

# 科学深钻扩孔钻头及钻进技术研究

王三牛<sup>1</sup>, 王聪<sup>2</sup>, 刘玮<sup>1</sup>, 杨引娥<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北廊坊 065000; 2. 贵州省地矿局 102 地质大队, 贵州遵义 563003)

**摘要:**阐述了科学深钻扩孔钻进的必要性,重点探讨了科学深钻的扩孔钻进工艺技术及其所用扩孔钻头、钻具的选型及结构设计,并提出了超万米深孔科学钻探扩孔钻进的工艺及钻头、钻具的设计。

**关键词:**科学钻探;深钻;扩孔钻进;扩孔钻头;扩孔钻具;超万米深孔

中图分类号:P634 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2012)03-0008-06

**Study on Reaming Bit for Scientific Drilling and the Drilling Technique/WANG San-niu<sup>1</sup>, WANG Cong<sup>2</sup>, LIU Wei<sup>1</sup>, YANG Yin-e<sup>1</sup>** (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. 102 Geological Brigade, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Zunyi Guizhou 563003, China)

**Abstract:** The necessary of reaming drilling in scientific drilling was presented and the discussion was made on reaming drilling technology, the design of reaming bit, drilling tool selection and the structure design. The reaming drilling technology and the design of the bit and drilling tool for the deep hole scientific drilling of over ten thousand meters were put forward.

**Key words:** scientific drilling; deep drilling; reaming drilling; reaming bit; reaming drilling tool; deep hole over 10 thousand meters depth

## 0 引言

科学钻探是以地学研究为目的而实施的钻探,通过科学钻探的方法对地壳岩石圈、生物圈、水圈(含地下流体)的组织结构、物质成分、形成机理等进行各类研究。大陆科学钻探通过提高对深部地质的研究,进而可以解决人类面临的资源(如油气、固体矿产、地热)、灾害(如地震)以及环境等问题。我国从20世纪90年代末开始进行科学钻探研究,位于江苏东海的第一口科学钻探井——中国大陆科学钻探工程科钻一井(CCS D-1)于2001年6月开始钻探,2005年4月顺利结束;位于四川汶川的汶川地震断裂带科学钻探工程目前正在施工中;深度达13000 m的科学超深井前期研究工作也已全面展开。

在科学深井成孔工艺方面,我国钻探界总结了一套完整的施工方案,即小钻取心,大钻扩孔成井工艺,这种工艺既能提高钻进效率又能节省钻井成本。为了应对复杂多变的地质条件,科学深钻施工均需要下入多层套管,以保证深部钻孔的顺利实施,因此就提出了对扩孔钻进的需求。中国大陆科学钻探工程CCSD-1井孔深5158 m,设计下套管4层(不含孔口管);德国KTB科学深钻孔深9101 m,下套管6层;目前已展开前期研究工作的13000 m超深井,有

关专家则提出需要下套管6~7层,据此可以看出超深孔钻探扩孔钻进工作的重要性。

## 1 中国大陆科学钻探(CCS D)科钻一井(CCS D-1)扩孔钻进

在确定钻孔施工方案中,根据地质状况及工程技术要求,对孔段101~2000及2000~4000 m分别进行 $\varnothing 157/311$ 和 $157/244.5$  mm扩孔钻进。由于石油钻井中很少采用扩孔钻进方法,国内外很少有深井用的扩孔钻头可供选择。况且,CCSD-1大陆科学钻探项目是在结晶岩地层(主要是榴辉岩和片麻岩)中钻进,岩石可钻性多数在8~9级,少数孔段达到10~11级,地层非常坚硬,扩孔钻进的难度很大。

为了满足中国大陆科学钻探工程的急需,我们在总结过去多年各种类型的扩孔钻头的设计经验的基础上,针对这么坚硬的岩石扩孔,结合石油转盘钻机特点,选用牙轮钻头作为碎岩刀具,专门设计了KZ型CCSD专用牙轮扩孔钻头( $\varnothing 157/311$ 和 $157/244.5$  mm),为该重大工程的扩孔钻进工作的顺利实施提供了技术支撑。

### 1.1 CCS D-1井扩孔施工的井身结构(见图1)

收稿日期:2011-11-29;修回日期:2012-02-16

作者简介:王三牛(1957-),男(汉族),山西新绛人,中国地质科学院勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心生产技术部部长、教授级高级工程师,探矿工程专业,从事各种钻头、钻具及钻探工艺的研究工作,河北省廊坊市金光道77号,ktsztzx@vip.sina.com。

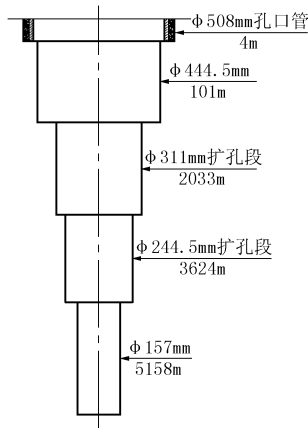


图1 科钻一井的扩孔井身结构

开孔钻进用 $\varnothing 444.5$  mm 三牙轮镶齿钻头,钻进孔深到101 m,下 $\varnothing 339.7$  mm 套管固井;二开取心钻进用 $\varnothing 157$  mm 金刚石取心钻头从孔深101 m 钻进到2046.54 m,然后进行第一次扩孔钻进,扩孔段为101~2033 m,扩孔直径311 mm,使用KZ157/311型扩孔钻头(见图2),下 $\varnothing 273$  mm 套管固井;三开取心钻进从2046.54~3665.87 m,钻头直径157 mm,第二次扩孔从2033~3624 m,扩孔直径244.5 mm,使用KZ157/244.5型扩孔钻头(见图3),下 $\varnothing 193.7$  mm 套管固井;四开 $\varnothing 157$  mm 取心钻进至终孔5158 m。

## 1.2 KZ型CCSD扩孔钻头技术参数及结构设计

### 1.2.1 钻头技术参数及技术指标

钻头外径311、244.5 mm,钻头导向直径150 mm,钻头导向长度250 mm。

在正常钻进情况下,钻头平均寿命60 h;根据钻进地层不同,钻进时效达到0.5~1.5 m。

### 1.2.2 KZ型CCSD扩孔钻头结构设计和特点

(1)镶齿牙轮作为碎岩刀具为取得好的扩孔钻进效果,扩孔钻头必须有优异的嵌岩切削具。与其它类型的切削具相比,牙轮钻头在技术上比较成熟,



图2 KZ157/311型扩孔钻头(带前导钻头)



图3 KZ157/244.5型扩孔钻头

牙轮轴承带有压力平衡润滑系统,适用于深井硬岩钻进;牙轮硬质合金齿以滚动冲击、压入、剪切方式破碎岩石,与其它类型切削具相比寿命长,时效高;牙轮轴承密封采用金属浮动密封结构,性能优异,适用于线速度较高的钻进;KZ型CCSD专用扩孔钻头以216优质镶齿牙轮为切削具,钻头型号为IADC537、617、637,适用于在结晶变质岩中钻进。

(2)钻头采用整体结构设计(见图4),钻头体、保径扶正、超前导向融为一体;钻头主体材料选用特种钢20CrNiMo整体锻造,经热处理而成,强度高,可焊性好,保证钻头安全可靠。

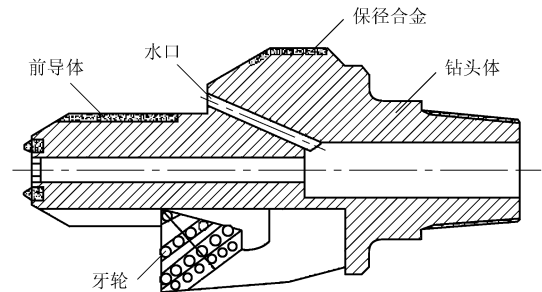


图4 KZ型CCSD扩孔钻头结构

(3)导向长度250 mm,导向部分镶硬质合金,导正和耐磨性好。

(4)两种扩孔钻头的大径扶正处直径分别为310和244 mm,扶正体表面镶保径硬质合金,具有很高的耐磨性,可有效防止因钻头牙轮外径磨损而导致缩孔。

(5)钻头液流通道采用四水眼设计,每个牙轮均匀分配冲洗液,保证牙轮冷却及孔底清洁需要;同时前导向体水口排出的液流形成一定的上返流速,防止钻头扩孔钻进破碎的岩渣沉入导孔,造成扩孔后期清孔的困难。

### 1.2.3 钻进规程参数

#### 1.2.3.1 钻压

扩孔牙轮钻头在钻进中钻压要小于同规格三牙轮钻头。扩孔钻头受力状况劣于整体三牙轮钻头,而且扩孔钻头因为导向体的存在形成双约束体,较三牙轮钻头钻进时震动大,易产生跳钻、憋钻现象,对钻头的强度产生负面影响;另外,扩孔钻头牙轮相对较小,类似于小马拉大车,过高的钻压会使牙轮轴承受过早损坏。推荐扩孔钻进钻压范围 0.25 ~ 0.65 kN/mm(扩孔部分直径)。

KZ157/311 型扩孔钻头钻压范围 38.5 ~ 100 kN, KZ157/244.5 型扩孔钻头钻压范围 25 ~ 60 kN, 实际钻压根据钻进时地层具体情况进行调整。

#### 1.2.3.2 转速

扩孔钻头的转速小于同规格三牙轮钻头的转速。钻头转速主要取决于牙齿破碎岩石所需的时间、钻进地层岩石的抗压强度以及牙轮轴承的承受能力。根据前苏联学者比留科夫对硬质合金齿破碎岩石的研究,齿与岩石接触时间不小于 0.02 ~ 0.03 s。如果小于该时间,齿对岩石的压力作用效果就会急剧下降。根据这一理论,可以得出扩孔牙轮钻头的转速范围。

设牙轮锥体大端直径为  $d$ , 大端齿数为  $z$ , 钻头直径为  $D$ , 则钻头转速  $n$  由下列公式确定:

$$n = 60d / (Dkzt)$$

式中: $k$ ——速度损失系数,  $k = 0.95$ ;  $t$ ——硬质合金齿与岩石接触时间,  $t = 0.02 \sim 0.03$  s。

$k$  值是考虑到牙轮扩孔钻头的牙轮实际处于一种变相超顶—退顶运动状态, 钻进过程中产生径向滑移, 在孔底转动时不完全是纯滚动, 导致牙轮自转速度有所下降, 故  $k$  为速度损失系数。

对于 KZ157/311 型钻头, 将  $k = 0.95$ ,  $t = 0.02 \sim 0.03$  s,  $z = 19$ ,  $d = 130$  mm,  $D = 311$  mm 代入(1)式, 得出  $n = 46.3 \sim 69.5$  r/min。

KZ157/311 型扩孔钻头钻进转速在 50 ~ 70 r/min 范围内是合理的。同样可以得出 KZ157/244.5 型扩孔钻头的转速范围在 60 ~ 80 r/min。

钻头使用过程中, 钻压和转速范围不能同时使用上限, 否则, 钻进过程会产生严重的憋跳, 容易造成孔内事故。

#### 1.2.3.3 泵量

泥浆流速与泵量成正比, 泵量越大, 泥浆携带岩粉的能力越强, 孔底清渣效果越好。泥浆携带岩屑的条件是泥浆上返速度要大于岩屑的沉降速度, 下

面是岩屑颗粒沉降速度  $V$  确定公式:

$$V = K \sqrt{d_k - (\rho_k - \rho) / \rho}$$

式中: $K$ ——颗粒形状系数, 2.5 ~ 4;  $d_k$ ——岩屑粒径,  $d_k = 0.004$  m;  $\rho_k$ ——岩屑密度,  $\rho_k = 2700$  kg/m<sup>3</sup>;  $\rho$ ——泥浆密度,  $\rho = 1100$  kg/m<sup>3</sup>。

将以上数值带入后求出岩屑在泥浆中的沉降速度为 0.2 ~ 0.35 m/s。

所需的泵量由下面公式确定:

$$Q = V\pi(D^2 - d^2) / 4$$

式中: $V$ ——泥浆上返流速, m/s;  $D$ ——钻孔直径, m;  $d$ ——钻杆直径, m。

计算得 KZ157/311 型扩孔钻头扩孔钻进泵量范围为 30 ~ 35 L/s, KZ157/244.5 型扩孔钻头扩孔钻进泵量范围为 25 ~ 30 L/s。

#### 1.2.4 扩孔钻具组合

(1) KZ157/311 型扩孔钻头钻进钻具组合:  $\varnothing 157/311$  mm 扩孔钻头 + 减震器 +  $\varnothing 203$  mm 钻铤 +  $\varnothing 309$  mm 稳定器 +  $\varnothing 203$  mm 钻铤 +  $\varnothing 309$  mm 稳定器 +  $\varnothing 203$  mm 钻铤 +  $\varnothing 178$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆。

(2) KZ157/244.5 型扩孔钻头钻进钻具组合:  $\varnothing 157/244.5$  mm 扩孔钻头 +  $\varnothing 244.5$  mm 金刚石扩孔器 +  $\varnothing 203$  mm 减震器 +  $\varnothing 203$  mm 钻铤 +  $\varnothing 178$  mm 震击器 +  $\varnothing 214$  mm 稳定器 +  $\varnothing 178$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆。

该扩孔钻具组合增加了震击器是为了防止钻进过程中钻具遇卡后解卡。因该孔段孔内复杂, 有漏失、坍塌、掉块, 钻具上安装随钻震击器很有必要。

#### 1.2.5 扩孔钻进施工效果

101 ~ 2028 m 扩孔段, 共使用 KZ157/311 型扩孔钻头 27 只, 在可钻性 7 ~ 11 级地层条件下取得了非常满意的效果。累计扩孔 1534.67 m, 平均时效 1.04 m, 最高时效 1.70 m。单只钻头最高寿命 105.94 h, 最高进尺 136.53 m。

2028 ~ 3620 m 扩孔段, 共使用 KZ157/244.5 型扩孔钻头 21 只, 完成扩孔工作量 1059.34 m, 平均机械钻速 1.09 m/h, 最高机械钻速 1.53 m/h, 单只钻头最高进尺 107.06 m, 最高寿命 91.85 h。

中国大陆科学钻探工程中心对 KZ 型扩孔钻头使用的评价:“CCSD-1 井全井导向扩孔共使用两种规格扩孔钻头, 即 KZ157/311 和 KZ157/244.5 型, 该系列钻头性能稳定、保径和安全设计好, 为扩孔施工的胜利完成起到了重要作用。”

#### 1.2.6 两次扩孔出现的问题

(1)初期加工的扩孔钻头,由于时间紧,钻头体材料选用市场容易购到的35CrMo中碳合金钢,虽然材料本身强度高,也节约了一定成本,但可焊性较差,在外观检验中虽然不能发现焊缝裂纹,但钻头在使用过程中由于钻具憋跳产生的剧烈震动以及牙轮冲击钻进产生的正常震动导致钻头焊缝出现裂纹,甚至出现KZ-05号钻头牙掌因焊接问题掉入孔底,发生孔内事故。

问题出现后,我们及时把钻头母体材料更换为20CrNiMo,采用整体锻造热处理工艺,大大改善了材料的可焊性。虽然生产成本大幅度提高,但钻头从未再出现质量事故。

(2)在设计KZ157/244.5型扩孔钻头时,前6个钻头使用 $\varnothing 165$  mm牙轮作为切削刀具,由于牙轮规格小,使用寿命不理想,后来改用 $\varnothing 216$  mm牙轮作为切削刀具,并对钻头体结构进行优化设计,钻头寿命和时效得到了很大的提高。

#### 1.2.7 钻头使用体会

(1)加装减震器的钻头使用效果明显优于不加减震器的钻头。钻头使用初期,钻头上未加减震器,钻压和转速一直加不上去,一加压钻具就憋跳严重,加减震器后,钻压可以加到70~90 kN,转速加到50~60 r/min,钻进正常。

(2)在结构允许的情况下尽量选用大牙轮作为切削具,提高钻头牙轮的强度和寿命。

(3)对于深孔硬岩地层钻进用扩孔钻头,钻头保径一定要做好,否则钻出的孔缩径严重,给后续新钻头下井带来很多麻烦。

(4)钻头的结构强度是保证正常钻进的前提,为了最大限度地保留钻头体连接实体截面尺寸,在不影响钻头使用的前提下,将牙轮前尖不参与碎岩的硬质合金齿去掉,或条件允许的情况下定做专用扩孔牙轮,减小牙轮前部尺寸,增大钻头体强度。

#### 1.2.8 钻头生产工艺

(1)控制牙轮钻头加工过程中的温度。

影响牙轮钻头寿命的决定性因素是牙轮轴承密封,所以在KZ型钻头生产过程中除选用国内外最好的三牙轮钻头外,还要严格控制加工过程中的温度。在整体三牙轮钻头解体过程中采用冷解剖特殊工艺或采用未组装的单片牙轮掌,焊接过程严格的水循环温度控制,保证牙轮密封件温度不超过100℃,避免高温对牙轮轴承密封和储油囊破坏。

(2)钻头加工精度控制。

钻头加工精度也是影响钻头使用的极为重要的

因素。为了防止钻头在焊接过程中的变形,我们设计了专用钻头组焊工装(见图5),保证了钻头螺纹、钻头直径和导向体的同轴度,同时保证钻头直径公差在允许范围内;在钻头焊接过程中实行严格的变形控制,防止焊接时牙轮径向变形。

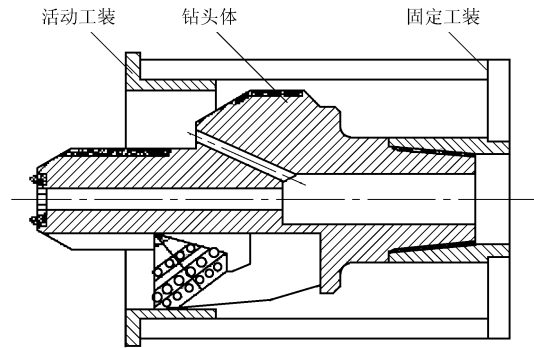


图5 钻头加工工装

## 2 汶川地震断裂带科学钻探扩孔钻进

汶川地震断裂带科学钻探3号孔设计孔深1200 m,取心钻进口径150 mm。扩孔施工分2级,分别为 $\varnothing 150/252$ 和 $\varnothing 150/202$  mm。第一级扩孔深度为407.2 m,第二级扩孔深度为1185.37 m。为此设计了2种类型的扩孔钻头,即第一级扩孔用牙轮扩孔钻头,第二级扩孔用聚晶金刚石复合片扩孔钻头,两种钻头扩孔钻进都取得了令人满意的效果。

### 2.1 $\varnothing 150/252$ mm牙轮扩孔钻头

采用 $\varnothing 190$  mm镶齿牙轮作为切削刀具,钻头结构如图6所示。

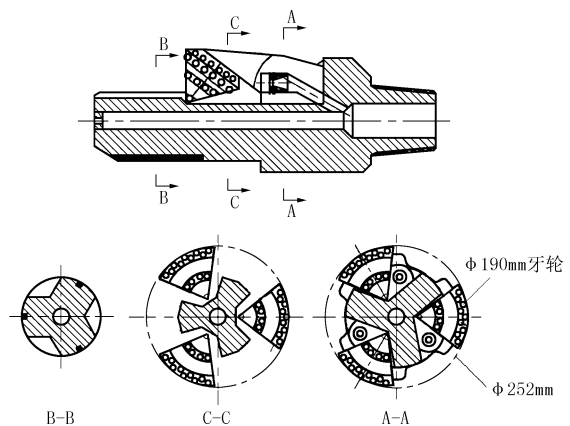


图6  $\varnothing 150/252$  mm牙轮扩孔钻头结构

扩孔段为23.5~407.2 m,共用4个钻头,完成扩孔工作量383.7 m,钻头平均进尺92.92 m,平均寿命51.2 h,平均机械钻速1.81 m/h。具体数据见表1。

表1 汶川地震断裂带科学钻探3号孔扩孔成果

扩孔孔段/m	钻头类型	数量	钻压 /kN	泵量 / $(L \cdot s^{-1})$	转速/ $(r \cdot \min^{-1})$	扩孔长度 /m	扩孔用时 /h	时效 /m	进尺 /m	钻头寿命/h
23.50 ~ 102.87	$\varnothing 150/252$ mm 牙轮钻头	1	10 ~ 20	4	79 ~ 107	79.37	65.83	1.21	131	91.6
102.87 ~ 154.72	$\varnothing 150/252$ mm 牙轮钻头		15 ~ 20	12 ~ 15	107	51.85	26.17	1.98		
154.72 ~ 407.20	$\varnothing 150/252$ mm 牙轮钻头	3	20 ~ 30	15	107	252.48	112.75	2.24	84.1	38
407.20 ~ 689.82	$\varnothing 150/202$ mm 牙轮钻头	2	20 ~ 30	15	79	282.62	56.08	5.04	一钻头坏、寿命165 m,另一可用	
689.82 ~ 1143.10	$\varnothing 150/202$ mm 复合片钻头	1	20 ~ 30	12	79	453.28	105.83	4.28	还可用	
1143.10 ~ 1185.37	$\varnothing 202$ mm 合金钻头	1	10 ~ 15	12	79	42.27	84.75	0.50	套铣	

注:扩孔孔段主要为砂岩、泥岩,多处夹有煤线。

## 2.2 $\varnothing 150/202$ mm 聚晶金刚石复合片(PDC)扩孔钻头(见图7)

由于扩径量较小,钻进的地层为中软地层,当时设计钻头时考虑到钻头结构尺寸的限制,如果选用牙轮作为切削刀具,只能使用很小的牙轮规格,从钻头整体的强度和轴承承载力等因素考虑都不合理,所以我们做了新的尝试,选用PDC金刚石复合片作为切削刀具,并且将钻头的扩孔刀翼设计为可更换,既保证钻头的整体强度又满足钻头的使用寿命。



图7  $\varnothing 150/202$  mm 聚晶金刚石复合片(PDC)扩孔钻头

### 2.2.1 PDC 扩孔钻头特点

(1) 选用金刚石复合片作为切削刀具,钻头上没有影响钻头寿命的轴承结构和密封件;

(2) 钻头设计为4扩孔刀翼,靠锁紧销牢固的固定在钻头体上,如果某刀翼上的PDC复合片出现损害或失效,钻井操作人员在井场就可以方便更换,钻头可以重复使用;

(3) 钻头喷嘴设计合理,循环液直接冷却到复合片切削刃上,并形成一定的水马力,有利于提高钻进效率;

(4) 钻头整体轴向长度长,稳定性好,在直径扶正带上镶有一定长度的保径硬质合金,保径效果好。

### 2.2.2 $\varnothing 150/202$ mm 聚晶金刚石复合片(PDC)扩

### 孔钻头的使用效果

该钻头扩孔孔段为689.82 ~ 1143.10 m,共计进尺453.28 m,纯钻进时间105 h 50 min,平均时效4.28 m,具体钻进参数及钻进效果见上表,扩孔任务完成后钻头还可继续使用,取得了非常满意的效果。

## 3 13000 m 超深井科学钻探扩孔技术探讨

开展超深井扩孔钻进技术研究是超深井成井工艺方案的一个重要环节,已开展前期预研究的13000 m 超深科学深井,开孔直径812.8 ~ 863.6 mm(32 ~ 34 in),终孔直径152 ~ 165 mm(6 ~ 6 1/2 in),预计下套管层数6 ~ 7层。沿用国内科学深钻施工方案,采用小钻取心大钻扩孔方案较为成熟,并且这种施工工艺具有钻进效率高施工成本低等特点。在超深孔中扩孔钻进较之于已经完工的东海科钻一井(CCSD-1)及正在完成的汶川地震科学钻探井而言,不仅扩孔钻头直径成倍提高,扩孔深度也成倍增加,钻头设计难度及施工难度都会大幅度增加。笔者建议13000 m 超深井扩孔技术应从以下几个方面进行考虑。

(1) 由于扩孔直径加大,增大了扩孔钻进的扭矩,为了正常钻进,所设计的钻头体应采取箱体特殊结构,以保证有足够的强度。

(2) 扩孔直径大钻头线速度高,大直径扩孔钻头的切削具采取特型镶齿滚刀作为破岩工具效果会更好。

(3) 由于钻孔直径大,扩孔深度深,返渣问题比较突出,对于大直径扩孔而言采用气举反循环钻进不失为一种有效方法。

(4) 扩孔直径大,钻头钻进时的回转阻力也大,钻头钻进时会相对处于一种极不稳定状态,整个钻柱会跳动很严重,为了平稳钻进,必须采取特殊的扶正减震措施。钻头的设计上也要考虑优化设计,提高钻头导正扶正、保径防磨效果,所有与孔壁接触的钻头体都要镶嵌硬质合金或金刚石聚晶。

(5) 由于钻进深度大幅度加大, 钻柱的负载加大, 对钻头的安全系数提出了更高要求。扩孔钻进中钻头必须安全可靠, 这就要求钻头体和切削刀具都具有高的强度和寿命。因此钻头的材料选择、热处理及刀具焊接等加工方面应严格控制, 减少影响钻头寿命的各种因素。钻孔超深, 孔内温度增高, 要求钻头所采用的材料都必须是耐高温材料, 切削具的密封均为金属密封。

(6) 超深孔段的扩孔钻头, 由于扩径量小, 尽可能采用金刚石聚晶复合片(PDC)扩孔钻头或天然金刚石扩孔钻头, 它没有轴承和密封件, 相对孔内事故要少; 钻孔深度大地层变化多, 所设计的钻头能适应不同的地层, 镶齿牙轮钻头及镶齿滚刀扩孔钻头适合硬至坚硬地层钻进, 金刚石复合片钻头适合于软到中硬地层, 表镶金刚石钻头适合于坚硬强研磨性地层。

(7) 深孔段扩孔, 虽然扩孔直径小, 但钻柱长, 扩孔钻进效率低, 这时可以考虑利用孔底动力进行扩孔钻进。对于  $\varnothing 165$  mm 螺杆钻具, 输出扭矩在  $3200 \text{ N} \cdot \text{m}$  左右, 可以满足  $\varnothing 200 \sim 250$  mm 扩孔钻头钻进要求。

#### 4 结语

超万米的科学深井研究与钻探对我国来说还是一个全新的课题, 其所采用的钻头、钻具及其施工工艺需要做极其认真细致扎实的研究工作, 我们将总结以往研究扩孔钻头的经验及教训, 认真学习国内外同行的所长, 力争研究出一系列性能优良、结构设计合理并有所创新、能适应科学深井钻探各种复杂地层施工环境的扩孔钻头, 并提出一套合理的扩孔钻进施工工艺。

#### 参考文献:

- [1] 王达, 张伟, 张晓西, 等. 中国大陆科学钻探工程科钻一井钻探工程技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [2] (苏)普·阿·甘朱编. 岩心钻探实用计算[M]. 高森, 译. 北京: 地质出版社, 1980.
- [3] 甘行平, 王三牛, 刘玮, 等. PZ 系列组合牙轮钻头及其嵌岩技术的研究[J]. 探矿工程, 1999, (2).
- [4] 王三牛, 佟功喜. 镶齿滚刀及滚刀钻头嵌岩技术的研究[J]. 探矿工程, 2003, (4).
- [5] 罗肇丰, 等. 钻井技术手册 钻头[M]. 北京: 石油工业出版社, 1984.

## 页岩气“十二五”规划发布 主攻勘探开发

新华网消息(2012-03-17) 国家能源局3月13日正式公布的《页岩气发展规划(2011~2015)》提出, 到2015年, 基本完成全国页岩气资源潜力调查与评价, 掌握页岩气资源潜力与分布, 优选30~50个页岩气远景区和50~80个有利目标区, 初步实现规模化生产, 页岩气产量达到65亿 $\text{m}^3$ /年; 突破页岩气勘探开发关键技术, 主要装备实现自主化生产。

国家能源局石油天然气司司长张玉清在3月16日的新闻发布会上表示, “十二五”期间, 我国页岩气发展的主要任务是探明储量, 掌握勘探开发技术, 为“十三五”、“十四五”期间的飞跃打基础。

虽然我国页岩气资源战略调查工作处于起步阶段, 但也取得了初步成效。统计显示, 截至2011年底, 我国石油企业开展了15口页岩气直井压裂试气, 其中9口见气, 初步掌握了页岩气直井压裂技术, 证实了我国页岩气开发前景。

然而, 我国页岩气开发还面临着全国范围内页岩气资源总量和分布条件尚未掌握, 一些关键技术有待突破, 资源管理机制有待完善, 大规模、多元化投资机制尚未形成等问题。

为此, 在具体发展目标上, 《规划》提出, “十二五”期间要完成探明页岩气地质储量6000亿 $\text{m}^3$ , 可采储量2000亿 $\text{m}^3$ ; 形成适合我国地质条件的页岩气地质调查与资源评价技术方法, 页岩气勘探开发关键技术及配套装备; 形成我国页岩气调查与评价、资源储量、试验分析与测试、勘探开发、环境保护等多个领域的技术标准和规范。

其中, 在全国油气资源战略选区专项中, 设置“全国页岩气资源潜力调查评价及有利区优选”项目, 将全国陆域划分为上扬子及滇黔桂、中下扬子及东南、华北及东北、西北和青藏五个大区, 开展页岩气资源和潜力调查评价工作。

在勘探开发方面, 以四川、重庆、贵州、湖南、湖北、云南、江西、安徽、江苏、陕西、河南、辽宁、新疆为重点, 建设长宁、威远、昭通、富顺

—永川、鄂西渝东、川西—阆中、川东北、安顺—凯里、济阳、延安、神府—临兴、沁源、寿阳、芜湖、横山堡、南川、秀山、辽河东部、岑巩—松桃等19个页岩气勘探开发区。

与此同时, 《规划》还展望了2020年发展愿景, 力争2020年产量达到600~1000亿 $\text{m}^3$ 。

为了促进我国页岩气开发, 2011年12月底, 国土资源部已经将页岩气作为独立矿种加强管理, 并举办了首次页岩气探矿权出让招标, 2个页岩气探矿权区块被中国石油化工股份公司和河南省煤层气开发利用有限公司中标。

“对于民营资本来讲, 在管道运输、使用上, 国家政策应该是没有任何的限制, 我们也鼓励民营资本参与页岩气, 包括天然气管道建设、天然气利用。”张玉清表示, 对于民营资本参与管道的建设, 在政策上没有任何障碍, 国家鼓励民营资本参与到页岩气、天然气市场开发建设中。

国土部地质调查司高炳奇处长也表示, 页岩气第二轮招标正在推进中, “第二轮招标的限定条件是资金实力和开发资质, 对企业所有制性质没有限制”。

值得注意的是, 张玉清表示, 不仅吸引有实力的企业参与页岩气的勘探开发, 推动投资主体多元化, 同时, 我国页岩气开发出厂价格将实行市场定价。

为此, 在产业鼓励政策上, 《规划》也明确提出, 将参照煤层气财政补贴政策, 研究制定页岩气具体补贴政策; 依法取得页岩气探矿权采矿权的矿业权人或者探矿权采矿权申请人可按照相关规定申请减免页岩气探矿权和采矿权费用; 对页岩气勘探开发等鼓励类项目项下进口国内不能生产的自用设备(包括随设备进口的技术), 按有关规定免征关税。