

# HFS 绳索取心孔底局部反循环三合管组合取心钻具

唐进军<sup>1</sup>, 刘海斌<sup>2</sup>

(1. 湖南省核工业地质局, 湖南长沙 410011; 2. 广西地勘局 310 核地质大队, 广西桂林 541312)

**摘要:**介绍了研制成功的 HFS 绳索取心孔底局部反循环三合管组合取心钻具的结构和工作原理, 喷反元件参数设计, 及其室内模拟试验和现场试验情况。

**关键词:**复杂地层; 岩矿心采取率; 组合取心钻具; 绳索取心; 局部反循环; 三合管

**中图分类号:** P634.4    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2014)02-0052-04

**HFS Triple Pipe Composite Coring Tool with Bottom Partial Reverse Circulation for Wire-line Coring/TANG Jin-jun<sup>1</sup>, LIU Hai-bin<sup>2</sup>** (1. Hunan Nuclear Geology, Changsha Hunan 410011, China; 2. 310 Nuclear Geological Brigade, Guangxi Bureau of Geology and Mineral Prospecting & Exploration, Guilin Guangxi 541312, China)

**Abstract:** The article introduces the successful development of HFS triple pipe composite coring tool with bottom partial reverse circulation for wire-line coring and its structure, working principle, parameter design of jet-type reverse circulation elements as well as in-door simulation test and field test.

**Key words:** complex formation; core recovery percentage; composite coring drilling tools; wire-line coring; partial reverse circulation; triple pipe

## 0 前言

HFS 绳索取心孔底局部反循环三合管组合取心钻具(以下简称 HFS 钻具), 是针对在硬、脆、碎; 软硬不均、性质不稳定; 软、松散、破碎、胶结性差等复杂地层中钻进存在的取心难、岩矿心质量差问题, 在 S95 绳索取心钻具的基础上, 利用绳索取心不需提钻取心的优越性, 利用局部反循环减少堵心、提高采取率的优越性, 利用三合管退心容易、保持岩矿心原

状减少扰动的优越性, 研制的组合取心钻具。该钻具通过室内测试和施工现场实钻试验, 取得了良好的技术效果。

## 1 钻具结构原理

### 1.1 钻具结构

钻具结构如图 1 所示。

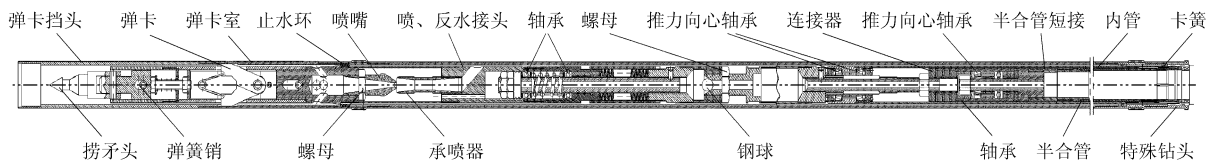


图 1 钻具结构示意图

(1) 打捞机构: 由捞矛头、销、矛头座、弹簧销等组成。

(2) 悬挂密封机构: 主要由外管总成中的悬挂环和内管总成中的台阶组成。

(3) 调节机构: 由调节螺母、喷反上接头组成。

(4) 弹卡定位机构: 主要由弹卡、弹卡座、弹卡销和外管总成上的弹卡挡头等组成。

(5) 单动机构: 由轴、轴承座、轴承和套等组成。

(6) 采心机构: 由三合管(外管、内管、半合管)、爪簧、卡簧座等组成。

(7) 喷射装置: 主要由喷嘴、混合室、喉管、扩散管等元件组成, 喷射装置的结构如图 2 所示。

喷射反循环效果的好坏与喷射元件的结构和几何尺寸有密切关系, 其中喷嘴直径  $d_0$ 、喉管直径  $d_2$ 、喷距  $S$ (即喷嘴至承喷器之间的距离) 这 3 个参数的变化直接影响喷反钻具的技术性能。

收稿日期: 2013-07-31; 修回日期: 2013-12-31

基金项目: 湖南省核工业地质局科研项目“HFS 绳索取心孔底局部反循环三合管组合取心钻具的研究与应用”(KY2011-302-1)

作者简介: 唐进军(1963-), 男(汉族), 广西全州人, 湖南省核工业地质局副总工程师、高级工程师, 探矿工程专业, 从事探矿工程、公路工程、岩土工程施工及管理工作, 湖南省长沙市韶山路 256 号, 780043803@qq.com; 刘海斌(1965-), 男(汉族), 湖南衡山人, 广西地勘局 310 核地质大队工程师, 探矿工程专业, 从事岩心钻探、工程勘察、基础施工和管理工作, 广西桂林市八里街 310 小区, LHB6133@163.com。

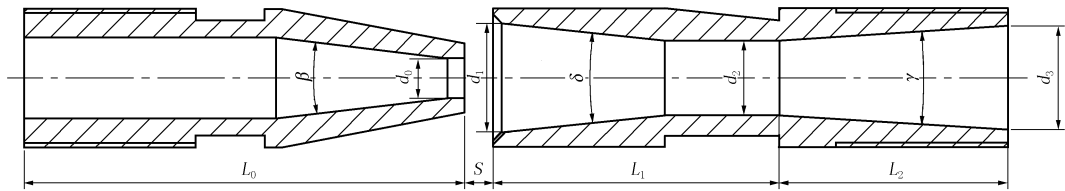


图 2 喷射装置图

①喷嘴直径  $d_0$ 。

$$Q = Fv = (\pi d_0^2 / 4) \cdot v$$

$$d_0 = \sqrt{4Q / (\pi v)} = 1.13 \sqrt{Q/v}$$

式中:  $Q$ ——液流流经喷嘴的流量, mL/s;  $F$ ——喷嘴断面积,  $\text{mm}^2$ ;  $v$ ——喷嘴处的液流流速, mm/s;  $d_0$ ——喷嘴直径, mm。

喷嘴直径  $d_0$  与高速液流的流量和流速有关。流量  $Q$  一定时,  $d_0$  越小  $v$  越大, 在一定范围内负压越高, 喷反性越好。但  $d_0$  太小, 容易堵塞。综合考虑孔径和当前使用的 BW-160、BW-250 及 BW-320 型泥浆泵技术参数, 以及泥浆钻进时防止堵塞等多种综合因素, 选取  $d_0$  为 12 mm。

## ②喷射装置其它工艺参数的选择。

喉管直径  $d_2$ : 喉管直径  $d_2$  越大, 返水性能越好。但由于受到孔径和射流能量的限制, 不能太大。

喷距  $S$ : 指喷嘴与承喷器上部的距离。喷嘴与承喷器之间是工作流与吸入流混合的地方, 二者距离的大小对钻具的喷反抽吸性能有较大的影响。对不同尺寸元件的配合喷距  $S$  有最优值, 喷距  $S$  是可调的。

选择确定 HFS 钻具喷射元件主要参数为: 喷嘴直径  $d_0 = 12$  mm; 圆锥角  $\beta = 8^\circ$ ; 混合角  $\delta = 17^\circ$ ; 扩散腔直径  $d_3 = 28$  mm; 扩散角  $\gamma = 9^\circ$ ; 喉管直径  $d_2 = 20$  mm。

## 1.2 工艺原理

钻进时冲洗液沿钻杆内孔进入内管总成上部, 由于悬挂密封装置封闭正常水道, 冲洗液从密封部位上部的喷射装置水眼改向, 高压冲洗液进入喷嘴, 通过喷嘴锥形内腔, 冲洗液高速射入承喷管。在高速射流的作用下, 喷嘴与承喷管所组成的喷射器周围的液体被射流带走一部分而形成负压, 在压差的作用下, 孔底液流从内管内被抽吸到混合室并与高速液流混合, 进行能量传递和交换后流入扩散管, 经扩散管和内外管环隙到钻头底部, 分流形成双循环: 一部分冲洗液在高速射流产生的负压作用下, 流向内管形成局部反循环, 另一部分冲洗液冷却钻头、携带岩粉, 沿钻杆外环间隙正循环返回地面。

## 1.3 钻具技术特点

(1) 该组合取心钻具以常规 S95 绳索取心钻具为基础, 在钻具总成上改变水流通路, 增加喷射反循环装置, 并与底喷分流钻头、爪簧、三合管有机组合, 改进后的钻具结构简单合理, 取心率高、取心质量好, 并与常规 S95 绳索取心钻具互换性好。

(2) 该组合取心钻具采用三合管取心机构, 容纳岩心的半合管装在内管内, 退心时用水压推出, 使松软、破碎地层的岩矿心退出工作更为方便快捷, 并避免了对岩矿心的扰动。

(3) 该组合取心钻具通过调节泥浆泵泵量和组合取心钻具喷距  $S$ , 可调节反循环流量, 防止冲蚀岩矿心和导致岩矿心次序颠倒混乱。

(4) 该组合取心钻具局部反循环液流流向与岩矿心进入半合管方向一致, 对岩矿心有湿润和扶正作用, 有利于岩矿心进入半合管, 减少堵心和重复磨损, 另连接内管的空心轴上部设止水球阀, 可防止在打捞岩矿心时水柱压脱岩矿心, 从而获得较好的岩矿心采取率。

(5) 该组合取心钻具单动装置上增加了两盘向心轴承和两盘压力轴承, 整套钻具的单动性能好, 回转平稳。

(6) 该组合取心钻具适应性广, 可使用清水、无固相、低固相冲洗液, 在各类地层中应用。

## 2 室内模拟试验

## 2.1 主要设备器具

BW-250 型泥浆泵; HFS 钻具; 高压管; 流量表; 秒表。

## 2.2 室内模拟试验情况

在 BW-250 型泥浆泵与高压管连接处和 HFS 钻具总成内管底部分别装上旋翼式水表, 分别记为泵量和返水量。喷反钻具的喷反效果与泵量和喷距  $S$  有关, 通过调节泵量或喷距  $S$  测量返水量, 来间接测定负压, 从而验证该喷反钻具的喷反效果和在本 BW-250 型泥浆泵送水口和 HFS 钻具确定调试数据。具体试验数据见表 1。

表1 HFS 钻具地表试验不同喷距  $S$  的返水效果

冲洗液类型	喷距 $S$ /mm	泵量 /(L·min <sup>-1</sup> )	返水量 /(L·min <sup>-1</sup> )	返水率 /%
清水	5	54.6	33.8	61.9
		56.3	33.9	60.2
		94.5	50.8	53.8
		96.4	52.1	54
		146	52.6	36
		155	57	37
	0	56.7	37.6	66.3
		56.9	38	66.8
		57	35.3	62
		95	51.7	54.4
		95	52.7	55.4
		150	58.8	39.2
	-5	146	58.1	39.8
		56.7	40.2	70.9
		58.8	40	68
		95	58	61
		95.4	58	61
		145	54	37.2
146	54.6	37.4		
171	65	38		

表2 HFS 钻具地表试验不同喷距  $S$  返水效果表

冲洗液类型	喷距 $S$ /mm	泵量 /(L·min <sup>-1</sup> )	返水量 /(L·min <sup>-1</sup> )	返水率 /%
清水	-6	60	38.2	63.7
		54	35	64.8
		95	55.8	58.7
		94	54.3	57.8
		142	39.6	27.9
		140	40.9	29.2
	-7	60	32.4	54
		61	31.2	51
		93	51.8	55.7
		96	49	51
		139	41	29.5
		141	41	29.1
-8	62	23	37.1	
	58	21	36.2	
	95	41	43.2	
	95	40	42	
	143	28.8	20	
	137	29	21.2	

浅部岩矿心采取非常困难。

ZK1801号孔,该孔设计孔深220 m,上部冲积层及风化残积坡积层均含矿,要求全孔取心。采用 $\varnothing 110$  mm 钻具开孔,由于该孔表层均为泥、砂、砾组成的冲积层及风化残积坡积层,岩矿心采取非常难,为确保岩矿心采取,另外为了现场验证、调试 HFS 钻具性能参数。为此利用孔口固定提前下入 $\varnothing 108$  mm 套管,改用组合取心钻具钻进,采用低固相优质泥浆护孔,喷距  $S$  为  $-5$  mm,泵量用泥浆泵最小量,在 10.85 ~ 15.25 m 钻进 5 个回次,岩矿心采取率 89% 以上(见表 3)。

表3 ZK1801号孔10.85~15.25 m孔段回次进尺及采心率

序号	钻进孔段/m	岩心长/m	采取率/%	备注
1	10.85~11.75(0.9)	0.86	95	打捞失败
2	11.75~12.55(0.8)	0.8	100	打捞失败
3	12.55~13.45(0.9)	0.86	95	打捞成功
4	13.45~14.35(0.9)	0.8	89	打捞失败
5	14.35~15.25(0.9)	0.88	98	打捞失败
合计	10.85~15.25(4.4)	4.2	95	成功率20%

从表3可以看出,5个回次打捞内管的成功率只有20%,主要原因是钻具各部件倒角不够,重新倒角后一切正常(见表4)。

### 3.2 云南富源某煤田勘查

施工设备:XY-6B型钻机;BW-320型泥浆泵;24 m 四脚铁塔;100 kW 发电机组。

该工作区位于富源—弥勒断裂东侧、师宗—弥勒断裂北西侧、恩洪复式向斜的核部,岩性主要由薄至中厚层状的灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩、粉砂岩、

首先将 HFS 钻具喷距  $S$  分别调节为  $+5$  mm、 $0$ 、 $-5$  mm 三种状态,然后在每一种状态下通过泥浆泵输送不同泵量,测出返水量并折算返水率,返水量越大则该钻具喷反形成的负压越大,喷反效果越好。

由表1可以看出,在喷距  $S$  不变的情况下,随着泵量的增大,钻具的返水量增加,但吸水效率降低,该钻具采用泵量 60 L/min 左右时,吸水效率最高;而在泵量不变的情况下,喷距  $S$  越小(趋向负值),钻具喷反效果越好。为找出喷距  $S$  最优调节范围,在  $-5$  mm 基础上以 1 mm 为单位依次减小喷距  $S$ ,测定钻具的喷反效果。试验结果见表 2。

从表1、表2所测数值来看,HFS 钻具在流量不变时,喷距超过  $-5$  mm 后喷反效果变差,喷距  $S$  在  $0 \sim -5$  mm 时喷反效果最佳。由室内模拟试验收集的数据可以看出,该钻具喷反效果理想。

## 3 现场试验情况

### 3.1 郴州石盖塘某多金属矿勘查

施工设备: HGY-300 型钻机; BW-160 型泥浆泵; 12.8 m 四脚铁塔; 75 kW 发电机组。

该矿区地层浅部含矿,为泥、砂、砾组成的冲积层及风化残积坡积层,呈红褐色,粘土含量较少。中部为弱大理石化白云岩,块状结构岩石,胶结性好。底部为角砾岩、白云岩、绿泥化白云岩、含炭泥质灰岩,裂隙较发育,部分孔段有溶蚀现象。该矿区地层

表 4 ZK1801 号孔 15.25 ~ 19.55 m 孔段回次进尺及采心率

序号	钻进孔段/m	岩心长/m	采取率/%	备注
1	15.25 ~ 16.00(0.75)	0.75	100	打捞成功
2	16.00 ~ 16.85(0.85)	0.80	94	打捞成功
3	16.85 ~ 17.75(0.9)	0.9	100	打捞成功
4	17.75 ~ 18.65(0.9)	0.84	93	打捞成功
5	18.65 ~ 19.55(0.9)	0.9	100	打捞成功
合计	15.25 ~ 19.55(4.3)	4.19	97	成功率 100%

细砂岩、粉砂质泥岩、泥岩和煤组成。岩石裂隙极发育,局部岩石破碎,岩石胶结能力差,砂岩、泥岩遇水易水化膨胀坍塌,钻探施工中护壁堵漏、采心难度较大。

ZK102 孔设计孔深 1560 m,直孔,该孔是一个标志性孔,要求全孔取心并达到规范要求。采用  $\varnothing 150$  mm 开孔钻进至 50 m,下入  $\varnothing 146$  mm 套管换  $\varnothing 130$  mm 钻具钻进,钻进至 140 m,换  $\varnothing 110$  mm 金刚石普双钻具钻进,采用无固相冲洗液,钻至 180 m 时,遇到胶结性较差的粉砂岩,易受冲洗液冲蚀取不到岩心,采用缩小回次长度的方法后,岩心采取率有一定的提高,但与要求差距较大,180.53 ~ 189.20 m (8.67 m) 平均采取率只有 34% (见表 5)。

表 5 ZK102 孔 180.53 ~ 189.20 m 孔段回次进尺及采心率

序号	钻进孔段/m	岩心长/m	采取率/%	备注
1	180.53 ~ 183.53(3.00)	0.81	27	打捞成功
2	183.53 ~ 185.98(2.45)	0.74	30	打捞成功
3	185.98 ~ 187.48(1.50)	0.60	40	打捞成功
4	186.48 ~ 187.48(1.00)	0.42	42	打捞成功
5	187.48 ~ 188.20(0.72)	0.38	53	打捞成功
合计	180.53 ~ 189.20(8.67)	2.95	34	成功率 100%

改 HFS 钻具配特殊加厚钻头(钻头外径为  $\varnothing 110$  mm)钻进,喷距  $S$  调为  $-6$  mm,泵量为泥浆泵最低挡,经过 7 回次钻进,采取率由 34% 提高到 97% (188.20 ~ 194.32 m),见表 6。钻进较稳定地层后继续用  $\varnothing 110$  mm 金刚石普双钻具钻进。

表 6 ZK102 孔 188.20 ~ 194.32 m 孔段回次进尺及采心率

序号	钻进孔段/m	岩心长/m	采取率/%	备注
1	188.20 ~ 189.02(0.82)	0.82	100	打捞成功
2	189.02 ~ 189.93(0.91)	0.91	100	打捞成功
3	189.93 ~ 190.82(0.89)	0.85	96	打捞成功
4	190.82 ~ 191.67(0.85)	0.80	94	打捞成功
5	191.67 ~ 192.57(0.90)	0.83	92	打捞成功
6	192.57 ~ 193.37(0.80)	0.80	100	打捞成功
7	193.37 ~ 194.32(0.95)	0.95	100	打捞成功
合计	188.20 ~ 194.32(6.12)	5.96	97	成功率 100%

用  $\varnothing 110$  mm 金刚石普双钻具钻至孔深 383.30 m 下  $\varnothing 108$  mm 套管,改 S95 绳索取心钻具钻进,采

用低固相泥浆护壁,钻至 618.56 ~ 620.71 m 孔段时,岩层破碎松散,该孔段采取率只有 50%,换用 HFS 绳索取心孔底局部反循环三合管组合钻具钻进,喷距  $S$  为  $-5$  mm,正常钻进泵量,钻至 638.48 m 处见较完整岩石,共进尺 19.92 m,岩心采取率达 90.6% (见表 7)。

表 7 ZK102 孔 618.56 ~ 638.48 m 孔段回次进尺及岩心采取率

序号	钻进孔段 /m	岩心长 /m	采取率 /%	时效 /m	备注
1	618.56 ~ 619.34(0.78)	1.01 (0.78)	100	2.08	有沉渣
2	619.34 ~ 620.57(1.23)	1.15	93	2.38	正常
3	620.57 ~ 621.83(1.26)	1.04	83	1.98	正常
4	621.83 ~ 623.08(1.25)	1.12	90	2.08	正常
5	623.08 ~ 624.17(1.09)	0.98	90	2.10	正常
6	624.17 ~ 625.49(1.32)	1.20	91	1.93	正常
7	625.49 ~ 626.87(1.38)	1.24	90	1.85	正常
8	626.87 ~ 628.25(1.38)	1.27	92	1.76	正常
9	628.25 ~ 629.46(1.21)	1.07	88	2.02	正常
10	629.46 ~ 630.94(1.48)	1.45	98	1.96	打捞失败
11	630.94 ~ 632.07(1.13)	1.02	90	2.13	正常
12	632.07 ~ 633.29(1.22)	0.96	79	1.89	正常
13	633.29 ~ 634.64(1.35)	1.10	82	2.20	正常
14	634.64 ~ 635.77(1.13)	1.06	94	1.80	正常
15	635.77 ~ 637.03(1.26)	1.16	92	1.47	正常
16	637.03 ~ 638.48(1.45)	1.45	100	1.15	正常
合计	618.5 ~ 638.48(19.92)	18.05	90.6	1.85	打捞成功率 93.7%

### 3.3 使用喷反钻具注意事项

(1)经常检查内管总成各部件联结情况,各锁母及两盘向心轴承和两盘压力轴承的完好情况,减少因内管总成部件的损坏造成的单动失效和打捞失败;

(2)下钻前仔细检查钻具各部件是否完好,喷距是否符合要求,水泵工作是否正常,正反循环所有过水通道是否有杂物或阻塞,各部件连接是否牢固;

(3)经常检查内管和半合管的配合情况是否良好,做好内管、半合管清洗保养;

(4)钻具下入孔内对上立轴后应先送水,当钻头离孔底 0.5 m 以上时,轻压、慢转,扫至孔底,然后再正常钻进,以防止因孔底有残留岩心而堵塞;

(5)下钻前观察地层岩性,根据岩性调整喷距  $S$ 、泵量和选用钻头,采用低固相优质泥浆作冲洗液时,应使用除砂器除砂。

## 4 结论

(1)HFS 钻具以常规 S95 绳索取心钻具为基础, (下转第 63 页)

夹持器完全打开时弹簧的变形量最小,与之对应的最小回弹力为:

$$F_{\min} = nkx = 4 \times 197.03 \times 10.15 = 8000 \text{ N}$$

式中: $k$ ——弹簧的刚度系数; $x$ ——极限位置时弹簧的压缩量。

夹持器打开过程中,弹簧需要克服的阻力为系统背压产生的夹紧力:

$$\begin{aligned} F_{\text{阻}} &= PS = P\pi d^2/4 \\ &= 500000 \times 3.14 \times 0.08^2/4 \\ &= 2512 \text{ N} \end{aligned}$$

式中: $P$ ——系统背压,取 $P = 0.5 \text{ MPa}$ ; $d$ ——夹持器缸筒直径, $d = 80 \text{ mm}$ 。

可以看出, $F_{\min} > F_{\text{阻}}$ ,弹簧的回弹力能够顺利打开夹持器,实现松开钻杆的操作。

### 3 结语

在夹持器内部设置增力装置,有效地减小了油

缸的直径,避免了由于背压的存在夹持器打开困难的问题。同时,也使夹持器在保证足够夹紧力的前提下大大缩小了外形尺寸。该夹持器成功的运用于ZDY5000R钻机上。出厂检测过程中,最大扭矩达到 $6132 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,钻杆无转动,夹持器无损坏。工业性试验累计进尺 $11236 \text{ m}$ ,现场应用表明,夹持器灵活可靠、夹紧力大,完全满足ZDY5000R型全液压钻机器的使用要求。

### 参考文献:

- [1] 殷新胜,田宏亮,姚克,等. ZDY6000型履带式全液压坑道钻机的研制[J]. 金属矿山,2007,(12):94-96.
- [2] 鄢迪,孙保山,方鹏,等. ZDY850S型煤矿用全液压坑道钻机的设计[J]. 煤矿机械,2011,(12):36-38.
- [3] 凡东,庞海荣,姚亚峰. 全液压夹持器的设计与分析[J]. 煤炭工程,2006,(5):7-8.
- [4] 冯德强. 钻机设计[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [5] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1989.

(上接第55页)

在钻具总成上改变水流通道,增加喷射反循环装置,并与底喷分流钻头、爪簧、三合管有机组合,改进后的钻具结构简单合理,并与常规S95绳索取心钻具互换性好。

(2)该组合取心钻具采用三合管取心机构,容纳岩心的半合管装在内管内,退心时用水压推出,使松软、破碎地层的岩矿心退出工作更为方便快捷,并避免了对岩矿心的扰动。

(3)该组合取心钻具通过调节喷距 $S$ 和泥浆泵流量可调节反循环流量,防止冲蚀岩矿心和导致岩矿心次序颠倒混乱。

(4)该组合取心钻具适应性广,可使用清水、无固相、低固相冲洗液,在各类地层中应用。

(5)该组合取心钻具可大幅提高复杂地层岩矿心采取率,确保取心质量好,岩矿心完整度好,具有较好的推广应用价值。

### 参考文献:

- [1] 汤凤林, A. F. 加里宁, 段隆臣. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2009.
- [2] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2006.
- [3] 王扶志, 张志强, 宋小军. 地质工程钻探工艺与技术[M]. 北京:地质出版社,2010.
- [4] 刘成才. 喷射式局部反循环绳索取心钻具[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(9):35-36.
- [5] 易亚东, 孙洪义. S75PF绳索喷射式孔底反循环钻具简介[J]. 西部探矿工程,2003,15(4):138-139.

## 我国发现最大单体海相整装气藏

《中华工商时报》消息(2014-02-11) 国内单体规模最大的特大型海相碳酸盐岩整装气藏,在四川盆地被勘探发现。

此气藏位于安岳气田,储量规模、含气面积双大且气井产量、气藏压力双高。据了解,经国土资源部审定,其天然气探明地质储量4403.85亿 $\text{m}^3$ ,技术可采储量3082亿 $\text{m}^3$ 。

该地区的勘探始于上世纪50年代。多年来,中国石油持续技术攻关,在风险探井中屡获佳音。步入2011年,中国

石油先后部署的高石1井、磨溪8井,获得超过百万立方米的高产天然气。

国土资源部评审专家组强调,此气藏勘探突破并丰富了古隆起形成和演化、油气运移和成藏等油气地质理论,开辟了四川盆地寻找大气田的战略新领域,对推进我国天然气工业快速发展具有重要意义。

据中国石油方面披露,此气藏平均单井测试日产达到110万 $\text{m}^3$ ,投产气井平均日产达到60万 $\text{m}^3$ 。