

坚硬地层 NBS 高效孕镶金刚石钻头的研究与应用

沈立娜¹, 路 杲², 尹建民³, 阮海龙¹, 吴海霞¹, 李 春¹

(1. 北京探矿工程研究所, 北京 100083; 2. 中国人民解放军 96657 部队, 北京 100011; 3. 四川省地质矿产勘查开发局二〇七地质队, 四川 乐山 614000)

摘要:介绍了一种 NBS 高效孕镶金刚石钻头, 该类型钻头通过向胎体配方引入一种 NBS 材料, 该材料与胎体结合强度高, 晶型锐利, 室内微钻试验及野外试验结果显示, 该类型钻头可大幅提高钻进中弱风化坚硬岩石的钻进效率, 且钻头寿命较以往技术有很大提高。

关键词: NBS; 金刚石钻头; 高效孕镶钻头; 机械钻速; 坚硬地层

中图分类号: P634.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)01-0084-03

Study and Application of High Efficiency NBS Impregnated Bit for Hard Formation/SHEN Li-na¹, LU Yi², YIN Jian-min³, RUAN Hai-long¹, WU Hai-xia¹, LI Chun¹ (1. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China; 2. 96657 Unit of PLA, Beijing 100011, China; 3. 207 Geological Team of Sichuan Bureau of Geology & Mineral Resources, Leshan Sichuan 614000, China)

Abstract: A high efficiency NBS impregnated bit was introduced in this paper. NBS material was added in the bit matrix, which has a sharp crystal and good bond strength with the matrix. The micro-drilling experiments and the field drilling tests show that this NBS diamond bit can greatly improve ROP in medium-weakly weathered hard rocks drilling and the bit service life is also prolonged compared with ordinary diamond bits.

Key words: NBS; diamond bit; high efficiency impregnated bit; rate of penetration (ROP); hard formation

0 引言

随着地质勘探向非常规能源、地热资源勘探方向发展, 钻探施工中孕镶金刚石钻头正发挥着越来越大的作用。虽然目前我国钻井技术已经较为成熟, 然而由于近两年钻探任务的缩减、对钻孔质量的严格要求以及所钻遇的地层复杂性越来越大, 导致对金刚石钻头提出更高的要求。以钻遇地热井等非常规能源勘探井为例, 由于地层温度高, 岩石二次重结晶构造较多, 常常钻遇隐晶质结构的坚硬岩石, 这类岩石颗粒细小, 硬度大, 胶结强度高, 研磨性弱, 在钻探领域称之为坚硬致密“打滑”地层^[1-3,7-8]。

坚硬致密“打滑”岩层一直是钻探中遇到的一大技术难题, 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。然而, 近两年国内技术人员、相关学者投入了大量的时间、人力和物力, 中南大学的张绍和教授研究了弱包镶金刚石钻头^[1], 其是指在金刚石颗粒表面涂覆一层具有一定化学稳定性的薄膜层, 从而减弱胎体对金刚石的包镶, 达到金

刚石在磨光后提前脱落的作用; 采用主辅磨料金刚石钻头, 可使得高级和低强度金刚石或磨料相互补强, 达到提高钻进时效的目的^[2], 这种方法具有一定效果, 但由于辅磨料是弱强度颗粒实体添加, 在实际钻进过程中并不能全部脱落形成微坑, 大多挤压破碎后仍留在胎体凹坑内部, 影响钻头的出刃效果。庞丰等^[3]研究了造孔剂对钻头的性能影响, 研究表明胎体中加入造孔剂可增强胎体底唇面的粗糙度, 促进钻头出刃。北京探矿工程研究所技术人员研制出一种自锐金刚石钻头^[4], 通过在胎体内添加一种自锐材料, 钻进时可预先形成微坑, 提高钻头底唇面的粗糙程度; 此外, 技术人员还研制了自出刃多孔胎体钻头^[5], 与庞丰等研究学者思路类似, 然而添加方式有所不同, 通过在胎体内预制合理的孔隙结构来改善钻头表面的抛光状态, 并研究了孔隙大小和形状对胎体性能的影响, 这种方式的确可以提高机械钻速, 但孔隙的存在占据了胎体的工作层体积, 从而导致钻头寿命受到一定程度的影响。

收稿日期: 2016-07-19

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”(编号: 12120113097300)

作者简介: 沈立娜, 女, 汉族, 1985年生, 工程师, 材料科学专业, 硕士, 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, shenln@bjiee.com.cn。

由此可见,国内研究人员通过各种创新型研究,取得了比较显著的效果,然而钻头寿命一直不甚理想。

本文提出一种 NBS 孕镶金刚石钻头,通过将一定比例的 NBS 材料加入到胎体内部,这种材料热稳定性很强,与胎体包镶强度高,且具有同金刚石类似的切削能力,通过在其内部预制微裂纹产生定向开裂,实现钝角重新尖锐,提高了金刚石的自锐性能,有效改善金刚石钻头在钻进致密“打滑”地层时钻头表面的抛光磨损状态,从而可大幅提高钻探效率。

1 新型 NBS 高效孕镶金刚石钻头的设计

1.1 胎体材料

采用稀土添加超细晶预合金铁基胎体粉末,该胎体粉末可在 750 °C 进行低温热压烧结致密,从而降低对金刚石的热损伤,保证金刚石切削性能。胎体表面硬度较低,但对金刚石包镶强度高,金刚石不易脱落,有利于其快速切削且保证较长使用寿命^[6]。

1.2 金刚石参数设计

岩石越坚硬致密,金刚石品级应越高,考虑到作业成本,因此选用高品级晶型完整的人造金刚石;由于致密岩层的颗粒尺寸多为小于 0.1 mm 的造岩矿物,考虑到钻进效率和切削能力,金刚石粒度选用 35/40 中粗目数与 50/60 进行混合,既能保证钻头的有效进尺,又能使钻头具有一定的寿命。

1.3 NBS 材料特性

选用的 NBS 材料具备如下性能:(1)与钻头胎体结合强度高,不影响胎体的包镶及胎体整体强度;(2)具备类似金刚石的切削磨损能力,抗压强度较高,但晶型更加锐利,且破碎时多为剪切滑移破碎,因此钻头整体攻击性更强;(3)如有必要,可通过特殊工艺对 NBS 或金刚石进行预处理,保证其内部具有一定方向的微裂纹,从而实现磨平后的定向碎裂,保证自锐性。

2 试验结果分析

2.1 微钻试验结果与讨论

室内试验的微钻试验设备由钻进系统、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,岩石为可钻性 12 级的

燧石岩(矿物成分为:石英 + 玉髓共 99.99%,微量铁质)。

岩石的颗粒细小,硬度在长石及以上级别,因此在钻进过程中,岩粉较细,胎体出刃困难。

为了与常规配方钻头进行对比,微钻台架试验的设计配方如表 1 所示。

表 1 微钻试验配方设计

组成配方号	胎体	说明
R1	铁基胎体	无添加
R1 - SYS	铁基胎体 + SYS 自锐材料	自锐 SYS
R1 - EQ	多孔铁基胎体	多孔胎体
R1 - NBS	铁基胎体 + NBS 材料	NBS

R1 配方为普通硬岩配方,R1 - SYS 为第一代自锐配方,R1 - EQ 为多孔胎体配方,R1 - NBS 为新型 NBS 高效孕镶钻头。

设计每种配方钻进岩石的工作量为 500 mm,2 种岩石分别得到表 2 试验数据。

表 2 燧石岩微钻测试试验结果

配方编号	转速/ (r· min ⁻¹)	机械钻 速/(m· h ⁻¹)	钻 压/ kN	钻进胎 体磨损 高度/mm	备 注
R1	500	0.2 ~ 0.3	2		噪声较大,钻头抛光人为磨出刃损耗高度约 0.8 mm
	800	0.3 ~ 0.5	2	0.6	
R1 - SYS	500	1.1 ~ 1.2	2		平稳快速钻进
	800	1.4 ~ 1.5	2	1.0	
R1 - EQ	500	1.3 ~ 1.4	2		平稳快速钻进
	800	1.5 ~ 1.6	2	0.8	
R1 - NBS	300	1.3 ~ 1.5	2		平稳快速钻进
	500	1.6 ~ 1.7	2	0.5	
	800	1.8 ~ 2.0	2		

从表 2 可以看出,在钻进致密“打滑”燧石岩时,无论是 SYS 自锐钻头、EQ 多孔胎体钻头,还是 NBS 钻头,均可以提高机械钻速,普通金刚石钻头即使转速在 800 r/min,机械钻速也难以超过 0.5 m/h,加入自锐改性的胎体,机械钻速在适宜的转速下均能超过 1 m/h,但 NBS 孕镶钻头仅在转速 300 r/min 时即可与 SYS 自锐钻头和多孔胎体钻头匹敌。在 2 kN 钻压条件下,提取不同配方 500 r/min 及 800 r/min 的平均机械钻速(见图 1)。

由图 1 可以看出,无论哪种配方,800 r/min 条件下的机械钻速均高于 500 r/min 条件下的数值,这与钻头的最优切削线速度有关;NBS 孕镶配方钻头钻速明显优于常规配方及以往配方钻头,其机械

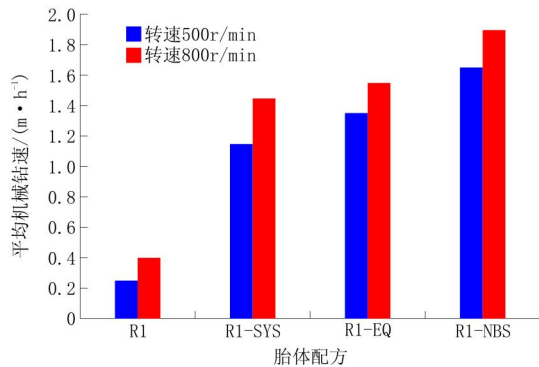


图1 不同胎体配方微钻试验平均机械钻速统计图

钻速在同等工作条件下,是常规钻头的4~8倍,较SYS自锐钻头和EQ多孔胎体钻头也超出20%~30%。

为了探寻钻头的使用寿命,在钻进试验中,测量了胎体的磨损高度,由于钻头的工作面积相同,进尺相同,从而胎体的磨损高度便反映了钻头的使用寿命。具体见图2。

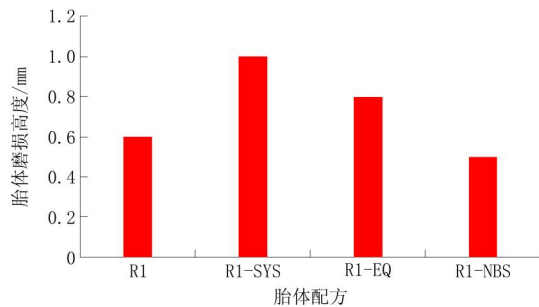


图2 不同胎体配方微钻试验钻进胎体磨损量统计图

由图2可以看出,在进尺500mm的微钻试验工作量下,常规配方钻头和NBS配方钻头在钻进中胎体磨损最小,然而常规配方人为出刃还有0.8mm的磨损高度,由此说明,传统的硝酸腐蚀或者人为打磨出刃一方面会加快钻头磨损,影响使用寿命,另一方面并不能很好地起到提高机械钻速的最终目的。因此,4种配方相比较,NBS配方孕镶钻头总体磨损高度最小,反映出其寿命相对较高。

2.2 现场试验结果与讨论

新型NBS高效孕镶金刚石钻头通过低温二次焊接制成NQ+2绳索取心金刚石钻头,即规格Ø77/47.5mm,于福建某180m水平孔进行钻进,施工方为中国人民解放军96657部队,岩石为中弱风化花岗岩、辉绿岩等(如图3所示),岩石大多为弱研磨性,少数中等风化岩石研磨性较弱研磨性地层略高,钻头使用情况如表3所示。



图3 福建某水平钻孔岩心

表3 福建某水平孔钻头试验数据

钻头及产地	平均时效/m	进尺/m	备注
其他厂家钻头	0.2~0.3	10~20	钻速低,难以进尺
探矿工程所 SYS自锐钻头	3	12	钻进3h胎体迅速磨平,钻遇中等风化花岗岩,研磨性略强
探矿工程所 NBS孕镶钻头	3~4	100	出孔新度60%

由表3数据可以看出,NBS孕镶钻头无论在机械钻速还是在钻头寿命上,都具有极大的优势,进尺100m,新度还有60%(见图4)。SYS自锐钻头也具有一定效果,但由于此种钻头主要针对弱风化坚硬致密“打滑”地层,而对具有中等风化的花岗岩适应性不好,因此在该类地层寿命较短。



图4 NBS高效孕镶钻头进尺100m后磨损照片

3 结论

通过室内及现场试验,新型NBS高效孕镶金刚石钻头可在正常钻压下,大幅提高钻进坚硬致密
(下转第92页)

前电子科技飞速发展的时代,在学生中具有极大的亲和力和接纳度^[7]。这种教学方式可以极大地提高学生的积极性,并帮助地质工程专业教学转型,尝试全新的教学方式和方法,是教学紧跟时代脚步的表现,是信息化教学中浓墨重彩的一笔。学生在虚拟仿真教学平台上训练熟练后,再进入成都理工大学四〇三钻掘工程实训基地,登上钻机机台实际训练,大大提高了实训质量,降低了安全隐患,满足了教学要求。目前,该虚实结合的教学方法已陆续应用于多个相关专业的实践教学,包括地质工程(钻掘工程)、地质工程(工程地质)、地下水科学与工程、土木工程(岩土工程)等,受到了各专业学生的欢迎,收到了良好的教学效果。

虚拟仿真实验教学是高等教育信息化建设和实验教学示范中心建设的重要内容。2015年,以钻探虚拟仿真实验教学平台为主要内容的国家级成都理工大学虚拟仿真实验教学中心,成功获得批准,目前正在建设完善中。

6 结论

钻探虚拟仿真教学平台有效解决了钻探实践教学的“高成本”、“高风险”、“不能及”、“周期长”等困难,加上后续的钻机实际操作,完善了虚实结合的实践教学体系,取得了良好教学效果。

平台还可应用于各单位钻探技术人员、操作人员等的操作训练。一名新手往往需要数年跟机学习,其间,还可能面临诸多安全风险,使用本平台可以大幅缩短成长周期。同时可以形象地观察到孔内

钻具等状态,提升理论水平。虚拟平台与现场操作相结合,不失为一条培养优秀操作人员的有效途径。钻掘工程虚拟实训平台,可为兄弟院校提供实践教学场所,为企业提供培训服务。

钻探虚拟仿真教学平台可用于科研和技术服务工作的延伸开发和拓展,模拟真实钻孔地质环境及工艺条件,解决现实孔内技术问题。

总之,钻探虚拟仿真实验教学平台的研发,为钻探行业的人才培养、技术革新带来了新的手段和尝试。抛砖引玉,期待同行们的关注和深化,将虚拟仿真技术与钻探技术更好地结合起来,为钻探行业服务。

参考文献:

- [1] 张敬南,张缪钟. 实验教学中虚拟仿真技术应用的研究[J]. 实验技术与管理, 2013, (12): 101 - 104.
- [2] 李亮亮,赵玉珍,李正操,等. 材料科学与工程虚拟仿真实验教学中心的建设[J]. 实验技术与管理, 2014, (2): 5 - 8.
- [3] 曹礼,邓锋,宋锦璘,等. 虚拟仿真教学平台提高医学实践操作学习效率的方法改革与应用探索[J]. 教育教学论坛, 2013, (39): 43 - 44.
- [4] 汤凤林,蒋国盛,宁伏龙. 关于提高我国探矿工程类专业教学质量思考——从中俄相关专业教学计划对比谈起[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(9): 151 - 157.
- [5] 王卫国. 虚拟仿真实验教学中心建设思考与建议[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(12): 5 - 8.
- [6] 李平,毛昌杰,徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(11): 5 - 8.
- [7] 蔡丁友. 优课虚拟仿真实验室在化学实验教学中的应用[J]. 教育信息技术, 2013(6).
- [3] 庞丰,段隆臣,童牧,等. 钻进打滑地层时造孔剂对孕镶金刚石钻头性能的影响[J]. 粉末冶金材料科学与工程, 2014, 19(5): 790 - 796.
- [4] 沈立娜,阮海龙,李春,等. 坚硬致密“打滑”地层新型自锐金刚石钻头的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(11): 57 - 59.
- [5] 沈立娜,郭长江,等. 新型自出刃多孔胎体孕镶金刚石钻头的研究[C]// 第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集. 北京:地质出版社, 2015.
- [6] 沈立娜,吴海霞,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.
- [7] 王多军,沈立娜,等. 坚硬致密石英岩地层用新型胎块钻头的研究与应用[J]. 西部探矿工程, 2014, (4): 39 - 40.
- [8] 张丽,杨凯华. 金刚石钻头钻进坚硬致密弱研磨性地层的研究现状与进展[J]. 金刚石与模具磨料工程, 2003, (6): 9 - 12.

(上接第 86 页)

“打滑”岩层的机械钻速,且具有较高的工作寿命。该类型钻头除适应坚硬致密“打滑”地层,对中等风化坚硬地层也具有较好的适应性。因此,对坚硬地层具有一定的光谱性,为今后我国地质矿产勘查、工程勘查以及非常规能源勘探提供了新的技术支撑。

参考文献:

- [1] 郭庆清,王家亮,张绍和. 胎体弱化颗粒材质对 WC 基孕镶金刚石钻头胎体磨损性能的影响[J]. 中国有色金属学报, 2015, 25(9): 2531 - 2535.
- [2] 张绍和,杨凯华. 主辅磨料双切削作用金刚石钻头研究[J]. 地质与勘探, 2001, 37(5): 87 - 89.