

表镶金刚石钻头钻压计算问题的探讨

辽宁省冶金地质勘探公司 邓裕荣

钻压是钻进规程主要技术参数之一。钻压是否合理,不仅影响钻进效率和钻头寿命,而且关系到孔内安全和钻孔弯曲程度。我国近年出版的技术书刊中,对表镶金刚石钻头所需钻压的计算方法作了一些介绍,但笔者认为所介绍的计算方法比较粗略,有不足之处。本文准备对这个问题进行一些探讨。

一般计算表镶金刚石钻头所需钻压的公式^[1]如下:

$$P = Gp \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{或 } P = Gf\sigma_{\text{岩}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma_{\text{岩}} \leq \frac{P}{G \cdot f} \leq \sigma_{\text{金}} \dots\dots\dots (3)$$

式中: P—钻头所需的钻压(公斤);
G—钻头上起刻取岩石作用的金刚石数量,即底刃和边刃的金刚石粒数之和;

p—使岩石破碎时每粒金刚石所受的压力(公斤/粒),一般在1.5~2.5公斤范围内选用。有的书籍介绍:“在中硬岩层中,使用中等粒度金刚石(20~30粒/克拉),每粒承载压力为4~5公斤,不要超过8~10公斤”;

f—每粒金刚石与岩石接触的平均面积(毫米²);

$\sigma_{\text{岩}}$ —岩石抗压强度(公斤/毫米²);

$\sigma_{\text{金}}$ —金刚石强度(公斤/毫米²)。

上述计算公式中,如果用(1)式计算,p值的变化范围较大,选取依据又未详细交代,不便应用。如果用(2)式或(3)式计算,则f、 $\sigma_{\text{岩}}$ 和G的选用是否合理,都影响计算结果是否符合实际情况。下面分别予以讨论。

1. f: 一般认为当金刚石粒度为10~60粒/克拉时,金刚石与岩石的接触面积f的理论值(或近似值)为0.16~0.10毫米²,其相应关系如表1。但都没有说明其来源和应用条件。

表 1

金刚石粒度(粒/克拉)	10	20	30	60
金刚石直径(毫米)	2.1	1.8	1.5	1.25
接触面积 f (毫米 ²)	0.16	0.14	0.12	0.10

笔者认为:金刚石与岩石的接触面积,与金刚石的几何形状和压入岩石的深度有关,变化比较大,在计算时不宜作为一个固定值。下面,对此值的变化范围作一探讨。

为了简化计算,将金刚石近似看作球体。在压力p的作用下,直径为D的金刚石压入岩石,压入深度为h,与岩石接触的球面面积为:

$$f = \pi Dh \dots\dots\dots (4)$$

为了保证金刚石镶嵌牢固和有利于通水冷却,表镶金刚石钻头一般要求金刚石出刃量H为粒径D的1/4~1/3,而且压入深度h不超过金刚石出刃量H的1/10,所以:

$$h \leq (1/30 \sim 1/40)D \dots\dots\dots (5)$$

根据(5)式,即可计算出不同粒度金刚石的允许最大压入深度 h_{max} ,根据(4)式,则可计算出不同粒度金刚石和不同压入深度情况下接触面积f的近似值(如表2)。

从表2可以看出,目前推荐的金刚石与岩石接触面积的理论值(或近似值)与表2中h=0.025毫米的计算结果相同。而根据公式(5)计算的结果,在岩石较软并使用粗粒表镶金刚石钻头钻进时,允许压入深度可达0.05毫米以上,金刚石与岩石的接触面积也增加了一倍以上。所以,f值不应当作为一个固定值计算,可参照表2根据不同情况来选取。

2. $\sigma_{\text{岩}}$: 目前有关岩石抗压强度的资料比较零散,而且同一岩石名称,其抗压强度相差也比较大,选用比较困难。有的资料介绍:对8~10级岩石的抗压强度可按15公斤

表 2

金刚石 粒度 (粒/克拉)	D (毫米)	允许最大压入 深度 h_{max} (毫米)	不同压入深度时金刚石与岩石接触面积 f (毫米 ²)					
			$h=0.02$	$h=0.025$	$h=0.03$	$h=0.035$	$h=0.04$	$h=0.05$
10	2.1	0.070~0.052	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.33
20	1.8	0.060~0.045	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23	0.28
30	1.5	0.050~0.038	0.094	0.12	0.14	0.17	0.19	0.24
40	1.35	0.045~0.034	0.085	0.11	0.13	0.15	0.17	
50	1.3	0.043~0.032	0.082	0.10	0.12	0.14	0.16	
60	1.25	0.042~0.031	0.078	0.10	0.12	0.14	0.16	

/毫米²来计算, 太粗略了。如果能够列出各种可钻性级别的岩石抗压强度平均值, 应用时就方便和确切些。因为机台的同志估测岩石可钻性级别的经验较多, 因而从岩石可钻性级别推查岩石抗压强度就比较方便。

有的资料列出了12种可钻性级别的岩石压模硬度值和岩石强度系数(表3)。其中岩石强度系数即矿山中常用的坚硬度系数, 也就是以公斤/毫米²为单位的岩石抗压强度值。过去, 岩石强度系数最大值定为20, 但实际不少的岩石抗压强度超过20公斤/毫米², 有的达到58公斤/毫米²(表4)。

大量的测定资料表明, 对于坚硬岩石, 表3中所列的岩石抗压强度值与实测值相差较大, 岩石越硬, 相差就越大(表5)。

有的资料介绍: “理论上导出: 压模硬度是单向抗压强度的 $(1+2\pi)$ 倍。实际资料证实在5~20倍间, 强度愈大的岩石该比值愈大, ……”, 某些岩石的压模硬度值

表 3

岩矿可钻性级别	压模硬度 (公斤/毫米 ²)	岩石强度系数
1	≤10	≤1
2	>10~25	<1~2
3	>25~50	>2~4
4	>50~100	>4~6
5	>100~150	>6~7
6	>150~200	>7~8
7	>200~300	>8~10
8	>300~400	>10~14
9	>400~500	>14~16
10	>500~600	>16~18
11	>600~700	>18~20
12	>700	>20

表 4

岩石名称	抗压强度(公斤/毫米 ²)	
	变化范围	平均值
石灰岩	0.5~35	10
页岩	5~10	—
火山玄武岩	1.4~16.5	—
砂岩	2~30	10
花岗岩	7~33	20
辉长岩	15~28.5	22
玄武岩	11~57.5	26
石英斑岩	11~58	26

表 5

岩石名称	习惯可钻 性级别	三个试样平均的 岩石抗压强度 (公斤/毫米 ²)	按表3查的抗压 强度 (公斤/毫米 ²)
纯橄榄岩	4	6	4~6
大理岩化灰岩	4~5	7	4~7
辉长岩	6~7	8	7~10
菱镁岩	5~6	9.5	6~8
安山岩	6~7	12	7~10
粗粒砂岩	7	13	8~10
大理岩	4~5	14	4~7
闪长玢岩	6~7	14	7~10
粗晶花岗岩	8~9	15	10~16
栖霞灰岩	5~6	16	6~8
白云岩	6~7	16	7~10
夕卡岩	7~8	17	8~14
石英二长岩	7~8	22	8~14
透辉石夕卡岩	7~8	27	8~14
石英砂岩	10~11	29	16~20

与抗压强度值的实测资料如表6。

根据以上所引的资料, 建议将表3中6至12级岩石的抗压强度值加以修正, 以表3

表 6

岩石名称	压模硬度 (公斤/毫米 ²)	按表 3 查得的 岩石可钻性 级别	抗压强度 实测值 (公斤/毫米 ²)
大理岩	98	2	10.03
浅色闪长岩	105	5	13.94
石灰岩	116		12.08
大理化灰岩	127		13.40
泥质页岩	150		14.00
深色闪长岩	177	6	13.94
粉砂岩	166		10.60
石英砂岩	192		16.60
钠长斑岩	225	7	18.50
石榴石夕卡岩	352	8	26.90
细粒磁铁矿	380		23.70
花岗岩	380		20.60

表 7

岩石可钻 性级别	压模硬度 (公斤/毫米 ²)	计算钻压时用的抗 压强度(公斤/毫米 ²)
1	≤10	≤1
2	>10~25	>1~2
3	>25~50	>2~4
4	>50~100	>4~6
5	>100~150	>6~7.5
6	>150~200	>7.5~10
7	>200~300	>10~15
8	>300~400	>15~20
9	>400~500	>20~25
10	>500~600	>25~30
11	>600~700	>30~35
12	>700	>35

中所列的压模硬度值的1/20, 作为计算钻压用的岩石抗压强度值, 如表 7。

3. G: 一般认为起刻取岩石作用的金刚石数量G约为钻头中金刚石总数的 2/3~3/4, 可用下式计算:

$$G = (0.66 \sim 0.75)gm \dots\dots\dots (6)$$

式中: g—钻头上金刚石克拉数;

m—金刚石粒度(粒/克拉)

目前辽宁省冶金地质探勘公司在本溪市大台沟深孔中用的绳索取心表镶钻头, 其起刻取岩石作用的金刚石数G占金刚石总粒数的比例, 已超过上述介绍的范围(表 8)。

因此, 在计算钻压时, G 值最好采用不

表 8

钻头类 别代号	金刚石粒度 (粒/克拉)	金刚石 总粒数	起刻取岩石作用 的金刚石数G	G 占总数的比 例(%)
N ₁	20~30	726	570	78
N ₂	40~50	912	756	83

同种类钻头的实测数值。

综上所述, 建议钻探机台按下述方法和步骤计算表镶金刚石钻头正常钻进时所需的钻压。

1. 根据所钻的岩石和所用的钻头, 按表 2 选取适当的压入深度h, 岩石软时, h 可大些, 岩石硬时, h 应小些。然后在表 2 中查出相应的f值。

2. 根据岩石可钻性级别, 从表 7 中查出σ_岩, 如有实测资料, 可直接应用。

3. 用下式计算并校验每粒金刚石所需的压力:

$$p = f\sigma_{岩} \leq p_{金} \dots\dots\dots (7)$$

式中 p_金 为一粒金刚石的许用压力。它与金刚石的粒度和质量有关。有的资料介绍, 高品级金刚石每粒许用压力为 8 公斤, 低品级的为 5 公斤。在本溪大台沟深孔施工中使用的日本表镶金刚石钻头, 镶有“AAA”级天然金刚石, 粒度为 20~30 粒/克拉, 每粒所用的最大压力达 7 公斤, 粒度为 40~50 粒/克拉的每粒所用最大压力达 5 公斤, 尚未出现因压力过大而发生非正常损坏情况, 证明上述资料是可信的。

如果计算出的p值大于p_许, 则应选用更高品级的金刚石, 或减少压入深度, 使符合 p ≤ p_许 的要求。

4. 用公式 P = Gp 计算钻头所需钻压。G 值最好为实测数。

以本溪大台沟深孔的实际情况为例:

例 1 在 6 级岩石中, 用表 8 中的 N₁ 类钻头钻进, 求钻压。

解: 1. 查表 2 选 h = 0.04 毫米, 得

$$f = 0.23 \text{ 毫米}^2;$$

2. 查表 7, 得 σ_岩 = 7.5~10 公斤/毫米²;

$$3. p = f\sigma_{岩} = 0.23 \times (7.5 \sim 10) = 1.7 \sim 2.3 \text{ 公斤};$$

满足 p ≤ p_许 的要求;

4. 查表 8 得 G = 570

$$\begin{aligned} \therefore P = G_p &= 570 \times (1.7 \sim 2.3) \\ &= 970 \sim 1310 (\text{公斤}) \end{aligned}$$

在实钻中，外径75.7毫米，壁厚14毫米的N₁型类钻头，编号1131，在6级页岩、泥灰岩中用550转/分转速钻进，泵量为74升/分，一般使用1300公斤压力，平均时效为3.9米。但一度曾有几个回次钻压达到1600~1900公斤，最高回次平均时效达6米，这个钻头共进尺195米，上钻后发现唇面胎体冲沟很深，有一些金刚石快要脱落。而另一个同类型的1122号钻头在同一岩层中钻进，转速和泵量也相同，只是压力一直保持在1100~1300公斤，平均时效为3.78米，最高时效5米，共钻进了233米，上钻观察钻头，磨损正常，胎体无冲沟。从这两个钻头使用情况对比来看，按例1结果掌握钻压是合适的。

例2 在10级致密石英岩中，用表8中的N₂型钻头钻进，求钻压。

解：1.查表2选 $h = 0.025$ 毫米，得

$$f = 0.10 \text{毫米}^2$$

2.查表7得 $\sigma_{\text{岩}} = 25 \sim 30$ 公斤/毫米²

$$3. p = f \sigma_{\text{岩}} = 0.10 \times (25 \sim 30)$$

$$= 2.5 \sim 3.0 (\text{公斤}) < p_{\text{许}}$$

4.查表8得 $G = 756$

$$\therefore P = G_p = 756 (2.5 \sim 3.0)$$

$$= 1890 \sim 2270 (\text{公斤})$$

我们在钓鱼台组厚层石英岩中，用N₂型表镶钻头，转速550转/分，钻压为1500公斤时，时效只有0.2米，钻压达2200公斤时，时效达0.5米。但钻头磨钝后，钻压达4000公斤也不进尺了。在这样的坚硬岩层中，使用过小压力不但时效低，钻头寿命也不能提高。实践证明，例2中的计算结果也是合适的。但用上述表镶钻头钻这样坚硬岩石，钻头寿命只有2米左右。因此，以选用孕镶钻头为宜。

上述方法计算的钻压，是指从有效破碎岩石的角度出发，不受钻具强度、孔斜等因素影响时在完整岩层正常钻进所需的轴向压力。新钻头初磨时的压力应取上述计算值的四分之一左右。而金刚石磨钝时，可在金刚石强度允许范围内适当增加钻压。当岩层破碎，孔斜严重的情况下，则应减轻钻压。在实际操作时，还需要有准确的仪表和正确的操作方法，才能较准确地掌握合理的钻压。

反循环钻具

山东省冶金地质二队探矿科

为了解决破碎地层岩心采取率不足的问题，我队配制了一种反循环钻具。经过三个钻孔的使用，岩心采取率均达到95%以上。

钻具结构如图所示。短接管长300~500毫米，岩心管长3~5米。

孔底的冲液在喷反作用下，沿着岩心管与岩心的间隙上升，顶开球阀。此时由于流速减慢，破碎岩心混层现象根本消除。随着岩心的增多，冲洗液的循环阻力也不断增加，反循环也就逐渐停止，冲洗液从分水接头出来即返回地面。这时应即刻提升钻具。由于球阀的作用使岩心管上部形成负压（抽吸作用），因此岩心管内的岩心被牢固的吸住，不会脱落。有时需要拆卸短接管打开球阀才能取出岩心。

操作时要注意：①钻具不得一下到底，要开大泵量慢扫到底。②进尺时压力保持均匀，泵量不应低于60~80公升/分。③认真操作，发现不进尺，要及时提钻。④回次进尺一般不要超过2.5~3米。

