

中硬岩石水力反循环连续取心 钻探工艺的研究与应用^{*}

张永勤 张晓西 靳玉生 孟庆鸿 何跃文

1 概述

水力反循环连续取心钻探技术是利用双壁钻杆把冲洗液经内外钻杆的环隙输送到孔底,然后把岩心和岩屑经内钻杆的中心通道携带至地表,从而实现了无需停钻和提出孔内钻杆就能连续获得所需地层的岩心。

该技术主要包括器具和工艺两大部分,器具包括双壁钻杆、钻具、岩心卡断器、取心钻头、双通道水龙头、岩心收集装置、钻机和水泵等。工艺包括钻压、转速、泵量、三环间隙、输送机理、孔底流场以及防止和解除岩心堵塞的技术措施等。

该项钻探技术具有钻进效率高、劳动强度低、取心质量好和可随时掌握所钻地层情况等优点。

2 室内水力输送机理及中间试验研究

通过对室内水力反循环连续取心岩心输送机理的研究,可以优化双壁钻杆结构,确定三环间隙和孔底液流分配等参数。根据内管内径、内外管环隙、岩心直径以及室内输送岩心机理的研究,为了有效地输送岩心,内管液流的上返速度不应低于 2.5 m/s。按照此流速要求,泵量为 250~320 L/min 较为合适。在实际钻进过程中,水泵的输出泵量并不完全经内管中心上返至地表,而是有 10%~15% 的泵量要经过钻杆与孔壁的环隙上返至地表,这部分液流既可冷却钻头外唇面,又可润滑钻杆。理论计算表明,在内

管内径为 41 mm 时,当采用 250、350 L/min 泵量时,其上返流速分别为 2.84 和 3.51 m/s,完全满足携带岩心上返所要求的流速。通过理论分析和计算,该项技术的主要技术规格确定如下:

钻进深度 300 m;钻进口径 76 mm;岩心直径 34~35 mm;双壁钻杆外管体外/内径为 71/61 mm;双壁钻杆内管体外/内径为 45/41 mm;外管接头外径 74 mm;钻杆定尺长度 3 m;钻头外径 76 mm;钻头内径 34~35 mm;岩心卡断长度 85~90 mm。

根据钻杆内外管直径、孔径、钻孔深度等因素,钻杆结构为双螺纹连接形式,钻杆接头螺纹采用地质岩心钻探特殊梯形螺纹,螺距为 8 mm,扣高为 1.5 mm,锥度为 1:16。采用这种螺纹形式既符合地质管材标准,又便于加工和现场拧卸。内、外钻杆体和接头采用摩擦焊接工艺焊接为一体,以便于双螺纹的机加工。通过计算,螺纹最薄弱部位的抗拉能力为 930 kN,抗扭能力为 13570 N·m。为了选择更合理可靠的孔底钻具结构形式,曾设计出十多种不同结构形式的孔底钻具、卡断器和分流装置,通过中间试验,从中筛选出 3 种最佳结构的孔底钻具和卡断器,以供生产试验使用。3 种孔底钻具和卡断器的形式分别为:花键式、三层管式及单动楔块卡断器和不同流量的孔底分流装置。双壁钻杆结构及孔底钻具组合见图 1 所示。

为了进行中间台架试验,需先试制出部

* 地矿部“八五”攻关项目“中硬岩石水力反循环连续取心钻探新技术研究”中的内容,项目编号:8501012-2。

分双壁钻杆、钻具及钻头等器具,以便在中间台架试验过程中发现问题后对有关结构和参数加以修改,使工艺器具更趋于合理和优化。中间台架试验在混凝土桩中进行。混凝土桩的骨料全部选用灰岩,并与425号水泥混合作为中硬岩石钻进的模拟岩层。中间试验共钻进钻孔10个,累计进尺215.25 m,最大孔深达30.2 m。经过不断改进,岩心堵塞机率大幅度下降,最后几个孔平均堵塞间隔超过30 m。有的孔30 m深没有发生一次堵塞。中间试验为后来的批量生产和生产试验提供了一定的技术保证和经验。

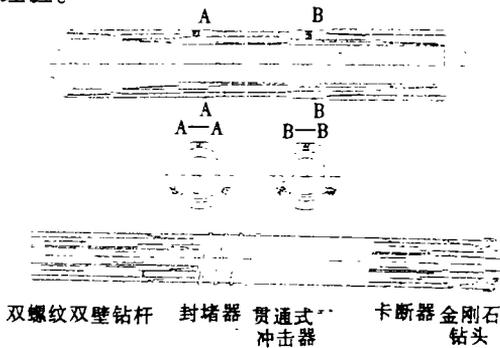


图1 双壁钻杆结构及孔底钻具组合

3 生产试验及取得的经济技术效果

3.1 试验地层条件

1995年8月18日~9月19日,在北京101地质队崎峰茶金矿区进行了生产试验。钻进地层主要为角闪变砾岩、糜棱岩、斜长岩、片麻岩及浅粒岩等。可钻性为5~7级,部分地层达7~9级。地层层理、节理及劈理十分发育,部分地层较破碎,中等漏失。

3.2 配套设备

CD-3型不停车倒杆大通孔立轴式岩心钻机;BW4-400型泥浆泵。

3.3 钻进工艺参数

3.3.1 转速 由于水力反循环连续取心钻进工艺所用的钻头唇面壁较厚,比同径金刚石绳索取心钻头碎岩面积大34.8%,因此,必须保证较高的转速。试验中在正常情

况下,采用800~1180 r/min的转速,此时时效可超过3 m。

3.3.2 钻压 钻进中根据时效来控制钻压。钻压大可提高时效,但会影响钻头寿命,而且还会增加岩心堵塞的机率。试验证明,中低钻压可获得较好的综合经济效果。

3.3.3 泵量 由于水力反循环连续取心钻进要求足够的上返液流速度,以便携带岩心上返至地表。试验证明,足够且稳定的流速是保证取心效果和降低岩心堵塞机率的重要因素,并不是液流上返速度越高越好,流速过高势必要求较大的泵量,这就会造成整个循环系统的压力过高,使得水泵压力过高或无法正常工作。

3.4 器具性能

3.4.1 双壁钻杆 试验表明,双螺纹双壁钻杆能满足水力反循环连续取心钻进工艺要求。螺纹具有强度高、便于拧卸等优点。

3.4.2 钻头 试验采用的钻头是由地矿部探矿工程研究所研制的新型尖齿孕镶金刚石和勘探奈特反循环取心钻头。这两种新型钻头都具有时效高、寿命长、取心质量好等优点。在上述地层中,最高时效超过5 m,寿命超过50 m。

3.4.3 岩心卡断器 本次试验采用的花键球卡式和楔块单动式岩心卡断器具有寿命长、性能可靠等优点。球卡式卡断器寿命超过130 m,楔块单动式卡断器使用50 m后,仅有极小的磨损。卡断长度较准确,设计卡断长度为85 mm,在完整地层中岩心卡断长度为87~90 mm。

3.4.4 贯通式液动冲击器 长春地质学院专门为本项钻探工艺而研制了新型液动冲击器。生产试验表明,该液动冲击器具有工作性能稳定、能够起到高频冲击振动降低岩心在孔底堵塞机率的功效。

3.4.5 双通道水龙头 该双通道水龙头具有单动性能好、可满足高转速和高泵压钻进时的要求,采用特制的新型聚氨酯“V”形

密封圈,具有寿命长、耐磨损等优点。

3.5 主要经济技术效果

生产试验完成了一个深 212.54 m 的钻孔,钻进台时为 137.56 h,纯钻时间利用率为 54.5%,台月效率达 1112.77 m,是同一矿区相同地质条件下、相同口径绳索取心钻探台月效率的 1.4~1.7 倍。最大提钻间隔为 36 m,因岩心堵塞的平均提钻间隔为 19.32 m。本次试验共取出岩心 2743 块(见图 2),除岩心堵塞等原因提钻取出的岩心 187 块外,其余岩心则由水力输送取得,取心率达 100%,地质人员对这种取心工艺非常满意,评价这种取心方法除了具有和绳索取心钻探方法同样的取心效果外,还具有随时可掌握所钻地层岩性及地质构造等优点。

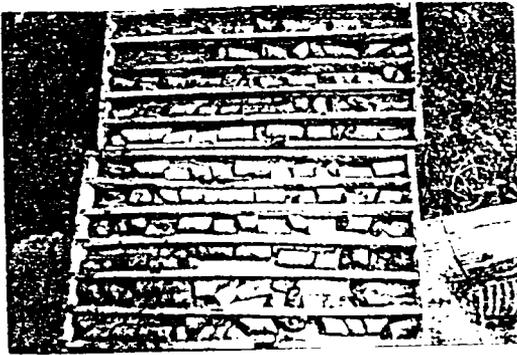


图 2 水力反循环取出的岩心

4 结论及几点看法

水力反循环连续取心工艺在中硬岩石中钻进是可行的,可获得较高的台月效率和经济技术指标,并具有取心质量好、判层及时准确等优点。

经过几年的研究和试验,我们认为,要想使这一先进的工艺方法在生产应用中获得更高的钻进效率,还必须注意以下几点:

(1)由于水力反循环连续取心钻进是利用冲洗液的能量把岩心经双壁钻杆的中心通道携带至地表,因此,在用这种方法钻进时,首先要给岩心提供一个顺利通过的通

道。即要求内通道必须平滑一致,同时还要求双壁钻杆的内外联结处要有良好的密封性能。

(2)根据水力反循环连续取心工艺的特点,要求绝大多数冲洗液经内中心通道上返,因此,钻头上部除连接扩孔器外,还应连接封隔器。封隔器的外径应小于或等于钻头外径,扩孔器的外径应大于钻头外径,以便换新钻头时能顺利地下到孔底。封隔器的长度应根据地层情况而定,对于深孔或漏失地层可适当加长封隔器。在离孔底 3~4 m 处应再连接一节扩孔器,以便钻杆高速回转时,孔底钻具平稳。另外,由于水力反循环连续取心钻杆和孔壁间隙小,高速回转时,钻杆接头磨损较严重,因此,应该每 50 m 连接一节扩孔器。

(3)水力反循环连续取心工艺除了要求钻头具有金刚石绳索取心钻进工艺钻头的性能外,还要求钻头具有向中心倒粉效果好、内外保径好等特点。

(4)岩心直径取决于内管内径,岩心直径和内管内径的单边间隙一般为 2.5~3 mm。岩心卡断长度应尽可能长一点,这对减少岩心堵塞机率会起到积极作用。因为岩心较长会减少卡断次数,从而减少了碎块数量。

(5)稳定地层应以清水加润滑剂或皂化油为主要循环介质;干旱微漏地层可添加聚丙烯酰胺起防漏和润滑作用;较复杂地层可采用泥浆钻进;地下水位较高地层应在孔壁间隙内灌注高聚物。

(6)应当发挥贯通式液动冲击器高频振动作用,以减少岩心在孔底的卡堵。贯通式液动冲击器下孔前要在孔口测试,确保在孔底工作可靠。要尽量降低冲洗液含砂量,以避免岩粉卡死冲击器活塞。

(7)钻进过程中一般不要随便提动钻具,要随时观察泵压的变化。如果发现泵压过高,要及时解除堵塞的岩心。