

高分子聚合物处理剂

—多功能性的探讨(上)

冯士安

优质轻泥浆即不分散低固相泥浆独特的多功能性,对钻进效率、工程质量,钻头、钻具的磨损和钻探成本有很大的影响。

究竟什么因素在影响钻进效率?一直是钻探工作者非常重视而又复杂的问题。国外,在1971、1973年美国几次公布最优钻进法中的各种试验数据时指出:

“泥浆的改变对钻头进尺、钻速、成本影响最大”。典型的例子是美国1948年就发明了高压喷射钻进技术,但因为泥浆没有大的进展,仍是粗分散泥浆,到1963年钻机年进尺在15年内只提高60%。而到1968年,完善了低固相不分散泥浆后,钻机年进尺在5年内即增长75%。

在国内大量的实践中也同样可以看出,泥浆使用的好坏,对钻进效率影响很大,特别是金刚石钻进在复杂地层中的使用,影响范围更广,它又突出了以下几个问题:

1. 金刚石的冷却,钻头的寿命问题;
2. 钻头与钻具在高速迴转情况下的润滑减阻问题;
3. 在钻进过程中,如何保持恒定的低固相、低比重、低粘度的性能指标;
4. 金刚石钻具的细小间隙及环空间隙的优良水力特性的利用问题;
5. 井壁的稳定(即防塌)问题。

这些问题在大口径钻进中,矛盾并不突出,而在小口径钻进中则显得格外敏感。七十年代的高分子聚合物以它独特的多功能性,恰好为解决这些矛盾提供了条件。特别是聚丙烯酰胺这个品种,随着石油化工发展,以其来原广、成本低、可调幅度大,在国内外得到了广泛的应用。

那么,高分子聚合物钻进液为什么在钻进中会表现多功能性?为什么能解决金刚石钻进中的一系列矛盾?为此,就要从分析金刚石钻进时对钻井液有什么要求,而高分子聚合物又有什么特性,从对比中即可作出合理的判断。下面就分别探讨这些问题:

一、钻头的冷却和提高钻头寿命问题

钻头在井底破碎岩石所消耗的有效功,只占总功

的一部份,绝大部份的机械功转化为热量,即由摩擦而生热,这部份热量使钻头在孔底很快升温。特别是金刚石钻进,目前我国绝大多数使用人造孕镶钻头,要求钻头线速度达1.5~3.0米/秒(56毫米钻头相当500~1350rpm)才能充分发挥金刚石钻进的优越性。这种情况下,如果冲洗不足,冷却不好,就会使金刚石钻头局部热量大幅度积聚。有人研究,在强力规程压力为500公斤,转速为2000转/分时,井底温度可达700℃以上,开始引起胎体的塑性变形,金刚石开始石墨化。如果水口、水槽堵塞,循环中断,钻头每转一周就会温升1.5~2℃,则在1~2分钟内温升即达800~1000℃以上,就有产生烧钻的危险,烧钻事故是严重的孔内事故。

为什么金刚石钻进时,热量会如此积聚?如此急剧温升?这主要是由于金刚石本身的物理性质及井内所处的条件决定的。因为金刚石的导热系数 λ 比周围介质如与之接触的胎体、岩层、钻井液都高,而比热却比周围介质都低,具体数据如表1。

表 1

名 称	导热系数 λ (卡/厘米·秒·度)	比 热 (卡/克·度)
金 刚 石	0.33—0.35	0.12
WC	0.07	
钢	0.138	0.115
石 英	0.03	0.22
花 岗 岩	0.007	0.22
石 灰 岩	0.0006	0.22

* 导热系数,是表征物质热传导性能的物理量。设在物体内部垂直于导热方向,取两个相距1厘米、面积为1平方厘米的平行面,如果两个平面的温度相差1℃,则在1秒内从一平面传导到另一平面的热量,就是该物质的导热率,即导热系数,以希腊字母 λ 表示,单位为卡/厘米·秒·度。

从表1中可以看出,金刚石的导热系数是胎体的5倍,比岩层高10倍以上,因此在钻头高速迴转时,

金刚石与岩层接触处因摩擦而发生的热量很快的被金刚石本身所吸收。而更由于金刚石本身的比热很小，因此同样的热量时温升比周围都快，这两个物理特性就造成热量在金刚石局部的急剧积聚，并急剧升温。这些积聚的热量要从胎体、岩层等方向迅速散发出去是很困难的，因为它们的导热系数比金刚石都小。而且这些因素在钻进过程中是固定的，而唯一可能为人工控制调节的因素就是通过冷却介质一冲洗液一这个因素把热量携带出去。

发热体传递给冷却介质的热量，根据牛顿热交换定律为基础的公式是：

$$dQ = \alpha \cdot \Delta t \cdot dF$$

式中： dQ ——瞬时热交换量，千卡/小时；

α ——介质散热系数，千卡/米²·小时·度；

Δt ——温差，℃ ($\Delta t = t_n - t_c$)；

t_n ——热源表面的温度，℃；

t_c ——冷却介质的温度，℃；

dF ——热交换的面积，米²。

从公式看出，散热速度与冷却介质本身的散热系数、温差、以及冷却介质与热源的接触面积有关。因此对钻井液这个因素，又可以两方面考虑：

(1) 增加泵量，加大液流速度，从而扩大大冲洗介质与热源的温差。温差越大，热能传递进行的越快。但过大的泵量，对钻头磨损、水流阻力、水泵功率消耗增加，并影响钻压，因此不能过份的增大。

(2) 选择合适的冲洗冷却介质：要求钻井液具有比较大的散热系数、大的比热，并与金刚石有最大的接触面积。

散热系数（热交换）表示着周围介质和热源物体表面之间热量交换的强度，它是介质冷却能力的主要标准。它的大小决定于冷却介质本身的化学组成和性能。按理论，清水是冷却能力最强的冷却介质，因为清水比其他钻井液有较高的散热系数与比热，具体数据如表 2。

表 2

介 质 种 类	水	泥 浆 (水 + 粘土粉)	ИБР (14% 沥青 + 35% 水 + 柴油)	空 气
比热 (千卡/公斤·度)	1.0	0.7	0.48	0.24
导热系数 (千卡/米·时·度)	0.515	0.58	0.13	0.022
散热系数 (瓦/平方毫米·度)	116	80	72	
排热强度 (卡/秒)	11	10.8	9	0.83—2.03

据此，热量排出强度次序是：清水>泥浆>ИБР>空气。

但金刚石是纯碳 (C) 的物质，为非极性矿物，其表面特别是刚磨出来的新鲜表面具有很高的亲油疏水性，即它与水不润湿，其润湿接触角为 80~120° (平均为 105~106°) 如图 1—A 所示。习惯上当 $\theta > 90^\circ$ 时，如水滴在石蜡上称为不润湿，当 $\theta < 90^\circ$ 时，如水滴在许多矿物表面称为润湿，当 $\theta = 180^\circ$ 或 0° 时，分别代表完全不润湿或完全润湿，常见的矿物与清水润湿角的数值见表 3。

表 3

矿物种类	金刚石	石 英	云母	方解石
润湿角	80—120°	0—15°	0°	20°

由表 3 看出，水与金刚石不润湿，与石英、方解石润湿很好，而与云母则完全润湿。

由于金刚石与清水不润湿，所以金刚石与水的接触面积小，妨碍热量的传递与发散。为此，清水虽有

很好的冷却能力，但对金刚石则不能充分发挥其效果，需要添加高分子乳化剂，以改变金刚石与水的表面性质，从而得到较好的润湿。这种由于表面活性剂的吸附，使原来亲油固体表面变成亲水性表面，或者原来亲水极性固体表面变成亲油性非极性表面，这种现象称为润湿反转现象 (见图 2)。活性剂使金刚石与水的润湿现象得到改善，也就增加了金刚石与冲洗介质的接触面积，改善了散热条件。

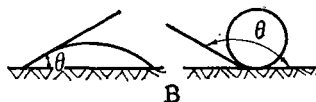


图 1 润湿与润湿角

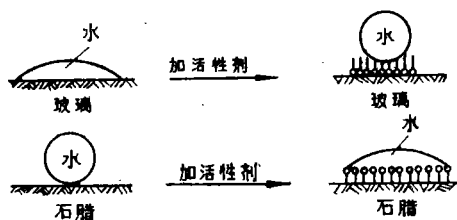


图 2 润湿反转现象

高分子聚合物如水解聚丙烯酰胺或水解聚丙烯腈及其他一些表面活性剂等，其主链本身为亲油性物质，而其侧链的极性基团 COOH 、 COONa 都是亲水基团，都能与水分子构成氢键而表现亲水，因此有利于改善金刚石和冲洗介质的表面性质，减小表面张力，从而改善润湿性，增加其接触面，改善其冷却能力，防止切削具的疲劳和早期磨损，延长钻头寿命。另外，冷却介质的性质对摩擦时热量的产生，不仅取决于它的排热能力，而且取决于它限制热量产生的作用，即取决于介质的润滑能力，图3是苏联Г. Б. 柯涅歇夫研究的各种钻井液和空气介质中，工具表面温度的数值，图中的曲线表明，用空气洗井时工具表面温度最高，用泥浆洗井表面温度比空气洗井低，比清

水洗井时要高，而用乳状液 ИБР 冲洗时呈现最低的温度，很明显这是由于它的润滑性能好，从而产生的摩擦热量低的缘故。

因此钻头、钻具的冷却和防磨损问题，不仅考虑钻井液本身的冷却能力，还要联系钻井液的润滑性能来进行探讨。

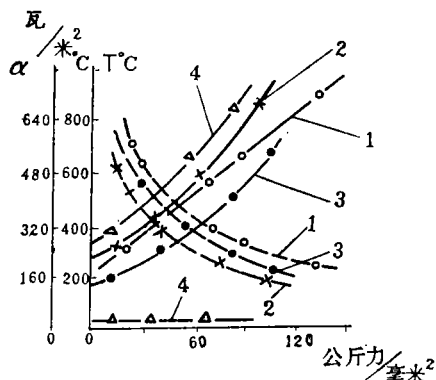


图 3 在各种介质中表面温度（实线）和散热系数（虚线）

1—清水；2—泥浆；3—ИБР；4—空气

腐植酸钾—泥浆处理剂的研制与应用

吴隆杰 朱宗培

石油钻井及地质岩心钻探中遇到孔内复杂问题之一是钻进水敏性泥页岩地层。这类地层厚度不等，几米、几十米至几百米以上。钻进时，如果泥浆质量不好，往往出现孔内缩径，钻头泥包，粘糊卡钻、坍塌、掉块等事故。国外在陆地和海洋钻井中遇到这类所谓“强粘土”地层时，曾使用过钙处理泥浆、盐水泥浆、聚丙烯酰胺低固相泥浆，但未能根本解决上述复杂问题。防止泥页岩水化、坍塌最有效的措施是采用油基泥浆，但由于其成本高，配制复杂，维护困难，海洋污染严重，而限制了它的广泛使用。因此，各国的泥浆工作者都在努力寻求一种新的泥浆处理剂来抑制泥页岩的水化和坍塌，即开展防塌剂的研究。

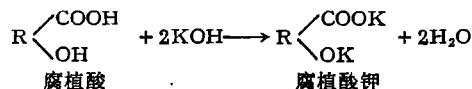
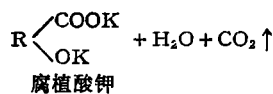
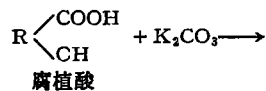
腐植酸钾（代号KHm）——泥浆处理剂就是我国泥浆工作者在地质岩心钻探及石油钻井复杂地层钻进中为抑制水敏性地层的水化膨胀，防止坍塌，控制泥浆失水量，而研制成的一种新型泥浆处理剂。1980年底对该处理剂进行了技术鉴定。到目前为止，已生产了约500吨供现场使用。使用结果表明，KHm是一种

性能良好的泥浆处理剂，能满足钻进水敏性地层的要求。

一、KHm的简单制法

1. 碱抽提法制取KHm的反应原理

碱抽提法制取KHm是由风化煤、褐煤或泥炭中的腐植酸与氢氧化钾或碳酸钾发生化学反应，生成KHm，其大致的反应式如下：



从上述反应式可以看出，反应生成物的数量与质量，主要取决于原料煤中腐植酸的含量，亦即酸性基