

# 直接铺管机关键技术研究及应用

唐跃志

(中国铁建重工集团股份有限公司 湖南 长沙 410100)

**[摘要]**直接铺管法作为一种新型的非开挖施工方法,充分结合顶管法与定向钻工法优点,施工效率、施工质量得以实现质的飞跃。本文通过分析直接铺管法的工艺特点,基于油气管道直铺管工程重难点,研究直接铺管机关键技术。通过自主研发的直接铺管机在油气管道直铺管工程的成功应用,为我国非开挖领域的机械化、智能化奠定更为坚实的基础。

**[关键词]**非开挖;直接铺管;推管机

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.11.111

## 1 引言

地下管网如供水、排水、电力、热力、通信等管线,作为城市生存和发展的基础,是保障城市运行的重要基础设施和“生命线”<sup>[1]</sup>。管网铺设传统的非开挖技术主要包括盾构法、水平定向钻、顶管法等。盾构法施工工艺和技术水平高,但该工法施工成本较高;传统定向钻工法需要先多次扩孔再进行管道回拖,极易出现塌孔风险,无法满足软弱地层施工,地层适应性弱;传统顶管法需要在始发井内安装管节逐节顶进,顶进完成后,再铺设管道,施工辅助工序繁琐,效率低<sup>[2-3]</sup>。综上,传统非开挖穿越方式施工周期长,投资较高,发展新型非开挖技术对于提升管道敷设水平,提高施工效率具有重要意义。直接铺管法作为一种新型的非开挖施工方法,由德国海瑞克公司首创,并于2007年10月在德国莱茵河穿越试验项目中成功应用<sup>[4-5]</sup>。2016年,该技术在我国得到了项目实践的成功试验验证,并于2017年在陕京四线管道工程无定河穿越项目上得到了推广应用<sup>[6-7]</sup>。2021年,我国首台自主研发的直接铺管机(也称快速铺顶机)首次在国内大型长输管道建设工程中正式得到应用并取得圆满成功<sup>[8]</sup>。

## 2 直铺管工艺特点

### 2.1 工法原理

直铺管法是一种新型非开挖管道敷设施工方法,其原理是利用与顶管施工类似的隧道掘进机进行隧道开挖,掘进机尾部与管道焊接连接,后部可一次预铺设超千米管道,管道被推管机24小时持续安全推入地层,当隧道开挖完成,管道安装同步完成。

### 2.2 适用范围

直接铺管法采用掘进机机头顶进,管道敷设一次成型,配置不同的刀盘可适应不同地质,地层适应性强,对于砂、淤泥、黏土、卵砾石、软岩及较硬岩、富含水、较高水压等地层施工具有很好的适应性。主要用于天然气、水、电缆等管道铺设,可进行河流、湖泊、公路、铁路、自然保护区等区域穿越施工,也可以用于河流排污管道、海水淡化等曲线管道施工。

### 2.3 工法特点

直铺管法结合了微型隧道掘进技术和定向钻管道回拖技术,施工仅需简易始发及接收井,压力管道安装一次成型,顶进过程中不需要安装管节,无辅助作业工序,可实现无间断持续推进,实现一次成孔同时完成管道穿越施工。该技术具有场地占用少、施工周期短、适应复杂的地质条件等优点。

## 3 直接铺管机关键技术研究

### 3.1 油气管道工程重难点

油气管道工程采用直接铺管法施工,通常重难点如下:

(1)小口径管道施工,主机刀盘驱动采用液压驱动方式,狭小空间散热困难;

(2)长距离、大坡度纵曲线铺管工程,人工复测困难,需全自动化导向系统指导掘进;

(3)管道采用管道防腐层光敏玻璃钢防护层整体防护,要求夹管设备不能损坏防护层;

(4)长距离穿越且掘进中不能损坏防护层,对润滑减阻要求高。

### 3.2 直接铺管机组成

直接铺管机由直接铺管机主机与推管机两部分组成<sup>[9]</sup>。直接铺管机主机用于隧道开挖、掘进作业,推管机用于管线推进铺设作业。

#### 3.2.1 直接铺管机主机

直接铺管机类似于泥水平衡顶管机原理,通过土仓内泥浆或调压仓的压缩空气压力来维持开挖面的稳定。直接铺管机在功能上包括开挖系统、主驱动系统、泥浆环流系统、水系统、膨润土润滑系统、供电系统和导向系统等。不同直径直接铺管机适应不同管道,可适用于常用规格的油气管道铺设施工。



图1 直铺管机整体效果图

#### 3.2.2 推管机

推管机采用抱管推进方式,可在顶进作业前将管道提前在后部预铺设。推管机包含:夹管器、基座、中间机架、控制室、发动机动力站等系统,根据推力不同可分为500T、800T两种类型。通过更换夹具,500t推管机可适应 $\Phi 813$ ~ $\Phi 1219$ mm管道,800t推管机可适应 $\Phi 1016$ ~ $\Phi 1524$ mm管道。

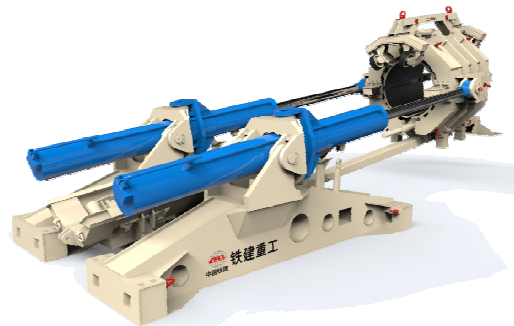


图2 推管机

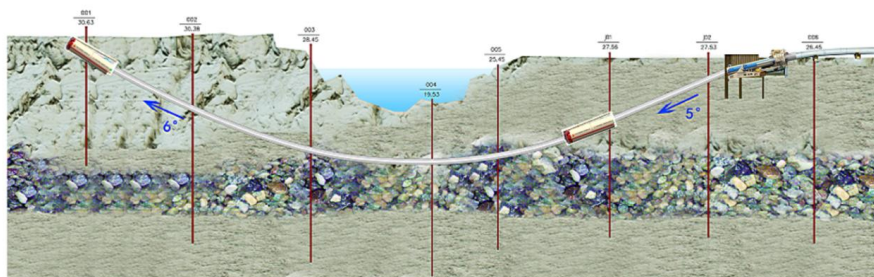
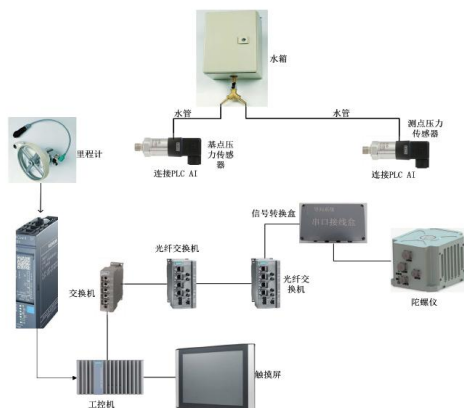
### 3.3 直接铺管机关键技术

### 3.3.1 狭小空间液压传动系统散热

直接铺管机刀盘驱动采用液压驱动,通过循环水冷却刀盘主驱动的减速机、主驱动的润滑油、刀盘泵水冷电机,以此来解决狭小空间液压传动系统散热的难题,同时实现节能环保。

### 3.3.2 长距离曲线导向

对于长距离、大坡度纵曲线铺管工程,导向系统采用高程测量系统与惯性导航系统,高程测量系统监测铺管机实时的高程相对于初始标定的基点的高程变化,惯导系统实时监测铺管机水平偏差及航向。各项测量数据能够实时反馈到控制室内,及时显示快速铺顶机的水平偏差、垂直偏差、俯仰角度、滚动角度、掘进里程等测量参数,为操作司机提供控向依据,控制轴线偏差,实现小直径、长距离、曲线精准快速施工。



### 4.2 工程特点

呈V型大坡度顶进,入土角 $5^{\circ}$ ,出土角 $6^{\circ}$ ,最大垂直高差约20m,曲率半径为1828.5m。施工需频繁穿越细砂层、卵石层、粉土层、粉质黏土层等多种不稳定地层,地质情况极为复杂。

### 4.3 工程实施效果

本次施工采用的ZTP1300快速铺顶机配套国产最大吨位(800T)推管机,实现了最高单班进尺37米,从始发至贯通仅用一个多月时间就顺利完成该段管道的铺设任务。该工程的成功实施为国内复合地层直接铺管施工积累了经验。

## 5 结论

(1) 直接铺管机特别适合于长距离曲线隧洞快速掘进施工,可用于石油天然气管道、城市管廊、水利、电力隧道等施工领域;

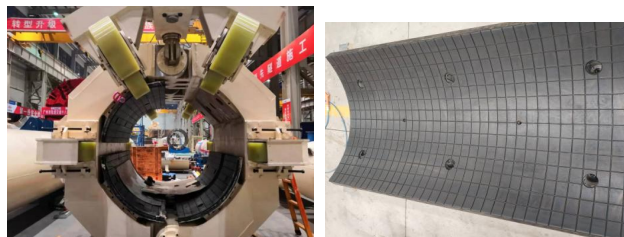
(2) 直接铺管机关键技术成功应用,可为后续直接铺管机设计及施工提供参考。

### 参考文献

[1] 王瑞,胡誉双,肖鑫源,等.浅谈管道双向连续推进技术[J].科学与信息化,2021.

### 3.3.3 安全抱管

推管机推拉力通过抱紧管道的四个夹片进行力的传递,夹片夹紧与释放通过夹片底部的夹持油缸实现。为避免夹片和钢管涂层之间的接触面被夹持损坏,在其与管道接触面硫化橡胶涂层,能有效保护接触面的防护层和管材,避免夹具接触的防护层或管道受损<sup>[10]</sup>。



### 3.3.4 润滑减阻

直接铺管机盾体与洞门密封处配置注浆孔,铺管作业中向地层持续注入润滑泥浆,在地层与管道外壁间形成完整泥浆套,保护管道防腐层,减少土体与管壁间的摩擦力,实现长距离顶进施工。

## 4 直接铺管机应用实例

### 4.1 工程概况

南拒马河直接铺管穿越工程隶属于“京石邯”输气管道复线工程第一标段,总长570m,下穿南拒马河,采用管径 $D1219 \times 27.5\text{mm}$ 管道,管道外防腐采用常温3LPE加强级防腐层。始发井采用钢板桩支护开挖,方形基坑,长22m×宽6.8m×深4.5m。

[2] 江勇,张宝强,陈娟.直接铺管法适应性研究[J].非开挖技术,2011(6):4.

[3] 马保松.非开挖工程学(精)[M].人民交通出版社,2008.

[4] 王源容,杨先亢,冯金良,等.顶管技术最新发展[J].非开挖技术,2011(2):4.

[5] Pruiksma J, D, Pfeff D, 等.管线直接铺设技术[C]//2013年非开挖技术会议.VIP,2013:6.

[6] 王乐.直接铺管施工技术与应用[J].隧道建设(中英文),2018,38(9):7.

[7] 陈龙,纪晓光.直铺管法技术研究[J].化学工程与装备,2015(6):4.

[8] 陈能诵,黄杰.首台国产快速铺顶机助力我国大型长输管道建设[J].市政技术.

[9] 刘雪梅,谭明星,李祁宇,等.直接铺管法在砂质地层大口径管道中的应用[J].天然气与石油,2018,36(3):5.

[10] 马灿,刘任丰,刘艳利.推管机设计及试验应用[J].机械工程师,2019(12):3.