

钻头孕镶体夹层对钻速的影响试验

彭 烨¹, 王明华², 关舒伟¹, 王明瑞¹, 陈 曦¹

(1. 中国石化胜利石油管理局钻井工艺研究院, 山东东营 257017; 2. 中国石油川庆钻探工程有限公司川西钻探公司, 四川成都 610051)

摘要: 为指导孕镶金刚石钻头和岩石锯等的夹层结构的设计, 设计了4组孕镶体的外形结构及夹层结构, 研制了可装卸孕镶体的试验小钻头, 进行了孕镶体夹层对钻速和磨损量影响的试验。通过观察试验现象和分析试验数据发现: 孕镶体的夹层结构有利于提高钻头的稳定性; 影响孕镶体钻速的主要因素有夹层的厚度、夹层的形状、夹层的厚度比和夹层金刚石的质量分数; 增大夹层间金刚石质量分数的差可以提高钻速; 适当增大非工作层的厚度利于提高钻速; 影响孕镶体磨损的主要因素有夹层的厚度、夹层的厚度比、夹层的类型及夹层金刚石的质量分数; 孕镶体磨损面的沟槽越突出则磨损量越大。这对孕镶金刚石钻头和岩石锯等的夹层结构设计有指导作用。

关键词: 孕镶金刚石钻头 夹层 机械钻速 磨损

中图分类号: TE921⁺. 1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0890(2012)02-0113-04

Experimental Study of the Interlayer Effect in Impregnated Diamond Blocks on ROP and Wear Extent

Peng Ye¹, Wang Minghua², Guan Shuwei¹, Wang Mingrui¹, Chen Xi¹

(1. Drilling Technology Research Institute of Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257017, China; 2. West Sichuan Drilling Company, Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., CNPC, Chengdu, Sichuan, 610051, China)

Abstract: In order to instruct the design of interlayer of impregnated diamond bits and rock saws, the authors designed 4 kinds of shape and interlayer structure impregnated diamond blocks, developed and made the bit for experiment which can load and unload impregnated diamond blocks, and unfolded the experiment to study effect of the interlayer on ROP and wear extent. The phenomena and data of experiment showed: the interlayer is in favor of the improvement of bit stability. Main effect factors of ROP of impregnated diamond blocks are the thickness of interlayer, interlayer structure and shape, and proportion of the interlayer thickness, and mass fraction of diamond in interlayer. Penetration could be accelerated with the increase of the difference of diamond mass fraction between interlayers. Increasing properly of the thickness ratio of non-work interlayer is favor of promoting ROP. Main effect factors of wear extent of impregnated diamond blocks are thickness of interlayer, proportion of the interlayer thickness, and interlayer type and its diamond mass fraction. The more prominent the groove of wearing face is, the more wear extent is.

Key words: impregnated diamond bits; interlayer; penetration rate, wear

夹层结构能有效提高孕镶金刚石钻头的机械钻速和岩石锯的锯切速度^[1-4], 但有关孕镶体夹层的层数和厚度与钻速和磨损量的定量关系的研究, 未见相关文献及报道。为此, 笔者进行了孕镶体夹层影响钻速和磨损量的试验研究, 以指导孕镶金刚石钻头和岩石锯等的夹层结构设计。

收稿日期: 2011-02-13; 改回日期: 2012-02-24。

作者简介: 彭烨(1969—), 男, 四川营山人, 1993年毕业于石油大学(华东)钻井工程专业, 2000年获石油大学(华东)油气井工程专业硕士学位, 2008年获中国石油大学(华东)油气井工程博士学位, 高级工程师, 主要从事金刚石钻头研制工作。

联系方式: 13963390558, pengye.slyt@sinopec.com。

1 试验方法

1.1 孕镶体结构及夹层结构设计

1.1.1 孕镶体结构设计

在满足试验要求的条件下,考虑目前常用的刀头的尺寸结构,同时又有利于快速而经济地加工,把孕镶体设计为 $14\text{ mm} \times 14\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 的长方体。

1.1.2 夹层设计

目前普遍使用的夹层有工作层与非工作层和高

密度层与低密度层 2 类,结合孕镶体结构和目前的夹层种类,设计了 4 种孕镶体方案(表 1)。每种方案制造 3 块孕镶体,分别按 1,2,3 编号。

1.2 试验小钻头设计

试验小钻头设计成能装夹和拆卸孕镶体的形式,以利于 1 只钻头能够满足多组孕镶体试验。小钻头直径 53 mm,可夹装 2 块孕镶体,设计有 2 个喷嘴,可分别清洗和冷却 2 块孕镶体,每块孕镶体前设计 1 条流道,连接丝扣与试验设备相匹配,孕镶体通过螺钉压紧,如图 1 所示。

表 1 孕镶体的夹层结构参数
Table 1 Interlayer structure parameters of impregnated diamond blocks

方案	夹层数	夹层结构	夹层厚度	夹层配方
A	1	无	无	基料 +45% 金刚石
B	5	3 层工作层 + 2 层非工作层	工作层 3 mm, 非工作层 2.5 mm	工作层: 基料 +50% 金刚石, 非工作层: 铁粉
C	7	4 层工作层 + 3 层非工作层	工作层 2.5 mm, 非工作层 1.3 mm	同 B
D	5	3 层高密度层 + 2 层低密度层	高密度层 3 mm, 低密度层 2.5 mm	高密度层: 基料 +50% 金刚石, 低密度层: 基料 +35% 金刚石

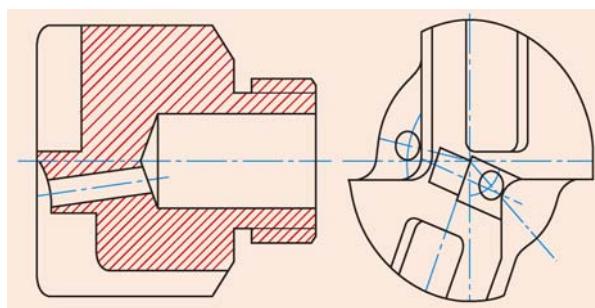


图 1 孕镶体试验小钻头结构

Fig. 1 Sketch of Small bit for impregnated diamond blocks' experiment

1.3 试验装置及步骤

1.3.1 试验装置及材料

试验在专用试验装置上进行,该装置可以在设定转速和钻压模式下进行钻进,能自动采集钻压、转速、钻时、扭矩和钻深等数据,装置模块组成如图 2 所示。

采用德国 Sartorius 公司的 ME215S 电子天平称量孕镶体的质量,电子天平的精度为 0.01 mg。

岩样采用牙轮钻头可钻性级值 8 级的砂岩。

1.3.2 试验步骤

1) 称量每块新孕镶体的质量。

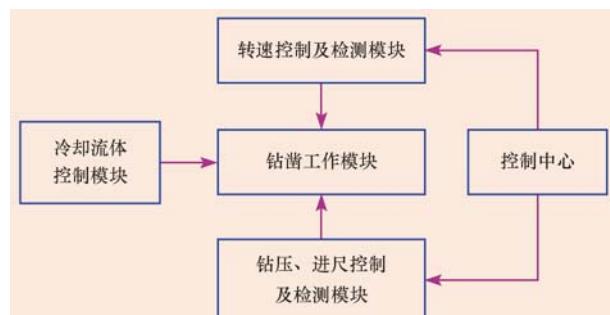


图 2 钻凿特性测定试验装置模块

Fig. 2 Modules of experimental equipment for determining drilling parameters

2) 在岩样上先分别用 4 组孕镶体钻 1 孔,清除孕镶块表面的氧化层,以减少试验误差,增强可比性。

3) 称量每块去氧化层孕镶体的质量。

4) 4 种孕镶体在岩样上分别以 5 kN 钻压,250 r/min 转速钻深 170 mm 的孔,从钻深 20 mm 开始记录钻时、扭矩和钻深等数据。

5) 称量每块孕镶体的质量。

2 试验结果讨论及分析

2.1 试验结果

试验过程中 B、C、D 方案孕镶体工作较平稳,A 方案孕镶体工作不平稳,试验装置剧烈振动。试验

数据见表 2。

表 2 试验数据

Table 2 Experiment data

方案	钻孔深度 / 钻孔时间 /	扭矩 /	损耗 /	钻速 /	
	mm	s	(N · m)	g	(m · h ⁻¹)
A	151.72	769.25	63.10	1.691	0.710 0
B	151.87	602.25	65.76	3.178	0.907 8
C	151.35	664.77	66.90	2.695	0.819 6
D	151.35	728.09	62.04	1.434	0.784 3

试验后的孕镶体如图 3 所示。

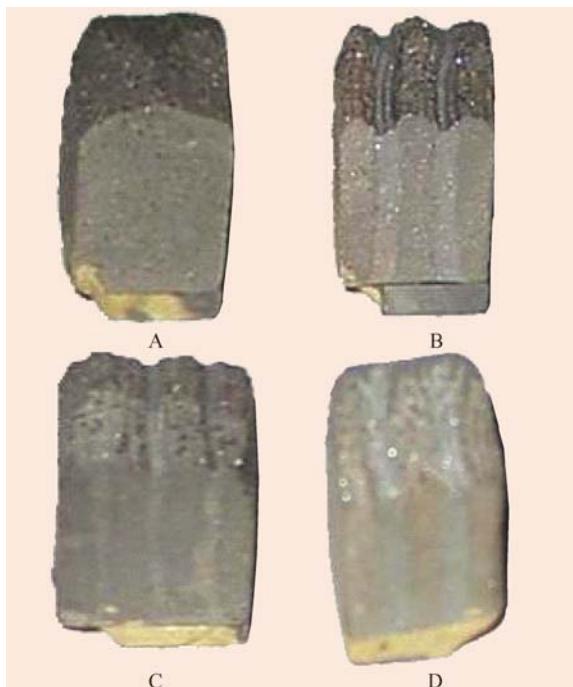


图 3 试验后的孕镶体

Fig. 3 Outer impregnated diamond blocks after experiment

2.2 试验结果讨论及分析

2.2.1 夹层对钻速的影响

从表 2 可以看出, 夹层有明显的提速效果, B 方案的钻速比 A 方案提高 27.9%, C 方案比 A 方案提高 15.4%, D 方案比 A 方案提高 10.5%。

大量实践表明, 在正常钻进条件下, 钻速 v 与钻压 W 呈正比关系^[5]。为研究孕镶体夹层提速的原因, 定义比钻压为单位面积上的钻压。不难得出, 钻速 v 与比钻压 dW 也呈正比关系, 其关系式为:

$$v \propto dW \quad (1)$$

从试验过程看, 除孕镶体的夹层结构不同外, 其他条件都基本相同。因此式(1)可表示为:

$$v/dW = C \quad (2)$$

式中, C 为常数。

假设孕镶体的分层间存在钻压分配关系, 主工作层或工作层的钻压分配系数为 1, 次工作层或非工作层的钻压分配系数为 α , 则:

$$dW = W/(S_1 + \alpha S_2) \quad (3)$$

式中: S_1 为主工作层的面积, S_2 为次工作层或非工作层的面积。

试验用孕镶体的端面为正方形, 边长为 L , 则式(3)可表示为:

$$dW = W/L(L_1 + \alpha L_2) \quad (4)$$

式中: L_1 为主工作层的总厚度, L_2 为次工作层或非工作层的总厚度。

将式(4)代入式(2), 整理得:

$$\alpha = (CW/vL - L_1)/L_2 \quad (5)$$

利用式(5)结合表 1 可计算得到 B、C 和 D 方案孕镶体非工作层的钻压分配系数 α 分别为 0.39, 0.52 和 0.735。结合表 2 可看出: 次工作层或非工作层的钻压分配系数 α 越小, 钻速越快; 次工作层或非工作层分配的钻压越小, 对钻速的影响越小。

把孕镶体分成两类: 一类是方案 A 和 D, A 方案为均匀结构、无夹层, D 方案为金刚石密度不同的工作层组成的夹层结构; 另一类是 B 和 C 方案, 由工作层和非工作层组成的夹层结构。

对于 D 方案孕镶体, 次工作层的金刚石质量分数是工作层 0.7 倍, 与次工作层的钻压分配系数 α 很接近, 说明决定钻压分配的因素是金刚石质量分数, 夹层间金刚石质量分数差的增大有利于提高钻速。分析认为, 提速的原因是主工作层的比钻压提高, 主工作层切削形成的沟槽降低了突起岩石的破碎难度。

对于 B 和 C 方案孕镶体, 非工作层同是不含金刚石的铁粉, 与工作层的差距却非常大。从图 3 可以看出, C 方案孕镶体的 1 个夹层几乎不起作用, 从数值上看, 也显示只有 2 个夹层起作用, 1 个夹层起的作用很小。分析认为, 提速的原因是工作层的比钻压大, 非工作层处形成的突起被整体破碎, 岩屑中含一些粗大的岩屑也证明了此判断。

以上分析表明: 影响次工作层或非工作层钻压分配系数 α 的因素有夹层厚度、夹层形状、夹层厚度比和夹层金刚石质量分数; 增大非工作层厚度有利于提速。

试验结果表明, 影响孕镶体钻速的主要因素有夹层厚度、夹层形状、夹层厚度比和夹层金刚石质量分数。

2.2.2 夹层对磨损量的影响

从表 2 可以看出,夹层结构在明显提速的同时,也增加了磨损量,B 方案的磨损量比 A 方案增加了 87.9%,C 方案比 A 方案增加了 59.4%,D 方案比 A 方案减少 15.2%。

Glowka 在分析以往对碳化钨—钴材料制成切削齿的研究结果以及 Hibbs 等人的研究成果及资料、数据后提出^[6-7]:在不发生热磨损及破坏性机械损坏情况下,在正常的、缓慢的、逐渐的、磨蚀性磨损条件下,磨损速度可表示为:

$$\frac{dv_d}{dL} = C \frac{F}{A_w^n} \quad (6)$$

式中:C, n 为磨损系数, $0 \leq n \leq 1$; F 为切削力; A_w 为切削齿磨损面的面积。

将小钻头相关参数代入式(6)得:

$$dv_d = CL_e R \frac{F}{A_w^n} \frac{H}{v} \quad (7)$$

式中: L_e 为小钻头孕镶体每转的当量线长度; R 为转速; H 为钻进段长; v 为钻速。

式(7)中 $CL_e R$ 在试验中为常数或设为定数,设 $CL_e R = C_1$, 则式(7)可变为:

$$C_1 = dv_d / \left(\frac{F}{A_w^n} \frac{H}{v} \right) \quad (8)$$

式(8)中的 A_w 用式(4)求出。D 方案孕镶体的 n 取 1, 按式(8)计算出 A、B 和 C 方案孕镶体的 n 分别为 0.879 428 35, 0.826 154 和 0.837 625 8。

结合表 2 和图 3 可知, n 与磨损面的表面平整程度有关, 表面越平整, n 越大, 磨损量越小; 表面沟槽越突出, n 越小, 磨损量越大。而影响表面平整程度的因素主要有夹层厚度、夹层厚度比和夹层类型及金刚石质量分数。也就是说, 影响孕镶体磨损量的主要因素为夹层的厚度、夹层厚度比、夹层类型及金刚石质量分数。

3 结 论

1) 夹层结构有利于提高孕镶金刚石钻头的稳

定性。

2) 影响孕镶体钻速的主要因素有夹层厚度、夹层形状、夹层厚度比和夹层金刚石质量分数: 增大夹层间金刚石质量分数差可以提高钻速; 适当增大非工作层厚度有利于提高钻速。

3) 影响孕镶体磨损量的主要因素有夹层的厚度、夹层厚度比和夹层类型及金刚石质量分数; 磨损面的表面平整程度越差, 磨损量越大。

参 考 文 献

References

- [1] 蒋青光, 张绍和, 陈平, 等. 新型优质孕镶金刚石钻头研制[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2008(6): 12-16.
Jiang Qingguang, Zhang Shaohe, Chen Ping, et al. Development of new type and high quality impregnated diamond bits[J]. Diamond & Abrasives Engineering, 2008(6): 12-16.
- [2] 陈章文. 适合金川矿区的特种孕镶金刚石钻头研制[D]. 长沙: 中南大学, 2008.
Chen Zhangwen. Development of the special impregnated diamond bits for Jinchuan Mine[D]. Changsha: Central South University, 2008.
- [3] 刘碧湘. 分层式孕镶金刚石钻头: 中国, 02279738.6[P]. 2003-10-15.
Liu Bixiang. Interlayer impregnated diamond bits: China, 02279738.6 [P]. 2003-10-15.
- [4] 叶宏煜, 谢涛, 杨仙. 多层定向分布有序排列金刚石工具节块: 中国, 200720084656.1[P]. 2008-02-27.
Ye Hongyu, Xie Tao, Yang Xian. Multi-interlayer directional and ordered arranging diamond tool block: China, 200720084656.1 [P]. 2008-02-27.
- [5] 陈庭根, 管志川. 钻井工程理论与技术[M]. 东营: 石油大学出版社, 2001.
Chen Tinggen, Guan Zhichuan. Theory and technology of drilling engineering [M]. Dongying: Petroleum University Press, 2001.
- [6] Glowka D A. Implication of thermal wear phenomena for PDC bit design and operation[R]. SPE 14222, 1982.
- [7] Glowka D A. The use of single-cutter data in the analysis of PDC bit designs[R]. SPE 15619, 1986.