

人造孕镶金刚石钻头优化钻进

——定切入量钻进试验研究

李世忠 刘宝林

在使用人造孕镶金刚石钻头进行回转钻进的生产实践中,不断总结和发展了各种不同的工艺方法,由最初的恒压钻进,到后来的控速钻进,目前又提出并正在研究定切入量钻进方法。

恒压钻进是在钻进过程中始终保持恒定的钻压。这种方法存在许多缺点:例如,在较坚硬的岩石中钻进时,一旦钻压不足,很快会使金刚石钻头钝化,以致抛光,失去钻进能力。如图1所示,当钻压较小时(1035kg),钻速衰减很快,钻头进尺还不到1m,就严重抛光了。

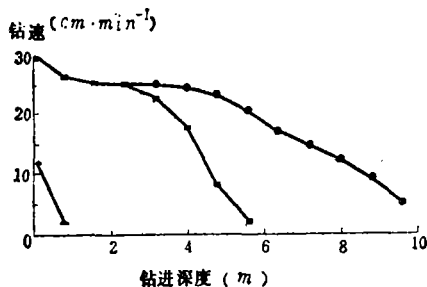


图1 恒压钻进时的钻速衰减曲线(TBW钻头)
钻压: ○—2070kg; □—1558kg; △(3)—1035kg
转速: 900r/min; 岩石: 灰色角闪花岗岩; 金刚石: 30140 US Mesh SDA100

此外,如果从较硬岩层钻入较软岩层时,会造成钻速突增而导致烧钻事故。

控速钻进是通过调节钻压和转速两个参数来控制钻速的,使其恒定在某一适当的数值上。在钻进中,如转速不同或钻压(或每转切入量)改变,则钻头磨损也将发生变化。如图2所示。

这种控速钻进方法是比较合理的,经过多年实践证明是可行的。目前,许多野外队采用这一钻进方法。但其缺点是孔底过程不稳定,难于对孔底过程进行深入分析和控制。

定切入量钻进是只通过调节钻压而控制钻头每转切入岩石的深度,使其保持在某一合理值上。根据钻头磨损和岩石破碎原理分析,这种方法较前两种方法

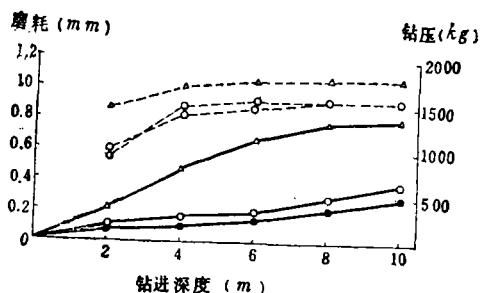


图2 控速钻进时钻压和钻头磨损曲线
钻头: T46; 钻速: 25cm/min (15m/h); 转速:
○—1800r/min; □—1500r/min; △—1200r/min
岩石: 灰色角闪花岗岩; —钻头累计磨损(mm),
---钻压(kg)
(图中曲线标志从下往上第1、4条为○; 第2、5条
为□; 第3、6条为△)

更为合理。目前已受到国内外一些同行们的重视。尽管这种方法与控速钻进在数值上有一定的换算关系(
$$h = \frac{1}{6} \cdot \frac{V}{N} \times 10^5$$
),但二者有着实质上的差异。关键问题是采用什么样的指标才能体现和正确评价孕镶金刚石钻头钻进过程的实质。

控速钻进是以钻速V作为评价钻进过程的指标,认为钻速反映了钻头的钻进效果。但实际上在控速钻进中,钻速受到钻压和转速的共同影响。同一钻速,可以由不同的钻压和转速组合来实现,但钻进效果是不会相同的。如图2所示。

定切入量钻进是以钻头每转切入岩石的深度h作为评价孔底钻进过程的指标。能更为正确地反映孔底钻头与岩石之间的相互作用关系。有利于了解和分析研究钻进时孔底碎岩状态,钻头磨损和岩粉排除等过程。

因此,本文就是通过一系列定切入量钻进试验,得出了一些有参考意义的结论。

本试验是在中国地质大学(北京)探工系微机自控钻进试验台上进行的。该试验台1985年通过部级验收,其系统布置示意图如图3。

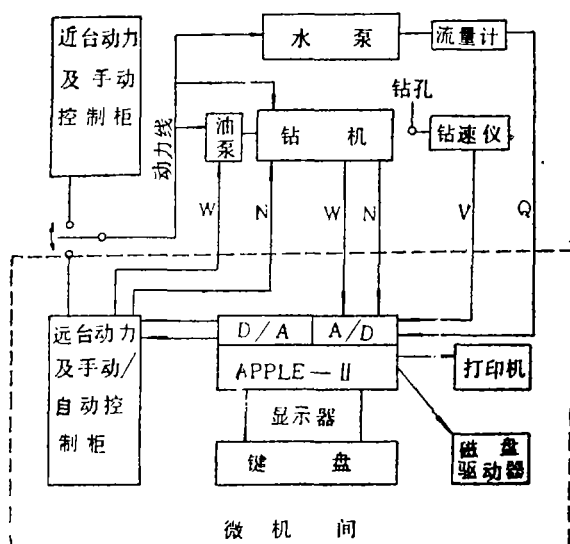


图 3 微机自控钻进试验台布置示意图

该试验台采集数据的速度是惊人的。系统每 1/256 s 即可完成 8 路采样工作。

本次试验设定采样时间为 2 s，即在 2 s 内采集数据 512 组，取数据平均值作为一组数据输出。每隔 5 s 输出这样一组数值，即 1 min 可获得 12 组数据值。因此本试验结果包含了大量的实时的、精确的数据信息，能反映试验中各参数的瞬时变化情况，可以精确了解孔底过程，这是人工检测无法做到的。

该试验台是一个微机闭环自控系统，可以按所编程序的要求，能够及时、精确、自动地控制钻进过程。这是手动控制无法做到的。

总之，该试验台为钻进试验工作提供了一种十分

表 1 岩石的主要力学性质

岩石名称	压入硬度 (kg/mm ²)	肖氏硬度	研磨性 (mg)	可钻性 级别	石英含量 %
斜长石 花岗岩	610	97.35	12	8—9	30—40

表 2 人造孕镶金刚石钻头性能表

钻头	金 刚 石			胎体 硬度 HRC	水口规格及数量 (mm × mm 一个)	唇面 形状	备注
	品级	粒度 (目)	浓度 (%)				
79#	RY80	70	100	30	5 × 5—8	半圆	φ56 普双
276#	RY80	80—60	100	38	5 × 5—8	平	φ56 普双
706#	RY80	70	75	29	5 × 5—8	平	φ56 普双

有利的手段，把试验研究工作提高到了一个新的水平。

本试验的程序框图如图 4 所示。

钻进所用岩样为斜长石花岗岩，岩石的主要力学性质如表 1 所示。

试验用人造孕镶金刚石钻头性能如表 2 所示。

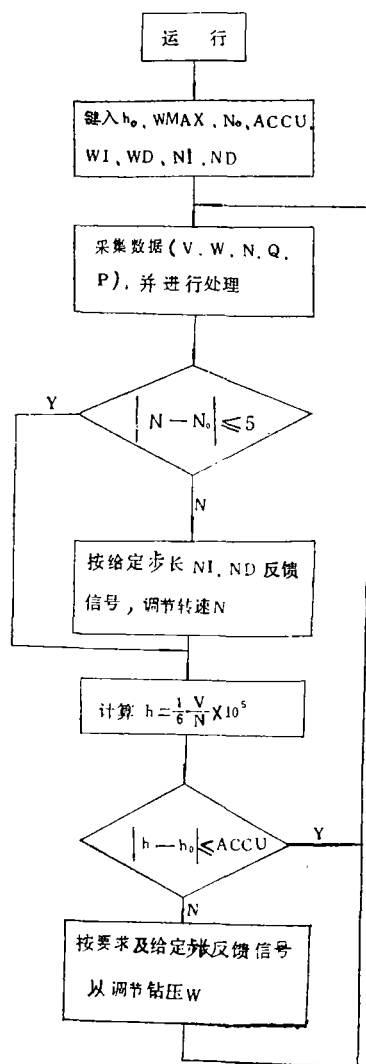


图 4 试验程序框图

h_0 —给定每转切入量 (μ); N_0 —给定转速 (r/min); W_{MAX} —钻压上限 (kg); N —转速采样值; $ACCU$ —控制精度 (μ); h —切入量采样值 (μ); WI, WD —钻压调节步长; NI, ND —转速调节步长

一、钻头的钝化

图 5 为 276# 钻头试验结果之一。

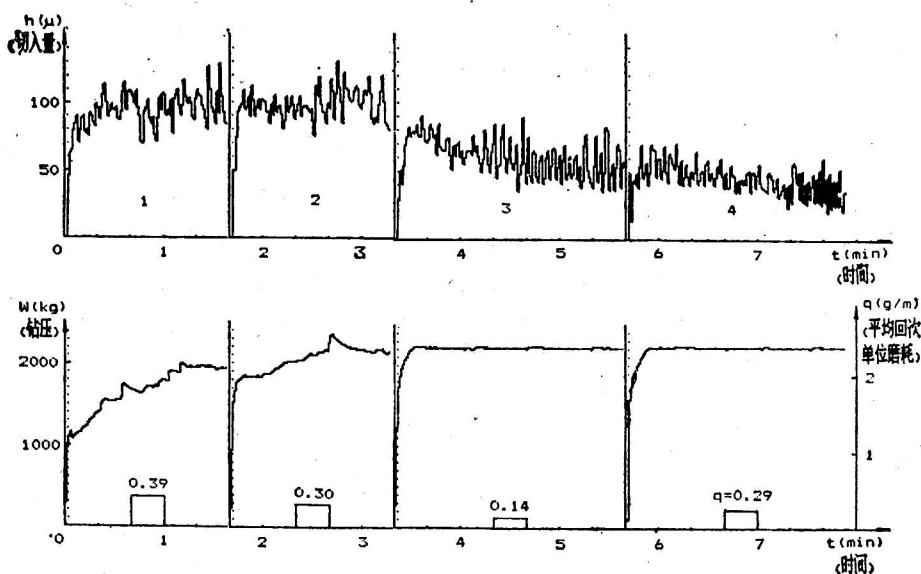


图 5 276#钻头定切入量钻进试验结果
 $h_0 = 100\mu$; $N = 300\text{r/min}$; $Q = 25\text{--}28\text{L/min}$; q —单位磨损 (g/m)
 时间座标 $t(\text{min})$ 应乘以 5 (包括图8.9.10.11)

由图 5 可见, 在开始一段时间内 (1, 2 回次), 每转切入量 h 基本上达到了给定值。但在这段时间内, 钻压 W 却在不断地增加, 直至达到最大值 2200kg。此后, 在第 3、4 回次中, 由于设备能力的限制, 钻压 W 保持在给定最高值 2200kg, 实际上成为恒压钻进。此时, 钻头每转切入量开始逐渐下降, 出现了钻速衰减过程。

在钻进的全过程中, 钻头单位磨损 $q(\text{g/m})$ 是较小的, 而且变化不大。

其他钻头也有相似的试验结果。

图 5 表明, 在钻进过程中, 这些孕镶金刚石钻头切削刃 (出露的金刚石) 与岩石的接触面积是逐渐增大的。也就是说有一些金刚石被磨钝, 最终失去了切入岩石的能力, 发生了钻头钝化现象; 如图 6 所示, 钝化后的金刚石钻头与岩石的接触面积成多倍增加。在显微镜下观察钝化钻头唇面时, 可以见到大量的被磨钝的金刚石, 如图 7 所示, 照片中间的几粒金刚石已被磨损, 磨钝面是发亮的。

由此可见, 在某一条件下, 孕镶金刚石钻头与表镶金刚石钻头其金刚石磨损形态是一样的。原来尖锐的金刚石被磨成钝面, 钻头则发生钝化现象。此时, 孕镶金刚石钻头实际上是以微粒表镶金刚石钻头状态进行工作, 其孔底过程的实质是切削刃定点碎岩, 钻速随切削刃钝化而不断下降。所以孕镶金刚石钻头有效钻进的关键在于钻头的锐化, 即切削刃不断地适

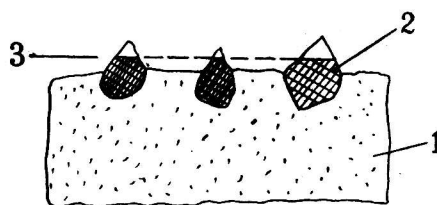


图 6 金刚石钝化示意图
 1—胎体; 2—金刚石; 3—磨钝面



图 7 钝化金刚石钻头唇面

时适量地更新。

在试验过程中发现, 钻头上的金刚石不断钝化而至“打滑”, 同时钻进回转矩也降低, 这就表明孔

底已失去了体积碎岩过程。所以,钻进“打滑”,有岩石本身坚硬难于切入的原因;也有钻进规程选择不当的原因。

二、孕镶金刚石钻头的暂时钝化和锐化

在孕镶金刚石钻头钻进中,钻头的钝化现象是普遍存在的,但钝化的形态与程度有所不同。可分为持续钝化(真钝化)和暂时钝化(假钝化)两种。若每转切入量选择得当(与钻头、岩层相适应)、钻头出现钝化也是暂时的,在钻进过程中会使钻头重新锐化。如图8(A)与(B)所示。

图8(A)中每转切入量 $\bar{h}=140\mu$ 是给定的,但钻压曲线表现为逐渐上升,这表明钻头存在钝化现象。但当钻压上升到 a 点时(1900kg),钻头每转切入量急剧增加,随之钻压也大幅度下降。这一现象表明了钻头在 a 点已开始发生锐化。钻头单位磨损 q 在该回次中(包含 a 点)成倍增加也表明 a 点是钻头的锐化点。此时,钻压为1900kg,钻头的比压为 $Pa=190\text{kg}/\text{cm}^2$ 。我们称此时的比压为钻头在该条件下的锐化比压。

若将每转切入量减小为 100μ ,所得试验结果是类似的,如图8(B)所示。此时,驱动电机的励磁电流 I 在 a 点突然增大,表明钻进回转扭矩增大,同样说明 a 点是钻头的锐化点。

图8(B)中 a 点的钻压为2100kg,锐化比压 $Pa=210\text{kg}/\text{cm}^2$ 。比 h_0 为 140μ 时还高。

由于选择的每转切入量不同,钻头的锐化比压也不同。每转切入量越小,锐化比压反而越大,这是很有意思的。

在现条件下,该二切入量值(140μ 和 100μ)都可以使钻头在钻进中自锐,但哪一个值更为合理呢?我们应从钻头平均单位进尺磨损和相应的钻速来综合比较,如表3所示。

从表3可见,当 h 值为 100μ 时,平均单位磨损虽然较小,但相应的钻速值也较小。因此,存在一个最优的每转切入量值 \bar{h}_m ,可使得钻进的综合指标最佳。在本次试验条件下,706#钻头的最优每转切入量 \bar{h}_m 值应大于 100μ 。因为 \bar{h} 值过小,锐化钻压增高,超过了设备和钻具的能力,因而易产生钻头的持续钝化以至抛光。若 h 值过大,单位磨损增大,钻头寿命降低。应根据不同条件,选择最优的切入量,以实现最优钻进。

钻头的自锐有两种过程:其一是当钻压加大到锐化钻压时,使钝化了的金刚石发生破碎或局部破碎,减小了金刚石与岩石的接触面积;其二是由于采用适当的定切入量钻进,强行切入产生大量的粗颗粒岩

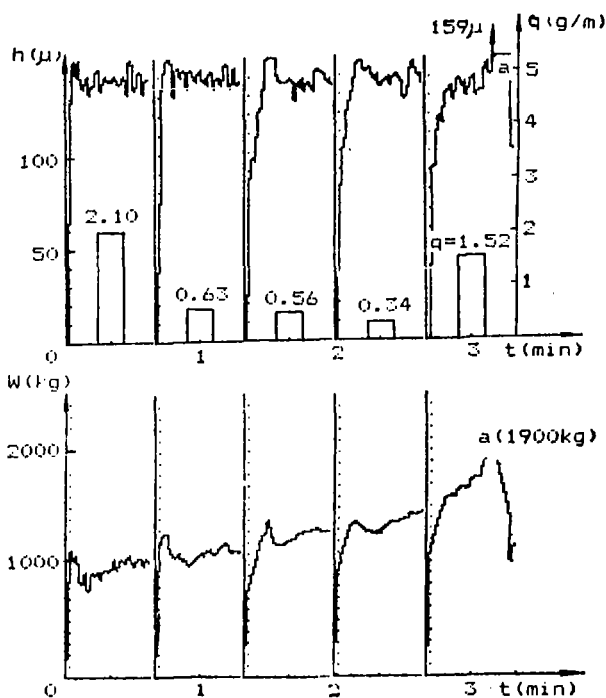


图 8(A) 706#钻头的暂时钝化与锐化曲线

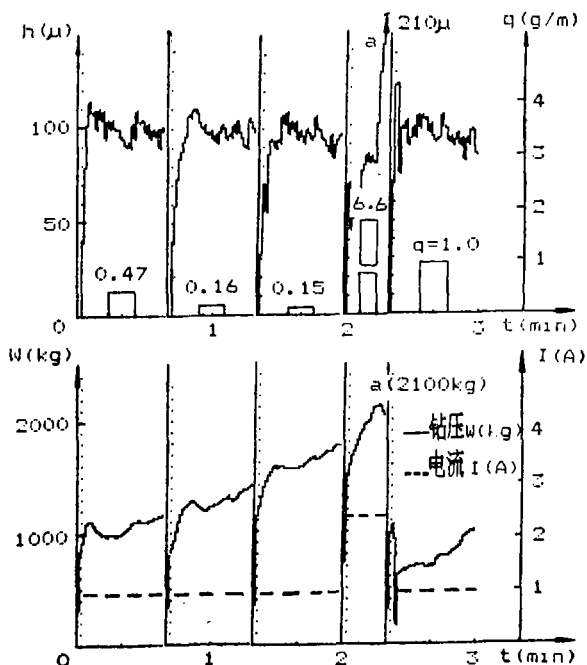


图 8(B) 706#钻头的暂时钝化与锐化曲线

表 3 不同切入量钻进比较表

每转切入量 h (μ)	平均单位进尺 磨损 q (g/m)	钻速 V (m/h)	锐化比压 pa (kg/cm ²)
100	0.68	3.60	210
140	0.79*	5.04	190

* 未计第一回次 (有异常干扰)

粉, 在一定的冲洗条件下, 促使钻头胎体快速磨损, 使钝化金刚石不断脱落而新的金刚石不断出露。由此可见, 只有在采用定切入量钻进时, 才能使上述两个过程发挥积极作用, 保证钻头在钻进过程中始终处于钝化—锐化—再钝化—再锐化的连续交变过程之中, 所以, 定切入量钻进是控制孕镶金刚石钻头井底过程特征的一种好的钻进方法。

如前所述, 在钻进中有不同性态的钻头钝化。真

钝化 (持续钝化), 钻头不能自锐, 直至钻进失效; 假钝化 (暂时钝化), 钻头可以自锐。对于不同钻头, 钝化和锐化过程也是不同的。图9是79#钻头的定切入量试验结果。由图可见, 当比压 P 达到 220kg/cm² 时, 钻头仍不能自锐, 而钝化过程仍在不断发展, 这时就出现了真钝化过程。

将79#钻头去掉4个胎块, 钻头唇面积减小一半 (5cm²), 其钻进试验结果如图10所示。

图10是79#钻头只有四个胎块试验的结果, 由图可知, 钻头在 a 点开始锐化, 此时的比压为 280kg/cm²。由此可知, 若为全钻头唇面 (10cm²) 钻进时, 钻头每转切入量可达 $110\mu \times 2 = 220\mu$, 锐化比压为 280kg/cm², 则需钻压为 2800kg, 超出了设备的加载能力, 达不到锐化比压, 这就是全钻头钻进不能自锐的原因。它所表现出的问题是每转切入量偏小 ($h = 120\mu$) 和钻头比压不足 ($P = 220\text{kg}$)。

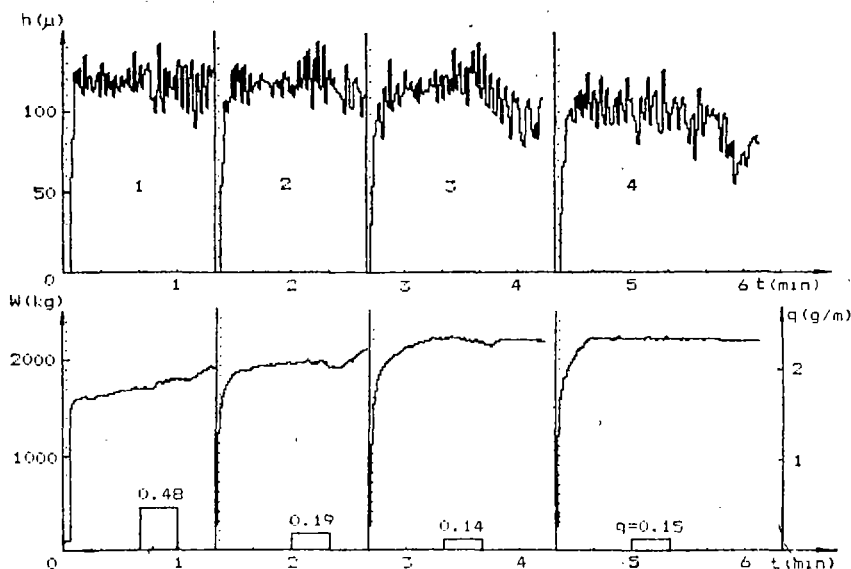


图 9 79#钻头定切入量试验结果

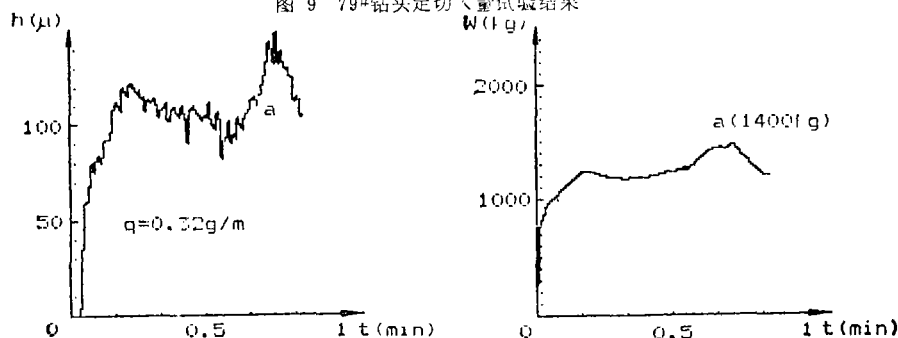


图 10 79#钻头四个胎块试验结果
 $h_0 = 110\mu$; $N = 600\text{r/min}$; $Q = 21\text{L/min}$

对比上述79#和706#两种钻头的试验结果可以看出,合理地选择钻头也是防止钻头发生持续钝化的一个重要方面。在本次试验条件下,针对所钻岩石,706#钻头是比较合理的。这可以为合理设计和选择钻头提供一个精确的依据。

孕镶金刚石钻头的暂时钝化与持续钝化是有条件的,且可以相互转化。对一定的岩层来说,其条件就是钻头的选择和每转切入量的选择是否合理。

三、冲洗液量对孕镶金刚石钻头锐化的影响

图11是276#钻头在改变冲洗液量时的试验结果。当冲洗液量减小到一定值时(13~15L/min),如图中的a点和c点,都出现钻头锐化现象。同样,此时钻头单位磨耗倍增,表明钝化金刚石大量脱落或破碎。

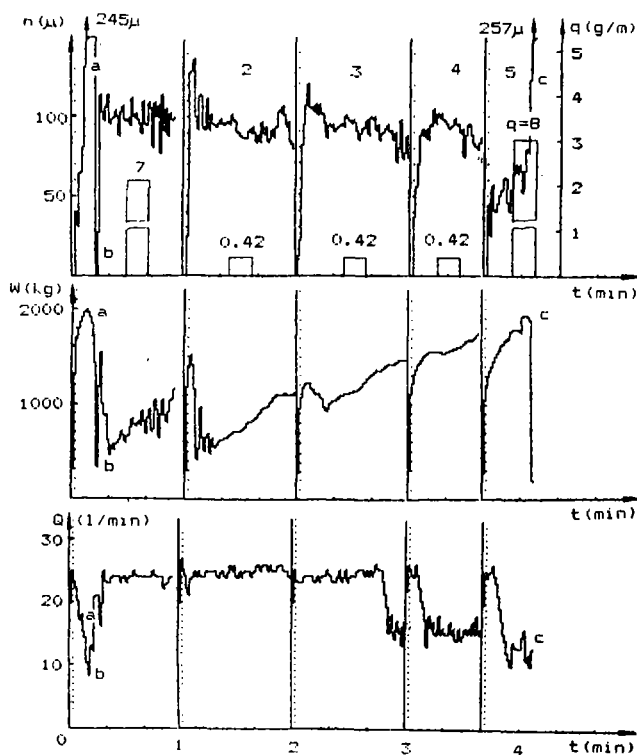


图 11 276#钻头在减小冲洗液量时的试验曲线
(图中b点表示水量过低,钻进自动停止)

(上接第12页)

压罐(可自制),耐压100kg/cm²以上的高压胶管,抗震压力表,流量表和测频仪。特别是要注意管路密封,采用密封钻杆接头。

4. 冲洗液的配制、调节和净化

液动冲击器的能源是冲洗液。冲洗液不清洁,不仅影响水泵和冲击器寿命,还将使冲击器部件受卡,

这种锐化过程很明显地造成了钻头的过度磨损,而且操作不慎还会造成烧钻事故。因此,这种以减小水量来锐化钻头的方法虽说可能,但不宜采用。实验中,此时孔底岩粉增多,回扭矩增大,设备和钻具负荷很大,易发生事故。

四、结论

通过上述研究,可以看出:

1. 在中硬以上岩层中采用孕镶金刚石钻头钻进时,必须合理选择钻头和钻进规程参数,才能提高钻进的综合效果。定切入量钻进方法是有效控制和充分发挥孕镶金刚石钻头孔底过程和潜在能力的钻进方法之一。

2. 孕镶金刚石钻头在硬岩中钻进的关键是控制钻头的钝化和锐化过程。钻头的钝化现象是普遍存在的,但按其钝化性态和程度可分为暂时钝化和持续钝化两种过程。前者是正常的、合理的,应设法实现;后者是不正常的、不合理的,应设法避免。钻头选择不当和每转切入量选择过小都会造成钻头的持续钝化。

3. 应根据所钻岩石性质和设备、钻具的能力来合理设计和选择钻头,金刚石粒度、浓度和胎体性能应作为主要因素。

4. 采用定切入量钻进,并选择优化的每转切入量,可以使钻进过程始终处于暂时钝化之中,即使得整个过程处于钝化—锐化—再钝化—再锐化的交变之中,以保证孕镶金刚石钻头长时间正常稳定地工作,充分发挥孕镶金刚石钻进的特点。在本次试验条件下,706#钻头钻进斜长花岗岩时,其最优每转切入量应大于100μ。

5. 在孕镶金刚石钻头钻进中,冲洗液量的选定是一个重要因素,但它在最小水量以上,可以有效工作范围较广。减小水量可以使钻头锐化,但允许变化幅度过窄,不易控制。

6. 应进一步寻找优化切入量与岩石性质、钻头结构参数之间的关系,才能为野外队应用孕镶金刚石钻头优化钻进提供科学依据。

不能正常工作。因此,要经常保持冲洗液的清洁,孔内干净,水路畅通。在较完整的地层尽量采用清水或者无固相冲洗液钻进。在复杂地层,配用优质低固相泥浆,加入适量的腐植酸钾和聚丙烯酰胺,以抑制地层中泥质分散,提高泥浆携带岩粉和选择性絮凝能力。还要注意经常调节泥浆性能。特别是要建立完整的泥浆循环系统,配用除砂设备,搞好净化工作。