

无粘土冲洗液的研究和进展

曾祥熹

(中南工业大学)



作者简介 1952年毕业于中山大学。长期从事钻探工程教学和研究工作,致力于钻探泥浆和复杂地层护壁堵漏,以及无粘土钻井液与钻井液流变学的研究。曾主编或与他人合编高校教材《钻探工艺学》(中册)和《护壁堵漏原理》,专著有《钻孔护壁堵漏与减阻》,发表论文和译作40余篇。现为中南工业大学教授,中国地质学会探工专业委员会委员。

无粘土冲洗液是一种新型的钻井冲洗液。它具有一定的粘度、良好的流变性、较低的失水性以及防塌、紊流减阻、交联增粘和破胶特性。有助于提高钻速,减少磨损。在岩心钻探和工程钻探中,能解决复杂层钻进的一系列难题。论述了无粘土冲洗液的类型及其性能。

无粘土钻井冲洗液也称为无固相冲洗液或无固相泥浆。目前,国内外改称为无粘土冲洗液(钻井液)。

无粘土冲洗液所用原料是天然或改性的化学合成高分子聚合物溶液或其交联液。它不仅据有泥浆的各种性能,而且还具有泥浆所不具备的新性能(如降泵压和破胶性等)。

泥浆洗井会造成金刚石钻具内壁结垢,泵压升高。随着金刚石钻进技术的推广和冲击回转钻具、井底动力机钻具的应用,对发展洗井液的新品种、新性能提出了更迫切的要求。

近年来,国内外普遍重视发展无粘土冲洗液。国外以瓜尔胶(或改性瓜尔胶)、生物聚合物、腐植酸盐、纤维素改性物等为基础,已配制成功无粘土冲洗液。国内以水解聚丙烯酰胺、各种植物胶等为基础配成的无粘土冲洗液已经问世。这些产品适合于地质岩心钻探、水文水井及工程地质钻探,以及石油钻井的需要,是很有发展前景的新型冲洗液。

1978年以来,我们进行了无粘土洗井液的试验研究,已肯定了其良好的防塌护壁性,同时还有利于提高钻速,减少钻头钻具和水泵的磨损,具有不结泥皮、配制简单、省料等多种优点。有些无粘土冲洗液还有助于降低泵压,提高采心率,处理小漏失,破胶恢复岩层渗透率,不受水质影

响。本文在综合国内外资料的基础上,结合本校的研究成果,着重讨论无粘土洗井液的类型、性能和应用。

无粘土冲洗液的类型

笔者认为,凡是能形成一定粘度的水溶液(胶体),都有可能成为无粘土冲洗液。因此,天然的、改性的和人工合成的许多高分子聚合物的水溶液或交联液,都可配成无粘土冲洗液。许多国外资料表明,无粘土冲洗液多用于石油钻井、采油的完井或修井。尽管石油钻井与金刚石岩心钻探对洗井液的要求不尽相同,但在许多方面有一致性。因此,无粘土冲洗液可作如下大致归类。

1. 多糖类 多糖是指植物胶和淀粉,以及人工发酵聚合的多糖成分。它是应用较多的一类无粘土冲洗液。如国外有用瓜尔胶(及改性物)、淀粉(及改性物)、生物聚合物(以XC聚合物为代表,XC是菌种名的缩写)、海藻胶、槐豆胶、亚麻种子胶等为基础材料配成的无粘土钻井液;国内有用魔芋胶、田菁胶及其他野生植物胶、淀粉改性物等配成的无粘土冲洗液,以及盐水XC无粘土冲洗液(如青海用)。其中,除XC是生物多糖外,大部分是天然或改性产品。

这类冲洗液的共同特点是,大多属于非离子型,具有较高的抗盐抗钙能力,可配成高矿化冲

洗液,以适应水敏岩层护壁的需要。除淀粉外,植物胶或生物多糖,通常可通过加入各种高价离子络合交联的方法增粘,配成粘度很高(以至漏斗粘度计流不出)的冲洗液。这种冲洗液易于泵送,能满足破碎层护壁和提高采心率的需要。多数由植物胶配制的冲洗液,具有不同程度的紊流减阻(降泵压)作用。天然多糖类产品的抗温能力较差,一般低于80℃。这类产品一般无毒性,具有不同程度的水溶性,并易加工性,因而,得到了较广泛的应用。

2.纤维类素 国外用得最普遍的是羟乙基纤维素(HEC),但多用于采油工作。国内用速溶CMC配制的无粘土冲洗液,已用于金刚石钻进洗井。纤维素本身并不溶于水,因而需要采用改性产品。纤维素的抗温能力比植物胶和淀粉强,但一般不能进行交联增粘。

3.聚丙烯酸盐类 它是目前用得最多的一种人工合成的高分子处理剂。常见的有聚丙烯酰胺(PAM)、水解聚丙烯酰胺(PHP)、水解聚丙烯腈(HPAN)等。它们的无粘土冲洗液有:PHP水溶液,PHP-KCl水溶液,PHP-FeCl₃交联液,PHP水玻璃溶液等。这类冲洗液通常不能控制失水(PHP-FeCl₃除外),但具有稳定水敏地层孔壁的作用。其粘度主要是靠加入物的成分与浓度来控制。它们多属阴离子型(水解体),有较高的抗温能力,但抗盐能力较差。

4.其他品种 包括各种复合物,如瓜尔胶与木质素复合(提高抗温能力与降失水效果)、HEC与钙木质素复合、PHP与植物胶复合等。此外,还有其他合成高聚物(如聚乙烯醇等)、采油中应用的盐水液,以及岩粉(非粘土质)加处理剂配制成的无粘土冲洗液等。

近年来,笔者等根据金刚石岩心钻探的需要,以多糖植物胶(及化学改性物)为重点,研制出了魔芋(MY-1及MY-1A)和田菁(TG-1及TG-1A)无粘土冲洗液^[1,2]^{①②},并已通过部级技术鉴定。此外,还进行了PHP-FeCl₃无粘土冲洗液的研究试验^[3,4]。

无粘土冲洗液的性能

1.失水特点与防塌性能 由于无粘土或完全无固相冲洗液多属高分子聚合物溶液,易于过滤纸,所以在某些岩层中容易发生失水渗漏。在一定压力差下(1~7个大气压下)会全漏失,即高聚物与水一起能透过滤纸。它之所以具有护壁功能,不是像泥浆那样靠降低失水,而是靠高聚物被吸附在水敏岩层表面,形成一层薄的胶膜,从而抑制水化作用。

研究工作发现,这层吸附胶膜薄而致密,能隔离水向岩层中渗透。用它进行两次失水试验(即倒去胶膜上的泵浆,换上清水再次进行失水试验),其失水量也是很小的(表1)。从表1看出,胶膜有利于保持岩样的稳定。室内与野外生产试验均证明,加入KCl后果更好。国外试验表

表1

冲洗液品种	浓度 克/升	失水量 毫升/30分	二次失水量 毫升/30分	浸泡时间 小时	浸泡结果
MY-1	5	2	1.2	48	微膨胀
TG-1	5	6.5	1.3	48	微膨胀
TG-1 +KCl	5	6.5	1.4	120	微膨胀, 岩样变硬
PHP-F	0.3	7	1.4	24	裂成两半
PHP泥浆	60	10	4.2	16	全垮
CMC泥浆	60	9	4	14	全垮

表中泥浆用碱量为膨润土量的5%;浓度分别指粘土量、TG-1和PHP的量。

明,许多无粘土冲洗液的API失水(7个大气压下)达到100毫升/30分时,仍可使用,并能起到一定的护壁作用。但是,失水量过大毕竟对不稳定岩层有不利的影响。因此,应尽量减少失水量。

降低失水的办法有两种:一是用岩屑(岩粉)阻塞漏失,即在冲洗液中加入细颗粒的岩粉(油井中用可酸溶的碳酸钙微粉或可油溶的树脂颗粒)^③。二是通过交联法或碱处理法增大胶粒,以阻塞失水。

表2中的数据 and 图1中的曲线,表示在魔芋

①曾祥熹等:无固相冲洗液在钻井中应用的初步研究,1984年。

②中南工业大学矿产地质研究所、江西煤田195队: TG-1及TG-1A无粘土冲洗液研究报告,1985年。

表 2

魔芋粉, 克/升	NaOH, 克/升	失水量, 毫升/30分	
		1个大气压	7个大气压
1	0	>80	>200
2.5	0	70	144
5	0	15	85
1	0.2	2.3	30
2.5	0.4	2.0	23
5	1.0	1.5	14

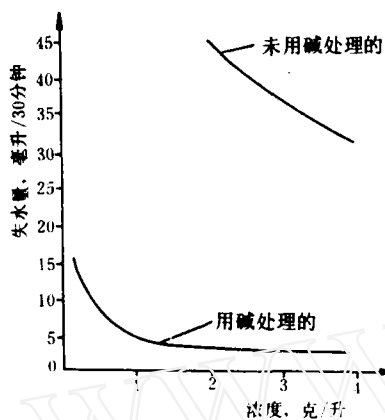


图 1 魔芋胶液失水曲线

胶冲洗液中加碱后, 失水量减少的特征。

表 3 列出了用交联剂(A或B)对田菁(TG)无粘土冲洗液进行交联的结果。不难看出, 随着交联剂A的加入(或加入 FeCl_3), GT液的失水明显下降。^[3,4]

以上试验说明, 加碱或加入交联剂均能改变液体的颗粒状态^[2]。

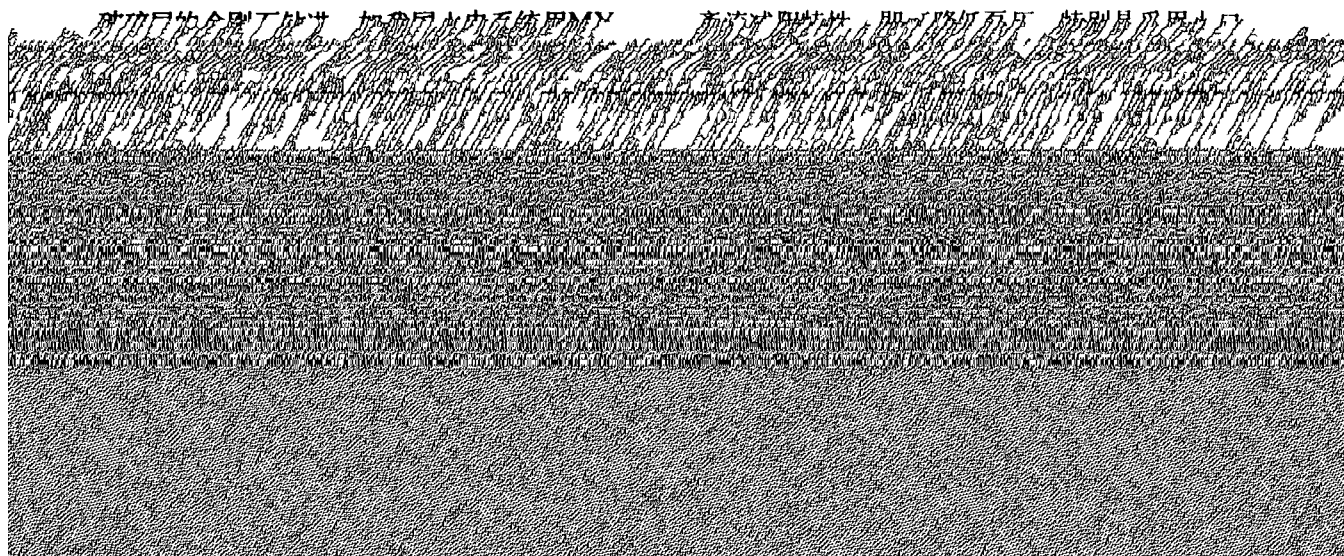
2. 粘度与流变性 高聚物水溶液的粘度随高聚物浓度的增加而增大。同时, 通过交联也可大幅度地提高其粘度, 甚至达到漏斗粘度计流不出来的程度。如MY-1A无粘土冲洗液, 在浓度为5克/升时, 加入硼酸3克/升; 或TG-1A冲洗液, 在浓度5克/升时, 加入交联剂B 0.5~1克/升, 均可使漏斗粘度计流不出来。此时的表观粘度 η_a 超过30毫帕·秒, 塑性粘度 η_p 超过20毫帕·秒。

这种交联型高粘度冲洗液, 用于钻进松散无胶结的破碎层, 可起到稳定孔壁和提高岩心采取率的作用, 而且不产生提钻的抽吸和升高泵压的现象, 并有良好的净化岩粉的性能, 从而有利于

表 3

冲 洗 液 种 类	加量 克/升	交联剂	加 量 克/升	pH 值	1个大气压下失水量 毫升/分
田 菁	5		0	6.85	40/6.5
田 菁	5	A	0.6	9	7.5/30
PHP (分子量700万, 水解度40%)	0.1		0	7	全失水
	0.1	FeCl_3	0.06	7	5.5/30

表中PHP- FeCl_3 的失水量, 是停放7天后测得的。



系。其中P H P 的减阻率较高,可达65%,而T G 冲洗液为30~50%。但机械剪切(类似于钻杆搅拌)试验表明,P H P 分子易被剪切,使其原有的65%减阻率下降到10%,以至消失。而T G 液经同样的剪切试验,其减阻率仍保持不变。例如:江西煤田195队、河北煤田2队和福建煤田121队,近期使用T G 无粘土冲洗液进行直径75毫米口径

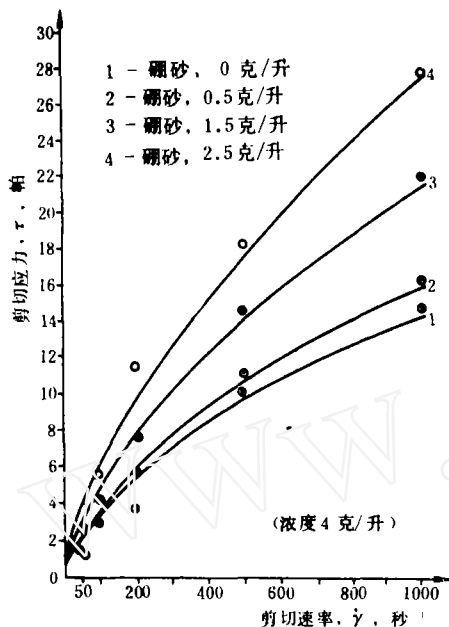


图2 魔芋无粘土冲洗液流变曲线

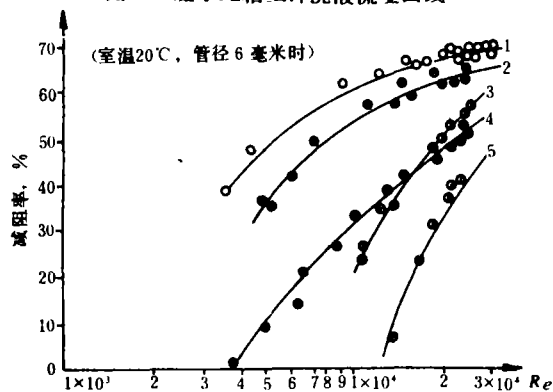


图3 PHP与TG的减阻曲线

1 - PHP 620 万分子量, 200ppm 浓度; 2 - PHP 930 万分子量, 200ppm 浓度; 3 - TG (2) 2000ppm 浓度; 4 - TG (1), 500ppm 浓度; 5 - TG (2), 4000ppm 浓度的金刚石绳索取心钻进, 其泵压比用泥浆洗井下降一半左右。

4. 润滑性能 许多高聚物水溶液均具有较低的摩擦系数, 即在钻进中有一定的润滑性, 可

以减少钻杆回转时与孔壁的摩擦阻力(表4), 但一般仍不能满足金刚石钻进开高转速的要求, 因而需稍加润滑剂(相当于泥浆或清水中加量的1/3~1/10), 达到乳状液的润滑水平。但是, 在高矿化水或某些岩粉吸附条件下, 阴离子型乳状液易失效(采用非离子乳状液时转速开不上)。此时, 采用高聚物无粘土液加入适量阴离子润滑剂往往能够凑效(即可开上高转速)。但应注意, 如高聚物交联的无粘土液中游离的(多余的)交联金属离子过多, 它们易和阴离子乳化剂结合而失去润滑性能。外另, 在岩粉强烈吸附高聚物的情况下, 对润滑性也有明显的影响。过去使用低固相泥浆时, 如果固相含量高(相当于比重1.08~1.1或更高), 即使再加多润滑剂(达到2%), 也很难开上高转速。因此, 要保持无粘土冲洗液极低的固相含量, 必要时耍机械净化。

表4

冲洗液	浓度, 克/升	相对摩擦系数	加入皂化油后	
			加量, 克/升	相对摩擦系数
清水		20	1	5
PHP 泥浆		20	1	8
MY-1	4	18	1	5
TG-1	1.5	14	1	5
PHP	1.5	10	1	5

5. 抗钙、抗盐能力 凡属非离子型的无粘土冲洗液(如天然植物胶、淀粉、XC 聚合物、羟乙基纤维素及其他改性非离子型聚合物), 都具有较高的抗钙、抗盐能力。如MY和TG无粘土冲洗液抗钙可达20000ppm以上, 而冲洗液的失水和粘度则变化不大。利用这个特性可配成高矿化冲洗液, 再配合高分子胶的抑制作用, 效果则更好。TG及MY中加入KCl或CaCl₂均可, 但阴离子型的PHP只能加入KCl。

6. 抗温性 无粘土冲洗液的品种不同, 抗温能力也不同。未改性的多糖类无粘土冲洗液, 只能在80℃以下正常工作, 故不适用于2000米以深的钻孔和地热井, 而用于一般岩心钻孔是可行的。多糖改性后, 其抗温能力一般可达120℃, 改性纤维素的抗温能力可达140℃。腐植酸、木质素及

人工合成的聚丙烯酸盐类等,抗温能力可达180~200℃以上。由于多糖类来源广,其中植物胶又具有交联增粘,抗盐、钙,降泵压等特性,因此,对孔内温度不高的岩心钻探而言,选多糖类无粘土冲洗液是有前途的。

7.破胶性 在用植物胶无粘土冲洗液钻进护壁之后,采用酸、盐或酶处理的方法破胶,重新破坏堵塞物,疏通岩石过水通道(不用二氧化碳洗井),这对水文、水井及一些工程钻井(孔)是很有意义的。根据初步的研究试验,用生物酶对MY无粘土冲洗液所护钻孔进行破胶,可恢复到岩层原渗透率的90%。经用质谱、核磁共振、红外光谱等方法,对破胶前、后的样品进行鉴定,证明破胶后的魔芋分子量从几十万降至几十。冲洗液的粘度也大幅度下降,能在几十分钟至1小时内,使表观粘度(单位毫帕·秒)下降几十倍,为后来的清水冲洗疏通创造了条件。

8.净化能力 钻进中,一般需按排专门工序净化岩粉。而大多数高分子聚合物本身就具有不同程度的吸附、絮凝与净化岩粉的能力,所以,对岩粉较少的金刚石钻进更为适合。如福建煤田121队在绳索取心金刚石钻进中采用TG无粘土冲洗液,用一般循环槽就达到了净化岩粉的目的。

9.不在钻杆内结泥皮 目前,在绳索取心钻进中,由于泥浆和乳化液中的固相离子,在吸附与离心力作用下,常附着在钻杆的内壁上,使打

捞器与内管的上下受阻。为解决这个问题,除采用小规格的除泥器外,还需人工专门清洗。而采用无粘土冲洗液,这个问题就比较容易解决,许多单位的生产实践已证明了这一点。但由于无粘土冲洗液的种类不同,与钻杆表面的吸附能力也不同,所以,产生泥皮的情况也不同。

10.防腐性与毒性 多糖类无粘土冲洗液,易受微生物影响而发酵。向冲洗液中添加一定量的防腐剂——福尔马林(甲醛),可防止发酵。但在冬季或温度较低的环境下施工,防腐问题就不突出。已进行化学改性的多糖(及纤维素)或化学合成的高聚物,不存在防腐问题。

多糖类无粘土冲洗液,一般是无毒的。但使用聚丙烯酸盐类材料时,应注意其游离丙烯腈含量不要超过国家规定标准。另外,在使用各种酸、碱、盐、防腐剂、表面活性剂、络合物时,也要注意安全操作问题。

参考文献

- [1] 曾祥熹等:地质与勘探,1982,第2期
- [2] 曾祥熹等:地质与勘探,1982,第4期
- [3] 曾祥熹等:地质与勘探,1982,第5期
- [4] 彭振寅等:地质与勘探,1983,第8期
- [5] 曾祥熹等:地质与勘探,1984,第12期

A Study on Non-clay Drilling Fluid

Zeng Xiangxi

(Central South University of Technology)

Abstract

The non-clay drill fluid, a new variety of drilling fluids, has many advantages that conventional drilling fluids have none, such as appropriate viscosity excellent rheological properties, low filter loss, prevention of hole caving, turbulence damping and drag reduction (i. e. lowering the pump head), enhancing the stickability by using bonded high polymers, breaking of gel, and so on. Non-clay drill fluid may be used in core drilling in solid mineral exploration, hydrogeological drilling and water well drilling and is able to increase the drilling speed and reduce the wearing of drilling bit and tools. when drilling in a complex rock formation, it can solve many problems that existed in diamond drilling. For this reason to develop non clay drill fluid is an important problem we should devote our efforts to investigate immediately. In this paper the types and properties of the non-clay drill fluid are discussed. A conclusion and some suggestions are also presented.