

《新一轮找矿突破战略行动先进适用勘查技术推广清单(第一批)》之钻探技术介绍

页岩气超深井钻进高效率长寿命钻头

完成单位:吉林省地质勘探技术研究所

供稿人:袁文哲, 孙鑫, 冯晓明, 刘波

中图分类号:P634 文献标识码:C 文章编号:2096-9686(2026)01-0160-02

1 技术背景

页岩气、页岩油作为常规油气的重要接替或补充资源,在全球资源战略中的地位日益彰显,在页岩气超深井取心钻进过程中所遇岩层多为泥页岩、砂岩、粉砂岩等塑性岩石,钻进过程中普通孕镶金刚石钻头呈现钻进效率极低甚至不进尺和糊钻现象,严重影响了勘查施工效率。虽然可以选择硬质合金作为碎岩工具,但其耐磨性差、寿命短和岩心细等情况,满足不了地质要求。复合片钻头虽有较高的耐磨性但切削刃比较钝,钻进效率低,严重影响钻探施工进度。页岩气超深井钻进高效率长寿命钻头,钻头寿命长,减少了提下钻具辅助时间,又可以成倍地提高钻进效率,钻井施工周期相应缩短,既减少了井内事故的发生概率又降低了材料(钻杆接头等)的消耗,综合经济效益更加突出,另外还减少了能源消耗,社会效益显著。

2 技术内容

页岩气超深井钻进高效率长寿命钻头采用优质粗粒天然金刚石和大颗粒人造金刚石混镶,天然金刚石压入并克服塑性岩石,人造金刚石和高耐磨性胎体负责保护天然金刚石,很好地解决了塑性岩石取心钻进效率低、钻头寿命短的问题。通过研究天然金刚石粒度和在钻头唇面分布对钻进效率的影响规律,确定了天然金刚石粒度和出露高度,并根据钻头规格划分天然金刚石切削单元和适量增加钻头通水量,确保钻头具有较高的钻进效率和寿命。钻头最高钻进效率达到4.6 m/h。钻头寿命最高740 m。

3 技术特点

3.1 天然金刚石碎岩机理

分布在钻头唇面的天然金刚石在垂直载荷的作用下保持切入岩石深度,然后在水平阻力作用下,天然金刚石以其前棱面切削岩石,产生大体积剪张体,水平阻力骤然下降趋于零,天然金刚石随钻头回转继续运动,与岩石的接触面逐渐增大,形成逐渐增大的小体积剪张体,水平阻力随之脉动

变化并逐渐地相应增大直到天然金刚石与岩石接触接近天然金刚石出露全高时,又产生一次大体积剪切破碎,如此循环进行碎岩。天然金刚石沿其运动方向在岩石上会形成沟槽,对于塑性岩石,天然金刚石以其前刃与岩石连续接触,此刻沟槽尺寸接近天然金刚石的切入深度,破碎岩石时,所产生的大部分岩粉分布在被切出的沟槽两边,而留在沟槽底的部分岩粉则被压成致密体。而且岩石在深度方向相对于其他方向能够获得更大的破碎。

3.2 高耐磨性胎体

胎体是由多种金属粉体材料组成的集合体,在一定的温度和压力条件下,能烧结成多种功能材料,但对金刚石钻头而言,胎体的最大功能就是实现对金刚石的包镶和对钻头钢体的连接,即能够使两种性质不同的材料(金属和非金属),两种不同形态的材料(固体和粉体)有机有效地结合在一起。胎体的作用如图1所示。

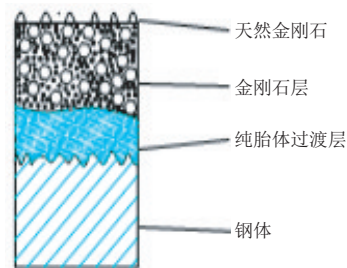


图1 胎体作用

页岩气超深井钻进高效率长寿命钻头胎体用碳化钨、钴作为骨架材料,采用663青铜作为粘结金属,用超细的镍粉、锰粉和磷铁粉作为改善强化胎体强度、硬度、韧性和耐磨性的材料,通过多次反复测试试验,优选出胎体性能优良的配方,胎体配方理论密度 11.6 g/cm^3 ,胎体洛氏硬度HRC 40~45,平均抗弯强度1021 MPa,胎体的冲击韧性 10.86 J/cm^2 。

3.3 金刚石参数及分布

页岩气超深井钻进高效率长寿命钻头唇面人造金刚石

采用黄河旋风HSD90型金刚石,采用混合粒度,30/35目占30%,35/40目占20%,40/45目占20%,50/60目占30%,金刚石浓度采用80%质量浓度。天然金刚石挑选晶粒较完整,每个晶粒不少于4个良好刃角,可以有部分斑点或包裹体,颜色半透明或暗灰色,粒度采用2.5~3.2 mm粒径。天然金刚石出刃高根据粒度大小在1.5~2.5 mm,依照钻头规格将钻头唇面分成多个扇形切削单元,天然金刚石分布有3种形式,如图2所示。

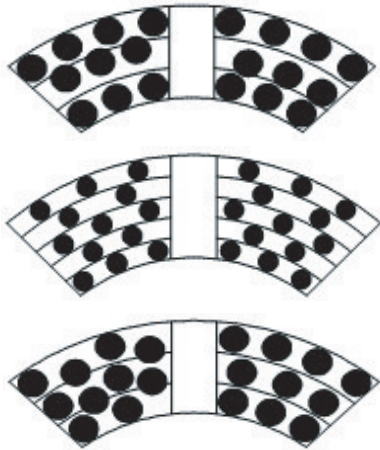


图2 天然金刚石分布形式

4 应用案例

4.1 吉宁地1号油气地质调查井

该井位于吉林省松原市扶余市,构造位置为松辽盆地东南隆起区,主要目的是获取青山口组油页岩的品质、工业分析、力学性质、物理性质等评价参数,地层为棕红色泥岩、绿色粉砂质泥岩、青灰色页岩、灰绿色泥岩,设计井深1500 m。

该井为直井,全井取心,要求岩心采取率85%以上,矿心采取率90%。每钻进100 m测斜一次,弯曲度 $\geq 5^\circ/100$ m,按井深累计计算。所钻岩层水敏性强,对钻井液固相含量和失水量要求高,抗压强度较低,易发生套管下窜事故。

一开采用 $\varnothing 150$ mm单管钻具,钻穿第四系下入 $\varnothing 146$ mm套管160 m;二开采用S122绳索取心钻具钻至268 m,将 $\varnothing 114$ mm绳索取心钻杆作为套管下入;三开采用S95绳索取心钻具, $\varnothing 99$ mm钻头钻至完钻。完钻井深1439.5 m。

前2只钻头8个水口,水口宽度为10 mm,平均时效4.12 m/h,平均寿命426 m,有时出现泵压升高现象,所以第3只钻头水口加宽至12 mm,平均时效4.49 m/h,至完钻钻头没有使用完,岩心采取率平均98.2%。采取的岩心如图3所示。

4.2 黑龙江肇源黑肇地1号油气勘查井

该井位于黑龙江省大庆市肇源县,构造位置为松辽盆地东北隆起区,主要目的是获取白垩系青山口组油页岩的品质、工业分析、力学性质、物理性质等评价参数,地层为灰黑色泥质粉砂岩、灰黑色油页岩、棕红色粉砂质泥岩夹灰绿色泥岩、灰紫色泥岩、灰绿色泥质粉砂岩,设计井深950 m。

该井为直井,全井取心,要求岩心采取率85%以上,矿

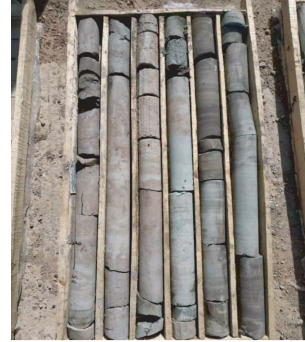


图3 岩心

心采取率90%。每钻进100 m测斜一次,弯曲度 $\geq 5^\circ/100$ m,按井深累计计算。所钻岩层水敏性强,对钻井液固相含量和失水量要求高,抗压强度较低,易发生套管下窜事故。

一开采用 $\varnothing 130$ mm单管钻具,钻穿第四系下入 $\varnothing 127$ mm套管60 m;二开采用S95绳索取心钻具, $\varnothing 100$ mm钻头钻至完钻。完钻井深1085 m。

第一只钻头累计进尺120 m,时效4.075 m/h,钻头未使用完。第二只钻头调整钻头唇面结构,增加唇面天然金刚石数量,每个胎块由原来24粒天然金刚石增加至28粒,累计进尺380 m,时效稍有提高,平均时效4.21 m/h,累计进尺380 m。由于地层变化至灰绿色泥岩,比之前地层稍硬,第三只钻头增加唇面天然金刚石粒数至每个胎块32粒,减小天然金刚石出露,只出露1.0 mm,累计进尺525 m(见图4),平均时效4.25 m/h,最高达4.35 m/h。



图4 使用后金刚石钻头

5 应用建议

吉林省油页岩资源丰富,居全国第一位,分布于白垩系、太古系地层中,具有很好的开发前景,页岩气超深井钻进高效率长寿命钻头在油页岩取心勘查施工中可以很好地解决进尺速度慢、岩心直径不足等施工难题,为吉林省油页岩勘查开发和绿色勘查提供技术支撑。在使用过程中尽量采用水泥固井的井身结构优化方式,保证套管结构稳定,尽量增大钻杆与井壁之间的环状间隙,减小泵压以稳定井壁。建议使用除泥剂保持钻井液性能,不仅能节约钻探成本,且有利于环境保护。