

◀教授专家专栏▶

超高温钻井液体系研究(I)——抗高温钻井液处理剂设计思路

王中华

(中原石油勘探局 钻井工程技术研究院,河南 濮阳 457001)

摘要:在分析抗高温钻井液处理剂研制的难点及高温对聚合物的要求的基础上,提出了抗高温($\geq 220^{\circ}\text{C}$)聚合物处理剂的分子设计思路,并通过引入主导官能团和非主导官能团的概念,形成了超高温聚合物处理剂的分子设计思路。根据分子设计提出了用自由基聚合合成烯基单体聚合物处理剂(包括降滤失剂、增黏剂、解絮凝剂和分散剂),通过分子的化学修饰合成抗盐抗高温高压降滤失剂,并对合成超高温处理剂原料的选择进行了探讨。

关键词:高温;高压;钻井液添加剂;聚合物;超深井

中图分类号:TE254⁺.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2009)03-0001-07

20世纪80年代以来,世界各国深井、超深井、复杂井的数量不断增加,这对钻井液技术提出了更高的要求,特别是高温下钻井液流变性和滤失量的控制成为制约钻井液技术发展的主要因素,原有的钻井液处理剂和钻井液体系已不能完全满足超深井钻井技术发展的需要。故世界各国都开始研制开发适用于深井、超深井的抗高温钻井液处理剂和钻井液体系,以满足深井超深井钻井的需要^[1-3]。

对于高温钻井液来说,抗高温钻井液处理剂是其核心,因此近年来国内外研究者根据抗高温水基钻井液的需要,围绕适用于超深井的新型钻井液处理剂的研制与开发开展了大量的研究。

国外首先针对抗高温钻井液处理剂的需要,研制开发或引用了一系列专用的功能性单体,如2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、N,N-二甲基丙烯酰胺、N,N-二乙基丙烯酰胺、N-乙烯基甲基乙酰胺和N-乙烯基乙酰胺,这些单体的特殊结构为研制高性能处理剂提供了原料保证,使抗高温钻井液处理剂的研究取得了较大进展,研制出了以COP-1、COP-2、MIL-TEMP、PYRO-TROL、KEM-SEAL、Thermachek TM、CHEMTROL-X和POLY-DRILL等为代表的独具特色的抗高温处理剂产品,形成了超高温专用钻井液体系^[4-11],并成功应用于实践。

国内在抗高温处理剂研制方面也有一些报导^[12-17],笔者在新型聚合物处理剂研究方面已进行了大量的探索^[18-22],并根据需要研制了2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、丙烯酰胺基-2-丙烯酰胺基十二烷基磺酸和N-异丁基丙烯酰胺等新单体,为深入

开展适用于深井、超深井的钻井液处理剂和钻井液体系的研制奠定了基础。笔者在分析抗高温处理剂研制的难点及高温对聚合物的要求的基础上,从分子和合成设计两方面对抗高温($\geq 220^{\circ}\text{C}$)处理剂的设计进行了讨论,旨在为超高温处理剂的研制提供理论基础。

1 抗高温处理剂研制的难点

抗高温处理剂研制的难点主要是化学因素和物理因素对处理剂性能的影响,化学因素主要是热降解和基团变异,物理因素主要是高温对吸附和水化的影响。

1.1 化学因素

聚合物在高温环境下热降解是必然趋势,且不可逆,不降解是不可能的,关键是如何提高分子的热稳定性,保证高温下处理剂的相对分子质量能够满足控制钻井液性能的需要。在满足钻井液性能要求的情况下尽可能降低处理剂的相对分子质量,因为相对分子质量越大降解越明显。

收稿日期:2009-02-09; **改回日期:**2009-03-05

基金项目:中原石油勘探局重大科技攻关项目“超高温钻井液体系研究”(编号:2007301-3)部分研究成果

作者简介:王中华(1965—),男,河南柘城人,1985年毕业于郑州大学高分子化学专业,中原石油勘探局副总工程师,教授级高级工程师,主要从事精细化工和钻井液技术的研究和管理工作。

联系电话:(0393)4899235

基团变异,即官能团性质的改变,也是必然趋势,基团性质的改变可能使处理剂完全丧失作用。如何抑制基团变异是难点,从聚合物自身来讲,应采用高温下稳定的基团,也可以引入能够抑制基团变异的功能基。

1.2 物理因素

由于高温加剧了分子的运动,因此高温下吸附量减少,以至脱附(解吸附),这种趋势是自然规律,不可能改变,但可以通过选择高温下吸附能力强的基团,并通过提高分子链刚性增加分子运动的阻力来尽可能提高高温下的吸附能力,减少高温脱附。

高温也会导致水化基团水化能力的减弱,以至于失去作用。可以选择水化强的基团来改善高温环境下处理剂的水化能力。特别是在有盐存在的时候,高温会使钻井液的 pH 值降低,使处理剂的作用效果下降,影响其水化作用。应选择对盐和 pH 值不敏感的水化基团,尽可能减少 pH 值对水化能力的影响。

2 高温对聚合物的要求

2.1 聚合物抗高温抗盐具备的条件

从抗高温方面讲,聚合物应具备:1)分子链刚性强,分子主链上含有环状结构,最好含苯环,设计梳型结构产品以提高支化程度;2)通过不同类型吸附基团的协同作用,保证高温下有足够的吸附量;3)吸附基团吸附牢固,高温下吸附能力强;4)吸附基团的水解稳定性强,高温下不发生基团变异;5)吸附基团高温解吸附趋势尽可能低。

就抗盐而言,聚合物应满足:1)盐对聚合物在黏土颗粒上的吸附量影响小;2)水化基团盐敏性低;3)以羟基和氨基为主要吸附基,以磺酸基为主要水化基;4)有足量的吸附基团和水化基团。

2.2 高温高密度钻井液对处理剂的要求

1)为了降低滤失量而使产品用量增加时对体系的黏度影响小,处理剂相对分子质量应尽可能低。

2)常温下溶解快,黏度效应小,对加重材料有分散作用。

3)高温下具有良好的热稳定性,产品不仅不产生絮凝,且具有解絮凝作用,能够控制钻井液不出现稠化现象,保证钻井液的稳定性;具有良好的控制高温高压滤失量的能力,泥饼薄而韧;吸附能力强,吸

附量受温度影响小;不同作用的处理剂间配伍性好,高温下具有协同增效作用,有较强的抑制性。

3 抗高温处理剂的分子设计

抗高温处理剂的分子设计可以从单体的分子设计和聚合物的分子设计两方面考虑,其中单体的分子设计是聚合物分子设计的基础,当现有的单体不能满足聚合物分子设计的需要时,必须根据需要设计合成新单体。

3.1 单体的分子设计

3.1.1 对单体的要求

原料来源广,价格低,合成过程简单,易于实现工业化;单体毒性低或无毒,或合成的最终产品没有毒性;功能基团热稳定性高,抗盐能力强,且易于通过自由基聚合反应自聚和共聚而得到较高相对分子质量的产物。

3.1.2 分子设计

分子结构的确定:首先根据聚合物合成的需要设计产品的分子结构。

分子结构的拆开:在所设计分子结构的基础上,拆开分子结构;根据所拆开部分的结构特征进行可能原料的选择;分析所选择原料的结构及其反应特征,以及来源。

分子结构的组合:先根据原料的结构,进行分子结构组合,然后与所设计产品的分子结构进行对比分析,并进行必要的分子结构修饰。

3.1.3 合成设计

在分析的基础上确定最终用于单体合成的原料,选择合成反应路线,并根据所用原料的性质、合成反应路线及最终产品的结构确定合成工艺和配方。单体的合成设计路线如图 1 所示。

3.2 聚合物分子设计

聚合物分子设计主要从链结构、官能团、相对分子质量、官能团比例等 4 个方面考虑,由于相对分子质量、官能团比例在文献[23]已有详细介绍,因此,笔者在此重点分析链结构和官能团。

3.2.1 链结构

链结构直接关系到产品的热稳定性和应用性

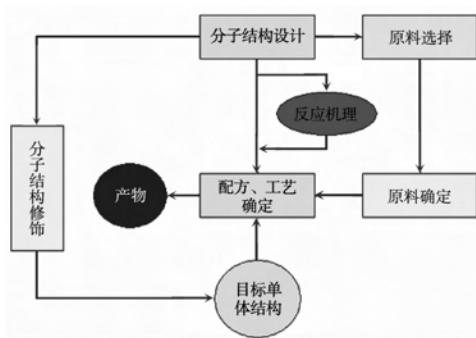


图1 单体的合成设计路线

能,是设计的关键一步,其选择原则是采用碳链和环状结构。从应用性能考虑,重点是分子主链的刚性、侧基的性质和分子的支化程度。选择碳链结构保证分子的热稳定性,通过引入环状结构可以增强分子链的刚性,进一步提高处理剂的热稳定性,增加分子的支化程度,采用大侧基可以提高分子的运动阻力,提高分子高温下的吸附稳定性和抗电解质污染的能力。

3.2.2 官能团

官能团是处理剂分子上起关键作用的基团,它赋予聚合物以不同的功能,官能团的性质直接关系到处理剂的应用性能。为了分子设计的可操作性,将官能团分为主导官能团和非主导官能团。

1)主导官能团 主导官能团是指分子中起关键作用、且对产品的性能影响较大的官能团,根据基团的作用和性质将其划分为吸附基团、水化基团和选择性基团。

a. 吸附基团。该基团是分子链上能够在黏土颗粒上有强吸附作用的基团,这种吸附包括化学吸附和物理吸附。吸附基团是保证处理剂发挥作用的关键,因为处理剂分子只有吸附在黏土颗粒上才能起到应有的作用。吸附基团根据其性质主要有非离子基团和阳离子基团。非离子基团是分子链上不发生离解的基团,它既具有吸附作用,又具有水化作用,多数情况下以吸附作用为主,包括羟基、酰胺基、酚羟基、羧基、亚胺基、胺基、醇羟基、醚键和腈基等,重要的非离子基团有酰胺基、胺基和羟基。酰胺基吸附能力强,热稳定性差,易水解变异,抗盐性强;胺基吸附能力强,热稳定性好;羟基耐水解,吸附能力相对于酰胺基弱,耐温抗盐能力强。阳离子基团可以在链段主链上,也可以在侧链上,阳离子基团吸附能力强,耐水解,具有长期稳定效果,抑制性强,但易使钻井液过度絮凝,其用量应适当,不宜过大。它可以

明显提高处理剂的抗温性能,主要是季铵基。

b. 水化基团。水化基团是分子链上可以起到水化作用的官能团,有利于分子在钻井液中分散,水化基团对盐的敏感性将会影响聚合物的耐盐性。磺酸基和羧基都为强水化特征的阴离子基团,水溶性良好,在高分子链节上可以形成较强的溶剂化层,从而起到抗盐、抗温、抗污染的作用。磺酸基具有较强的水化特性,对盐不敏感,磺酸基的多少决定产品的抗盐性,特别是在高温条件下的抗钙、镁污染能力。磺酸基包括 SO_3^- 和 CH_2SO_3^- 。羧基具有很强的水化能力,可以提高聚合物的溶解性(提高溶解速率),其缺点是在高价离子存在下易去水化,甚至产生沉淀,在高温情况下抗盐,特别是抗高价金属离子的能力差。

c. 选择性基团。选择性基团是为了使分子达到某种目的而引入的一些具有选择性作用的基团,选择性基团只有在一定的条件下才能起作用,属于“潜在”官能团。当某一官能团发生化学反应后,可以生成具有吸附或水化作用的官能团(官能团再生),选择性基团的引入可以使处理剂的稳定性进一步得到改善。

实际设计中可以通过改变三种基团的比例设计不同作用的处理剂。

2)非主导官能团 非主导官能团是指既能起到一定水化和吸附作用,又能与主导官能团一起有利于改善聚合物综合性能的基团。在一些情况下,当主导官能团失去作用后,可以代替主导官能团起作用。

非主导官能团包括疏水基团、次吸附基团和次水化基团。疏水基团:产生疏水缔合作用,改善分子的抗温、抗盐和抑制性;次吸附基团:主要指大侧基团上的羧基(改善溶解性),主链上的阳离子基团,进一步提高产物在黏土颗粒上的吸附能力,提高抑制性;次水化基团:分子链上的羧基、羟基在一定条件下具有水化作用,改善水化能力。这三种非主导官能团联合作用可改善产物的耐温性、抗盐性、吸附性、抑制性和稳定性,是分子设计中不可忽视的内容。

4 抗高温处理剂的合成设计

合成设计是处理剂研制的关键环节,在分子结构确定后如何保证产物合成的顺利实施和产物的良好性能,需要通过合成设计来实现。结合分子设计,

抗高温聚合物的合成可以从两方面进行:一是通过烯类单体共聚合成新产物,二是在原有处理剂基础上进行分子修饰达到最终目标。对于超高温处理剂而言,结合实际需要,可以采用自由基聚合反应合成抗高温抗盐的增黏剂、降滤失剂、解絮凝剂和分散剂,采用分子修饰的方法合成高温高压降滤失剂。合成设计路线见图 2。

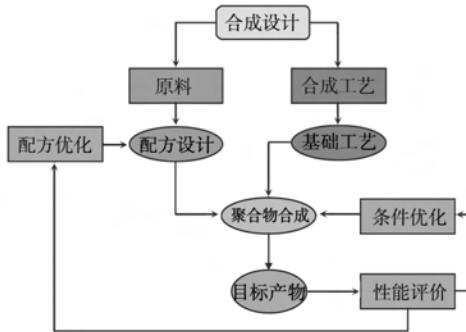


图 2 聚合物合成设计路线

4.1 烯基单体聚合物的合成

在烯类单体聚合物合成中,重点是原料的选择、配方设计、相对分子质量控制和聚合方法等,由于不同基团和相对分子质量对产物性能的影响已经非常明确^[23],这里不再赘述。

4.1.1 单体选择

丙烯酰胺是传统的丙烯酰胺、丙烯酸等烯基单体聚合物处理剂的主要原料,尽管其存在热稳定性差等缺点,但由于其聚合活性高、单体价格低,在超高温处理剂研究中仍然作为主要的单体之一。同时选择一些在用或新开发的功能性单体作为共聚单体,并通过引入功能性单体提高聚合物的抗高温能力。目前已经开发的阴离子性单体主要有2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸(AMPS)、2-丙烯酰氧-2-甲基丙磺酸(AMOPS)、丙烯酰氧丁基磺酸(AOBS)、2-丙烯酰氧-2-乙烯基甲基丙磺酸钠(AOEMS)、2-丙烯酰胺基十二烷磺酸(AMC₁₂S)、2-丙烯酰胺基十四烷磺酸(AMC₁₄S)和2-丙烯酰胺基十六烷磺酸(AMC₁₆S)等。这些单体均可为聚合物提供磺酸基,且水解稳定性好,是抗高温处理剂水化基团的重要单体,但这些单体中AMC₁₂S、AMC₁₄S和AMC₁₆S作为表面活性单体,具有很强的疏水性,为了保证聚合物的水溶性,仅能少量引入,合成中作为辅助单体,用于提高产物的疏水性。AMPS、AMOPS和AOBS具有聚合活性高,易得到较高相对分子质量

的产物,故在合成中选择它们作为合成的原料。AOEMS含两个双键,由于两个双键的反应活性不同,与其他单体共聚可以得到具有梳型结构的产物,有利于提高产物的高温稳定性。

可提供非离子性基团的单体N,N-二甲基丙烯酰胺(DMAM)、N,N-二乙基丙烯酰胺(DEAM)、N-异丁基丙烯酰胺(IBAM)、N-乙烯基甲基乙酰胺(VMAM)、N-乙烯基乙酰胺(NVAM)和N-乙烯吡咯烷酮(NVP)等在高温下均具有很好的耐水解能力,可以提供高温下稳定的吸附基团,其中VMAM和NVAM高温下耐水解能力优于DMAM和DEAM,但由于其合成工艺复杂,价格较高,以其为原料合成聚合物经济效益差,结合实际情况,并考虑到合成产物的价格,选用DMAM作为主要原料。IBAM具有疏水性,合成具有疏水性聚合物时可以选择。NVP作为一种可提供水化基团的非离子单体,高温下水解稳定性好,且可以抑制分子链上酰胺基的水解,在处理剂使用温度要求更高的情况下可以适当引入该单体。

可以提供强吸附基团的阳离子单体甲基丙烯酸二甲胺基乙酯(DMMA)、甲基丙烯酰氧乙基三甲基氯化胺(MTCMA)和丙烯酸二甲胺基乙酯(DMA),聚合活性高,可以得到高相对分子质量产物,且水解稳定性较好,在合成中可以根据需要选择其中的一个或多个单体,阳离子单体的引入可以提高产物的抑制能力,但也易导致产物降滤失能力下降。

4.1.2 合成方法的确定

针对单体的特点,可以采用水溶液聚合、乳液聚合、沉淀聚合或悬浮聚合等方法合成聚合物,在这些方法中,沉淀聚合和悬浮聚合要采用有机溶剂,生产中后处理困难,且存在安全隐患,根据处理剂所用的环境,采用水溶液聚合和乳液聚合较好,当采用乳液聚合时2-丙烯酰胺基十二烷磺酸等单体既是原料,又是乳化剂,可以制备乳液产品,但如果希望得到粉状产品时,则选择水溶液聚合。

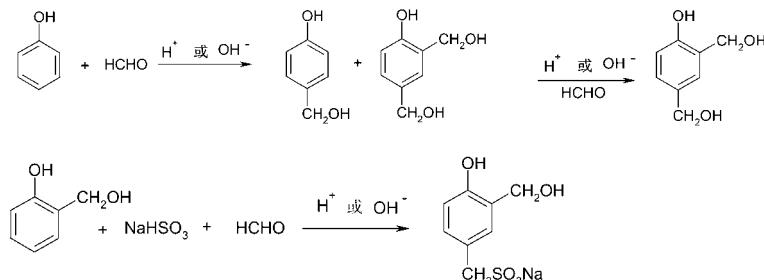
4.2 修饰产物的合成

4.2.1 原料选择

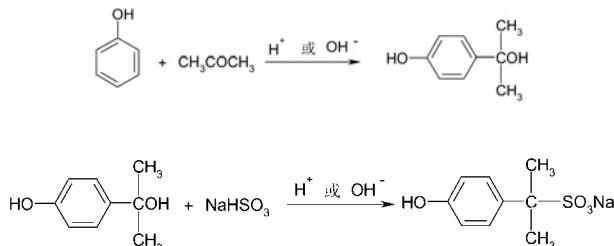
酚醛树脂磺酸盐的特殊结构决定了其具有较好的抗温抗盐能力,是良好的高温高压降滤失剂,但当使用温度超过200℃、含盐量较高、密度较大时,钻井液中会出现严重稠化现象。针对目前常用酚醛树

脂磺酸盐的分子结构特点,提出在其基础上通过分子修饰来进一步提高其抗温抗盐能力。按照所设计的分子结构,通过分子拆开、回归进行分子修饰,可用于化学修饰的原料有丙酮、乙醛、丙醛、对氨基苯磺酸、对羟基苯磺酸、对异丙基苯甲醛和对氨基水杨酸等。丙酮、乙醛和丙醛通过羟烷基化,可以提高分子链的刚性。对氨基苯磺酸和对羟基苯磺酸能提供吸附基和磺酸基,增加基团密度。对异丙基苯甲醛可通过羟烷基化反应产生刚性基团来提高疏水性。

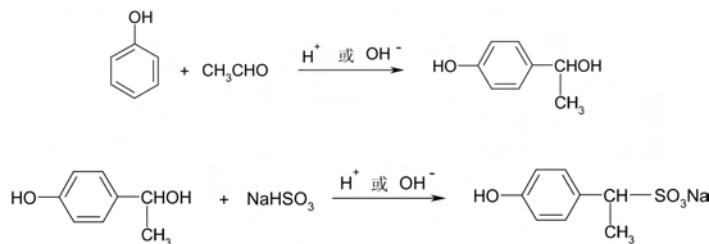
1)当采用苯酚和甲醛时将发生如下反应:



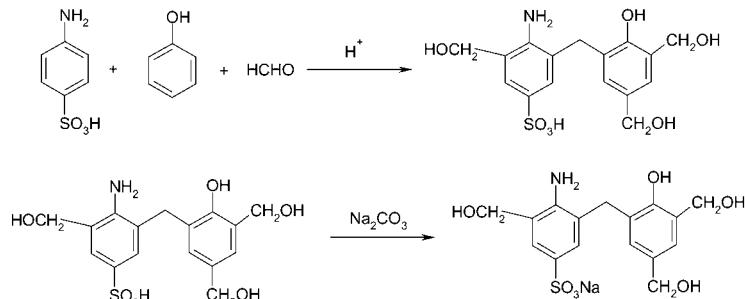
2)当采用丙酮代替部分甲醛时,将发生如下反应:



3)当用乙醛代替部分甲醛时,将发生如下反应:



4)对氨基苯磺酸和苯酚在存在甲醛时发生如下反应:

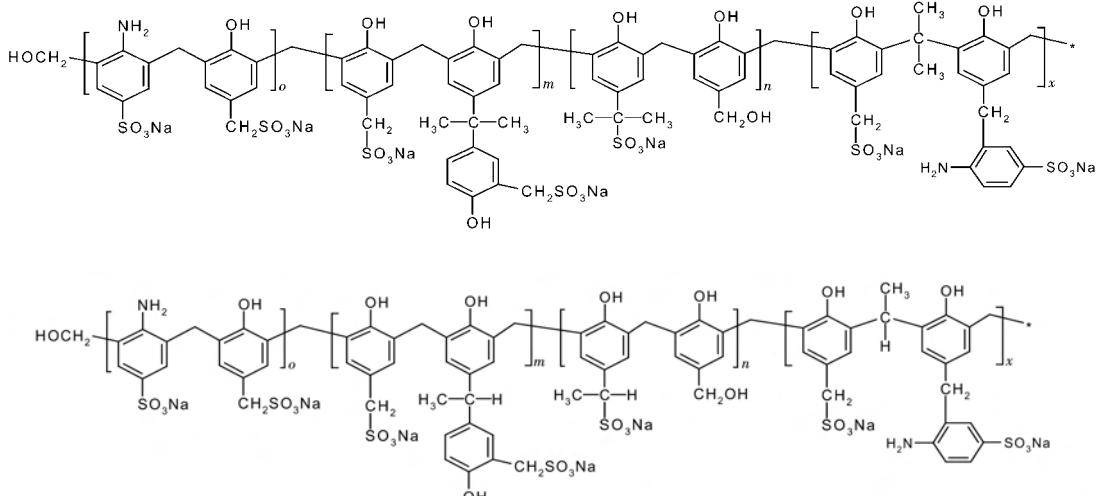


上述不同中间产物在甲醛和丙酮存在条件下进一步反应可以得到下面结构的产物:

对氨基水杨酸可以同时提供吸附基和水化基。结合反应活性和原料来源,选择丙酮、乙醛和对氨基苯磺酸作为主要修饰材料。合成的基本原料为亚硫酸钠、甲醛和苯酚。

4.2.2 化学修饰反应原理

采用丙酮、乙醛和对氨基苯磺酸作为修饰材料对酚醛树脂磺酸盐进行化学修饰,其反应原理如下。



上述结构的产物再进一步反应可以得到具有支链结构的产物。从产物的分子结构可以看出,与酚醛树脂磺酸盐 SMP 相比,分子链刚性提高,基团密度和类型增加,将更有利改善分子在高温下的吸附和水化能力,提高其抗盐性能。

4.2.3 合成方法

合成方法沿用酚醛树脂磺酸盐 SMP 的生产工艺^[23]。

5 结 论

1) 通过分子和合成设计为超高温处理剂的合成奠定了基础,作为超高温处理剂必须从分子结构和基团上满足超高温条件下控制钻井液性能的需要,特别是在高密度情况下,要兼顾高温高压滤失和流变性,也就是在保证低滤失量的情况下,控制钻井液的高温稠化。要达到这一目的就要求处理剂在保证分子链和基团稳定的前提下,具有解絮凝和分散加重材料的作用,从而保证高温下高密度钻井液的性能稳定。

2) 选用可以提供高温稳定基团的单体、控制合适的相对分子质量和相对分子质量分布,是保证烯类单体聚合物抗高温的基础,通过对酚醛树脂磺酸盐进行分子修饰,通过化学反应改善产物基团性能、分布和比例是合成高温高压降滤失剂的关键,这些思路已在研究中得到初步证实。

参 考 文 献

[1] Perricone A C, Enright D P, Lucas J M. Vinyl sulfonate copolymers for high-temperature filtration control of water-base muds [J]. SPE Drilling Engineering, 1986, 1(5): 358-364.

- [2] Spooner M, Magee K, Otto M, et al. The application of HTHP water based drilling fluid on a blowout operation: the AADE Drilling Fluids Technology Conference, Houston, April 1-3, 2003 [C].
- [3] Hernandez Maria Isabel, Mas Manuel, Gabay Reinaldo Jacques, et al. Thermally stable drilling fluid: US, 5883054[P]. 1999-03-16.
- [4] Hayes James R. High performance water-based mud system: US, 7351680[P]. 2008-04-01.
- [5] Garvey Christopher M, Savoly Arpad, Resnick Albert L. Fluid loss control additives and drilling fluids containing same: US, 4741843 [P]. 1988-05-03.
- [6] Huddleston David A, Williamson Charles D. Vinyl grafted lignite fluid loss additives: US, 4938803[P]. 1990-07-03.
- [7] Patel Bharat B, Dixon George G. Drilling mud additive comprising ferrous sulfate and poly (N-vinyl-2-pyrrolidone / sodium 2-acrylamido-2-methylpropane sulfonate): US, 5204320 [P]. 1993-04-20.
- [8] Stephens Michael, Swanson Billy L, Patelbharat B. Drilling mud comprising tetrapolymer consisting of n-vinyl-2-pyrrolidone, acrylamidopropanesulfonicacid, acrylamide, and acrylic acid: US, 5380705 [P]. 1995-01-10.
- [9] Udarbe Rebecca G, Hancock-Grossi Kim, George Charles R. Method of and additive for controlling fluid loss from a drilling fluid: US, 6107256 [P]. 2000-08-22.
- [10] Norfleet James E, Jarrett Michael A, Potts Patricia A, et al. Water based fluids comprising multivalent salts and low molecular weight, low charge cationic polyacrylamide copolymers: US, 6855671[P]. 2005-02-15.
- [11] Hayes James R. High performance water-based mud system: US, 7351680[P]. 2008-04-01.
- [12] 王中华. AMPS/AM 共聚物的合成 [J]. 河南化工, 1992, 9(7): 7-11.
- [13] 王中华. SAMPs/AM/SAA 共聚物降失水剂的合成与性能 [J]. 精细石油化工, 1993, 10(6): 1-4.
- [14] 王中华. AMPS/AM/AN 三元共聚物降滤失剂的合成与性能 [J]. 油田化学, 1995, 12(4): 367-369.

- [15] 武玉民,孙德军,吴涛,等.耐温抗盐降滤失剂AMPS/AM/IA共聚物泥浆性能的研究[J].油田化学,2001,18(2):101-104.
- [16] 杨小华,王中华. AM/MAM/AA/AMPS四元共聚物的合成及性能[J].精细石油化工进展,2001,2(12):12-14.
- [17] 刘盈,刘雨晴.新型阳离子抗高温降滤失剂CAP的研制与室内评价[J].油田化学,1996,13(4):294-298.
- [18] 王中华,张献丰.钻井液用聚合物PAMS的评价与应用[J].油田化学,2000,17(1):1-5.
- [19] 王中华.钻井液用丙烯酰胺/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸三元共聚物PAMS的合成[J].油田化学,2000,17(1):6-9.
- [20] 杨小华,王中华,张麒麟. AMPS聚合物及钻井液体系研究与应用[J].石油与天然气化工,2001,30(3):138-140.
- [21] 杨小华,王中华.乙烯基磺酸聚合物及钻井液体系的研究与应用[J].郑州大学学报(自然科学版),2001,33(2):89-91.
- [22] 王中华.耐温抗盐钻井液处理剂SIOP的合成与性能[J].精细石油化工进展,2002,3(2):15-18.
- [23] 王中华.钻井液化学品设计与新产品开发[M].陕西西安:西北大学出版社,2006.

Studies on Ultra-High-Temperature Drilling Fluid System (1): Design Ultra-High-Temperature Drilling Fluid Additives

Wang Zhonghua

(Drilling Technology Research Institute, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Puyang, Henan, 457001, China)

Abstract: Based on the analysis of difficulties of developing high-temperature drilling fluid additives and polymer requirements due to high temperature, a design of high-temperature ($\geq 220^{\circ}\text{C}$) polymer additive is proposed. In addition, an ultra-high-temperature polymer molecular design is formed by introducing functional groups and non-dominant concept of functional groups. Alkenyl polymer additives (including fluid loss additive, viscosifier, deflocculant and dispersant) are synthesized by free radical polymerization, and salt-resistant HTHP fluid loss additives are developed by molecules chemically modified synthesis. In the end, selection of raw material of ultra-high-temperature additives is discussed.

Key words: high temperature; high pressure; drilling fluid additive; polymer; ultradeep well

福斯公司推出安全性能更高的智能阀门电动执行器

全球流体运动及控制产品主要制造商美国福斯公司,新近推出了Limitorque QX智能电动阀门执行器。

Limitorque QX是一种1/4回转智能电动阀门执行器,可通过超强的诊断、内置自测(BIST)特性及LimiGard故障保护功能,进一步提高了产品安全性,减少了停机检修维护时间。它使用先进的无刷式直流电机,与有刷式电机相比能更好地消除火花,减少机械和电子噪音并散热。特别是对1/4回转应用来说,无刷式直流电机设计要比传统电机的使用寿命更长,定位更精确。该执行器提供了可选择的多回转功能。为使其在严酷的环境中正常工作,采用了聚脂树脂粉末涂层的双层密封,可将任何泄漏限制在一个独立的端子腔内,并为获得更高的可靠性及技术性能而使用了固态元件。

Limitorque QX的绝对编码器应用了系统芯片技术,采用一对无接触磁体刺激霍尔效应装置,提供冗余的、超过360°的12位解析精度。这种编码设计,意味着这一装置甚至可在大量故障积累之后仍能可靠地工作。作为“内置自测(BIST)”功能的一个组成部分,这一设计在业内具有独创性,其BIST特性与一流的控制平台被结合成为一个整体,可检验并确认各个部件的可靠性,从而帮助企业达到“IEC(国际电工委员会)61508规范”中的“安全完整性水平(SIL)”要求。由于应用了成熟的、已获专利的LimiGard电路保护技术,Limitorque QX可以不断地监控电机及控制继电器、内部逻辑电路以及外部指令信号,以发现和警示故障。该执行器带有可选择的数码组件,可在包括Foundation Fieldbus、Profibus DP及Profibus PA、Modbus及Devicenet等不同协议的网络中运行,使操作软件更容易确定预防性维护重点,减少停机时间,提高运行效率。

此外,Limitorque QX还支持距离长达10 m的无线蓝牙连接。在使用基于Windows的福斯“Limitorque Dashboard”软件时,检测信息可以方便地传输到采用Windows操作系统的移动个人掌上电脑、笔记本电脑,或者是移动电话上。