

金刚石钻进时钻孔的弯曲和预防

孙宗顺

在当前技术条件下, 钻孔都或多或少的发生弯曲, 既有顶角弯曲, 也有方位角弯曲。通常讲钻孔弯曲, 是指钻孔偏离设计与位置。钻孔的弯曲, 包括开孔不正或井口管接得不正引起整个钻孔偏离设计方向, 也包括开孔是正确的, 而在钻进过程中钻孔自身逐渐发生弯曲。本文主要谈金刚石钻进时钻孔的弯曲和预防。

某矿区自1970年下半年开始使用金刚石钻进, 到74年上半年止已完工的钻孔有50多个。钻孔所遇到的主要地层为:

大理岩 条纹条带状, 呈东西走向, 倾角 $20\sim 45^\circ$, 产状变化大, 局部有倒转现象;

深色熔岩 结构为细晶辉绿和斑状交织结构, 致密块状, 局部片理发育, 呈似条带状, 有的呈柘榴黑云母角闪片岩出现;

浅色熔岩 为浅灰色细粒块状结构;

辉长辉绿岩 为中粗粒结构, 往往沿深色熔岩与大理岩、浅色熔岩与大理岩的接触带出现。

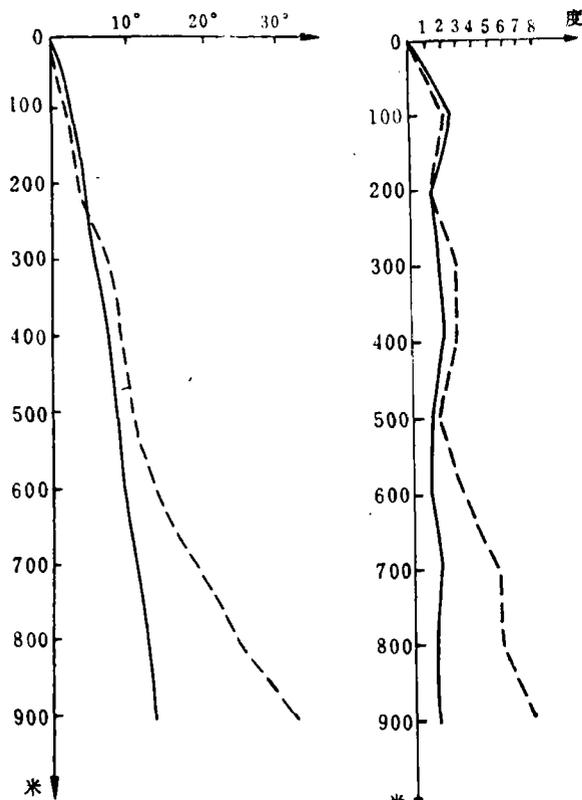


图1

图2

此外, 在大理岩上部有时有厚度不大的炭质泥岩和砂岩出现。矿体夹在浅色熔岩内。熔岩下部为大理岩, 白色块状或条纹条带状。

施工的技术条件是: 由于设计的钻孔较深, 一般都采用XB-1000型钻机, 钻头是天然金刚石表镶的, 其常用口径是 $\phi 56$ 毫米, 也有用 $\phi 66$ 毫米的; 钻头转速, 孔浅时用三速(300转/分), 孔深时用二速(150转/分); 孔底压力在400~600公斤左右, 水量为60升/分。全部钻孔为直孔。

为了说明金刚石钻进时钻孔弯曲的情况与特点, 兹列举同一地区钢粒钻进时钻孔的弯曲情况, 以便分析对比。表1及图1为金刚石钻进和钢粒钻进时顶角弯曲情况。

金刚石钻进和钢粒钻进顶角变化程度(即每百米增加的值)见图2。

金刚石钻进时钻孔方位弯曲情况见图3。在金刚石钻进中, 68.5%钻孔方位向右弯曲, 31.5%钻孔方位向左弯曲。

表 1

钻进方法	孔 深 (米)									平均斜率 (度/百米)	备 注
	100	200	300	400	500	600	700	800	900		
金刚石钻进	2°43'	4°01'	5°41'	7°27'	8°37'	9°32'	11°07'	12°22'	13°48'	1°32'	49个孔平均
钢粒钻进	2°24'	3°40'	6°37'	9°12'	10°41'	13°48'	19°13'	24°57'	32°42'	3°37'	80个孔平均

钢粒钻进时钻孔方位弯曲情况见图4。

在不同地层中金刚石钻进与钢粒钻进时的钻孔斜率(度/百米)变化情况如表2。

从以上情况分析可以看出:

1. 金刚石钻进时钻孔弯曲程度比钢粒钻进小。金刚石钻进时的全孔平均斜率没有超过钢粒钻进时平均斜率的一半。在所统计的金刚石钻进的钻孔中,斜率小于1°/百米的占31%,斜率在1~2°/百米的占50%,超过2°/百米的占18%。若以现行岩心钻探规范为标准,即钻孔顶角的最大允许弯曲度在100米间距内不得超过2~3°,则上述金刚石钻孔全部合格,而钢粒钻进只有60%的钻孔能合格。但是,由于该矿区钻孔较深,勘探网度较密,要求终孔位置水平位移小于20米,所以金刚石钻进的深孔质量目前也还不能完全满足地质设计要求。

从图3和图4的对比来看,金刚石钻进时钻孔方位弯曲的规律性似比钢粒钻进的要强一些。

2. 从钻孔顶角的变化程度看,金刚石钻进钻孔顶角的变化量几乎是一个常数,而钢粒钻进时钻孔顶角的变化量则随孔深的增加而增加。

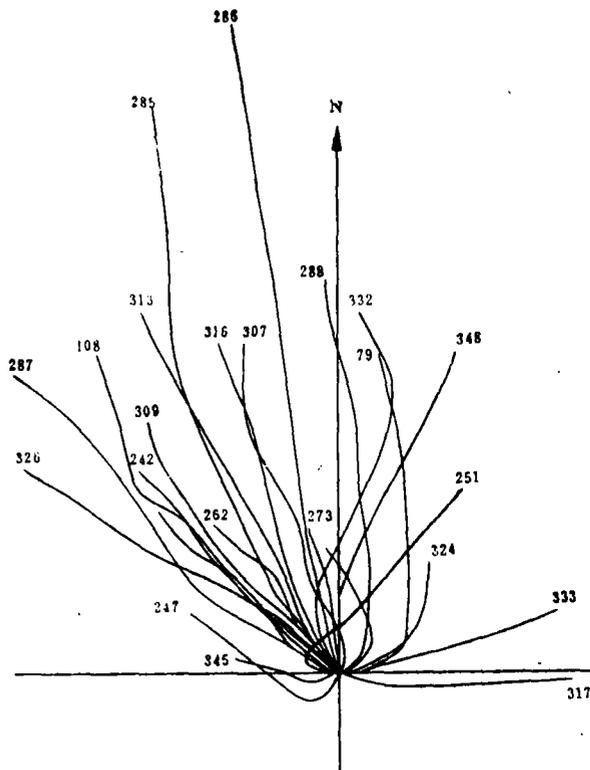


图 3 金刚石钻进时钻孔方位弯曲图

在同样的地质条件下为什么会有这种区别呢?这主要是由于钢粒钻进时磨料在孔底分布的不均匀性随孔深增加(确切些说应该是随顶角增加)而增加所造成。在金刚石钻进中,作为磨料的金刚石颗粒是均匀地(相对来说)布镶在钻头唇面上的,与钻孔顶角的改变无关。

3. 虽然从整个钻孔对比来说,金刚石钻进时钻孔的弯曲程度比钢粒钻进时小,但在施工中金刚石钻进时钻孔的弯曲问题还是存在的,而且在某些情况下有时还很突出。例如在浅孔段(0~200米)金刚石钻进的钻孔弯曲有时超过钢粒钻进,在易发生孔斜的地层钻进时,金刚石钻进的钻孔弯曲也很明显。因此在易发生孔斜的地层中进行金刚石钻进时,也还要十分注意预防钻孔的弯曲问题。

究竟为什么会发生钻孔弯曲呢?用什么方法来减少或防止钻孔弯曲呢?

表 2

钻进方法	岩石名称			备注
	大理岩	熔岩	辉长辉绿岩	
金刚石钻进	2°56'	2°27'	0°16'	浅色与深色熔岩没有分开
钢粒钻进	2°12'	3°19'	1°51'	

首先, 钻孔弯曲与所钻进的地层条件有关。从表2中可以看出, 在辉长辉绿岩中用金刚石钻进时, 钻孔几乎不发生弯曲, 而在产状变化大的大理岩及局部片理化发育的熔岩中钻进时, 钻孔弯曲严重。也就是说在钻进中遇到的岩石有的是比较均质的, 如大部分岩浆岩, 包括花岗岩、辉长辉绿岩等, 这时钻孔弯曲就小; 有的岩石则具有各向异性, 如变质岩中的各种片岩、板岩等, 这时钻孔弯曲就大。这些片理发育的岩石, 当外力垂直其层面或平行其片理面作用时所表现出的机械性能是不一致的。一般来说, 垂直于片理面钻进时阻力最小, 表现为机械钻速最大。因此当钻孔与岩层有一交角时, 钻孔趋向垂直于岩层面发生弯曲。

此外, 当钻孔遇到溶洞、硬块嵌入、裂隙、节理等各种情况时都可能引起钻孔弯曲。

以上就是通常所谈的钻孔弯曲的地质因素。

钻进片理发育的岩层容易引起钻孔弯曲, 但是否一定发生弯曲, 或是否弯得都很严重, 这与钻进时采取的操作规程也很有关系。

钻进时, 通过钻具在钻头上施加一定轴心压力, 同时在回转过程中破碎岩石。在钻进均质岩石时, 施加在钻头上的压力和孔底的反作用力可以说都作用在钻孔轴线上; 而在钻进各

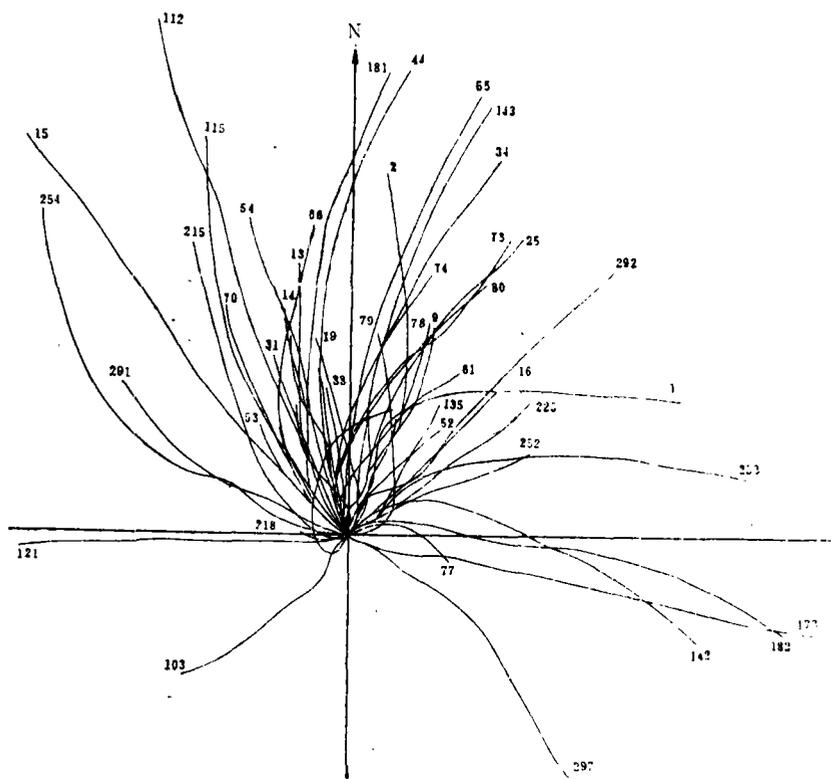


图 4 钢粒钻进时钻孔方位弯曲图

向异性岩层时，这作用力与反作用力就不在一直线上，从而形成一个力矩，欲使钻头偏离原轴线方向。至于钻头是否偏离原方向则要看紧接钻头的粗径钻具在这一“倾覆”力矩作用下是否仍能保持原来的钻孔轴线方向。如能严格保持原来的方向，则钻孔不会或很少弯曲。要使粗径钻具保持原来钻孔方向需要具备两个条件：第一，粗径钻具是绝对刚性的，即不发生任何弯曲；第二，粗径钻具没有倾倒的余地。这第二个条件在钻进中很难做到，因为在钻进过程中冲洗液要循环，以排除井底岩粉等，这就必须要有间隙。有间隙时，即使一个很小的“倾覆”力矩就可使粗径钻具倾倒。只是间隙小，钻具倾倒得小，钻孔弯曲就小些；反之，间隙大，钻具倾倒程度大，则钻孔弯曲就大。有间隙存在的情况下，为了减小钻具的倾倒程度，就提出一个钻具长度问题。显然，在间隙既定时，粗径钻具越长，其倾倒程度就越小，钻孔弯曲也就可能小些。但事物总是矛盾的。粗径钻具过长，其刚性就降低，也容易造成钻孔弯曲。因此有一个合理选配粗径钻具长度的问题。

分析金刚石钻进的特点可以看到，金刚石钻进时孔壁间隙很小，这是由于钻头与岩心管直径差较小，只1.5毫米（合金钻进钻头与岩心管直径差为4毫米，钻粒钻进为2毫米），另一方面，金刚石钻进时的扩孔程度小，钻孔直径与钻头外径差只1毫米左右（钻粒钻进时扩孔最严重，钻孔直径为钻头直径的140~160%，合金钻进次之），间隙小，这对防止钻孔弯曲来讲是有利的。

但还有不利的一面，那就是金刚石钻进用的岩心管直径小、管壁薄，因之刚性也小。刚性一般与轴惯性矩（J）成正比。金刚石钻进用的 $\phi 55$ 毫米岩心管的轴惯性矩只有钢粒钻进用的 $\phi 108$ 毫米岩心管轴惯性矩的十分之一，而金刚石钻进时的钻压比钢粒钻进只小30~40%因此相对来说，其刚性就显得小。

前面谈到，当间隙一定时，孔底粗径钻具越长，其倾倒程度越小，它们的关系可用下式表示：

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{f}{l}$$

γ —粗径钻具与钻孔轴线间的夹角；

l —粗径钻具长，毫米；

f —钻孔与粗径钻具之间的间隙，毫米；

$$f = \frac{D-d}{2}$$

D —钻孔实际直径，毫米；

d —粗径钻具外径，毫米。

根据这关系式，作出不同 f 值时 γ 与 l 的关系（即粗径钻具倾倒程度与其长度的关系）曲线如图5。

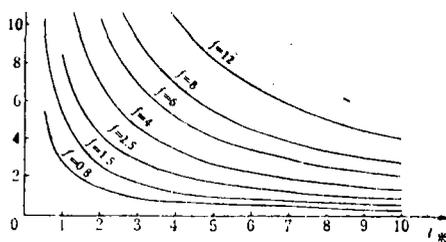


图5

从图5可清楚地看出,当间隙一定时,开始加长 l , γ 迅速减小,但当 l 加长到一定程度时, γ 减小很少。这时的 l 值可认为是合理的长度。对不同的间隙来说,这合理长度是不同的。间隙小,这合理长度小些;间隙大,这合理长度要大些。对金刚石钻进而言,由于间隙小,粗径钻具的合理长度可取5米左右,这样,也就在一定程度上弥补了金刚石钻进用岩心管刚性低的弱点。

粗径钻具工作时靠孔壁来导向,就必然与孔壁接触。在坚硬岩层中只要少数接触点即可取得良好的支承;在软岩层中,由于孔壁容易被冲蚀而扩大,使粗径钻具失去导正作用,这时就要求钻具与孔壁有较长的接触面。为此,在孔底粗径钻具的上部常用不同类型的扶正器。金刚石钻进时,在粗径钻具的下部和上部都接有扩孔器,除了保护金刚石钻头和保持孔径外,对加强导向作用,防止钻孔弯曲,减少岩心管磨损,都起到积极的作用。

上面谈的是孔底钻具组对钻孔弯曲的影响。然而,“武器是战争的要素,但不是决定的因素,决定的因素是人不是物。”在地层变化后,如何选用合理的孔底钻具组,要靠人去掌握,选好钻具组后也还要靠人的正确操作,才能收到效果。如钻进时给压的大小以及给压的均匀性对钻孔弯曲的影响是很明显的。一般说来,在易发生钻孔弯曲的地层钻进时,压力大钻孔弯曲就大,这主要是由于压力大时,孔底破碎不均匀性加剧,引起钻孔弯曲增大。因此在各向异性地层、软硬互层中钻进时,压力都要适当降低。操作中还要注意给压的均匀性。孔底压力忽大忽小,钻孔弯曲也就严重。给压的均匀性与设备的性能密切相关,如手把式钻机加压就很难均匀,油压给进钻机就要好些。但更重要的是操作者要正确判断孔内情况,不能进尺一慢就盲目加大压力。

预防钻孔弯曲,除以上所述外,还必须从一开始就加以注意,即要从设备按装、开孔操作、下定向管等抓起。这已为大家所熟知,这里就不具体谈了。

《矿石分析译文》征订启事

遵照伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导,冶金地质内部刊物《矿石分析译文》,自1974年试办季刊以来,至今已出版、发行八期,1976年仍按季刊出版,欢迎读者订阅。

《矿石分析译文》着重翻译化学分析、仪器分析方面的研究报告、方法改进、专论和综述、新技术和新试剂的应用等内容,其中侧重化学分析和国内较普遍应用的发射光谱、原子吸收光谱、经典极谱及示波极谱等电化学分析方法和少量的最新仪器进展、国外分析化学消息等题材。内容有全译、摘译、编译或编写。

订阅办法:每期0.40元,全年1.60元,订款由银行(或邮局)寄桂林冶金地质研究所,银行帐号为桂林市人民银行东江办事处78931,务必在汇款单上注明“订阅《矿石分析译文》用款”,并请详细写明地址,单位名称(个人订阅写明姓名)及订阅份数。

通讯处:桂林冶金地质研究所《矿石分析译文》编辑组。