

青海东昆仑、祁曼塔格地区金刚石钻头的研究

吴海霞, 欧阳志勇, 李春, 沈立娜, 梁涛
(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:针对青海省东昆仑、祁曼塔格地区的典型硬岩强研磨性地层情况,对孕镶金刚石钻头胎体材料、金刚石浓度、烧结工艺等方面进行分析研究,并对钻头进行了台架、野外试验。根据各项理论分析结合实验数据,确定了钻头的设计方案,研发出了适用于该地区硬岩强研磨地层钻进的孕镶金刚石钻头。

关键词:强研磨性地层;金刚石钻头;预合金粉末;胎体材料

中图分类号:P634.4⁺1 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2017)03-0077-04

Study of Diamond Bits in Qinghai Province Dongkunlun and Qimantage Area/WU Hai-xia, OUYANG Zhi-yong, LI Chun, SHEN Li-na, LIANG Tao (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the typical strong abrasive formations in Qinghai province dongkunlun and qimantage area, the research and analysis were made for impregnated diamond bit in matrix materials, diamond concentration and sintering technology. The bench tests and field texts for bits were carried out. On the basis of the test data, the design of the bit was determined, and a new type impregnated diamond bit suitable to the strong abrasive formations has been developed.

Key words: strong abrasive formations; diamond bits; matrix materials; matrix materials

1 青海省东昆仑、祁曼塔格地区钻头使用情况分析

2013年以来,强研磨性、坚硬致密地层一直是制约青海省东昆仑、祁曼塔格地区钻探施工效率的技术“瓶颈”。中深孔钻进中钻头寿命低和钻效低对破碎地层带来的失稳影响往往最终演变成孔内事故。该地区的大部分地层是花岗岩、氧化蚀变花岗岩,蚀变后花岗岩胶结强度下降、硬度降低,但研磨性大幅度上升。经调查统计,2014年7月前在不同矿区及岩层中金刚石钻头使用效果分述如下。

1.1 黑海南矿区地层特点与金刚石钻头的使用情况

黑海南矿区主要的岩层是蚀变闪长斑岩、破碎安山岩、长石石英砂岩、千枚岩、细晶灰岩等,矿物颗粒以中细居多,岩石的研磨性强,钻头的平均寿命不足2.4 m,在钻遇破碎安山岩和蚀变花岗岩闪长岩时的平均机械钻速是0.8~0.9 m/h。该地区不同岩层中金刚石钻头使用情况参见表1,典型破碎蚀变闪长斑岩见图1。

1.2 拉陵高里河沟脑矿区地层特点与金刚石钻头的使用效果

拉陵高里河沟脑矿区 ZK3201 孔,自开孔即为破碎花岗岩,中粗颗粒,石英含量较高。随孔深增加,

表1 黑海南矿区不同岩层中金刚石钻头使用情况

岩层	机械钻速/(m·h ⁻¹)	平均寿命/m	钻头参数		
			硬度 HRC	浓度/%	目数
较破碎石英片岩、长石石英砂岩、千枚岩、细晶灰岩	2.2	0.75	38	80	50
	1.9	2.1	40	80	60
破碎安山岩、蚀变闪长斑岩	0.8	1.3	30	75	65
	0.9	2.4	35	80	60
	0.9	1.6	42	100	65



图1 破碎蚀变闪长斑岩

收稿日期:2016-07-20

作者简介:吴海霞,女,汉族,1986年生,工程师,地质工程专业,硕士,从事金刚石钻头的优化设计工作,北京市海淀区学院路29号,379940006@qq.com。

岩石矿物颗粒越来越细、结构越来越致密,岩石硬度和可钻性越来越高(参见图2)。该孔地层不仅硬度高、可钻性差,其研磨性也比较强。从使用效果来看,平均寿命最长的是国外进口的某金刚石钻头,大约在11 m左右,但钻效低,平均小时效率不足1.0 m。其次为国产某厂家的金刚石钻头,平均寿命6.5 m,但钻效较之国外钻头提高20%以上。其他钻头平均寿命则不足3.5 m,且磨损形式表现为非正常磨损,由图3中的钻头的非常磨损观察可知:(a)外径磨损;(b)内径磨损;(c)底唇面磨损为环槽状;(d)底唇面充分磨损,内外径磨损程度轻微。

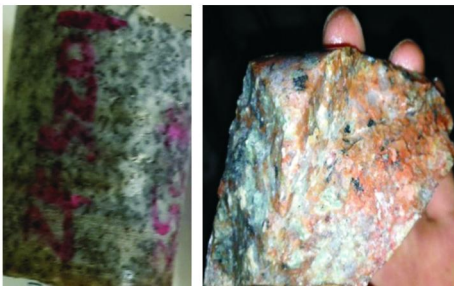


图2 ZK3201 孔花岗岩



图3 ZK3201 金刚石钻头非正常磨损情况

1.3 五龙沟地区黑石沟-水闸东沟矿区地层特点与金刚石钻头的使用情况

青海都兰县五龙沟金矿区属柴达木地区北缘,其中包括有红旗沟、石灰沟、黄龙沟、岩金沟、淡水沟等多个子矿区。红旗沟、淡水沟以硅化大理岩、石英岩(如图4所示)、细粒花岗岩的致密坚硬地层为典型;石灰沟则以高岭土化、绢云母化的蚀变花岗岩为典型。钻遇该类地层,往往不仅施工效率低,难以满足地质找矿任务的计划进程,而且常发生孔内事故,甚至工作量报废事故。

2 针对该地区地层对孕镶金刚石钻头的改进设计

2.1 新型超细晶胎体复合材料研究



图4 石英岩

由于超细晶预合金粉末各组分的均匀性、在烧结过程中低熔点金属不易流失及偏析,以及有较高的烧结活性等优点,选用预合金粉末为金刚石胎体材料,可以大幅提高胎体的机械性能,降低烧结温度,减小对金刚石的热损伤,改善胎体对金刚石的把持能力^[1-3]。

对多种预合金粉末进行研究,优选出两种适用于该区域地层的预合金粉末胎体材料,其显微照片见图5。由图5可知预合金粉末粒度基本在10 μm以下,说明所得到的预合金粉末颗粒度比较均匀。为了观察预合金粉末的元素分布状态,对粉末中的细小颗粒进行了定点物相分析,得到如图5所示的能谱分析图。由图中可以看出,经过熔炼喷雾后得到的粉末颗粒中包括了构成合金粉末的各种金属元素,这说明预合金粉末较机械混合多种单质金属粉末更加均匀。对以上两种胎体材料进行力学性能测试,其结果见表2。

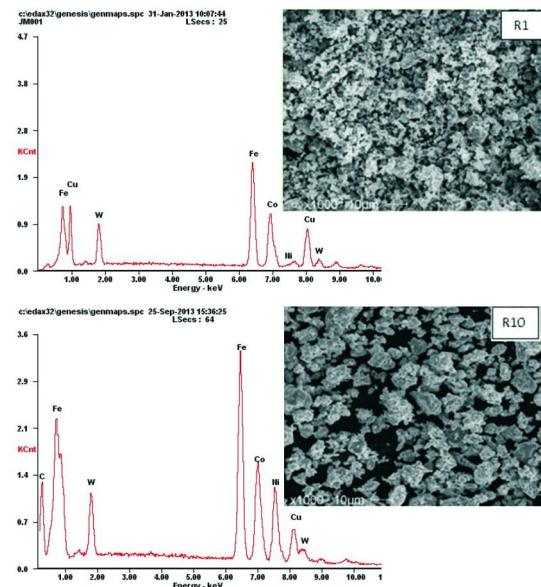


图5 R1、R10 胎体配方粉末显微图片及能谱分析

由表2可知,这两种胎体配方的硬度为HRC20~34;它们的抗冲击韧性和抗弯强度的区别较大,

表 2 胎体配方的基本性能参数测定值

胎体 编号	烧结温 度/°C	密度/ (g·cm ⁻³)	硬度 HRC	抗冲击韧性/ (J·cm ⁻²)	抗弯强 度/MPa	磨损率 E-5
R1	820	10.00	20.3 ~ 24.9	4.97	1123	1.62
R10	840	8.31	31 ~ 34.2	15	2066	14.1947

其中 R10 胎体配方的抗冲击韧性和抗弯强度较大, R1 胎体配方的耐磨性最高。根据该地区的不同地层特性,可以选用不同的胎体配方。

采用球磨法^[4]对预合金粉末进行预处理,球磨 3 h 时,胎体粉末晶粒逐渐细化,颗粒趋于球形,均匀度得到提高,且胎体的冲击韧性、硬度、抗弯强度等烧结性能达到最高。

2.2 金刚石浓度的合理选择

金刚石是钻头的主要钻进切削刃,其质量的好坏直接影响钻头的使用寿命和时效。现今的人造金刚石品种繁多,质量不一,所以在使用前,必须按照钻进地层的特点合理选择其品级、粒度及密度^[5-8]。

针对该地区硬岩强研磨性地层的特点,我们选取特级(JRT)人造金刚石,其 35/40 目的人造金刚石平均单晶抗压强度是 445 N。对于孕镶金刚石钻头,金刚石浓度对钻头的耐磨性有直接影响,为了确定金刚石浓度对钻头耐磨性的影响,使用微钻试验平台对 R1、R10 胎体配方的不同金刚石浓度的钻头进行了钻进试验,试验结果见表 3。

表 3 台架试验结果统计

钻 头 编 号	胎 体 配 方	金 刚 石 浓 度/ %	转速 500/ (r·min ⁻¹)		转速 800/ (r·min ⁻¹)		转速 1000/ (r·min ⁻¹)	
			平均钻 速/(m· h ⁻¹)	磨损 情况/ mm	平均钻 速/(m· h ⁻¹)	磨损 情况/ mm	平均钻 速/(m· h ⁻¹)	磨损 情况/ mm
1	R1	60	1.4	0.5	2.3	0.4	2.5	0.3
2		80	1.2	0.4	1.8	0.3	2.2	0.3
3		100	1.2	0.3	1.6	0.3	2.0	0.3
4		60	1.5	0.4	2.4	0.3	2.6	0.3
5	R10	80	1.3	0.3	1.9	0.2	2.3	0.2
6		100	1.2	0.2	1.7	0.2	2.0	0.2

从表 3 可以看出,在转速 500 r/min 时,金刚石浓度越低,钻头的平均机械钻速越高,但钻头的磨损也越大;在转速 800 r/min 时,钻头的平均机械钻速还是随着金刚石浓度的增加而有所降低,但是钻头的磨损在 80%、100% 金刚石浓度时基本一致;在转速 1000 r/min 时,钻头的平均机械钻速规律与其它钻速保持一致,但是不同金刚石浓度钻头的磨损量

基本一致。充分说明了孕镶金刚石钻头转速对提高金刚石有效切削的重要性。

在本研究区的实际钻进过程中,钻机的转速基本在 500 r/min 左右,结合上述微钻试验研究,在保证钻头的机械钻速及寿命的基础上,确定钻头的金刚石浓度在 80% ~ 100% 之间。

2.3 钻头烧结工艺研究

针对该地区的复杂地层,采用热压烧结的方法烧制新型金刚石胎块钻头,制造工艺流程见图 6。根据钻头结构设计及技术要求,精确设计制造胎块的石墨模具,根据地层岩性和钻进工艺设计胎体配方和金刚石参数,采用热压烧结,R1 胎体配方的烧结温度为 820 °C,R10 的烧结温度为 840 °C,整个烧结过程由程序自动控制,保证切削具的尺寸精确和质量稳定。其 N 规格钻头烧结工艺曲线见图 7。通过钻头烧结工艺的研究,试制适用于该地区复杂地层的新型金刚石钻头,为下一步的野外试验提供充足的准备。

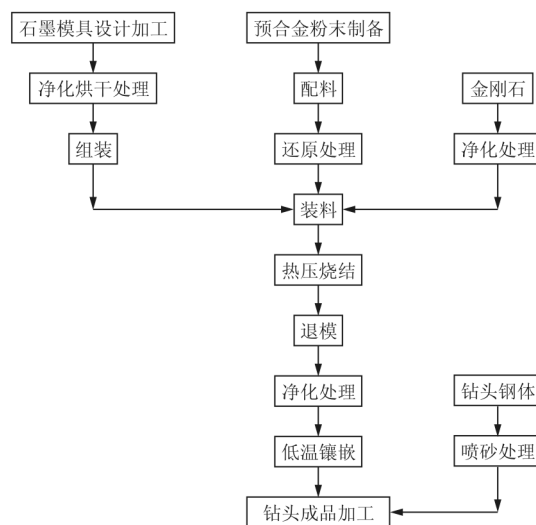


图 6 新型金刚石钻头制造工艺流程

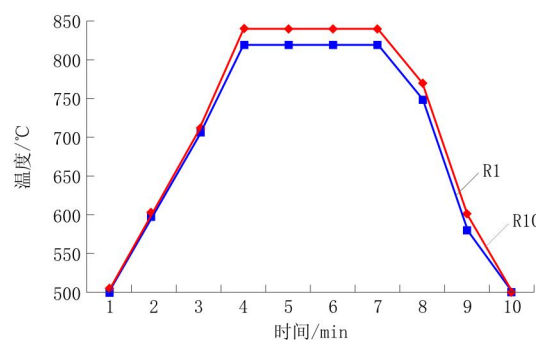


图 7 N 规格金刚石钻头烧结工艺曲线

3 孕镶金刚石钻头的野外使用情况

针对该地区的地质特点,结合上述研究,确定了2种钻头配方设计(具体金刚石钻头参数设计见表4),并在拉陵高里河沟脑矿区和都兰县五龙沟地区的3个钻孔进行了野外试验。现场勘探队根据地形条件和钻孔性质选择了钻探设备,具体设备见表5。

表4 金刚石钻头参数设计

序号	胎体配方	钻头参数		
		胎体硬度 HRC	粒度/目	浓度/%
1	R1	20.3~24.9	35/40(50%),40/45(50%)	80
2	R10	31~34.2	35/40(50%),40/45(50%)	80

表5 钻探设备

序号	矿区名称	设备名称	研究或生产单位	钻深/m	钻孔号
1	拉陵高里河	C6 II	Atlas Copco	1500	ZK3202
2	沟脑	XY-44	黄海钻探设备	1200	ZK4002
3	五龙沟地区	XY-5	张家口钻探设备	1500	ZK5102

2015年,分别在拉陵高里河沟脑矿区 ZK3202、ZK4002 孔和五龙沟地区的 ZK5102 钻孔中进行了试用。使用过程中,为了避免钻头外径磨损,在不同钻孔中进行了排队。经统计,R1、R10型的平均机械钻速及寿命见表6。

表6 钻头野外使用情况

矿区	孔号	钻头类型	平均钻速	平均寿命	试用数量	总进尺	备注
			$(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})$	/m	/支	/m	
沟脑	ZK3202	R1	1.9	85.6	2	171.2	沟脑矿区因强研磨性和坚硬地层并存,在实际钻进过程中交替排队试用
		R10	1.7	97.0	2	194.0	
	ZK4002	R1	2.4	95.0	2	190.0	
		R10	1.9	108.5	2	217.0	
五龙沟	ZK5102	R1	6.2	115.0	1	115.0	坚硬地层较少,研磨性较强的地层居多
		R10	3.5	145.0	1	145.0	

由表6可知,现场试验共使用孕镶金刚石钻头10支,累计进尺1032.2m。在坚硬与强研磨性并存地层中,R1型金刚石钻头的平均钻速是1.9~2.4m/h,比R10型平均机械钻速快一些,但钻头的平均寿命比R10型短一些;在坚硬地层较少,研磨性较强的地层中,R1型金刚石钻头的平均机械钻速比R10型提高了77%,但R10型金刚石钻头的平均寿命是R1型的1.26倍。与普通钻头相比,北京探矿工程研究所研制的钻头,针对性强,钻头寿命和机械

钻速均有显著提高,解决了拉陵高里河沟脑矿区和五龙沟地区的典型地层难钻进问题。

4 结论

在青海省东昆仑、祁曼塔格地区难钻进地层的孕镶金刚石钻头研究中,针对现场地层及现有钻进情况进行了细致的分析研究,引入了新型预合金粉末材料,很好地解决了胎体性能、金刚石浓度、包镶的难题,选用适用该地区地层的钻头胎体配方及烧结工艺,经过多次野外实际应用,研发出适用于该地区硬岩强研磨地层钻进的孕镶金刚石钻头,提高了钻探效率。

(1)对胎体粉末材料进行研究,确定了适用于该地区地层的超细预合金粉末材料,保证了胎体性能及其对金刚石的包镶能力。

(2)选择合理的金刚石目数及金刚石浓度,保证单颗金刚石的合理钻压,以及钻头的有效出刃及耐磨性。

(3)对钻头的烧结工艺进行重新设计和优化,并提出研究要求,以得到最优的钻头性能。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 吴海霞,沈立娜,等.河北宽城唐杖子金矿区新型金刚石钻头的研究与应用[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.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,2015:697-702.
- [3] 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.
- [4] 沈立娜,李树辉,阮海龙,等.球磨时间对铁基胎体显微结构和性能的影响[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):78-80.
- [5] 贾美玲,欧阳志勇,马秀民,等.深孔钻探金刚石钻头技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12):71-73.
- [6] 姜亦军,王文龙,张辉.SY系列深孔硬岩孕镶金刚石钻头的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):80-84.
- [7] 刘广志,等.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
- [8] 阮海龙,纪卫军,沈立娜,等.针对复杂地层金刚石钻头的改进与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(1):67-69.