

HDD施工技术与发展

张 宏

(徐州工程机械研究所,江苏 徐州 221006)

摘 要:水平定向钻进铺管技术是一种现代的非开挖施工新技术。从水平定向钻进铺管技术的施工技术和施工机具应用与发展趋势的两方面对其进行了详细的论述。

关键词:水平定向钻;钻进;施工技术;发展趋势

中图分类号:TU631

文献标识码:B

文章编号:1000-033X(2004)01-0052-03

Construction technology and development of HDD

ZHANG Hong

(Institute of Xuzhou Engineering Machinery, Xuzhou 221006, China)

Abstract: The horizontal direction drilling technology is a new one in modern non-excavating construction. This paper discusses the HDD technology,drilling machine and development trends.

Key words: horizontal direction drilling machine; drilling; construction technology; development trends

水平定向钻进铺管技术 (Horizontal Directional Drilling) 是将石油工业的定向钻进技术与当代先进控制技术相结合的一种现代非开挖施工新技术,主要用于穿越河流、公路、铁路、建筑物等障碍物铺设各种管线(包括电力电缆、电讯电缆、热力管道、燃气管道、给排水管道等)。

定向钻进的基本原理:按预先设定的地下铺管轨迹钻一个小口径先导孔,随后在先导孔出口端的钻杆头部安装扩孔器回拉扩孔,当扩孔至尺寸要求后,在扩孔器的后端连接旋转接头、拉管头和管线,回拉铺设地下管线。

HDD施工技术是一项由多学科、多技术、不同设备集成运用于一体的系统工程,在施工过程中任何一个环节出问题,都可能导致整个工程的失败,造成巨大的损失。

1 施工技术

1.1 施工工艺

水平定向钻进铺管的施工顺序为:地质勘探、规划和设计钻孔轨迹、配制钻液、钻先导孔、回拉扩孔、回拉铺管。

1.2 关键技术

(1) 地层勘探及地下管线探测

地层勘探主要了解有关地层和地下水的情况,为

选择钻进方法和配制钻液提供依据。其内容包括:土层的标准分类、孔隙度、含水性、透水性以及地下水位、基岩深度和含卵砾石情况等,可采用查资料、开挖和钻探方法获取。

地下管线探测主要了解有关地下已有管线和其它埋设物的位置,为设计钻进轨迹提供依据。一般采用物探法,按其定位原理分为:电磁法、直流电法、磁法、地震波法和红外辐射法等。

(2) 钻进轨迹的规划与设计

导向孔轨迹设计是否合理对管线施工能否成功至关重要。钻孔轨迹的设计主要是根据工程要求、地层条件、地形特征、地下障碍物的具体位置、钻杆的入出土角度、钻杆允许的曲率半径、钻头的变向能力、导向监控能力和被铺设管线的性能等,给出最佳钻孔路线。

目前国外著名的钻机制造商可提供商品化的轨迹规划设计软件,通过采集所需的全部信息,利用计算机进行最优化钻孔轨迹设计。这大大提高了轨迹设计的科学性和设计效率。

(3) 配制钻液

钻液在施工中起着非常重要的作用。钻液常常被误认为是泥浆,这是错误的概念。它是指在钻进施工中用来与钻孔过程中切削下来的土(或沙石)屑混合,悬浮并将这些混合物排出钻孔的一种液体,而泥浆则是钻

液与钻孔中钻屑的混合物。钻液具有冷却钻头(冷却和保护其内部传感器)、润滑钻具的作用,更重要的是可以悬浮和携带钻屑,使混合后的钻屑成为流动的泥浆,从而顺利地排出孔外。这样既为回拖管线提供足够的环形空间,又可减少回拖管线的重量和阻力。残留在孔中的泥浆可以起到护壁的作用。

在不同的地质条件下,需要不同成份的钻液。钻液由水、膨润土和聚合物组成。水是钻液的主要成份,膨润土和聚合物通常称为钻液添加剂。钻液的品质越好,与钻屑混合越适当,所制造的泥浆的流动性和悬浮性越好,回扩成孔的效果越理想,成功的概率越大。所以在施工中千万不能为省钱,仅用水来替代钻液。这样做的结果只会影响工程施工效率、成孔质量,甚至导致工程失败。

为改善泥浆性能,有时要加入适量化学处理剂。烧碱(或纯碱)可增粘、增静切力、调节PH值,投入烧碱量一般为膨润土量的2%。为使成孔良好,增加孔中润滑,可加入适量的Drispac。为提高泥浆携带岩屑能力,将孔中的岩屑带出,可在钻孔过程中的某一段加入一定量的Flowzen,能达到很好的使用效果。

(4) 钻导向孔

钻导向孔的关键技术是钻机、钻具的选择和钻进过程的监测和控制。要根据不同的地质条件以及工程的具体情况,选择合适的钻机、钻具和钻进方法来完成导向孔的钻进。

钻机与钻具的选择:钻孔主要靠钻机产生的推力、旋转扭矩以及所提供的钻液的流量、压力来完成施工。特别是长距离穿越,一方面,由于管线及钻杆自重较重,钻杆与地层之间产生的摩擦阻力较大,钻机的回拉力及扭矩必须足够大;另一方面,为了确保工程成功,应尽量避免工程中途停钻,因此钻机连续运转时间相对较长,这就必须要求钻机具有良好的性能。

在松散的土质地层中施工,可选用普通钻机和可造斜的钻头(一般为鸭嘴板式带射流喷嘴的组合钻头)。在硬岩或含卵砾石的地层中施工,应选用带破岩功能的钻机和钻头。

监测与控制:在钻进导向孔时能否按设计轨迹钻进,钻头的准确定位及变向控制非常重要。钻进过程中对钻头的监测方法主要通过随钻测量(MWD)技术获取孔底钻头的有关信息。孔底信号传送的方法主要有:电缆法和电磁波法。电磁波法的测量范围较小,一般在300 m以内水平发射距离,测量深度在15 m左右。电磁

波法测量的原理为:在导向钻头中安装发射器,通过地面接收器,测得钻头的深度、鸭嘴板的面向角、钻孔顶角、钻头温度和电池状况等参数,将测得参数与钻孔轨迹进行对比,以便及时纠正。地面接收器具有显示与发射功能,将接收到的孔底信息无线传送至钻机的接收器并显示,以便操作手能控制钻机按正确的轨迹钻进。目前,电磁波法在中小型钻机上应用较多,缺点是必须随钻跟踪监控。

另外,电缆法在长距离穿越中,特别是地形复杂的工程中应用较多。其优点是抗干扰能力强,不要随钻跟踪;但其操作复杂,选用的信号线必须强度高(不易拉断)、耐磨、绝缘性能好。

(5) 回拉扩孔铺管

在回拉扩孔铺管施工中的关键技术就是根据不同的土层、地下水位以及最终成孔直径正确地选择回扩钻具和每次的进刀量,正确地选配钻液和确定钻液的流量。

扩孔器类型有桶式、飞旋式、刮刀式等。穿越淤泥粘土等松软地层时,选择桶式扩孔器较适宜,扩孔器通过旋转,将淤泥挤压到孔壁四周,起到很好的固孔作用。当地层较硬时,选择飞旋或刮刀式扩孔器成孔较好。一般要求选择的最大扩孔器尺寸为铺设管径的1.2~1.5倍,这样能够保持泥浆流动畅通,保证管线能安全、顺利地拖入孔中。

回拉扩孔铺管特别在长距离回拉扩孔铺管中,泥浆作用尤其重要,孔中缺少泥浆往往是工程失败的主要原因。一般地层泥浆较易漏失,泥浆漏失后孔中缺少泥浆,钻杆及管线与孔壁间的摩擦力增大,导致拉力增大。要保持在整个钻进过程中有返浆,这对回拉扩孔施工的顺利进行尤其重要,在同一工程中如遇到地层条件是硬岩、泥灰岩和砾石交替变化,应及时调整钻液以产生不同的泥浆。

2 施工机具应用与发展趋势

2.1 钻机

水平定向钻机的主要功能是为钻杆提供足够大的扭矩和推拉力,以实现导向钻进和回拉扩孔铺管。与之相匹配的辅助功能为,钻机的钻进架与水平面之间的夹角可调,以满足不同入射角的要求。钻机入射角的大小,也是衡量钻机性能的主要指标。它与钻机的总体布置与结构设计有关,将直接影响到成孔轨迹设计。钻机的分类与应用如表1所示。

钻机技术的发展趋势有以下几点。

表1 钻机的分类与应用

	推拉力/kN	扭矩/kN·m	铝杆长度/m	铺管长度/m	铺管深度/m
小型	<100	<3	1.5~3.0	<300	<6
中型	100~450	3~30	3~9	300~600	6~15
大型	>450	>30	9~12	600~1 500	>15

(1) 多功能 一台钻机同时具备土壤和硬岩层钻进施工功能,能干、湿钻进,增强其适应性和作业能力。

(2) 集成化 将动力系统、泥浆泵送系统、钻杆装卸系统、地锚系统、行走系统、监控系统等集成于钻机一体,便于集中控制。

(3) 自动化 提高钻机的自动化程度,将大大减轻工人的劳动强度,提高作业质量和作业效率。主要体现在地锚自动安装与卸拆、钻进架角度调节、支腿调节、自动更换钻杆、自动润滑钻杆前后端丝扣、更换钻杆时钻液泵送系统自动启闭控制、自动钻进与回拉扩孔作业等。

钻机的自行驶功能对钻机转移工作场地、快速就位非常必要。主要有履带式和轮胎式底盘两种形式。履带式底盘钻机具有爬坡能力强、接地比压小、机动灵活、地面适应性强等特点,这是今后的发展方向。

(4) 标准化、系列化、模块化 钻机的标准化、系列化、模块化设计,使钻机的零部件通用性和互换性增强,适用范围更加广泛。随着科学技术和非开挖施工技术的不断发展,钻机的各项技术性能也在不断改进和提高,而且不断向微型化和大型化方向发展。

2.2 钻杆与钻具

钻杆是孔底钻具的关键部件,具有提供作用在钻头上的推拉力、旋转扭矩及输送钻液等功能。就钻杆两端内外螺纹部位与杆体的结构而言,有整体锻造式和焊接式两种。钻杆的发展趋势是重量轻、强度高、柔韧性好。

钻杆两端的螺纹结构非常重要,将直接影响钻杆间的连接强度、密封性和可拆卸性能。国外钻杆螺纹形式多样化,主要有API标准扣型、90°牙形角扣型锥扣、不对称尖齿锯齿扣型锥扣、不对称锥扣等。发展趋势:采用螺纹双端面同时接触的双顶形式,可以有效增强螺纹的连接强度。

高品质的丝扣油对钻杆螺纹的使用寿命的影响非常大,不正确的使用丝扣油将导致钻杆螺纹过早地损坏。钻具包括导向钻进钻头、回扩钻头、旋转接头和拉管头等。

导向钻进钻头分为软地层钻头和硬岩层钻头,有

刮板式和牙轮式钻头等。其技术研究的主要内容针对不同地层条件下的钻进能力、钻进效率以及变向与控制方式。

回扩钻头一般采用流线形结构。这种钻头以切削和挤压双重作用成孔,具有回转阻力小,形成的孔壁稳定和有助于排屑的特点。

旋转接头和拉管头的作用也十分重要,在施工前特别要检查旋转接头和拉管头的性能和质量,并确保正确可靠的安装。

2.3 钻液混合搅拌与泵送系统

钻液混合搅拌与泵送系统是钻机施工系统的重要组成部分。混合搅拌系统是将水、膨润土、聚合物等按一定比例加入混合仓,而后进行充分搅拌形成钻液。泵送系统是由钻液泵将钻液通过中空钻杆输送至孔底钻头,并与孔中钻屑混合形成泥浆在孔底流动。其发展趋势是能够回收泥浆,经再生处理可反复循环使用,既节省资源又实现环保。

2.4 安全保护系统

由于施工中的地质情况复杂、距离较远等特点,在施工中必须设置必要的安全保护措施。

(1) 防触电报警系统 一旦地下钻头触及电缆等带电体后,钻机发出触电报警,此时操作手必须坐在座椅上不得离开,以免触电。报警解除后,操作人员方可离开钻机。

(2) 远距离遥控紧急停机装置 随钻跟踪测量者应时刻保持与钻机操作手的联系,一旦发生意外应及时处理。目前一般采用无线通信联络方式,有时由于受到当时当地环境的影响这种方式已不能应付紧急突发事件。所以在施工中应由随钻跟踪者采用紧急措施停止钻机工作,待处理完,由后者解除对钻机的限制后,方可启动钻机。

发展趋势:实现无接触防触电报警,研究钻遇电力、通讯等原有地下设施的预警系统。开发由随钻跟踪探测仪向钻机远程发送紧急停机控制信号和控制钻机紧急制动的技术,给钻进施工增加必要的自动化、智能化安全技术保障措施。

2.5 导向控制技术

未来的发展趋势:在中、大型钻机进行大型工程施工中采用卫星定位系统,将轨迹规划设计系统与钻机的自动钻进技术相结合,实现定向钻进的自动导航,解决随钻跟踪监控方式与有缆式监控方式存在的弊端。

收稿日期:2003-07-18