

牙轮 - 潜孔锤分动组合钻具的应用

杨振侠

(中煤地质工程总公司,北京 100073)

摘要:一种牙轮钻头、潜孔锤组合而成的新钻具,实现了一套钻杆柱带动 2 个钻头分别工作,即中空牙轮外钻头在外管作用下回转钻进,内钻头在潜孔锤冲击作用和花键套接头回转扭力作用下做冲击回转钻进,两钻头分动复合钻进实现了牙轮钻进和潜孔锤钻进的优势互补,大幅度提高了大口径钻井效率。

关键词:大口径钻井;牙轮钻头;潜孔锤;组合钻具;分动复合钻进技术

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)S1-0093-03

近年来,随着科学钻探、重大工程、能源勘查逐步增多,大口径石油、煤层气、页岩气、水井、地热井、盐井等钻探工作量急剧增加,其深孔取心、浅井硬岩钻进效率低的问题非常突出。如何大幅度提高大口径钻井效率是摆在探矿工程工作者面前的重大课题。

1 影响大口径钻井效率(能)的主要因素

在硬岩层中冲击钻进碎岩是提高钻井效率的最有效方法。目前最常用的是牙轮钻进、气动潜孔锤(简称气动锤)钻进和正在推广使用的液动潜孔锤(简称液动锤)钻进。牙轮钻头钻进是靠冲击压碎及剪切破碎岩石的,它的适用范围非常广泛,从软地层到硬地层都可采用。影响牙轮钻进效率的因素很多,但就硬岩钻进而言,主要是需保持足够的井底钻压,而浅井和超大口径井往往钻压达不到设计要求而效率低下。气动锤钻进是效率最高的钻井方法,Ø150 mm 以下浅井效益最好,而大口径深孔因凿岩面积大,排粉困难(需高风压、大流量)而成本骤升。经中国地质科学院勘探技术研究所改进研制的 YZX 系列高效液动锤和 SYZX 系列绳索取心液动锤,对提高钻效有良好的应用效果,但主要问题是冲击功不够和连续工作时间短,制约了该液动锤钻进技术大面积推广使用。目前,在科学深钻和煤层气参数井成井工艺方面,已有了一套完整的施工方案,即小钻取心(绳索取心钻进)、大钻二次扩孔成井工艺,主要问题是重复起大钻和扩孔重复钻进。

综上所述,影响大口径钻井效率(或效能)的主要因素为:牙轮钻进是需保持足够井底钻压;气动锤钻进因成本高不太适用大口径深孔;液动锤钻进则

是冲击功小,连续井底工作时间短;小钻取心、大钻扩孔成井工艺主要问题是重复起大钻和扩孔钻进。

2 牙轮 - 潜孔锤组合钻具

大幅度提高钻井效率,必须破除影响钻效的技术“瓶颈”。牙轮 - 潜孔锤分动组合钻具及钻进技术是将牙轮钻进和潜孔锤钻进技术相结合,优势互补;将小井取心、大钻扩孔成井工艺改为一次成井的新钻具、新工艺。

2.1 设计思路

大口径牙轮钻头钻井,为保持孔底额定钻压,传统的办法是更换转盘钻机,改为动力头钻机加压和多加钻铤靠钻具自重加压,这种做法既增大了钻具扭矩力,又对钻孔孔斜和安全不利。本钻具将钻头设计为中空牙轮钻头,这样既保持了钻孔直径,又大幅度减少了钻头克取岩石面积;既容易满足设计钻压(钻压按钻头克取岩石直径计算)(t/in)钻进,又大幅度降低井底总钻压。

潜孔锤钻进分为气动潜孔锤和液动潜孔锤钻进。潜孔锤钻进较小钻压(总压一般不超过 10 kN),但需要介质的高压和大流量。由于受设备和成本制约,提高压力比较困难,而流量又受液动锤选型与钻头直径制约。一般地讲,钻孔直径确定以后,液动锤直径要比孔径小 1~2 个级配,流量大,液动锤直径大,钻头克取岩石面积更大,使单位面积冲击功基本不变。由于液动锤钻进冲击功不够,影响钻进效率。鉴于这种情况,本钻具使用小冲击钻头,选用大级配液动锤,大幅度提高单位面积冲击功,进而提高钻进效率。

收稿日期:2013-06-30

作者简介:杨振侠(1956-),男(汉族),河北广宗人,中煤地质工程总公司北京监理咨询分公司经理、高级工程师、一级建造师、一级总监理工程师,探矿工程专业,从事钻探生产和地质勘探监理的管理工作,北京市丰台区西局南街甲 15 号, yhb_1014@126.com。

2.2 结构及工作原理

牙轮-液动锤分动组合钻具由中空牙轮外钻头、内冲击钻头、液动锤及双联花键套接头和花键轴接

头组成。现以 $\varnothing 216$ mm 牙轮-液动锤组合钻具为例说明其结构及工作原理。钻具结构如图 1 所示。

双联花键套接头通过上丝扣连接改造后的

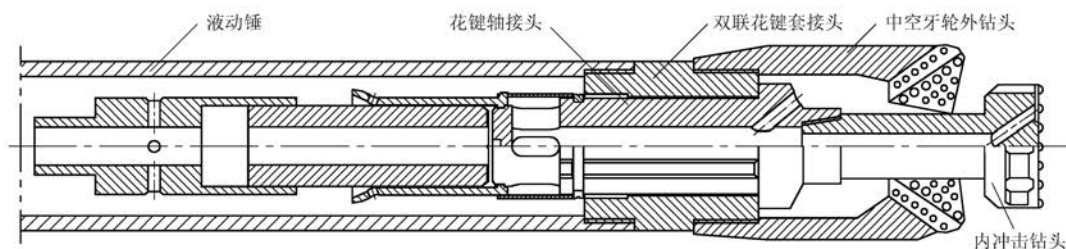


图1 牙轮-液动锤分动组合钻具

YZX178 液动锤外管,下丝扣连接中空牙轮外钻头,其内径花键连接内冲击钻头。

牙轮、潜孔锤分动复合钻进技术是将常规钻井过程中的单钻头钻进改为双钻头分别钻进。本钻具称之分动钻具是指内钻头承接液动锤重锤冲击及在双联花键套轴向回转力作用下形成冲击回转钻进,超前钻凿出先导孔;中空牙轮外钻头承接液动锤外管钻压和扭力,冲击压碎及剪切作用下破碎岩石,扩孔成井。

2.3 突破的关键技术

牙轮-液动锤分动组合钻具双钻头分别钻进破除了牙轮钻进和潜孔锤钻进的技术“瓶颈”,实现了2种钻进技术相结合,优势互补。

以 $\varnothing 216$ mm 钻具为例,钻具内冲击钻头 $\varnothing 130$ mm,配用的是 YZX178 液动锤,而常规高效液动锤钻进则只能选配 YZX98 液动锤。两者结构参数见表 1。

由结构参数可知,同样的钻头凿岩面积,本钻具

表1 YZX 液动锤结构参数

型号	液动锤外径 /mm	钻孔直径 /mm	冲锤质量 /kg	冲锤行程 /mm	自由行程 /mm	冲击频率 /Hz	冲击功 /J	工作泵量 /(L·min ⁻¹)	总质量 /kg
YZX98	98	112~120	15.0	30~40	10~12	20~40	80~120	200~300	72
YZX178	178	216~245	68.0	30~60	10~15	7~15	200~400	900~1800	410

的冲击功为 200~400 J,而常规高效液动锤为 80~120 J,两者相差 3 倍,本钻具所选液动锤有效克服了常规液动锤冲击功不够的弊端。而之所以能选比钻头直径大的液动锤,是外牙轮钻头扩孔为之提供了大孔径空间。中空外牙轮钻进是内冲击钻头凿出先导孔基础上的扩孔钻进,其钻进有 2 大特点:一是牙轮钻头克取岩石面积(直径)大幅减少,所需钻压为全面牙轮钻进的 2/5,即较容易达到设计钻压,保持参数最优钻进;二是扩孔钻进,除孔底一个破碎自由面外,多了一个先导孔自由面,有利于破碎岩石,提高钻效。这里需特别指出的是,牙轮钻进需要较高钻压,而液动锤冲击回转钻进则需要较小钻压,一般不超过 10 kN。这样,本钻具井底所需总钻压约为牙轮钻头全面钻进的 1/2;而液动锤冲击回转钻进,利用液压能凿岩,充分发挥了设备潜能。一套钻具,2 个不同钻头分别冲击回转凿岩,并且优势互补,互为依托构成本钻具的最大特点。

3 效能分析

牙轮、潜孔锤分动复合钻进技术产生多项效果。

(1) 牙轮超低压钻进。这种新钻具所需井底总钻压为全面钻进钻压的 1/2,极大地改善了总钻柱的工作条件;而每个牙轮所承受钻压为全面钻进的 2/5,且牙轮臂长缩减 1/2,也极大地改善了牙轮受力状况。由于总钻压的大幅度减少或较容易达到所需钻压,既可大幅提高钻效,也非常有利于减小孔斜,减少孔内事故。

(2) 潜孔锤超大冲击功钻进。由于中空牙轮外钻头扩孔钻进破除了潜孔锤直径小于冲击钻头直径 1~2 个级配的“瓶颈”,本钻具 $\varnothing 130$ mm 内冲击钻头冲击功是常规潜孔锤冲击功的 3~6 倍。潜孔锤大冲击功钻进,既大幅度提高钻效,也充分发挥了水泵和空压机大流量潜能,降低了钻探成本。

(3) 牙轮钻进需大钻压和冲洗介质排粉,而潜孔锤需很小钻压,仅需冲洗介质压力和流量作功,两者互不矛盾,而同时需要低转速,使两种钻进方式互为依托、优势互补。

系列牙轮-潜孔锤分动组合钻具根据钻杆柱不同,可分为普通钻杆柱、双壁钻杆柱和绳索取心钻杆柱 3 类。牙轮-液动锤分动组合钻具、液动锤-双

牙轮分动组合钻具和牙轮-液动锤分动取心钻具3种钻具属普通钻柱类。这3种钻具是在不改变常规转盘钻机、水泵和原钻具(钻杆+钻铤)总体结构的情况下,添加上专用液动锤和钻头,实现牙轮-液动锤分动组合钻具钻进。这3种钻具可根据地层和地质要求选择确定,也可互换以提高钻效和保证质量。这3种钻具的优势是能充分发挥现在钻机机具的潜能,成本低、见效快、易推广;不足是液动锤工作数十小时,性能下降,需提大钻更换易损件,因此一般仅适用中浅孔。牙轮-气动锤分动钻具属双壁钻杆类。它是跟管钻进技术、牙轮钻进技术和气动锤钻进技术的有机结合。它充分发挥了牙轮钻进、气动锤钻进钻效高的特点,又以双回路循环解决了大口径空气钻进排粉难题。牙轮-液动锤分动绳索取心钻具和牙轮-液动锤分动绳索钻具属绳索取心钻杆类,一个是口径绳索取心钻进,一个是绳索无心钻进,根据地层和地质要求可通用互换,真正实现了大口径绳索取心的安全高效。由于石油钻杆的锥形扣高强度连接,扩大了绳索取心在复杂地层应用的安全性。

4 结语

综上所述,牙轮、潜孔锤分动复合钻进技术有3大特点。首先它是成熟有效的技术。牙轮钻进、潜孔锤钻进、绳索取心钻进、空气钻进等都是当前提高

钻效最常用技术。第二,它是钻探领域的技术创新。它是在应用国际领先新型高效液动锤的基础上,集成创新分动复合钻进技术,实现了一套钻柱,两个钻头用不同钻进方法钻进的新技术。第三,它是应用前景非常广阔的技术。系列(6种)牙轮、潜孔锤组合钻具,几乎适用大口径钻井所有范围,以其具有大幅度提高钻效的潜质,有可能改变目前钻进方法应用格局。特别是科学钻探、煤层气参数井等大口径取心钻进,更有其不可比拟的优越性。这项新技术还处在起步阶段,尽管结构简单、原理可行,也需要做大量的钻具设计、制造和试验工作。现根据分动钻具工作原理,搭建了6套系列钻具框架,每一套钻具随孔径、岩层不同,也衍生不同的内外钻头直径配比,特别是中空牙轮外钻头如何规范化、标准化生产,都需要大量工作。总之,要加紧攻关力度,使之尽快成为突破勘探开发“瓶颈”的坚实“利器”和过硬的“砍柴刀”。

参考文献:

- [1] 苏长寿. YZX178液动锤在石油井首钻成功[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, (9).
- [2] 苏长寿, 谢文卫, 杨泽英. 系列高效液动锤的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(3): 27-31.
- [3] 许刘万, 王艳丽. 牙轮钻头的应用领域及钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9): 60-64.
- [4] 廖国平. 绳索取心冲击回转钻具组合设计及应用试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(4): 31-35.

(上接第92页)

情况下,在 $\varnothing 108\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$ 套管下钻进弯曲应力为在 $\varnothing 89\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 套管中钻进的3.25倍。

(3)泥浆性能的影响,在该机台某些涌水或者漏水的钻孔施工时,未对涌水或者漏水进行有效的控制,钻进中泥浆性能不断下降而又未及时对泥浆性能进行调整,导致泥浆携带岩粉、润滑等性能不断下降,造成孔内阻力大,加剧钻杆磨损。

(4)钻进参数的选择。钻压的影响极其重要,压力过大,造成钻杆的弯曲变形越大,与孔壁的磨损更强烈。另外一直以来忽略的一个参数是扭矩的影响,包括正常钻进时的扭矩和钻杆的上扣扭矩。上扣时上到一定扭矩后,因为钻进中受孔内阻力的影响,钻杆丝扣所受扭矩进一步加大,达到一定极限后造成丝扣继续上扣,使钻杆接手处胀扣,甚至断裂。

5 合理使用钻杆的措施

(1)钻杆内壁及丝扣要清洁干净,丝扣上扣时

应涂抹丝扣油,加强密封,减小上扣阻力。

(2)钻杆堆放时严禁抛掷,长时间不用的钻杆要清洁干净,涂上防锈油。

(3)钻杆定时根据磨损情况和使用情况进行倒换使用。

(4)钻杆拧卸使用多点接触的自由钳,严禁大锤敲击丝扣和杆体。

(5)合理选用钻进参数,严格执行岩心钻探规程要求。

参考文献:

- [1] 姜光忍,等. 绳索取心钻探施工中钻杆折断原因分析及应对措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(3).
- [2] 艾春娟. 复杂地层中深部绳索取心钻杆及钻具的改进研究[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2005.
- [3] 孙书贞,等. 钻柱疲劳破坏的预防[J]. 西部探矿工程, 2004, (2).
- [4] 汤凤林,等. 岩心钻探学[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997.