

硬致密泥岩钻进的新型复合片钻头的研究与应用

李 雨¹, 蔡家品², 贾美玲², 张建元², 赵尔信²

(1. 核工业 243 大队, 内蒙古 赤峰 024006; 2. 北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:介绍了一种新型齿形的复合片钻头,在硬致密泥岩中钻进,与常规复合片钻头相比,具有很高的钻进效率和高的钻头寿命,解决了泥岩钻进效率低的难题。

关键词:齿状;复合片钻头;硬致密泥岩

中图分类号:P634.4⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2006)09-0060-02

Research and Application on New PDC Bit Drilling in Hard and Compact Mudstone/Li Yu¹, Cai Jia-pin², Jia Mei-ling², Zhang Jian-yuan², Zhao Er-xin² (1. No. 243 Geological Brigade Inner Mongolia Nuclear Industry Bureau, Chifeng Inner Mongolia 024006, China; 2. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: A PDC bit with new type tooth is introduced. Comparing with ordinary one, it turns low efficiency into very high and provides long service life in drilling in hard and compact mudstone.

Key words: tooth shape; PDC bit; hard compact mudstone

在煤系地层中,经常钻遇到大段的硬致密泥岩,其钻进的特征表现为钻进效率低下,甚至打滑不进尺,需频繁提钻换钻头,严重阻碍了煤田地层的钻进速度,长期以来已成为钻探界难以攻克的难题。

曾经采用硬质合金钻头、常规复合片钻头及孕镶钻头等多种类型的钻头,其表现结果是开始具有一定钻速,很快(钻进 3~5 m 后)切削具的切削刃就会被磨钝,失去了切削能力,进尺几乎为零。

1 硬致密泥岩的特性

钻进过程中发现硬致密泥岩的可钻性很差,这与该类型岩石的特征有密切的关系。

(1) 岩石中含石英质成分高,有时高达 50% 左右,故研磨性较强。

(2) 岩石中组成矿物粒度很细,经测量粒径多为 0.05~0.10 mm,而且结构致密,抗压强度高。

(3) 泥岩具有很好的弹性,切削具在压入泥岩后产生的变形,往往被泥岩的弹性变形所恢复。

(4) 泥岩具有水解性能,在水中有一定的分解能力。

2 新型复合片钻头的碎岩机理

基于上述泥岩的特性,孔底在围压的作用下,岩石强度会增大,给切削具的切入带来很大的阻力,必须采用适当的碎岩方式使孔底岩石产生自由面,使

切削具周围岩石对孔底岩层水平方向的侧压强度降低,使岩石产生拉应力破碎。对这种类型的岩石,切削齿的形状对切削齿切入地层的难易性及深度影响较大,说明切削齿的结构参数对破岩效率影响很大。因此可通过选择合理的钻头结构来增加孔底自由面和减小围岩侧压的影响。

基于泥岩岩石成分中含有较多的石英,其粒度很细,结构致密,表现为一般切削具很难切入,即使切入其深度也很小,钻速很低。切入泥岩后由于石英细颗粒的研磨,很快将切削具刃口磨钝,无法再行切削,表现为“打滑”不进尺。再加之泥岩具有弹性,切削具压入泥岩后产生的变形被泥岩的弹性变形所抵消,切削具向前移动时,所产生的变形很快恢复正常,泥岩使切削具的破碎做功失去效果。在现场,这种泥岩地层被形象地称为“橡皮层”,看上去硬度不高,但可钻性特别差,一般的硬质合金钻头和常规的复合片钻头对此地层无能为力。故必须研究新型结构的复合片钻头。

3 新型复合片钻头的设计

依据泥岩中石英含量高,组成颗粒细小,结构致密及弹性较高的特点,新型复合片钻头从两个方面研究:一是提高复合片的性能,研究高耐磨、高抗冲击韧性、高热稳定性的三高复合片;另一方面研究复合片钻头结构参数——复合片齿形结构、表面状态、

收稿日期:2006-08-15

作者简介:李雨(1962-),男(汉族),河北康保人,核工业 243 大队副经理、工程师,钻探工程专业,从事地浸铀矿工程钻探工作,内蒙古赤峰市红山区英宾路。

钻头胎体结构、钻头保径规结构等。

3.1 复合片的性能

依据泥岩的岩石组成颗粒细小,石英含量高,设计 $\varnothing 13.4\text{ mm}$ 的三高性能复合片,即具高耐磨性(磨耗比 > 20 万)、高抗冲击韧性 ($> 400\text{ J}$)、高热稳定性($750\text{ }^\circ\text{C}$ 烧结后,磨耗比和抗冲击韧性变化 $< \pm 5\%$)。这种复合片性能属国内领先,国际先进水平。

3.2 复合片表面状态

由于泥岩本身颗粒细,含有泥质成分,钻进过程中形成的岩粉具有很强的吸附能力,很容易粘结在复合片的表面,甚至发生糊钻。对此,将优质的三高复合片进行抛光处理,使之表面成为镜面,钻进中产生的岩粉沿复合片镜面迅速排除,防止岩粉垫的形成,可提高钻速。

3.3 复合片的齿形结构

对于结构十分致密的泥岩,复合片压入是十分困难的,特别是在孔底三轴应力的包围下,压入泥岩更加困难。为此,设计成齿形的复合片,钻进时在孔底形成多个齿形环,即形成多个自由面,使岩石产生拉应力破碎。依据泥岩的成分、结构、硬度而设计成四齿的、三齿的和一齿的,硬度高的泥岩采用四齿的,中等硬度采用三齿的,较软的采用一齿的,如图 1 所示。



图 1 齿形复合片示意图

3.4 新型复合片钻头胎体性能与结构

由于新型复合片钻头采用齿形复合片,在钻头胎体上的后支撑同样为齿形,与常规复合片的后支撑半圆形相比,其抗折强度减弱,要求增强胎体的韧性,对胎体性能要求:抗冲击韧性 $> 14\text{ J/cm}^2$,抗弯强度 1500 MPa 。

新型复合片钻头胎体的结构为三角形,与复合片齿形相吻合,有单三角形、三个三角形和四个三角形,如图 2 所示。

3.5 复合片钻头稳定性

在钻进过程中,钻头的稳定性十分重要,平稳的钻进,可持续保持恒定的钻速,复合片不易破裂,处于正常磨损状态。采取的技术措施是增加钻头保径规长度,有效防止钻头的抖动。保径材料采用圆柱

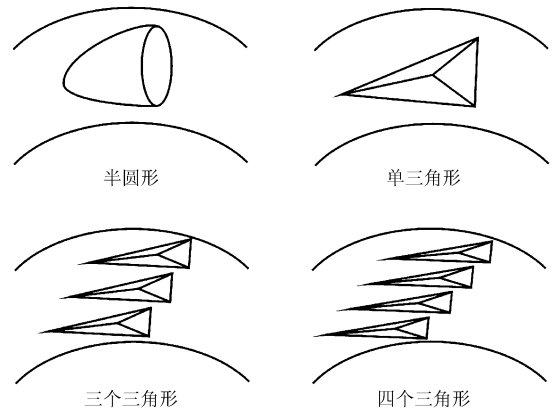


图 2 复合片钻头的后支撑类型示意图

聚晶和部分天然金刚石混镶而成。

3.6 新型复合片钻头水路设计

水路分为 3 部分:底水口、外水槽和内水槽,设计的基本原则是水路空间要大,排粉通畅。底水口——即复合片的底出刃,为增大底水口高度,采用全出刃的镶嵌方法。外水槽——设计超径钻头,例如常用的钻头外径是 101 mm ,而钢体外径是 89 mm ,环状间隙为 6 mm 。内水槽——设计胎体内径为 74 mm ,钢体内径为 80 mm ,内环状间隙为 3 mm ,有效防止泥岩岩心膨胀,使岩心能顺利进入岩心管。

4 新型复合片齿形钻头的应用

所设计和研制的新型齿形复合片钻头,在黑龙江煤田矿区应用,钻进地层主要为深灰色泥岩、紫红色泥岩、粉砂质泥岩等。常规用硬质合金钻头寿命为 5 m 左右,钻速为 $0.4 \sim 0.8\text{ m/h}$;常规用复合片钻头寿命为 25 m ,钻速为 $0.5 \sim 1.0\text{ m/h}$;而新型齿形复合片钻头寿命为 100 m ,钻速为 $1 \sim 1.5\text{ m/h}$ 。由此可见,新型齿形复合片钻头的寿命比硬质合金钻头提高 20 倍,比常规复合片钻头提高 4 倍;钻速比硬质合金钻头提高 2 倍左右,比常规复合片钻头提高 1.5 倍左右。新型齿形复合片钻头的应用大大地提高了钻头的工作寿命、机械钻速和降低了成本,具有明显的经济效益。现该型钻头正在煤田泥岩中广泛使用,至此,解决了长期困扰钻探界硬致密泥岩的钻进问题,为加快我国煤田勘探的速度做出了重要贡献。

5 结语

(1) 新型齿形复合片钻头是提高硬致密泥岩钻进效率和钻头寿命的有效碎岩工具。

(下转第 54 页)

m, 充气量为 $1600 \text{ m}^3/\text{h}$, 平均气液比为 15:1, 充气钻井比常规钻井提高钻速 37.5%。在登二段, 充气钻井进尺 74 m, 充气量为 $1600 \sim 1800 \text{ m}^3/\text{h}$, 平均气液比为 20:1, 充气钻井比常规钻井提高钻速 64.0%。

2.3.5 充气欠平衡钻井能够有利于储层的发现

升深 2-17 井井深 2864 m 进入营城组以后, 主要开展了充气欠平衡钻井试验。在 7 月 7 日和 7 月 9 日充气钻进中点火成功, 但由于地层出气量很大, 形成二次充气, 进一步降低了井底压力, 增加了欠压值, 导致更多的地层出气。套压很快达到 7 MPa, 地面流量也急剧增加到 $11000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的流量计最大量程。为了安全, 决定压井, 改为常规钻井。

根据分析得出地层压力系数为 1.15, 该井在没有充气过程中基本上属于过平衡钻进, 在充气量达到 $500 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 井底开始出现负压钻进状态, 在充气量 $1600 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 井底负压值在 4~4.5 MPa 之间。

2.3.6 充气钻井软件与实测井底压力对比

该井采用钻井工程技术研究院研制开发的充气欠平衡计算软件与实测的井底压力进行对比, 充气欠平衡计算软件计算最低当量密度 $0.91 \text{ g}/\text{cm}^3$, 实测的数据计算结果为 $0.89 \text{ g}/\text{cm}^3$, 软件误差大约 2.5%, 因此该充气欠平衡计算软件在计算理论和软件计算水平上都处于较高的水平。

2.4 充气钻井取得的效果

(1) 使用充气钻井液有效地增加了气液比, 大大提高了机械钻速, 试验表明在相同条件下随充气量的增加, 机械钻速相对提高。

(2) 由于充气提高了环空返速, 有利于携带岩屑, 即使在较低的泵排量和较低的钻井液切力的情况下, 仍具有良好的携带能力, 满足了深井钻井的要求。

(3) 由于充气有效地降低了钻井液的当量密度(该井最小达 $0.87 \text{ g}/\text{cm}^3$), 对于保护和发现油气层起到了重要的作用。

(4) 该井实现了欠平衡钻井, 共 6 次点火成功, 其中在 7 月 7 日 22 时 25 分充气钻进至 2914 m 时, 点火成功, 火焰高度在 10 m 左右, 总烃从 1.13% 持续上涨到 86%, 气体流量最大达到 $11000 \text{ m}^3/\text{h}$, 因出气量太大无法正常钻进, 决定压井, 次日 2 时火焰熄灭, 压井成功。

3 结论与认识

(1) 使用充气钻井液有效地增加了气液比, 大大提高了机械钻速。试验表明, 在相同条件下随充气量的增加, 机械钻速相对提高, 缩短了钻井周期。

(2) 由于充气提高了环空返速, 有利于携带岩屑, 即使在较低的泵排量和较低的钻井液切力的情况下, 仍具有良好的携带能力, 满足了深井钻井的要求。

(3) 由于充气有效地降低了钻井液的当量密度(该井最小达 $0.87 \text{ g}/\text{cm}^3$), 对于保护和发现油气层起到了重要的作用。

(4) 需要严格监视钻时、地面气体流量、泥浆罐液面、立压、套压和烃值变化, 发现问题及早解决。

(5) 在井底出气量很大的情况下, 液气分离器难以分离干净气体, 一部分气体就和泥浆一起通过缓冲罐的旁通进入过渡罐, 假如气体在过渡罐中遇到一点火花, 都可以使过渡罐发生爆炸, 危及整个井场。

参考文献:

- [1] 周英操, 刘永贵, 王广新. 欠平衡井底压力采集系统的研制与应用[J]. 石油钻采工艺, 2004, 26(2): 28-31.
- [2] 刘永贵, 邵天波. 井下压力温度测试工具的开发应用[J]. 石油钻探技术, 2004, 32(6): 27-31.
- [3] 周英操, 翟洪军. 欠平衡钻井技术与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. 8-12.
- [4] 李相方, 庄湘琦, 隋秀香, 等. 气侵期间环空气液两相流动研究[J]. 工程与热物理学报, 2004, 25(1): 73-76.
- [5] 杨虎. 欠平衡压力钻井环空气量对井内各流动参数的影响[J]. 石油钻探技术, 2001, 29(1): 15-16.

(上接第 61 页)

(2) 新型齿形复合片结构在国内是首次研制和应用, 属于国内首创。

(3) 研制的钻头胎体端部三角形支撑, 复合片的光滑镜面, 加长保径规及水路设计是合理和科学的。

(4) 三高复合片在钻进过程中耐磨, 不碎不掉, 强度高。

(5) 新型齿形复合片钻头在硬致密泥岩中是常规复合片钻头钻速的 1.5 倍, 寿命的 4 倍。

参考文献:

- [1] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [2] 孙明光. 新型 PDC 钻头设计[J]. 石油钻采工艺, 2000, 22(2): 31-34.
- [3] 王克维. 混镶金刚石钻头研制及应用[J]. 石油钻采工艺, 2003, 25(5): 5-7.