

岩土工程

仿生孕镶金刚石钻头在山东玲珑金矿的试验^{*}

徐 良¹, 孙友宏¹, 李治文⁴, 王传留¹, 孙丙伦², 陈师逊³

(1 吉林大学建设工程学院, 长春 130026; 2 山东省地质矿产勘查开发局, 济南 250013;

3 山东省地勘局第三地质大队, 烟台 264003; 4 上海海洋地质勘察设计有限公司, 上海 200000)

[摘 要] 文章介绍了仿生孕镶金刚石钻头的设计及加工工艺, 并且在山东玲珑金矿对仿生钻头进行了野外试验。试验证明, 将仿生学的非光滑原理应用到金刚石钻头的设计中能使钻头的耐磨性增加, 有利于提高钻头的寿命。

[关键词] 金刚石钻头 孕镶 仿生 非光滑 打滑地层

[中图分类号] P634 [文献标识码] A [文章编号] 0495 - 5331 (2008) 04 - 0079 - 04

1 概述

山东省招远市玲珑金矿始建于 1962 年, 至 2006 年累计生产黄金 200 0013 万两, 为我国重要的金矿产地之一。东风矿床 171 号脉位于矿田东南部, 受破头青断裂控制, 毗邻著名的东风、台上两个特大型金矿床, 成矿地质条件优越, 找矿潜力巨大, 探矿区面积达 5.82 km²。勘察区划属山东省招远市阜山镇管辖, 位于招远市与龙口市交界处, 南距招远市 20 km, 北距龙口市 30 km。在东风矿床 171 号脉地质普查报告的基础上, 山东省第三地质矿产勘查院担任了此次详查任务, 设计钻孔 33 个, 总进尺达 2 万余米, 提交详查地质报告, 为矿床开发提供依据。勘察区属中低山区, 最高峰罗山海拔 756.50 m, 一般标高 150 ~ 350 m, 相对高差 100 ~ 150 m, 区内山岭起伏, 植被发育, 无危岩和不稳定陡坡, 没有产生滑坡和泥石流的地质条件。对应地震基本烈度值度。

试验地层以花岗岩为主, 部分闪长岩夹杂在地层中, 岩石的可钻性级别为 7 级 ~ 9 级, 地层漏失严重, 遇矿前后十分破碎, 是典型的复杂地层。现场以 XY - 4 钻机和 S76 5 绳索取芯孕镶金刚石钻头作为主要钻探工具, 全孔取芯; 岩层破碎严重, 孔深超过 200 m 后孔内基本不返水; 钻头“打滑”现象比较严重, 效率不高, 而且钻头的寿命相对较短。对试验

仿生金刚石钻头来说, 如此复杂的地层条件既是一种机遇, 又是挑战。

2 仿生孕镶金刚石钻头设计

2.1 钻头形状设计

本试验共设计 $\phi 76.5$ 仿生孕镶金刚石绳索取芯钻头 6 个, 分别为 1 号 ~ 6 号, 非光滑度 (凹坑面积占底唇面积的比例) 均为 13%, 钻头尺寸如图 1, 底唇面非光滑排列如图 2, 其中 2 号和 5 号钻头的内壁非光滑形状如图 3。

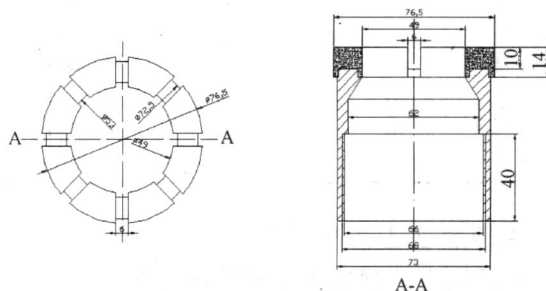


图 1 仿生钻头尺寸图

仿生孕镶金刚石钻头的创新点就是将普通孕镶金刚石钻头的底唇面人为的做成非光滑的表面 (见图 2), 试验证明非光滑的表面具有耐磨、降阻等特点。由于绳索取芯钻头的保径一直是钻头的薄弱环节, 借鉴非光滑表面耐磨特点, 本次试验也将钻头胎体的内壁做成非光滑表面 (见图 3)。

[收稿日期] 2007 - 12 - 07; [修订日期] 2008 - 01 - 07。

[基金项目] 国家“863 硬岩钻进用仿生金刚石复合钻头及钻进技术研究课题资助, 编号: 2006AA06Z221。

^{*} 新型碎岩工具——仿生孕镶金刚石钻头由吉林大学建设工程学院国土资源部复杂条件钻进技术开放实验室研制。

[第一作者简介] 徐 良 (1981 年—), 男, 2004 年毕业于中国地质大学, 获学士学位, 现主要从事仿生金刚石钻头的研究工作。

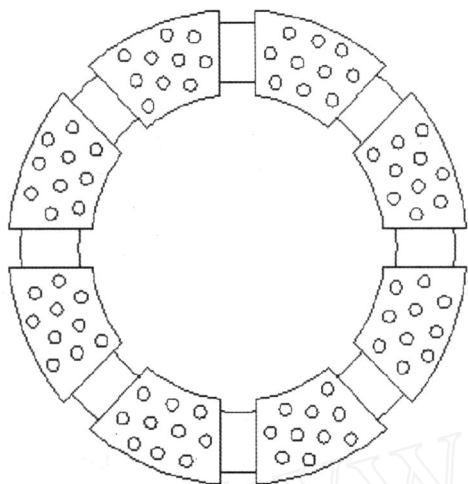


图2 非光滑底唇面排列

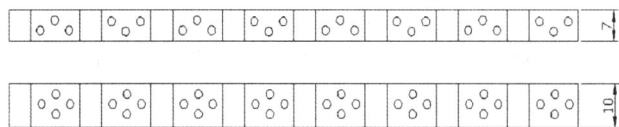


图3 非光滑内壁排列

2.2 钻头的性能参数

仿生钻头所用的金刚石粒度均为 46 + 60,胎体硬度 HRC38,8个水口,其它的性能参数如表 1所示。

表 1 仿生金刚石钻头性能参数表

编号	工作层高度 /mm	内壁是否非光滑	金刚石浓度
仿生 1号	7	否	100%
仿生 2号	7	是	100%
仿生 3号	7	否	85%
仿生 4号	10	否	100%
仿生 5号	10	是	100%
仿生 6号	10	否	85%

2.3 钻头加工工艺设计

该种钻头的制造方法和其他钻头一样,只是增加了一套制作非光滑表面的工艺,在中频炉中进行热压烧结,然后就和其他钻头的加工一样进行,直到加工出成品钻头 (如图 4)。

3 现场试验

3.1 试验概况

对整个勘探场区进行观察,并根据前期的钻探取心情况可知,勘探线 154附近的地层岩石硬度明显高于其他勘探线,普通金刚石钻头的寿命在这里不超过 35m,时效也很低,而且必须靠石英砂才能帮助金刚石出刃。这种地层条件非常适合仿生钻头克服硬岩钻进中出现“打滑”现象的特性,因此选择

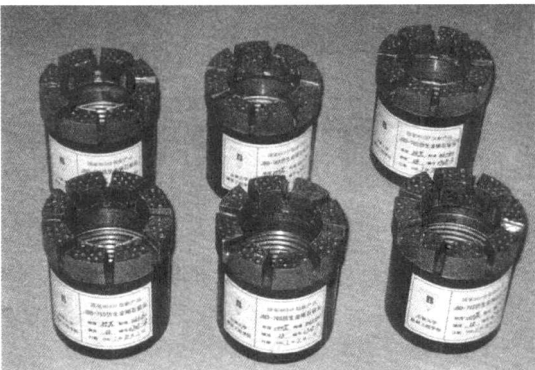


图 4 仿生孕镶金刚石钻头成品

ZK154 - 5孔为试验点。该钻孔为竖直孔,钻孔设计如图 5所示,孔内岩芯如图 6所示。

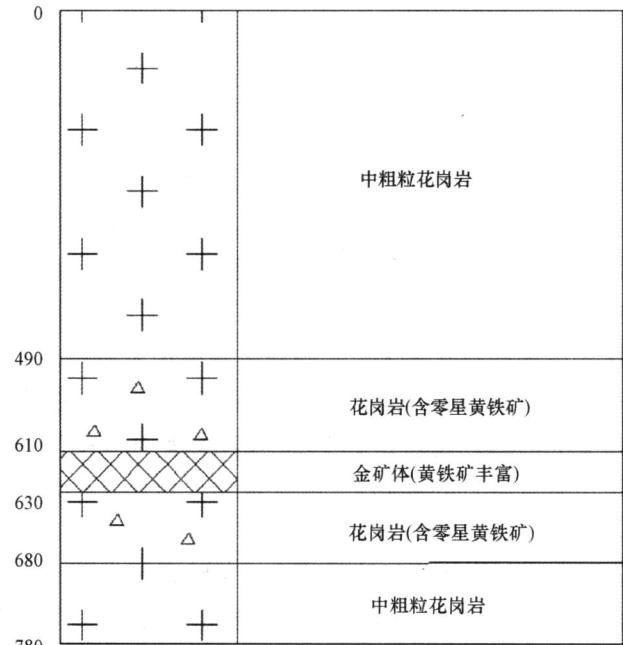


图 5 ZK154 - 5钻孔设计图

3.2 试验参数

1) 由于仿生非光滑表面使钻头底唇面的比压增加,因此仿生钻头需要的压力要小于普通金刚石钻头,应根据岩层条件的差异控制在 900 ~ 1300Kgf;

2) 转速在孔径、孔深、冲洗润滑条件、孔壁稳定性、岩层研磨性、钻杆坚固性以及设备等允许的条件下,尽量取较高转速钻进;

3) 冲洗液量应控制在 50 ~ 60L /min,泵压 2.6 ~ 3.2 MPa。

3.3 现场设备

试验机台使用 XY - 4钻机和 BMW - 250泥浆泵,并配备了 HJ300型灰浆搅拌机,另外配备绳索

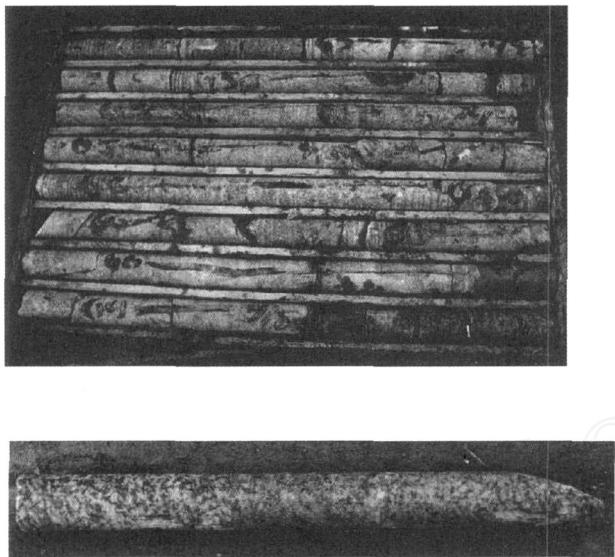


图 6 取出的部分岩芯

取芯设备两套。现场使用的钻井液主要为聚乙烯醇、聚丙烯酰胺,遇到特别漏失地层使用一种叫 LBM 的低效增粘粉。

4 试验效果分析

4.1 试验数据

为了更好的体现仿生钻头的优越性,此次试验还记录了现场使用的 4 个普通金刚石钻头的数据,钻头参数见表 2,钻头的寿命见表 3。

表 2 普通钻头参数表

编号	金刚石浓度	金刚石粒度	胎体硬度	水口个数	底唇面形状
1号	100%	46/60	33	8	圆弧
2号	100%	46/60	40	10	阶梯
3号	100%	46/60	33	8	圆弧
4号	75%	80/100 + 30/35	25	8	阶梯

4.2 钻头寿命

试验过程中,由于工作人员操作不当,造成仿生 5 号钻头烧钻;然后下入 3 号钻头,结果钻进 6m 左右时钻杆断裂,打捞成功后继续下入 3 号钻头,结果孔内有大量掉快,不得不扫孔,致使 3 号钻头也没体现出较好的钻进效果。因此本论文仅对剩余的 4 个仿生钻头和 4 个普通钻头做寿命上的对比见表 3。

从表 3 可以看出:在相邻地层(可视为地层条件相似),仿生钻头的寿命都要高于普通钻头。以表 3 所示的 8 个钻头为例,仿生钻头的平均寿命为 44.8m,普通钻头的平均寿命为 34.5m,平均寿命仿生钻头较普通钻头提高了 30%。其中相邻地层钻

进的仿生 1 号钻头比普通 1 号钻头寿命提高 60%,比普通 2 号钻头提高 90%,充分体现了仿生非光滑表面对钻头的耐磨性有了很大提高。

表 3 钻头寿命对比表

编号	寿命 /m	深度范围 /m
普通 1 号	45.33	12.53—57.86
仿生 1 号	72.55	57.86—130.41
普通 2 号	38.28	130.41—168.69
仿生 6 号	24.78	8.27—12.53
		168.69—189.21
普通 3 号	24.25	189.21—213.46
仿生 2 号	46.77	213.46—260.23
普通 4 号	30.2	260.23—290.43
仿生 4 号	35.03	290.43—325.46

此次试验的另一个目的是检验工作层的厚度对钻头寿命的影响。仿生 1 号和 2 号的工作层厚度为 7mm,4 号和 6 号为 10mm,理论上 4 号和 6 号钻头的寿命要长于 1 号和 2 号,但试验未达到理想效果。

另外,为了减少钻头内壁的磨损,本次试验还设计了非光滑内壁(仿生 2 号和 5 号),但试验非光滑内壁并没体现出耐磨的效果,分析原因:主要是非光滑内壁在工艺上不好操作,不能保证质量。

4.3 钻头的时效(钻速)

1) 回次钻速

指从向孔内下放钻具到提起钻具一个回次内的平均钻进速度。

$$V_R = H / (t + t_1) \quad (\text{m/h})$$

式中:H - 钻孔进尺;t - 纯钻进时间;t₁ - 接长钻杆、更换钻头和提取岩心必须的起下钻具时间和其他辅助作业(冲孔、扫孔等)时间。

表 4 钻头时效对比表

编号	回次钻速 /m · h ⁻¹	编号	回次钻速 /m · h ⁻¹
普通 1 号	2.49	普通 3 号	1.53
仿生 1 号	2.29	仿生 2 号	2.1
普通 2 号	2.0	普通 4 号	1.59
仿生 6 号	1.5	仿生 4 号	1.74

仿生钻头的时效在本次试验中没能体现出来,有的甚至比普通钻头的时效还要低,分析有以下几个原因:一是钻头胎体的硬度过硬,不能保证金刚石正常出刃;二是钻头所选的非光滑度太小,不能解决该地层的打滑现象。

2) 平均机械钻速

表示在纯钻进时间内的平均钻进速度。

$$V_M = H / t \quad (\text{m/h})$$

式中:H - 钻孔进尺;t - 纯钻进时间。

在钻进坚硬岩层的时候,钻头金刚石出刃时钻速快,随着进尺量的增加,金刚石棱角渐渐被磨圆磨平,不能正常的破碎岩石,造成打滑现象。由于被磨平的金剛石不能及时脱落下来,新的金刚石无法正常出刃,所以进尺速度呈下降趋势,直至最后基本不进尺。如图 7(a)所示,在一段时间内测量钻头进尺的平均机械钻速,曲线整体呈下降趋势,中间偶有上升的地方,与岩石的硬度稍降及钻压的增加有关。

在钻进稍软岩层的时候,对金刚石的磨损较小,钻进速度比较快,钻速曲线呈波浪形,如图 7(b)所示。

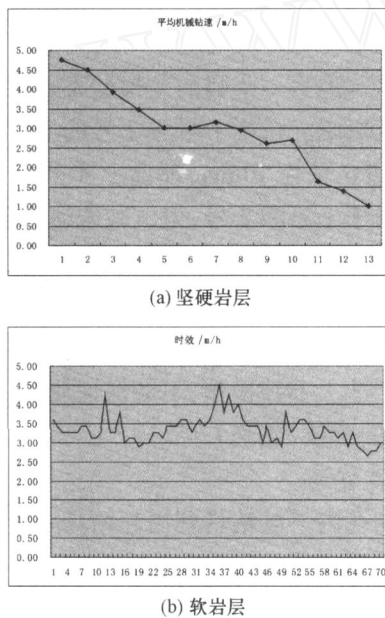


图 7 钻头平均机械钻速曲线图

5 结语

1) 在相同地层,同种钻进工艺条件下,仿生钻头的寿命较普通钻头提高至少 50%,体现出了仿生非光滑表面较光滑表面更耐磨的特性。

2) 要提高钻头的钻进速度,应该选择适合该地层的胎体材料和硬度,就仿生钻头来说,还需要选择合适的非光滑度。

3) 仿生钻头的设计,起初我们认为通过调节非光滑度就能适合各种地层,而不需要考虑胎体的硬度等参数,事实证明并非如此。我们必须保证适合某地层的现有钻头参数的基础上通过调节非光滑度来实现钻头的高效率和长寿命。

[参考文献]

- [1] 张道俊. 山东玲珑金矿地质特征及深部找矿潜力分析[J]. 地质找矿论丛, 2006(增刊), 21(10).
- [2] 王培月,戴立新. 玲珑金矿生产现状分析与探讨[J]. 黄金地质, 2004, 25(7).
- [3] 孙友宏,徐良,赵乐涛,等. JBD-75 仿生非光滑绳索取心金刚石钻头的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程增刊), 34.
- [4] 高科. 孕镶金刚石仿生钻头的研究[J]. 吉林大学, 2006.
- [5] 刘银伟,靖向党. 孕镶金刚石钻头工作层不均匀磨损原因的分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, (4).
- [6] 张绍和,邵全军. 钻头金刚石浓度设计的定量计算方法[J]. 地质与勘探, 2000, 36(5).
- [7] 从茜,金敬福,张宏涛,等. 仿生非光滑结构的摩擦磨损试验研究[J]. 润滑与密封, 2006, (3).
- [8] 王淑杰,任鑫泉,韩志武,等. 典型生物非光滑理论及其仿生应用[J]. 农机化研究, 2005, (1).

EXPERIMENT OF BIONICS IMPREGNATED DIAMOND BIT IN THE LINGLONG GOLD MINE, SHANDONG PROVINCE

XU Liang¹, SUN You-hong¹, LI Zhi-wen⁴, WANG Chuan-liu¹, SUN Bing-lun², CHEN Shi-xun³

(1. Construction Engineering College, Jilin University, Changchun 130026;

2. Shandong Bureau of Geology for Mineral Exploration and Development, Jinan 250013;

3. No. 3 Geological Team, Shandong Bureau of Geological Exploration, Yantai 264003;

4. Shanghai Ocean Geology Exploration Design Ltd. Company, Shanghai 200000)

Abstract: Design and processing technique of bionics impregnated diamond bit are introduced. The bionics bits are carried for field experiment in the Linglong gold mine, Shandong province. It is proved application of bionic non-smooth principle into design of diamond bits can increase bits abrasability and life.

Key words: diamond bit, impregnated, bionics, non-smooth, slippage stratum