

表 3

井号	钻头直径	平均井径 (毫米)	井径 扩大率 (%)	泥浆类型
川30	12 ¹ / ₂ "	430	37.8	聚丙烯酰胺聚丙烯钙 泥浆
川34	8 ¹ / ₂ "	304.7	41.7	聚丙烯酰胺聚丙烯钙 泥浆
川35	12 ¹ / ₄ " 8 ¹ / ₂ "	403—320	40	褐煤—氯化钙泥浆
川参 1	12 ¹ / ₄ "	422.5	35.4	褐煤—氯化钙泥浆
川37	12 ¹ / ₄ "	390	25	KH _m —PHP泥浆 (2214米前的井径)

塔12井与塔4、1井钻速对比 表 4

项 目	塔12井	塔 4 井	塔 1 井
完井井深(米)	3625	3984	3656
洗井液类型	KH _m —PHP 泥浆	钙处理泥浆	钙处理泥浆
平均泥浆比重	1.13	1.31	1.25
钻机台月数	6.69	10.62	6.66
钻机月速(米/月)	542	375	422
纯钻进时间(小时)	2236	3251	3106
钻头只数(只)	60	109	152
钻头平均进尺(米/只)	60.42	36.55	24.05
纯钻速(米/小时)	1.62	1.23	1.18
平均井径扩大率(%)	15	13	20
建井周期(天)	208天扣除中 途测试12.5天	324	266天零 21小时

注: 平均比重是按重庆统一飞仙关底部计算。

安全钻进等优点(见表4)。

四、结 束 语

通过两年多来在全国18个省市、30多个单位的现场实际应用, 证明 KH_m 是一种好的防塌剂和降失水

剂; 对水敏性极强的地层有一定的防塌作用。KH_m 的用量一般为1~2%。目前, KH_m 与 PHP共用, 已成为一种新的 KH_m—PHP 低固相泥浆体系在各地推广使用, 泥浆性能达到“三低”(低固相、低失水、低粘度)和流变特性好, 真正起到了防塌、安全钻进、提高钻进速度的作用。一般情况下, 加入水解度30%, 200—300ppm的PHP即可, 对于水敏性极强的地层可适当增大PHP的用量或适当加入KCl。

由于KH_m 泥浆的失水量低, 泥皮薄, 含砂量低, 可适用于小口径金刚石钻进及绳索取心钻进, 新疆六队的经验说明 KH_m—PHP 泥浆用于绳索取心钻进是有效的。

为了适应含高盐、高钙地层钻进, KH_m 泥浆中可加入SMP—2(磺甲基酚醛树脂), 以提高其抗盐、抗钙能力, 加入2—3%的 SMP—2 可以配出性能良好的饱和盐水泥浆。

主要参考资料

1. 《多效防塌处理剂——腐植酸钾的研究与应用》
吴隆杰, 1979年
2. 《腐植酸钾分析报告》
中国科学院化学研究所, 1980年
3. 《腐植酸类肥料的刺激作用》
《化学通报》1978年6月
4. 《腐植酸类物质的性质和应用》
上海化工学院
5. 《腐植酸化学学术讨论会论文集》
1979年10月
6. 《聚合物腐植酸钾泥浆室内及现场试验报告》
地质部第十一石油普查勘探大队, 1980年
7. 《环境中的腐植物质》
化学工业出版社, 1979年9月
8. Polyacrylamide / potassium—chloride mud
for drilling Water—sensitive shales
《Journal of Petroleum Technology》vol.
28, June, 1976, P719—727
9. Tests show Potassium—mud versatility
《Oil and Gas Journal》vol.72, No.16, April,
1974, p120—131.

问 题 讨 论

钻孔漏失分类及其灌注方法

邓 时 哲

钻孔漏失所以成为复杂地层钻进中的一个难题, 主要是没有一个钻孔漏失分类, 由于不了解漏失通道大小和形状, 不能根据不同大小的漏失通道选择与之相适应的堵漏浆液, 以至造成堵漏材料全部漏失掉或全部残留在孔内而不进入漏失通道, 导致堵漏失败。

目前在国外, 钻孔漏失分类虽然种类较多, 但归纳起来大体为两种: 一是传统漏失分类, 即轻微漏失, 中等漏失(孔内有泥浆柱), 大漏失(孔底漏光); 二是根据冲洗液耗量(Q)与冲洗液流动的压力损失(H)的对应关系, 用岩石渗透系数 K 表示,

卸 $K = \frac{Q}{\sqrt{H}}$, K 愈大, 漏失则愈严重。

显然上述两种钻孔漏失分类系指钻孔漏失程度而言, 没有对钻遇的各种漏失通道大小和形状或漏失特征, 漏失后的状态进行具体分析, 不能提供堵漏材料的合理选择。

研究钻孔漏失通道大小和形状是解决钻孔漏失问题的重要环节。其目的在于更准确地选择与漏失通道相适应的堵漏材料, 其中包括堵漏材料的流动性、比重、初、终凝时间; 填充物粒度、形状、比重、浓度, 填充物是单的还是几种不同材料混合的, 以及混合比例等。

钻孔漏失和堵漏实质上都是压力平衡问题。非理想流体, 如泥浆和各种堵漏浆液, 在漏失通道中, 漏失要克服一定的摩擦阻力, 其摩擦阻力大小等于孔内残留泥浆柱压力或压力差。摩擦阻力大小与漏失通道大小、形状、渗透半径有关, 与流体的流动性、流体中填充物的特性等因素有关。而其中主要影响因素是漏失通道大小和流体的流动性。漏失通道愈大, 摩擦阻力愈小, 反之则大。流体流动性愈好, 摩擦阻力愈小, 反之则大。因此, 在堵漏中对于各种不同大小的漏失通道都可以对堵漏材料选择与之相适应的流动性, 使其摩擦阻力保持在一定要求范围内, 从而达到堵漏目的。

我们从长期生产实践中摸索, 依据上述看法, 把钻孔漏失划为以下四类:

- (一) 特大漏失通道漏失 (简称 I 型);
- (二) 较大漏失通道漏失 (简称 II 型);
- (三) 较小漏失通道漏失 (简称 III 型);
- (四) 很小漏失通道漏失 (简称 IV 型);

每种漏失类型又分含水漏失 (如 I_水) 和不含水漏失 (如 I_干) 两种。

这种漏失划分不仅看堵漏浆液在漏失过程中的漏失速度, 更重要的是看它在漏失过程和灌注漏失停止后所处的状态。这样, 区分漏失通道大小很接近堵漏材料灌注后待凝时的情况。

(一) 特大漏失通道漏失 (I 型)

特大漏失通道漏失, 是当钻具钻到该层后, 孔内泥浆迅速漏光或泥浆柱压力迅速等于含水层压力, 它的主要特征是漏失通道特大, 堵漏材料很难在指定位置停留。为了解决这一矛盾, 可以将特大漏失通道变成许多较小漏失通道, 然后灌注堵漏材料, 或将特大漏失通道变成有限体积的溶洞来看。

1. 特大溶洞布袋法灌注:

采用水泥浆布袋 (或尼龙袋) 灌注是解决特大溶洞的有效措施, 它可以防止水泥浆漏失和稀释, 将水泥浆控制在一个有限体积的布袋内, 干固后形成坚实水泥柱。目前, 国内外已有不少成熟的经验, 这里不再赘述。

2. 混凝土孔口灌注:

用砖瓦块代替卵石与砂、水泥、水配成混凝土, 从孔口灌注 I_干 型效果较好, 不仅速凝早强, 其内部硬度差异小, 而且省水泥, 堵漏成功率也较高, 其比例一般为: 砖瓦块: 砂: 水泥 = 1:2:1。砖瓦块粒度为 10~20 毫米。我们在山西二一三队李家山 401 A 孔和狄家庄 901 孔 (Φ56) 等钻孔施工, 用混凝土堵溶洞和特大裂隙均收到良好效果。不少人担心混凝土孔口灌注会在中途卡住“架桥”。实践证明, 只要孔内确实存在 I_干 型通道, 只要混凝土搅拌均匀, 灌注得当, 即使深孔堵漏也不会中途卡住。我们在小口径钻孔补斜时, 孔口灌混凝土孔深达 400 多米。

混凝土孔口灌注不仅适用于 I_干 型漏失, 而且也适用于孔内残留很少冲洗液的 I_水 型浅孔漏失。灌注前事先从孔口投入一木楔, 如图 1 所示。以防混凝土被孔内冲洗液稀释、分离, 堆积在漏失通道口。我们曾在山西岚县袁家村铁矿 3—10 孔曾用此方法堵漏获得成功。采用投入木楔后灌注混凝土, 必须事先在漏

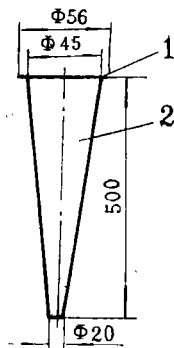


图 1

1—橡胶垫; 2—楔

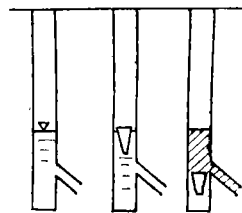


图 2

失层之下钻进 10 米以上, 这段体积为给少量沉淀物和木楔所占有, 如图 2 所示。木楔投放后必须先通孔, 证明木楔确已漂在冲洗液上方能灌混凝土。

3. 预先填充“架桥”, 然后泵灌水泥浆

这种方法解决特大漏失, 其原理是将特大漏失通道预先变成许多形状不规则的较小漏失通道, 然后灌浆。它适用于所有 I 型漏失。但是, 这种方法耗费大量时间和堵漏材料, 成功率很低, 只在迫不得已的情

况下使用。

(二) 较大漏失通道漏失 (II型)

钻孔漏失后, 孔内经一段时间泥浆漏光或泥浆柱压力等于含水层压力, 这种漏失通道漏失属于较大漏失, 即II型漏失。II型漏失与I型的区别在于它的漏失过程需要比I型长得多的时间 (如: 浅孔几分钟, 深孔十几分钟至几十分钟或更长) 达到压力相等。因此, 漏失过程在时间上的差别反映了漏失通道大小不同的特点。II型漏失虽然比I型漏失通道小, 但毕竟在一段时间内可达到压力相等。从理论上讲, 如果进一步降低堵漏材料流动性, 并在其中加入大量填充“架桥”材料, 增大摩擦阻力, 使堵漏材料一部分进入漏失通道, 另一部分残留在孔内是可能的。

1. 水泥砂浆孔口灌注

水泥砂浆孔口灌注适用于II_中型和孔内残留很少冲洗液的II_小型。我们用水泥砂浆曾在山西二一三队感军、董家凹等十几个钻孔堵漏达二十余层, 均获成功。水泥砂浆的水泥与砂的重量比为2:1, 1:1, 1:2, 1:3不等, 根据不同用途进行选择。

2. 锯末水泥浆灌注

锯末水泥浆适用于II_中型, 它的优点是能泵灌。将50~60%水灰比的普通水泥浆中加入5~10%锯末, 或将80~100%水灰比的硫酸铝盐地勘水泥浆加入5~10%锯末, 下钻具泵入孔内。我们曾在大王、董家凹等地分别用锯末水泥浆堵漏多次, 效果良好。下面以大王507孔锯末水泥浆堵漏为例, 简述其工艺要点。

孔深822.71米, 含水漏失层819米, 潜水面距孔口54米, 孔径95毫米, 如图3A所示。用50%水灰比水泥1250公斤, 锯末50公斤。灌注工艺如下:

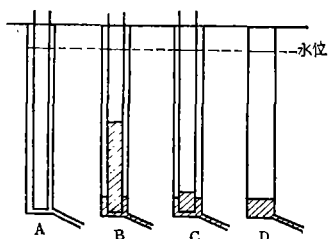


图 3

(1) 将钻杆下至孔底以上0.5米处, 钻杆内清水体积0.918立方米 [$\phi 50$ 钻杆: $1.2(819-54)10^{-3}$];

(2) 将锯末水泥泵入孔内, 此时把钻杆内0.918立方米清水顶出, 如图3B所示;

(3) 用0.9立方米清水把钻杆内大部分锯末水泥浆顶出, 使钻杆内残留20~30米锯末水泥浆, 如图

3C所示;

(4) 低速提钻, 每提一立根回灌14升 ($\phi 50$ 钻杆18.5米内容积) 清水, 直至钻具提离孔内液面为止, 如图3D所示。

3. 凝固性锯末冻胶泥浆堵漏

使用传统的非凝固性冻胶泥浆, 加入一定量锯末 (或可泵的其他填充物), 可以封堵相对小一点的II型漏失通道, 也可以加大灌注量扩大渗透半径封堵漏失层较浅的一般II型漏失。对于相对大一点的II型漏失通道, 以及漏失层很深的II型漏失, 如果继续采用非凝固性锯末冻胶泥浆, 不仅堵漏材料耗费大大增加, 堵漏成功率亦很低。因为这种材料经不住扫孔时泥浆循环的总压力差而被压漏。

我们配制的凝固性冻胶泥浆以造浆率很低的劣质亚砂土、亚粘土配成基浆, 加入适量水泥、水玻璃制成。其比例为:

水:土:水泥:水玻璃 = 2:5:3:1:0.3 (重量比)。如配制凝固性锯末冻胶泥浆, 其比例可为

水:土:水泥:水玻璃:锯末 = 3:3:1:0.3:0.2 (重量比)。经在大王、董家凹及其他地区堵漏效果良好。其中包括漏失层在900米左右的深孔含水漏失 (潜水面距孔口50~60米)。

(三) 较小漏失通道漏失 (III型)

钻孔漏失后, 孔底残留不大泥浆柱压力或压力差, 这种漏失通道漏失属于较小漏失, 即III型漏失。经验表明, 漏失后孔内残留泥浆柱压力或压力差为几米至十几米。

较小漏失通道和很小漏失通道漏失后, 孔内残留泥浆柱压力或压力差是因为具有粘滞性的泥浆在III、IV型漏失通道中流动具有摩擦阻力, 其摩擦阻力大小等于孔内残留泥浆柱压力或压力差。因此, 孔内残留泥浆柱压力或压力差大小就反映了漏失通道的大小。我们正是利用了这一特性, 在不同漏失通道中, 采用不同堵漏材料堵漏, 从而达到封堵目的。

1. 水泥浆灌注

采用水泥浆灌注III型漏失, 由于水泥浆流动性比泥浆差, 可以不加填充材料实现一部分水泥浆进入漏失通道, 另一部分在孔内残留。

下钻具泵灌适用于所有III型漏失, 尤其适用于III_中型漏失。水泥细砂浆孔口灌注适用于III_中型, 细砂粒度在1~1.5毫米以内。灌注后应测量水泥砂浆液面位置。当孔内残留水泥砂浆较多或全部残留在孔内时, 应从孔口注冲洗液适当加压, 使大部分水泥砂浆进入漏失通道。当孔内残留很少水泥细砂浆时, 应补

灌低水灰比的水泥砂浆,直至孔内残留20米以上水泥砂浆为止。如使用普通硅酸盐水泥,灌注后停半小时观测一次水泥砂浆下降速度,如半小时下降率超过1米,可再补灌水泥砂浆,以防水泥砂浆在初凝前漏光。

2. 冻胶泥浆灌注

对Ⅲ_中型浅孔和潜水面接近孔口的Ⅲ_中型浅孔,可用一般非凝固性冻胶泥浆灌注,也可用凝固性冻胶泥浆灌注。对于泥浆漏失液面很低的深孔Ⅲ型漏失,冲扫孔时泥浆循环施加在漏失通道中,冻胶泥浆的压力或压力差很高,应采用凝固性冻胶泥浆灌注,或用非凝固性冻胶泥浆灌注时,在其中加入适量的粒度小于1~1.5毫米的填充物,如锯末、碎云母等,起填充封堵作用。

(四) 很小漏失通道漏失(Ⅳ型)

钻孔漏失后孔底残留较大泥浆柱压力或压力差,这种漏失通道漏失属于很小漏失通道漏失,即Ⅳ型漏失。经验表明,泥浆漏失后孔内残留十几米至几十米,以至几百米泥浆柱压力或压力差。泥浆漏失停止后漏失通道口很快形成泥皮,随着时间的延长,泥皮能承受的的压力或压力差增大。当静止一段时间后,泥皮趋于稳定,能承受的的压力差比漏失停止时大许多。但是,如果孔内泥浆柱压力或压力差不断增加,泥皮承受不住过大的压力或压力差,最终被压破,造成漏失。这是Ⅳ型与其他漏失类型完全不同的显著特点。

漏失通道口上的泥皮能承受的的压力或压力差与漏失通道大小有关,漏失通道愈小,能承受的的压力或压力差愈大;反之则小。与泥浆造壁能力有关,造壁性愈好,泥皮愈坚韧,能承受的的压力或压力差愈大;反之则小。

1. 水泥浆堵漏

Ⅳ_中型浅孔可直接孔口灌注,其他情况均下钻泵灌。从孔口灌注要监视水泥浆液面位置,计算水泥浆进入漏失通道的体积,如进入太少可从孔口注冲洗液适当加压。Ⅳ型漏失通道很小,在灌注后常出现水泥浆全部残留在孔内,造成堵漏失败。这是因为钻孔漏失后能承受比刚形成时大得多的压力或压力差,当孔内水泥浆灌注后(加上替浆液柱)在孔内形成的总液柱压力或压力差不足以压破泥皮,水泥浆会全部残留在孔内。这种现象我们在许多钻孔堵漏中遇到。例如:山西二一三队董家凹8#孔,漏失层在166米~168米,孔内残留41米泥浆柱,合水柱压力49米,属Ⅳ_中型漏失。前两次水泥堵漏后均取出水泥心,但扫至漏失层发现漏失。计算扫水泥体积,知道水泥浆没有进入漏失层。第二次水泥浆灌注后孔内总压力为123米水柱,

并没有压破泥皮进入漏失层。第二次灌注同样多的水泥浆后孔口灌满清水加压,孔内总压力为210米水柱,水泥浆在压力下一部分进入漏失通道堵漏成功。

水泥浆灌注Ⅳ型的主要特点是孔口适当注冲洗液加压,而无需专门设计复杂的封隔器,以及相应的检查装置。加压量要控制好,压力太小不起作用,压力太大会把水泥浆压漏并渗透很远,造成失败。经验表明,当泥浆漏失后孔内残留压力或压力差为30~50米水柱时,水泥灌注后,孔内总液柱压力或压力差达150~200米水柱,基本可以将一部分水泥浆压入漏失通道。如果有水位计监测孔内液面变化,可以准确控制水泥浆进入漏失通道的体积,了解不同漏失通道要求不同的压力或压力差。

2. 冻胶泥浆堵漏

冻胶泥浆灌注量往往大于水泥浆灌注量,灌注后在孔内形成总压力或压力差通常能压破泥皮进入漏失通道。因此,在一般情况下无需在灌注后从孔口注冲洗液加压。但是,如果我们对漏失类型判断很准,有把握用少量冻胶泥浆堵漏,灌注后也要从孔口注冲洗液加压。另外,如果孔内残留上百米至一、二百米泥浆柱压力,当灌注量又不十分大时,也会出现冻胶泥浆全部在孔内残留的现象。因此,在灌注前后应监测孔内液面变化,计算冻胶泥浆灌注后是否进入漏失通道和进入的体积。

实践表明,漏失通道从小到大的连续变化的,小的只有几十微米、几百微米,大的数米到数十米,本来不存在划分漏失类型的问题,我们所以划分钻孔漏失类型,主要是从堵漏材料的选择上,以及相应的灌注工艺上考虑的。划分四个漏失类型后,基本上可以圈定各个漏失类型在常规堵漏中选择各自的堵漏材料和相应的堵漏工艺。另外,每一种堵漏材料随着流动性不同,填充物粒度、浓度不同,灌注量不同,以及灌注工艺上是否需要加压,加压大小等,对漏失通道有很大复盖面。例如水泥砂浆,既可堵Ⅱ_中型,又可堵Ⅲ_中型,只需选用细砂浆并适当增大水灰比,孔口灌注时注冲洗液加压。又如:凝固性冻胶泥浆既可堵Ⅱ型,也能堵Ⅲ型和Ⅳ型,除堵漏材料本身可以调整外,灌注量大小可调,孔口加压与否可调,候凝时间可调等等。因此,漏失通道分类后,我们可以把各漏失类型与堵漏材料之间的对应关系搞清,因地制宜地解决钻孔漏失。

以上只是我们在长期的生产实践中观察到的,是否正确还需要去不断实践和在大量的科学实验中检验。