

# 青海野马泉矿区岩石可钻性的分析和应用

段隆臣<sup>1</sup>, 刘 鹏<sup>2</sup>, 高元宏<sup>2</sup>, 徐国辉<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 青海省岩心钻探工程技术中心, 青海 西宁 810000)

**摘要:**青海野马泉整装勘查矿区在以往的钻探生产中施工难度大, 钻头寿命短, 提下钻频繁, 导致施工周期长, 成本高。由于矿区岩石的可钻性不明, 钻头适用效果差。通过现场调研、采集岩样, 进行室内试验测试(包括薄片分析, XRD 测试等), 获得了石英含量、石英粒度、长石含量、长石粒度等数据, 通过分析计算确定了矿区的岩石可钻性, 据此设计选用了钻头。野外试验表明, 钻头钻进效果好、性价比高。

**关键词:**岩石可钻性; 金刚石钻头; 野马泉矿区

中图分类号: P634.1 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2013)10-0001-04

**Analysis and Application of Rock Drillability in Qinghai Yemaquan Mine/DUAN Long-chen<sup>1</sup>, LIU-peng<sup>2</sup>, GAO Yuan-hong<sup>2</sup>, XU Guo-hui<sup>2</sup>** (1. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Drilling Engineering Technology Center of Qinghai Province, Xining Qinghai 810000, China)

**Abstract:** Drilling construction was difficult in Qinghai Yemaquan mine, diamond bits were replaced frequently during exploration, which caused low bit service life, long construction period and high cost. All these were due to the unclear drillability in the mine and the adopted diamond bits did not adapt to the drilled strata. By the on-site survey, rock sampling and the indoor test, including thin section analysis and XRD test, the quartz content, grain size of quartz, feldspar content and feldspar granularity etc. were obtained to determine the rock drillability. Based on these data, the diamond bits were selected. The outdoor test results show that the selected diamond bits work well with high performance-price ratio.

**Key words:** drillability; diamond bit; Yemaquan mine

## 0 前言

青海省野马泉矿区属柴达木盆地西南缘半干旱荒漠化草原区, 位于东昆仑山脉西段。总体地势南高北低, 南部为浅山, 北部为平原区, 平均海拔 3900 m。区内上部覆盖层主要为第四系冲积物、洪积物、风积砂、强风化花岗岩和砂砾岩等, 厚度 40.0 ~ 160.0 m 不等。覆盖层以下的常见岩层为砂卡岩、泥碳质灰岩、碳质灰岩、结晶灰岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、大理岩、硅化大理岩等。由于该区地质作用强烈, 破碎、裂隙地层所占比例较高。在前期的钻探施工中, 钻头的寿命普遍不高, 钻探成本高。为了提高钻进技术经济指标, 需要了解该区的岩石可钻性, 以进行钻头的优选。

常用的岩石可钻性测试方法有岩石力学性质指标法、实际钻进速度法、模拟钻进速度法和碎岩比功法等<sup>[1,2]</sup>。由于该区大部分地层裂隙发育, 所取得的岩心难以进行岩石力学性质测试或微钻试验。因此, 常用的力学性质指标法难以采用。研究发

现<sup>[3,4]</sup>, 确定岩石中的石英含量、石英粒度、长石含量、长石粒度等 4 个指标, 通过计算可以初步得出岩石的可钻性, 用于金刚石钻头的选型。

## 1 室内试验

由图 1 岩样图片可以看出, 该矿区岩石比较破碎, 难以用常规力学实验得出岩石的可钻性。但通过计算可初步得出岩石的可钻性<sup>[5-7]</sup>。通过薄片分析进行岩石定名、确定矿物粒径; 并通过 XRD 半定量测试确定岩石中矿物的含量<sup>[8]</sup>。

### 1.1 薄片分析

通过岩石薄片分析法进行岩石定名、结构分析等。显微镜下的岩石薄片(偏光镜)如图 2 和图 3, 定名后岩石如表 1 所示。根据薄片分析, 可以大致了解野马泉矿区各个孔段的岩石名称以及矿物粒度, 详细的矿物含量分析通过 XRD 测试确定。

从图 2、图 3 中可以看出, 4、6、7、8、10 号岩样中矿物质的粒度均较大, 1、2、3、5、9、11、12 号岩样

收稿日期: 2013-05-31

**基金项目:** 本文受中国地质调查局项目“地质岩心钻探施工设计理论与方法研究(1212011120248)”子课题“岩石可钻性分级表的重新修订研究”(2011050030)和青海省国土资源基金“青海省重点勘查区深部钻探技术研究”(2012056136)项目资助

**作者简介:** 段隆臣(1967-), 男(汉族), 江西九江人, 中国地质大学(武汉)教授、博导, 地质工程专业, 博士, 长期从事地质工程、钻探工程、岩石破碎与金刚石工具等方面的教学科研工作, 湖北省武汉市鲁磨路 388 号, 2473894639@qq.com。



图 1 现场岩样图片

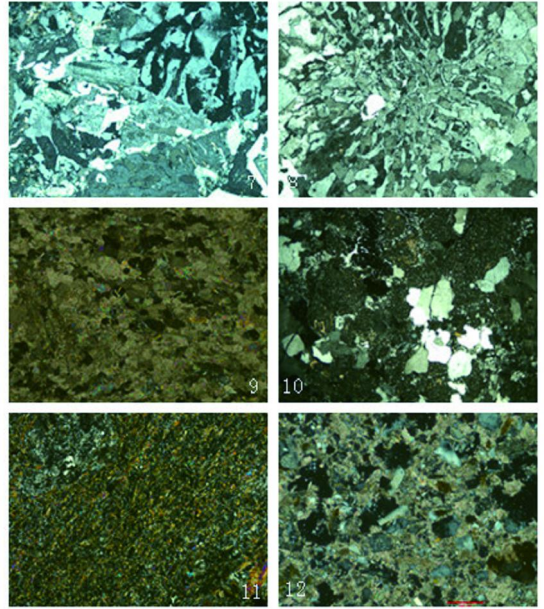


图 3 显微镜下岩石薄片 2(偏光镜)

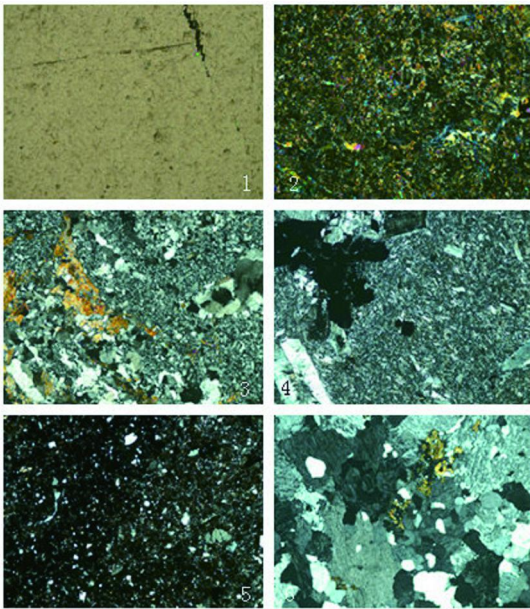


图 2 显微镜下岩石薄片 1(偏光镜)

晶粒都比较细,计算岩石可钻性需要测定上述岩石中各个矿物的含量。

### 1.2 XRD 检测

岩石样品在德国 Bruker AXS D8 - Focus X 射线衍射仪上进行物相半定量分析。测试条件:CuK $\alpha$  射线,Ni 滤波,40 kV,40 mA,LynxEye192 位阵列探测器,扫描步长 0.01 $^{\circ}$ 2 $\theta$ ,扫描步速 0.05 s/步;环境条件:温度 24  $^{\circ}$ C;湿度 36%。

XRD 检测结果如表 2 所示。

### 1.3 可钻性分级

中国地质大学(武汉)工程学院岩石可钻性实

表 1 岩石名称及结构表

编号	鉴定名称	结构构造
1	含透闪石粗晶大理岩(钙质)	含细微粒粒状变晶的粗粒变晶结构
2	细微粒绿帘石透闪石角岩	细微粒粒状变晶结构
3	细粉粒含透闪石石英岩	含细微粒粒状变晶结构的粉粒粒状变晶结构
4	安山玢岩	基质具微晶的斑晶状结构
5	碳泥质胶结细砂~粉砂岩	基质具泥状结构的细砂~粉砂结构
6	细粒含黑云母钾长花岗岩	它形细粒结构
7	中细粒微文象钾质花岗岩	它形中细粒粒状结构,微文象构造
8	细中粒微文象钾长花岗岩	细中粒它形粒状结构,微文象半球粒状结构
9	弱大理岩化含钙细晶白云岩	它形细粒粒状变晶结构
10	中细粒含黑云母石英斜长岩	中细粒它形半白形粒状结构
11	细微粒透闪石角岩	细微粒粒状变晶结构,弱极理化构造
12	粉砂细砂质细晶岩	基质具细晶结构的粉砂细砂质结构

表 2 XRD 检测表

编号	成 份								/%
	蒙脱石	绿泥石	石英	伊利石	钠长石	钾长石	方解石	白云石	
1	0.42				1.43		98.01		
2	2.08	7.17	0.78		7.60	60.69	0.26		
3			89.74	2.31		6.15	1.55		
4		1.48	18.92	3.26	76.35				
5	3.44		48.09	12.73	4.21	4.50			27.04
6		2.18	1.77		4.68	60.40	3.21		
7	2.69		14.59		37.28	44.88	0.07		0.49
8		0.80	15.81		73.89	9.50			
9	1.06			4.84	0.70		5.92	85.03	2.08
10		63.40	29.37	3.49	1.32		0.59	1.83	
11	3.25	4.23	5.87		21.18				
12		6.86	18.50	16.16	25.94	15.22	16.71		

验室在全国范围内收集了 96 种岩石,进行了一系列

的试验研究,并研究了岩石的组成结构和岩石表面性质之间的关系。通过薄片分析和 XRD 测试确定矿物含量、结构和粒度;通过研磨性试验和硬度试验,得出了在一定条件下岩石的研磨性和硬度等岩石表面性质与岩石主要矿物含量、岩石结构之间的关系,得出了试验数据,并建立了模型<sup>[9]</sup>。

在建立的模型的基础上,在岩石类别相同的情况下,只需要测定待测岩样的石英含量、石英粒度、长石含量、长石粒度等 4 个指标,即可计算得到待测岩样的可钻性级别<sup>[10]</sup>。1、9 号岩样中没有石英和长石,采用 HRC55 的钢锯条刻划测定;其它岩样采用模型计算得出。可钻性级别如表 3。

表 3 所取岩样可钻性级别

岩石编号	石英粒度 均值/mm	石英含量 /%	长石粒度 均值/mm	长石含量 /%	可钻性 分级
1	/	0	/	1.43	5
2	/	0.78	0.013	68.29	7
3	0.035	89.74	/	6.15	10
4	0.3	18.92	0.075	76.35	8
5	0.05	48.09	0.2	8.71	9
6	0.3	1.77	0.65	65.08	7
7	0.8	14.59	1.15	82.16	8
8	0.5	15.81	1.5	83.39	8
9	/	0	/	0.70	5
10	2	29.37	1.25	1.32	7
11	0.02	5.87	0.075	21.18	6
12	0.06	18.50	0.06	41.16	7

## 2 钻头初步优选试验

青海野马泉矿区在以往的钻探生产中,钻头平均寿命在 40 m 左右,在确定了青海野马泉矿区岩石可钻性的条件下,结合矿区大压力、高线速度的施工工艺条件,设计并制造了一批试用钻头,进行现场试钻。

### 2.1 试验一

在 ZK8017 进行试验,设计孔深 300 m,终孔口径 75 mm;钻机采用北京天和众邦 YDX-3A 型全液压力头钻机;采用金刚石绳索取心钻进;钻压 20 kN,转速 840 r/min,泵压 1.5 MPa,泵量 65 L/min;采用胎体硬度 HRC30 的孕镶金刚石钻头;平均钻进寿命 217 m,平均机械钻速 6 m/h。

钻头使用后在基恩士表面形貌仪下的形貌观察如图 4,由于胎体硬度较大,胎体对金刚石的包镶能力好;如图 5 所示,金刚石出刃高度通常在 172 μm 左右,很少存在金刚石脱落现象,钻头寿命长,但是金刚石出刃较慢,磨钝的金刚石不容易脱落,导致机械钻速较低。

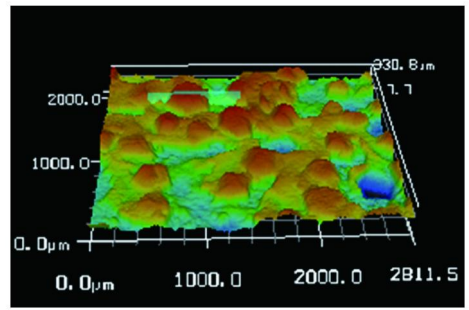


图 4 HRC30 金刚石钻头表面形貌

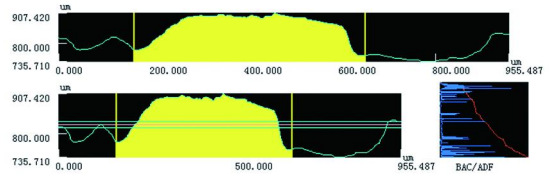


图 5 HRC30 钻头金刚石出刃高度图

### 2.2 试验二

在相同的工艺条件下进行,采用了胎体硬度 HRC20 的孕镶金刚石钻头,平均钻进寿命 150.4 m,平均机械钻速 8 m/h。通过图 6 可以发现,金刚石掉落比较严重,掉落后留下的凹坑深有 289 μm,如图 7 所示;由于胎体硬度较小,胎体对金刚石的包镶能力较弱,金刚石出刃快,机械钻速高,但是钻头寿命较短。

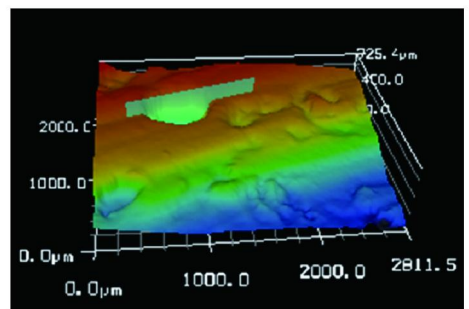


图 6 HRC20 金刚石钻头表面形貌图

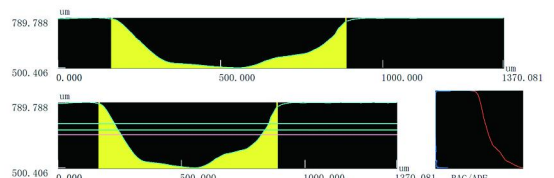


图 7 HRC20 钻头金刚石出刃高度图

### 2.3 试验三

采用了胎体硬度 HRC25 的孕镶金刚石钻头,平均钻进寿命 184.2 m,平均机械钻速 7 m/h。从图 8 和图 9 中可以看出,金刚石出刃高度在 220 μm 左右,很少存在非正常掉落情况。

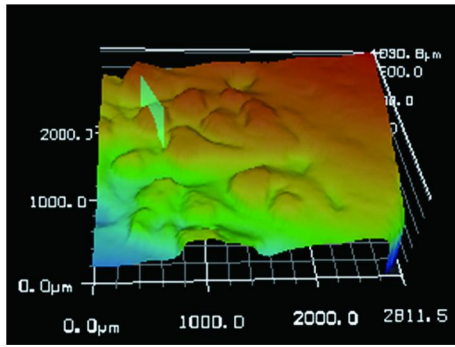


图8 HRC25 金刚石钻头表面形貌图

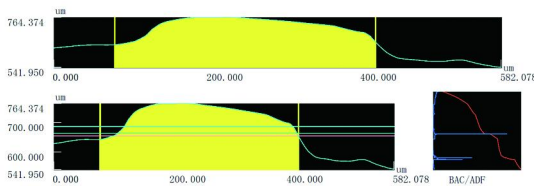


图9 HRC25 钻头金刚石出刃图

## 2.4 小结

通过野马泉矿区野外试钻,发现 HRC30 的金刚石钻头寿命长,但是机械效率较低;HRC20 的金刚石钻头机械效率高,但是寿命较短;综合考虑,选用 HRC25 的金刚石钻头最能满足施工单位高效长寿命的要求。

## 3 结论

(1) 岩石可钻性分级是一个复杂的课题,研究它的目的在于指导生产。在建立有数据库的情况下,通过计算和比对,简便易行,能够取得工程实践满意的结果。

(2) 在有限的条件下,例如岩样小、岩石不规则

等特征情况下,可以利用岩石的组成、结构等因素,得出岩石的可钻性。岩石虽然有地域性的差异,但是计算确定的岩石可钻性可以达到指导钻头选型的目的。

(3) 对于生产单位而言,钻进效率和钻头寿命一样重要,可以通过调整胎体硬度或相关力学性质来实现。在实验室研究时可用基恩士表面形貌仪观察金刚石的出刃,了解胎体对金刚石的包镶能力。通过室内外试验找到了适合野马泉矿区胎体硬度等力学性质的合理值。它既能满足高效率,也能满足长寿命的要求。

## 参考文献:

- [1] 李玮. 岩石可钻性的分形表示方法研究[D]. 黑龙江大庆: 大庆石油学院, 2006.
- [2] 李天相. 钻井手册(甲方)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990.
- [2] 李士斌, 闫铁, 李玮. 地层岩石可钻性的分形表示方法[J]. 石油学报, 2006, 27(1): 124-127.
- [3] 熊继有, 蒲克勇, 周健. 库车坳陷山前构造超深井岩石可钻性研究[J]. 天然气工业, 2009, 29(11): 59-61.
- [4] 李士斌, 闫铁, 等. 岩石可钻性级值模型及计算[J]. 大庆石油学院学报, 2002, 26(3): 26-28.
- [5] 薛亚东, 高德利. 基于人工神经网络的实钻地层可钻性预测[J]. 石油钻采工艺, 2001, 23(1): 26-29.
- [6] 何龙, 朱澄清. 川西地层可钻性级值研究[J]. 钻采工艺, 2006, 29(3): 98-99.
- [7] 邹德永, 陈永红. 利用声波时差资料确定岩石可钻性的研究[J]. 石油钻采工艺, 1996, 18(6): 27-30.
- [8] 刘向君, 宴建军, 罗平亚, 等. 利用测井资料评价岩石可钻性研究[J]. 天然气工业, 2005, 25(7): 69-71.
- [9] 孙坤忠. 提高鄂西渝东地区钻井速度的有益探索[J]. 江汉石油科技, 2004, 14(3): 36-42.
- [10] 李俊萍, 段隆臣, 李谦. 模糊综合评判法在岩石可钻性分级中的应用[J]. 地质科技情报, 2012, 1(31).

## 欢迎订阅《勘察科学技术》

《勘察科学技术》是由中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司(原冶金勘察研究总院)主办的学术-技术类双月刊, 是中国科技论文统计源期刊, 中国地质文摘引用期刊, 中国学术期刊(光盘版)、中国期刊网万方数据科技期刊群全文收录期刊, 多次被评为河北省优秀期刊。

《勘察科学技术》主要介绍岩土工程设计与施工、工程地质、环境地质、水文地质及地下水资源评价、工程测量及地理信息系统、工程物探、岩土测试、工程检测及地下管网探测等专业的科研成果、生产经验、工程实录以及新理论、新技术、新方法。

《勘察科学技术》内容丰富, 理论结合实际, 适于从事岩土工程及勘察的广大科研、设计、施工、监理、教学的专业技术人员及高等院校学生阅读、收藏。

《勘察科学技术》国内外公开发行, 双月刊, 大 16 开本, 双月 20 日出版。每期定价 10.0 元, 全年 60 元。邮发代号 18-153。全国各地邮局均可订阅, 也可随时汇款到本编辑部订阅。

本刊兼营广告, 价格适中, 印制精良, 注重实效。

欢迎广大读者投稿、订阅和广告惠顾。

地址: 河北省保定市东风中路 1285 号

《勘察科学技术》编辑部

邮编: 071069

Tel: 0312-3020887 3094054

Fax: 0312-3034561

E-mail: kckxjs@163.com kckxjs@126.com