

无固相泡沫冲洗液的研究

史连君 (执笔)

(辽宁省有色地质勘探公司探矿研究室)

研究适合于金刚石绳索取心钻进护孔防渗漏的冲洗液,是当前的一项迫切任务。这种冲洗液不仅应具备普通护孔浆液的特点,而且还必须具备携带岩粉、排除岩粉、润滑、防锈,以及防钻杆内壁结垢等性能。

国内外的研究情况

国内外早就开展了对泡沫泥浆的研究。五十年代末,我们曾在钢粒和金刚石双管钻进中进行了泡沫泥浆的实验,并取得了良好的效果^{1,2}。将这种泥浆应用于金刚石绳索取心钻进,钻杆内壁会出现严重结垢现象,致使绳索取心内管和打捞器无法投放和提拉。

近十几年来,无固相冲洗液的研究受到我国钻探界的普遍重视,证明是一种有前途的新型浆液,而以聚丙烯酰胺和无机盐交联形成的浆液最引人注目。但使用这种浆液,钻具回转阻力大,锈蚀严重,同时易受介质侵蚀,又易于漏失。为此,国内外正着手研究新的生物聚合物浆液,并设法减少浆液的漏失。据报道,苏联对破碎层中冲洗液的漏失问题十分重视,他们利用压气机对冲洗液充气降低其比重,以减少冲洗液的漏失。

无固相泡沫冲洗液的特点

我们研究的无固相泡沫冲洗液主要由聚丙烯酰胺(PAM)、尼纳尔(Ninol)和十二醇硫酸钠(dodecanal sodium sulfate)组成,简称PNS泥浆。其特点是:粘度高、比重低(均可在较大范围内调整),携粉、沉粉能力强,润滑、防锈蚀性能好,耐介质侵蚀,稳定性能高,

可减少冲洗液漏失、孔内掉块和钻杆内壁结垢。可见它兼备了聚丙烯酰胺浆液和表面活性剂溶液的优点。

实验情况

(一) 室内实验

PNS浆液选用的原料是聚丙烯酰胺干粉(分子量650万),水解度分别为1%,5~20%和20.5%。鉴于这三种水解度的聚丙烯酰胺的性能差别较大,故给出的测定数据为统计结果。尼纳尔和十二醇硫酸钠均为工业品。

n 、 K 和 η 值等流变参数系用ZNN-D₆型六速旋转粘度计测定;比重 d 值用泥浆的比重称测定;表面张力 γ 值用Bzhv-180界面张力仪测定;相对动摩擦系数 μ 值用NR-1型钻井液润滑性测定仪测定;泥浆的稳定性能采用介质侵和LD-1-4型电动离心沉淀机测定。

测定室温为28°C,浆液温度为24°C

试验结果示于图1~6。

(二) 现场试验

试验是在本公司102队的两个60毫米口径金刚石绳索取心钻孔中进行。

施工区主要为发育碳酸盐类地层,岩石破碎,浅部风化严重,岩层含水丰富,岩心上见水锈,局部有流蚀孔。钻孔存在不同程度的漏失,漏失量随钻孔加深而增加,直至全部漏失,并有掉块和轻微坍塌现象。

8503号孔下入12米孔口管,15米处开始漏失,漏失量9升/分;29.30~40米漏失量为27升/分,43米处全部漏失(泵量37升/分)。该孔0~76.20

1 郇颖、沈其宁:低固相泡沫泥浆在坍塌渗漏地层中的应用,1981年

2 辽宁冶金地质勘探公司探矿研究室、107队:低固相泡沫乳化泥浆在人造金刚石钻进中的应用,1979年

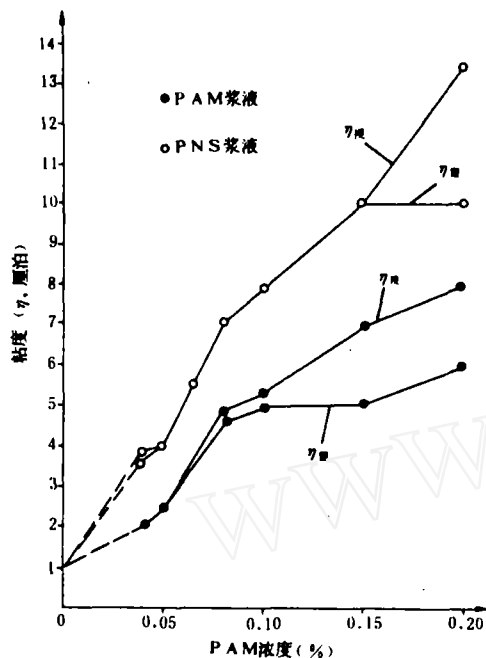


图1 浆液粘度与PAM浓度的关系
PNS浆液配方: PAM—400 ~ 2000ppm;
尼纳尔—2500ppm; 十二醇硫酸钠—500ppm

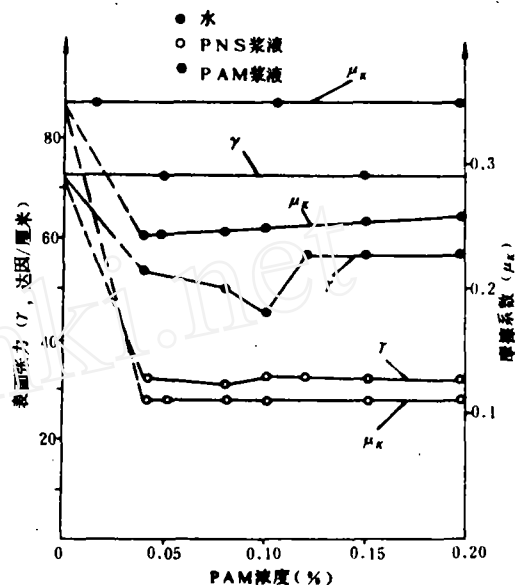


图3 浆液表面张力与动摩擦系数
的测定结果
PNS浆液配方同图1

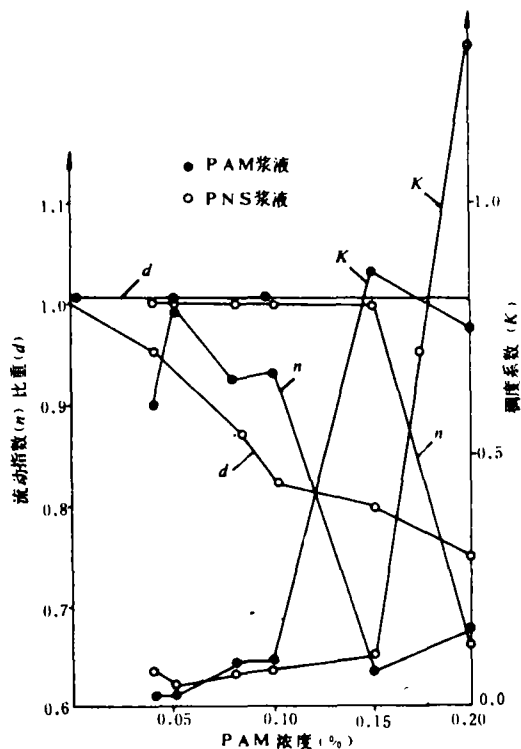


图2 浆液流变参数、比重与PAM浓度的关系
PNS浆液配方同图1

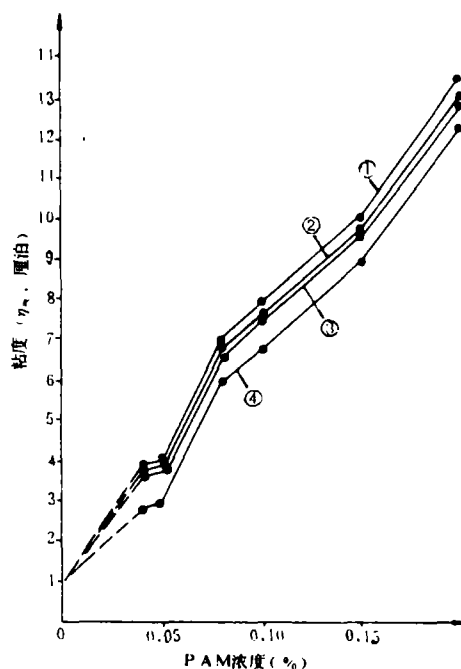


图4 PNS浆液的稳定性能
① PNS原浆配方同图1; ② PNS加1500ppm硫酸;
③ PNS加5%水泥; ④ PNS加6%岩粉

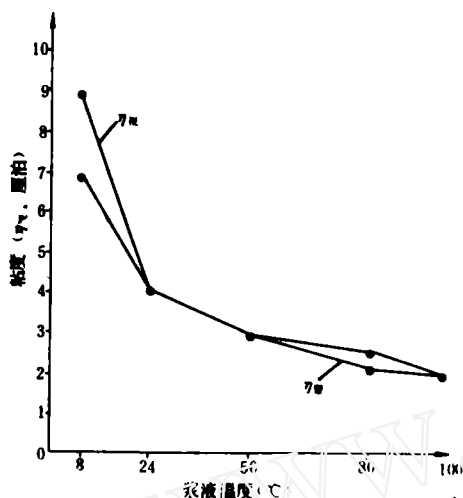


图5 PNS 浆液的抗温性能
PNS 浆液配方: PAM—500 ppm;
尼纳尔—2500ppm; 十二醇硫酸钠500 ppm

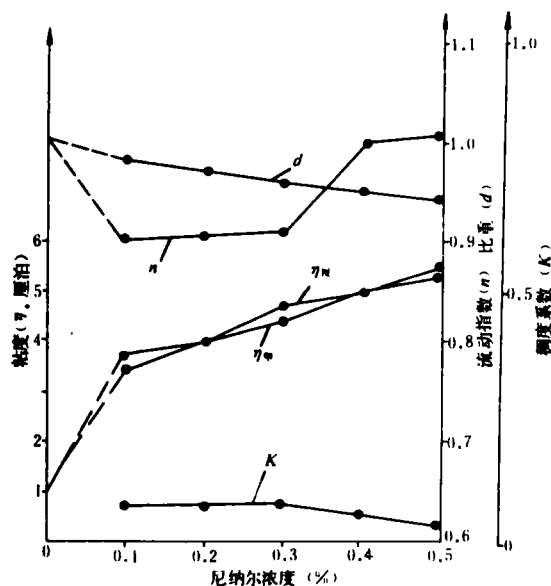


图6 PNS 浆液流变参数与尼纳尔浓度的关系
PNS 浆液配方: PAM—500ppm;
尼纳尔—1000~500ppm; 十二醇硫酸钠—500ppm

米为风化壳含水层, 岩石破碎, 节理发育, 岩心见大量水锈和流蚀孔。59.9~62.15米为构造破

碎带。14.07~168米为磁铁矿体, 裂隙较发育。至251.9米, 孔段破碎, 节理异常发育。

孔深50.2米时使用了PNS 冲洗液 (测得动水位15~21米), 其配方ppm为: PAM—800, 尼纳尔—2500, 十二醇硫酸钠1000 (机械搅拌)。

共配制3吨。开泵10分钟后冲洗液恢复循环, 漏失量为6升/分; 20分钟后漏失停止, 顺利钻至164米。此后换用乳状液冲洗, 钻孔重新漏失, 改用PNS 冲洗液后即恢复正常循环, 直至520米终孔, 冲洗液全部上返, 未出现掉块、坍塌。

8504号孔, 0~25米为风化含水层, 裂隙发育, 岩石破碎, 岩心见大量水锈; 140~342米段, 岩石破碎, 节理、裂隙发育, 为深部含水层。

下入大管16.5米, 开孔即漏失, 至40米, 漏失量达35升/分, 前后二次共注入水泥350公斤, 堵漏成功。钻至120米, 冲洗液又全部漏失, 改用PNS 冲洗液后, 冲洗液又全部上返。钻至200米, 因原料用完, 不得不用乳状液洗井, 漏失量逐渐增加, 至230米全部漏失。PNS 的配方 (ppm) 为: PAM—800, 尼纳尔—2500, 十二醇硫酸钠—500。

8507号孔开孔即漏失 (23升/分), 动水位14.30。采用比重0.85、粘度为35秒的PNS 冲洗液 (配方为: PAM—1200, 尼纳尔—4000, 十二醇硫酸钠—400ppm), 泵送10分钟后漏失全部堵住。

由于提取岩心内管时, PNS 浆液被抽出孔外而造成大量损失。钻至181.2米, 因浆原料不足, 只好加水稀释, 致使其比重升至0.91, 漏失量为0.5升/分; 钻至187.5米, 浆液比重升至0.95, 漏失量达0.6升/分; 钻至191.0米, 浆液粘度为20秒, 比重0.97~0.99, 漏失量增至20升/分。

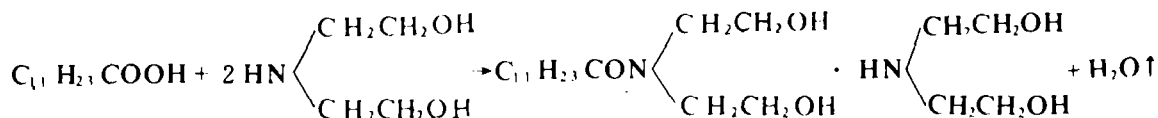
(三) 效果对比

8502号孔和8503号孔用PNS 冲洗液与乳状冲洗液钻进的实际效果列于下表。

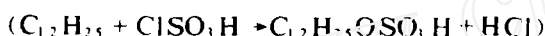
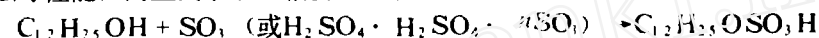
浆液	处理掉块时间 (小时)	水泥护孔时间 (小时)	等水时间 (小时)	井故率 (%)	纯钻率 (%)	台月率 (米)	乳化油消耗费用 (元)	护孔材料消耗费用 (元)
乳化液	18.50'	66.50'	87.50'	28	43	618.17	1800	120
PNS	0	0	0	0	64.4	1268.30	800	279

实验结果讨论

(一) PNS 冲洗液各种成分的特性 聚丙烯酰胺的特性已广为人知, 不再叙述。



它具有非离子型和阳离子型表面活性剂的一些特点, 同时具有良好的水溶、去污、洗涤、抗介质侵蚀等性能, 而且其水溶液粘度大, 故可用



十二醇硫酸钠为阴离子型表面活性剂, 具有良好的水溶、去污、乳化、润滑、起泡和抗介质侵蚀性能, 常用于发泡与润滑。

(二) 粘度特征 从图 1 和图 2 可见, PNS 和 PAM 浆液的流变特性不同, 前者的粘度上升幅度较大, 这可能是由于尼纳尔水溶液的粘度高, 以及 PNS 各组成部分交联后发生增稠作用所致。

(三) 比重 如图 2 和图 5 所示, 浆液的比重随粘度的增大和尼纳尔加量的增多而降低。这是因为 PNS 浆液的各种成分在结合成复合物时, 视粘度大幅度增高, 表面张力则大幅度下降 (图 3), 搅拌浆液容易起泡。浆液粘度大, 包裹泡体的界面膜强度增加, 气体不易从液膜表面排出, 从而形成含小泡体且稳定的低比重气—液体系。实践证明, 浆液的视粘度是降低其比重, 保证气—液体系稳定, 进而保持浆液循环的关键。

(四) n 值与 K 值 由图 2、图 6 可见, PNS 浆液的 n 值比 PAM 要高, 多接近于 1。当尼纳尔浓度达 5000ppm 时, $n > 1$, 呈膨胀型流体的流动指数值。因为随着 PNS 浆液剪切速率的增高, 混入气体也增多, 表现出较高的视粘度, 只不过受所用旋转粘度计的限制, 这个特性未充分显露而已。但在实践中却表现出了搅动粘度高、流动阻力小等特性。

K 值与 η_p 值成正比, 而与 n 值成反比。

(五) μ_k 值与 γ 值 如图 3 所示, 与纯水和 PAM 相比, PNS 的摩擦系数与表面张力下降幅度要大, 且稳定在一定值: $\mu_k \approx 0.12$,

尼纳尔是月桂酰胺的商品名, 由 1 克分子月桂酸或椰子油脂脂肪酸与 2 克分子二乙醇胺在氮气流下经搅拌、加热脱水、缩合制成。其反应式为:

作增稠、稳泡, 对黑色金属有良好的防锈作用。

十二醇硫酸钠 ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$) 是由十二醇经硫酸化、碱中和制得。其反应式为:

$\gamma \approx 33$ 达因/厘米, 表现出较好的的表面活性, 即润滑性能好, 它易于起泡。在实际应用中, 其润滑效果与乳状冲洗液相近。

(六) 稳定性与携粉、沉粉能力 PNS 冲洗液的稳定性如图 4 所示。由于浆液中的高分子化合物、阴离子型表面活性剂, 以及具有非离子、阳离子型表面活性特征的活性剂的复合作用, 提高了浆液的稳定性和抗硫酸 ($2H^+ + SO_4^{2-}$)、水泥 (Ca^{2+}) 侵、岩粉侵的能力。由图可见, 硫酸侵对粘度指标影响很小, 水泥、岩粉侵使粘度略微下降, 其原因是浆液中的聚丙烯酰胺絮沉水泥、岩粉颗粒, 使浓度发生变化。

PNS 的携粉、沉粉效果明显。从理论上讲, n 值越小, 其流型越接近于塞流, 能很好地携带岩粉。此外, 携粉能力在颇大程度上还取决于浆液的粘度指标。

PNS 的沉粉能力依赖于聚丙烯酰胺的交联絮沉作用。室内测定结果表明, 浓度为 6% 的岩粉, 其完全沉淀的时间在 10 秒左右。

(七) 防结垢性能 在室内, 用离心沉淀机测定了 PNS 的防垢性能。浆液在 4000 转/分转速条件下运转 10 分钟, 没有分离物沉淀。而含有固体颗粒的其他浆液 (胶体率大于 99%), 运转不到 1 分钟固相即部分或全部沉淀。其防锈性能也比较理想。

参加本课题研究的有孙立、沈其宁、邹颖等同志。