

坚硬致密“打滑”地层新型自锐金刚石钻头的研究

沈立娜, 阮海龙, 李 春, 吴海霞, 贾美玲, 欧阳志勇

(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:针对坚硬致密“打滑”地层研制了一种新型自锐金刚石钻头。室内微钻试验及现场钻进试验均表明:在钻进极坚硬致密“打滑”地层时,相对于普通金刚石钻头,新型自锐金刚石钻头可提高钻头机械钻速 1~3 倍,且钻头寿命相对较高,为攻克“打滑”地层提供了一种有效的碎岩钻进工具。

关键词:坚硬致密“打滑”地层;自锐;金刚石钻头;机械钻速;钻头寿命

中图分类号:P634.4[†]1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)11-0057-03

Study on a New Type Self-sharpening Diamond Bit for Drilling in Hard-compact-slipping Formation/SHEN Li-na, RUAN Hai-long, LI Chun, WU Hai-xia, JIA Mei-ling, OUYANG Zhi-yong (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the difficulties in hard-compact-slipping formation drilling, a new type self-sharpening diamond bit is introduced about its design and the effects of indoor and outdoor tests. The indoor micro-drilling experiments and the field drilling tests show that comparing with ordinary diamond bit, this new self-sharpening one can improve ROP 1~3 times with relatively high bit service life and it is an effective rock breaking tool for hard-compact-slipping formation drilling.

Key words: hard-compact-slipping formation; self-sharpening; diamond bit; rate of penetration(ROP); bit life

坚硬致密“打滑”岩层在中国广泛发育,是金刚石钻探中遇到的一大难题。金刚石钻头在该类地层钻进时,胎体磨损量低,金刚石不易出刃,钻进效率低,回次进尺少,单位钻探成本高,已成为阻碍金刚石钻进特别是绳索取心钻进的障碍^[1]。

坚硬致密“打滑”地层在一般矿区所占比例不大,但由于钻头打滑不进尺,或进尺极慢(时效常在 0.1~0.2 m,回次进尺仅 0.2~0.5 m,钻头使用寿命 2~3 m^[2]),一个钻孔只有几米或者十几米也要耗费大量时间和钻头,从而导致钻孔施工周期延长,勘探成本增高,经济效益明显下降。因此,解决该类岩层钻进打滑成为钻探界急需解决的难题。

1 坚硬致密“打滑”地层岩性分析

图 1 是取自湖北省十堰市房县温泉开发孔的一块岩样,其岩性分析见表 1、可钻性等级评定结果如表 2 所示。

从图 1 可以看出,岩石的颗粒十分细小,结构极其致密。从表 1 可见,矿物成分主要是隐晶质石英、玉髓,铁质微量,是一种常见的硅质岩(燧石岩),岩石致密坚硬,常具有贝壳状断口。表 2 为该岩样的可钻性参数,由表中数据可知,该种岩样密度基本

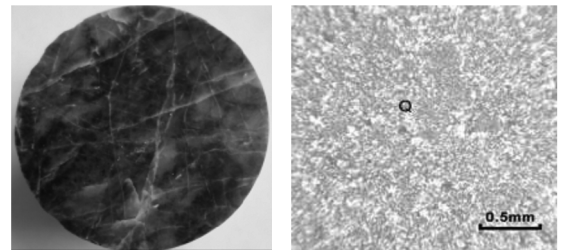


图 1 典型坚硬致密岩样

表 1 HuBFX-1 岩性分析

矿物成分	含量/%
石英 + 玉髓	99.99
铁质	微量

表 2 HuBFX-1 岩石可钻性参数

岩样编号	试样密度 /(g·cm ⁻³)	摆球 硬度	塑性 系数 μ	压入硬度 /(kgf·cm ⁻²)	可钻性综合 评定等级
HuBFX-1	2.61	91.47	0.070	749.09	12

接近纯石英密度,可钻性等级高达 12 级,是一种典型的坚硬致密地层。该地层岩性特点及主要钻进难点具体如下。

(1) 岩石硬度大,石英含量高。其岩石压入硬度一般可达 5000 MPa,部分在 5500~6500 MPa 间,

收稿日期:2014-09-01

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“重点成矿带碎岩与取心技术研究与应用示范”(12120113097300)

作者简介:沈立娜(1985-),女(汉族),天津武清人,北京探矿工程研究所工程师,材料科学专业,从事金刚石钻头的优化设计工作,北京市房山区良乡工业开发区二期创新路 1 号(102400),slns@foxmail.com。

个别甚至高达 7000 MPa。

(2)强度高。这类岩层的造岩矿物细,粒度多为 0.01~0.20 mm,硅质胶结,颗粒之间结合力强,结构致密,整体强度高,其单轴抗压强度可达 150 MPa 甚至更高。

(3)岩石研磨性弱。由于硅质胶结,岩粉颗粒细小,加之钻进时效均比较低,岩粉量少,对金刚石钻头胎体磨损甚微,金刚石难以出刃^[1,3~5]。

2 新型自锐金刚石钻头的设计

本文通过在钻头胎体材料中添加一种自锐材料,这种材料基本不会影响胎体的强度,但在钻进时可预先形成微坑,提高钻头底唇面的粗糙程度,降低与岩石的接触面积,从而帮助金刚石出刃,达到提高钻进效率的目的。

2.1 胎体性能设计

由于岩石坚硬致密,通过适当降低胎体骨架成分及胎体粉末致密度,钻头胎体具有较低耐磨性,提高金刚石出刃性能。选用胎体硬度 HRC20~23 的铁基预合金胎体粉末,粉末粒度 1~2 μm。

2.2 金刚石参数选择

岩石越坚硬致密,金刚石品级应越高。“打滑”地层具有极高的压入硬度,每颗金刚石在切削破岩过程中均处于高压状态下,要求金刚石具有高的抗压强度,因此选用高品级人造金刚石。金刚石粒度选用 35~40 中粗目数,中粗粒度人造金刚石既能保证钻头的有效进尺,又能使钻头具有一定的寿命。

2.3 自锐材料选择

选用的自锐材料具备如下性能:(1)与钻头胎体结合强度低,即胎体包镶弱,以保证在钻进过程中

较容易脱落;(2)具有较高的硬脆性,保证钻进过程中不脱落的那部分颗粒可通过挤压破碎形式“游离”胎体;(3)能够比较均匀地充填到胎体当中,而基本不会影响胎体的整体强度及金刚石的正常切削;(4)加入比例依照地层特性可任意进行调整。

3 新型自锐金刚石钻头的室内微钻试验

3.1 试验简况

室内试验的微钻试验设备如图 2 所示,由钻进系统、恒压恒速加载系统、数字化自动化控制测量记录系统组成。转速可实现 0~2000 r/min 无级调速,试验采用 Ø30/18 mm 微型取心钻头(见图 3),岩石为湖北十堰市房县温泉开发孔位的燧石岩(见图 3)。



图 2 微钻平台实物设备



图 3 钻进钻头及岩样

3.2 试验结果分析

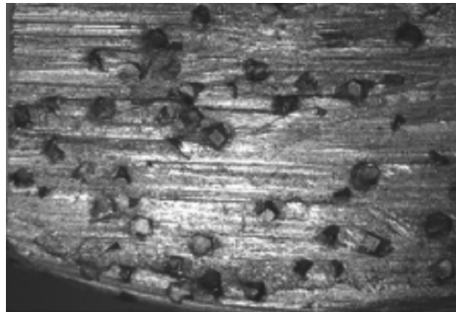
优选钻头胎体配方、金刚石参数进行钻头设计,对比试验结果如表 3 所示。

表 3 微钻试验数据统计表

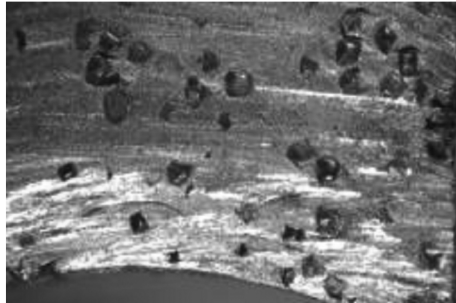
钻头编号	配方描述	转速/(r·min ⁻¹)	钻压/kN	机械钻速/(m·h ⁻¹)	备注
1	R1 胎体,80% 浓度金刚石	800	2~3	0.1~0.2	钻头表面抛光
2	R1 胎体,60% 浓度金刚石	800	2~3	0.2	钻头表面抛光
3	R1 胎体,60% 浓度金刚石	800	5~6	0.6	钻头表面抛光
4	R1 胎体,60% 浓度金刚石,加入一定比例自锐材料	800	2~3	1.5	正常钻进

由表 3 中数据可以看出,在转速为 800 r/min,钻压 2~3 kN 条件下,对比 1 和 2 号钻头数据可知,低浓度金刚石的参数设计更有利于钻进这种坚硬致密岩石,这是因为较低浓度的金刚石能获得更高的颗粒钻压;由 2 和 3 号钻头试验数据可知,在钻进这种坚硬致密岩石时,加大钻压对提高钻进效率有一定效果,可见钻压是钻进坚硬致密岩层的关键钻进参数。然而降低金刚石浓度及加大钻压两种措施最

终均难以改变金刚石抛光这一现象,其根本原因仍是岩石特别坚硬,出露的金刚石刃角很快磨损失去工作能力,导致接触面积增大,而胎体的磨耗滞后与金刚石磨损,磨去刃角的金刚石不能脱落,使金刚石出刃中断,致使钻头打滑不进尺。如图 4 所示,1 和 3 号钻头钻进后,胎体唇面可清晰观察到金刚石被抛光磨平。



(a) 1号钻头



(b) 3号钻头

图4 1号和3号钻头钻进后胎体表面形貌图

添加一定比例的自锐材料后,钻头机械钻速明显提高,如表3中4号钻头钻速比1、3号钻头明显提高数倍,由此可见,添加一定比例的自锐材料,可在较低钻压下实现快速钻进。图5为4号钻头试验后的胎体表面形貌。

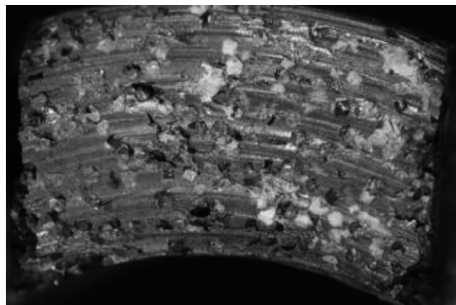


图5 4号钻头钻进后胎体表面形貌图

由图5中可以清楚看出钻头胎体唇面粗糙,表面分布有很多微坑,说明部分自锐材料已经脱落或碎裂,在胎体表面形成较浅微坑,使钻头工作面呈现出粗糙不平的状态,作用于钻头唇面的比压增大,有利于金刚石切入岩石;同时脱落的自锐材料在一定程度上起到了研磨胎体的作用,从而加快胎体损耗,使磨平的金金刚石有效脱落,降低了钻头胎体与岩石的“抵抗力”,使钻头在合理的工作条件下保持持续钻进的能力。此外,部分金刚石已经可见出刃形貌

及其蝌蚪形后衬支撑体,由此可知加入一定比例的自锐材料,起到了帮助金刚石出刃的效果,从而能够提高钻进坚硬致密“打滑”岩石的机械钻速。

4 新型自锐金刚石钻头的现场试验

新型自锐金刚石钻头配方应用于 $\varnothing 111/92$ mm口径,经湖北省水文地质工程地质勘察院在湖北省十堰市房县燧石岩层钻进,钻头在不到20 kN的钻压下即实现快速钻进,平均机械钻速1.2 m/h,而之前使用7、8个厂家的各种配方钻头均出现抛光打滑现象,难以实现快速进尺甚至正常进尺。因此,经过现场试验,新型自锐钻头解决了现场钻头抛光不进尺的技术难题。

此外,该配方应用于HQ口径钻头,由四川华地勘探股份有限公司施工队在青海省格尔木夏日哈木矿区ZK2407孔坚硬致密“打滑”地层使用,亦取得了良好效果。钻头平均机械钻速高达2~3 m/h,钻头寿命超过8 m,而正在施工的邻井,钻遇同样的地层,400 m钻进用掉钻头100多只。可见,新型自锐金刚石钻头不但大大提高了该地区的机械钻速,使用寿命也是普通钻头的2倍以上。

5 结论

通过室内及现场试验,新型自锐金刚石钻头可在正常钻压下,大幅提高钻进坚硬致密岩层的机械钻速,解决了金刚石钻头在该种地层抛光不进尺的技术难题,大大提高了钻进效率。

新型自锐金刚石钻头具备较高的使用寿命,可用于常规钻探作业。然而对可钻性12级的极坚硬致密燧石岩钻头寿命偏低,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘碧湘,曹社强. 坚硬致密岩层打滑形势分析及金刚石钻头的选择[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2011, 31(6): 121-125.
- [2] 罗爱云,段隆臣,王伟雄,等. 打滑地层新型孕镶金刚石钻头[J]. 地质科技情报, 2007, 26(1): 109-112.
- [3] 沈立娜,阮海龙,欧阳志勇,等. 短碳纤维增强金刚石钻头铁基胎体性能的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(3): 77-79.
- [4] 沈立娜,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): 69-71.
- [5] 董海燕,欧阳志勇,吴海霞,等. 深部探测金川预导孔深孔钻探钻头的应用与分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(9): 41-46.