

钻孔漏失防治技术与工艺

王文臣

(长春冶金地质专科学校)

鉴于钻孔漏失在当今钻探施工中的普遍性,本文在分析不同漏失原因的基础上,有针对性地提出一系列防治观点与措施。

关键词: 钻孔漏失;漏失预防;堵漏技术与工艺



钻探技术

对我国当前钻孔漏失防治技术与工艺中的问题,作一初步分析与探讨。

预防钻孔漏失的问题

1. 充气液的应用

充了气的钻井液,以其低密度来减轻孔内液柱压力,从而使孔内、外环空间的动水压力之间处于平衡状态,以此防止漏失,它在条件合适的钻孔已取得明显效果,如辽宁肖家营子地区、湖南煤田二队施工地区等。然而也有一些地方采用充气液防漏却毫无效果,因此,有必要讨论充气液防漏的适应条件问题。

(1) 孔内的适应条件 设某孔的漏失层深度为 H (m),静水位深度为 h (m),原用冲洗液比重为 γ ,冲洗液充气后使返水量增加,由此引起外环空间动水压力增大,其增量为 ΔP (MPa),为此需要充气后的冲洗液比重 γ_0 应由下式确定:

$$\gamma_0 \leq \gamma \left(1 - \frac{h}{H} \right) - \frac{\Delta P}{H} \times 100$$

如果 $\gamma=1.1$, $H=200\text{m}$, $h=20\text{m}$, $\Delta P=0.5\text{MPa}$,此时需要充气液的比重 $\gamma_0 \leq 0.74$ 。

从式中可以看出,漏失深度 H 越大,静水位 h 越浅,外环动水压力增量 ΔP 越小,充气液的防漏效果越好。

对于一个具体的漏失孔, H 和 h 是确定的, ΔP 是一个对充气液防漏效果影响较大的因素,它的值等于增加的返水量引起自漏失层到孔口间的上返水力损失。可以计算得出,也可用漏失前与漏失后的泵压之差求得。影响 ΔP 的主要因素有钻孔外环间隙 δ , H ,以及孔内动水位与静水位之差。其中以 δ 的影响较为显著。因此,充气液在外环间隙较大的钻孔中容易取得防漏效果,而在间隙小的金刚石钻进钻孔因 ΔP 值较大,即使在 h 很小的漏失孔内也很难奏效。

(2) 水泵对充气液最小比重的限制

对于气泡随冲洗液循环的充气液,是采用向钻井液中加入发泡剂并充气形成的。水泵抽送这种充气液时,如果充气量大(充气液比重过小),将影响水泵的吸水量,甚至吸不上水。一般认为保证水泵正常抽水的充气液比重不能小于0.7。

由以上分析,我们可以确定泡沫参与循环的充气液的适用条件:

$$0.7 \leq \gamma_0 \leq \gamma \left(1 - \frac{h}{H} \right) - \frac{\Delta P}{H} \times 100$$

① 比重小于0.7的充气液,适用于静水位浅,或静水位虽然较深,但钻进中的外环

水位(动水位)很浅,且漏失层位较深的钻孔。对于漏失层位深、静水位较浅,但动静水位差值很小,而且外环间隙小的钻孔,应用效果不会很好,故以下钻孔不宜用充气液,即:漏失层浅的钻孔;漏失层位深、静水位深、动水位较深的钻孔;未漏水时的钻进泵压与发生漏水时泵压的差值 ΔP 较大的钻孔。

②以充气液防漏,对于外环间隙较大的钢粒和合金钻进钻孔较为适用,对外环间隙小的金刚石钻进钻孔,具备适用条件的则很少。

③如能采用比重小于0.7的充气液,将会扩大充气液有效的应用范围。只用压风机压气而不加发泡剂的充气液,能够实现送入孔内的充气液比重小于0.7。这种充气液的气泡,随液体返出孔口后,大部分逸出,流入水源箱中的冲洗液含气较少。压风机最适宜用小风量高压机型,其压力应大于钻进时水泵的泵压值。气液混合室为一短的双层管,可接在水泵排出口上或送水管路中。

利用空气—泡沫钻进,是解决漏失仍有效的方法之一,目前地矿系统有些队正采用此法钻进严重漏失的钻孔,但因受空压机性能的制约,钻孔一般较浅。

2. 金刚石钻进钻孔漏失的预防

高转速金刚石钻进,钻孔外环间隙很小,是促使钻孔漏失加剧的基本原因,在可能情况下,适当加大外环间隙是减轻漏失的措施之一。此外,针对那些在小间隙钻孔中导致漏失的其他工艺因素,也要采取相应的预防措施。

(1)因外环堵水而压漏地层 金刚石钻进的钻孔,在岩石完好、孔壁规整、外环间隙小的孔段之下,出现水敏性很强的蚀变带和夹有断层破碎带,而所用的冲洗液又不能维护该段孔壁的稳定,就很容易发生外环堵水。最常见的情况是,孔壁塌落的细小岩屑或断层泥颗粒,如断层角砾,被冲到小间隙处向上挤入。开始时,这类能被冲起,但不

能通过小间隙的颗粒不多,它会造成钻具回转阻力大,且不均匀,电流和泵压表波动大。随着颗粒上返受阻,外环堵水,使冲洗液的压力增大,在断层泥孔段的滤失量增多,断层泥(或蚀变带)受水浸变软,继而塌落下来,孔底返不上去的角砾随之增多。断层越是陡立,塌落越是严重,很快在孔底堆积大量角砾(如同被水洗的碎砂),下钻扫孔有时越扫越浅。当角砾堆积高度接近完整孔段时,下钻扫孔会把大量角砾冲起并挤入钻具周围间隙。此时会出现严重堵水和夹钻。由于外环间隙被堵塞,冲洗液在高压下被压入断层中,使原来不漏水的断层,此时可能不返水。如首钢迁安矿区和大多数金矿勘探区都有类似压漏地层的情况发生。

金刚石钻进中这种因外环堵水而压漏地层的原因之一,是钻井液的护壁性能不良,由此可以看到钻孔漏失和孔壁塌落间的相互影响关系:钻孔漏失使得防塌性很好的冲洗液无法正常使用,导致孔壁坍塌加剧;由于用的冲洗液防塌性能不良,则又会在孔壁坍塌中造成堵水而压漏地层,使漏失加剧。以下提供几项预防性措施,供同行们参考。

①对漏水又可能发生孔壁塌落的钻孔,应该及时有效地处理漏失,以保证防塌性能良好的钻井液得以应用。

②钻进已知的蚀变带、破碎带,当有泵压不稳、回转阻力增大现象时,应事先采取强化钻井液防塌性能的措施。

③出现堵水现象时,不应在大的泵压下钻进或扫孔。

④在钻进较软岩层时,可适当增大钻头直径以加大外环间隙,如煤田钻探中金刚石绳钻采用的钻具级配。

(2)预防起下钻具的激动压力,打通裂隙、压漏地层 金刚石钻进,尤其是绳钻,基本属于满眼钻进,起、下钻时的激动压力比大口径钻孔大得多。过大的正压力容易将断层泥或较软的蚀变带岩层压裂造成漏

失；过大的负压（抽吸）将会抽塌孔壁。同时，正负压的交替出现，可使孔壁上有充填物的缝隙打通而加剧漏失。据煤田钻探采用75S绳钻激动压力的分析，当孔深600m，用0.1m/s的速度起下带内管的钻具时，激动压力可达到6.6MPa。减轻起、下钻激动压力的措施主要有以下几点。

①绳钻起、下钻不带内管。

②限制起、下钻和提内管的速度。

③尽可能采取低粘度、低切力的低固相或无固相冲洗液。

④提钻时孔口回灌，以维持孔内压力平衡，对深孔尤为必须。

⑤适当增加外环间隙。

(3) 泵量与冲洗液流变性对钻孔漏失的影响 小环隙金刚石钻孔，通过渗透系数很大的孔隙和裂缝后，当泵量不大时，外环的动水压力较小，其值接近地层压力时，钻进中基本不漏水；增大泵量，将会出现漏失。目前金刚石钻进软硬互层时，为了防止烧钻而常常加大泵量，成为加剧钻孔漏失的一大因素。

钻井液的粘度和切力，在金刚石钻进中，对钻孔漏失的影响是随着漏失层位深度和漏失裂隙的宽度而变化的。在漏失层较浅和裂隙较窄时，适当增加钻井液粘度和切力，能减轻漏失；漏失层位较深、漏水裂隙较宽，增加钻井液的粘度和切力往往会事与愿违，反使漏失加剧。

综合考虑，金刚石钻进的泵量应采用容许的最小量，使用低流变参数的钻井液，这对预防漏失是适宜的。

钻孔堵漏技术与工艺问题的探讨

目前堵漏工作，常常是在孔内漏失状况不清的情况下进行的，选用的堵漏方法针对性不强，因而成功率较低；由于可供选用的

堵漏材料和工艺方法也不多，采用水泥浆堵漏杆水系灌注的单一方法是最普遍的。对不同漏失条件的系列堵漏方法和工艺规范等，尚缺乏深入研究，对施工区钻孔漏失地层的类型、特征、孔内水文资料和堵漏结果等，均总结不够，致使在钻探施工设计时，对防漏、堵漏都难以提出针对性较强的方案。以下仅就钻孔堵漏中的几个具体问题试作一简要分析。

1. 了解漏失的类型特征和钻孔水文资料

在确定钻孔堵漏方法之前，需要掌握的孔内状况包括：

(1) 漏失通道的类型，即是孔隙的、裂隙的、还是洞穴型的；

(2) 裂隙型漏失层的开裂尺寸，可分为微小、小、中等、较大和大裂隙，其标准建议依次分别定为 <0.2 ， $0.2\sim 0.5$ ， $0.5\sim 2$ ， $2\sim 5$ 和 >5 mm；

(3) 裂隙产状，是平缓的、倾斜的、还是陡立的，其标准建议分别依次定为倾角 $<15^\circ$ ， $15\sim 75^\circ$ ， $75\sim 90^\circ$ ，同时还应弄清主裂隙走向与钻孔方向的夹角；

(4) 裂隙中充填的物质，即属于干裂隙、充砂裂隙、还是含水裂隙，其中有无活动水；

(5) 漏失层位及其厚度；

(6) 孔内静水位和钻进时的返水量，不返水钻孔钻进时动水位的大致深度；

(7) 泵量和冲洗液流变参数改变时钻孔漏失的变化情况。

掌握上述资料，才能有根据地确定是防还是堵，以及选用何种材料和工艺去堵。

2. 小裂隙漏失层的快速堵漏

对于细小缝隙，宜用具有堵漏功能的钻井液进行随钻随堵。随钻堵漏钻井液按其作用与机理，可分3种类型：

(1) 具有颗粒充填封堵作用的 泥浆（不是水泥浆）是这类钻井液的基本类型。

泥浆中小于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒占多数, 这些细粒与泥浆中的高分子物质一起进入断面很小的、壁面粗糙的缝隙, 而能在漏失通道内聚积形成群粒, 起到封堵作用; 触变性好的泥浆(金刚石钻进很少用这类泥浆)在停止循环时, 进入漏失缝隙中的粘土颗粒能形成结构, 以增大泥浆的阻力, 减轻甚至阻止漏失。由于进入缝隙中的粘土颗粒抗挤出能力有限, 所以泥浆随钻堵漏只适合在漏失缝隙细小又处于浅部的条件下应用。

(2) 有聚合物粘附封堵作用的 通常向钻井液中加入粘附性强的呈胶团状聚合物, 如乳化沥青、磺化沥青和801氧化堵漏剂等。一般情况下乳化沥青比磺化沥青的粘附封堵漏失通道的作用更强些。华北有色514队在罗圈沟等地使用含乳化沥青的钻井液, 在十几小时至几个班的时间内逐渐将漏失缝隙封堵住; 东煤101队, 应用801氧化堵漏剂, 也取得了随钻堵漏的效果。

(3) 可凝聚堵漏的 以高聚物为基础的无固相钻井液, 加入后, 可使高聚物胶凝的凝剂, 将进入裂隙中的钻井液在可控(由凝剂的加量控制)的时间内凝结成冻胶体, 凡有这种钻井液进入的缝隙内, 都会有冻胶体生成, 因此, 这类随钻堵漏钻井液, 具有封堵半径大、凝结时间可调、钻井液消耗少等优点。循环着的钻井液, 因钻具回转运动, 或因凝聚刚要发生之前降低了钻井液中凝剂含量, 使其保持良好的流动性。这类钻井液在我国有WDY-1型多功能无固相钻井液。冶金部第一地质勘查局520队, 用该钻井液经8小时随钻堵漏成功。实例还有不少, 就不一一赘述了。

3. 陡立和过水的裂隙堵漏问题

封堵陡立裂隙和有活动水的裂隙, 最易发生浆液扩散不均, 多数流向裂隙下方, 有的可全部沿裂隙流失。也出现过如下现象, 即裂隙下部已硬化, 而裂隙部位的浆液被稀释而不凝固。更有漏失层上、下孔段水泥浆

凝固, 唯有漏失层段不凝固的。故笔者认为, 封堵陡立的和过水裂隙, 应采用速凝浆液。速凝浆液, 按凝结时间的可控性大致可分为两大类:

(1) 絮凝性堵漏浆液 该类浆液常用的又有以下两种:

①PAM-水泥-泥浆速效堵漏浆液。

甲液为PAM水泥浆。水泥浆之水灰比为 $0.7\sim 0.8$ 。水中含非水解聚丙烯酰胺($H\leq 5\%$, $M=300\text{万}\sim 500\text{万}$) 4000ppm 。

乙液为泥浆, 其中粘土为 $20\sim 30\%$ 。

甲液以水泵、钻杆注入, 乙液则从孔口沿外环间隙倒入, 也可采用水泵交替抽送甲、乙两液的灌注法。这种浆液已被广泛采用, 堵漏效果显著。

②PAM-HCL-泥浆。

甲液为PAM-HCL。其中, PAM($H< 5\%$, $M=300\text{万}\sim 500\text{万}$) $3000\sim 4000\text{ppm}$; HCL $0.1\sim 0.3\%$ 。

乙液为泥浆, 其中粘土 $20\sim 30\%$ 、纯碱 $0.1\sim 0.15\%$ 。

灌注时多用甲、乙两液交替泵送法。

(2) 凝结时间可调的速凝堵漏浆液 这类浆液一般调到浆液超过可泵期后不久便达到初凝的时间。该类浆液有如下几种:

①水泥-石膏浆液。

水泥: 石膏: 水 = $(75\sim 80) : (25\sim 30) : (50\sim 55)$ 。

②PAM-水泥-石膏浆液。

水泥: 石膏: 水 = $100 : 100 : 200$ 。

水中含PAM为 $500\sim 2000\text{ppm}$, 用以调节凝结时间。

③水泥-水玻璃浆液。

水泥: 水玻璃: 水 = $100 : (15\sim 40) : (100\sim 150)$ 。

④聚合物-水泥浆液。

国内应用的品种不多, 江苏有一种高失水堵漏剂, 我校正在研制的堵漏材料中已列入这类浆液。

在上述浆液中如再加入合适的惰性材料和高倍膨胀体等,还可增强堵漏效果。

4. 应用孔内隔离器加压注浆

近年来有些单位采取孔口密封加压,以使絮凝物更多地压入裂隙,但当漏失层较深和絮凝物较多时,有限的泵压传到漏失层位处已所剩无几。如果以减少孔内絮凝物来减少压力的损失,又难控制浆水量,如水量稍多,又将重新压开裂隙。

为控制孔内的注浆范围,避免浆液串

冒,同时给孔内浆液以较大的灌注压力,增加浆液在小裂隙内的扩散距离,应用孔内隔离器是一个有效措施,隔离器在国外有许多类型,该装置中的密封元件多为橡胶制品。控制该器的作用力有机械的、水力的和机械—水力的3种。用于金刚石钻进的堵漏注浆隔离器,在苏联有TY-7型、ПГK-1型和ПГЭ-1型等。

以上分析与探讨尚很粗浅,错误之处希望能得到同行们的指正。

The Measures and Techniques for Drilling Fluid Loss Prevention

Wang Wenchen

Fluid loss is a trouble frequently occurred in drilling operations. On the basis of an analysis on different reasons led to the drilling fluid loss, a series of preventive measures are put forward to guard against this trouble.

局部爆破增加机井出水量

洛阳轴承厂工装分厂机井深160m,开孔口径425mm,终孔口径245mm,变径深度11.40m。地层分两部分:上部第四系粘土,厚4m;下伏寒武系灰岩、页岩,厚156m。护壁管12m座落在石灰岩上,用水泥封固隔离第四系潜水。

成井时,机井静水位+0.75m,自流量0.934t/h。经活塞压风机混合洗井后,抽水量9.27t/h,水位降低70.21m。

根据地层的岩性特征和石灰岩孔裂隙溶隙的发育情况,由深到浅分次爆破。

第一次孔深82m,岩性白云质灰岩,硝铵炸药10kg,电雷管二支,炮筒(长1m,直径0.15m,白铁制成纺锤形)一个,先把3kg铁砂装入炮筒下部,增加炮弹重量。再把炸药和雷管用塑料布包扎紧,放入炮筒中,上部用粘泥密封。双股胶质线连

接雷管和电源,最后用3分的钢丝绳把炮弹下到预定位置,合卡放炮。炮声低沉,地面有震感,距震源100m以远房屋尘土大量下落,孔内水石喷出井口6m高。

第二次52m,岩性石灰岩,炸药10kg。炮声响亮,震感明显,100m以远房屋玻璃破裂,孔内水石喷出井口12m。

第三次28m,石灰岩、页岩互层,炸药10kg。炮声震耳,地面颤动,100m远房屋玻璃破碎,孔内水石喷出孔口20余米。

爆破后探孔深,坍塌掉块,堆积物厚15m,除局部孔径扩大孔壁破裂外,大部完好,孔内安全。

爆炸后水位降低58.10m,出水量29.98t/h,比爆破前水量增加3倍多。

(河南省地矿局探矿五队 张荣祥)