

纳米材料在油田化学工程中的研究进展

晁雷辉（延长油田股份有限公司南泥湾采油厂，陕西 延安 716000）

摘要：现阶段纳米技术的迅速发展，为各类纳米材料的生产制备奠定了良好的技术基础，越来越多的纳米材料被应用于各个领域之中，为社会以及各行各业的发展进步做出了极大贡献。尤其在油田化学工程领域，先进纳米材料的出现为油田采收效率提升、钻井液处理、防漏堵漏、原油破乳等多个方面提供了有效帮助。为了进一步提升纳米材料在油田化学工程中的应用效果，文章围绕纳米材料的具体应用进行了下述探讨和分析，以供参考。

关键词：油田化学工程；纳米材料；应用研究

0 引言

科技的快速发展有效推动了油田化学工程的进步，各种先进材料和先进技术被应用于油田生产之中，为油田开采效率和生产效益的提升做出了有效贡献。其中尤其以纳米技术的应用最为普遍，纳米材料由于良好的表面活性、更高的比表面积、疏水性、低摩擦阻力等多方面的性能优势，油田钻井液、驱油、堵漏等各个方面都可以得到有效应用，因此做好对材料在油田化学工程中的研究应用^[1]，对于促进油田行业的可持续发展有着非常重要的意义和作用。

1 纳米材料概述

纳米材料是由直径非常细小的晶粒组成，其量级一般在 0.1~100nm 之间，与其他材料相比，纳米材料具备非常多的性能和效果，比如表面效应、界定限域效应、量子尺寸效应等等，各类效应和性能在当下工业生产和生活中都可以得到有效的应用。例如表面效应，其主要通过表面原子数和总原子数的比值来进行衡量，其会由于晶体尺寸变小而出现迅速变大，此过程中纳米材料的物理或者化学性质，都会出现极其明显的变化。在纳米颗粒粒径缩小时，其比面积和表面原子所占比重都会进一步增加，但是如果直径在 0.1 μm 以上，表面效应的变化相对较小，可以忽略，如果在 0.1 μm 以内，表面效应的呈现会极其明显，增加表面原子的活性，易和其他原子发生反应^[2]。通过应用纳米材料的各种不同性能，就可以与油田化学工程相结合，在发挥纳米材料价值的同时，为油田生产效率和效益的提升做出有效贡献。

2 油田化学工程中纳米材料的具体应用和研究进展

2.1 纳米材料在防漏堵漏中的应用研究

在油田开发过程中为了获得最佳的经济效益，在开采过程中需要尽可能减少对地层的损害。而利用纳米材料就可以在储存中形成有效的保护层，进而起到减少地层损害的目的。当下主要有两类纳米材料可以应用于该方面，第一，通过纳米材料在练习或者岩系中形成相应的密封膜，以此来降低对储层的伤害；第二，在钻井液中添加相应的纳米材料，以此来减小壁泥饼层渗透效果，降低油气开采中各种液体对储存的污染。

2.1.1 纳米复合凝胶

井漏问题的出现不仅会影响钻井开采效率，并且会加剧钻井开采成本降低开采效益。所以在钻井开采过程中，为了降低泥浆漏失率，经常会采用水溶性聚合物、胶体离子等制备相应的材料，以此来用于堵漏封隔地层。纳米复合凝胶作为当下新制备出的纳米材料，不仅具备非常好的粘弹性和强度，并且在抗炎性能方面也呈现明显优势，通过大量试验模拟表明该类材料在进入裂缝或者空隙中能够形成稳固的交接结构，可以用于对大缝隙裂缝的封堵。并且用于该材料制备的各种组分，可以通过干粉预搅拌，直接加水勾兑进行制备。与此同时，在储存损害评测试验的检测下，该凝胶在降低渗透层渗透率和保护地层方面的效果得到了有效验证，充分说明了纳米复合凝胶的时效性和适用性。此外，在现阶段国内也在积极进行聚合物基凝胶的研究和开发，该类凝胶虽然在交联前的年度相对较低，但是在交联后就可以获得极强的强度，所以其更适用于对微小孔道空隙的注入，在油田开采中具备更好的适用性，然而该材料在交联时间控制以及反应诱发方面还存在一定的缺陷和不足，是今后仍需研究和改进的部分^[3]。

2.1.2 降滤失纳米聚合物

钻井壁的稳定性和钻井液直接相关，如果钻井液出现较高的滤失量，井壁的稳定性和强度就会大大降低，此时就需要在断颈液中加入相应的添加剂，来促进其液相黏度的提升。纳米聚合物由于其良好的性能在该方面具备极好的应用效果，并且在复杂工作环境的影响下，通过应用纳米材料还能够延长钻机使用寿命，减少其的磨损。但是在具体应用中，如果直接将纳米材料加入钻井液，可能会因为材料分子间的团聚作用，而出现性能降低或者丧失的情况，因此为了确保纳米材料降滤作用的充分实现，需要有效解决均匀分散问题。比如可以在参加纳米材料时，同时添加表面活性剂，以此来促进其稳定性的增强。在当下最为常用的就是双金属层状氢氧化物水滑石纳米聚合物材料，其具有非常大的表面积，并且其电位 > 30mV，抗盐性能、粘度等性能也都非常好，将其加入钻井液中，其所携带的正电荷就可以与地层负电

性粘土层发生非常强的强电作用,进而起到降低钻井液滤矢量,提高护壁稳定性的作用。

2.1.3 纳米材料在化学调剖中的应用

在油气田开采过程中,出水问题是较为常见的,对于此类问题必须及时进行堵水处理,并科学调整注水井吸水剖面。但是在高含水量情况下,堵水调剖的难度非常大,需要投入大量人力物力,而纳米材料的合理应用就能够降低在该方面的难度和成本。现阶段国内已经利用插层原位聚合法制成了层状硅酸盐复合吸水性凝胶 PLS,该材料的膨胀倍数最高能够达到 62,最大耐高温温度为 90℃,并且在高温状态下,任性系数也能够维持在 0.8~1.0 之间,此外该凝胶在油中也具备良好的收缩效果,因此该材料在化学调剖堵水中具备极好的应用效果,能够有效提升补水效率。

2.2 纳米材料在降压增注中的研究应用

钻井在注水开发的过程中,井眼周边的孔道会因为长时间注水而出现表面性质变化,从亲油变成亲水,这就会缩短岩道的有效直径。在液滴通过孔隙过程中,水膜的形成就会大大增加其阻力,从而影响注水开发的效率。而通过应用纳米材料就可以有效改善这一情况,在当下最为常用的就是二氧化硅纳米粉,该材料由于具有非常高的活性,所以与岩石空气接触后,会紧密吸附在其表面,使其具备良好的疏水性能。这样液体水滴在经过空隙时,就不会形成水膜,从而确保了孔道的有效半径,减小注水空隙阻力。与此同时,该材料的离散粒径在 10~500nm,所以在低渗透层也可以具备良好的应用效果,这样就能够有效解决注水开发过程中,低渗透油田注水压力过高、水量小等方面的问题,提高采收率。

2.3 纳米材料在原油破乳中的应用

在油田开采过程中,采出液会随着开采加深呈现高含水率,这就导致脱水难度进一步提升,必须探究更加有效地原油破乳技术才能够有效解决该方面的问题。虽然纳米技术在该方面的研究较少,然而也获得了一定的应用效果,其主要是将纳米化合物利用化学反应键入到聚醚分子中,从而达成纳米相破乳,该方法不仅能够提升破乳脱水的效率,加快速度,并且还可以降低对于破乳剂的需求量,缩减开采成本。在当下为了进一步促进聚合物破乳剂 TA1031 应用效果的提升,通过溶胶凝胶法实现了对它的接枝改性,将纳米 Al_2O_3 基团加入其中,研究发现,二者质量控制在一定比例后,就可以将其效果提高 20%~30%。

2.4 纳米材料在化学驱油中的应用

在油田开采中经常会采用驱油剂来提高采收率,但是对于部分深地层开采,化学去油的效果相对有限,并不能够达到预期驱油和开采目标。但是在应用纳米材料后,都可以进一步提升驱油工作的效率。比如分子沉积

膜,其是通过纳米材料制成的一种纳米膜,分子沉积膜的有效应用能够大大提升化学驱油的效率,减少去油剂的用量,一般能够提升 10%。并且分子沉积膜的成本低,应用工艺也非常简单,并不会受高温、高矿化度等的影响^[4],即便在复杂油层中也可以获得良好的应用效果。

2.5 纳米材料在油田废液治理中的应用

油田污水治理作为油田开发中最为重要的工作之一,油田污水的成分组成非常复杂,除了包括各种含有物质外,还包括大量悬浮物、化学药剂等等,如果未经处理就进行排放,即导致严重的环境污染,并且在现阶段国家对于油田污水治理也有着严格的要求和标准。虽然絮凝、沉降、膜分离等常用技术也都有着较好的效果,但是在现阶段随着油田开采中各种添加剂种类的不断增多,废液治理技术也必须及时地进行创新优化,不断提高废液废水处理效率和处理效果。将纳米技术应用于废水处理已经取得了较多的应用成果,所以在油田废液治理中也应该积极应用纳米材料,在当下研究表明将表面涂覆纳米 TiO_2 硅胶材料作为污水吸附滤料,其所获得的吸附过滤效果,最高能够达到一般滤芯的 10 倍,并且其还具有杀菌、清洗难度低的其他优点。再者,气凝胶复合材料 CNCA,其利用纳米 CuO 材料化学改性制作而成,其亲油性非常强,能够有效吸附油田废液中的含油物质,所以其非常适合应用于油田废液中的油水分离,并且该材料的弹性也非常好,在吸附完成后,可以重复回收利用,符合当下循环利用的原则。

3 结束语

综上所述,随着社会主义现代化建设进程的加快,社会对于石油资源的需求量也在不断增加,在油田开采过程要想不断提高采收效率,降低开采成本,增强油田的经济效益,就必须积极进行油田化学工程技术的研究和应用。纳米材料技术作为当下科技研究的重点和热点,将其与油田化学工程相结合,能够赋予油田化学工程技术的新思路和新方向,为钻井防漏堵漏、降压增注、废液治理等多方面的工作效率和质量的提升做出有效贡献。因此,在今后更需加强纳米材料技术在该方面的研究和应用,在拓展纳米技术应用范围的同时,实现油气开采行业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 李小刚,谢诗意,杨兆中等. 纳米材料在油田化学工程中的研究进展 [J]. 应用化工, 2021, 50(02): 465-469.
- [2] 刘培松,陶晓贺,李小红,等. 水基纳米聚硅在低渗透藏中的降压增注研究 [J]. 油田化学, 2017(4): 604-609.
- [3] 张磊,张贵才,蒋平,等. 纳米材料在油田开发中的应用 [J]. 材料导报, 2015, 29(13): 72-76.
- [4] 光新军,豆宁辉,贾云鹏,等. 纳米技术在石油工程中的应用前景 [J]. 钻采工艺, 2019, 42(3): 34-37.