

SD7535 型水平定向钻机的结构特点及其技术应用

姜国平

(北京市三一重机有限公司,北京 102206)

摘要:详细介绍了 SD7535 型水平定向钻机的技术特点、性能参数、结构原理、关键技术以及其工程应用情况。该钻机机、电、液一体,工程实践证明该机自控能力强,自动化程度高,操作轻便灵活,作业效率高。

关键词:非开挖;水平定向钻机;钻机结构

中图分类号:P634.3⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)04-0005-04

Structural Features of SD7535 Horizontal Directional Drilling Rig and Its Technique Application/JIANG Guo-ping
(Beijing SANY Heavy Machinery Co., Ltd, Beijing 102206, China)

Abstract: The paper detailed SD7535 horizontal directional drilling rig on technical features, performance parameters, structural principles, key technique and its application in engineering. It is proved the rig has high automatic control ability and is easily operated with integrated hydromechanics.

Key words: trenchless technology; horizontal directional drilling rig; drilling rig structure

我公司研发的 SD7535 型水平定向钻机(图 1)融合了现代液压工程机械新技术和新工艺,主要性能参数达到国际同类产品先进水平,关键零部件采用国际知名品牌。整机采用电液控制与 PLC 控制相结合,自控能力强,自动化程度高,操作轻便灵活,作业效率高。广泛应用于电信、燃气、水管等地下管线的铺设,是保护环境,通畅交通,铺设管线工程施工的理想设备,为市场提供先进、可靠、高效的非开挖专用施工设备,是替代进口最佳机型。



图 1 SD7535 型水平定向钻机

1 钻机技术特点

- (1) 美国 Cummins 电喷发动机,省油节能,欧 II 标准。
- (2) 电液比例控制灵活、智能化仪表显示。
- (3) 符合人机工程的操纵台、座椅流线型设计。
- (4) 关键结构件采用有限元计算等先进设计手段。
- (5) 整机设置完善齐全的操作指示和安全保护装置,警告标志醒目。
- (6) 前后夹器持之间具有浮动功能。
- (7) 可选配钻杆自动装卸系统,自动机械化程度高。
- (8) 整机外观造型新颖、协调、美观大方。
- (9) 结构紧凑、扭矩大、推拉力大、稳定性好。
- (10) 施工速度快,钻进精度高、安全性好、综合费用低。
- (11) 动力头独立闭式回转液压系统,输出转速平稳、反应快、系统发热量小、使用寿命长。
- (12) 进给回拖系统运动速度宽,高低速切换,作业效率高,平稳可靠。
- (13) 液压系统采用负荷传感控制技术,功率利用率高,调速性能好。
- (14) 主要配套件液压泵、阀、马达、管件、电器仪表全部进口,可靠性高。

收稿日期:2007-06-21; 改回日期:2008-04-09

作者简介:姜国平(1963-),男(汉族),辽宁人,北京市三一重机有限公司,机械制造工艺与设备专业,从事工程机械、非开挖设备的研发工作,北京市昌平区回龙观北清路三一产业园,jgp1963cn@yahoo.com.cn。

2 钻机结构特点

2.1 底盘

采用履带式液压驱动底盘,底盘结构设计结合有限元分析,既满足了工作稳定性,又满足运输的方便性。

2.2 动力配置

采用当代国际最先进的美国康明斯原装 QSB5.9-240 型电控发动机,效率高,储备能力高达 186 kW (2200 r/min),电控喷油提供精确的喷油量,实现低油耗,低排放,低噪声。高效的涡轮增压功能提升了发动机的性能和功率,适合在各种工况下作业。

2.3 先进的电子控制系统

SD7535 型水平定向钻机的电子控制系统采用二级分布式控制系统,应用 CANBUS 总线技术和虚拟仪表技术,基于嵌入式系统的工程机械专用控制器和真彩 LCD 高清晰显示器上编码,实时监控整机的工作。控制系统实现发动机控制、钻机行走控制、动力头给进/回拖控制、动力头旋转控制、泥浆泵控制、夹持器控制、钻杆的自动装卸控制、自动钻进/回扩控制、动力头双速控制以及发动机的状态监控、电气系统控制、液压系统监控等功能,系统设有功能互锁、操作提示、故障查询、液晶显示,使钻机的操作和维护更为简单;系统设有触电保护装置控制,确保整个施工过程安全,减少不必要的损失和危险。控制系统为模块化设计,用户可以根据需要,选择合适的功能模块,满足不同层次客户的需要。

2.4 高可靠性的液压系统

采用全液压驱动,实现无级调速。主油路采用德国 Rexroth 闭式变量系统,无级电比例控制。辅助油路采用负荷敏感系统,高效节能。液压柱塞泵、柱塞马达、控制阀均采用德国 Rexroth 品牌产品,确保液压系统高可靠性。主泵系统采用分功率、负反馈控制,且与发动机泵电子控制系统相连,使机器在各挡油门位置都能实现发动机转速的自动控制。动力头回转部分采用双马达,双减速机配置,使用智能控制,根据工程的地质条件,自动改变钻进/回拖时的回转速度和输出扭矩,在输出转速为 60 r/min 时,就可获得高达 16000 N·m 的扭矩;动力头推拉部分采用四马达,四减速机,串并联连接,实现高低双速,在给进/回拖速度为 4.8 m/min 时,推拉力高达 338 kN。关键动作控制机构备有电液和手动双路控制,提高系统的安全可靠性。

2.5 结构部分

车架整体结构融合有限元分析法,细化到每一

个局部设计。在材料方面,均采用高强度材料;在工艺方面,尽可能采用先进的大型设备,优质型材,整体加工,减少对材料损伤,使整个结构简洁牢固,增加车架整体的强度和刚性,增加抗弯扭变形的能力。动力头引入浮动装置,缓冲脉动冲击,减少钻杆和钻铤的损坏,有效保护钻铤和钻杆的丝扣,减少不必要的经济损失。推拉采用齿轮齿条传动,传动平稳,精确可靠,维护方便。夹持器采用 7 个液压油缸控制,具有钻杆导向、夹紧、旋转卸扣、轴向移动功能,足够的夹紧力、旋转扭矩能轻松卸开钻杆之间的丝扣,适合不同凸起长度的钻杆,保证了整个施工过程的高效进行。锚固装置底座上设有 6 个方孔可供人工下桩用,多达 12 个锚孔;后支腿还有钻地锚,即使在不结实的地面,也能充分保证整个钻机在施工的过程中的稳固性。用户可以选择钻杆自动装卸装置,自动锚固装置,减少施工人员,降低劳动强度,降低人工成本。操作室操作台可以旋转和倾斜调整角度,可根据操作人员的意愿自行调节,操作更加舒适。

2.6 其他

整机外观工业造型采用流线型设计,兼具现代艺术性,又有“三一”特色,美观、大方,钻机融入施工现场后,尽显与周边环境和谐之美。该钻机可以配不同规格和各种用途的钻具,如流道式、圆切式、挤压式、翼状式、普通切削式回扩头等,满足不同施工要求。泥浆系统由泥浆泵和泥浆混配系统组成。在地层发生变化时,泥浆供应量随之变化,泥浆混配罐储备泥浆容量大,满足复杂工程需要。

3 主要技术性能参数

钻机额定回拖/给进力 350 kN (4.8 m/min),额定输出扭矩 13800 N·m (60 r/min),最大输出扭矩 16000 N·m (60 r/min),动力头输出转速 0~60、0~120 r/min,动力头推拉速度(液压马达串并联) 0~9.6、0~19.2 m/min,动力头行程 5400 mm,入射角 8°~22°,钻孔直径 170 mm,底盘行走速度 2.4 km/h,最大爬坡度 32.5%。

钻杆外径 89 mm,壁厚 10 mm,长度 4500 mm。

发动机型号康明斯 QSB5.9-240,额定功率 186 kW,额定输出转速 2200 r/min。

泥浆系统最大泵压 10 MPa,最大泵量 400 L/min。

钻机外型尺寸(运输状态):长 9150 mm,宽 2480 mm,高 3140 mm。

整机质量 17500 kg。

4 关键技术

4.1 电液控制技术

- (1) 多种逻辑控制功能及 PLC 控制技术。
- (2) 防触电报警及其故障自诊断系统。
- (3) 液压系统合理匹配: 电液比例、负载反馈技术。
- (4) 钻杆自动装卸、泥浆系统与夹持器之间等逻辑控制。

4.2 钻杆柔性自动装卸装置及控制技术

柔性进给装置, 协调性要求较高。对钻杆的升降、梭臂的伸缩、动力头的位置、装卸完成的检测等功能进行逻辑控制, 实现多动作间的自动切换, 提高整机的机械自动化程度。减轻操作者的劳动强度, 提高工作效率。

逻辑控制系统采用先进的 PLC 控制。

4.3 定向钻进导向技术

是实现定向钻进的关键, 定向装置是一套完整的信息系统(智能型无线抗干扰双频探头或有线探头发射装置, 手提液晶显示仪及远距离同步显示器)。探测深度 18 m, 可连续显示钻头的深度、面向角、温度、电池状况等信号。

钻孔轨迹实时测量是穿越施工的关键技术之一。通过实时测量钻头的当前位置, 可随时了解钻孔偏离设计轨迹的程度, 控制纠偏。防止破坏地下原有公共设施, 或因钻孔弯曲过大导致卡、断钻。

由于穿越施工条件恶劣、地质地理条件复杂等影响因素, 能够实时测量和控制钻孔轨迹的定向导向技术成为穿越技术的关键难点之一。

5 工作原理

(1) 履带底盘行走就位: 由发动机驱动主油泵提供动力给行走马达, 再经行走减速机驱动主动轮运动, 带动履带, 实现履带底盘的前进、后退转向, 制动等功能。履带底盘从动轮处涨紧油缸用于调节履带的松紧。

(2) 调整钻桅的钻进倾角, 锚固钻架前端, 安装接地触电保护装置, 探棒装入钻头体内, 连接钻头体、钻杆和动力头回转主轴; 钻进同时泵送泥浆, 以供钻进、回拖时护壁、钻头散热、切削土壤的需要; 通过地表接收器感应探测头的磁场信号, 测出钻头位置。

(3) 调整钻进方向: 动力头停止旋转, 调整钻头倾斜板的方向朝向所需方向, 推动动力头, 只推进而不旋转, 此时地面导向仪接收信号, 监视进给方向,

待方向正确后, 继续钻进, 整个钻进过程可多次调整方向, 直至钻进结束。

(4) 铺管钻进作业: 导向孔钻进结束后, 换上扩孔器, 多次回扩, 直至达到所需孔径, 最后一次回扩时, 通过旋转接头与所铺管线相连, 边回扩边拖管直至铺管结束, 整个回扩铺管过程均需泥浆供应。

6 主要部件

- (1) 测控导向系统。
- (2) 钻架。
- (3) 操纵台。
- (4) 显示仪表。
- (5) 车架。
- (6) 电气系统: 主要分为发动机控制、油门控制、泥浆泵控制、地面行走控制、虎钳控制、钻杆的自动装卸控制、自动钻进控制、动力头双速控制、钻机的故障诊断功能、触电保护控制、钻进监控等几个部分。电器件由左操作台、右操作台、控制箱、行走远程控制盒等组成。
- (7) 动力头(图 2)。



图 2 SD7535 型钻机动力头

①回转推拉减速机: 动力头是钻机核心部件, 采用进口双液压马达减速机驱动, 并具有高低速旋转。功能主要有: 一是驱动钻杆钻头回转; 二是承受钻进、回拖产生的反力; 三是泥浆进入钻杆的通道。动力头设浮动油缸, 保证了动力头在旋转卸扣时对丝扣的保护。

②动力头推拉减速机: 动力头推拉装置是动力头回拉或进给运动的执行机构, 通过 4 个低速大扭矩马达带动减速机, 驱动齿轮齿条通过滑架带动动力头进行往复推拉移动, 高低双速; 高强度材料的齿条分段固定在钻架导轨面上, 安装、维护方便。

(8) 发动机系统: 由发动机、组合式散热装置、空滤器和消音器等组成, 发动机采用康明斯 QSB5.9-240 型, 额定功率为 186 kW (2200 r/min)。

(9) 静、动虎钳(图 3): 由定夹持器、动夹持器、

导向装置组成,具有钻杆导向、夹紧、旋转卸扣、轴向移动功能,分别采用夹紧、移动、旋转共7只油缸来完成各项动作,足够的夹紧力旋转扭矩能轻松卸开钻杆之间的丝扣,保证了整个施工过程的高效。

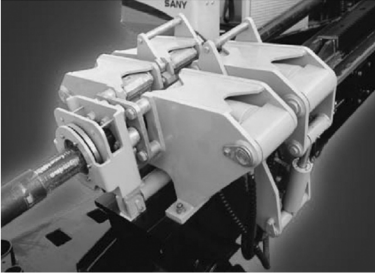


图3 SD7535型钻机静、动虎钳

(10) 触电报警装置。

(11) 自动装卸钻杆机构。

(12) 锚固装置。

(13) 泥浆系统(图4):由泥浆泵、自动搅拌泥浆罐组成。该系统可以将膨润土和水快速混合搅拌均匀泥浆。泥浆的功用一是防止钻扩孔发生的各种复杂情况,利于快速成孔;二是减小回拖铺管的摩擦阻力,悬浮和携带岩屑、冷却和润滑钻头钻具、稳定孔壁、平衡地层压力、发挥水力切削效能及传输动力等。

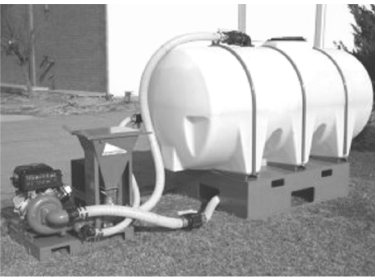


图4 SD7535型钻机泥浆系统

7 钻机在实际工程中的应用

2007年7月初,天津世纪东大管道穿越公司使用SD7535型水平定向钻机出色完成了一段穿越天津外环公路和人工河通讯光缆导管铺设工程。全长300 m,管径750 mm。

此次工程地质属于冲击平原级土层,泥浆以化学聚合物为主,按比例配防糊钻液,以降低孔壁阻力。工程要求光缆埋设长度为300 m,埋深10 m,光缆距河床底部最低点6 m。铺设6根 $\varnothing 250$ mm的PE管+2根 $\varnothing 120$ mm的PE管。

打导向孔施工分为3个阶段:第一阶段入射改平,以 19° 的大入射角插入地表,这一段的钻进深度要达到8 m左右,水平距离不少于70 m,并形成一个改平拐点;第二阶段改平钻进,完成水平穿越,穿越距离80 m左右,深度距河床8 m;第三阶段向上出土,完成向上的方向调整,钻头在离预定的出土点不到0.5 m处出现,误差在估计范围内。

回扩分为3个阶段:第一次回扩共用时间5 h,采用 $\varnothing 550$ mm挤压式回扩头回扩,通过泥浆量的调整,动力头推拉力保持在200~260 kN范围内,此时泥浆系统压力稳定在1~1.5 MPa,流量130 L/min;第二次回扩共用时间4 h,采用 $\varnothing 750$ mm切割式回扩器回扩,动力头推拉力保持在260~350 kN范围内,泥浆系统压力1~1.5 MPa,流量220 L/min;第三次回扩与铺管回拖同时进行,采用一次性回拖6根 $\varnothing 250$ mm PE管+2根 $\varnothing 120$ mm PE管,长300 m,管道前带 $\varnothing 550$ mm挤压式回扩头边回扩边拖管,共用时间4.5 h。

施工中遇到的困难:由于第一阶段入射改平拐点弯度大,回拖一度卡管,后再用 $\varnothing 750$ mm挤扩头在原孔再向下350 mm处进行加扩一次。操作时遵循慢转慢拖、大泥浆流量注射、孔道内泥浆充盈等措施。回拖前将管材口用金属堵头密封好(为了防止泥浆流入),把集束管的前端捆扎住与回转器钩连,然后将管线回拖到位,由于钻机设计中提供了400 kN的瞬时超载回拖力,能力大,功率强劲,最终顺利完成6根 $\varnothing 250$ mm PE管+2根 $\varnothing 120$ mm PE管的管道回拖成功。

8 结语

我公司根据非开挖工程的需要,结合计算机智能控制技术和先进的制造工艺,研发的SD7535型水平定向钻机是机-电-液紧密结合的高新技术产品,高效、节能和环保,工业化整体造型设计,符合以人为本的设计理念,整机操作轻便灵活,作业效率高,是国内最先进的设备之一,整机总体性能达到国际先进水平,性能卓越,动力强劲,施工可靠性好,是替代同类进口产品的最佳选择。可广泛应用于电信、燃气、水管等城市地下管线的铺设。它的研制成功,大幅度地提高了我国定向钻机的整体技术水平,具有广阔的市场前景。