公告，并于11月30日开标，公示结束后，于12月7日下达中标通知书，12月21日完成合同签订，2021年12月24日设备完成运行调试，验收转资。工程市场运作采取发包、计划配置、议标、招标、招标改谈判5种方式。市场运作按照辽河油田有关施工市场管理规定和市场资源配置的要求，建设单位对限下项目进行发包，对限上项目按照规定程序，规范有序的组织项目招投标。在项目建设前期，按照辽河油田内部市场管理办法文件要求，根据项目单项工程合同额和工程专业要求，建设单位采取发包、计划配置、招标等方式选择承包商。

2.3 合同管理评价

各采购单位具备相关行业专业服务资质，外部企业均具有辽河油田公司市场准入，满足工程建设要求，建设单位就各单项工程分别与采购单位签订采购合同，约定双方权利义务、设备到货周期和主要工程量等内容。合同订立、合同签约、合同履行基本符合辽河油田公司合同管理规定要求。

3 设备运行评价

3.1 项目进度评价

本项目2021年5月下达投资计划，2022年12月底完成设备采购、运行调试和验收转资。项目实际建设各节点紧凑、安排有序，采购进度在合理范围之内，满足后续生产运行需要。

3.2 组织及人力资源评价

水平定向钻穿越技术属于专业性较强的非开挖技术，是需要一定的专业积累和现场作业操作经验，为了使800t水平定向钻穿越机组工作人员能快速掌握定向钻穿越施工技术和工作流程，机组采用人员技能互相搭配，互相帮带的方式。项目机组定员31人，分两班作业，根据任务量大小和穿越机组管理工作需要，每个穿越机组设置管理人员编制2人。根据生产经营特点，专业技术人员编制5人，操作人员编制24人，

以上人员均为公司内部调配人员，对各岗位人员制定了岗位规章制度。项目管理组织机构及岗位配置情况合理，满足实际施工需求；机组定员数量合理，岗位规章制度完整，满足生产需要；员工均进行岗前培训，保证员工技能水平满足生产需要。

3.3 设备运行评价

3.3.1 设备运行状况

设备自投产以来运行正常，能够满足生产需要，运行过程中无问题。800t水平定向钻机为新购大型设备，规范及标准化的岗位职责及操作流程等是设备高效运行的重要保证。根据钻机制造厂商提供的钻机使用维护手册和技术资料等，编制了岗位工作职责。设备日常的使用执行相关规定，保障了设备安装、维护管理、操作及生产等的标准化，使设备使用、操作有章可循。

3.3.2 设备购置后实施项目

设备于2022年1月投入使用，主要施工项目如下：

中俄东线天然气管道工程安平-泰安段第六标段长清区BE056-BE057齐长城遗址定向钻穿越工程。管线 $\phi 1219 \times 27.5\text{mm}$ ，定向钻穿越长度1006m。设计入土点标高78m，出土点标高67m，最深点标高53m。入土角8度，出土角6度。包含1条D1219mm定向钻穿越，1条D114mm硅管套管穿越。防腐采用常温型3LPE加强级外防腐层和玻璃钢，建设地点为济南市长清区。地质结构以花岗岩为主，包括单轴抗压强度50MPa左右的强风化花岗岩300m，单轴抗压强度90MPa左右中风化花岗岩640m，卵石层60m。

中俄东线天然气管道工程（永清-上海）南通-角直段第三标段CR053-CR054桩、CR056-CR057桩蟹塘穿越，穿越处管道设计压力为10MPa，管线为 $\phi 1422 \times 32.1\text{mm}$ ，X80M直缝埋弧焊钢管，防腐采用常温型3LPE加强级外防腐层，穿越长度1507.8m。

3.3.3 设备施工质量控制评价

在定向钻穿越施工中，采用先进的控向技术和泥浆配置技术，保证穿越施工质量。①控向技术：根据穿越地层地质条件，选择不同的钻进钻具组合（弯曲角度不同），同时在地层变化较大的区域加大随钻测量的频度，保证穿越曲线与设计曲线的重合度；②泥浆配置技术：工程施工前制定严密的施工组织设计，明确泥浆配置要求。施工中严格按泥浆配置要求配置泥浆，加强返回泥浆的监测，及时根据地层变化调整泥浆配置。

采取了质量管理措施,以确保施工质量:①强化质量教育,贯彻“质量第一”的方针,开工前组织施工人员学习质量体系文件及施工技术要求,严格按照设计要求及规范规定施工;②施工中认真执行“三检制”,并作好详细记录;③建立QC小组,积极开展QC活动,及时解决施工中的难题;④钻导向孔要认真复核,参数准确,偏差要符合规定,司钻、控向及泥浆等操作人员要按照制订的方案钻进,如有异常及时汇报;⑤管线检验合格、钻具及拖管头可靠连接后方可回拖。设备运行期间未发生任何质量事故,项目顺利通过验收。

3.3.4 设备使用经验

通过2022年施工项目来看,800t水平定向钻机的施工技术有如下优点:①施工效率高。800t钻机的扭矩较大,在相对松软的地层扩孔级差能达到300-400mm,而普通钻机的扩孔级差不会超过200mm。加大扩孔级差减少可扩孔级数,提高了定向钻施工效率;②回拖成功率高。在进行大管径(D1219mm及以上)穿越施工时,扩孔完成后,可以采用两个最大级别的扩孔器串联清孔、修孔,这样可大大降低回拖阻力;③环境污染风险低。在施工不同阶段适时调整泥浆粘度、泥浆排量等参数,可有效控制冒浆风险,从而避免对环境造成的污染。作为辽河油田购置的第一部大吨位水平定向钻机,通过一年的施工,发掘出了设备在使用过程以及施工技术方面的经验,为今后购置同类设备积攒经验,同时也为其他单位提供借鉴和参考。

3.3.5 设备先进行分析

本次购置的800t水平定向钻机从设计理念、主要部件的优化、生产质量等方面目前能够代表国内同类钻机的最高水平,主要要有以下优点:①运输转场便捷。钻机为一体化结构,动力与整机一体化设计,实现钻机模块化运输,大大降低运输成本,移动转场更加方便;②能耗损失更小。钻机的动力站与整机集成,动力站与动力头管路更短,能耗损失更小,动力头力量更大;③节省燃油。无连接管路与快换接头,管路更短,动力损耗更小,节省燃油,降低使用成本;④采用全套进口大品牌液压系统,产品成熟度可靠,品质有保证;⑤采用旋转机械手。空间多自由度联动,安全、高效、便捷,可实现自动上下钻杆,大幅降低劳动强度和施工成本。同时旋转机械手离地极低,卸杆时钻杆水平放置,有效保护钻杆及螺纹;⑥采用四油缸夹持器,比三油缸夹持器力更大。四点夹持油缸,

接触面积更大,设备在运行时,油缸更稳定,安全性更高;⑦采用双发动机,动力强劲。可根据具体工况,自行匹配发动工作数量。动力可以在回转、推拉上自由切换,钻进时可以让回转获得大功率;拉管时,可以让推拉获得大功率;⑧钻机采用智能信息化操作系统。拥有自动钻进功能,采用双显示系统和单发动独立工作控制,显示钻机所有运行参数;⑨采用动力头主动防护系统,是一种多重保护回转、推拉马达技术,主动吸收岩石等恶劣工况的冲击,完全抵抗各种工况冲击对马达的影响。

该钻机在同类钻机中从施工能力、售后服务、数字智能化等方面都是领先水平,在油建公司购置使用设备的一年时间内,无任何故障发生。在定向钻机未来使用上,无论是设备的先进性和服务上都是有保障的。

4 项目主要经验

4.1 为大型水平定向钻穿越设备的推广应用提供了技术积累

针对已完成的花岗岩复杂地质大型定向钻穿越项目,建设单位与钻具厂家合作开发适用性更强的动力扩孔器、高强度合金钢、射频芯片自动记录仪等新型钻具;与泥浆处理设备厂家合作开发小型化、轻量化新型泥浆处理设备,研究改进泥浆处理药剂体系,尽快实现泥浆自主处理,排放环保达标,消除风险隐患。为同类大型水平定向钻穿越技术积累了经验、提供了设备技术升级方向,奠定了成果转化和技术升级的基础。

4.2 外部市场分析研判准确,设备选型合理

随着俄气的大量引进、国内页岩气的大规模开发,大管径长输管道建设项目增多,建设单位紧盯市场需求,精准分析研判市场,合理确定设备选型,根据市场需求合理配置设备,确保项目实施后,经济效益达到预期。

4.3 全过程管理规范高效,实现项目高质量运行

在前期工作中,对设备厂家进行技术比选和询价;在招投标过程中,对设备价格进行严格的限价控制。各关键环节措施科学、管理规范,为后续项目提供良好借鉴。

作者简介:

李闯(1968-),男,辽宁锦州人,高级工程师,现任辽河油田经济技术研究院地面建设和油气储运专业企业高级专家,主要从事工程技术经济咨询工作。