

坚硬致密岩层用绳索取心钻头的研制与应用

叶兰肃¹, 南青民², 罗伟³

(1. 河北省地矿局探矿技术研究院, 河北 三河 065201; 2. 国土资源实物地质资料中心, 河北 三河 065201; 3. 河南省地勘局第四地质探矿队, 河南 郑州 450001)

摘要: 为了克服绳索取心钻头钻进坚硬致密岩层出现的进尺缓慢、钻头寿命短的难题, 着重从钻头胎体配方、金刚石参数、钻头水口等方面进行优化设计、试验并生产应用, 使研制的绳索取心钻头(S77)具备良好的适应性, 钻进坚硬~硬、中~弱研磨性岩层克服了“打滑”现象并延长了钻头的寿命, 取得了一定的经济效益。

关键词: 绳索取心钻头; 胎体配方; 金刚石参数; 钻头水口; 坚硬致密岩层

中图分类号: P634.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)12-0065-04

Development and Application of Wire-line Coring Bit for Hard and Compact Rock Formation/YE Lan-su¹, NAN Qing-min², LUO Wei³ (1. The Institute of Exploration Technology, Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Sanhe Hebei 065201, China; 2. Geological Samples Center, MLR, Sanhe Hebei 065201, China; 3. No. 4 Geological Exploration Party, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 450001, China)

Abstract: Optimized design and tests were made on bit matrix formula, diamond parameters and bit nozzle to overcome slow drilling footage and short service life of the wire-line coring bit in hard and compact rock formation, the newly developed bit (S77), with good adaptability, overcame the drilling “sliding” in extra-hard to hard and mid to weak-abrasive rock formations.

Key words: wire-line coring bit; matrix formula; diamond parameter; bit nozzle; hard and compact rock formation

1 矿区概况

河北省唐山滦县司家营铁矿区, 位于滦县城南 5~15 km, 属于滦县响堂、李兴庄和滦南县大马庄三个乡所辖。矿石类型分为磁铁矿石岩和赤铁矿石岩两大类。矿石矿物主要以石英为主, 次为阳起石、透闪石、普通角闪石和辉石。矿石以细粒变晶结构为主, 其次为纤维粒状变晶结构。岩石硬度 8~9 级, 有的高达 10 级左右; 非矿层岩石的研磨性中等, 矿层的研磨性为弱研磨性。

在该矿区钻探施工, 出现进尺缓慢(即常说的“打滑”现象)、钻头寿命较短的状况, 为解决矿区钻探施工难题, 我们着重从钻头胎体配方、金刚石参数和钻头水路系统结构等方面对绳索取心钻头进行了

深入的探讨、研究、试验、优选, 力求研制的绳索取心钻头适应该矿区岩石性质, 克服钻进硬岩“打滑”的难题, 并具备较长的寿命, 生产应用证明所研制的钻头对矿区有较好的适应性, 取得了良好的效果。

2 胎体配方的设计、试验与优选

根据施工矿区岩石性质, 我们设计钻头硬度以低于 HRC30 为宜, 同时以低于 HRC25 软配方为主要研制内容, 胎体耐磨性以中、弱耐磨性为主。主要胎体配方试验见表 1。

通过十几种钻头胎体配方的室内试验及进行野外应用对比, 对十几种胎体配方的室内硬度、耐磨性试验及野外生产试验得出: 其中 5 种配方具有足够

表 1 胎体配方试验

配方编号	胎体硬度(HRC)	研磨性	骨架金属	骨架金属比例	主要粘结金属	平均时效/m	平均寿命/m
0801	35~38	中	碳化钨	52	铜粉 Cu	0.75	未用完
0802	30~35	中	碳化钨	48	青铜粉 6-6-3	1.20	未用完
0803	20~25	中~弱	碳化钨	35	青铜粉 6-6-3	2.98	37
0804	15~20	弱	碳化钨、钨粉	40	青铜粉 6-6-3	2.45	10.13
0805	10	弱	钨粉、铸造碳化钨	69	青铜粉 6-6-3	3.50	75.56

收稿日期: 2009-07-29; 改回日期: 2009-09-21

作者简介: 叶兰肃(1970-), 女(汉族), 河北南官人, 河北省地矿局探矿技术研究院工程师, 探矿工程专业, 从事钻探机具及工艺的研究工作, 河北省三河市燕郊燕灵路口西, yelansu@126.com。

的抗弯强度,良好的冲击韧性,在使用中胎体不崩刃,不掉块。但它们的实际应用效果又具有一定的差异:0801、0802 配方钻进时出现进尺缓慢,即常说的“打滑”现象,说明两种配方胎体的硬度偏高,耐磨性与岩石的研磨性不太适应;0803 配方胎体耐磨性比较适应钻进非矿层,平均时效 2.98 m,平均寿命 37 m;0804 号配方钻进时效 2.45 m,寿命仅为 10 m 左右,说明胎体磨损较快,金刚石过早磨损或崩刃,使钻头过早失去钻进能力;0805 配方胎体耐磨性与矿层岩石的研磨性较适应,实现了较高的时效(3.50 m)和较长的使用寿命(75.56 m)。因此优选 0803、0805 胎体配方进行金刚石参数有关试验和本矿区的钻探施工。

以上是一个室内试验紧密联系野外施工,及时进行室内调整的过程:钻头胎体硬度由中硬→软→特软;胎体的耐磨性由中→弱;骨架成分的变化由单一的碳化钨粉→添加一定量的钨粉和适量细粒的铸造碳化钨;骨架金属的比例有了较大幅度提高;同时把烧结温度和施加的终压值作了适当的调整,目的是改善胎体的耐磨性,以适应施工矿区岩矿石较弱的研磨性,并保证胎体具备一定的强度和对金刚石具有很好的把持力。

3 金刚石参数

金刚石参数主要包括:金刚石质量、粒度、浓度等。

3.1 金刚石质量

金刚石质量是设计金刚石粒度、浓度等参数的前提条件,直接影响金刚石钻头的钻进效果。为了达到绳索取心钻头具备较高时效,我们选用金刚石品级为 MBD₁₂、SMD 为宜。使用前用显微镜观察其晶形的完好程度,进行去杂质和磁选处理,把磁性强的金刚石去掉,因为磁性太强的金刚石在钻探中使用效果不太好。最后选定的金刚石保证晶形完好、强度高、耐冲击。

3.2 金刚石的粒度

通过对 50/60 目与 70/80 目两种金刚石单颗金刚石上所承受的平均压力的计算分析,选用 50/60 目的金刚石为宜。

以下计算同品级不同粒度不同浓度单颗金刚石上所承受的平均压力。

假设通过钻机作用于钻头上的压力是 20000N,假设:A 钻头的金刚石参数为 MBD₁₂,70/80 目,浓度为 25% (相当的体积浓度);B 钻头的金刚石参数

为 MBD₁₂,50/60 目,浓度是 15% (相当的体积浓度)。设计两种钻头工作层均为 $H = 6$ mm。经查得 70/80 目的金刚石粒径为 $d_{78} = 198 \mu\text{m}$,50/60 目金刚石粒径为 $d_{56} = 275 \mu\text{m}$,金刚石的密度为 3.52 g/cm^3 。S77 × 46 钻头水口数为 8 个,水口规格为 15.5 mm × 7 mm × 7.2 mm (长 × 宽 × 高)。

$\varnothing 77/46$ mm 钻头的环状唇面积为 $S = (1/4) \pi (D^2 - d^2) = 29.93 \text{ cm}^2$;

$\varnothing 77/46$ mm 钻头的水口面积为 $S_s = 8 \times 15.5 \times 7 = 8.68 \text{ cm}^2$;

$\varnothing 77/46$ mm 钻头的唇面工作面积为 $S_g = S - S_s = 21.25 \text{ cm}^2$;

$\varnothing 77/46$ mm 钻头的工作层体积为 $V_g = S_g H = 21.25 \times 0.6 = 12.75 \text{ cm}^3$ 。

A 钻头中金刚石所占体积为 $V_{aj} = C_a V_g = 25\% \times 12.75 = 3.19 \text{ cm}^3$;

B 钻头中金刚石所占体积为 $V_{bj} = C_b V_g = 15\% \times 12.75 = 1.91 \text{ cm}^3$ 。

70/80 目单颗金刚石的体积为 $V_{78} = (1/6) \pi d_{78}^3 = 4 \times 10^{-6} \text{ cm}^3$;

50/60 目单颗金刚石的体积为 $V_{56} = (1/6) \pi d_{56}^3 = 1 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ 。

A 钻头中金刚石的颗粒数为 $N_a = V_{aj}/V_{78} = 797500$ 颗;

B 钻头中金刚石的颗粒数为 $N_b = V_{bj}/V_{56} = 191000$ 颗。

根据有关理论计算出:A 钻头工作胎体可分层数为 $n_a = \sqrt[3]{N_a} = 93$ 层;

B 钻头工作胎体可分层数为 $n_b = \sqrt[3]{N_b} = 58$ 层。

A 钻头中金刚石的面积浓度为 $M_a = N_a/n_a = 8575$ 颗/层;

B 钻头中金刚石的面积浓度为 $M_b = N_b/n_b = 3293$ 颗/层。

A 钻头工作胎体唇面上单颗金刚石的平均压力为 $P_a = P/M_a = 20000/8575 = 2.33 \text{ N/颗}$;

B 钻头工作胎体唇面上单颗金刚石的平均压力为 $P_b = P/M_b = 20000/3293 = 6.07 \text{ N/颗}$ 。

通过以上计算分析可知:作用于 B 钻头胎体唇面单颗金刚石的平均压力比作用于 A 钻头胎体唇面单颗金刚石的平均压力大得多。由此可见,钻头生产试验时采用 50/60 目的金刚石,有利于增大作用于钻头上的单颗粒金刚石的平均压力,以达到提高钻头时效的目的。

3.3 金刚石浓度

绳索取心钻头金刚石浓度设计的是否合理是钻头能否取得较高时效的关键因素之一。通过下列的计算、对比、试验,优选出适合该矿区钻进的金金刚石的浓度。

以下计算同品级同粒度不同浓度单颗粒金刚石所承受的平均压力。

利用上述计算单颗粒金刚石的平均压力的方法,在选用 MBD₁₂、50/60 目金刚石的情况下,通过计算对比作用于不同浓度钻头唇面上单颗粒金刚石的平均压力的大小,从而确定最优的金刚石浓度。为了使金刚石钻头的时效更加理想,同时还改善了钻头的水路系统,主要改变水口数量和规格。C 钻头 8 个水口,水口规格 15.5 mm × 7 mm × 7.2 mm,设 C 钻头单颗粒金刚石的平均压力为 P_c ;D 钻头 6 个水口,水口规格 15.5 mm × 14 mm × 7.2 mm,设 D 钻头单颗粒金刚石的平均压力为 P_d 。(钻头规格是 S77/Ø46 mm) 不同浓度单颗粒金刚石的平均压力计算结果见表 2。

表 2 不同浓度单颗粒金刚石的平均压力 N/颗

相当的体积浓度/%	金刚石制品浓度/%	P_c	P_d
25	100	4.26	4.96
22.5	90	4.60	5.35
20	80	4.94	5.81
17.5	70	5.47	6.29
15	60	6.07	6.97
12.5	50	6.79	7.87
10	40	7.84	9.22

通过以上的计算对比可以看出:金刚石的浓度偏高,单颗粒金刚石上所承受的平均压力较小;相反浓度偏低,在钻头胎体端面上出露的金刚石太少,造成单颗粒金刚石上所承受的平均压力又太大。金刚石浓度偏高或偏低均对钻头的应用效果均产生不利影响。我们试验绳索取心钻头的金刚石浓度为 90%、70%、60%,最后优选 60% 的浓度比较适宜。

3.4 金刚石参数的试验与优选

在河北省唐山滦县司家营铁矿区进行了多次对比试验,金刚石参数试验见表 3。

通过生产试验,我们以 0803、0806 号胎体配方作为生产应用的主要钻头配方;选用品级为 MBD₁₂、粒度为 50/60 目,浓度为 60% 的金刚石,分别钻进非矿层和矿层取得了比较高的钻进时效。

4 钻头水口数量、规格的设计与优选

绳索取心钻头底唇面积较大,比普通小口径金

表 3 金刚石参数试验

配方编号	浓度/%	粒度/目	配比	品级代号	平均时效/m
0803	90	35/45;50/60	7:3	MBD ₁₂	1.37
0806	90	35/45;50/60	7:3	MBD ₁₂	1.96
0803	70	40/50;50/60	6:4	MBD ₁₂	2.15
0806	70	40/50;50/60	6:4	MBD ₁₂	2.57
0803	60	50/60		MBD ₁₂	2.98
0806	60	50/60		MBD ₁₂	3.50

刚石钻头多 2.3 ~ 2.5 cm²,它与岩层的接触面积大,在硬、弱研磨性地层中钻进比普通小口径金刚石钻头容易出现打滑现象。由于特殊结构的钻杆(柱)不允许相应增大轴心压力,因此,钻进硬岩时钻头压力往往达不到破碎岩石的目的,为了解决这个问题,较有效的办法是减小钻头底唇面积。

水口在钻头水路系统中占据着主要地位,起着非常重要的作用,本文主要从水口方面进行钻头水路的优化设计,主要改变水口数量和加大水口宽度,以保证绳索取心钻头冷却良好,并适应减压钻进。

Ø77/46 mm 绳索取心钻头水口规格设计了以下 4 种方案:

I:8 个水口,宽度 7 mm,高度 7.2 mm;

II:6 个水口,宽度 10 mm,高度 7.2 mm;

III:6 个水口,宽度 14 mm,高度 7.2 mm;

IV:10 个水口,宽度 6 mm,高度 7.2 mm。

通过野外生产试验优选 II、III 方案,II 方案硬度为 HRC20 ~ 25 的钻头,水口规格设计为 15.5 mm × 10 mm × 7.2 mm(长 × 宽 × 高);III 方案硬度为 HRC10 的钻头,水口规格设计为 15.5 mm × 14 mm × 7.2 mm(长 × 宽 × 高),水口数量均为 6 个。

我们通过采用大水口,水口为直槽形,底唇面为圆弧形易克取岩石,适用于坚硬 ~ 硬的岩层,结构简单,容易制造。同时在实际应用中体现了一定的优越性:冷却钻头良好、比较适应低钻压钻进。

5 钻进实用效果

5.1 设备装配

XY-44 型钻机,配 42 kW 柴油机;BW-250 型泥浆泵;Ø71 mm 缴粗钻杆,S77/Ø46 mm 孕镶金刚石绳索取心钻头。

5.2 钻进规程参数

钻压 18000 N;转速 750 ~ 800 r/min;泵量 60 ~ 80 L/min。

5.3 钻头生产应用

我院于 2008 年 4 ~ 10 月,在河北唐山滦县司家营铁矿区进行钻探施工,总的钻探任务 3200 m,平

均孔深 800 m。优选 0803、0805 胎体配方进行本矿区钻探施工,在这次钻探施工中投入使用 0803 配方的钻头 32 个,0805 配方的钻头 20 个,提高了钻探

效率,节约了钻探成本。

钻头生产应用情况及效果见表 4。

表 4 钻头生产应用及效果

钻头编号	胎体配方编号	金刚石品级	粒度/目	配比	浓度/%	工作层/mm	水口数量/个	水口规格/mm	平均时效/m	平均寿命/m
T011	0803	MBD ₁₂	35/45;50/60	7:3	90	6	8	15.5×7×7.2	1.37	未用完
T021	0806	MBD ₁₂	35/45;50/60	7:3	90	6	8	15.5×7×7.2	1.96	未用完
T034	0803	MBD ₁₂	40/50;50/60	6:4	70	6	10	15.5×6×7.2	2.15	33.20
T044	0806	MBD ₁₂	40/50;50/60	6:4	70	6	10	15.5×6×7.2	2.57	68.75
T052	0803	MBD ₁₂	50/60		60	6	6	15.5×10×7.2	2.98	37
T063	0805	MBD ₁₂	50/60		60	6	6	15.5×14×7.2	3.58	75.56

6 结论

(1) 确定绳索取心钻头胎体的性能参数(胎体硬度与耐磨性),需要根据施工矿区岩石性质而定,主要根据岩石的硬度和研磨性。河北唐山司家营铁矿区岩石类型分为磁铁石英岩和赤铁石英岩,岩石硬度 8~9 级,有的高达 10 级左右;非矿层岩石的研磨性中等,矿层的研磨性为弱研磨性。我们经多次的室内及生产试验,使绳索取心钻头胎体的耐磨性、硬度、强度等比较适应该矿区的岩石性质。

(2) 结合钻进规程参数等来确定金刚石参数和钻头水路结构。钻进坚硬致密岩层,选用优质

(MBD₁₂)、粒度为 50/60 目的金刚石,较低浓度(60%);同时采用大水口的水路结构,水口数量为 6 个,宽度设计 10 和 14 mm 两种规格,达到了很好的冷却钻头并适应减压钻进的目的。

(3) 我们研制的 S77 绳索取心钻头,比较适应坚硬、中硬完整,中~弱研磨性岩层,在钻进施工过程中,钻头具备较高的时效和较长的寿命。

参考文献:

- [1] 赵尔信,等. 金刚石钻头与扩孔器[M]. 北京:地质出版社,1982.
- [2] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.

港珠澳大桥整体工程耗资逾 700 亿 设计寿命 120 年

《广州日报》2009-12-15 消息 举世瞩目的港珠澳大桥于今天开工,其中珠澳口岸人工岛将率先动工。将建的跨境跨海大桥工程规模宏大,全长 49.968 km,其中主体工程“海中桥隧”长达 35.578 km,相当于 9 座深圳湾公路大桥,建成后将成为世界最长的跨海大桥。

按照总体方案,港珠澳大桥主体工程耗资约 327 亿元、整体工程估计逾 700 亿元。大桥有望于 2015~2016 年全线通车,通车后三地口岸采取“三地三检”的模式。

主体工程:人工岛可抗 300 年一遇洪潮

作为港珠澳大桥开工点,位于珠海拱北湾南侧的珠澳口岸人工岛,是港珠澳大桥主体工程与珠海、澳门两地的衔接中心,大桥通往珠海、澳门两地的口岸同设在该岛上,既分离设置又连接互通。

据承建方中国交通建设股份公司最新披露,珠澳口岸人工岛东西宽 930~960 m,南北长 1930 m,护岸总长 8000 多米,填海造地总面积 217.56 万 m²。

包括香港口岸、珠澳口岸及东西两个隧道人工岛在内的大桥四个人工岛,地面标高设计为 5 m,能防御珠江口 300 年一遇的洪潮。人工岛将成为集交通、管理、服务、救援和观光功能为一体的综合运营中心,在海景较美的地方设置观景平台。

外形:离岸人工岛+斜拉桥

根据近期批复的大桥工程可行性研究报告,大桥建设方案为“香港石散石湾—珠海拱北/澳门明珠”桥隧组合方案,整座大桥的外貌将以离岸人工岛、主跨斜拉桥为最突出标志。其中,在大桥主桥净跨幅度最大的青洲航道区段,推荐采用主跨“双塔双索面钢箱梁斜拉桥”,将成为大桥主桥型最突出外貌。

隧道:最深处离海平面 40 m

根据大桥开工可研报告,港珠澳大桥主体工程包括建设 6648 m 海底隧道。海底隧道位于伶仃西航道和铜鼓航道,隧道与桥梁相接处各修两个横截面长 1 km 的人工岛。在距离大桥香港登陆点大屿山石散石湾 6 km 处的海面上将建一个人工岛,建成后行驶在大桥上的车辆从此处进入海底,穿过海底隧道,又从另一个人工岛钻出重新驶上大桥,而海底隧道最深处离海平面 40 m 左右。

寿命:使用 120 年抗 8 级地震

据悉,港珠澳大桥的设计使用寿命是 120 年。另外,还可抗 16 级台风、8 级地震及 30 万吨巨轮撞击。

大桥将穿越中华白海豚保护区,因此工程建设对环境和生态保护要求特别高。大桥还将在离岸人工岛或沿线适当的地方,拟设白海豚雕塑,或者把白海豚在大桥工程部分造型中得以体现,并设白海豚观赏景区。