

聚丙烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层中的应用研究

姜桂春

(辽宁省冶金地质勘查局四〇四队, 辽宁 辽阳 111000)

摘要:根据多年对聚丙烯酰胺无固相冲洗液钻进技术在地质岩心钻探中的应用情况,进一步分析聚丙烯酰胺无固相冲洗液钻进所具有的技术优势,以及如何发挥其优势,利用聚丙烯酰胺无固相冲洗液钻进水敏地层及其它复杂地层,解决难以钻进的问题。同时,为进一步完善、选择适宜的钻井冲洗液提供一些可供借鉴的建议,使该技术的快速发展和地质岩心钻探钻进技术全面提高。

关键词:聚丙烯酰胺;冲洗液;复杂地层;地质岩心钻探

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2015)01-0034-04

Application of Polyacrylamide Solid-free Drilling Fluid in Complex Strata Drilling/JIANG Gui-chun (404 Team, Metallurgical Geology Exploration Bureau of Liaoning Province, Liaoyang Liaoning 111000, China)

Abstract: Based on the application of drilling technology with polyacrylamide solid-free drilling fluid for years, further analysis is made on the technical advantages of polyacrylamide solid-free drilling fluid and how to take these advantages for drilling in water sensitive formation and other difficult formations.

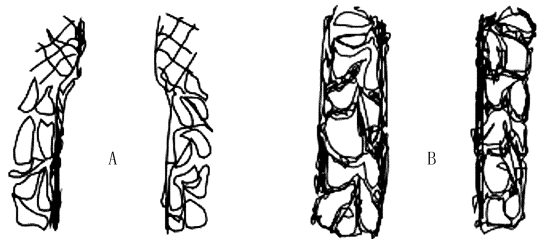
Key words: polyacrylamide; flushing fluid; complex formation; geological core drilling

钻探不仅是地质勘探的最重要手段之一,而且在矿产采掘和一些大型的现代化施工中,也不乏应用。钻探效率往往决定了勘探和开发的速度。冲洗液被誉为钻井工程的“血液”,加强对钻井冲洗液的研究有助于保证钻井工程顺利进行、提高钻井效率、加快钻井速度。

聚丙烯酰胺无固相冲洗液技术已在我国各类地质勘探、钻井施工中应用多年,现已开拓国际地质市场,将有着广阔的发展和应用前景。

1 聚丙烯酰胺无固相冲洗液的作用机理

PAM(水解的聚丙烯酰胺)和 PHP(部分水解的聚丙烯酰胺)的护壁防塌机理,在于其分子链上有很多吸附基,由于无固相冲洗液渗透半径大,吸附基与孔壁的破碎带之间形成多点吸附,使得在孔壁上形成有长链分子结合的吸附壁,增加了孔壁的塑性强度,覆盖孔壁岩石表面,隔水性,粘结性就大大增强,有阻止和抑制岩层分散、水化和膨胀作用,因此起到护壁防塌作用。另外,PHP 无固相冲洗液的 pH 值偏低,这本身也是稳定水敏地层的一种措施,再加上高聚物作用就起到了稳定孔壁的作用(参见图 1)。



A—用清水钻出的孔壁,水敏地层遇水溶解扩大的孔壁;
B—用 PHP 无固相冲洗液钻出的孔壁,高聚物渗透半径大,吸附在破碎裂隙中,隔水性好,阻止了水敏地层的水化,保持住近乎原孔壁尺寸

图 1 PHP 无固相冲洗液防塌对比示意图

2 聚丙烯酰胺无固相冲洗液的特点

2.1 润滑性能好

聚丙烯酰胺是由丙烯酰胺聚合而成的线型高聚物,具有絮凝和润滑作用,利于冲洗液固相控制,摩阻相对较低。钻头进尺有明显提高,减轻了机械设备的磨损,并使卡钻事故大量减少,钻具磨损程度减小,同时因孔内阻力小,可开高转速,钻机转速可提高 40%(参见表 1)。

2.2 具有较好的护壁防漏性能

表 1 辽阳弓长岭铁矿高山深部 2012—2013 年
采用 2 类冲洗液所使用的转速比较

施工年份	泥浆类型	钻孔数/个	转速/(r·min ⁻¹)
2012 年	低固相泥浆	3	386 ~ 500
2013 年	聚丙烯酰胺无固相	14	600 ~ 810

在钻进水敏地层等复杂地层时,聚丙烯酰胺无固相冲洗液能防止钻孔漏失,在钻进不十分严重的渗透性漏失孔段时,聚丙烯酰胺无固相冲洗液能使漏失逐步减轻或完全停止。一方面,这是由于聚丙烯酰胺无固相冲洗液比普通泥浆密度轻,冲洗液在钻进中的液柱压力就要低得多。只要液柱压力大于地层孔隙的压力,并能克服漏失产生的阻力,漏失才会发生。因此,聚丙烯酰胺无固相冲洗液降低了产生漏失的压力。另一方面,聚丙烯酰胺无固相冲洗液粘度低,在钻孔的环形空间上返速度较快,渗透裂隙速度快,高聚物在孔隙内吸附逐渐形成凝结而产生堵塞。另外,聚丙烯酰胺的大分子链在漏失到孔隙中能吸附在孔壁上,相反岩粉颗粒表面性质不同容易被 PHP 吸附—架桥—聚沉,一起产生堵塞。当水流过时,这些吸附在孔壁的亲水性大分子链还会努力伸向孔隙深处,形成很大的流动阻力。因此综合这些原因就形成良好的防漏效果。当遇到较大裂隙漏失严重时,可向冲洗液中加入一些惰性物资,增加絮凝团的粘度和长度,促使漏失停止。形成即经济又节省时间,边钻边堵的冲洗液。我局生产实践可参见表 2。

表 2 弓长岭工区 2012—2013 年 2 类冲洗液施工钻孔事故对比

施工年份	冲洗液类型	钻孔数/个	卡钻孔数	处理时间/d
2012 年	低固相泥浆	3	3	28
2013 年	聚丙烯酰胺无固相	14	2	9

另外,我队 2013 年于东鞍山矿区 ZK-16 号孔 2 种冲洗液处理事故时间对比见表 3。

表 3 ZK-16 号孔 2 种冲洗液处理坍塌事故时间对比

冲洗液类型	坍塌物/m	处理时间/h	备注
普通泥浆	31	36	因孔内涌水用泥浆处理,有增无减透孔不到底
聚丙烯酰胺无固相	25	5	用此冲洗液后透孔经冲洗液循环,当班恢复钻进

2.3 堵漏性能

聚丙烯酰胺无固相冲洗液密度轻,加入聚丙烯酰胺,冲洗液具有絮凝作用,触变性较强。所以当钻人有渗透性漏失的地层,能防止钻孔漏失。当遇到

钻孔漏失严重地层时,可变化一下冲洗液的性能,即可达到堵漏作用。如在鞍山黑石砬子工区 ZK-418 号钻孔当施工至 97 m 时钻孔出现漏失,低固相泥浆供应不上,出现了多次等待。改用聚丙烯酰胺无固相冲洗液钻进后,仅用 4 h 钻孔漏失减轻至微漏。

2.4 降低了施工成本

由于配制聚丙烯酰胺无固相冲洗液使用的聚丙烯酰胺量少,钻进速度快,可大幅度地降低钻探成本。根据我们多年生产证明,可降低钻探成本 40% 左右。表 4 为我队在弓长岭工区钻探单位成本对比。

表 4 弓长岭工区钻探单位成本对比

施工年份	冲洗液类型	钻孔数/个	平均孔深/m	平均冲洗液成本/(万元·孔 ⁻¹)	平均钻探单位成本/(万元·孔 ⁻¹)
2012 年	低固相泥浆	3	480	8.25	43.30
2013 年	聚丙烯酰胺无固相	14	760	4.21	23.20

2.5 降低工人的劳动强度

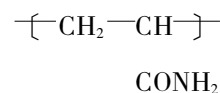
聚丙烯酰胺本身无腐蚀,无毒性,用量少。不像普通泥浆需要大量白泥粉和纯碱等。由于聚丙烯酰胺无固相冲洗液配制简便,劳动强度低,因此,受到了广大工人的欢迎。

2.6 减轻了对农田和环境的污染

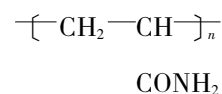
聚丙烯酰胺无固相冲洗液所用的处理剂是无毒物。pH 值在 8 左右,比普通泥浆低。并且聚丙烯酰胺本身就是一种土壤改良剂,可以增加土壤的团粒结构,分子中含有的酰胺基在土壤中缓慢水解,可增加土壤的含氮量,故对农田和环境污染大大减轻。

3 聚丙烯酰胺的化学结构和分子量

聚丙烯酰胺是由丙烯酰胺聚合而成的线型高聚物。它由许多相同的链节构成,每个链节的化学分子式可写成:



若有 n 个链节组成一个大分子的聚丙烯酰胺,那么整个聚丙烯酰胺大分子式就可以写成:



链节数 n 就叫做聚合度。一个链节中原子量的总和叫做链节分子量。聚丙烯酰胺的链节大分子是

71.08。用链节分子量乘以聚合度 n 就等于高聚物的分子量。所以,聚合度和分子量都能表示高聚物分子的大小。由于在聚合反应中,不可能每一个大分子链都一样长,所以聚合后的产品都是一个多种分子量的混合物。

分子量对于高聚物是一个非常重要的参数。对于冲洗液而言,随着聚丙烯酰胺分子量的增加,絮凝能力,提粘效果,堵漏和防塌效果都会提高。分子量太高,溶解将变得越困难,剪切稳定性也会相应降低。目前用于我们地勘行业的是两种形状的聚丙烯酰胺。一种是含量为 7% ~ 8% 的胶冻状产品,因其纯度较低,现很少有人使用。另一种是粉状产品,较常用。

4 聚丙烯酰胺冲洗液的配制

聚丙烯酰胺溶解慢,为避免急用时造成困难,使用聚丙烯酰胺时,首先要配成一定浓度的溶液。聚丙烯酰胺是高聚物,它的溶解过程比较复杂。它在溶解时,首先是溶解分子(水分子)向高聚物内部扩展,先使高聚物膨胀,使大分子之间的排列疏松起来,到一定程度,可溶性的大分子才从高聚物的边缘脱落,并缓慢地向溶剂深处扩散。由于分子体积大,扩散速度要比小分子量慢。所以,高聚物处理的正确配制是十分重要的。下面介绍几个影响高聚物速溶方法。

(1) 分子量越高,溶解也就越困难;网状结构要比线型结构溶解困难。所以,加温和搅拌能加速聚丙烯酰胺的溶解。

(2) 水解的聚丙烯酰胺比不水解的聚丙烯酰胺溶解要快。水解度越高溶解也就越容易。

(3) pH 值在 7 ~ 8 之间,聚丙烯酰胺的溶解较快。pH 值过低影响其溶解速度。

(4) 凡能提高高聚物中亲水基团的亲水性或能促进高聚物在溶解中伸展的药剂,都能改善高聚物的溶解性。如: NaOH, Na₂CO₃。

(5) 以电解质存在的盐水,能降低高聚物的溶解度。在现场使用的聚丙烯酰胺,一般是配成 1% 浓度的溶液。

5 聚丙烯酰胺无固相冲洗液应用

5.1 试验与现场效果

在金刚石钻进中,孔壁坍塌是经常发生的井内

事故之一。因为金刚石钻进环状间隙小,冲洗液上返速度快,压头损失大,孔壁易冲刷破坏和增加漏失,造成钻具回转阻力大等。根据 HPAM 分子链上具有很多吸附基,这些吸附基与孔壁的破碎带形成多点吸附,使得在孔壁上形成有长链分子结合的吸附壁,增加了孔壁的塑性强度。我们做过室内试验 PAM 无固相冲洗液的 PHP 防坍塌浸泡实验,试验结果见表 5。

表 5 PHP 防坍塌浸泡实验

PHP 浓度/ppm	岩矿样	浸泡结果
0	绿泥石英片岩	1 min 即膨胀、崩溃、分散
100	绿泥石英片岩	2 min 膨胀、松散
300	绿泥石英片岩	2 min 膨胀、松散
500	绿泥石英片岩	7 min 膨胀、微裂痕、30 min 破裂呈块状
1000	绿泥石英片岩	15 min 后膨胀、微裂、24 h 破裂、但仍呈块状

实验证明:PHP 的浓度愈高,防塌护壁效果愈好。具有稳定孔壁的作用。在生产施工中,要根据钻孔情况采用不同浓度的 PHP(见表 6)。

表 6 弓长岭工区采用不同浓度 PHP 无固相冲洗液使用效果

工区孔号	PHP 浓度/ppm	岩层	应用效果
弓长岭 8 号	400	白云母片岩	孔内有 20 m 坍塌物经透孔虽能加入残尺,但仍有 5 m 坍塌物
弓长岭 18 号	300	绿泥片岩	孔内有 10 m 坍塌物,经透孔虽能加入残尺,仍有 3 m 坍塌物
弓长岭 8 号	1000	白云母片岩	增加了 PHP 浓度经一个回次钻进,孔内坍塌物只剩 0.5 ~ 1 m
弓长岭 18 号	500	绿泥片岩	增加了 PHP 浓度经一个回次钻进,孔内坍塌物只剩 0.5 m

实践证明:根据不同的钻孔条件,要配制不同浓度 PHP 无固相冲洗液,因为 PHP 浓度越高,PHP 在孔壁上的吸附量就越多,吸附膜结构强度就越高,桥联网目增加,覆盖孔壁表面,隔水性,粘结性就大大增强,防塌护壁效果愈好,具有稳定孔壁的作用。

5.2 使用方法

经多年使用聚丙烯酰胺无固相冲洗液证明:只要配制、管理得当,对预防和减轻钻孔坍塌、掉块和轻微漏失、稳定孔壁是十分有效的。下面介绍 2 种配方。

在一般钻孔的配方:PHP($H = 20\% \sim 40\%$;分子量 $M = 200 \sim 400$;浓度 1%) 0.02% (200 ppm),癸脂或切削油 0.3%。

在复杂地层的配方:PHP($H = 40\%$;分子量 $M = 400 \sim 800$;浓度 1%) 0.1%,癸脂 0.3%。

配制:把 PHP 加入清水中搅拌 5 ~ 10 min,在加入润滑剂搅均即可。钻孔较浅可不加润滑剂。

性能要求:密度 1.02 ~ 1.05 g/cm³;粘度 16 ~ 18 s; pH 值 7 ~ 8;岩粉沉降,在 100 mL 无固相冲洗液中加入 5 g 岩粉,搅匀后静放 2 min,大部分岩粉沉淀即可。

使用注意事项:(1)聚丙烯酰胺无固相冲洗液要搅拌均匀,不能有块状,否则易造成糊水龙头情况;(2)由于岩粉吸附 PHP,要定期补充 PHP;(3)定期清理水源箱,严禁造成岩粉恶性循环;(4)钻进破碎层时,应及时加大 PHP 浓度。

6 结语

在东鞍山矿区施工中,分别在 ZK - 16、ZK - 17、ZK - 19、ZK - 22、ZK - 24 孔等坍塌破碎钻孔使用了聚丙烯酰胺无固相冲洗液及普通冲洗液,均取得了效果,但聚丙烯酰胺无固相冲洗液效果更佳,施工更顺利,圆满完成了钻探施工任务。到目前为止,东鞍山矿区使用聚丙烯酰胺无固相冲洗液已完成 40 余个钻孔施工任务,进尺 43000 余米,孔优秀率 90% 以上,为探明东鞍山铁矿做出了巨大贡献,取得了良好的经济

效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 刘建平,陈洪俊.聚丙烯酰胺+切削膏堵漏材料的工程应用及效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):31-33.
- [2] 刘志军,肖勇,李志芳.聚丙烯酰胺的现状及发展的思考[J].江西化工,2003,(2):44-45.
- [3] 王文臣,郭凤贵,张相起.聚丙烯酰胺在小口径钻孔护壁堵漏浆液中的应用[J].地质与勘探,1980,(4).
- [4] 邹绍新.聚丙烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层钻进中的应用[J].地质与勘探,1981,(1).
- [5] 全志刚.PVA 无固相冲洗液在吉林珲春松林油页岩矿区水敏地层中的应用[J].吉林地质,2007,26(1):80-82.
- [6] 代国忠,张亚兴,赖文辉,等.PVM 聚合物型无固相钻井液研究与应用[J].地质与勘探,2010,29(6):1127-1132.
- [7] 张卫军,冯丹涛,黄龙铺铜矿绳索取芯低固相泥浆应用[J].西部探矿工程,2011,(2):79,81.
- [8] 孙宗席.甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(12):32-35.
- [9] 王扶志,张志强,宋小军.地质工程钻探工艺与技术[M].北京:地质出版社,2010.
- [10] 孙平贺,杨昌杰,张绍和,等.无固相聚合物钻井液在香格里拉普朗铜矿区复杂地层钻进中的试验与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):10-13.

(上接第 33 页)

(2)从本井施工效果看,液力衡扭旋冲提速工具与 PDC 配合提速效果非常显著,且能大幅度节约钻井成本。与邻井 15 口井平均机械钻速相比提高了 166%;施工周期方面缩短了 38 d;节约了大量钻井成本,提高了钻机使用效率,加快了勘探开发速度。

(3)根据液力衡扭旋冲提速工具的工作原理,采用中等钻压、低转速,钻速较快且工作稳定,对控制井身质量、携带岩屑起到了较好的作用。

(4)液力衡扭旋冲提速工具为深井提速提供了一个有效的技术手段,建议在达深地区大力推广该工具,并在其他区块进行探索应用。

参考文献:

- [1] 张晓东,易发全,张强,等.PDC 钻头与岩石相互作用规律试验研

究[J].江汉石油学院学报,2003,25(S1):64-65.

- [2] 高航献,瞿佳,曾鹏晖.元坝地区钻井提速探索与实践[J].石油钻探技术,2010,38(4).
- [3] 蒋宏伟,刘永盛,翟应虎,等.旋冲钻井破岩力学模型的研究[J].石油钻探技术,2006,34(1):13-15.
- [4] 孙明光,张云连,马德坤.适合多夹层地层 PDC 钻头设计及应用[J].石油学报,2001,22(5):95-99.
- [5] 马清明.水力脉冲诱发井下振动钻井技术[J].石油钻探技术,2005,33(1):12-14.
- [6] 索忠伟,尹慧博,张海平,等.旋冲钻井技术在内蒙古意 1 井的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(3):18-20,24.
- [7] 郭元恒,何世明,宋建伟,等.TorkBuster 扭力冲击器在元坝地区提高钻速中的应用[J].天然气技术与经济,2012,6(3):52-54.
- [8] 李秋杰,王玉玺,李欢欢.扭力冲击器在大庆油田肇深 17 井的试验应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):44-47.