

# 沁水盆地松软煤层大直径绳索取心施工关键技术

张强, 郝世俊, 赵永哲, 祁宏军, 黄巍  
(中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)

**摘要:**2013ZX-SH-UM15V井位于山西沁水盆地腹部,为一口煤层气生产直井,在施工过程中需要对3号煤层、15号煤层取心,以了解其煤层含气量、煤岩特性等相关参数。在3号煤层、15号煤层取心过程中,因其煤层中下部煤质较松软,岩心采取率一度很低。结合3号煤层、15号煤层的煤岩特性及绳索取心钻井工艺的特点,通过反复的试验,最终成功完成了3号、15号煤层的取心工作,其中15号煤层岩心采取率达90%以上。总结了针对该区域的松软煤层的绳索取心施工关键技术。

**关键词:**绳索取心钻进;松软煤层;岩心采取率;沁水盆地

中图分类号:P634 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2015)04-0026-04

**Key Technology of Large Diameter Wire-line Coring Applied in the Soft Seam in Qinshui Basin/ZHANG Qiang, HAO Shi-jun, ZHAO Yong-zhe, QI Hong-jun, HUANG Wei (Xi'an Research Institute, China Coal Technology & Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710077, China)**

**Abstract:** As a CBM production well, 2013ZX-SH-UM15V is located in Qinshui basin in Shanxi Province. Coal-bed coring was conducted in 3# and 15# coal-beds during the construction in order to obtain the coal-bed gas content and coal rock characteristics and some other parameters. Because of the soft coal in lower parts of 3# and 15# coal-beds, the core recovery was once very low, but combined with the coal rock characteristics in 3# and 15# coal-beds and by the repeated tests, core recovery was up to more than 90%. The paper summarizes the key technology of wire-line coring in soft coal-bed in this region.

**Key words:** wire-line coring technology; soft seam; core recovery; Qinshui basin

## 1 概述

2013ZX-SH-UM15V井为山西省沁水盆地一口煤层气生产直井,需要对钻遇的3号、15号煤层取心,以了解煤层含气量、煤岩特性等,最终确定水平井施工层位及后期排采工作采取的方法。因该区块煤层下部煤质较松软,采用提钻取心钻进,岩心采取率一度很低。为此,在2013ZX-SH-UM15V井的后期施工过程中,采取了全断面钻进与绳索取心相结合的钻进方式,通过反复试验,最终圆满完成了3号、15号煤层取心工作,其中15号煤层岩心采取率达90%以上,取得了良好的效果。

## 2 2013ZX-SH-UM15V井地质概况及井身结构

本区地层自上而下依次为:第四系、二叠系上统、二叠系下统和石炭系上统。二叠系上统包含石千峰组、上石盒子组。二叠系下统包含下石盒子组、山西组。石炭系上统包含太原组。石炭系中统包含本溪组。奥陶系中统包含峰峰组。本井田主采煤层为3号、15号煤层,其中3号煤层位于山西组底部,

平均厚度为6.04 m。15号煤层位于太原组一段底部,平均厚度为2.67 m<sup>[1]</sup>。

2013ZX-SH-UM15V井位于河道边上,表层主要为砂石、鹅卵石地层,钻孔漏失,地层出水量大。一开需要穿越表层进入稳定基岩10 m后,下入表层套管,封隔表层水及砂石、鹅卵石不稳定地层。二开根据取心要求分五段钻进。第一段,正常钻进至3号煤层上部10 m处;第二段,从3号煤层上部10 m处开始更换取心钻具,取心钻进至3号煤层底板下1 m处;第三段,从3号煤层底板下部1 m处正常钻进至15号煤层上部4 m处;第四段,从15号煤层上部4 m处,更换取心钻具,取心钻进至15号煤底板下1 m;第五段,从15号煤层底板下1 m处,正常钻进至15号煤层底板下30 m处。2013ZX-SH-UM15V井井身结构参数见表1。

## 3 钻井设备选择

2013ZX-SH-UM15V井选择的主要钻井设备见表2。

表1 2013ZX-SH-UM15V井井身结构参数

开钻次序	井段/m	钻头直径/mm	套管下深/m	套管直径/mm	
一开	全面钻进	0~35.89	311.15	35	244.5
	全面钻进	35.89~262.50	215.9		
	3号煤绳索取心钻进	262.50~275.77	215.9		
二开	全面钻进	275.77~361.36	215.9	405	177.8
	15号煤绳索取心钻进	361.36~372.45	215.9		
	全面钻进	372.45~405.00	215.9		

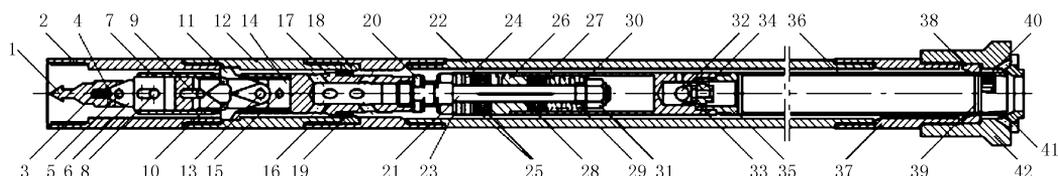
表2 2013ZX-SH-UM15V井主要钻井设备

名称	型号	备注
钻机	T200XD	提升力90.7t,最大扭矩24066 N·m
泥浆泵	F-800	最大排量38.91 L/s,最高泵压35 MPa
固控	ZJ200T	四级除砂除泥处理能力
取心钻具	WH-B215×74	钻具外管总长3m,取心管长度1.5m
取心钻头		Ø215.9 mm PDC取心钻头,岩心直径65 mm
钻杆	G钢级	Ø127 mm 石油钻杆

WH-B215×74绳索取心工具,钻具外管径向尺寸Ø127 mm×11 mm,内管尺寸为Ø89 mm×5 mm,钻具外管总长3 m,岩心管长1.5 m,钻具上、下端为标准API丝扣,分别为可与Ø127 mm钻杆和Ø215.9 mm钻头直接连接。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。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具体结构<sup>[2]</sup>(见图1)。工作原理与常规绳索取心钻具工作原理基本相同。

#### 4 松软煤层取心关键技术

2013ZX-SH-UM15V井钻遇的3号、15号煤层中下部煤质较软,坚固系数为0.6~0.8。当钻进时,煤层周围应力急剧改变,其坚固系数急剧下降,



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

图1 WH-B215×74型绳索取心钻具结构示意图

取出的煤样见图2。因本次施工采用的是非常规尺寸的绳索取心钻具组合,在地质情况复杂且没有施工经验与技术标准的情况下,通过不断摸索不断调整最终在3号煤层底部及15号煤层取心钻进时,岩心采取率>90%,满足取心技术指标。表3为摸索试验取心过程中钻进参数对应的岩心采取率。在摸索钻进参数的同时,分析了绳索取心钻具结构,针对



图2 2013ZX-SH-UM15V井钻遇的3号、15号煤层中下部煤样

松软煤层取心可以进一步改进绳索取心钻具结构。

##### 4.1 钻进参数的选择

在2013ZX-SH-UM15V井施工过程中,通过不断试验摸索,发现钻压增大有利于岩心成型而顺利进入岩心内管,转速减小能够减小钻头对即将进入岩心内管的岩心段的扰动,保证岩心的完整性,泵量减小能够减小钻井液对岩心的冲蚀作用,有利于岩心采取率的提高。因此钻压从70 kN增加到120 kN,转速从40 r/min降低到20 r/min,泵量在满足排屑的条件下,从12 L/s减小到3 L/s,能够有效完成取心指标。

##### 4.2 钻井液的选择

2013ZX-SH-UM15V井3号、15号煤层中下部松软易分散,且煤层中存在夹矸,煤层底部为高碳质泥岩与铝质泥岩,具有很强的遇水膨胀性。钻井液满足携粉、护壁、冷却钻头同时要岩心具有一定

表3 3号、15号煤层绳索取心钻进参数与岩心采取率

回次	进尺/m	岩心名称	岩心长度/m	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	泵量/(L·s <sup>-1</sup> )	岩心采取率/%
1	1.20	砂质泥岩	1.10	70	40	12	92
2	1.20	砂质泥岩	1.20	70	40	12	100
3	1.20	砂质泥岩	1.30	70	40	12	108
4	1.20	砂质泥岩	1.20	70	40	12	100
5	1.20	砂质泥岩	0.30	70	40	12	25
6	0.60	无	0.00	70	30	12	0
7	1.20	煤	1.20	80	30	10	100
8	1.10	粉煤	0.15	80	30	10	14
9	0.60	粉煤	0.26	80	30	10	43
10	0.60	无	0.00	80	30	10	0
11	0.15	无	0.00	80	30	8	0
12	0.60	无	0.00	80	30	8	0
13	0.40	无	0.00	80	30	8	0
14	0.60	粉煤	1.00	120	20	5	167
15	0.60	粉煤	0.60	120	20	5	100
16	0.60	细粒砂岩	0.60	120	20	3	100
17	0.80	无	0.00	120	20	3	0
18	0.50	煤矸石	0.10	120	20	3	20
19	1.00	粉煤	0.50	120	20	3	50
20	1.00	粉煤	0.30	120	20	3	30
21	0.50	粉煤	0.45	120	20	3	90
22	0.50	粉煤	0.47	120	20	3	94
23	0.80	粉煤(夹矸)	0.75	120	20	3	94
24	1.00	粉煤(夹矸)	1.00	120	20	3	100
25	1.00	煤矸石粉煤	1.00	120	20	3	100
26	1.00	粉煤煤矸石	1.00	120	20	3	100
27	1.20	高碳泥岩	1.20	120	20	3	100
28	0.80	高炭质泥岩	0.80	120	20	3	100
29	1.00	铝质泥岩	0.50	120	20	3	50

的钻井液过流通道均匀排布,降低了钻井液对地层的冲蚀作用,但其缺点是回次进尺较慢,需大钻压钻进,不易保证钻孔的垂直度。

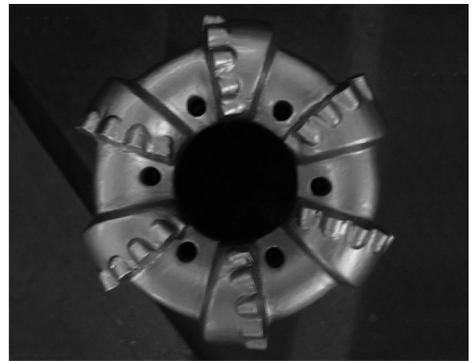


图3 Ø215.9 mm PDC 取心钻头



图4 Ø215.9 mm 的孕镶金刚石取心钻头

的保护作用。因此需改善钻井液的性能,保证钻井液有合适的粘度、良好的流动性与剪切稀释特性。选用的配方为:清水+膨润土+SPNH+CMC+KCl。该钻井液体系拥有良好的泥页岩水化抑制性和较低的失水量,漏斗粘度达到40 s,失水量<8 mL/30 min,密度<1.2 g/cm<sup>3</sup>。

#### 4.3 取心钻头的选择

2013ZX-SH-UM15V井采用Ø215.9 mm的PDC取心钻头(见图3),6组切削齿沿圆周均匀排布,单组5个切削齿沿径向阶梯状排布,钻头底唇面靠内侧均匀排布直径6 mm的水眼6个,取心内径65 mm。本次所用PDC取心钻头,钻进时进尺较快,但因切削齿突出较长,钻头对岩心扰动较大,增加了岩心的破碎程度。钻头水眼靠近底唇面内侧,且水眼直径较小,增加了钻井液对地层的冲蚀作用。后期使用孕镶金刚石取心钻头(见图4),以研磨破碎地层为主,降低了钻头对地层的扰动,16道宽2 mm

#### 4.4 卡簧的选择与使用

针对2013ZX-SH-UM15V井煤层松软破碎的情况,采用了图5所示的爪簧。爪簧因其特殊的结构,有利于托住岩心与及时卡断岩心,以防止出现岩心脱落。使用时,每回次内管下井前,检查爪簧簧片的弹性强度及爪簧的闭合性,以保证岩心能够顺利进入且不存在岩心脱落现象。在保证冲洗液通道合理、岩心能够顺利进入岩心管的前提下保证爪簧座与钻头的间隙为7 mm,爪簧自由内径比钻头内径小0.2~0.3 mm。

#### 4.5 岩心内管的选择

2013ZX-SH-UM15V井施工中开始采用无缝管岩心管(见图6),从岩心管内取出岩心时,经常需要用重物振击岩心筒,这样本身松软的岩心出筒后更加松散,减小岩样的选择范围,降低地质资料的完

整性。后期采取半合管岩心管(见图7),取心时,卸掉卡簧座,分开吻合的半合管后便可顺利取出完整岩心,省时省力的同时保证了取心指标的高效完成。



图5 松软煤层绳索取心用的爪簧



图6 无缝管岩心管



图7 半合管岩心管

#### 4.6 组装取心钻具

连接组装绳索取心钻具前应在地面检查各个部件是否有效可靠,对活动部件进行涂抹油脂保养。连接内管总成时保证:(1)捞矛头自由状态时在内管总成顶部保持竖直,以便打捞器入井能够顺利连接捞矛头;(2)组装好弹卡机构后,拉拽捞矛头保证弹卡能够顺利收回;(3)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;(4)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。连接完内管总成后装入外管总成,调整内外管的配合间隙,最好找一块相同尺寸的岩心以验证钻头内径、爪簧、爪簧座是否配合恰当。完成后用打捞器试打捞内管总成,以验证打捞器,脱卡管,内管总成的弹卡是否工作正常。确保地面试验无误后再入井工作<sup>[2]</sup>。

#### 4.7 钻进取心与割心

取心钻进时,严格按照给定的钻进参数匀速送

钻,为保证岩心采取率,回次进尺 $<1.3\text{ m}$ ,钻进期间严禁上提。回次钻进结束后向下压一下钻具,同时保持开泵,慢转 $8\sim 10$ 圈,以割断岩心。

#### 4.8 打捞岩心

打捞器在地面组装完毕后,认真检查打捞器与钢丝绳连接是否可靠,打捞器的捞钩架是否灵活可靠,且不向一边偏斜。同时根据井深标记好钢丝绳的入井长度,以便判断打捞器是否到位。

钢丝绳悬吊打捞器放入钻杆柱内以 $1.5\sim 2.0\text{ m/s}$ 的速度快速下降,打捞器到底后用手提拉或者用绞车轻轻提拉以感觉是否抓住捞矛头,待确定抓住捞矛头后,先以绞车低挡慢速提拉岩心内管至脱离外管后,再以小于 $50\text{ m/min}$ 的速度提出岩心内管。

### 5 结论与建议

(1)针对松软煤层取心钻进,通过对钻进参数的正交试验,最终确定钻压 $120\text{ kN}$ ,转速 $20\text{ r/min}$ ,泵量 $3\text{ L/s}$ 的合理钻进参数。

(2)针对松软煤层取心钻进,要求钻井液的漏斗粘度达到 $40\text{ s}$ ,失水量为 $8\text{ mL}/30\text{ min}$ ,密度 $<1.2\text{ g/cm}^3$ ,具有一定的泥页岩水化抑制性。

(3)选用大直径孕镶金刚石取心钻头,半合管岩心筒,爪簧,配合适当的绳索取心操作规程能够有效的完成取心指标。

#### 参考文献:

- [1] 吴光亮. 寺河矿煤层气井的揭露与剖析[J]. 现代矿业, 2011, (5): 83-84.
- [2] 姚彤宝, 张春林, 刘晓刚, 等. 大口径绳索取心钻具在特厚软煤中的取心应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(12): 25-28.
- [3] 王志强. 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [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] 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.