

声波钻进振动器的结构原理浅析

张 燕

(中国地质科学院探矿工艺研究所,四川 成都 611734)

摘 要: 声波钻进技术经过几十年的不断改进发展,取得了长足的进步,目前在国外得到广泛应用。为加快我国声波钻进技术研究进展,对国外用于声波钻进的三种振动器的结构原理进行了分析。

关键词: 声波钻进;振动器;结构;原理

中图分类号: P634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)07-0077-04

Analysis on the Structure Principle of Sonic Drilling Vibrator/ZHANG Yan (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: Sonic drilling technology has made considerable progress through improving and developing in several decades and is widely applied abroad. Analysis was made on the structure principle of 3 types of vibrator used for sonic drilling a-broad to speed up the reseach progress of sonic drilling in China.

Key words: sonic drilling; vibrator; structure; principle

0 引言

声波钻进是一种新型钻探技术方法,它把高频振动力、回转力和压力三者结合在一起,使钻头钻入土层或软岩进行钻探或其它钻孔工程。国外自 20 世纪 70 年代研制成功适用于钻进的小功率振动器(100 HP)后,80 年代在美国的环境钻探工作中,由于其钻进速度快、岩心样品保真度高、钻进过程不会产生二次污染,得到广泛应用。90 年代以后,经过不断改进和多方面的应用试验,声波钻进技术日趋成熟。钻探工作量不断增加,出现了许多声波钻进承包商,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。声波钻进设备制造商也较多,如美国的 Versa - Drill 国际公司、Acker Drill 公司、Gus Pech 制造公司、加拿大的 Sonic Drill 公司、日本的利根公司等。目前,除美国外,声波钻进技术在加拿大、荷兰、非洲、澳大利亚、圭亚那和亚洲等国家和地区得到应用。应用范围包括地质勘探、水文水井钻进、滑坡勘察与治理、地热采暖设备安装、地震爆破孔施工等几乎所有的钻探领域。在我国,声波钻进还属于空白。

声波钻进的关键设备是声波钻进头,也就是振动器。振动器能够产生纵向正弦压力波,该正弦压力波传递到与钻头连接的钻杆上。当振动与钻杆的自然谐振频率叠合时,就会产生共振。此时钻杆的

作用就像飞轮或弹簧一样,把极大的能量直接传给钻头。振动器产生的高频振动频率可以调节,频率通常为 50 ~ 185 Hz。目前,国外声波钻进振动器产生正弦压力波的方式已经知道有 3 种类型:机械式振动器、液压式振动器、压电式振动器。

1 机械式振动器

(1) 采用直接驱动机械振动的声波钻机的例子见 R. Roussy 的 2 个相关美国专利 5027908 和 5409070, Roussy 设计的特点是:一个马达通过一对带花键的齿轮连接和驱动水平轴,水平轴借助于带花键连接、具有球形末端的第二根轴与转动曲柄连接,一对转动曲柄驱动一对偏心滚轮反向旋转,每个滚轮装在圆柱形腔体中,反向旋转的偏心滚轮的不平衡力形成垂直轴和钻杆的上下振动。

(2) 美国专利 730628 是机械式振动器的另一个例子,图 1 为声波钻进头的正视图,图中 1 是声波钻进头,2 是声波钻进头的上帽形盖,在壳体的右上方是旋转枢轴的驱动马达 3,4、5、6、7 是外壳形状,8 是下帽形盖,9 是外部管线,壳体的左边为润滑油泵 10,11 是油管,而声波振动器驱动马达 12 位于壳体的顶端。

图 2 是从图 1 中提取出的正弦发生器和心轴的纵向剖视图。图 3 是图 2 沿 5-5 线的横向断面图。其设计特点是:振动力通过正弦波或振动波发生器

收稿日期:2010-02-25

作者简介:张燕(1960-),女(汉族),四川人,中国地质科学院探矿工艺研究所高级工程师,探矿工程专业,从事科研和情报信息工作,四川省成都市郫县成都现代工业港(北区)港华路 139 号。

69 作用于心轴 30。如图 2、图 3 所示,正弦波发生器包括:第一对偏重块 70、72;第二对偏重块 74、76。

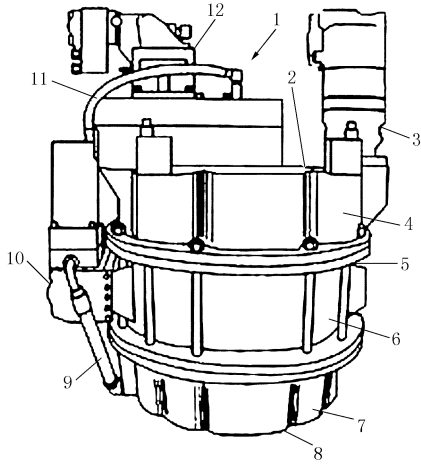


图 1 声波钻进头的正视图

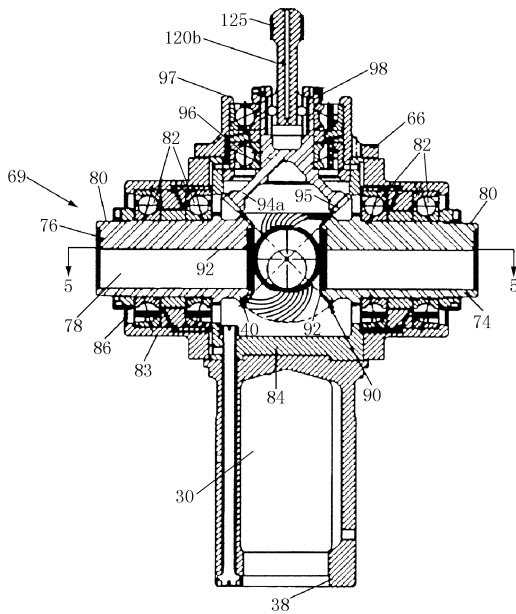


图 2 正弦发生器和心轴的纵向剖视图

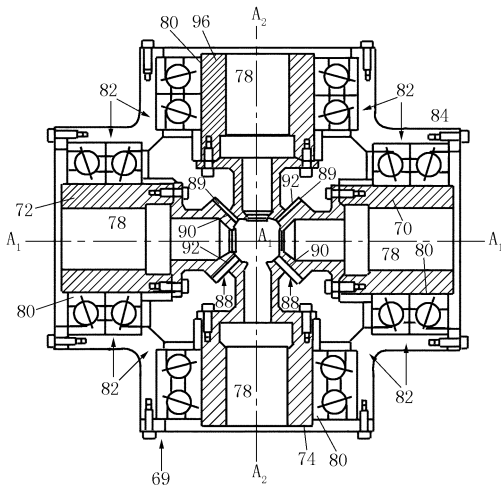


图 3 图 2 沿 5-5 线的横向断面图

每个偏心重块具有通孔 78,通孔 78 造成偏心以实现重块的不平衡。每个偏重块还具有外圆周面 80,外圆周面 80 是一段轴颈用于承受来自轴承 82 的旋转负载,而轴承 82 安装在正弦发生器 84 外壳的轴承盖 83 中,以便支撑偏重块。因此,偏重块承受了来自轴承 82 的相对于轴承盖的旋转负荷。如图 3 所示,第一对偏重块 70 与 72 同轴于 A_1 ,而第二对偏重块 74、76 绕同一根轴 A_2 旋转, A_1 与 A_2 垂直相交。它们还与心轴的轴线 A_3 相交。

第一对偏重块 70 和 72 在其带齿 89 的末端都有一个圆锥面 88,而齿 89 沿着整个锥形面 88 扩展。第二对偏重块 74、76 也有一个锥形面 90,90 比 88 要短些并带有相对较短的齿 92。与齿 89 啮合的较短的齿 92 最靠近心轴 30 的轴线。螺旋伞齿轮 94 包括与齿 89 啮合的齿 95。螺旋伞齿轮 94 承受来自轴承 96 的旋转负载,轴承 96 安装在连接器 66 上。轴承 96 的外圈通过连接器 66 内径上的凸缘 97 定位,而内圈的定位是通过轴承止动锁紧螺栓 98 旋入螺旋伞齿轮 94 的外径来保证的。因此,螺旋伞齿轮 94 旋转带动偏重块 70 和 72 相对于心轴 30 旋转,偏重块 70 和 72 又依次通过齿 89 和 92 带动偏重块 74 和 76 的旋转。正弦发生器 84 在上部和底部有润滑油(图中未显示)直接喷射到偏重块的齿轮齿面上。这 4 个偏心块的外壳 83 由螺栓(图中未显示)紧固在正弦发生器外壳 84 上,且具有用来润滑轴承的润滑油通道。

在钻进作业中,螺旋伞齿轮 94 由驱动马达 12(图 1)驱动。由于螺旋伞齿轮 94 与偏重块 70、72 相啮合,因此螺旋伞齿轮旋转也带动偏重块 70 和 72 旋转。由于偏重块 70、72 与偏重块 74、76 连接,偏重块 74、76 也被带动旋转。值得注意的是,后者与 70、72 的旋转方向是相反的。另外螺旋伞齿轮 94 不是与 74、76 直接啮合,因此,这些偏重块反向旋转并相对与轴承盖 83 旋转,从而形成一个反作用力的振动系统。振动是通过心轴 30 传递给钻入地层中的钻杆和钻头的(图中未显示)。

机械式振动器是目前声波钻进广泛采用的振动器,这种振动器存在摩擦问题,而且具有较高的机械载荷作用在组件上。

2 液压式振动器

液压式振动器是为了解决机械式振动器存在的问题而出现的,美国专利 7234537 就是这类振动器的一个例子,该专利于 2007 年由美国专利局公开。

图 4 是液压式声波钻进头的示意图,1 是声波钻进头,它位于地面 2 上,圆筒 3 的上端是压重物 4,工作活塞 5 在圆筒 3 的内腔中作往复运动。工作活塞 5 与活塞杆 6 相连,活塞杆 6 的一端 6a 伸入压重物 4 的内腔 4a 中,液体密封 8 位于 4a 中,保证在圆筒 3 的内腔和周围环境之间的密封。活塞杆 6a 的另一端延伸穿过密封圈 9,9 装在圆筒 3 的内腔末端,以保证工作活塞 5 之下的圆筒 3 的内腔孔与周围环境之间的密封。活塞杆 6 在地面 2 与钻杆 11 连接。

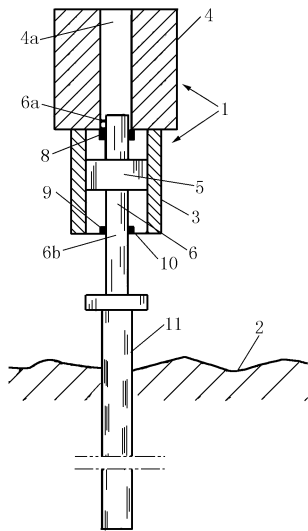


图 4 液压式声波钻进示意图

图 5 是圆筒中活塞的截面图,其设计特点是:圆筒腔体中包括接通高压液流的进入通道 12 和孔 13,腔体中还包括第一排出通道 14 和排出口 15、第二排出通道 16 和排出口 17;工作活塞 5 包括第一液流通道 20,20 与活塞 5 的轴向表面中的开口 21

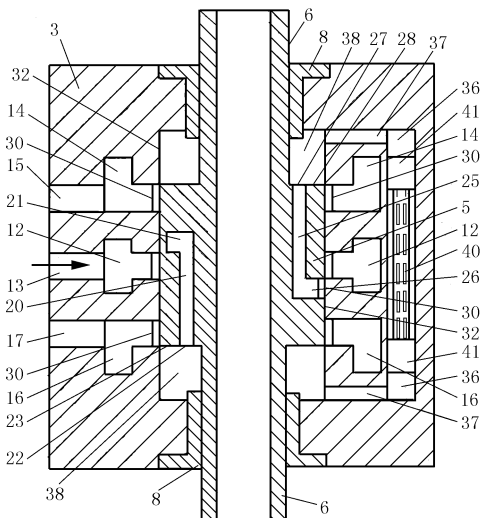


图 5 圆筒中活塞的截面图(活塞处于中间位置)

连通,20 沿着活塞 5 轴向延伸到活塞 5 的环槽脊 23 中的出口 22 处;开口 21 偏离活塞 5 的纵向中心;活塞 5 还包括第二液流通道 25,25 的一端与活塞 5 的轴向表面中的开口 26 连通,另一端延伸到活塞 5 的环槽脊 28 中的出口 27 处;开口 26 和开口 21 等距离、相对偏离活塞 5 的纵向中心。

圆筒腔体中还具有一个调节孔 36,它通过通道 37 在活塞 5 的上下方与腔体 38 连通,调节活塞 40 可在调节孔 36 中自由往复运动,密封圈 41 安装在活塞 40 的两端,防止液流流过密封圈。

钻进时,液流在压力下被输送到入口 13 并进入通道 12,通道 12 环绕圆筒腔体壁 360° 延伸。当活塞处于图 6 位置时,如箭头所示压力液流将进入第一液流通道 20,通过出口 22 进入腔体 38。在此位置出口通道 17 被关闭,而出口通道 14 开启,值得注意的是无论何时活塞上下的腔体 38 保持与通道 37 连通,从而连同孔 36。

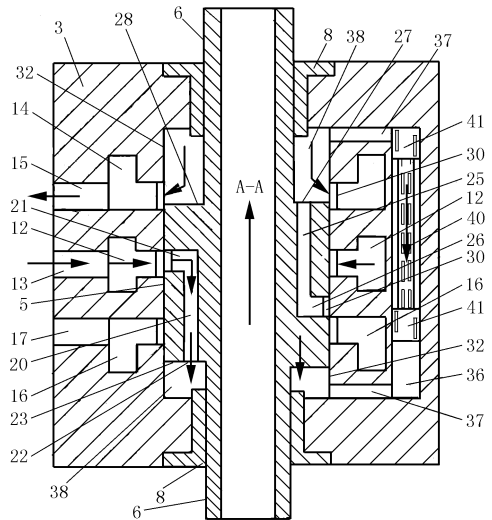


图 6 圆筒中活塞的截面图(活塞处于上行位置)

液流压力将作用在活塞的环槽脊 23 上,使活塞向箭头 A - A 所示方向运动,随着活塞的上行,将关闭第一液流通道 20 的进入通道 12,还将关闭腔体 38 的出口 14。当活塞上行一段距离时,第一液流通道 20、开口 21 关闭,还将关闭腔体 38 的出口 14,活塞之上腔体 38 中的液流将由通道 37 流入孔 36 中。液流压力将作用在调节活塞 40 的上端面,活塞 40 向箭头所示方向运动,使腔体 38 中的压力得以释放,预防在活塞之上腔体 38 中形成过大的压力,使活塞 5 完成其冲程。

随着活塞 5 沿着图 6 箭头 A - A 所示方向运动,第二液流通道 25 的开口 26 将与入口 12 连通,液流在压力下流过第二液流通道 25 和开口 27 进入

活塞之上腔体 38 中。活塞一直上行直到到达图 7 所示位置,在这一阶段,经 38、27 进入第二液流通道的液流压力将作用在活塞 5 上使其返回开始第二次循环。

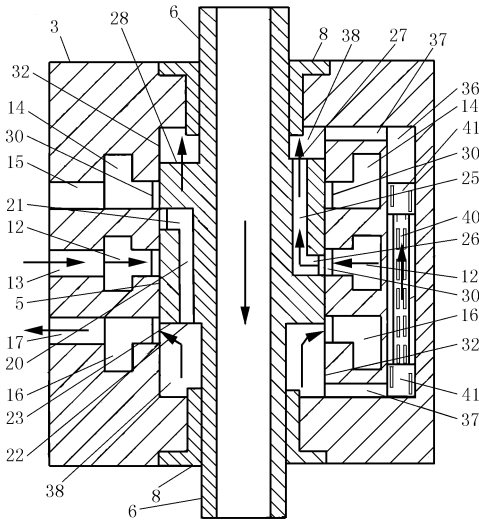


图7 圆筒中活塞的截面图(活塞处于下行位置)

如图6、图7所示,活塞5的往复运动产生的振动力将作用在钻杆上,振动与钻杆的自然谐振频率叠合时,就会产生共振,把极大的能量直接传给钻头,实现快速钻进。

3 压电式振动器

专利合作条约组织颁布的专利WO/2001/

083933 是压电式振动器的一个例子。

压电式声波振动器由金属-压电陶瓷-金属组成,就象夹心三明治,通过螺栓把它们紧压在一起,它可在非常宽的温度范围内工作。在高电压作用下,压电式振动器产生振动,并通过一机构使振动增强,该振动力作用在钻杆上,使钻杆产生共振,把共振形成的极大的能量直接传给钻头。

4 结语

目前,国外声波钻机广泛采用的是机械式振动器,这类振动器结构复杂,存在摩擦及机械负荷大等问题。近两年出现的液压式振动器结构比机械式简单,克服了机械式振动器存在的问题,是声波钻进振动器的新的发展方向。压电式振动器专利早在2001年就已公布,但至今未见到用于声波钻进的实例,还处于探索阶段。

参考文献:

- [1] 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, (5): 29-31.
- [2] Lange James, Smith Brian. Sonic Drilling Head[P]. 美国专利: US730628, 2003-08-12.
- [3] Garrick Ross Jehusson, Christchurch. Sonic Drilling[P]. 美国专利: US7234537, 2007-06-26.
- [4] Bar-Cohen, Yoseph, etc. Smart-ultrasonic/Sonic Drilling/Corer [P]. 专利合作条约组织: WO/2001/083933, 2001-11-08.

负小苏提出构建可操作的深部找矿技术体系

中国国土资源报消息 《深部探测技术与实验研究》专项实施已一年。7月15日,国土资源部专门召开深部探测技术与实验研究专项进展情况汇报会。国土资源部党组成员、副部长负小苏在会上讲话,部总工程师张洪涛主持会议。

负小苏提出,深部探测技术与实验专项实施以来,在大家的共同努力下,取得了阶段性的明显成效,特别是多部门、多学科联合,保证了项目的顺利实施。我国以往几十年地质工作,大都在500m以浅处进行,深部探测专项让我们把目光投向地球深部,很有可能打破现有的传统认识,为深部找矿开拓光明的前景,为国民经济和社会发展、为我国现代化建设提供更加丰富和更加适合需求的矿产资源。

他说,下一步,深部探测技术与实验研究专项要重点开展四项工作:一是要紧紧围绕深部找矿,统筹兼顾各项学科研究。深部探测专项涉及很多学科领域,有很多的目标任务,但是,根据我国目前的资源现状和近期、中期国家发展需求,我们首先要解决矿产资源问题,必须下决心尽快摸清家底,以保障经济社会发展和现代化建设需要,进一步加强经

济安全保护。二是要在项目结束时,达到三个目标:第一,形成以深部找矿为主的可操作的地质找矿技术体系;第二,在深部探测专项实施过程中,通过产学研结合的方式,落实深部探测关键仪器装备的研制,在引进、吸收、消化国外先进技术的基础上,形成国产化的新设备;第三,通过项目实施,聚集高科技人才,完善强化以深部探测专项为主的国家实验室建设,培养一批人才。三是对专项实施过程中发现的以油气为重点的新成矿区带,一定要认真研究,在切实确认的前提下,加大工作力度,使专项能够在找矿方面有大突破,出大成果,为缓解当前资源紧缺问题做出贡献。四是要严格按照财政部、科技部确定的项目管理办,切实加强项目资金监管。

会上,部科技与国际合作司司长姜建军和深部探测技术与实验研究专项负责人董树文分别介绍了专项实施管理情况和取得的重大科研成果。专家们集思广益,针对专项进展情况和今后的工作重点提出意见建议。财政部、科技部有关部门负责人,深部探测技术与实验研究专项专家委员会成员和专项及项目负责人等参加会议。