

复杂地层岩心钻探综合治理技术

石立明

(武警黄金指挥部,北京 100055)

摘要:复杂地层是影响钻探施工的重要因素,对复杂地层治理需要设备、工艺的相互结合。分析了钻探设备、工艺、冲洗液在治理复杂地层方面的作用,重点介绍了三套管取心钻具的结构、功用特点,以及植物胶泥浆的作用和配制方法。

关键词:复杂地层;岩心钻探;全液压力头钻具;立轴钻机;孔底反循环;三套管取心钻具;植物胶泥浆

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)02-0012-03

复杂地层是指岩心钻探中孔壁不稳定(坍塌、掉块、遇水膨胀、遇水溶解等)、钻孔漏水或涌水的地层。钻进复杂地层易出现的问题是卡钻、埋钻、断钻、烧钻,下钻不到底,水路不通憋泵,钻杆磨损严重,钻头寿命低,岩心采取率低,钻孔跑斜等,综合导致施工效率低、成本高、钻探质量难以达到要求等问题。随着国家地质工作的逐渐深入,复杂地层越来越多,已成为影响钻探施工的重大障碍,急需有效的解决办法。

我部钻探施工矿区分布于全国各地,遇到的复杂地层较多,反映在施工方面主要有 2 个问题:一是孔壁坍塌,造成施工无法进行;二是岩心采取率低,不能满足质量要求。这 2 个问题有时会同时出现在一个钻孔中。经过长时间的研究探索,我们对一些复杂地层采取了行之有效的办法,取得了满意效果。下面就影响复杂地层正常钻进的各方面因素进行分析。

1 设备对钻进复杂地层的影响

设备对于解决好复杂地层钻进问题并不是重要因素,但性能先进的设备配合合理的工艺技术却能起到事半功倍的效果。

目前普遍使用的岩心钻探设备有 2 种:全液压力头式岩心钻机和立轴式岩心钻机。

全液压力头式岩心钻机有国外的瑞典阿特拉斯 CS 系列和美国长年公司的 LF 系列,国产的有北京天和众邦公司 YDX 系列、北京探矿机械厂 XD 系列等。这类全液压力头式钻机由于结构特点的原因,配合绳索取心工艺,在复杂地层钻进相对具有较强的优势:一是动力头夹持钻杆钻进,液压夹持器在

钻进中对钻杆扶持导正,减小了钻杆的抖动,使钻进平稳;二是钻机采用模块式结构,液压传动,减小了机器对钻杆的振动;三是给进行程长,可达到 3 m,避免了停车倒杆给孔壁带来的各种启动冲击;四是取心时钻头提离孔底距离短,由于无主动钻杆,所以只要拔断岩心,在地表卸开钻杆就可以投入打捞器取心,使得钻具对孔壁的保护时间长。总的来说,使用全液压力头式钻机减小了对孔壁和取心管内岩心的破坏。

立轴式岩心钻机代表型号有 XY 系列,这类钻机多数要用主动钻杆连接孔内绳索取心钻杆,由于是机械传动,主动钻杆缺少孔口导正稳定装置,设备产生的高频振动直接传递到孔底,这种振动无论对孔壁还是岩心都有一定程度的破坏作用,并且其给进行程只有 0.6 m,需经常停车倒杆,缺少上述全液压力钻机具有的优势。

我部近几年购进了几台全液压力钻机,但多数还在使用立轴钻机,2007 年在甘肃某矿区施工时,在相同复杂地层采用同样的施工工艺,使用 CS 系列全液压力钻机台月效率达 850 m,井故率 1%,岩心采取率 95%;而采用 XY 钻机台月效率仅 470 m,井故率 5%,岩心采取率 90%。全液压力钻机的优势显而易见。

2 取心工艺方法的影响

取心工艺方法是决定岩心采取率的重要因素。目前绳索取心工艺常规的取心方法是卡簧卡取法,用这种方法钻进完整岩层采取率可达到 100%,钻进较完整或胶结性较强的岩层,配合性能良好的冲洗液,采取率也能达到 80% 以上,回次取心长度也较

收稿日期:2008-01-27

作者简介:石立明(1968-),男(汉族),辽宁鞍山人,武警黄金指挥部工程师,探矿工程专业,从事探矿工程技术与管理,北京市宣武区红莲南路 55 号院,bjdl@126.com。

长,施工效率高,是岩心钻探普遍使用的常规工艺方法,但有些地层仅用卡簧卡取法岩心采取率却极低。

2.1 造成岩心采取率低的主要原因

2.1.1 岩心没有进入内管

钻进时,岩心会被钻头磨削成圆柱状进入内管,岩心在进入内管前受到几种力的作用,一是钻头回转磨削时对静止的岩心产生的摩擦力,摩擦力对岩心产生扭力矩,而不完整地层岩心分子间相互结合的内应力是很弱的,岩心直径越小这种内应力越低,在扭力矩作用下,整体或局部碎裂,碎裂的岩心往往堆落挤压在钻头内台阶处,堵塞通道,互磨消耗,并极易造成水路受阻,这种情况在施工中经常遇到;二是冲洗液对岩心的冲击力及侵蚀,这种冲击力及侵蚀对胶结性较差的岩心的破坏是非常严重的,岩心受到侵蚀后变软变散,有的还会迅速剥落,再受到液流的高压冲击,马上分散坍塌,和冲洗液搅和在一起,被钻头破碎成岩屑,大多数复杂地层岩心进入内管前都是被这种冲蚀消耗掉的。

2.1.2 岩心在内管中研磨消耗

绳索取心钻具是单动双管钻具,按设计理念钻进过程中外管转动,内管不动,但在实际使用中,尤其是斜孔施工中,内管必定受到外管的摩擦力作用,也要转动。由于内外管间存在间隙,所以这种转动可能是跳动式或内齿合式,既不与外管同步,又不恒定,岩心与内管间也有间隙,在这种状态的内管中,岩心无法维持与内管的同步状态,内管会像振动棒一样,将进入到其中的不完整岩心振碎,再互相研磨,细小的颗粒与内管中的液体搅和在一起,进入冲洗液循环系统,打捞内管时,内管及卡簧夹持不住的岩心便掉入孔内,造成岩心采取率不足。

上述两种原因中,钻头回转磨削时对相对静止的岩心产生的摩擦力是无法消除的,内管绝对静止也是无法做到的,所以只有从设计钻具上想办法,来避免冲洗液对岩心的直接冲击。设计钻具时可以考虑提高岩心管的单动性能,并使内管具有一定的夹持功能,这样就可以有效地提高岩心采取率。基于这种思路,我部与地方公司合作,研制使用了三套管绳索取心钻具。

2.2 孔底反循环钻具的使用

在设计使用三套管钻具之前,为提高岩心采取率,我部使用过孔底反循环钻具(如图 1)。这种钻具在钻进过程中,内管内部能够形成负压,对岩心具有一定的抽吸力,使用时只要将内管总成换成反循环总成即可,不需提大钻,因此应用较为方便。其作

用机理是:由于反循环总成中心孔不但内外管之间相通,而且与内管内部相通,而射流方向是射向内外管之间,当冲洗液高速射向内外管之间时,根据流体力学原理,在喷射器周围形成负压,内管中的冲洗液被向上抽吸,参与到喷射过程,使进入到内管中的岩心受到向上的抽吸力使岩心易于进入内管,减少了岩心的堵塞、自磨,有利于提高岩心的采取率。

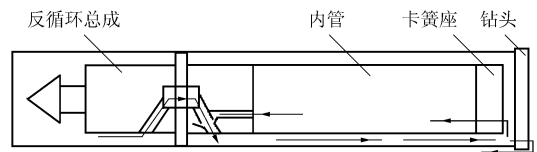


图1 孔底反循环钻具结构示意图

注:箭头表示冲洗液循环路线

这种钻具也有不足之处:一是抽吸时,固相颗粒容易堵塞抽吸通道,使反循环失去作用;二是冲洗液岩粉多时或用泥浆做冲洗液时,高速喷射的液流对喷射器磨损严重,易导致喷射器损坏;三是泵量要大,以保持液流喷射速度,所以泵压很高,不利于正常钻进;四是停泵后,抽吸作用也停止,打捞内管时,卡簧难以卡住的岩心会脱落掉入孔内。

2.3 三套管绳索取心钻具的应用

由于使用孔底反循环钻具有很多局限性,2007年,我部专门开展了钻探科研项目,研究用其它方法解决松软破碎地层岩心采取率低的问题,我们与唐山金石超硬材料有限公司一起研制试用了三套管(即外管、内管、半合管)绳索取心钻具(见图 2),配合冲洗液使用,取得较好的施工效果,在我部云南某矿区复杂地层钻进中配合 XY-44 型钻机使用,岩心采取率由使用常规两套管绳索取心钻具情况下的 30% 以下,提高到使用三套管绳索取心钻具情况下的 80% ~ 90%。

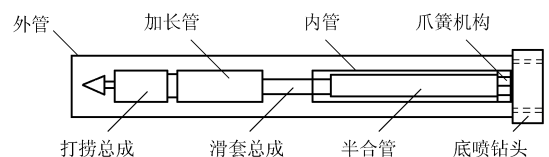


图2 三套管绳索取心钻具结构示意图

2.3.1 三套管钻具的结构

- (1) 打捞总成部分:与常规总成相同,起悬挂和一级单动作用;
- (2) 加长管部分:增加取心管总长度;
- (3) 滑套总成部分:内管可在上面自由滑动,在内管内部、半合管上端有二级单动机构,起二级单动作用;

(4)半合管部分:为取心管,长度为 1 m 左右;

(5)内管部分:保护半合管,隔离水路;

(6)爪簧机构:包括卡簧和爪簧,设置在内管卡簧座中,卡取较硬岩心和阻挡半合管内的岩心掉出;

(7)底喷钻头:使冲洗液不通过钻头内径,避免了其对岩心的冲刷。

2.3.2 功用机理

该钻具外管与常规外管相同。内外管、加长管为常规绳索取心管加工制造的,内管在滑动总成上能够滑动;半合管拼合后的外径小于内管内径 5 mm,利用二级单动机构在内管中单动。整个加工工序简单,易于制造。

(1)打捞悬挂状态下,内管向下滑动到最低点,卡簧座下边缘超出半合管下边缘 60 mm 左右,爪簧伸出,处于收拢状态,形成拦网挡住半合管中掉落的岩心,这个功能配合全液压力头式钻机最有效,因全液压力头式钻机取心时钻头不需要大距离提离孔底,打捞内管时,爪簧立即伸出收拢发挥作用;

(2)钻进过程中,内管向上滑动,但在重力作用下,卡簧座直接坐落在钻头内台阶上,挡住冲洗液对岩心的直接冲刷,冲洗液通过底喷钻头水路进行循环;半合管下边缘距卡簧座内的卡簧 5 mm 左右(现场根据实际情况调整间距),爪簧片在卡簧上端,被半合管撑开,处于张开状态,隐藏在半合管和内管之间,岩心通过卡簧后能够顺利进入半合管;

(3)取心时,由于进入半合管的岩心主要为松软岩心,失去了地层的压力作用,同时受到管内液体的侵蚀作用,膨胀变粗,而半合管有一定的张力弹性,对膨胀的岩心有一定的抱紧力,即使半合管振动也难以破坏岩心,所以进入到半合管内的岩心都能够保持原态,提出地表后,只要分开半合管,就可以取出原态岩心。

三套管钻具由于每层管都有一定的壁厚,并且每层管之间都有一定的间隙,因此与常规双管相比,钻头胎体厚,研磨面积大,岩屑多,冲洗液变性快,这是三套管钻具存在的主要问题。

3 冲洗液的影响

常用的护壁冲洗液有泥浆和无固相冲洗液,泥浆的护壁机理主要靠泥皮护壁,泥皮是依靠孔内液柱压力与地层侧压力之间的压差压滤而成,主要作用在孔壁表面;无固相冲洗液的护壁机理主要靠高分子聚合物吸附胶结护壁,聚合物能够在岩石表面及深入到岩石孔隙内部吸附产生胶结。二者护壁机

理不同,应根据不同地层性质选用。

我部施工地域分布广,在冲洗液类型的选择使用上也比较广泛,施工中主要使用泥浆和无固相冲洗液,但有些复杂地层单一使用泥浆或无固相冲洗液效果并不好,并且配制也较繁琐,我们在云南某矿区使用了膨润土加植物胶搅拌成植物胶泥浆,配制方便,取得了很好的效果。

3.1 选材

膨润土选择质量较好的膨润土,植物胶选用高粘 SM 胶,工业火碱,乳化液。

3.2 配制比例

水:膨润土:植物胶:乳化液 = 1000 kg: (40 ~ 60) kg: (40 ~ 60) kg: 10 kg。

3.3 配制要求

配制前,先加火碱将水的 pH 值调整为 10 ~ 11,加膨润土搅拌基本充分后,加植物胶粉,最后加入乳化液,漏斗粘度 27 ~ 32 s。

这种植物胶泥浆具有了泥浆和无固相冲洗液的双重优点,既能形成泥皮护壁,又对岩石有胶结作用,同时对岩心的冲蚀程度又很小,对地层漏失有较强的堵塞作用,与三套管配合使用,在我部云南某矿区使用可将岩心采取率由 25% 提高到 85%,钻孔稳定时间由使用其它冲洗液的 10 天以上提高到 20 天以上,较好解决了该矿区的钻进难题。缺点是阻力大,泵压高,所以用这种冲洗液时要选用外径大的钻头和扩孔器,一般直径大于外管 4 mm 左右。

值得一提的是,目前用于全液压钻机的液压搅拌器体积小,只要放到水源箱里即可,搅拌速度快,搅拌效果好,可以加装到立轴钻机上,值得推广使用。

4 结语

目前没有一种万能的办法可以解决所有类型的复杂地层,但有几项措施无论对治理什么类型的地层都是有利的:一是使用性能优越的钻探设备,全液压力头式钻机的性能优势显然超过立轴钻机;二是使用高强度钻杆,尽量避免断钻带来的问题,一些进口钻杆由于钢材质量和加工技术高于国产钻杆,在抗折断、高寿命方面优于国产钻杆;三是高寿命钻头,加工质量和金刚石质量上乘的钻头既可以提高时效,又能够提高钻头寿命,减少提钻次数。因此,只要各方面措施配合使用合理,复杂地层并不是无法治理的。以上是笔者对岩心钻探复杂地层治理技术的一些认识和经验,在此和同行们交流探讨,希望对解决复杂地层钻进问题有所帮助。