

GBS-40 型非开挖铺管钻机的研制与应用

王朝建, 花蓉

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北廊坊 065000)

摘要: 主要介绍了 GBS-40 型非开挖铺管钻机的结构组成、主要特点、基本参数、技术创新点等内容以及在工程中的实际应用情况

关键词: 非开挖铺管钻机 结构 性能

中图分类号: P634.3⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1672-7428(2009)S1-0334-04

1 概述

非开挖铺管技术是国外 20 世纪 80 年代中后期发展起来的一项管道施工新技术, 它以独特的技术优势和广阔的市场前景得到世界各国的极大关注。90 年代初前, 我国用于导向钻进非开挖铺管的设备和技术完全依靠进口, 进入 90 年代以后, 由我单位率先在国内研究开发这项技术, 经过十几年的发展, 非开挖技术逐步形成了一个新兴的产业, 市场容量不断扩大。GBS-40 型非开挖铺管钻机秉承了我所钻机质量第一的传统, 参数设置合理, 操作人性化, 外形美观。钻机具有结构紧凑、动力强劲、高速高效的特点。采用有线远程控制行走钢履带底盘, 使得钻机移动时方便、安全。操作系统集中在驾驶室内, 集中控制、操作方便, 并改善了司钻人员的工作条件。系统主要元器件选购国外知名品牌, 提高了钻机的使用寿命、降低了维护成本。配备机械辅助上卸钻杆机构, 体现人性化的设计, 降低劳动强度。动力头设计有两挡转速, 高速达到 130r/min, 满足了高转速、大扭矩的施工要求, 提高了钻进效率。

2 主要性能参数

发动机功率 (kW): 2200 (194 转速 r/min)

额定输出扭矩 (N·m): 0~14000

额定给进力 (kN): 240

额定回拉力 (kN): 400

主轴输出转速 (r/min): 高速 0~130, 低速 0~65

导向孔直径 (mm): 120

最大反扩孔直径 (mm): 1016

钻杆 (mm): $\Phi 73 \times 4500$ ($\Phi 89 \times 4500$ 选配)

钻架角度调节: $10^\circ \sim 20^\circ$

3 主要部件结构及特点

3.1 总体布局

GBS-40 型非开挖铺管钻机为履带自行走式全液压铺管钻机。由主机和 ZX-3 型泥浆自吸搅拌系统组成。钻机所有部件 (包括液压泵站、给进机构、动力头、钻塔、滑轨、夹持机构、泥浆泵等) 均安装在钢制履带底盘上, 操作系统集中在驾驶室内, 操作方便, 集中控制; 泥浆自吸搅拌系统与钻机相对独立, 主要部件日本本田汽油机、泥浆自吸泵、喷射泵、进料漏斗、聚乙烯泥浆罐等组装在滑橇上, 施工时, 以长胶管将泥浆搅拌系统与主机泥浆泵联接起来。(见图 1、2)



图 1 GBS-40 型铺管钻机主机

收稿日期: 2009-08-30

作者简介: 王朝建 (1975-), 男 (汉族), 河北大名, 中国地质科学院勘探技术研究所高级工程师, 从事非开挖设备研究开发工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, htwcj@163.com; 花蓉 (1970-), 女 (满族), 辽宁沈阳人, 高级工程师, 从事非开挖设备研究开发工作。

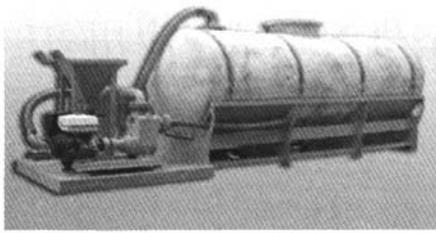


图2 GBS-40 型铺管钻机泥浆搅拌系统

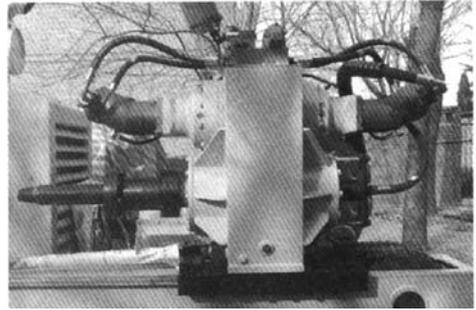


图3 GBS-40 型铺管钻机动动力头

3.2 钻机部分

3.2.1 履带底盘

钻机整体布置在由液压马达驱动的刚性连接的底盘上。履带底盘是钻机最基本部件,是钻机的载体。履带钻机的行走装置设计至关重要,既要有足够的强度,又要运转灵活、易拆卸。行走装置由钢制履带总成、驱动轮、导向轮、支重轮、履带张紧装置、底盘和两个液压马达(含内藏式减速机)组成。行走装置中左右纵梁分别整体焊接后,与中间整体框架式车架焊接为一个整体底盘。通过操作远程控制手柄,可以实现钻机原地转弯和正常行走中的转弯,可方便地进行孔位移动和对中孔位靶心,使钻机就位迅速、省时省力、灵活方便、高效,并且保证了操作人员的安全。

3.2.2 动力头

两台斜轴式轴向柱塞马达分别连接行星减速机,两台行星减速机的输出轴与减速传动箱的输入轴连接,再经过一级齿轮减速,由减速箱输出轴驱动钻杆回转。输出轴中空,其主要功能有:驱动钻杆钻头回转;承受钻进、回拉过程中产生的反力;泥浆进入钻杆的通道。

动力头设有卸扣自行浮动机构,以减少对钻杆丝扣的磨损。其结构为动力头底部与焊接在滑移架上的耳板用导杆穿起来,卸扣时动力头在导杆上整体浮动。动力头回转马达采用闭式电液比例串并联控制形式,主轴回转可实现两挡变速在 $0 \sim 65 \text{ r/min}$ (快档 $0 \sim 130 \text{ r/min}$) 范围内任意调节,在国内同类钻机中转速较高,提高了钻进效率(见图3)。

3.2.3 钻杆夹持/卸扣机构

施工中钻进速度和回拖速度都比较高,这就增大了钻杆单根的加接、拧卸、搬运的工作强度,所占时间比例也相应增加,因此为了提高钻进效

率,钻机配有前后夹持器,并且均采用双油缸、双作用的结构,与给进/回拉机构、动力头一起组成一个结构紧凑的一体化系统。夹持器布置在给进机构的前端,在钻机工作过程中,钻杆装卸时对中性的准确与否对钻杆的使用寿命起到很大的作用。因此在设计前夹持器(靠近孔口)时,我们采用了大小油缸强制对中的结构,使前夹持器在钻进过程中不仅有夹持钻杆的功能,还可以在钻进中对钻具起到导向扶正的作用。卸扣装置布置在后夹持器上,在油缸的作用下带动夹持器转动角度,施加主动力矩,以实现卸开钻杆第一扣,卸扣扭矩 $28000 \text{ N} \cdot \text{m}$ (见图4)。

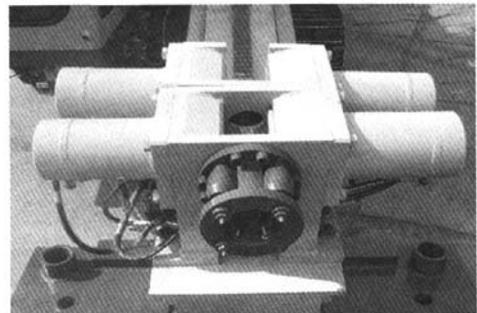


图4 GBS-40 型铺管钻机夹持器

3.2.4 给进/回拉机构

导向钻机铺管施工中钻进速度和回拖速度都比较高,全孔采用“一钻到底”的工作模式,中途很少更换钻头。从减少拧卸钻杆时耗、降低非钻进时间比例、提高工作效率考虑,要求钻机有较长的给进行程和尽可能长的钻杆长度,但又受到施工场地和钻机型式及钻机造价的限制,因此钻机给进/回拉机构采用油缸-链条的结构型式。液压缸通过

链轮、链条把作用力传递动力头。工作时动力头的行程和给进/回拉速度是液压缸的两倍，因而此机构被称为倍速机构或倍增机构。钻机给进/回拉机构安装在封闭的给进机架内，同时给进机架也是动力头的运动轨道，再加上上述的钻杆夹持/卸扣机构相配合，可以实现快速拧卸钻杆。

3.2.5 防倾斜地锚固定机构

GBS-40 型钻机仍然采用简单实用的地锚板 - 地锚箱机构固定钻机。钻机工作时，地锚箱固定不住的情况经常发生。当地锚箱向前倾斜时，因为钻塔与地锚板之间为绞轴连接，钻塔会向前伸，地锚板的后边沿就会顶在钻塔底部，拉力大时会对钻塔造成严重损坏。为避免此种情况发生，利用钻塔备用安装孔，设置固定拉杆（见图 5）。当钻机调整好入钻角度后，调整拉杆使地锚板和钻塔以三角形结构稳定连接，地锚箱固定不住向前倾斜时，将使钻机整体移动，避免损坏钻塔，同时也相应提高了固定力量，稳定性更好。

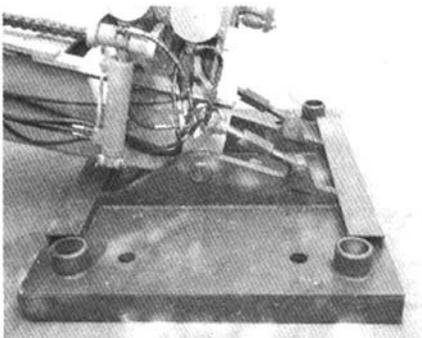


图 5 GBS-40 型铺管钻机地锚板



图 6 GBS-40 型铺管钻机机械手

GBS-40 钻机开创性地设计了双油箱结构，在底盘上面占用较小空间设置一个副油箱，通过胶管与主油箱连接，主油箱完全封闭，主副油箱形成一个统一的循环，副油箱液面高于油泵，使油泵处于“被灌入”状态，永远不会出现吸空现象（见图 7、8）。

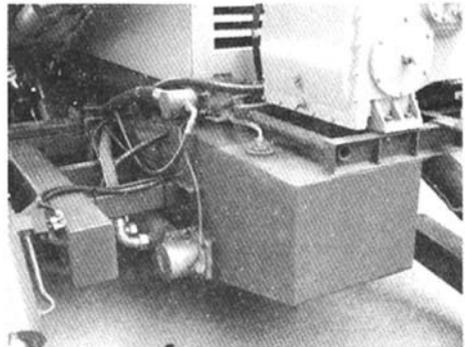


图 7 GBS-40 型铺管钻机主油箱

3.2.6 机械手辅助上/卸钻杆机构

为减少工人劳动强度，提高上/卸钻杆效率，设计了机械手辅助机构，利用 2 个油缸夹紧钻杆，液压马达驱动机械手翻转，实现钻杆的上/卸，操作工人只需要把钻杆放到机械手的钻杆槽内，不需要费力抬到钻机上面。为使工人能准确放置钻杆，设置有钻杆指示杆（见图 6）。

3.2.7 双液压油箱结构

由于钻机底盘上方空间有限，液压油箱一般布置在后方较低的位置，液压油泵进口口处于一种需要主动“吸入”的状态。钻机工作或爬坡行走时经常处于不平衡状态，当液压油液面较低而未及时补充时油泵就会出现吸空现象，严重影响油泵寿命。

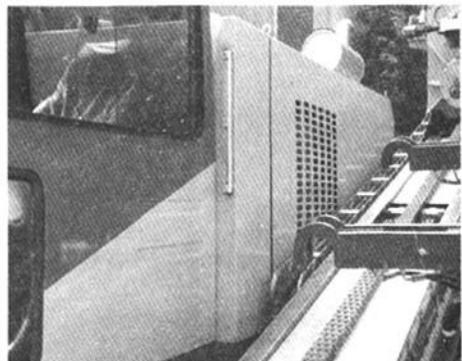


图 8 GBS-40 型铺管钻机副油箱

3.3 动力及操纵系统

为了使钻机整体技术性能优良,工作可靠,动力站主要部件柴油机、液压泵、液压马达、液压阀等均采用电液控制系统,使操作手柄减少,降低操作失误,增强对设备在回转、给进和回拉过程中的控制。

柴油发动机是整个钻机的动力,经联轴器驱动闭式轴向柱塞泵及齿轮泵,给整个液压控制系统提供动力源。

钻机的液压系统含有两个回路:控制动力头回转的闭式回路和控制给进/回拉机构及其它辅助动作的开式回路。闭式液压泵输出的高压油液直接供给回转马达以实现钻机的回转工作,其安全阀的压力设定在 28MPa。马达的转速调节由泵输出的流量大小控制,先导阀的开启幅度控制泵的排量从而达到调节马达转速的目的,泵排量输出流量就大,马达转速就高,反之亦然。在动力头上装有回转快、慢切换阀来实现其回转快/慢。开式液压泵输出的高压油液经电磁换向阀组,可控制夹持器夹紧、拧卸钻杆、钻机的起塔/落塔、伸塔/缩塔、泥浆泵开关及钻机行走移动。

钻机操作系统的操纵手柄、按钮及显示仪表均集中在驾驶室的操纵箱上(见图9)。操纵箱配备有柴油机仪表、启动开关、压力表及各种动作按钮等,配置齐全,集中控制。操纵面板上有两个手柄,分别控制回转和给进/回拉,因此司钻对钻机的操作十分方便。操作台集中分块布局。将液压部分和电器部分分开,各开关、按钮也根据不同功能分开,方便操作,利于检修。开关选用德国进口开关,防水,寿命长,触点寿命达 50~100 万次。

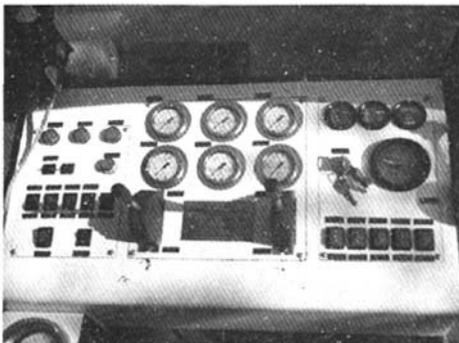


图9 GBS-40 型铺管钻机操作台

全液压钻机胶管比较多,连接复杂,布置起来相对比较乱,GBS-40 型钻机设计了可翻转驾驶室,

驾驶室下面半封闭空间内安放各阀块组,所有液压胶管及控制线路从驾驶室底下穿过,外露胶管数量减少到最小,使整机看起来整洁利落,同时减少了电磁阀因进水引起故障的可能(见图10)。驾驶室的翻转采用手动油泵驱动液压缸支撑,在不起动或发生故障无法起动柴油机的情况下保证能对驾驶室下的液压系统进行检测。

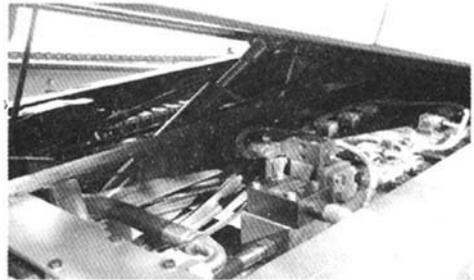


图10 驾驶室下的阀块组

4 其他特点

- (1) 扭矩大,能够适应恶劣工况工程施工;
- (2) 钻机设计有左右两个独立控制的后支腿,可根据现场情况分别调整左右支撑高度,提高了钻机的稳定性,钻机维修时可配合起塔油缸将钻机支起一定角度,方便检修。
- (3) 钻机钻孔角度调节范围大,便于满足不同施工条件;
- (4) 全封闭的操纵室,改善操作条件,可选装空调;
- (5) 结合不同工程情况匹配不同钻杆。钻机配套的标准钻杆为加强型 $\Phi 73\text{mm}$ 钻杆,壁厚 9.19mm,双顶结构接头 NC26 丝扣, G105 材质,钻杆性能完全满足设计参数。但有的工程需要长距离施工,超过 400m 以后,钻导向孔时钻杆太软,控向困难。据此,我们又配备了 $\Phi 89\text{mm}$ 钻杆供用户选择,扣型通用,相应改变扶正器的滚轮大小和机械手的钻杆槽即可。

5 工程实例

唐山市唐丰路燃气改造工程穿越京秦高速公路施工,铺设管线为双层管,内管为 $\Phi 529\text{mm}$ 的燃气管,外管是 $\Phi 720\text{mm}$ 的套管,燃气管长度 252m,套管 96m,套管在燃气管道中部与燃气管焊接一起。地层以细砂和中粗砂为主。

(下转第 341 页)

初始状态,即图 2 (a) 所示的状态了。

4 结语

(1) 选择了 88B 型探头和 Subsite750 导航系统,并初步设计了信号发射机构,首次将导航系统应用于 KCM-130 II 型可控冲击矛中,并提出由导航仪的钟面显示来判断矛头偏转方向的方法,为实时监控可控冲击矛的地下位置和矛头偏转状态迈出了第一步。

(2) 安装数据探头之前,首先要设计出合适的减振机构。

探头的减振效果直接关系到探头能否安全有效地工作。若振动强度太大,会直接损坏价格昂贵的

探头。

(3) 尽量选择小尺寸数据探头,减小冲击矛长度。

探头的尺寸直接影响冲击矛的总长。冲击矛长度越大,偏转越困难,穿孔轨迹的曲率半径越大,对轨迹控制越不利。虽然我院拥有一套 RD385 导航系统,但配套的数据探头尺寸太大(目前该公司生产的数据探头的最小尺寸为 $25.4 \times 203\text{mm}$ (直径 \times 长度))。如果想应用该套导航系统的话,必须特制更小尺寸的数据探头,或者继续优化设计气动冲击机构,减小冲击机构的结构参数,从而减小冲击矛的总长。

(上接第 337 页)

该工程的难点在于中粗砂层施工,套管与主管同时回拉,管径不一样,对于导向孔施工及钻机能力要求比较高。该工程原来由另一家施工队伍施工,拉管进行约 60m 时就拉不动了,甲方将我单位客户队伍调过去使用 GBS-40 钻机施工。首先将埋在地下的管线拖出来,再用导向钻头对原孔轨迹进行探测,发现出土角度过急过大。考虑到施工难度比较大,决定重新打导向孔,深度在 5m;准备充足的泥浆,为避免不成孔,发生卡钻,施工队伍分成两班不间断施工。逐级扩孔至 $\Phi 720\text{mm}$ 后,用 $\Phi 860\text{mm}$ 钻头扩孔一遍,洗孔两遍。用 $\Phi 720\text{mm}$ 钻头拉管,套管与工作管同时回拉。拉管时间 3 h,最大拉力 22MPa 即 35t 拉力,扭矩

12MPa 即 $5600 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。因为该工程为救援性质的施工,甲方及业主对我们钻机的性能及施工队伍的素质很满意,反应良好。

6 结语

在设计 GBS-40 型铺管钻机过程中,充分考虑到我国目前工程施工队伍本身经济实力相对较弱,工程造价相对低廉等实际情况,立足于用最简单易行的方法解决工程施工中的问题,因此 GBS-40 型铺管钻机不但具有性能先进、作业能力强、操作简单的特点,而且就性价比看也占有较大的优势,适合于我国目前的非开挖铺管施工实际情况及我国的国情。