



小口径钻孔孔壁稳定问题探讨

中南矿冶学院 陈志超

复杂岩层钻进中的护壁堵漏问题，至今仍然是生产中的难题之一。近年来的研究工作着重在选择护堵材料及应用技术方面，虽然取得了一定成绩，积累了一定经验，但对护堵的工作对象——地层，缺乏系统的分析与研究，如地层失稳的条件，漏失的规律等，一般仅停留在感性认识的水平上。为了进一步提高护堵效果，很有必要按照地层客观存在的条件，外界影响因素，分析其产生复杂情况的原因，从中找出维持孔壁稳定和孔眼系统平衡的方法。

小口径金刚石钻进在冶金、地质、二机、煤炭等部门推广以来，在提高钻进效率，保证钻孔质量和降低钻探成本等方面，都取得了一定经验。继续巩固、发展和提高金刚石钻进技术水平，大力推广金刚石钻进方法，是实现我国钻探工作现代化的重要途径之一。但是，小口径钻进遇到的难题之一就是如何顺利地钻过复杂岩层。一些矿区用 $\phi 91$ 毫米以上的孔径可以顺利通过的岩层，改用 $\phi 57 \sim \phi 47$ 毫米的小口径钻进后，由于孔壁破坏，孔内发生坍塌掉块而无法通过。

本文就小口径钻孔孔壁不稳定的原因及其稳定措施，作初步的综合性探讨。

影响孔壁稳定的因素

造成孔壁坍塌掉块或缩径膨胀等不稳定现象的原因是多方面的，归纳起来有如下几点：1) 地层应力的作用；2) 冲洗液的破坏；3) 起下钻时产生的压力激动破坏；4) 地质因素。这些因素有时是共同存在的，有时是某一因素起主导作用。

1. 地层应力作用下孔壁的破坏 地壳中的岩层一般都是处在相对平衡或相对稳定状态。钻孔是在钻头不断地破碎岩石而逐渐形成的。随着钻孔的加深，新孔壁连续出现。如果所钻的地层是坚硬致密的岩石，则在钻孔形成之后，由于岩石

本身的强度足以承受上覆岩层的压力，故孔壁能继续保持稳定状态。如果是松散破碎或结构不稳定的岩层，由于钻去岩层中原来借以互相支持的那一部分岩石，使它们失去了维持平衡或稳定的条件，而造成孔壁周围岩石应力集中。在上覆岩层压力作用下，孔壁岩石向孔内移动，尤其是倾角大，或强度低、塑性大、胶结性差等力学不稳定的岩层，表现得更明显。

设上覆岩层压力为 P ，则

$$P = H\gamma_B$$

式中， H —地质柱状剖面垂直高度，米；

γ_B —岩层基质密度。

对于沉积岩层，考虑岩石的裂隙性时，则

$$P = \sigma + P_f$$

式中， σ —岩石颗粒间的应力；

P_f —地层压力或孔隙压力， $P_f = H\gamma_f$ ；

γ_f —孔隙中流体密度。

P 是正应力，而使孔壁产生坍塌的力是岩石的侧压力。侧压力和正压力的关系是：

$$P_c = \lambda P$$

式中 λ —侧压系数， $\lambda = \frac{\mu}{1-\mu}$ ；

μ —岩石的波桑比。

λ 值大约有如下关系：

坚硬岩石 $\mu = 0.1 \sim 0.3$ $\lambda = 0.1 \sim 0.43$

软弱岩石 $\mu = 0.2 \sim 0.4$ $\lambda = 0.21 \sim 0.67$

孔壁不稳定的岩层一般是松散破碎、胶结性差或松软的岩层，其 λ 值一般较大，即 P_c 较大。故钻孔形成后，极易在 P_c 作用下产生失稳现象。

岩石在应力作用下的性状可以通过三轴试验机进行测定。试验时保持侧向压力和孔隙压力不变，增加轴向负荷，并测量轴向变形。试验证明，岩石的变形取决于颗粒间的应力，轴向和侧向颗粒间的应力差在试样上引起剪切应力，当这个剪切应力达到屈服限时，岩石就产生脆性破坏或

塑性变形。如果用 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 表示作用在岩样上的最大、中间和最小主应力，当 $\sigma_1 - \sigma_3$ 的差值超过岩石的强度时，岩石就发生破坏。

图1是三向应力分布情况。破坏条件可用摩尔圆来表示(图2)。作图时以 $\sigma_1 - \sigma_3$ 的差值画于横轴上，以 $1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$ 为半径画圆，圆的切线所包围的面积为稳定状态区。破坏线在y轴上的截距代表岩石的

粘结强度 c ， ϕ 代表内摩擦角。

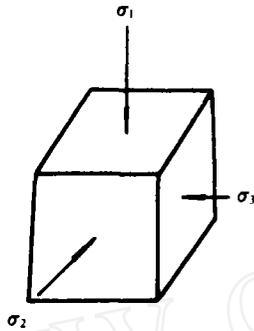


图1 三向应力分布图

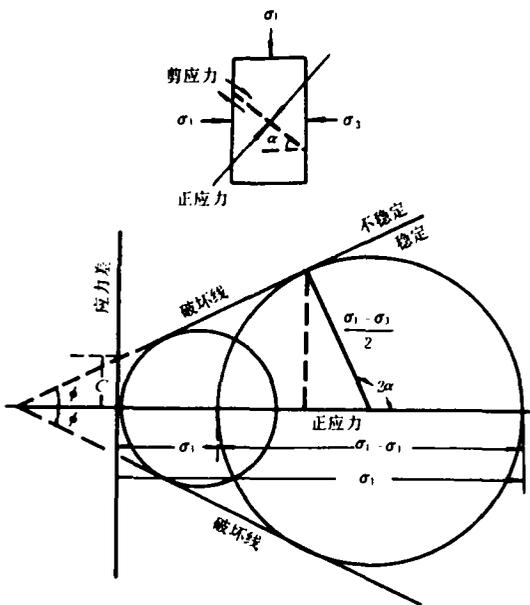


图2 塑性破坏时的摩尔包络线

从摩尔圆上可知，破坏时最小主应力 σ_3 可表示如下：

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_y &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \left(1 - \frac{a^2}{y^2}\right) + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \left(1 + 3\frac{a^4}{y^4} - 4\frac{a^2}{y^2}\right) \cos 2\theta \\ &\quad + \tau_{xy} \left(1 + 3\frac{a^4}{y^4} - 4\frac{a^2}{y^2}\right) \sin 2\theta \\ \sigma_\theta &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \left(1 + \frac{a^2}{y^2}\right) - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \left(1 + 3\frac{a^4}{y^4}\right) \cos 2\theta \\ &\quad - \tau_{xy} \left(1 + 3\frac{a^4}{y^4}\right) \sin 2\theta \end{aligned} \right.$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right) - \frac{2C \cos \phi}{1 + \sin \phi}$$

Hubbert和Willis^[1]指出，对无胶结的砂层 c 值为零，而 ϕ 为 30° ，这时 $\sigma_3 = 1/3\sigma_1$ 。

对于无胶结的粘土， ϕ 值为零，破坏发生在 $\sigma_1 - \sigma_3 = 2C$ 的条件下。

为了进一步说明孔壁失稳的力学本质，下面分析孔壁周围的应力分布情况。

这里把钻孔周围的地层模拟为沿钻孔轴线平面应变状态下的线性弹性体，不考虑经地层流入或经钻孔流出的液体流动。

设压应力为正，孔内流体压力为正。根据岩体力学中孔壁应变法的基本原则，设与钻孔轴线重合的直角坐标系中岩体某处六个应力分量为：

σ_x 、 σ_y 、 σ_z 、 τ_{xy} 、 τ_{yz} 、 τ_{zx} ；如用极坐标系表示，则岩体某处的六个应力分量为： σ_r 、 σ_θ 、 σ_z 、 $\tau_{r\theta}$ 、 $\tau_{\theta z}$ 、 τ_{rz} 。其中 σ_r 为径向应力分量； σ_θ 为切向应力分量； σ_z 为轴向应力分量，Z轴与ZZ轴平行。两种应力系统如图3所示。

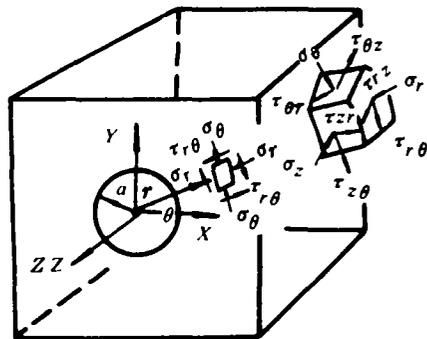


图3 钻孔孔壁应力分布

根据弹性力学的应力转轴换算公式及圆孔周围的应力集中解，上述二应力系统间存在着下述换算关系：

$$\begin{cases} \sigma_z = \sigma_{zz} - \mu \left[2(\sigma_x - \sigma_y) \frac{a^2}{y^2} \cos 2\theta + 4\tau_{xy} \frac{a^2}{y^4} \sin 2\theta \right] \\ \tau_{y\theta} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \left(1 - 3\frac{a^4}{y^4} + \frac{2a^2}{y^2} \right) \sin 2\theta + \tau_{xy} \left(1 - 3\frac{a^4}{y^4} + \frac{2a^2}{y^2} \right) \cos 2\theta \\ \tau_{\theta z} = (-\tau_{zx} \sin \theta + \tau_{yz} \cos \theta) \left(1 + \frac{a^2}{y^2} \right) \\ \tau_{yz} = (\tau_{zx} \cos \theta + \tau_{yz} \sin \theta) \left(1 - \frac{a^2}{y^2} \right) \end{cases}$$

式中, a —钻孔半径;

y —极坐标半径;

θ —极角; μ —地层的波桑比。

上式括弧中含 a/y 的诸项, 即反映了钻孔对相应的应力分量所产生的影响。

当 $y = a$ 时, 即在孔壁上时, 上式可改成:

$$\begin{cases} \sigma_y = \tau_{y\theta} = \tau_{yz} = 0 \\ \sigma_\theta = (\sigma_x + \sigma_y) - 2(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\theta - 4\tau_{xy} \sin 2\theta \\ \sigma_z = \sigma_{zz} - \mu \left[2(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\theta + 4\tau_{xy} \sin 2\theta \right] \\ \tau_{\theta z} = 2\tau_{yz} \cos \theta - 2\tau_{zx} \sin \theta \end{cases}$$

上式说明, 在孔壁上与 y 有关的应力分量为 0, 孔壁上各点处在二向应力状态。

上述情况是按干孔考虑的, 实际上钻孔中因

存在冲洗液, 故 $\sigma_y \neq 0$, 而 $\sigma_y = P_w$ 。 P_w 为孔内液柱压力, 方向为正。

最后得到计算钻孔周围岩层的应力公式为^[2]:

$$\begin{cases} \sigma_y = P_w \\ \sigma_\theta = (\sigma_x + \sigma_y - P_w) - 2(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\theta - 4\tau_{xy} \sin 2\theta \\ \sigma_z = \sigma_{zz} - \mu \left[2(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\theta + 4\tau_{xy} \sin 2\theta \right] \\ \tau_{y\theta} = 0 \\ \tau_{\theta z} = 2\tau_{yz} \cos \theta - 2\tau_{zx} \sin \theta \\ \tau_{yz} = 0 \end{cases}$$

如果所钻的孔是直孔, 对于各向同性的岩体, 在 x 和 y 方向产生的侧向应力 σ_x 和 σ_y 相同, 则上式可简化为:

$$\begin{cases} \sigma_y = P_w \\ \sigma_\theta = 2\sigma_H - P_w \\ \sigma_z = \sigma_{zz} \end{cases}$$

式中 σ_H = 水平应力。

上述方程式组可以用来计算破坏时的应力状态, 孔眼的破坏或者是超过岩石的抗张强度或者是超过其抗压强度而造成。

对于容易产生缩径膨胀即塑性流动的地层, 当钻孔形成时, 地下岩石的水平应力是被释放出来的。这样, 在孔壁上径向应力比孔内液柱压力大时, 孔眼会收缩的。如果由此而引起的应变未超过岩石的弹性极限, 则孔径的减小可以忽略不计, 如果应变超过岩石弹性极限, 则将产生塑性

变形, 由此, 在钻孔周围形成塑性变形圈 (图 1)。

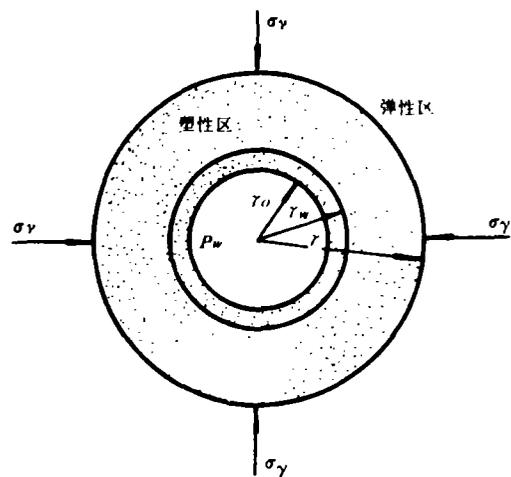


图 4 钻孔的塑性变形

r_0 —钻孔原半径; r —变形后的钻孔半径;
 r_1 —塑性变半径; P_w —孔内液体压力

孔径减小而塑性区的外径增加,直至孔壁上的径向应力等于孔内液体压力。

如果极限应变未超过,则钻孔是稳定的。稳定时塑性区的内外径决定于岩石的延性 ϕ ,岩石的凝聚力 c 和塑性区与弹性区两者间的应力分布。

因为这两者间的应力是随孔深而增加的。为保持稳定所要求的塑性区宽度也随孔深而增加。如果岩石的极限应变在所要求的塑性区宽度达到之前就被超过,则钻孔将被挤坏。

通过以上的分析可以看出,在上覆岩层的覆盖压力作用下,由于岩石本身的强度不够,是造成钻孔通过复杂岩层时孔壁发生不稳定的基本原因。一般说来,岩层的侧压力是随着孔深增加、孔径加大而相应地增大的。从这点来看,小口径钻孔应比大口径钻孔有利一些。但由岩层的内聚力、胶结程度等所体现的本身强度却是本质的东西。因此对于地层应力破坏作用的研究,应给予足够的重视。

2. 冲洗液的破坏作用 冲洗液对复杂岩层的破坏是多方面的,它包括了岩层的水化作用和水对岩层的直接冲刷等。在岩芯钻探中,特别是小口径金刚石钻进中,一般非不得已是不用泥浆作冲洗液的,即使用了泥浆,有时质量也往往得不到保证,因此,水对地层的破坏作用是经常的也是严重的。

所谓岩层的水化作用,是指如粘土、页岩、泥岩、板岩、片岩、石膏、岩盐等水敏性地层,它们与水接触时,由于存在表面水化力和渗透水化力,通过对水分子的吸附、吸入和吸收,把水吸到岩层的内部结构中。有些因水化溶解而使孔径扩大,如岩盐、石膏等;有些吸水膨胀而使孔径缩小,如以粘土为主要成分的页岩、泥岩等;还有些吸水后,结构破坏而剥落,如剥落页岩、片岩、千枚岩或一些风化岩层等。这种现象,通称为遇水不稳定。

影响岩层遇水不稳定的因素,除岩层本身的性质、结构有决定意义外,水的存在是促使它们发生变化的主要因素。

水是怎样进入孔壁岩层的呢?一是清水钻进时由于直接浸泡而造成的毛细吸附作用,二是渗

透水化作用。

一般松散、胶结不良、内聚力差或裂隙发育的岩层,都可看作是存在大量的毛细管。在它的作用下,可使水分大量地进入岩层、浸泡的时间越长,水由表及里的作用越深,破坏就越严重。

使用泥浆护孔而失水量过大时,由于压差的存在,也会有类似情况发生。

当泥浆中的含盐量与泥岩、页岩等所含水分中的含盐量存在浓度差时,也可使水分进入地层,这种作用称为渗透水化,由此而产生的作用力称为渗透压力。两种不同浓度的盐溶液之间的渗透压力可由下式计算:

$$P_{os} = RT(Q_1 m_1 V_1 - Q_2 m_2 V_2)$$

式中, R —气体常数,为 0.082 升·大气压/克分子, $^{\circ}K$;

T —绝对温度, $^{\circ}K$;

Q —盐溶液的渗透系数;

m —以摩尔数表示的溶液中盐类的浓度;

V —每摩尔溶解的离子数。

渗透水化是可逆的。当泥浆滤液的盐浓度大于地层水分中盐的浓度时,渗透从地层移向泥浆(脱水);反之,则地层吸附泥浆滤液中的水分(吸水)而膨胀、软化或崩落。

冲洗液的破坏作用还表现在循环时对孔壁的直接冲刷,这取决于冲洗液的流速和流态。紊流和上返速度高的液流对孔壁的冲蚀作用大,不利于孔壁稳定。因为紊流时液流质点的运动方向是紊乱的,不像层流时液流质点平行于孔壁,同时紊流流速高,液流质点比层流时有较大的动能,因而对孔壁有较大的冲蚀作用,使一些易坍塌地层的孔壁遭受破坏。

小口径钻孔用清水冲洗时,以 $\phi 50$ 钻杆和 $\phi 57$ 金刚石钻头钻进为例,即使水泵排量仅 30 公升/分,环空液流也足以达到紊流流态,由此可见,小口径钻孔孔壁受环空上返液流的冲刷破坏比之大口径钻孔是更加严重的。

随着低固相泥浆和无固相冲洗液的推广,冲洗液比重小、粘度低,加上小口径钻孔中钻具与孔壁的空隙小,环空上返液流也容易处于紊流状态,液流对孔壁的冲刷也是不能忽视的。

为了把泥浆在环空中的上返流速控制在层流状态,在石油钻井中,把泥浆作为塑性流体

考虑时,按 $Re^* = 2000$ 得到计算临界流速的公式为:

$$V_{\text{临界}} = \frac{10\eta_{\text{塑}} + 10\sqrt{\eta_{\text{塑}}^2 + 2.52 \times 10^{-4} \rho \tau_0 (D-d)^2}}{\rho(D-d)} \text{米/秒}$$

式中, $\eta_{\text{塑}}$ —泊: τ_0 —达因/厘米²;

ρ —泥浆的密度,克/厘米³;

D —井径,厘米;

d —钻杆或钻链的外径,厘米。

这公式可作为岩芯钻探计算临界流速的参考。

3. 起下钻时压力激动的破坏作用 升降钻具时,由于钻具在孔内液体中的运动,引起孔内液柱压力升高或降低的变化,称为压力激动。当钻具下入孔内时,孔内某一点的压力将会增加,由于下行的钻具运动所产生的压力增加,称为激动压力。从孔内提出钻具时,孔内某一点的压力也会降低,由于上行的钻具运动所产生的压力减少,称为抽汲压力。

许多事实表明:压力激动是破坏小口径钻孔内压力平衡的一个重要因素,许多孔内复杂问题往往由此产生。例如在某些地区推广小口径金刚石钻探之后,似乎孔内漏失和坍塌事故比以前增多了。这种异常现象,就是和这个问题密切有关。

起钻时,岩芯充满整个取芯钻具,因此,粗径部分就象一个柱塞一样,钻具上行时,由于间隙小,下行的液体来不及补充钻头下部的空腔而产生负压,于是对孔壁产生抽汲作用,而使下部孔壁承受张力。起钻速度愈快,负压愈高,抽汲作用愈强。与此同时,粗径钻具以上的孔内液体,由于间隙小,钻具上升速度快,来不及下行或下行很少,就被钻具带出孔口,使孔内液柱压力降低,也减少了液柱对岩层的平衡力。

这种情况,在使用泥浆洗孔时,问题就更突出一些。因为泥浆中的粘土颗粒总是以触变方式与钻具、孔壁以及其他粘土颗粒相互之间粘着在一起的。当钻具上提时,有使粘附在钻具内外表面的泥浆以与钻具相同速度向上运动的趋势,使孔内压力更加减小。

根据粗略计算,一个平均孔径为 $\phi 110$ 的千米钻孔,若是清水钻进,提上千米的 $\phi 50$ 外丝钻杆,

液面下降100米,如果是带浆提钻,就下降200米。如直径为 $\phi 57$ 的钻孔,用 $\phi 50$ 钻杆半带浆提钻,会造成液面下降500米以下,相当于一下子降低了55大气压,可见问题的严重性。

抽汲作用,还受到其他条件的影响,如孔内岩粉多,岩芯管顶端被泥包,泥浆粘度、切力高,泥皮厚等等,提钻中存在这些情况,抽汲作用都将大大增加。有时会使孔壁坍塌。

下钻时,冲洗液在高速下落的钻具挤压下,将钻具下落时产生的动能传给孔底和周围岩石,使它们承受很高的动压力。下钻速度愈快,所产生的动压力就愈高。此外,由于升降机刹车时使钻具急剧减速的惯性效应,也会引起相当大的激动压力。

计算激动压力的公式,目前多是用统计法建立起来的半经验公式。苏联 В. К. Выстороп^[7] 提出的公式是:

$$P_a = \frac{\alpha_0 u_{\text{max}} \cdot L}{d_H(\beta^2 - 1)}$$

式中 α_0 —决定于冲洗液性能和下部钻具结构的修正系数,一般为1.86~2.32;

u_{max} —最大的下钻速度;

d_H —钻具外径;

$\beta = D/d_H$, D —孔径。

压力激动造成孔壁破坏的机理可以这样理解:孔壁上承受的张力或压力在很短的时间内发生突变。因此,作用在岩石上的动载荷具有冲击性质。由于孔壁周围的岩石质量很大,所以大部分的冲击能转变为变形能,它连续地对地层产生震击,使岩石发生脆性破坏。这种现象,在最薄弱的孔段,即通常我们所说的复杂岩层,表现得最明显,这时该处的应力集中是最大的,由此可知,压力激动的结果,使孔壁在水力冲击负荷作用下而引起破坏。这种破坏对小口径钻孔比大口径钻孔严重得多。

4. 地质因素 主要是指地层在成岩过程和和

地壳运动构造应力及外界条件等影响下而使岩层本身具有不均匀性、各向异性、裂隙性、岩溶、断层破碎带、风化带以及岩层本身松软、松散、胶结性差等等。这些条件，在钻进前就客观存在，是造成孔壁不稳定的内因。我们的任务是促使矛盾向有利于孔壁稳定的方面转化，限制或减少这些不利因素的影响。特别是有些不稳定岩层，在钻穿以后，不是马上就出问题的。它的破坏往往是各种损伤积累的结果，当这些损伤达到临界条件，才会使岩石发生破坏。因此，缩短岩层裸露的时间，有着积极的意义。

5. 其他因素 主要是指钻进工艺措施的不合理。如长时间在易坍孔段冲孔；提钻过程未及时向孔内灌浆；裸眼时间过长，岩层受冲洗液浸泡过久；钻具回转或升降时对孔壁的碰撞敲打；泥浆性能不合要求等等。这些都是人为因素；要求我们高度重视，尽量避免这些情况的发生。

稳定孔壁的技术措施

综上所述，可以认为孔壁稳定的实质是在充分利用孔壁岩石本身强度的基础上，使用足够的冲洗液柱压力，同时调节好它的性能，并保持合理的钻进工艺措施，使孔壁岩层在钻进过程中不致坍塌或膨胀，或者在有些微小变化的时候仍能保持正常钻进。为此，应从下述几方面着手：

1. 保持适当的冲洗液柱压力，以维持孔内和孔壁岩石间的压力平衡

利用充满孔内的液柱压力以维持钻孔形成之后的平衡条件，这是保持孔壁稳定的基本方法。如前所述，当冲洗液柱压力与岩层的侧压力相等时，就能维持平衡，亦即：

$$P_w = P_c$$

$$\text{已知 } P_w = 0.1H\gamma_F$$

$$P_c = \lambda P = 0.1\lambda H\gamma_B,$$

$$\text{故 } 0.1H\gamma_F = 0.1\lambda H\gamma_B,$$

$$\text{亦即 } \gamma_F = \lambda\gamma_B$$

只要知道岩层本身的密度及其侧压系数 λ ，就可定出相应的冲洗液比重。

值得注意的是，一般复杂岩层多少总具有一定强度，因而可利用岩石强度本身承担一部分的

侧压力，冲洗液柱只要能够抵抗它不能承受的那部分压力就够了。

另外一种情况，有些松散岩层如流砂层， $\gamma_B = 2.3$ ， λ 值在 0.35~0.41 之间，按照上式计算出的冲洗液比重是：

$$\gamma_F = \lambda\gamma_B = 0.41 \times 2.3 = 0.943 \text{ 克/厘米}^3$$

亦即使用轻泥浆就可以与砂层平衡。但由于钻进中还受到其他因素影响而不能保持稳定。故这时还应适当提高冲洗液的比重。

为了平衡条件的可靠性，使孔壁易于形成泥皮，有利于孔壁稳定，平衡条件可改变为：

$$P_w = P_c + P_e$$

式中， P_e —考虑平衡安全附加压力，岩芯钻可取 3~10 公斤/厘米²。

在钻进过程中，钻孔的静止状态受到破坏，静平衡变为动平衡，这时环形空间还有附加压力损失，上述公式变为：

$$P_w + P_a = P_c + P_e$$

式中， P_a —液流上返时的附加压损，可用下式计算：

$$P_c = \frac{14.35u^2\rho}{(Re^*)^{0.64}2g} \times \frac{L_s}{L_j}$$

u —液流上返速度；

L_s —钻具长度；

L_j —钻杆接头长度；

g —重力加速度；

$Re^* < 1600$ 时为层流。

对于易坍地层，如能经常维持和调整好这个压力平衡关系，确保泥浆比重在平衡地层压力所必须的最小值，在相当程度上是可以保持孔壁稳定的。

如前所述，容易失去这个平衡关系的条件主要发生在起下钻的时候。因此，既要控制合理的起下钻速度，又要坚持提钻灌浆制度，尽力维持钻孔—地层间的压力平衡关系。

2. 大力推广无固相冲洗液和优质轻泥浆

为了避免水份的水敏性地层的破坏，用小口径金刚石钻头钻进的钻孔，应大力推广具有一定润滑性能的无固相冲洗液。这种新型的冲洗液虽然不用粘土配浆，但通过高分子化合物和各种交

联剂的作用,可使冲洗液具有一定的流变特性和较低的失水量,在相当程度上代替了泥浆的作用而又大大地消除了水份对地层的影响。当前已见成效的聚丙烯酰胺无固相冲洗液,魔芋胶无固相冲洗液,生物聚合物无固相冲洗液等,值得进一步研究推广。

以膨润土和高聚物为基础配制的优质轻泥浆,在对付易塌和易吸水膨胀的地层,目前仍然是行之有效的。如聚丙烯酰胺—氯化钾泥浆,钾褐煤泥浆,生物聚合物泥浆和反相乳化泥浆等。但目前岩芯钻探中对这些泥浆研究得还不够,今后是应加以重视的。

为了对付不稳定地层,目前在国外还引用了一些新型泥浆处理剂,现简介如下:

Dexrid:是一种有机聚合物,主要用来调整失水量、流变特性和保持用淡水、盐水和石膏配制泥浆时必要的固相含量,在调节失水同时还略提高粘度。它能有效地用于配制低固相泥浆,并且对冲洗液中的岩粉还有絮凝作用。加量很少就能满足要求。

K₂flo:是一种液体非离子型表面活性剂。是美国巴罗依德(Baroid)公司K-Plus(钾—附加物)钻井泥浆的基本组份之一。应用这种处理剂可以调节钾基泥浆的流变特性,保持泥浆的胶凝强度在规定的水平上。

K-Lig:是一种钾—褐煤的衍生物,呈颗粒粉末状。用来调节极高温条件下钾基泥浆的滤失特性,降低粘土的膨胀性,作为一种吸附胶体,也是K-Plus钻井液的基本组份之一。

Drltreat:琥珀色粘性液体,作为油基泥浆的稳定剂,预防泥浆和水混合并降低泥浆的滤失量。加量很少就有效果。

PAC:是一种聚阴离子纤维素,用于调整水泥浆的滤失量和粘度。它是抑制粘土页岩膨胀和破坏的护胶剂。用它对蒙脱石试样进行试验表明,它的效果比其他聚合物好几倍。

DAP:是一种磷酸二铵,对粘土的作用类似于NaCl的作用。DAP比PAC使用还早。它能预防页岩膨胀和坍塌,促进某些页岩和粘土结构的改变并使之强化。此外,DAP对植物无害,液体

磷酸铵类似于DAP的作用,且价格低廉,但运输困难。

利用PAC和DAP配成抑制性PAC-DAP泥浆,在钻进蒙脱石类页岩,可以得到好的效果。这种泥浆比重低,机械钻速比加重的盐水泥浆高。

3. 坚持合理的工艺措施

(1) 为了避免或减少激动压力和抽汲压力的影响,要控制合理的起下钻速度。特别是经过复杂孔段时,操作升降机要平稳,尽量减少惯性效应。

(2) 钻进时要注意随时调整冲洗液的性能,保持孔底清洁,避免钻头或粗径钻具上部形成泥包。在易塌地层中钻进,孔内岩粉多,要避免起钻前冲孔时间过长,防止孔壁扩大。

(3) 钻进时不能使用弯曲的钻杆,以免钻具回转时对孔壁的碰撞敲打。

(4) 深孔钻进,特别是使用泥浆洗孔时,开泵要稳,防止水泵脉动压力过大。

(5) 当孔内出现事故预兆时,要及时采取措施,不能马虎凑合,造成事故扩大化。

(6) 钻进复杂岩层时,在可能条件下,实行快速通过,以缩短不稳定岩层裸露时间,这是保持孔壁相对稳定的一项积极性措施。

参 考 文 献

- [1] Hubbert, M. K. and Willis, D. G., Mechanics of Hydraulic Fracturing, J. Petrol. Technol., June, 1957, pp153~166; Trans. AIME, vol. 210
- [2] Bradley, W. B., Mathematical Concept-Stress Cloud Can Predict Borehole Failure, OGJ, Feb. 19, 1979, vol. 77 No 8
- [3] Norman, K., Tschirley, Hole Stability Through Mud Technology - An Organized Approach, (23rd Annual Southwestern Petroleum Short Course, 1979 1 22~23 Lubbock) 1976, 77~86
- [4] Gray, G. R., etc., Composition And Properties of Oil Well Drilling Fluids, Fourth edition, 1979
- [5] Растворы для бурения в неустойчивых горных породах, обзорная информация серия «Бурение», Выпуск 8, Москва, 1981
- [6] Повышение устойчивости стенок скважин, Научно-Технический обзор серия Раз. И. Эксп. Газ. И Газокон. мест. 1977
- [7] Высторон, В. К., Прогнозирование гидродинамического давления в глубоких скважинах, Бурение, 1975, No 7
- [8] 黄汉仁等, 泥浆工艺原理, 石油工业出版社, 1981
- [9] 李民庆, 岩体力学的力学基础, 湖南科学技术出版社, 1979