

# 声频振动钻机及其液压系统的设计

史海岐, 刘宝林

(中国地质大学(北京)科学钻探国家专业实验室, 北京 100083)

**摘要:**介绍了新型声频振动钻机的发展现状、原理及优点, 与传统的钻机相比, 这种钻机具有高效、安全、可靠的优点; 同时介绍了声频振动钻机液压系统的工作原理和各油路系统。

**关键词:**声频振动钻机; 液压系统; 负载敏感; 换向阀

**中图分类号:** P634.5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-7428(2007)07-0044-03

**Design on Sonic Frequency Resonance Drill and Hydraulic Pressure System/SHI Hai-qi, LIU Bao-lin** (China University of Geosciences National Lab of Scientific Drilling, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Introduction is made on sonic resonance drilling about the principle, and advantages. Comparing with traditional drill, it presents high efficiency, safety and credibility. Operational principle of the hydraulic pressure system and each oil line system are also detailed.

**Key words:** sonic frequency resonance drill; hydraulic pressure system; load-sensibility; direction valve

## 1 概述

随着钻探行业的复苏, 传统的钻探方法、钻进速度、岩样完整性都不能满足工程和研究人员的要求。一些钻探技术较发达的国家在研制适合各种地质条件、各种工况下的钻探设备、仪器、工具, 以及钻探用超硬材料和钻井液方面已做了大量工作, 特别是在钻机的自动化程度、多功能性、多用途方面下了很大的功夫。

声频钻进是钻进多种覆盖层的最好方法之一, 目前在美国、加拿大和日本, 这种技术主要用于环境钻探, 另外在地基勘察、砂矿勘探、地震物探爆破孔、水井建设和岩土施工等方面也有比较广泛的应用。通常钻孔深度为 100 m 左右, 岩土样品直径为 100 ~ 300 mm。

我们此次所研制的声频钻机可以在松散(软)的第四系地层中实现快速无循环成孔、无扰动原状取心取样, 满足浅层环境科学钻探、环境地质调查、环境治理和相关领域的钻探、取心需要, 填补我国在声频振动钻进理论、声频振动钻机和钻进工艺方面的空白。

## 2 声频振动钻机概况

### 2.1 声频振动钻机的发展现状

早在 20 世纪 40 ~ 50 年代, 美国和苏联就研究

过声频钻进技术。当时美国研制了一种称为“声钻”的孔底振动器, 目的是提高钻进速度, 由于振动能过高导致孔底部件损坏而未能成功。苏联则开发了地面振动器, 只靠振动作用钻进土层, 而钻具不回转, 所以实际应用受到限制。60 年代美国壳牌石油公司制造出大功率的地面振动器, 用于油田服务工作, 诸如起拔套管和修复油井等, 另外还用于高速打桩。90 年代以后, 经过一系列的改进和多方面的应用试验, 声频钻进才日趋成熟。钻探和钻孔工作量不断增加, 出现了许多声频钻进承包商, 如美国的 Boart Longyear 公司环境钻探部、Bowser - Morner 公司、Prosonic 公司, 加拿大的 Sonic Drilling 公司等。

### 2.2 声频振动原理

声频振动原理如图 1 所示, 它利用偏心块的高速运动, 产生高频(150 ~ 200 Hz)振动, 然后引起钻杆振动, 使钻杆周围的土壤液化, 另外振动作用还把土粒从钻具的侧面移开, 降低钻具与孔壁的摩擦阻力, 同时利用钻杆自重和静压力推动钻杆和钻具贯入地层, 不需回转和冲洗液循环, 实现在第四系地层中快速钻孔或高质量取心。

### 2.3 声频钻进的优点及应用范围

声频振动钻机与传统的钻机相比, 具有以下优点:

(1) 岩土样品准确。可以在不使用空气、泥浆、

收稿日期: 2007-03-22

基金项目: 国际合作重点项目(编号: 2005DFA21150)

**作者简介:** 史海岐(1981-), 男(汉族), 陕西人, 中国地质大学(北京)硕士研究生, 地质工程专业, 从事科学钻探技术与方法的研究工作, 北京市海淀区学院路 29 号, shihaiqi - bj@126.com; 刘宝林(1959-), 男(汉族), 吉林人, 中国地质大学(北京)教授, 探矿工程专业, 博士, 从事科学钻探技术与方法的研究工作。

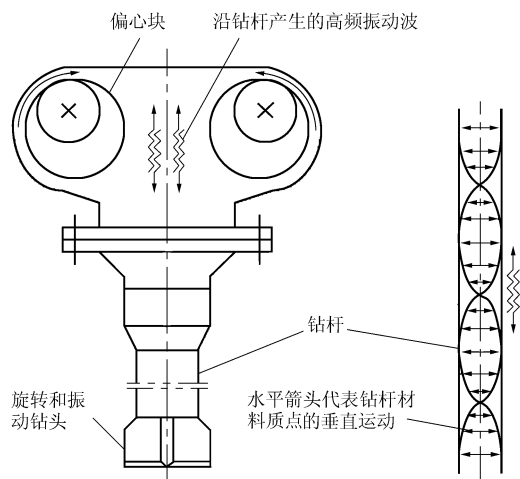


图1 声频振动原理图

辅助设备或者不需要回转的情况下获得大直径( $\varnothing 76 \sim 254$  mm)的、完整的、连续的岩样。

(2) 钻进速度快。与绳索取心钻进、螺杆钻进等方法相比,其准备工作时间短,取样速度快,给进速度可以达到  $0.2$  m/s。

(3) 施工安全性好。手工劳动少,减少回次时间,加接钻杆快,并使用液压夹持器和扳手,工作环境更为安全。

(4) 岩样污染少。由于岩样是在岩心里,到地表后是被挤进塑料袖管里,或是用不锈钢管直接收集,从而消除了岩样的直接接触,减小了岩样的污染。

(5) 钻进成本低。由于声频钻进的日进尺多,相应的成本就会降低。

鉴于以上优点,声频钻机可广泛应用于环境研究、资源勘查、环境监测井、地质工程等领域,由于振动频率高,将极大的提高工作效率,降低钻进成本。

### 3 液压系统设计

为了达到整机的要求(振动沉孔  $30$  m, 回转孔深  $100$  m), 声频振动钻机的液压系统采用了  $2$  个主油路和  $1$  个辅助油路, 主油路主要是完成钻机的振动和回转作用下的成孔要求, 辅助油路是在钻机回转时使用泥浆泵而配备的。液压系统采用了普通的开式系统, 结构简单, 油液在油箱中能散热、冷却和沉淀杂质, 由于开式系统中液压缸或液压马达在制动或换向过程中, 外负载的惯性运动产生的能量是不能回收的, 只能以发热的形式释放出去, 考虑到整机的简单、灵活, 由柴油机的输出带动风扇进行散热。

#### 3.1 主油路 I

主油路 I (见图 2) 采用了负载敏感变量泵和负载敏感多路比例换向阀的油路系统。目前许多国外的液压公司都有负载敏感多路比例换向阀, 例如 HAWE、REXROTH、PARKER、DANFOSS 等。这项技术已经非常成熟, 在许多领域都得到了广泛的运用。主油路是由一拖的 LRC4108G57 型  $65$  kW 的柴油机, 经弹性联轴器带动两联泵 MA10VO45DFR/31RPRC12K02 和 A10VSO28DR/31RPSC12KN00 工作。主油路 I 是由  $45$  mL/r 泵驱动, 通过意大利的 HPV41 摩擦定位负载敏感多路比例换向阀驱动左、右行走马达, 回转马达和  $2$  个振动马达。回转和振动马达带动钻具, 回转时其转速可以在  $50 \sim 165$  r/min 范围内调节。振动的情况下, 其频率最高可达  $150 \sim 200$  Hz。  $45$  mL/r 泵的油路系统工作压力  $20$  MPa, 作为负载敏感变量泵, 能够根据负载的压力反馈自动调节系统压力, 减少了系统能量损失。回油经冷却器、过滤器进入油箱。

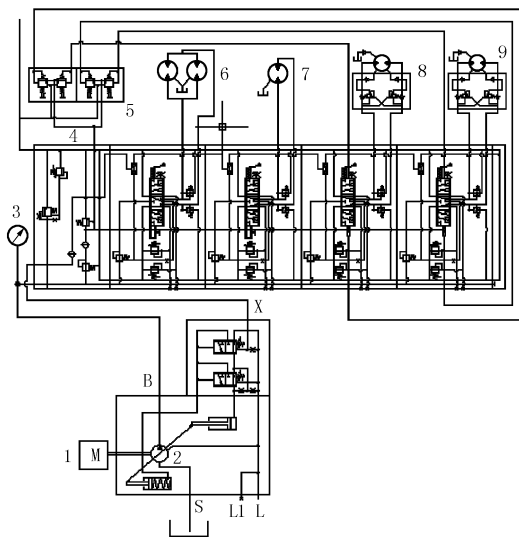


图2 主油路 I 液压系统

1—柴油机; 2—负载敏感泵; 3—压力表; 4—负载敏感多路比例换向阀; 5—先导手柄; 6—振动马达; 7—回转马达; 8—左行走马达; 9—右行走马达

使用负载敏感变量泵和负载敏感多路比例换向阀, 有以下几个优点。

(1) 由于采用比例控制技术, 实现液压系统工作稳定而准确。执行机构的油缸或马达需要无级速度控制时, 其控制速度只决定于阀芯的位移量, 而不随负载的变化而变化, 良好的线性控制可以使操作者得到所需的准确、稳定的控制结果。

(2) 多执行机构组合动作, 满足多个执行机构同时工作。在使用多路阀时, 需要有  $2$  个或  $2$  个以上执行机构同时工作时, 在其负载压力流量不同的

情况下也可以实现组合动作,这时使用带有压力补偿负载传感多路阀的优势就会明显地体现出来,该阀可以使每一路执行机构的流量和压力互不影响,满足每一路负载的需求。

(3) 提高液压系统效率,减少系统发热。常规液压系统和普通多路阀液压系统使用定量泵时,采用溢流阀溢流,这时系统的功率损耗较大,如使用负载敏感变量泵和负载敏感多路比例换向阀可使流量和压力与系统所需达到最佳匹配要求,也就降低了系统的功率损耗,从而减少系统发热。

(4) 适用于有减振要求、且对系统平稳性要求高的系统。比例多路阀使用的液压系统中常有超越负载或其它可能产生振动的情况,比例多路阀可以选择多种不同的阻尼调节方式进行减振控制,优化液压系统的设计。

### 3.2 主油路 II

主油路 II (见图 3) 采用了恒压泵和普通的多路换向阀相配合的油路系统。28 mL/r 恒压泵 1 经多路换向阀 2 向给进油缸 6、夹持器油缸 7、绞车马达 8 和起塔油缸 9 供油。给进油缸采用了进油口节流调速,回油口调压的回路。调速阀 4 可控制给进速度快慢,减压阀 5 可以根据孔底压力的变化及时调整给进压力,回油背压的存在可使给进速度更加稳定,使钻速对钻压的波动影响较小,从而减少了对钻头切削刃上的动载作用,延长钻头寿命。在起塔油缸 9 的进出油口装有液压锁 10,从而保证了起塔油缸工作时能保持一定的压力,使它达到近似垂直的位置,在钻进时使钻具和钻孔保持很好的同心度。除了打垂直孔外,还可以使起塔油缸在一定的角度下,打向下或向上的倾斜钻孔。

### 3.3 副油路

整个液压系统的副油路比较简单,声频钻机除了振动部分外,还设计了回转部分,所以副油路由 25 mL/r 齿轮泵和一个普通多路换向阀共同驱动泥浆泵马达工作,可以在压力分别为 3.5、5、7.5 和 10

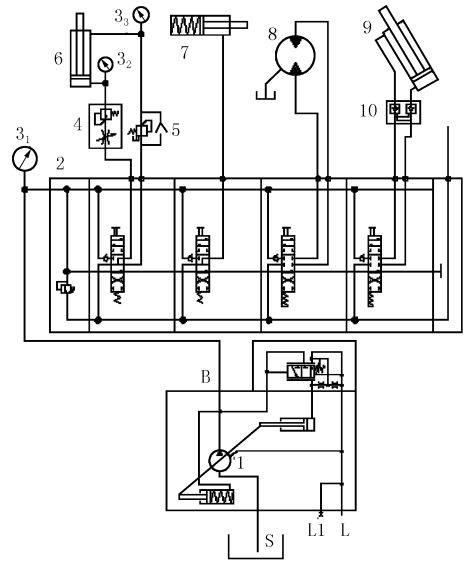


图 3 主油路 II 液压系统

1—恒压泵;2—多路换向阀;3—压力表;4—调速阀;5—减压阀;6—给进油缸;7—夹持器油缸;8—绞车马达;9—起塔油缸;10—液压锁

MPa 四种挡位下工作,从而可以改变泥浆泵流量的大小,以满足孔底钻探或处理井下事故的需要。

## 4 结语

目前,声频振动钻机在国内还是空白,凭借其高效率、低能耗、应用广等优点,相信其前景是非常广阔的。该液压系统尚处于研究开发阶段,主油路 I 采用了负载敏感变量泵和负载敏感多路比例换向阀的油路系统,系统工作稳定而准确,提高了效率,减少了系统发热。虽然液压系统的设计已经完成,但还需在做完试验后,对其不合理的地方进行改进,以期逐步达到完善。

## 参考文献:

- [1] 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).
- [2] 熊文辉. 铁路大型养路机械液压系统设计的新思路[J]. 机床与液压, 2006, (7).

(上接第 39 页)

查孔质量检查情况,对围堰防渗帷幕灌浆工程得出以下结论:围堰防渗帷幕灌浆施工,上游灌浆在直线工期内完成,保证了基坑的按时开挖;下游围堰灌浆施工也保证了基坑开挖总体布置的顺利进行;灌后砂卵石层的渗透系数  $k > 1 \times 10^{-4}$  cm/s,满足设计要求。本工程所采用的施工组织措施、方法与设计及监理单位要求的施工方式及工艺相适应,能满足

设计的各项技术要求;冬季灌浆施工只要采取合理的施工方案,其质量及进度能满足要求;对河床覆盖层进行灌浆作为围堰的处理方案是合理可行的。

## 参考文献:

- [1] SL 62-94, 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].
- [2] 编写组. 地基处理手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.