

最小钻压与岩石压入硬度的试验研究

张 琰

(中国地质大学·武汉)

维持孕镶金刚石钻头的正常钻速,需给钻头施加一个最小钻压。该钻压值随岩石压入硬度值的提高而增大;随钻头转速的提高而增加。通过对13种岩石的测试和回归计算,得出了最小钻压随压入硬度变化的表达式:

$$P_{min} = -44.3168 + 0.2633H_v$$

关键词: 金刚石钻进; 最小钻压; 压入硬度

用孕镶金刚石钻头钻进坚硬岩石,存在着一个特别操作参数,即维持高而稳定的钻速所需要最小钻头单位压力 P_{min} 。许多研究者认为,此压力能保证钻头在无需重新磨锐的情况下,具有稳定的钻速。 P_{min} 值主要取决于岩石的性质、金刚石质量和颗粒尺寸以及金刚石浓度。J.D.卡明曾指出:最小钻压不但与岩石有关,而且和钻头与转速的配合有关。H.M.科尔尼洛夫等提出:岩石越硬,最小钻压越高;转速增加,最小钻压值也相应增大。对此,作者曾在室内用 $\phi 25.5$ 口径的钻头,进行了模拟试验*,发现不仅在坚硬的岩石中,而且在中硬岩石中钻进都存在着最小钻压问题。

转速对最小钻压的影响

对流纹斑岩、钙质夕卡岩、磁铁石英岩进行9种参数配合的钻进试验结果见表1。

从表1看出:当钻压较高时($P=150\sim 210$ 公斤/厘米²),每转进尺几乎与转速无关,钻速随转速的增加成线性关系上升。当钻压较低时($P=90$ 公斤/厘米²),每转进尺随转速升高而下降,甚至不能维持正常钻进,出现钻头不进尺。由此得到:

(1)在钻进过程中,不仅存在着最小钻压,而且还存在着临界转速。当转速大于

此临界值时,每转进尺便下降。可见,时间因素对碎岩效果有一定影响。

(2)保持钻速恒定的最小钻压与转速有关。在同一钻压下,较低的转速能维持钻速恒定,较高的转速会使钻速衰减。如果在高转速下仍要维持钻速恒定,就必须提高钻压。

钻头对最小钻压的影响

石英脉是一种比较特殊的岩石,用通常的钻头、钻压、转速很容易产生“打滑”。因此,在钻进这种岩层时,要设法提高钻速。本次钻进石英脉,先后用了4种钻头,编号为A3-1、A1-1、A2-2、A4-1,其参数见表2。

如先用A3-1钻进石英脉,在设备能力允许的范围内,只有在 $P=210$ 公斤/厘米²、 $n=1483$ 转/分时,才能保持钻速恒定,达到 $V_M=1.3636$ 转/分、 $\delta=15.3$ 微米/转的钻进速度。但这时每米进尺的钻头磨损失重量 $V_0=680$ 毫米/米,这个量值在模拟试验中属严重磨损。

采用A1-1型钻头钻进石英脉,在任何

* 试验是在中国地质大学(北京)的模拟试验台上进行的,由李世忠教授指导。

钻压、转速的配合下都不能保持恒钻速，钻速会很快降到零。这时金刚石磨钝、金刚石

后面蝌蚪状支撑体消失，钻头唇面上的金刚石产生许多脆断与脱粒。

三种坚硬岩石中的钻进结果

表 1

岩石名称		流纹斑岩		钙质夕卡岩		磁铁石英岩	
压入硬度 H_y		713.315		723.2		650.8	
P	n	δ	V_M	δ	V_M	δ	V_M
210	400	37.8	0.9077	72.6	1.7433	11.1	0.266
	1200	37.3	2.6870	77.3	5.5629	18.4	1.328
	2000	37.8	4.5405	68.7	7.3057	17.7	1.804
150	400	26.2	0.6289	23.5	0.5640	12.6	0.3016
	1200	28.7	2.0659	36.4	2.6175	25.3	1.8213
	2000	31.6	3.3795	34.4	4.1344	16.1	1.6668
90	400	13.6	0.3256	1.25	0.3	不进尺	0
	1200	1.5	0.1059	不进尺	0	不进尺	0
	2000	≈ 0	衰减	不进尺	0	不进尺	0

注：试验中冲洗液流量 $Q=10$ 升/分；表中： P ——钻头单位压力，公斤/厘米²； n ——转速，转/分； δ ——每转进尺，微米/转； V_M ——钻速，米/时； H_y ——压入硬度，公斤/毫米²。

微型钻头参数

表 2

编 号	外径 (毫米)	内径 (毫米)	金刚石级别	金刚石粒度(目)	金刚石浓度 (%)	水口数×高×宽 (个, 毫米)	胎体硬度 (HRC)
A3-1	25.5	14	Ry80	100	50	6×2.5×3	28.2
A1-1	25.5	14	Ry80	80	75	6×2.5×3	33.2
A2-2	25.5	14	Ry80	60	75	6×2.5×3	40.1
A4-1	25.5	14	Ry80	60	50	6×2.5×3	36.0

采用A2-2钻头钻进，在 $P=210$ 公斤/厘米²、 $n=400$ 转/分时，可保持恒速钻进。如采用 $P=210$ 公斤/厘米²、 $n=1200$ 转/分和 $P=150$ 公斤/厘米²、 $n=1200$ 转/分的工艺参数，虽不能保持恒钻速钻进，但钻速下降缓慢。

采用A4-1型钻头钻进时，选用 $P=210$ 公斤/厘米²、 $n=400$ 转/分的工艺参数，可获得恒钻速；选用 $P=210$ 公斤/厘米²、 $n=800$ 转/分，钻速略有下降；选用 $P=210$ 公斤/厘米²、 $n=1200$ 转/分及 $P=150$ 公斤/厘米²、 $n=400$ 转/分时，钻速下降缓慢。

由钻进试验可见，在坚硬致密的岩层中钻进，保持钻速恒定的最小钻压不仅与转速有关，而且与钻头有关。总的来说，50%浓

度的钻头比75%的钻头要好些。同样浓度的钻头，金刚石粒度大的（60目），比粒度小的（80目）的要好些。这可能是由于金刚石粒度大时，浓度下降，每颗金刚石切刃上的比压提高的缘故。但是，大颗金刚石在钻进中易产生脆性破坏，所以，在硬岩钻头上尽量选用优质金刚石是必要的。

值得指出的是，用锐利的钻头、较高的钻压钻进，在石英岩中也可获得较高的钻速，但钻头被磨钝之后，钻速将衰减。这种现象在岩粉的变化上也可反映出来。如在回次初，冲洗液中岩粉量多，粉的粒度也大（电镜可观察到），说明钻进处于体积破碎阶段；回次末，钻速衰减，冲洗液携带的岩粉少，粉粒变细，呈研磨状态。如钻压很高，

磨钝的金刚石大量断裂与脱粒，金刚石钻头可重新“锐化”，钻速衰减变缓，但钻头磨损加剧。由此可判断，石英脉型岩石之所以特殊，正是由于其含石英量高，结构致密，研磨性强所造成。钻头刃刻取石英粒，一般不是在颗粒的胶结面上进行，而是从石英粒内部“犁田”式地破坏。因而在有效的进尺内，就会把金刚石磨钝，而所刻取的岩粉还不足以磨蚀钻头的胎体，使钻头金刚石与胎体消耗不协调，出现钻头“打滑”。其解决办法是：

(1) 从金刚石钻头本身入手。镶嵌高质量金刚石，调整胎体耐磨性，使之与金刚

石的磨耗率相适应。

(2) 采用冲击回转钻进。实践表明，长时期的施加高钻压，对钻柱稳定和钻头磨损都极为不利。当前使用的冲击回转钻进法，能对井下岩石进行高频冲破坏，有利于提高凿岩速度，也有利于金刚石的出刃。

压入硬度与最小钻压的关系

钻进中还发现，对不同的岩石，维持钻速恒定的最小钻压也是不同的。岩石越硬，所需的最小钻压也越高。作者为研究岩石硬度与最小钻压的关系，对13种岩石进行了钻进试验。数据见表3。

最小钻压与压入硬度值

表 3*

岩石名称	花岗闪长斑岩	石英闪长玢岩	大理岩	钙质夕卡岩	二云母角闪岩	拉辉煌斑岩	磁铁矿	石英脉	流纹斑岩	长石英砂岩	黑斜片麻岩	花岗岩	细砂岩
P	60	60	15	150	60	15	150	210	150	60	30	50	30
H_y	534.9	464.1	142.8	723.2	344.5	214.4	650.9	605.7	717.3	453	273.7	438	237

* P 、 H_y 单位同表1；经测试，当 $n=1200\sim 1800$ 转/分时，才能获得较好效果，所以，将 n 值确定在1200转/分。

由表3可见，一般 H_y 较低时， P_{min} 相应较低。因此，在较软岩石中钻进，通常所选用的钻压均会高于 P_{min} 值，所以，不易发生“打滑”现象。

为探讨最小钻压与岩性的关系，将13种岩石的最小钻压与对应的8项岩性指标的数值（密度、压入硬度、塑性系数、肖氏硬度、研磨性、弹性模量、动剪切模量、动泊松比），进行了逐步回归运算（数值略）。当取检验水平 $\alpha=0.05$ 时，只选上了压入硬度这一岩性指标。表达式为：

$$P_{min} = -44.3168 + 0.2633H_y \quad (1)$$

计算中：剩余标准差 $S_y=28.9076$ ，相关系数 $R_N=0.8644$ ，显著性检验统计量 $F=23.6521$ 。

前已述及，石英脉的钻进比较特殊，要求的钻压也不同。如将石英脉项次删掉，得到：

$$P_{min} = -38.3946 + 0.2476H_y \quad (2)$$

$$R_N=0.9380$$

方程(2)的相关系数比(1)式显著提高，其结果也有助于说明石英脉是一种比较特殊的岩石。

由方程(1)的运算结果看出：在8项岩性指标中，最小钻压只与压入硬度显著相关。 H_y 高， P_{min} 相应也增高。由此可以说明，岩石的抗钻能力主要由压入硬度决定。

推导(1)、(2)公式的目的，在于从理论上阐明岩性对最小钻压的影响。在钻进中遇到岩石变硬时，应相应地提高钻压，而不需从(1)、(2)式中计算 P_{min} 来进行钻进。因实际中的岩层、钻头、转速等条件均会与推导(1)、(2)式的条件有差异，所以，其最小钻压也会变化。