

91 单动三重半合管钻具的研制与应用

叶兰肃, 苗晓晓, 王建兴, 刘建福, 孙秀梅, 饶剑辉
(河北省地矿局探矿技术研究院, 河北 三河 065201)

摘要:为了提高松软复杂地层岩矿心采取率和岩矿心的质量, 弥补普通双管钻具取心功能的不足, 特别研制了91单动三重半合管钻具。介绍了钻具的结构、工作原理、组装、维护保养及在3个不同矿区5个钻孔的野外生产应用情况。应用结果表明, 该钻具适宜松散地层钻进, 岩矿心采取率达到了100%, 同时防止了岩矿心被外界扰动, 保持了岩矿心的原状性, 提高了岩矿心的质量并利于岩矿心后期的运输与储藏。

关键词:单动三重半合管钻具; 半合管; 自锁结构; 护心管; 箍紧装置; 岩矿心采取率

中图分类号: P634.4⁺3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2017)07-0056-06

Development of 91 Single-action Triple Coupling Pipe Core Drilling Tools and Its Application/YE Lan-su, MIAO Xiao-xiao, WANG Jian-xing, LIU Jian-fu, SUN Xiu-mei, RAO Jian-hui (The Institute of Exploration Technology, Hebei Provincial Bureau of Ge-exploration and Mineral Development, Sanhe Hebei 065201, China)

Abstract: In order to improve the core recovery and the quality in complex soft strata to compensate the functions of common double-pipe drilling tools, 91 single-action triple coupling pipe drilling tool was particularly developed. This paper introduces the drilling tool about its structure, working principle, assembly, maintenance and the field application in 5 bore-holes of 3 different mining areas. The application results show that this drilling tool is suitable for loose formation drilling with core recovery up to 100% and with no core disturbance. The cores are kept being undisturbed, the improved cores quality is benefited for post transportation and storage.

Key words: single-action triple coupling pipe drilling tool; coupling pipe; self locking structure; core protecting pipe; core protecting pipe fixing ring; core recovery

1 概述

钻探技术是一种直接依赖于取心钻具从地下取出实物岩矿样品的勘查技术方法。在岩心钻探中, 经常会遇到极破碎、软弱易冲蚀等复杂地层, 岩矿心采取率低或者岩矿心质量不能保证。目前深孔大口径取心钻探工作需求加大, 同样也面临着取心难的问题^[1]。

目前使用的普通钻具一般直接从刚性岩心管敲打倒出岩矿心, 在卸取岩矿心的过程中, 破碎岩矿心的原状性就会被破坏, 置放在岩心箱的岩矿心直接裸露于空气中, 导致岩矿心水分的挥发, 岩矿心进行包装试验, 试验前无一例外地受到扰动, 因此, 不同程度地影响岩矿心物理化学指标化验的准确度及完整度。随着地质找矿对取心要求向更精细方向发展的要求, 我们研制了91单动三重半合管钻具, 满足了对地质钻探取样技术的更高要求^[2-3]。

通过在河北省乐亭县鲁家坨矿区(ZK28-3)、河北省围场满族蒙古族自治县龙头山银多金属矿区

(ZK701、ZK001)以及河北省高楼乔官屯、小石各庄矿区(QZK03和QZK05), 3个不同矿区5个钻孔的生产试验, 累计总进尺510 m, 在生产应用过程中结合出现的问题及时对钻具进行改进完善, 钻进过程岩矿心防止被冲刷、免受外界冲击扰动, 提高了岩矿心质量和采取率, 有利于岩矿心后期运输与储藏和鉴定分析。

2 91 单动三重半合管钻具的设计

2.1 设计思路和要求

设计思路:以 $\varnothing 91$ mm口径为基础, 由外管、半合管、护心管3层组成。钻具工作稳定可靠, 组装拆卸快捷方便, 操作简单便于维修; 适应复杂地层钻进, 能够降低外界对岩心的不利影响, 防止冲洗液对岩心的冲刷和污染, 提高岩心采取率, 有利于后期岩心的搬运储藏, 防止破碎岩心的散落丢失, 能够很好地保证岩心的完整度。

要求:钻具工作原理要科学合理, 具有通用性和

实用性;钻具设计符合规范要求,工作稳定可靠,易操作易维修;半合管设计自锁结构,便于组装和拆卸;护心管材质选择透明度高、韧性强、性能稳定无污染的塑料材质^[5]。

2.2 设计具体方案

(1)能够在不变现有设备及钻具级配的条件下使用;(2)内管采取半合管自锁结构,卸取岩心方便快捷,提高施工效率;(3)在半合管内增设一层护心管,有利于后期岩心的搬运和保管,更好地保持岩心的原状性,提高保真度;(4)结构简单,调试方便,现场工作人员易于掌握接受^[6]。

3 钻具的结构和基本工作原理

3.1 钻具结构

钻具总由17个部件组成,主要分3大部分:单动机构、外管总成和内管总成。单动机构:由两个推力轴承通过一根芯轴串联,自上而下由备母、芯轴、密封胶圈(YXD30)、8206轴承及轴承护罩组成;外管总成:外管接头、外管、扩孔器和钻头;内管总成:半合管接头、半合管、接箍、卡簧座、卡簧、护心管、箍紧母、箍紧座。具体结构见图1。

3.2 钻具主要结构

3.2.1 单动结构

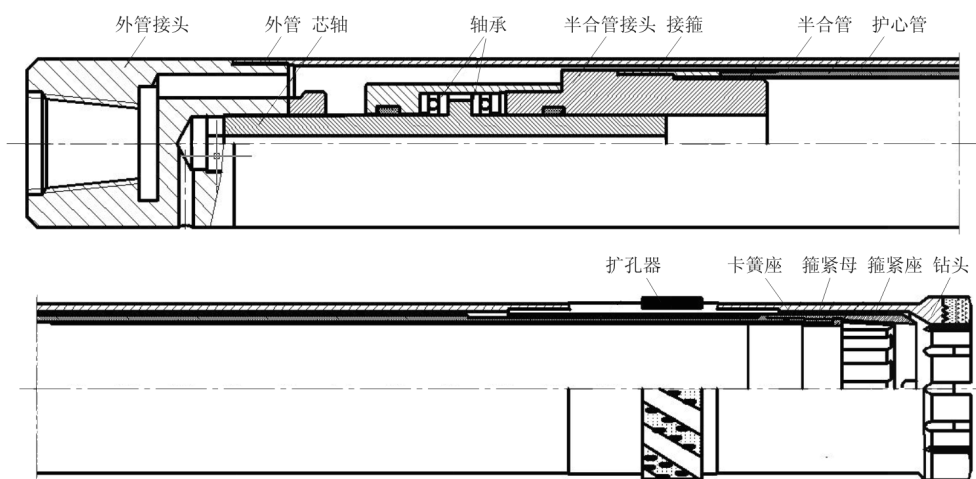


图1 91单动三重半合管钻具结构示意图

单动机构主要包括芯轴、两副向心推力轴承(规格为8206,分别在芯轴轴肩上下各安装一副)、

两个密封胶圈(规格为YXD30,其中一个放在护罩中,另一个放在半合管接头中)和护罩(见图2)。

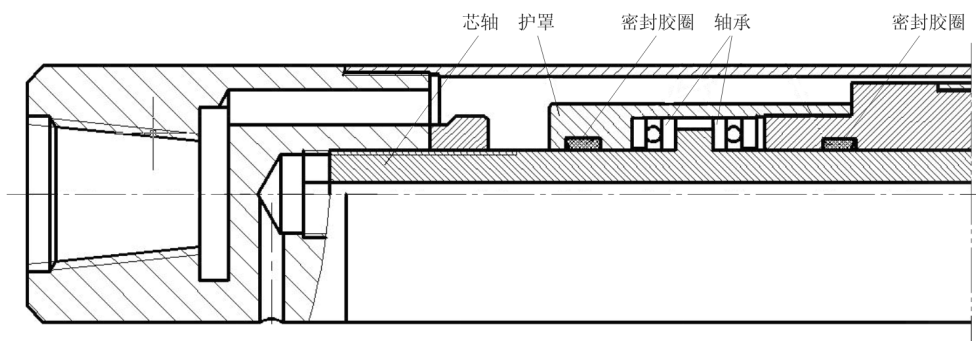


图2 91单动三重半合管钻具单动机构结构示意图

采用单动机构是为了在钻具钻进过程中,保证内管总成不转动,而外管总成随钻杆高速旋转钻进,使岩心最大程度上不受外界扰动。单动机构中的芯轴上下两端分别连接外管接头和半合管接头,同时又固定支撑了轴承,通过两副向心推力轴承起到单动作用。在钻进过程中动力传递到外管接头→外

管→扩孔器→钻头进行回转钻进,而由半合管和护心管等组成的内管总成不动,因此起到了很好保护岩心的作用,降低了外界对岩心的扰动。在设计过程中为了提高单动效果,设计采用了两副轴承。野外生产试验过程中单动效果良好,证明单动机构设计是合理有效的^[5]。

3.2.2 自锁半合管

(1)自锁半合管规格。选择普通双管 $\text{Ø}91\text{ mm}$ 钻具的内管作为半合管,规格为 $\text{Ø}77\text{ mm} \times \text{Ø}70\text{ mm}$,半合管长度依据护心管的长度而定,长度为 1475 mm ^[5]。

(2)半合管自锁结构。在内管采取半合管形式的同时还设计了自锁结构,便于快捷组装钻具,快捷

提取岩心,降低工人劳动强度,提高生产效率。野外生产试验证明这种设计是科学合理的。

依据半合管的长度设计了2组自锁结构,两者相距 $50\sim 52\text{ mm}$,起始角为 α ,结束角为 β ,起始角切割高度距中心线为 L 。半合管自锁结构示意图见图3,半合管自锁结构实物见图4^[6]。

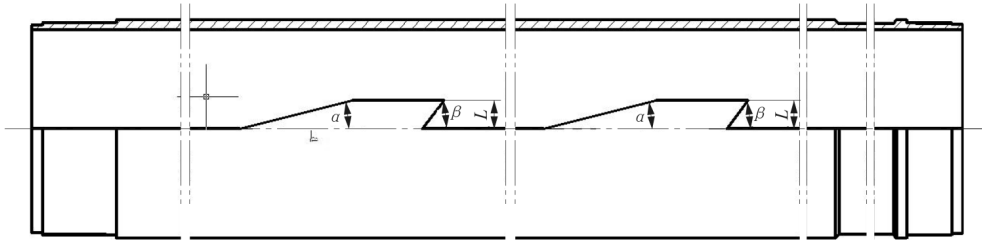


图3 半合管自锁结构示意图



图4 半合管自锁结构实物图

护心管样品见图5。

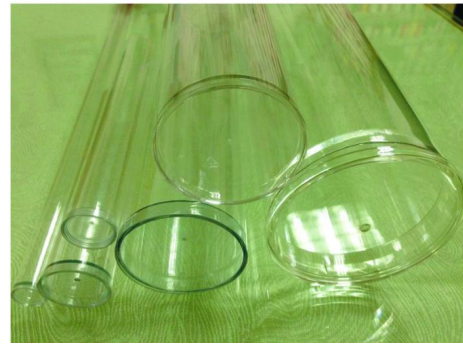


图5 护心管样品

3.2.3 护心管

(1)护心管用途及作用。护心管的作用主要是用来避免在钻进过程中液体对岩心的冲刷以及外力对岩心造成的振动和冲击,以能更好地保持岩心的原状性和提高岩心保真度和采取率,有利于岩心后期的运输储藏等,减少岩心在地表人为损坏、防止散落和丢失。

(2)护心管材质及规格。设计过程中考虑到岩矿心进入护心管尽量减少阻力,因此要求护心管要光滑。为了便于后期观赏检测岩矿心,要求护心管要高度透明。因设计管壁间隙有限,要求护心管壁薄并具有一定的韧性和环保性。通过大量的资料收集分析及样品观察实验,优选 PETG 透明管作为护心管材料,很好地满足了设计要求。

采用普通双管 $\text{Ø}91\text{ mm}$ 钻具的内外管规格,首先设计的护心管管壁为 0.5 mm ;同时考虑到钻头内径及卡簧座、卡簧等规格及配合间隙,依据护心管与半合管之间配合间隙及半合管的同轴度,设计确定护心管规格;考虑到破碎复杂地层钻进取心困难和回次进尺较浅的特点,设计护心管长度为 1500 mm 。

3.2.4 护心管箍紧装置

最初设计的利用卡环支撑稳定护心管,通过野外生产试验,遇到破碎岩层时卡环不能把护心管紧紧地卡固,造成护心管被轻易地推挤到半合管上端,岩矿心不能顺利进入护心管,在这种情况下,我们把卡环优化设计成箍紧装置,其由箍紧母和箍紧座组成。

箍紧装置的目的是箍紧固定护心管,防止护心管被岩心挤压堆叠上移,同时防止被岩心向上挤压拉断。具体操作过程是:在护心管的下端从外面先套上箍紧母,起到从外面抱紧护心管的作用;然后从护心管下端沿护心管内壁插进箍紧座,起到由里往外撑紧护心管的作用。

箍紧装置的设计:在箍紧母与箍紧座拧合接触的相应部位进行了锥度和粗糙度的设计处理,以增加两者箍紧护心管的箍紧程度和牢固程度。图6为

箍紧装置组装示意图,箍紧装置组装实物见图7^[6]。

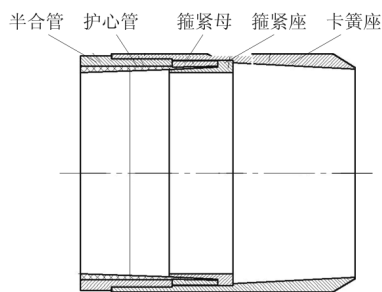


图6 箍紧装置组装示意图



图7 箍紧装置组装实物图

3.3 91单动三重半合管钻具重要指标参数

钻头内台阶与卡簧座的间隙:松散粗砂地层间隙调节为2~3 mm;泥质地层为了避免糊钻,两者间隙可增大到5~6 mm。

钻头外径91~95 mm,内径63 mm;半合管长1475 mm;护心管长1500 mm;钻具总长1940 mm;钻具总质量17.51 kg。

3.4 工作程序

野外施工应用时,与普通单动双管 $\varnothing 91$ mm钻具设备配备与级配一致,首先把钻具的外管接头与钻杆接头相连接,送入孔内,到达孔底最初轻压慢转磨合后,调节钻压泵量和转速进行正常钻进,正常钻进时结合地层特点调节适宜的钻进参数,钻进过程岩心能够进入护心管,避免液体的冲刷以及外力的冲击和振动,能够保持岩心的原状性,提高岩心的保真度。回次进尺结束后,停钻提取钻具,拆卸钻具能够整体打开半合管,然后取出护心管及岩心,把护心管及岩心锯断依次放入岩心箱,护心管能防止岩心水分挥发,有利于岩心化学物理性能的鉴定分析,同时有利于岩心后期运转、储藏,有效避免破碎岩心的散落和丢失。

4 钻具的组装与维护保养

首先对加工完的钻具试验样机各构件依据加工

图纸进行检查核对,并进行初步的装配,及时并及早修改配合间隙和设计上的不合理处,对各构件进行热处理和发蓝处理,依照钻具装配图自上而下分以下步骤进行组装调试,组装过程中对构件的丝扣及轴承副进行擦油处理。

4.1 单动机构的组装

首先把轴承副抹油处理,与芯轴配合安装,轴承组装完毕套上轴承护罩,并分别在芯轴上下分别连接好外管接头和半合管接头。要求装配完成后一定要保证单动机构转动灵活,满足设计要求。

4.2 箍紧装置与护心管的连接

首先核对箍紧母和箍紧座的锥面对应关系,然后分别套在护心管下端的外面和插进护心管的里面,将连接好箍紧装置的护心管插接到卡簧座内部的台阶上,然后把护心管整体放入半合管中。

4.3 半合管的组装

首先把半合管内外管壁清理干净,保持光洁。把放入护心管后的半合管上端通过丝扣用接箍连接牢固,下端用卡簧座丝扣连接牢固,连接卡簧座时先把卡簧置入卡簧座内。

4.4 内管总成的连接

将组装好的单动机构护罩下端与半合管接头连接好,半合管接头下端丝扣连接好接箍,这样内管总成连接完成。

4.5 外管总成的连接

首先把外管总成构件的丝扣进行抹油处理。把扩孔器和钻头先连接,然后转动半合管,检查钻具的同轴度,外管接头与外管等其它机构组装完毕后,把外管下端与扩孔器相连接。

4.6 钻具的维护保养

钻具的维护与保养从以下几方面着手:

(1)为了避免半合管变形,钻具运输搬运过程中尽量装箱;

(2)施工过程中单动机构一般在钻进30~40 m后要清洗一次,及时检查轴承与密封圈,发现损坏及早更换;

(3)对半合管及时擦洗内壁并在丝扣处涂油预防生锈;

(4)保管钻具时,要把钻具清洗干净,并在丝扣处加油避免锈结,然后组装好半合管防止变形。

5 野外生产试验应用情况

钻具样机在3个矿区5个钻孔中进行了生产试验,累计进尺510 m,取得了较好的效果。

5.1 河北省乐亭县鲁家坨铁矿普查(续作)施工矿区生产试验情况

5.1.1 矿区地层特点

该矿区覆盖层较深,平均900 m左右,约700 m以浅为第四系地层^[7]。

5.1.2 钻进工艺

(1) 钻孔结构:施工钻孔为直孔,孔深设计1100 m,实际终孔1122.70 m。开孔口径150 mm,下入2层套管后变为 $\varnothing 77$ mm直至终孔。

(2) 冲洗液:第四系覆盖层采用泥浆护壁,基岩孔段基本上以清水加皂化油钻进为主。因孔内漏水、涌水,为减少钻具摩擦阻力,降低成本,采用清水钻进,钻杆外部涂抹黄油,丝扣部位涂丝扣油。

(3) 钻进方法:开孔先用单管钻进,换径后用 $\varnothing 89$ mm双管钻进,换至 $\varnothing 77$ mm后采用金刚石绳索取心钻进至终孔。

(4) 所用设备:XY-44、HXY-6B型钻机,SG18型四角钻塔,BW-250型泥浆泵, $\varnothing 71$ mm 缴粗钻杆,配常用打捞器和深孔绳索取心安全打捞输送机各一套,绳索绞车一台。

(5) 钻进参数:轻压慢转,利用钻铤自重加压,采用减压钻进和吊打的方式,确保钻孔垂直度^[8]。

5.1.3 生产试验效果

于2016年7月15—17日在钻孔ZK28-3下钻试验(试验孔深280~390 m),总进尺110 m,试验回次72次,岩心采取率为100%,护心管无损坏,岩心进入护心管达100%。

5.2 河北省围场满族蒙古族自治县龙头山银多金属矿区生产试验情况

5.2.1 矿区地层特点

第四系覆盖层在0~10 m;安山岩、蚀变矿化带在10~60 m;角砾岩、花岗细晶岩铅锌矿化带、变花岗闪长岩、安山岩等在60~300 m。

5.2.2 钻进工艺

(1) 钻孔结构:施工钻孔为斜孔,ZK001孔孔深设计440 m,实际终孔440.23 m。ZK701孔设计孔深290 m,终孔实际为290.93 m。开孔直径110 mm,下入2层套管后以 $\varnothing 75$ mm直至终孔。

(2) 钻进方法: $\varnothing 110$ mm开孔,先用单管钻进,换径后用 $\varnothing 91$ mm双管钻进, $\varnothing 75$ mm金刚石双管取

心钻进至终孔。采用正常钻进施工参数。

(3) 钻进设备:XU-4型钻机,SG13型四角钻塔, $\varnothing 71$ mm钻杆,BW-250型泥浆泵。

5.2.3 生产试验结果

在钻孔ZK001试验115 m,试验78回次,岩心采取率97%,15次护心管部分损坏,岩心进入护心管达78%。在钻孔ZK701试验45 m,试验34回次,岩心采取率96%,5次护心管部分损坏,岩心进入护心管达96%。生产试验过程中下钻前调试钻具见图8,岩矿心坚硬破碎护心管被挤压断裂见图9。



图8 调试钻具



图9 岩矿心破碎护心管被挤压断裂

5.3 河北省高楼桥官屯、小石各庄矿区生产试验情况

5.3.1 矿区地层特点

该矿区0~120 m为第四系覆盖层,其中0~50 m主要是耕土、粉质粘土和细砂,矿物为长石、石英、云母等;5~7 m为粉土夹层;细砂、中砂、粉质粘土、粉土主要分布在50~120 m。

5.3.2 钻进工艺

(1) 钻机:PD100型汽车钻。

(2) 钻孔结构:施工钻孔均为直孔,ZK01、ZK03孔孔深设计均为120 m,开孔口径110 mm,一径到底。

(3) 钻进参数:轻压慢转,利用钻铤自重加压,

采用减压钻进和吊打的方式,确保钻孔垂直度^[8]。

5.3.3 生产试验结果

于2016年9月13—15日和9月23—26日分别在QZK03和QZK05进行全孔试验,试验总进尺240 m,岩心采取率100%,护心管完好无损,岩心进入护心管100%。在该矿区野外试验阶段收集的有关资料见图10~图12。



图10 打开半合管带有护心管的岩矿心



图11 从护心管取出的岩矿心



图12 普通钻具取出的岩矿心

5.4 小结

通过在3个不同矿区的相应5个钻孔的野外生产试验,91单动三重半合管钻具比较适宜钻进覆盖软土层,钻具工作稳定可靠,岩矿心采取率高达96%~100%;松软的岩矿心很容易进入光滑的护心管内,护心管不易被损坏;岩矿心水分不容易挥发,

同时岩矿心不受外界扰动能很好地保持岩矿心的原状性。

6 结论

通过生产应用,可以得出以下结论。

(1)该钻具具有一定的创新性。钻具增设保护岩矿心的护心管结构,弥补了常规双管取心钻具功能的不足,岩矿心的质量和采取率得到了提高,岩矿心后期运输与储藏得到了保证。

(2)半合管采取自锁结构,组装及拆卸钻具提取岩矿心快捷方便,提高了施工效率,减轻了人工施工强度。

(3)通用性、实用性强。能够在不变现有设备及钻具级配的条件下使用,容易得到推广应用。

(4)工作性能稳定可靠,钻具结构简单易操作调试,便于维护和保养,得到钻探生产人员的认可和欢迎。

(5)更适宜松软砂土层钻进,岩矿心采取率达100%,护心管完好无损。

参考文献:

- [1] 钱书伟,张绍和,李锋,等.软弱易冲蚀地层钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):29-31.
- [2] 李世忠.钻探工艺学(中册)[M].北京:地质出版社,1994.
- [3] 秦沛.对深孔大口径取心钻探工艺的一些认识——以WFSD-2号孔0~897.66 m段施工为例[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):7-13.
- [4] 汪发文,鄢学农,徐俊,等.伸缩叠合型柔性(袋)管取心内管的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):49-54.
- [5] 陈宏钧.机械加工常用标准便查手册[M].北京:中国标准出版社,2006.
- [6] 成大先.机械设计手册[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [7] 任晓顺,太武,刘建福,等.河北省乐亭县滦河古河道深覆盖层钻探施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):22-26.
- [8] 黄建宁,刘文革.渭北煤田澄合矿区复杂地层钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):22-25.