

TGSD - 50 型声频振动取样钻机的研制

张培丰¹, 贾绍宽², 朱文鉴¹, 王 鹏², 齐长缨²

(1. 北京探矿工程研究所, 北京 100083; 2. 深圳市钻通工程机械股份有限公司, 广东 深圳 518103)

摘要:声频振动取样技术是近年发展速度较快的适用于土壤环境地质取样的新型取样技术, 是利用声频振动头(激振器)内对称分布于钻机输出轴两侧的两个激振锤同步旋转产生的高频振动力(50 ~ 200 Hz)振动钻杆或外套管钻进。主要介绍了 TGSD - 50 型声频振动取样钻机的结构设计、主要技术参数和特点。

关键词: TGSD - 50 型声频振动取样钻机; 激振器; 结构设计; 技术参数; 土壤环境地质取样

中图分类号: P634.3⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2011)01 - 0035 - 04

Development of TGSD - 50 Sonic Drilling Coring Rig/ZHANG Pei-feng¹, JIA Shao-kuan², ZHU Wen-jian¹, WANG Peng², QI Chang-ying² (1. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China; 2. Drillto Trenchless Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518103, China)

Abstract: Sonic drilling coring is a relatively new exploration technique for drilling and sampling application in the fields of soil environmental and geo-technical exploration. It uses high frequency vibrations (50 ~ 200 Hz) generated by 2 symmetrical rollers in the sonic head (oscillator) to vibrate drill pipe or outer casing for drilling. The rollers' vibration is synchronized to ensure that the vibration is transmitted vertically down the drill string to the bit. The paper introduced TGSD - 50 sonic drilling coring rig about the structure design, main technical parameters and the features.

Key words: TGSD - 50 sonic drilling coring rig; oscillator; structure design; technical parameter; soil environmental and geo-technical exploration

1 概述

环境地质取样技术包括直推式静压取样、低频振动冲击取样、声频振动取样。直推式静压取样是利用机械或液压油缸的静压力钻进取样, 由于受给进力的限制, 一般取样深度较浅。1987 年, 第一台为美国环保总局设计生产的 Geoprobe 土壤钻机问世, 该钻机采用油缸静压 + 低频振动力(振动频率 < 50 Hz)的钻进方式, 用于土壤环境勘查, 最深钻深记录是在美国马萨诸塞州施工的 61 m^[1]。

声频振动取样技术(Sonic Drilling Coring Techniques)是利用 50 ~ 200 Hz 的声频(人的听力频率范围是 20 ~ 20000 Hz)振动力、钻机的静压力以及惯性力, 使钻头的切削刃以剪切、断裂的方式碎岩, 进行钻探取样或其它钻孔工程的一种新型钻探技术方法。声频振动取样技术的研究始于 20 世纪 40 年代^[2], 直至 20 世纪 80 年代, 随着全球对环境保护日益重视, 土壤环境取样的增加, 声频振动钻进技术也逐步成熟并得到广泛应用, 钻孔深度一般为 120 m 左右, 最大钻孔深度达到 210 m^[3,4]。

目前, 国内土壤环境地质取样一般是以回转钻

进为主的方法, 回转钻进取样需要冲洗液(泥浆、泡沫或空气)冲洗孔底、携带钻屑、冷却钻头和保护孔壁, 冲洗液在冲洗孔底的同时, 也将土壤内需要检测的物质稀释, 致使测量数据低于实际值, 从严格意义上讲, 回转取样不适用于土壤环境取样。为此, 北京探矿工程研究所与深圳市钻通工程机械股份有限公司联合研发出 TGSD - 50 型声频振动取样钻机。

2 声频振动取样钻机的结构

TGSD - 50 型声频振动取样钻机(见图 1)由回转动力头、声频振动头、减振器、给进系统、卷扬机、夹持器组、底盘与履带行走机构、动力系统、液压系统和操作系统组成。

2.1 回转动力头

回转动力头由摆线液压马达和减速箱组成, 马达的最大输入流量 70 L/min, 减速箱的减速比为 1: 2.125, 最高输出转速 135 r/min, 回转动力头输出轴的下端与声频振动头的主轴连接。

在土壤环境取样时, 回转动力头不工作, 钻进方式为油缸静压力 + 声频振动力。当取样钻进到坚硬

收稿日期: 2010 - 07 - 23; 修回日期: 2010 - 12 - 09

基金项目: “863”计划“湿地沉积岩快速取样钻机具的研究”(2008AA06Z102)

作者简介: 张培丰(1965 -), 男(汉族), 安徽太和人, 北京探矿工程研究所教授级高级工程师, 地质工程专业, 博士, 研究方向为科学钻探、环境钻探设备与取样技术, 北京市海淀区学院路 29 号探工楼 404, zhangpf@ccsd.cn。



图1 TGSD-50型声频振动取样钻机

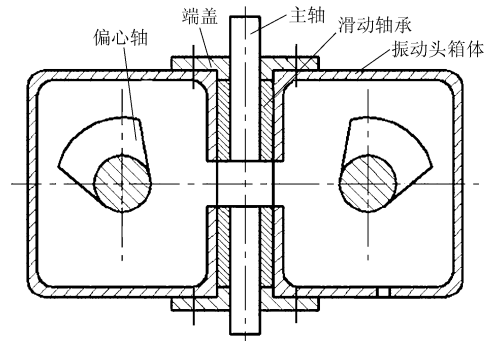


图2 声频振动头结构示意图

如图2所示,取样钻进时,声频振动头向下的振动力依次传递给振动头箱体、上端盖、滑动轴承、主轴以及钻杆、取样器向下钻进,实现声频振动钻进成孔或取样,无需钻杆和取样器旋转,不会产生岩屑,避免取样时因取样器旋转而扰动土壤或其它松软土层,也不会污染样品。同时,偏心块向下的振动力在传递给钻杆及取样器的同时,也将向上的振动力传递给减振装置、滑板以及取样钻机整机。但由于减振装置具有良好的减弱冲击和振动传输的作用,减弱了振动力向钻机的传递,起到钻机整机的减振作用。

向上提钻时,钻机作用在滑板上的提升力向上依次传递给减振装置、振动头箱体、下端盖、滑动轴承、主轴以及钻杆、取样器,向上提钻,将取样器提到地面;若钻机的提升力不足于将钻杆和取样器提升,可以同时启动声频振动头,将声频振动头的正弦振动波向上的振动力依次传递给高速轴承、振动头箱体、下端盖、下滑动轴承、主轴以及钻杆、取样器,向上提钻。

声频振动头采用强制性油气润滑系统,其目的是避免高速轴承和偏心轴在润滑油内高速旋转时,润滑油对高速轴承和偏心轴产生巨大的阻尼作用,减少无用功率消耗。在启动高速马达的同时,控制系统自动启动润滑油泵和空气压缩机,润滑油泵通过送油管将润滑油送到油气混合器,空气压缩机将清洁的空气通过送气管送到油气混合器内,与润滑油混合后,形成油气混合物,通过油气输送管喷射到高速轴承上,润滑和冷却高速轴承,油气混合物在振动头箱体内分离,润滑油在自重的作用下流到振动头箱体底部的油气出口内,并在空气压力的作用下流出,保证振动头箱体底部不会因储存润滑油而对偏心轴产生巨大的阻尼作用。

2.3 给进系统

给进系统主要由桅杆、滑板、起塔油缸、给进油缸等组成。桅杆通过支架、起塔油缸与钻机底盘连

地层,声频振动钻进缓慢时,或者出现如卡钻等孔内事故需要旋转钻杆处理孔内事故时,可以启动回转动力头驱动钻杆和取样器回转取心或处理孔内事故。

当声频振动头不工作时,该取样钻机与普通回转动力头钻机一样。当然,由于取样钻机上安装有声频振动头,在钻机回转动力头工作时,启动声频振动头,实现振动冲击+回转钻进的复合取样方式,可以大幅度提高钻进效率。

2.2 声频振动头

声频振动头是TGSD-50型声频振动取样钻机的核心装置,采用自同步双偏心轴的激振方式,其特点是体积小,零件少,结构简单,工作可靠。声频振动头由振动头箱体、主轴、偏心轴和滑动轴承组成,振动头箱体减振装置与钻机的滑板连接,主轴上端连接回转动力头,下端连接钻杆与取样器,滑板与声频钻机的导轨连接。

声频振动头的激振装置由对称分布于钻机输出轴两侧的一对或多对激振器组成,激振器由偏心块和高速旋转的振动轴组成(见图2)。每对振动轴由技术参数完全相同的2个高速液压马达分别驱动,2个高速液压马达的旋转方向相反,转速相同,最大转速达到12000 r/min,偏心块所产生的离心力在水平方向的分力大小相等,方向相反,即水平方向的分力抵消;而垂直方向的分力大小相等,方向一致,即垂直方向的分力叠加,产生正弦振动波,振动频率达到150 Hz,振动方式为上下振动。

接,并通过起塔油缸竖起、放平和锁定;采用油缸-链条倍速给进机构,给进油缸带动滑板沿桅杆导轨上下移动,油缸内径 100 mm,活塞杆直径 70 mm;链条型号为 LH1244,极限拉伸载荷 99.87 kN,给进行程 1800 mm。

2.4 卷扬机

卷扬机由卷筒、支架、液压马达、减速器、压绳器等组成。液压马达设有液压平衡阀,减速器内有液压制动器,使主卷扬机的操作轻便安全,升降速度无级调速,制动平稳。

2.5 夹持器组

夹持器组由下夹持器、上夹持器和卸扣夹持器以及夹持器油缸组成。油缸推动卡瓦夹持钻杆,对钻杆产生恒定的夹持力,保证了对钻杆的可靠夹持。下夹持器、上夹持器和卸扣夹持器联合工作,可实现机械拧卸钻杆。

2.6 动力系统

采用 50 kW (2200 r/min) 水冷增压柴油发动机,拉线式油门装在仪表板上,在钻机操作台上安装另一根油门拉线,这样,行走与施工时的发动机转速

可分别控制,供油系统设有 2 级滤清器。

2.7 底盘与履带行走机构

底盘与履带行走机构采用分体结构。底盘的一侧安装钻机的动力系统与操作系统,另一侧设置有钻杆排架,可容纳 50 m \varnothing 91 mm 钻杆,中间是桅杆支架和起塔油缸,底盘的 4 个角安装有支腿油缸,用于支撑和平衡钻机。

履带行走机构安装在底盘的外侧,由销钉和螺栓固定,采用宽体硬质橡胶履带,由液压马达驱动链轮、导向轮、链条带动行走。支腿油缸支起底盘后,可以更换橡胶履带。履带行走马达采用韩国产 JMV-21/11 型液压马达,最大输入流量 35 L/min,最大输出扭矩 4420 N·m,手动节流调速,最高行走速度 3.2 km/h,爬坡角度为 30°。

2.8 液压系统

液压系统主要由液压泵、液压马达、油缸、液压阀、压力表及管件等组成(见图 3),强风冷却,液压泵为三联齿轮泵,排量分别为 50、30 和 10 mL/r,形成 3 个液压油路,3 个液压油路共用液压油滤清器和油箱,油箱容积 200 L。

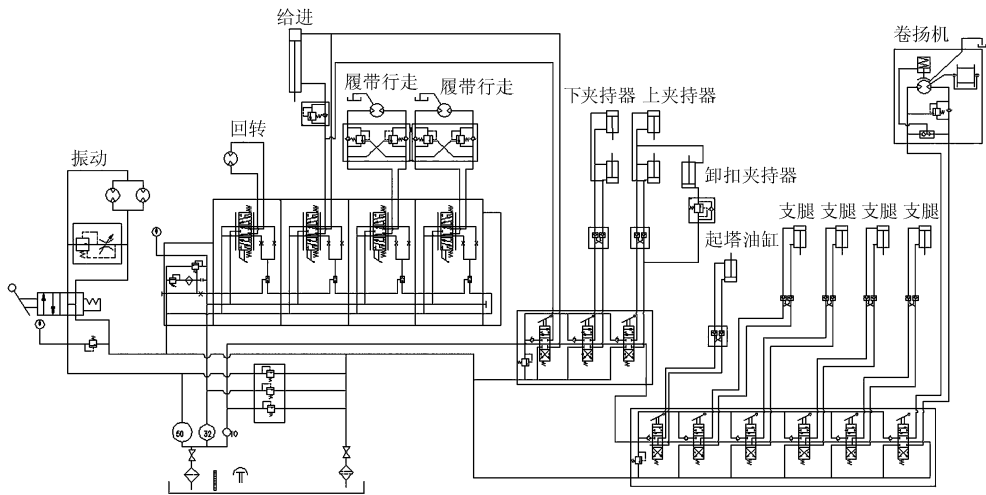


图 3 TGSD-50 型声频振动取样钻机的液压系统图

油路 1 由排量为 50 mL/r 液压泵和 H 型换向阀、2 个技术参数相同的高速马达组成,高速马达驱动声频振动头的偏心轴旋转产生声频振动力,其最高持续压力 35 MPa,最高持续转速 12800 r/min,最大持续输入流量 63 L/min,由 2FRM10-21/50 L 阀旁路调节高速马达的输入流量,达到调节振动头的振动频率。为了避免启闭高速马达时产生液压冲击,油路采用 H 型换向阀。若柴油机以 2000 r/min 运转,高速马达的转速为 10000 r/min,其输出功率 27.9 kW,声频振动头的振动频率 167 Hz,最大振动

力 110 kN。

油路 2 由排量为 30 mL/r 液压泵与驱动回转动动力头的摆线马达、给进油缸、履带行走马达及多路换向阀组成。驱动回转动动力头的马达选用 6k-245 摆线马达,额定排量为 245 mL/r,输入流量(不考虑给进油缸)64 L/min,最高输出转速 123 r/min,最大输出功率 19.2 kW。

油路 3 由排量为 10 mL/r 液压泵与起塔油缸、4 个支腿油缸、上下夹持器油缸、卸扣夹持器油缸、卷扬机马达及多路换向阀组成,4 个支腿油缸分别

由4个手动换向阀操作,确保野外条件下钻机平稳放置。该油路所有油缸均带有液压锁,可使油缸锁定在任意位置,从而保证夹持器的夹持力、动力头输出轴与钻孔轴线的同心度、桅杆的铅垂度和钻机的稳定。

3个液压油路的设置使声频振动头、回转动力头、履带行走、夹持器、卷扬机等系统均能在额定负荷条件下工作,例如:声频振动头的高速马达工作时,夹持器油缸和卷扬机马达不工作,回转动力头的摆线马达可能不工作,油路3空载运行;钻机行走、卸扣提钻时,声频振动头的高速马达不工作,油路1空载运行,这样可有效地减少液压系统的发热和能量损失,提高各系统工作的稳定性。

3 主要技术参数

3.1 取样钻机

柴油机功率 50 kW (2200 r/min);最大给进力 40 kN;最大回拉力 60 kN;钻进深度 50 m;给进行程 1800 mm;给进速度 0~0.53 m/s;提升速度 0~0.27 m/s;桅杆高度 3720 mm;质量 3500 kg;外型尺寸 3500 mm×1800 mm×1800 mm。

3.2 声频振动头

驱动方式:液压马达;最高持续压力 20 MPa;输入流量 50 L/min;最大振动力 110 kN;振动频率 0~150 Hz;最大冲击功 120 J/次。

3.3 回转动力头

驱动方式:液压马达;输入流量 64 L/min;输出转速 0~120 r/min;最大输出扭矩 1400 N·m。

3.4 行走机构

行走方式:橡胶履带式;驱动方式:液压马达;最高持续压力 25 MPa;输入流量 35 L/min;最大输出扭矩 4420 N·m;爬坡角度 30°;行走速度 1.6~3.2 km/h。

3.5 卷扬机

驱动方式:液压马达;提升力 5 kN(第一层);容量 53 m;钢丝绳直径 8 mm。

3.6 夹持器

驱动方式:液压油缸;最大夹持力 60 kN;最大通孔直径 96 mm。

4 主要特点

声频振动取样钻进技术是一种广泛应用于土壤环境地质、工程地质、水文地质、环境治理和地球物理勘探与化探的新型取样技术,可连续无扰动地钻取各种类型的土壤样品,无回转、不产生岩屑、无冲

洗液循环、岩心样品保真度高、钻进过程不会产生二次污染;声频振动头产生 50~200 Hz 的振动力,使钻杆和岩样管周围的土壤层液化,减少了钻杆与周围土壤间的摩擦力,可以提高钻进速度;声频钻进通常采用外层套管和内层钻杆双管系统,钻进时,外层套管既可与内层钻杆同时向下推进,也可内管超前推进,有效地防止多层含水层的交叉污染,并且对孔壁起到保护作用,防止孔壁垮塌。声频振动取样已逐步成为现代环境地质取样不可或缺的手段之一。TGSD-50 型声频振动取样钻机有以下主要特点:

(1) 钻机全液压传动,机、电、液一体化,传动平稳、噪声低、操作集中、方便、省力、安全,可明显地改善钻探工人的劳动强度和工作条件,可减少生产配置人员;

(2) 采用声频振动技术,瞬时振动冲击力达到 110 kN,振动频率达到 150 Hz,给进力和起拔力大,不需要冲洗液循环,广泛适用于如砂土、粘土、砾石等各种覆盖层以及砂岩、灰岩、页岩等软岩层取样;

(3) 声频振动头的振动力直接传递到钻杆和取样管,减少了振动波的衰减,提高了冲击功的传递效率,同时,设置有良好的减振装置,可有效降低声频振动头的振动力传递到钻机上;

(4) 液压系统由三联齿轮泵组成 3 个液压油路,使声频振动头、回转动力头、履带行走、夹持器、卷扬机等系统均在额定负荷条件下工作,有效地减少液压系统的发热和能量损失,提高各系统工作的稳定性;

(5) 声频振动头采用强制性油气润滑系统,有效地避免高速轴承和偏心轴在润滑油内高速旋转时因润滑油的粘滞作用而对高速轴承和偏心轴产生巨大的阻尼力矩,润滑效果好,散热效率高;

(6) 行驶操作简单轻便,只需 2 个手把就可控制车辆的前进、倒退、转弯或原地转向,驾驶容易,爬坡能力强,适用于野外作业;

(7) 仪器、仪表齐全,能实时监控设备运转和孔内情况,便于科学打钻;

(8) 电器系统控制发动机的启动、熄火,可根据声频振动头的振动频率调整强制性油气润滑系统的供油量,监控设备运转状况。

5 结语

通过对样机的调试和室内测试, TGSD-50 型声频振动取样钻机的各项技术参数达到设计要求,

(下转第 70 页)

表2 不同泥浆配方钻杆内、钻孔环空对应的压力值

编号	配方	环空压力 /MPa	增长比率		环空加权值
			钻杆内	环空	
1	4%粘土	0.027	1	1	1
2	5%粘土	0.065	2.07	2.41	2
3	6%粘土	0.086	2.95	3.18	3
4	8%粘土	0.209	7.41	7.74	7.5
5	10%粘土	0.467	16.92	17.3	17
6	12%粘土	0.831	30.37	30.78	30.5

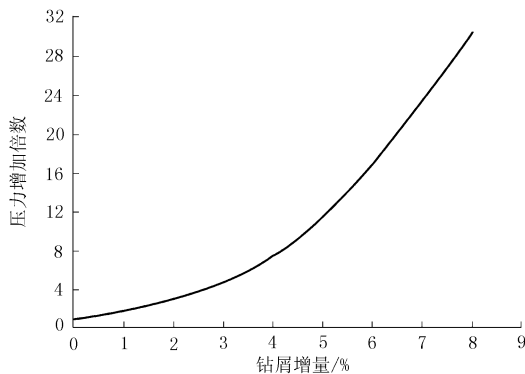


图2 压力增长倍数和钻屑增量关系曲线图

$$y = -0.0093x^4 + 0.164x^3 - 0.4161x^2 + 1.2534x + 1 \quad (R^2 = 1)$$

由以上实验数据可知,钻屑含量 > 6% 时,环空泥浆压力增加很快,所以钻屑含量不宜超过 6%,因此可取 $\eta = 6\%$ (理论上,钻屑含量当然越少越好,但综合考虑施工进度因素,可取 $\eta = 6\%$),将 $\eta = 6\%$ 代入(3)式和(4)式可得到泵量与钻速相匹配的计算模型:

$$Q = \left[\frac{0.12gD(\rho_s - \rho_m)}{e_s f_m \rho_m} \sqrt{\frac{4gd(\rho_s - \rho)}{3f_m \rho}} \right]^{1/3} \cdot A \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (5)$$

$$v = 0.0638Q/A \quad (\text{m}/\text{min}) \quad (6)$$

4 现场应用

武汉某管道穿越工程,穿越水平距离 1300 m,钻遇地层以粘土、粉土和粉质粘土为主。现场测得的相关参数为: $\eta = 6\%$; $D = 0.2415 \text{ m}$; $\rho_s = 1700 \text{ kg}/\text{m}^3$; $\rho_m = 1240 \text{ kg}/\text{m}^3$; $e_s = 0.01$; $d = 0.2 \times 10^{-6} \text{ m}$; f_m

$= 0.2$; $\rho = 1200 \text{ kg}/\text{m}^3$; $A = 0.04578 \text{ m}^2$ 。代入(5)和(6)式计算最优的泵量与钻速。

计算得到的最优泵量 $Q = 1.36 \text{ m}^3/\text{min}$, 与之匹配的最优钻速 $v = 1.9 \text{ m}/\text{min} \approx 2 \text{ m}/\text{min}$ 。

现场按照上述所计算得到的泵量与钻速的数值进行施工,钻屑能顺利从钻孔中排出,钻孔的泥浆环空压力一直维持在 1 MPa 以内(如图 3 所示),成孔质量较好,没有发生憋压、卡钻等现象,保证了整个工程的顺利完成。

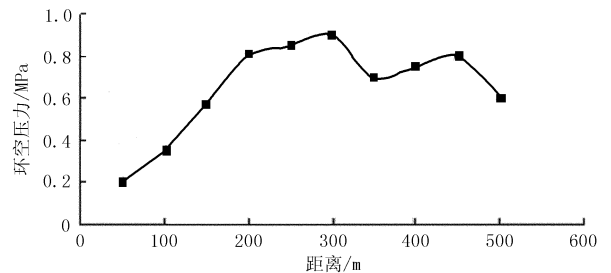


图3 实测环空压力曲线图

5 结语

泵量与钻速是水平定向钻进中的 2 个重要施工参数,本文运用固液两相流的理论知识,并考虑钻屑含量的影响,建立泵量与钻速匹配的计算模型。实践表明该模型较为符合实际,对现场施工有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 颜纯文,非开挖管线施工技术的发展及我国对策[J]. 探矿工程,1998,(2~3).
- [2] 李晓芬,乌鸣,王海,等. 对非开挖钻孔缩径抱管问题的分析探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2): 63-65.
- [3] David K. Ferry,等. 水平定向钻孔中钻屑的悬浮和排除[J]. 李晓苗译. 非开挖技术,2005,22(2~3).
- [4] 费祥俊. 浆体与粒状物料输送水力学[M]. 北京:清华大学出版社,1994.
- [5] 倪晋仁,王光谦,张红武. 固液两相流基本理论及其最新应用[M]. 北京:科学出版社,1991.
- [6] 白晓宁,胡寿根. 固液两相流管道水力输送的研究进展[J],上海理工大学学报,1999,21(4).
- [7] 陈立,林鹏,叶小云. 泥沙对挟沙水流流动结构影响的研究[J]. 水利学报,2003,(9): 39-42.

(上接第38页)

能够满足声频振动取样钻进的需要,从而成为我国地勘装备的一个新产品。

参考文献:

- [1] 张培丰,王福平,朱文鉴,等. 现代土壤环境科学钻探取样技术[J]. 地质装备,2009,10(S1): 17-22.

- [2] J. P. Davis. Sensitive infrastructure sites-sonic drilling offers quality control and non-destructive advantages to geotechnical construction drilling [EB/OL]. <http://www.dtic.mil/ndia/2005triservice/track7/davis.pdf>, 2005-08-04.
- [3] 叶成明,李小杰,刘迎娟. 浅析声波钻进技术[J]. 勘察科学技术,2007,14(5): 29-31.
- [4] 吴光琳. 声波钻进技术的发展及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(3): 39-41.