

②岩石不宜太硬，否则效率低，工时多，甚至发生故障。使用合金钻头过楔面时，宜选择可钻性6级以下岩层；用金刚石钻头过楔面，岩石可钻性最好在8级以下。

③若在同一孔中需多次纠斜时，纠斜间距宜大于15米，否则由于钻孔弯曲强度大，施工困难。

2. 楔子安装角的理论确定与修正 用于求得楔子安装角的方法很多。我们采用中南矿冶学院探工教研室编的《岩芯钻探工艺》和高森副教授著的《定向下楔的计算解法及附表》中所提供的公式来计算安装角的理论值：

$$\cos \gamma = \cos \theta_0 \cos \theta_1 + \sin \theta_0 \sin \theta_1 \cos \Delta \alpha$$

$$\operatorname{ctg} \beta' = \frac{\operatorname{ctg} \theta_1 \sin \theta_0 - \cos \theta_0 \cos \Delta \alpha}{\sin \Delta \alpha}$$

$$\beta = 180^\circ - \beta'$$

式中 γ —楔顶角； θ_0 —原孔顶角；

θ_1 —新孔顶角； $\Delta \alpha$ —方位角增量；

β' —安装角补角； β —安装角。

在以偏重自动定向为原理的定向纠斜中，总是把偏重器的重力作用线处于钻孔弯曲平面来组

装楔子安装角的。然而，由于楔子本身有不可忽略的重量，故在孔内安装后，偏重器的重力作用线不可能处在钻孔弯曲平面内，这就意味着楔子在孔内的实际安装角达不到计算的理论值。因此，如果按理论值来组装导斜楔的安装角，纠斜效果与预想的就会相差很远。为此，必须对安装角的理论值进行修正。经我们多次摸索，无论是死楔子还是活楔子定向纠斜，实际安装角较理论值增加20°左右，纠斜效果才与预期接近。

3. 死楔子与活楔子纠斜的比较 由于在扩孔、扫狗腿弯工序中，死楔子的导斜槽亦起着导向作用，故纠斜效果较活楔子好。又由于死楔子的固定装置采用不可逆结构，转动的可能性很小，故在纠斜中，特别是在硬岩中纠斜，比活楔子纠斜事故少。但是死楔子纠斜，需报废一米多进尺和少量钢材。

4. 造斜钻具有待改善 在小口径金刚石钻进中，用合金造斜钻具纠斜，效率低，后患多（如碎合金片损坏金刚石钻头）。因此，笔者建议有关部门应重视小口径金刚石造斜钻具的研究、配套与完善工作。

钻机液压给进系统分析

冶金部地质研究所 章兼植

钻机所采用的液压给进系统，从结构上看型式很多，但从工作原理来看，只有两类。一类是给进力为独立的可调参数，与钻进速度无关；另一类是给进力为可调参数，但与实际钻进速度有一定的关系。

第一类称为定压给进系统，典型油路如图1，其附加给进力为：

$$F_{加} = P_{上} f_{上}$$

$$F_{减} = P_{下} f_{下}$$

式中 $F_{加}$ 、 $F_{减}$ —给进系统的附加给进力，公斤；

$P_{上}$ 、 $P_{下}$ —油缸上、下腔中的油压力，公斤/厘米²；

$f_{上}$ 、 $f_{下}$ —油缸上、下腔的承压面积，厘米²。

我国XU300-2型，瑞典泰美克250型等钻机的给

进系统属于这一类。

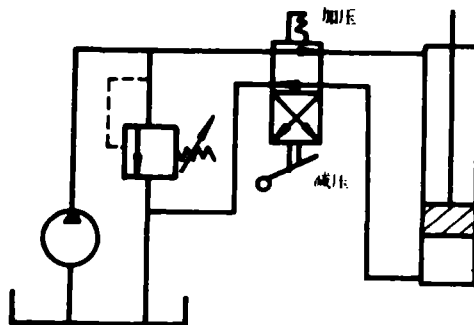


图 1

第二类称为调速给进系统，其典型油路见图2。国内、外绝大部分钻机均采用这类给进系统，其附加给进力为：

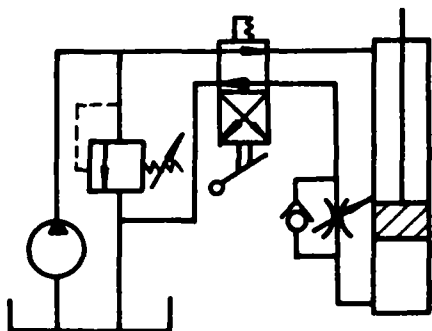


图 2

$$F = P_{上} f_{上} - KV^2 f_{下}$$

式中 KV^2 —节流孔（薄壁）前后压力差，由薄壁小孔的流量公式

$$Q = \mu f_{\frac{\pi}{4}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}$$

可得

$$\Delta P = \frac{Q^2 \rho}{2\mu^2 f_{\frac{\pi}{4}}^2} = \frac{f_{下} V^2 \rho}{2\mu^2 f_{\frac{\pi}{4}}^2} = KV^2$$

式中 V —钻进速度，厘米/秒；

μ —流量系数，对液压油可取0.6~0.73；

ρ —油液密度，公斤·秒²/厘米⁴；

$f_{\frac{\pi}{4}}$ —小孔（节流口）面积，厘米²。

两类系统的对比

对于金刚石（或硬质合金）回转钻进，公认的一个观点是要求钻头与孔底岩石单位接触面积上的压力不小于某一值（钻压下限值）。否则将不能获得好的钻进效率，而且会造成钻头抛光而出现打滑现象。这时，即使再加大钻压也很难进尺。钻压下限值随岩石抗破碎强度的增大而提高。另一方面，考虑到钻头强度及耐磨性，孔底压力值也有一个上限。在实际钻进中，对于不同的岩石均有一个比较适当的压力值，岩石抗破碎能力越强，该值应越大。当然，该值也应是处于钻压下限和上限之间的。这就要求钻机的给进系统在对某种岩石钻进时首先应能保持孔底压力值不变；其次是能随着孔底岩石抗破碎强度的变化自动地改变孔底压力，特别是对于有软硬互层和空洞的钻孔，这尤为必要，因为这时人为地调节孔底压力是困难的。

总的来说，对给进系统的要求是：①岩石不变时，保持孔底压力值不变；②岩石变化时，孔底压力相应地变化。以这两条要求对上述两种给进系统分析对比如下。

1. 定压给进系统 特点是在整个给进行程中保持给进力不变，但并不等于保持了钻头上轴向力的不变，因为钻头上的轴向力为

$$P = Q + F_{给} - F_{阻}$$

式中 Q —钻具在冲洗液中的重量，公斤；

$F_{给}$ —给进系统的附加给进力（加压为正，减压为负），公斤；

$F_{阻}$ —孔内阻力造成的轴向力损失，公斤。

虽然在一个给进行程中， Q 不会变化， $F_{给}$ 也可保持不变，即给进力（ $Q + F_{给}$ ）不变，但 $F_{阻}$ 是个变值。冲洗液造成的反顶力及钻杆柱与孔壁摩擦力的变化造成了 $F_{阻}$ 的变化^[1]。这样，钻头上的轴向力实际上是变化的。这种变化是不规则的，不是我们所要求的与孔底岩石变化相适应的那种变化。这种不规则的变化将造成钻头上轴向力过小或过大，使钻头打滑或过载。另外，钻头本身在钻进过程中切削能力的改变，要求相应地改变施加于其上的轴向力，以保持合适的孔底压力值不变。定压给进系统没有这种相应增减给进力的性能。

2. 调速给进系统 特点是，当人为地预先给定了一个合适的给进力值后，在整个给进行程中，该力随着机械钻速的变化而自动地变化。无论是孔底岩石发生变化，还是孔内钻具轴向运动阻力发生变化，或是钻头切削能力发生变化，均会导致钻进速度的变化，这时调速给进系统就会自动地加大或减小钻头上的轴向力。例如，由于孔内钻具轴向运动阻力发生变化使钻头上轴向力增大或减小时，造成了机械钻速相应的增大或减小，这时，给进力就会相应的减小或增大，以保持孔底压力值不变。当孔底岩石变硬或变软时，造成机械钻速减小或增大，给进力就会相应地增大或减小，以适应不同岩石对孔底压力值的不同要求。当钻头切削能力发生变化时，也会导致给进速度变快或变慢，这时给进力就会相应地减小或增大以保持孔底压力值不变。

对定压及调速两类给进系统的特点进行分析之后,可以看出调速给进系统是较好的。当孔内轴向阻力或钻头切削能力发生变化时,调速给进系统能保持孔底压力(不是轴向力)不变;当孔底岩石抗破碎强度发生变化时,又能使孔底压力相应地改变。虽然据苏联试验测定,该系统对孔底钻进速度变化的反应速度并不是很快的,300米孔深需20~30秒,1000米孔深需60~90秒^[1],但给进力的自动补偿作用是具有的。尽管这种补偿能力并不很理想。苏联在1963~1964年用日本TF-3A钻机在台架上进行了两种给进系统的对比试验,在软硬互层的人造岩块中(花岗岩碎块用300号水泥胶结),调速给进系统的钻头寿命为定压给进系统的1.5~2倍,钻具的纵向振动也成倍地降低了。ЗИФ、БСК、УКБ型钻机的野外试验也证实了上述台架试验的结果^[1]。目前,绝大部分钻机采用调速给进系统,这一事实也是该系统优于定压给进系统的有力证明。

调速给进系统的型式

图2所示的调速给进系统是比较老的,现在配备这种给进系统的钻机中有半数已不用定量

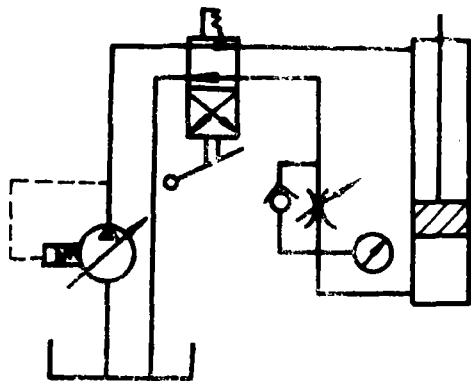


图 2

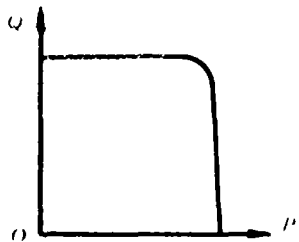


图 4

泵,而用变量泵^[1]。如图3所示。这种泵的特性曲线见图4。这样,油缸上腔的油压在给进时可以认为是保持常值的。无论是加压还是减压,当下腔油路上的节流阀完全关闭时,压力表所指示的值即为钻具在冲洗液中的重量与油缸上腔压力之和。把这时的压力表指示值作为零点,慢慢打开节流阀,压力表重新示出的值即为实际的给进力。显然,这种型式的调速给进系统不仅具有减少能量损失、防止油液发热的作用,而且使给进力的调节、指示十分简便。

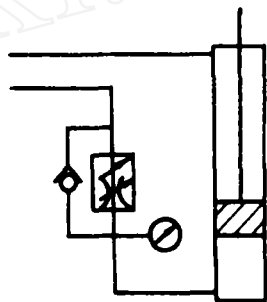


图 5

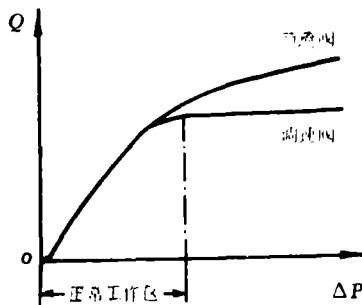


图 6

还有一种调速给进系统与图2、3所示的有些区别,即在油缸下腔的油路上不采用可调节流阀而是采用调速阀。图5为这种系统的局部油路。这种系统与采用可调节流阀的系统在工作原理上没有什么区别。在正常钻进时,该调速阀的确定速度比实际钻进速度要大,所以实际上仍然只起一个节流阀的作用。这可从节流阀与调速阀的特性曲线^[2](图6)看出。但采用调速阀后,最大给进速度受到了限制,这不仅对防止钻具的突然下落有良好的作用(如遇到空洞时),而且能限制钻进速度不超过某一限值,这对于提高钻头寿命(特别是对于孕镶钻头)是有好处的。我国一

些勘探队在用人造金刚石孕镶钻头时都有这种体会。苏联的研究试验也证明了这一点^[3]。另外,采用调速阀还可根据不同的岩层人为地调定极限钻进速度。目前应用调速阀的钻机还不多,托拉姆2×20型钻机为一例。

给进系统的改进

调速给进系统在性能上具有不少特点,已被广泛地用于钻机上,但是还应看到它的不足之处。在不少评论该种系统的著作中,均已指出在深孔钻进时,为了平衡掉较多的钻具重量,给进油缸下腔要求有高的油压。这就要求节流阀的开口很小,往往导致堵塞而失去给进能力^[1]。除此之外,还应看到,不管什么原因造成钻头不进尺时,油缸下腔的油压就会等于零,这将造成钻头上轴向力过大而损失钻头,特别是孔深时这种危险性更大。还有一种情况也不能忽视,对于恒功率自动调节回转速度的全液压钻机,当孔的回转阻力增大时,转速自动下降,钻进速度也相应地下降,这时就会使轴向力增大,可能造成回转阻力更大,转速进一步下降,轴向力进一步上升,这种恶性循环将造成事故。泰美克250型钻机所以没有采用这种给进系统也可能有这方面的原因。为了克服上述缺点,有必要对现用的调速给进系统作进一步的改进。看来在油缸下腔油路上除了调速阀外再串接一个平衡阀是必要的,其局部油路如图7所示。在该系统中,调速阀的极限流量是可调的,

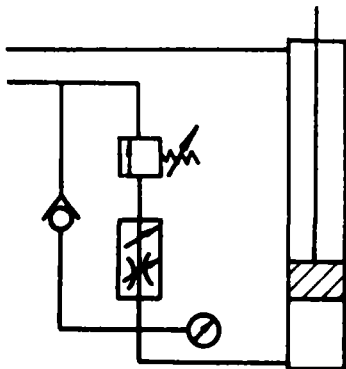


图 7

但最大压力降是固定值(见图8)。在设计上可使油缸产生一个不太大的平衡力,所需的剩余平衡力由平衡阀产生,这时给予钻头上的轴向力为:

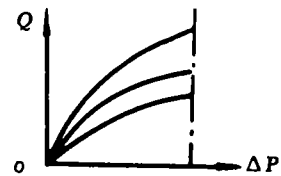


图 8

$$P = Q + F_{\text{给}} - F_{\text{阻}}$$

$$F_{\text{给}} = F_{\text{上}} f_{\text{上}} - (F_{\Psi} + KV^2) f_{\text{下}}$$

$$\text{则 } P = Q + F_{\text{上}} f_{\text{上}} - F_{\Psi} f_{\text{下}} - KV^2 f_{\text{下}} - F_{\text{阻}}$$

式中 F_{Ψ} —平衡阀的调定溢流压力。

当 Q 、 $F_{\text{上}}$ 、 F_{Ψ} 均确定并不变时,

$$P = A - KV^2 f_{\text{下}} - F_{\text{阻}}$$

由上式可见,其给进特性与一般常用的调速给进系统是一致的,但由于调速阀所需承担的压差较小,钻头从不进尺到以最大调定极限速度进尺,给进力的变化不是太大。这样,当由于某种原因不进尺时,钻头的轴向力不致增得过大而造成损坏。另外在孔深时,大部分减压力由平衡阀承担,调速阀两端的压差较小,所以阀中节流孔开口较大,不易造成堵塞。当用于恒功率调速的全液压钻机中时,孔内阻力增大、回转速度降低而导致钻速下降所引起的给进力上升也有限,故不致造成事故。所以这种改进后的给进系统既具有一般调速给进系统的特点,又在很大程度上克服了它的不足之处。在该系统中,调速阀的最大工作压降值应定为多大合适,还需作进一步的测定。据苏联试验,用一般的调速给进系统时,机械钻速在20~50%范围内变动,而仅仅在个别情况下,轴向力大小值之比在1.3以内。这样看来,调速阀能产生300公斤的平衡力已足够了,这时可使预调定的给进力变化在150公斤左右。

参 考 资 料

- [1] Картыш В. Г. и др., Современные зарубежные буровые станки и установки, Негра, 1976, с. 200~217.
- [2] 广州机床研究所、广州业余大学编, 液压技术, 1972, 34页, 323页
- [3] Бугасев А. А. и др., Станки для алмазного поискового бурения, Научная думка, 1978, с. 191~205
- [4] 杨惠民、周家骏译, 国外钻探设备参数和结构特征变化的主要趋向, 地质科技资料选编(五十一), 1979, 27~28页