

# 大口径绳索取心钻具在特厚软煤中的取心应用

姚彤宝, 张春林, 刘晓刚

(中国煤炭地质总局勘查总院, 北京 100039)

**摘要:**煤层气参数井因需准确获取煤层及其气体含量参数, 绳索取心技术因结构简单、钻进效率高、岩矿心质量好、钻获煤心时间短等显著优点已在煤层气井取心中广泛应用。主要介绍了大口径绳索取心钻具在鹤壁六矿某煤层气参数井+生产井的应用中, 根据选用大口径取心工具的结构特点, 针对目的煤层为特厚软煤的客观地质条件, 总结出了较为合理的取心钻进工艺参数和技术保障措施, 取得了较好的效果。

**关键词:**大口径绳索取心; 软煤; 煤层气参数井

中图分类号: P634.4 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2012)12-0025-04

**Application of Large-diameter Wire-line Coring Barrel in Thick Soft Coal/YAO Tong-bao, ZHANG Chun-lin, LIU Xiao-gang** (China National Administration of Coal Geology General Prospecting Institute, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The accurate parameters of coal seam information and the gas content are obtained in CBM parameter well. Wire-line coring technology has been widely used in CBM well coring because of its simple structure, high drilling efficiency, good coring sample quality and short coring time. This paper mainly introduced the successful application of large-diameter wire-line coring barrel in a CBM parameter well and production well of Hebi. Based on the structure features of the selected coring tool and according to the thick soft coal seam conditions, the reasonable drilling parameters and technical insurance measures were summed up with good effects.

**Key words:** large-diameter wire-line coring; thick soft coal; CBM parameter well

## 1 工程概述

HB01-V1井为我院2011年底独立完成的一口煤层气参数井+生产井。该井位于河南省鹤壁市山城区石林镇李古道村, 根据地质设计要求, 取心层段为山西组二<sub>1</sub>煤及其顶底板上下各10m, 要求煤心收获率 $\leq 75\%$ , 岩心收获率 $\leq 90\%$ , 煤(岩)心直径 $\geq 68$ mm, 取心时间在15min之内(自打煤结束至煤心提出井口)。其目的是获取储层、储藏参数, 主要包括: 二<sub>1</sub>煤埋深、厚度、煤岩及煤质、煤层含气量、成分、含气饱和度、兰氏体积、兰氏压力、储层压力及压力梯度、应力及应力梯度、渗透率、储层温度以及顶底板岩石物理力学性质等。

该井设计井深837m, 完井方法为钢套管+玻璃钢套管扩眼完井。井身设计为二开结构(见图1): 一开 $\phi 311$ mm开孔, 下入 $\phi 244.5$ mm表层套管并封固至地表; 二开采用 $\phi 215.9$ mm钻具钻进和取心, 下入 $\phi 177.8$ mm生产套管(含玻璃钢套管)并封固至二<sub>1</sub>煤层顶板之上250m以浅, 并在煤层玻璃钢套管层段依照设计扩眼、造洞穴。全井要求全角变化率 $\leq 1.50^\circ/30$ m、最大井斜 $\leq 2.50^\circ$ 、井底水平位移 $\leq 20$ m。

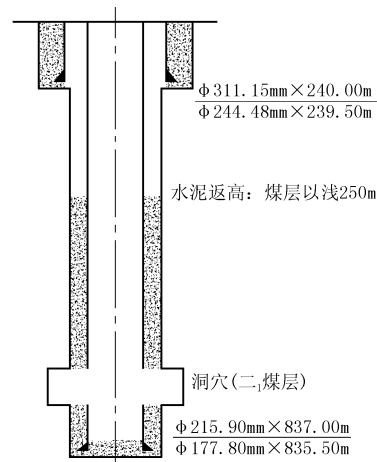


图1 HB01-V1井井身结构设计示意图

本井实际完井井深805.5m, 完成设计地质及工程设计要求, 完井井身质量较好。

一开钻进对钻井液性能不做强制要求, 钻井液配制以防塌、防漏、保证正常钻进、提高钻效为目的; 二开煤层上覆地层原则上要求采用优质低固相钻井液钻进, 钻井液密度 $\geq 1.05$ g/cm<sup>3</sup>, 钻进时适当加入防塌处理剂, 以及加入絮凝剂提升岩屑上返能力, 达到安全钻进的目的; 钻进至目的煤层二<sub>1</sub>煤顶板以上

收稿日期: 2012-07-10; 修回日期: 2012-07-21

作者简介: 姚彤宝(1980-), 男(汉族), 河南南阳人, 中国煤炭地质总局勘查总院高级工程师, 地质工程专业, 博士, 从事钻探技术生产研究与管理工作, 北京市丰台区靛厂路299号, ytblog@163.com。

10 m至底板以下10 m,在保证钻井安全与煤层采取率的前提下,要求原则上清水钻进。

## 2 大口径绳索取心设计

### 2.1 大口径绳索取心钻具

根据本次地质取心要求和实际工作情况,采用了平顶山五环实业有限公司生产的WH-B215×74

型大口径绳索取心钻具(见图2)。该套钻具外管径向尺寸为 $\varnothing 127\text{ mm} \times 11\text{ mm}$ ,内管尺寸为 $\varnothing 89\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ ,钻具外管总长3 m,内管长1.5 m。钻具上、下端分别为可与 $\varnothing 127\text{ mm}$ 钻杆和 $\varnothing 215.9\text{ mm}$ 钻头直接连接的API标准扣型。内管在取煤心时可选用半合管。卡取煤(岩)心时可根据实际情况选用卡簧或爪簧。

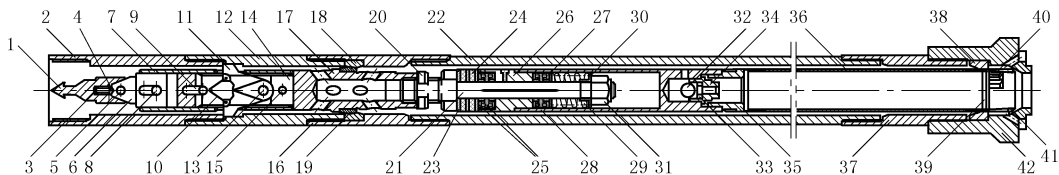


图2 WH-B215×74型绳索取心钻具

1—捞矛头;2—弹卡挡头;3、29—弹簧;4—定位块;5、8、9、13、15—弹性圆柱销;6—捞矛座;7—回收管;10—张簧;11—弹卡;12—弹卡室;14—弹卡座;16—座环接头;17—弹卡架;18—座环;19—悬挂环;20、31—调节螺母;21—主轴;22—外管;23—金属垫圈;24—尼龙环;25—推力轴承;26—轴承座;27—轴承外套;28—挡圈;30—弹簧挡圈;32—钢球;33—耐磨环;34—球阀座;35—变径接头;36—内管;37—下接头;38—扶正环;39—卡簧挡圈;40—卡簧;41—卡簧座;42—钻头

外管总成包括弹卡挡头、弹卡室、悬挂接头、外管、下接头、钻头;内管总成包括捞矛头、弹卡、单动、调节、卡取岩心及悬挂扶正等机构。几个主要机构工作原理如下。

#### 2.1.1 弹卡机构

主要由弹卡架、弹卡等部件组成。其作用是内管坐在外管内时弹卡借助张簧的弹力张开,贴在弹卡室的内壁上,上有弹卡挡头,外有回收管,从而在钻进时限制内管向上窜,为了防止磨损,借助弹卡挡头的拨叉带动钻具轴承上部随外管旋转,取心时打捞器的打捞钩抓住捞矛头,提升打捞器、捞矛头通过弹簧提升回收管,迫使弹卡缩回,使内管总成处于自由状态,从而被提离外管进而至地表。

#### 2.1.2 单动机构

由2副推力轴承实现钻具内外管的单动。

#### 2.1.3 调节机构

内管总成坐在外管总成内时,由下轴和螺母调节卡簧座与钻头内台阶间的间隙,保证在2~3 mm。

#### 2.1.4 悬挂机构

在悬挂接头下端有一个可拆卸的悬挂环,内管总成到达预定的位置时,坐在外管总成的座环上。

#### 2.1.5 打捞及脱卡机构

由打捞钩、打捞架、重锤和脱卡管等组成。捞取岩心时打捞器放入钻杆内,靠重锤快速下降,当到达内管上端时,打捞钩抓住捞矛头,从而把内管提升上来。而当捞取煤岩心受阻时,可通过绳索绞车提拉钢丝绳把安全销拉断或投下脱卡管释放捞矛头的方式使打捞器与内管总成脱离,实现脱卡。

### 2.2 绳索取心钻头

本井采用 $\varnothing 215.9\text{ mm}$  PDC复合片取心钻头。钻头总体为阶梯形结构,即切削齿以一定排列呈阶梯超前形取地层。钻头的当量阶梯高度分别为10和15 mm,有效地增加了破碎岩石的自由面。但钻头内径较小,仅为 $\varnothing 75\text{ mm}$ ,因而钻头底唇面相对较大,在破碎岩石时需较大钻压,这不利于井斜的控制和煤岩心采取率的提高。

### 2.3 煤层气井绳索取心要求

(1)为确保煤层含气量测定数据的准确性,取心内管从提心开始至出井口时间要求小于2 min/100 m,煤样到达地面后必须在10 min内按煤层剖面顺序装入解析罐并迅速密封。

(2)为减少煤心的气体损失,取心提钻时,应使钻井液尽可能地充满井筒,并尽可能地缩短煤心在空气中的暴露时间。

(3)为保证煤心采取率,回次进尺应控制在1.0 m以内。

(4)煤心采取要做到煤层结构清楚、煤心不污染、不燃烧变质、不混入杂质,顺序不能颠倒。

(5)为避免钻井液冲刷煤心,取心钻进时应采用低泵量钻进。

## 3 HB01-V1井地质条件

本井钻遇地层自上而下为第四系( $Q_4$ )、第三系鹤壁组( $N_2h$ )、二叠系上石盒子组( $P_2s$ )、下石盒子组( $P_1x$ )、山西组( $P_1s$ )和石炭系太原组( $C_3t$ ),具体情况见表1。

表1 HB01-V1井钻遇地层

地层					井深/m	岩性描述
界	系	统	组	代号		
新生界	第三系	上新统	鹤壁组	N <sub>2</sub> h	218	上部2 m为第四系黄土(未细分);鹤壁组为杂色粘土夹砂砾岩
		上统	上石子组	P <sub>2</sub> s	512	灰、灰绿、紫红色泥岩、砂质泥岩与浅灰、灰、灰白、灰绿色细、中、粗砂岩互层
	二叠系	下统	下石子组	P <sub>1</sub> x	643	灰、紫灰、灰绿、灰黑色泥岩、砂质泥岩夹灰、灰绿色细砂岩,底部为灰白色中~粗砂岩
		山西组	P <sub>1</sub> s	747	灰、深灰、灰黑、黑色泥岩、砂质泥岩、炭质泥岩、浅灰色铝质泥岩夹灰、浅绿灰色细砂岩夹黑色二 <sub>1</sub> 煤层	
石炭系	上统	太原组	C <sub>3</sub> t	805(未穿)	灰、深灰、灰黑色泥岩、砂质泥岩	

鹤壁六矿是鹤壁矿区煤与瓦斯突出最为严重的矿井,二<sub>1</sub>煤为其单一主采煤层,平均厚度约8 m,全区煤层厚度变化小,结构简单。矿区构造复杂,构造煤发育,造成煤层周围地应力改变后煤层机构极易破坏而呈粉状,甚至粒状。煤层正常区段坚固性系数可达0.6以上,当应力条件一旦改变,其坚固性系数急剧下降。全区来看,二<sub>1</sub>煤为低灰、低硫、高发热量贫煤,呈半亮~亮型,颗粒~粉状,灰黑~黑灰色,局部可见条痕、植物茎叶化石;二<sub>1</sub>煤性脆、胶结松散,为软~极软煤。HB01-V1井预计煤厚9.0 m,测井解释煤厚为10.17 m。

#### 4 大口径绳索取心钻进技术

由于历史客观原因,临近井资料参考价值较低,且非取心层段采用无岩心钻进、地层中亦无明显标志层,致使本井无法准确确定取心钻进井深或层位。鉴于上述原因,本井施工过程中,密切观察岩屑录井和气测录井结果,结合实钻情况和区域地质,与甲方商定后自井深726.34 m处换钻取心(设计取心层段753.00~782.00 m)。

##### 4.1 取心钻具组合及工艺参数

取心钻具组合:Ø215.9 mm取心钻头+绳索取心钻具+Ø127 mm钻杆。

工艺参数:冲洗量10~15 L/s,钻压15~25 kN,转速30~60 r/min;岩心段每次进尺 $\geq 1.5$  m,煤心段每次进尺 $\geq 1.0$  m。

##### 4.2 取心保障措施

###### 4.2.1 场地和人员

井场专门腾出一块场地,用于拆装绳索取心工具和煤岩样的清洗、丈量、照相等。

取心作业前技术交底,明确分工,责任到人,确保安全、准确、及时。

夜间作业时,钻台、场地照明充分。

###### 4.2.2 组装与保养

为了确保取心钻具在井下动作可靠、有效,需在地表做好钻具的组装与保养工作。首先,应按照装

配图分别组装好内、外管总成和打捞器,并对钻具的主要零件进行认真检查;然后,把内管总成装入外管总成中,调整内外管的长度配合,并用打捞器试捞内管总成,经确认合乎要求后,方能下孔使用。现场组装外管总成、内管总成和打捞器的关键步骤和要求如下。

(1)外管总成的组装:①装入座环和扶正环时,应放平摆正且用手推入,禁止用任何铁器敲击,以防损伤螺纹或使座环或扶正环变形,影响内管的升降;②外管的弯曲度应小于0.30 mm/m,否则应进行矫直;③外管总成上所有螺纹联接处,要涂丝扣油并上紧。

(2)内管总成的组装:①检查捞矛头是否完整;②组装弹卡机构时,先将回收管套于弹卡架上,再通过回收管和弹卡架的槽,装入弹卡和张簧,最后通过回收管的装配孔把弹性销打入;③装好的弹卡动作应灵活,用手轻轻拉动捞矛头、回收管即可使弹卡缩回,此时弹卡两翼间距应小于或等于回收管直径;推下回收管,弹卡应立即张开,两翼间距大于弹卡室内径;④所有弹性销要装正,其开口方向应一致,且不能有晃动现象;⑤缓冲弹簧的锁母适当锁紧;⑥拧紧调长机构的调节螺母,以防倒扣,防止内管总成在外管中上下顶死;⑦单动轴承装配时,不能过紧,也不能过松,以用手转动灵活、不晃动为好,轴承装配完毕后,应通过黄油嘴向轴承注油,轴承套内需装满黄油;⑧卡簧座、内管和内管总成的上部连接必须同轴;⑨拧紧卡簧座并配好卡簧,一般卡簧的自由内径应比钻头内径小0.2~1.5 mm。

(3)打捞器的组装:①打捞钩安装时联接需可靠,且不能向一侧偏斜;②打捞器下部弹卡动作应灵活可靠。

将内管总成装入外管总成时,需认真调节弹卡与弹卡挡头顶面的间隙和卡簧座与钻头内台阶间隙。本次取心作业中,将弹卡与弹卡挡头的顶面的间隙调为6 mm,卡簧座与钻头内台阶的间隙调至3~5 mm。同时,需保证内管总成牢固地卡住在外管

总成中,不能自弹卡挡头端自由地倒出,只有使用打捞器才能顺利捞出。

另外,为了保证正常使用钻具,必须经常检查钻具,特别是针对弹卡、弹簧、单动轴承等关键部件,做好经常性的维护和保养,及时涂抹油脂,必要时拆开更换。

#### 4.2.3 下钻

下钻前,再次确认入井钻具各结构联接是否可靠、适当,取心钻头与钻具配合合理与否。

逐根检查入井钻杆内是否有杂物、异物,确保打捞器和取心管顺利通过。

及时观察并记录井筒内液面高度,必要时需回注钻井液。

严格控制下放速度,认真记录并分析钻具下放过程不正常情况的深度、原因等,为降低钻井液等对软煤层的扰动、冲刷,在距煤层5~10 m处循环钻井液(避免在煤层段内循环)。

取心内管应由捞矛器吊送至井底,并在绳索绞车上标记好下入井内钢丝绳的位置,避免钢丝绳打结、跳槽。

取心管吊入井底后,循环钻井液并适速回转,确保其就位后方可取心钻进。

#### 4.2.4 钻进

钻进前,转速、排量、钻井液性能调整到设计范围内。

正常钻进时,送钻均匀,保持设计的钻进参数,严禁中途停泵、提钻。

钻时变快或变慢时,进尺0.2~0.3 m后及时捞取岩心,确定地层变化。

#### 4.2.5 割心

本井施工过程中,岩心取心段采用停泵后回转割心办法。若煤层段也采用这种方案,将可能造成局部煤心的烧变,不利于准确获得煤层相关参数,且考虑本井煤层为松散、粒状的软煤,煤层内割心方案:爪簧卡心+不停泵+回转(20~30 s)。

#### 4.2.6 捞心

采用动力头钻机时,可将整个钻柱适当提升至井口便于地面操作合适位置后卡死,然后投入打捞器。

为避免钢丝绳打结,应控制绞车下放速度,并观察绞车上的井深标记,下放适量的钢丝绳以确保打捞住取心管。

在上提初期,宜将绞车调至低速挡,通过反复切

换其正反转,使得绞车具有较大的拉力将取心管拔出,当明显观察到钢丝绳拉力变小后,可将绞车调至较高挡位。

捞心过程注意观察井内液面,必要时回注钻井液。

#### 4.3 取心效果

本井实际取心层段为726.34~747.68 m,长21.34 m,其中煤层10.28 m(钻探),共取心23回次,其中煤层取心13回次。收获煤岩心总长18.97 m,其中煤心8.58 m、岩心10.39 m;煤心采取率83.46%,岩心采取率93.94%。整井取心效果受到现场监督和甲方的高度评价。

## 5 结语

大口径绳索取心钻具在HB01-V1井的应用表明,该套取心工具结构合理,组装简便,性能稳定,使用可靠,取心效果好,完全适应煤层气参数井取心要求。对于特厚软煤中取心,在严控钻进工艺参数的同时,回次进尺宜控制在0.7 m左右。这不仅能保证煤心的成柱性,从而提高采取率,也能满足煤层气现场解析或室内分析瓦斯样(单罐约需0.3 m煤样)的要求。另外,通过密切观察井下钻进情况在地面机具上的反应,及时调整取心钻具内外管间隙或卡簧的形式,能够有效防止取心作业中的空管现象。

## 参考文献:

- [1] 志强. 大口径绳索取心钻进工艺在孝义XB-003煤层气钻孔中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1): 95-99.
- [2] 尹中山, 胡勋茂. 四川煤层气井施工的问题与对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(2): 4-8.
- [3] 毛志新. 保德区块煤层气丛式井快速钻井技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(2): 12-14.
- [4] 郭礼士. 浅析软煤及煤层气钻探取心工具的结构特征[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(12): 39-42.
- [5] 李云峰. 沁水盆地煤层气参数井钻井工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(9): 55-57.
- [6] 包贵全. 煤层气钻井工程中几个重点技术问题的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(12): 4-8.
- [7] 颜丙宏, 夏宗清, 崔玉朝, 等. 煤层气参数井绳索取心施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(2): 19-20.
- [8] 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): 48-50.
- [9] 王永法, 唐振伟. 鹤煤公司六矿瓦斯地质规律分析[J]. 中州煤炭, 2010(2): 83-85.