

# 金 3 井混镶金刚石钻头的设计与应用

梁 涛, 赵 义

(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

**摘 要:**针对东北地区金 3 井沙河子组致密泥岩和砂砾岩互层, 地层软硬交错、研磨性强, 钻进机械效率低, 钻头寿命短的问题, 通过改进胎体配方、采用耐磨的混镶金刚石热压镶嵌齿作为切削齿、优化了钻头的切削结构、采用 CFD 软件进行钻头水力结构模拟与优化, 研制了混镶金刚石钻头(NR826M)。所设计的钻头在金 3 井共使用了 3 只, 总进尺 784.69 m, 钻头平均机械钻速 1.03 m/h, 单只钻头最高进尺 295.03 m, 钻头寿命是牙轮钻头的 6.5 倍, 机械钻速是牙轮钻头的 1.5 倍, 为该井缩短了钻井周期 40 天, 降低了钻井施工成本, 也为该地区同类地层的钻头选型提供了更多的选择。

**关键词:**混镶金刚石钻头; 泥岩砂砾岩互层; 钻头设计; 水力优化; 金 3 井

**中图分类号:**P634.4<sup>+</sup>1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1672-7428(2014)02-0045-03

**Design and Application of Mix Setting Diamond Bit for Well Jin-3/LIANG Tao, ZHAO Yi** (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Well Jin-3 is in the Northeast of China. Aimed at Shahezi Fm of compact mudstone, soft-hard interbedded formations, strong abrasive, low ROP and short service life of bit, through improving matrix formula, taking wear resistant surface set natural diamond and impregnated synthetic diamond inlaid teeth by hot pressing as cutting teeth, optimizing the cutting structure of the bit, simulating and optimizing the bit hydraulic structure by CFD software, the new mix setting diamond bit (NR826M) was developed. The total footage reached 784.69m in well Jin-3 with only 3 this newly designed bits, the average ROP was 1.05m/h, the highest footage of one bit was 295m; the service life and the ROP were 6.5 times and 1.5 times higher than those of rock bit respectively, which shortens drilling cycle for 40 days with the reduction of drilling cost, and provides more choices for bit selection in the similar strata of this area.

**Key words:** mix-setting diamond bit; mudstone and conglomerate; bit design; hydraulic optimization; well Jin-3

在油气勘探开发领域中, 目前牙轮钻头和 PDC 钻头因其高效、寿命长而得到广泛应用, 但对于一些在常压下脆性岩石向塑脆性岩石或硬塑性致密岩石转化且存在泥岩、页岩和砂砾岩夹层的地质结构复杂的深部地层, 牙轮钻头表现为钻进速度慢, 纯钻进时间短; PDC 钻头表现为进尺慢甚至不进尺, 往往需要数只甚至十余只牙轮钻头或 PDC 钻头才能钻达目的层, 有时还可能造成牙轮的脱落, 均存在效率低、寿命短、成本高及成功率低的缺点。没有有效的碎岩工具提高在上述深部复杂地层的机械钻速, 缩短钻井周期, 一直是困扰钻井工作者的技术难点。

金 3 井是位于吉林省梨树县的一口勘探井, 该井地处松辽盆地梨树断陷, 设计井深 4450 m。该井营城组底部、沙河子组地层岩性为致密泥岩、砂砾岩互层, 地层软硬交错, 非均质性强, 研磨性较高, 可钻性差<sup>[1]</sup>。进入该井段(3677.58~3923.4 m)以来平均机械钻速只有 0.69 m/h, 单只钻头平均进尺只有

41 m, 且钻头磨损严重, 牙轮钻头断齿、碎齿经常发生, 严重的时候导致牙掌掉落造成井下事故, 严重影响钻井效率, 并带来巨大的经济损失。针对东北金 3 井沙河子组泥岩砂砾岩互层地层, 进尺速度慢, 钻头寿命短的问题, 根据这一井段的岩性特点, 结合金刚石钻头碎岩机理, 设计了 NR826M 金刚石全面钻头。

## 1 NR826M 混镶金刚石钻头设计

### 1.1 胎体配方优化

通过对常规的胎体粉末添加一定量的稀土 La 来改善胎体的力学性能和均匀度, 同时提高金属胎体对金刚石的包镶能力。改进后的胎体硬度低、抗冲击性强、金刚石包镶良好, 在钻进坚硬致密地层时金刚石出刃良好, 机械钻速高、使用寿命长、适用性好<sup>[2]</sup>。

### 1.2 钻头冠部曲线设计

收稿日期: 2013-09-25; 修回日期: 2013-12-16

作者简介: 梁涛(1985-), 男(汉族), 内蒙古人, 北京探矿工程研究所助理工程师, 钻井工程专业, 硕士, 从事金刚石钻头及工具的科研开发工作, 北京市房山区良乡经济开发区创新路 1 号, liangtao39@163.com。

金3井泥岩、砂砾岩互层地层属于中硬地层,根据钻头轮廓设计特点并借鉴PDC钻头冠部曲线的设计理论<sup>[3~6]</sup>,选择浅锥冠部轮廓,如图1所示。这种设计的特点:钻头轮廓曲线过渡平稳,可以防止部分切削齿受力不均导致钻头先期损坏,延长钻头使用寿命。考虑到热压镶嵌齿的特殊形状,加长了外锥曲线的长度,增大了布齿的空间,尽可能提高布齿的密度,保证钻头的寿命和机械钻速。

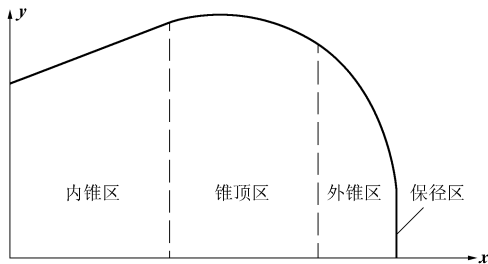


图1 钻头的冠部曲线

### 1.3 切削齿及结构设计

根据地层特性,采用表镶天然金刚石加人造孕镶金刚石热压镶嵌齿作为切削齿<sup>[7]</sup>,在表层天然金刚石消耗完后钻头仍可利用孕镶层胎体继续工作,从而使钻头寿命和进尺大幅度提高;利用高质量PDC复合片耐磨性高、抗冲击韧性好的特点,在钻头中心部位非干涉式偏心布齿,避免了因中心转速低、线速度慢导致的中心死点先期磨损问题;同时为了满足钻井提速的需要,钻头不仅要有长寿命还要有较高的切削效率,因此选择刀翼式结构,并在刀翼上交错布齿,减小钻头在井底的接触面积,从而提高钻头的切削效率。对钻头的切削结构及布齿方式进行了计算机辅助三维实体设计与优化<sup>[8]</sup>,钻头的切削齿及切削结构如图2所示。

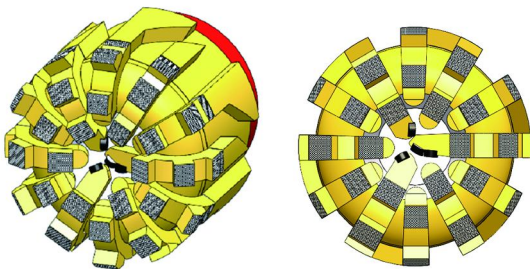


图2 钻头的切削结构

### 1.4 钻头水力结构设计

优化钻头体水力结构,采用大直径底喷式、深流道辐射状水路,充分满足钻头冷却和井底排屑要求,同时保径部位将水路流道槽合并加宽,大间隙刀翼结构不易被掉落岩块卡死。

为了提高该钻头的井底岩屑清洗能力和更好的冷却切削齿,应用CFD软件对钻头的井底流畅进行三维模拟<sup>[9]</sup>,模拟结果见图3。通过CFD软件的模拟,不断调整钻头的水力结构及参数,使钻头的井底流畅具有流畅的流线形态,保证井底的清洁,防止重复破碎;同时保证每一个切削齿都能得到有效的冷却,延长切削齿的寿命。

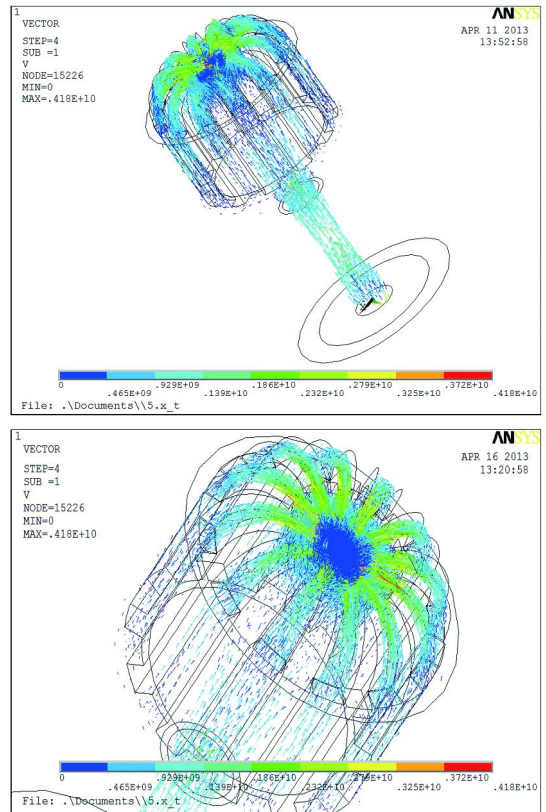


图3 水力模拟结果

## 2 钻头现场使用

### 2.1 钻具组合及钻进工艺参数

使用NR826M钻头所用钻具组合为:  $\varnothing 215.9$  mm 金刚石钻头 +  $\varnothing 172$  mm 螺杆 +  $411 \times 4A10$  +  $\varnothing 158.8$  mm 无磁钻铤  $\times 1$  根 +  $\varnothing 214$  mm 扶正器 +  $\varnothing 158.8$  mm 钻铤  $\times 11$  根 +  $4A11 \times 410$  +  $\varnothing 127$  mm 加重钻杆  $\times 12$  根 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆(NR826M)。

使用的钻进工艺参数为: 钻压 80 ~ 100 kN, 转速 60 r/min + 螺杆, 排量 32 L/s, 泵压 7.5 MPa, 泥浆密度 1.31 ~ 1.35 g/cm<sup>3</sup>, 泥浆粘度 54 ~ 57 s。

### 2.2 钻头使用情况

金3井使用NR826M钻头3只,第一只钻头累计进尺 228.80 m, 纯钻时 224.33 h, 平均机械钻速 1.02 m/h; 第二只钻头累计进尺 295.03 m, 纯钻时 290.25 h, 平均机械钻速 1.02 m/h; 达到设计井深

后,甲方要求加深到 4730 m,又使用 NR826M 钻头一只,累计进尺 262.93 m,平均机械钻速 1.05 m/h,使用 NR826M 钻头累计进尺 786.76 m,为该井缩短

钻井周期 40 天,大幅的降低了钻井的成本。钻头使用效果对比见表 1。

表 1 钻头使用效果对比

生产厂家	使用井段/m	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	钻压/kN	进尺/m	使用时间/h	平均机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	备注
江钻 MD617	3677.58 ~ 3712.40	60	180	34.82	57.08	0.61	
河间 PDCPZ1651GA	3712.40 ~ 3733.26	60	70	20.86	30.08	0.7	
江钻 MD617	3733.26 ~ 3796.20	60	180	62.94	92.67	0.68	
江钻 MD617	3796.20 ~ 3855.00	60	180	58.80	91.00	0.65	掉牙轮
江钻 MD617	3855.00 ~ 3896.40	60	180	41.40	50.72	0.82	掉牙轮
江钻 MD637	3896.40 ~ 3923.40	60	180	27.00	33.50	0.80	
探工所 NR826M	3923.40 ~ 4152.20	螺杆 + 60	100	228.80	224.33	1.02	
探工所 NR826M	4152.20 ~ 4447.23	螺杆 + 60	100	295.03	290.25	1.02	
探工所 NR826M	4460.03 ~ 4628.00, 4635.04 ~ 4730.00	螺杆 + 60	100	262.93	250.25	1.05	完钻

从表 1 可以看出,在使用 NR826M 钻头之前,所使用钻头的平均机械钻速只有 0.69 m/h,而单只钻头寿命只有 40.97 m,且牙轮钻头频繁发生掉牙轮事故。机械钻速低,钻头寿命短,发生井下事故对钻井安全造成严重影响,且需要花费大量的时间和资金来处理事故,严重影响钻井施工进度,并造成巨大的经济损失。使用的一只 PDC 钻头进尺只有 20.86 m,机械钻速 0.7 m/h,可以看出 PDC 钻头不适用于该井段的钻进。

而使用 NR826M 钻头机械钻速明显提高,约是牙轮钻头的 1.5 倍,寿命是牙轮钻头的 6.5 倍,至少可以减少 5 趟起下钻,从而提高钻井效率,而且金刚石钻头安全性能大大的高于牙轮钻头,可以有效的预防井下事故的发生。因此,在不降低机械钻速的情况下,使用长寿命的混镶金刚石钻头提高行程钻速是提高经济效益的有效途径。

3 结论

(1) 新型混镶金刚石钻头(NR826M)结构设计合理,水力学参数科学,胎体性能好,排粉通道流畅,能够很好的满足沙河子组致密泥岩、砂砾岩互层高速钻进的要求。

(2) 混镶金刚石钻头(NR826M)寿命长、机械钻速较高,有效地缩短了金 3 井钻井周期 40 天,取得较好的经济效益。同时解决了该类地层钻进难的问题,为以后该类地层钻进钻头选型提供了更多的选择,值得大力推广。

参考文献:

[1] 陈安明,张进双,白彬,等. 松辽盆地深井钻井技术难点与对策[J]. 石油钻探技术,2011,39(4):119-122.

[2] 沈丽娜,阮海龙,吴海霞,等. 稀土 La 添加量对预合金铁基胎体性能的影响[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):69-72.

[3] 张建平. 桥古 1 井快速钻进 PDC 钻头优化设计与效果分析[J]. 石油钻探技术,2012,40(6):119-123.

[4] 曾义根,韦忠良,吕苗荣,等. 宣页 1 井新型 PDC 钻头设计与应用[J]. 石油钻探技术,2013,41(2):114-118.

[5] 肖国益,胡大梁,廖忠会,等. 川西须家河组地层 PDC 钻头结构参数优化及选型[J]. 石油钻探技术,2012,40(3):28-32.

[6] 杨丽,陈康民. 改进 PDC 钻头性能的设计方法[J]. 石油机械,2005,33(3):25-27.

[7] 刘广志,等. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.

[8] 麓山文化. SolidWorks 2010 中文版从入门到精通[M]. 北京:机械工业出版社,2010.

[9] 浦广益. ANSYS Workbench12 基础教程与实例详解[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.

河北省 2014 年将投入 2 亿元用于地质矿产勘查

河北省国土资源厅消息(2014-02-17) 2014 年河北省将投入资金总额 2.0135 亿元,用于 36 个地质矿产项目的勘查。其中,铁矿勘查项目 5 个,煤矿勘查项目 3 个,多金属项目 5 个。

据了解,2013 年该省实施的 2 个国家危机矿山接替资源

找矿专项项目,均取得了较好的找矿效果,其中金厂峪金矿预计新增资金资源量约 10 t。今后河北省将把铁、贵金属和多金属作为找矿突破重点,加大冀东、邯邢和张承地区铁、多金属等重要矿产资源已知矿床深部、外围和远景区的勘查力度,加强重点矿种、重点远景区勘查,立足于找大矿、找好矿。