

高研磨性地层复合式钻头的研制与应用

贾志刚

(中石化东北油气分公司石油工程技术研究院,吉林 长春 130062)

摘要: 金山气田、龙凤山构造、长岭断陷等登娄库组以下深部地层可钻性差,研磨性强,导致钻头磨损严重,使用效率低。在对牙轮钻头、PDC 钻头及孕镶金刚石钻头在高研磨性地层中的适应性进行细致和全面分析的基础上,提出了把 PDC 钻头机械钻速高和孕镶金刚石钻头进尺多的技术优势相结合的研制思路,开展 PDC + 孕镶复合式钻头设计。现场应用取得了良好的试验效果。提出了合理化的建议。

关键词: 高研磨性地层;复合式钻头;PDC 钻头;孕镶金刚石钻头

中图分类号: P634.4⁺1; TE921⁺.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672 - 7428(2016)02 - 0009 - 03

Development and Application of Compound Bit in High Abrasive Formation/JIA Zhi-gang (Oil Engineering Technology Research Institute, Northeast Oil & Gas Branch, SINOPEC, Changchun Jilin 130062, China)

Abstract: Jinshan gas field is located in Longfengshan structure and Changling fault depression; in the deep formations below Denglouku, drillability is poor with strong abrasiveness, which causes serious bit wear and inefficient use. On the basis of detailed and overall analysis on the adaptability of cone bit, PDC bit and impregnated diamond bit in high abrasive formation, an idea was put forward that by combining the technical advantages of high ROP of PDC bit and long footage of impregnated diamond bit, the design was carried out on PDC + impregnated composite bit. Good effect is received in field application of the bit and reasonable suggestions are also put forward.

Key words: high abrasive formation; compound bit; PDC bit; impregnated diamond bit

1 高研磨性地层钻井技术现状

随着油气勘探开发工作的不断深入,中深井、深井钻井规模日益扩大。与浅井相比,中深井、深井钻井难度增大。中石化东北油气分公司工区的金山气田、龙凤山气田、梨深 2 井区长岭断陷等登娄库组以下深部地层可钻性差,研磨性强,导致钻头磨损严重,使用效率低。根据对金山气田 2012—2014 年完钻的 12 口中深井、深井的统计,共使用了 35 种类型国产 PDC 钻头、江汉牙轮钻头、国产孕镶金刚石钻头以及国外的一些钻头,单井平均使用 23 只钻头,其中营城组和沙河子组地层钻头用量占全井钻头用量的 3/4 以上。由于金山气田营城组和沙河子组地层的高研磨性,导致 PDC 钻头无法得到有效的应用,PDC 钻头平均单只进尺和平均机械钻速都低于牙轮钻头(见表 1)。

从破岩机理角度分析,牙轮钻头的“压碾”,PDC 钻头的“剪切”,在高研磨性地层皆未取得理想效果。因此改变攻关方向,采用“磨削”的破岩方式:即在高研磨性地层试验孕镶金刚石钻头。在金山

表 1 金山气田营城组、沙河子组地层 PDC 和牙轮钻头对比情况

层位	PDC 钻头		牙轮钻头	
	平均单只进尺/m	平均机械钻速/(m·h ⁻¹)	平均单只进尺/m	平均机械钻速/(m·h ⁻¹)
营城组	63.4	1.20	131.78	1.61
沙河子组	95.9	1.50	106.60	1.60

气田、龙凤山气田和梨深 2 井区高研磨性地层试验国产孕镶金刚石钻头,与牙轮钻头相比,孕镶金刚石钻头单只进尺提高 3 倍,机械钻速基本持平(见表 2)。

在高研磨性地层使用孕镶金刚石钻头能够大幅提高单只进尺,减少起下钻次数,但机械钻速并没有增加,不能加快勘探开发的进度。因此,笔者针对高研磨性地层开展了复合式钻头的研制工作。

2 复合式钻头研制

2.1 复合式钻头研制的思路

钻井工程中所使用的钻头主要有牙轮钻头、PDC 钻头、孕镶金刚石钻头。目前,牙轮钻头在适应地层

收稿日期:2015 - 06 - 12; 修回日期:2015 - 12 - 04

作者简介:贾志刚,男,汉族,1978 年生,副主任师,油气井工程专业,从事石油钻井科研及设计工作,吉林省长春市绿园区和平大街 660 号,745325745@qq.com。

表2 孕镶金刚石钻头在高研磨性地层的使用情况

井号	下入井深/ m	起出井深/ m	层位	进尺/ m	纯钻时间/ h	机械钻速/ ($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)	牙轮、PDC 钻头		
							平均单只 进尺/m	平均纯钻 时间/h	平均机械钻速/ ($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)
北2	3627.00	3879.00	营城组	252.00	226.00	1.12	88.50	81.88	1.08
	3879.00	4053.00	沙河子	174.00	152.25	1.14	88.50	81.88	1.08
	4141.00	4381.00	沙河子	240.00	250.75	0.96	88.50	81.88	1.08
金3	3923.40	4152.20	沙河子	227.73	223.33	1.02	34.20	42.13	0.81
	4152.20	4447.23	沙河子	295.03	291.25	1.01	34.20	42.13	0.81
	4460.30	4730.00	沙河子	262.66	278.17	0.94	34.20	42.13	0.81
梨深2	3761.08	3955.68	营城组	194.60	201.00	0.97	52.50	53.57	0.98
	3993.17	4224.46	沙河子	231.29	241.83	0.96	46.40	54.40	0.85
总体指标				234.66	233.07	1.01	58.38	60.00	0.97

中最为广泛,但因为牙轮是非固定结构钻头,带有轴承结构,导致使用寿命较短,难以获得较高的机械钻速和进尺。

PDC 钻头在适应地层中具有机械钻速快、进尺高、钻压较小的特点,在钻井工程中得到了广泛应用。但是因为 PDC 钻头的 PDC 复合片的金刚石层厚度只有 2 mm 左右,金刚石含量较低,因此对于高研磨性地层来说,PDC 钻头的 PDC 复合片容易脆裂并磨损失效,使其寿命小,进尺低。PDC 钻头在高研磨性地层钻进时,往往会因为钻头失效而起钻。所以 PDC 钻头在高研磨性地层中具有一定的局限性。

孕镶金刚石钻头是一种依靠孕镶金刚石齿中的金刚石颗粒作为磨削原件,获得进尺,但其工作原理是磨削岩石,具有机械钻速低、寿命长、进尺多的特点。孕镶金刚石钻头抗地层研磨性与金刚石颗粒大小、金刚石镶焊浓度有关,金刚石颗粒越小、镶焊浓度越高,孕镶钻头抗地层研磨性就越强;反之金刚石颗粒越大、镶焊浓度越低,孕镶钻头抗地层研磨性就越弱。

通过对上述 3 类钻头在高研磨性地层适应性分析,我们开展高研磨性地层复合式钻头研制的思路是:把 PDC 钻头机械钻速高和孕镶金刚石钻头进尺多的技术优势相结合,开展复合式 PDC + 孕镶复合钻头设计。

2.2 复合式钻头研制

针对东北油气分公司高研磨性地层特点和岩性情况,研制了复合式钻头 X655T。复合式钻头 X655T 采用 PDC 复合片和孕镶金刚石齿相结合的设计结构,其中 PDC 复合片设置在前,孕镶金刚石齿设在 PDC 复合片的后部,孕镶金刚石齿的顶端低

于 PDC 复合片顶端 1~3 mm 设置,且孕镶金刚石齿覆盖钻头冠部轮廓线,钻头的本体下部连接有接头。PDC 复合片为圆柱形或椭圆柱形或楔柱形,孕镶金刚石齿为圆柱形或椭圆柱形或圆弧柱形,如图 1 所示。

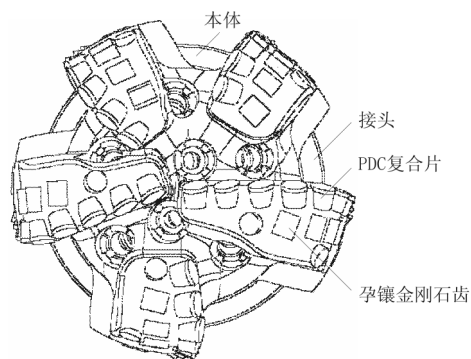


图1 复合式钻头俯视图

为了提高 PDC 复合片的耐磨性和抗冲击性,对复合片进行了特殊工艺处理,将两种规格(1913 和 1308)未做特殊工艺处理的复合片和处理后的复合片分成 2 组,每组 3 片做相同的磨耗比和抗冲击性测试,结果见表 3。

表3 复合片实验测试结果

复合片规格	磨耗 比/万	抗冲 击/J	复合片规格		
			复合片规格	磨耗 比/万	抗冲 击/J
1913-1	17.00	598.00	1308-1	17.00	76.00
1913-2	17.00	674.00	1308-2	17.00	42.00
1913-3	16.00	632.00	1308-3	20.00	48.00
1913 处理后均值	16.67	634.67	1308 处理后均值	18.00	55.33
1913-未处理1	14.00	132.00	1308-未处理1	13.00	14.00
1913-未处理2	12.00	148.00	1308-未处理2	10.00	6.00
1913-未处理3	14.00	165.00	1308-未处理3	15.00	28.00
1913 未处理均值	13.33	148.33	1308 未处理均值	12.67	16.00

实验测试结果发现,规格为 1913 的复合片经过

处理后其磨耗比提高了 25%,抗冲击性能力提高了 327%。规格为 1308 的复合片经过处理后其磨耗比提高了 42%,抗冲击能力提高了 245%。可见经过特殊工艺处理后的复合片其性能得到了较大的提升,更有利于高研磨性地层复合片的选择。

这种复合式钻头工作原理为:由于 PDC 复合片的出露高度要比孕镶金刚石齿的出露高度高 1~3 mm,在钻进前期,钻头以 PDC 复合片剪切破碎岩石为主,可以获得较高的机械钻速,当 PDC 复合片磨损到一定程度后,孕镶金刚石齿参与磨削岩石,同时 PDC 复合片还能继续剪切破碎岩石,提高了钻头的复合破岩效率。孕镶金刚石齿还能保护 PDC 复合片,减少岩石对其的冲击力,延长 PDC 复合片的使用寿命。从而达到增加钻头进尺和延长使用寿命的目的。

该复合式钻头孕镶金刚石齿能充当 PDC 复合片的缓冲节,能够减小岩石对前排 PDC 复合片的冲击,从而起到延长钻头使用寿命的作用。孕镶金刚石齿中的金刚石颗粒还能参与对岩石的磨削,能够提高钻头的破岩效率。

3 现场试验

金山气田进入营城组以后地层研磨性强,机械钻速大幅降低,为提高机械钻速,在新一轮钻井中试验复合式钻头 X655T。在梨 6-6HF 井营城组地层 2634 m 试验复合式钻头 X655T,实际钻进井段 2634~2701 m,进尺 88 m,纯钻时间 42.31 h,机械钻速 2.08 m/h,起出后钻头肩部主切削齿磨损严重,胎体轻度磨损。

在梨 6-4 井营城组地层 2688 m 试验复合式钻头 X655T,实际钻进井段 2688~2784 m,进尺 96 m,纯钻时间 48.5 h,机械钻速 1.98 m/h。

在金 1-2 井沙河子组地层 2612 m 试验复合式钻头 X655T,实际钻进井段 2612~2715 m,进尺 103 m,纯钻时间 51.24 h,机械钻速 2.01 m/h。

复合式钻头与 PDC 钻头试验对比情况见表 4。

复合钻头 X655T 试验 3 口井的平均进尺 95.67 m,平均机械钻速 2.02 m/h,比同层位优选的高指标 PDC 钻头进尺提高 21.61%,钻头机械钻速提高 15.42%;和同层位牙轮钻头 HJT537GK 相比进尺基本持平,钻头机械钻速提高 16.76%,复合式钻头取得了良好的钻进效果。

表 4 复合式钻头和 PDC 钻头对比情况

钻头型号	井号	井段/ m	层位	进尺/ m	纯钻 时间/ h	机械钻 速/(m h ⁻¹)
HJT537GK	梨 6-6HF	2539.0~2622.5	营城	83.50	54.93	1.52
HJT537GK	梨 6-4	2587.0~2688.0	营城	101.00	54.30	1.86
HJ537G	金 1-2	2515.0~2612.0	沙河子	97.00	53.59	1.81
平均				93.83	54.27	1.73
M1655FG	梨 6-6HF	2416.0~2494.0	营城	78.00	46.43	1.68
M1655FGA	梨 6-4	2512.0~2587.0	营城	75.00	41.21	1.82
BST224406	金 1-2	2432.0~2515.0	沙河子	83.00	47.16	1.76
平均				78.67	44.93	1.75
X655T	梨 6-6HF	2634.0~2701.0	营城	88.00	42.31	2.08
X655T	梨 6-4	2688.0~2784.0	营城	96.00	48.50	1.98
X655T	金 1-2	2612.0~2715.0	沙河子	103.00	51.24	2.01
平均				95.67	47.35	2.02

4 结论及建议

(1) 复合式钻头 X655T 采用 PDC 复合片 + 孕镶块复合式结构设计,有独特的创新点,提高了机械钻速,该设计已获得实用新型专利一项。

(2) 复合式钻头在 3000 m 以浅营城组和沙河子组井段试验效果良好,应进一步在更深井段试验。

(3) 分析钻头主切削齿磨损严重,主要为冲击性破坏造成,今后应进一步加强钻头切削齿抗冲击能力的研究。

参考文献:

- [1] 张辉,高德利. 钻头选型通用方法研究[J]. 中国石油大学学报(自然科学版)[J],2005,29(6):45-49.
- [2] 王希勇. 高研磨性地层异形加长齿 PDC 钻头研发及应用[J]. 钻采工艺,2012,35(1):60-63.
- [3] 王三牛,牛庆磊,史兵言,等. 深孔 PDC 扩孔钻头研究及计算机辅助设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(8):1-8.
- [4] 王三牛,王聪,刘玮,等. 科学深钻扩孔钻头及钻进技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):8-13.
- [5] 邢纪国. 岩石研磨性实验研究[J]. 江汉石油学院学报,2003,(5):25-26.
- [6] 蒋晓红,王坤,李果,等. 四川气田 GM 区块钻头优选评价[J]. 石油地质与工程,2014,28(6).
- [7] Graham Mensa-Wilmot. 新一代 PDC 钻头——优质 Geo Diamond MA-89 钻头[J]. 戴敏,王裕满,译. 国外油田工程,2000,(5):24-25.
- [8] 王三牛,牛庆磊,杨引娥. PDC 金刚石复合片扩孔钻头及其在科学深钻中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):145-148.
- [9] 刘汝山,曾义金. 复杂条件下钻井技术难点及对策[M]. 北京:中国石化出版社,2005.