

# 深孔及松软地层大口径绳索取心钻具的研究与应用

李晓晖, 程 林, 李艳丽, 和 新, 孔令沪, 满国祥, 朱立强, 闫 路, 王家一, 张慧杰  
(河北省地矿局国土资源勘查中心, 河北 石家庄 050081)

**摘 要:**为解决深孔大口径及松软地层取心难的问题,推进取心钻探技术的发展,研发了一套大口径绳索取心钻具。着重介绍了大口径绳索取心钻具的结构特点、技术参数、技术创新及使用效果。应用结果表明,该大口径绳索取心钻具结构合理、各机构动作可靠、岩心采取率高,能够满足深孔及松软地层的取心要求。

**关键词:**大口径深孔;松软地层;绳索取心钻具

**中图分类号:**P634.4<sup>+</sup>2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)12-0049-04

**Study on Large Diameter Wire-line Coring Tool in Deep Hole and Soft Formation Drilling and the Application/LI Xiao-hui, CHENG Lin, LI Yan-li, HE Xin, KONG Ling-hu, MAN Guo-xiang, ZHU Li-qiang, YAN Lu, WANG Jia-yi, ZHANG Hui-jie** (The Center of Land and Recourse Exploration, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shiji-azhuang Hebei 050081, China)

**Abstract:** A set of large diameter wire-line coring tool is developed to solve the difficulties in large diameter deep hole and soft formation drilling. The paper introduces its structure characteristics, technical parameters, technical innovation and the application effects. The application effects show that this drilling tool has the advantages of rational structure, reliable mechanism action and high coring rate and can meet the coring requirements in deep hole and soft formation.

**Key words:** large diameter deep hole; soft formation; wire-line coring tool

## 1 概述

随着煤层气和页岩气勘查开发、地质勘查、科学钻探的逐步发展和深入,对取心钻探的要求也越来越苛刻,要满足深孔取心要求,适应各种地层,保证岩心采取率、取心的时效性、岩心的完整性,提高取心效率,缩短成井周期,诸多的要求使得我们必须对施工所采用的取心设备和工艺提出更高的标准。美国等发达国家已经有较成熟的系列化大口径取心钻具,我国很多单位也在致力于这方面的研究,但仍存在一些问题,比如深孔取心钻具强度不足、松软地层岩心采取率不高等问题,都有待于我们进一步研究和提升。

我单位针对大口径深孔及松软地层取心难的问题,对于大口径绳索取心钻具进行了研究,并结合煤层取心、地热勘探取心进行了试验。由于煤层有割理和裂隙发育、机械强度低、易碎、成柱性差、抗水力冲蚀能力和抗摩擦热变能力较低的特点,用常规取心技术取心采取率极低,再加上起钻时间长,易使煤层气体在井筒内严重散失,不能适应煤层气勘探取心要求。而使用绳索取心技术则能很好的解决这一难题,它可以在很短的时间内将岩心提到地面,不仅使岩心采取率大幅提高,而且还可以减少煤心在钻

井液中的浸泡时间,减少气体的散逸量,保证分析结果的真实性、可靠性。煤层气井取心除了要对储层岩心进行常规的评价研究,最重要的是要在现场做煤心煤层气含量的测定,并且现场采样来测定煤层气解析压力、吸附压力曲线等。为准确获取上述参数,对煤层取心又多了一个取心直径的要求,煤心直径一般要求不能小于 60 mm,针对以上要求,我们研制了新型大口径绳索取心钻具。

## 2 大口径绳索取心钻具的研究

大口径绳索取心钻具由取心钻具和打捞器 2 部分组成,其中取心钻具由外管总成和内管总成组成。

### 2.1 取心钻具的研究

#### 2.1.1 外管总成

外管总成由转换接头、弹卡室、外管、扶正接头、取心钻头以及座环、扶正环等部件组成(如图 1 所示)。

外管总成和常规钻具一样连接于钻柱底部,用于传递扭矩和钻压至取心钻头。为了适应深孔取心的特点,确保在钻进中外管能够承受较大的扭矩和压力,在深孔钻进中不会成为整个钻柱的薄弱环节,我们对几种管材的性能进行了对比(见表 1)。

收稿日期:2014-12-01; 修回日期:2014-12-09

作者简介:李晓晖(1972-),男(汉族),河北人,河北省地矿局国土资源勘查中心副主任、高级工程师,机械设计与制造专业,从事探矿工程机械的研发及新技术推广工作,河北省石家庄市中山西路 800 号, hb\_shitan@163.com。

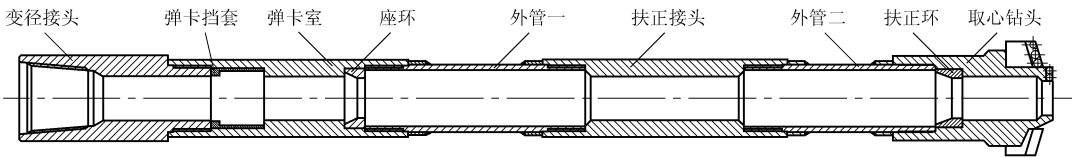


图 1 外管总成

表 1  $\varnothing 127\text{ mm} \times 9.19\text{ mm}$  规格几种材料的性能对比

管材种类	屈服强度 $\sigma_{0.2}/\text{MPa}$		最小抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	最小拉伸 屈服/N	最小扭转屈服 $\text{/(N} \cdot \text{m)}$
	最小	最大			
E75	517	724	689	1759694	55815
X95	655	862	724	2228946	70698
G105	724	931	793	2463572	78140
S135	931	1138	1000	3167445	100466

虽然 S135 具有更高的性能,但是它对钻井环境及应力具有更高的敏感性,对缺陷的容纳率更低,也就是说在出现腐蚀或者缺陷时,会在短时间内出现断裂,所以综合井深的要求,最终选择符合 API 标准的  $\varnothing 127\text{ mm} \times 9.19\text{ mm}$ 、G105 材料作为外管材料。

外管总成中的转换接头、扶正接头及弹卡室均选用中碳合金结构钢,经热处理,性能优于 G105,内孔通径 83 mm,在两根外管的之间设扶正接头,扶正接头成螺旋形,在螺旋棱上焊碳化硼材料,可以保持外管一直处于钻孔的中心,降低钻头与钻杆的环隙过大造成孔斜的风险;在外管内部的上下两端分别设有座环和扶正环,座环和扶正环采用独特的斜面内六槽结构,减小了泥浆的阻力,增大了泥浆通道的过水面积,避免了在基岩段冲孔时憋泵现象,同时对扶正环进行了特殊的化学镀技术,能够有效导直内

管,同时延长了扶正环和座环的使用寿命。

取心钻头采用阶梯式复合片钻头,这种结构设计既能避免在硬地层中钻进不进尺,又能避免在软地层中钻头泥包现象。

2.1.2 内管总成

内管总成包括打捞机构、弹卡机构、悬挂机构、缓冲机构、单动机构、断心机构、调节机构、取心机构等部件(如图 2 所示)。该部分是实现取样的直接部分,内管用来容纳岩心,内外管之间既要有足够的孔间环隙,可实现大泵量冲洗作业,也要避免环空太大,造成内外管在钻进过程中不同心的问题;取心内管选用 Z1590 钢级  $\varnothing 73\text{ mm} \times 3\text{ mm}$  无缝管,内管总成投放到位后可通过定位机构悬挂于外管内,保证内外管之间定位可靠,准确到位,不能有相互窜动,并通过单动机构保证内管相对于岩心不转动,降低了对岩心的磨损;取心机构根据岩心物理形态的不同设计有:完整岩心样本卡簧取心机构、破碎岩心样本拦卡簧取心机构和粉状岩心样本拦簧取心机构(如图 3 所示)。在破碎岩心样本取心时为避免钻井液对煤心的冲蚀,取心管顶部设有钢珠单向阀;在破碎岩心样本和粉碎岩心样本取心时采用短内管,减小

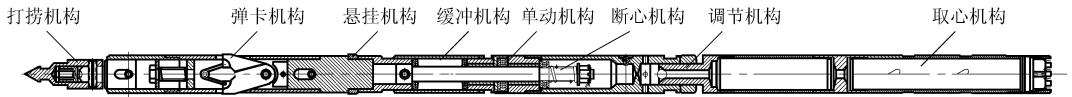


图 2 内管总成

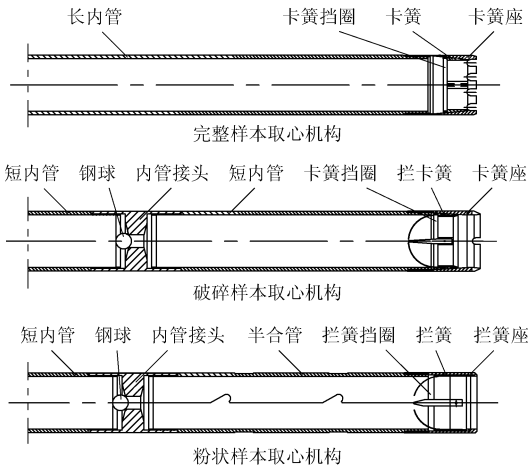


图 3 三种取心机构

钻井液静压力;在粉碎岩心样本取心时采用半合管取心,方便岩心样本的取出。

2.2 打捞器的研制

打捞器包括钢丝绳紧固及旋转机构、重锤、脱卡机构、蓄能机构、捞取机构(如图 4 所示)。内管打捞机构是在内管取满岩心后将内管总成从外管及钻柱内孔提出的机构,内管打捞器靠绳索绞车投放,打捞钩在打捞住捞矛头之后提升,弹卡钳从弹卡室内脱出,整个内管与外管分离,随打捞机构提出孔口。

3 技术参数及创新

3.1 钻具的技术参数

钻头外径  $\times$  内径:  $\varnothing 215.9\text{ mm} \times \varnothing 63\text{ mm}$

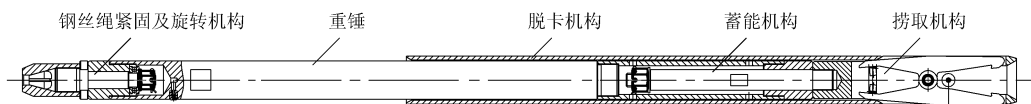


图 4 打捞器结构

外管外径×内径:  $\varnothing 127 \text{ mm} \times \varnothing 108.6 \text{ mm}$

内管外径×内径:  $\varnothing 73 \text{ mm} \times \varnothing 67 \text{ mm}$

钻具总长: 3390 mm

可取岩心长度: 1900 mm

可取岩心直径: 62 mm

钻柱允许通过的最大直径: 82.5 mm

适应地层: 煤层及软~中硬地层

适用井深: 2500 m 以浅

### 3.2 技术创新

(1) 扶正接头成螺旋形, 在螺旋棱上焊碳化硼材料, 可以保持外管一直处于钻孔的中心, 降低钻头与钻杆环隙过大造成孔斜的风险。

(2) 座环和扶正环采用独特的斜面内六槽结构, 减小了泥浆的阻力, 增大了泥浆通道的过水面积, 避免了在基岩段冲孔时憋泵现象, 同时对扶正环进行了特殊的化学镀处理, 能够起到有效导直内管的作用, 同时延长了扶正环和座环的使用寿命。

(3) 大口径绳索取心钻头采用八翼阶梯式刮刀 PDC 保径钻头(如图 5 所示), 由 1308 和 1008 两种型号的 PDC 复合片, 和保径 PDC 条焊接在钢制基体上而成, 该钻头具有寿命长、机械转速高、低侵蚀、低压降的特点, 能较好的满足松软地层取心的要求。阶梯式结构有效减小了钻头与孔底的接触面积; 钻头的水眼设计采用外倾斜水眼和小角度内倾水眼相结合, 既保证了一小部分钻井液冷却和润滑岩心, 防止岩心烧磨, 又将大部分钻井液导离岩心柱, 使液流对岩心冲蚀破坏最小。

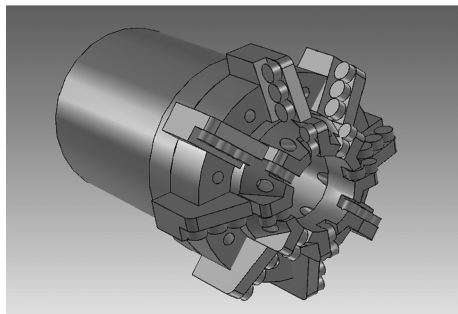


图 5 取心钻头

(4) 3 种取心机构的设计, 在完整地层采用完整岩心样本取心机构, 由卡簧卡住岩心(图 6、图 7); 在破碎地层采用破碎岩心样本取心机构, 由拦卡簧

拦卡岩心(图 8), 双重作用下确保岩心不掉落; 在粉碎地层采用粉碎岩心样本取心机构, 由拦簧在岩心重力作用下完全合拢(图 9), 保证粉碎岩心不掉落。根据不同的地层更换取心机构就能满足不同物理形态岩心的取心要求, 保证了岩心的采取率。

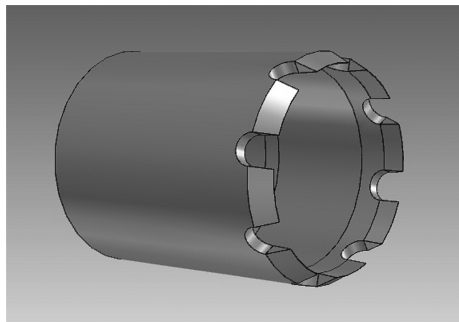


图 6 卡簧座

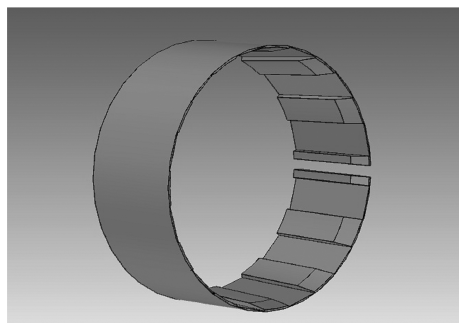


图 7 卡簧

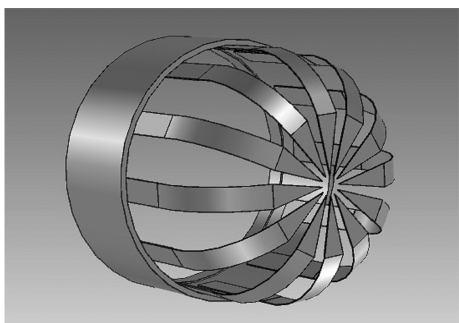


图 8 拦卡簧

## 4 应用试验

### 4.1 煤层气井施工应用

河南豫中地质勘查工程公司在河南省焦作市修武县进行煤层气井施工时使用了我们研制的大口径绳索取心钻具, 井深 900 m, 取心深度 30 m。从煤层

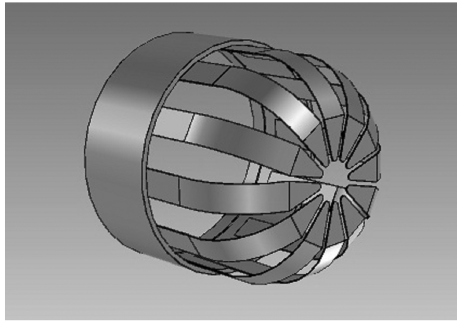


图9 拦簧

顶板上5 m开始取心,穿过煤层底板下2 m后结束,取心总长度26.7 m,煤层以粉煤为主,中间有块煤,钻压控制在15~25 kN,转速48 r/min,泥浆排量8 L/s,泵压1.5 MPa,每回次进尺1.5 m,每班可取心5~6次,采取率为89%(其中岩心采取率为95%,煤心采取率为86%)。整个取心过程未提钻,由于磨损更换两次拦簧,结束取心后提钻检查,钻头未出现明显磨损。在使用中钻具性能可靠、岩心采取率高,完全满足了煤层气钻探取心的需要。

图10为施工现场。



图10 施工现场

#### 4.2 地热井施工应用

我单位于2014年在河北省赵县进行地热井勘查施工时使用了该套大口径绳索取心钻具,实际井深2200 m,地层情况:0~219.9 m为第四系地层,岩性为粘土、粉质粘土、粉土、中砂、细砂呈不等厚互层;219.9~545.6 m为新近系明化镇组,上部以砂

岩为主,下部为砂岩与泥岩呈不等厚互层;545.6~879.2 m为新近系馆陶组,上部砂岩与泥岩呈不等厚互层;下部以砂岩、砂砾岩为主;879.2~2200 m为古近系沙河街组,上部为泥岩夹薄层砂岩;下部为泥岩夹薄层砂岩、砂砾岩。取心孔段分别为:800~1030、2000~2100 m,取心钻进总进尺330 m,岩心采取总长度290 m,图11为所取的岩心,平均岩心采取率87.9%。在钻至750 m处提钻一次,将全面钻进用 $\varnothing 215.9$  mm牙轮钻头更换为 $\varnothing 215.9$  mm取心钻头;在钻至1600 m处提钻一次检查钻头,整个取心过程共更换卡簧22次,回次进尺1.5 m,没有出现内管打捞失效的情况,说明内外管的同心度较好,强度较高。但存在的问题是在要求岩心的采取长度长时,打捞频次太高,影响施工效率,所以如何在确保钻具合理可靠的前提下,增加一次性可取岩心长度,减少打捞频次将作为我们下一步的研究方向。



图11 采取的岩心

#### 5 结语

研制的大口径绳索取心钻具能应用API标准的5 in钻杆进行绳索取心作业;取心钻头直径为215.9 mm,在不取心地层可换用 $\varnothing 215.9$  mm牙轮钻头快速通过;适应不同物理形态的取心机构及绳索取心技术,大大地提高了岩心的采取率和准确率。可满足大口径深孔及松软地层取心需要,在煤层气取心、油田取心、页岩气取心、科学钻探、地热井取心中,具有广阔的推广使用前景。

#### 参考文献:

- [1] 周全兴. 钻采工具手册[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [2] 胡晨光. 钻探工程技术[M]. 安徽合肥:安徽文化音像出版社,2004.
- [3] 孙松尧. 钻井机械[M]. 北京:石油工业出版社,2006.
- [4] 王达,等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙:中南大学出版社,2014.
- [5] 曾铁军,左明星,徐培武. 煤层气钻井技术的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(11).