



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116554852 B

(45) 授权公告日 2024.10.29

(21) 申请号 202310525721.3

(22) 申请日 2023.05.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116554852 A

(43) 申请公布日 2023.08.08

(73) 专利权人 西安交通大学
地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72) 发明人 骆政园 蔚政良 温伯尧 白博峰

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200
专利代理师 崔方方

(51) Int. Cl.
E21B 43/22 (2006.01)
C09K 8/584 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2022025248 A1, 2022.01.27
Cui M; Emrick T, Russell T P.
.Stabilizing Liquid Drops in
Nonequilibrium Shapes by the Interfacial
Jamming of Nanoparticles. Science. 2013, 图
1、图4及正文部分第3段、倒数第3段.

审查员 李一迎

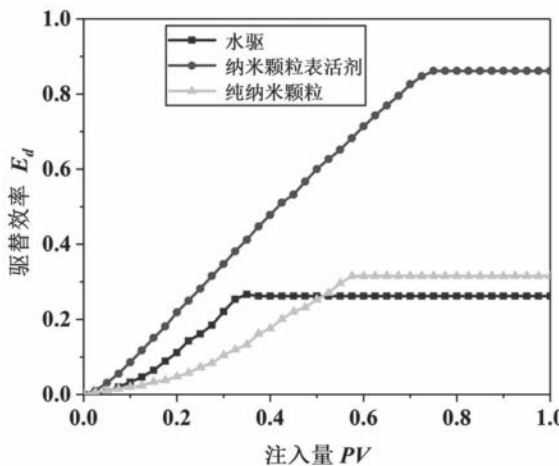
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法

(57) 摘要

本发明涉及提高原油采收率驱油剂技术领域,具体为一种抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法。在本发明中,水相中的表面功能化纳米颗粒和油相中的功能化基团聚合物在油水界面发生反应,生成吸附于油水界面的表面活性物质,称为纳米颗粒表面活性剂,纳米颗粒表面活性剂可以诱发油水界面黏弹性、从而抑制多孔介质中水驱油过程中的黏性指进现象,显著提升水驱油效率。本发明能够有效解决传统聚合物体系和纳米颗粒体系存在的成本高、耐高温抗盐能力差等缺点,在提高原油采收率工程应用中具有广阔前景。



1. 一种抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法,其特征在于:

将水相和油相混合,水相中的表面功能化纳米颗粒和油相中的功能化基团聚合物在油水界面发生反应,生成吸附于油水界面的表面活性物质,即纳米颗粒表面活性剂,生成的纳米颗粒表面活性剂诱发油水界面黏弹性,从而抑制多孔介质中水驱油过程的黏性指进;

所述表面功能化纳米颗粒为羧基二氧化硅纳米颗粒或羧基聚苯乙烯纳米颗粒;和/或

所述表面功能化纳米颗粒的粒径小于100nm;和/或

所述水相中表面功能化纳米颗粒浓度为0.001wt.%~0.1wt.%;和/或

所述表面功能化纳米颗粒浓度为0.01wt.%,所述水相为去离子水;

所述功能化基团聚合物为单氨基端封聚二甲基硅氧烷或双氨基端封聚二甲基硅氧烷;
和/或

所述油相中功能化基团聚合物浓度为0.05wt.%~5wt.%;和/或

所述油相常温下黏度为10~1000mPa·s,所述油相为二甲基硅油、正十六烷或原油。

一种抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及提高原油采收率驱油剂技术领域,具体为一种抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法。

背景技术

[0002] 油藏开采过程中,当侵入流体(通常为水)的黏度和油藏多孔介质储层中油相的黏度差异较大时,侵入流体在储层中沿着驱替方向快速突破,形成指状优势通道,使得其他区域的侵入流体没有足够的压力来驱替油层,降低波及效率。这种由于低黏流体驱替高黏流体导致驱替界面前沿产生的不稳定现象称为黏性指进效应。在水相中添加聚合物提升水相黏度,降低油水黏度比,可以抑制黏性指进,但是需要添加的聚合物浓度高,且聚合物分子在油藏高温高盐环境下容易失效。通过改变壁面润湿性、多孔介质结构同样可以抑制黏性指进,但在实际油藏开采中难以应用。近年来有研究者采用两亲性石墨烯纳米片吸附于油水界面形成弹性薄膜,可以有效抑制多孔介质中黏性指进、显著提升岩心中水驱油效率,但该方法存在成本高、耐温抗盐能力差等缺陷。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供一种抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法,通过耐温抗盐能力强不易失效的纳米颗粒表面活性剂抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法。

[0004] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案予以实现:

[0005] 一种抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法,包括以下操作:

[0006] 将水相和油相通入多孔介质内混合,水相中的表面功能化纳米颗粒和油相中的功能化基团聚合物在油水界面发生反应,生成吸附于油水界面的表面活性物质,即纳米颗粒表面活性剂,生成的纳米颗粒表面活性剂诱发油水界面黏弹性,从而抑制多孔介质中水驱油过程的黏性指进。

[0007] 进一步的,所述表面功能化纳米颗粒为羧基二氧化硅纳米颗粒或羧基聚苯乙烯纳米颗粒;和/或

[0008] 所述表面功能化纳米颗粒的粒径小于100nm;和/或

[0009] 所述水相中表面功能化纳米颗粒浓度为0.001wt.%~0.1wt.%。

[0010] 进一步的,所述表面功能化纳米颗粒浓度为0.01wt.%,所述水相为去离子水。

[0011] 进一步的,所述功能化基团聚合物为单氨基端封聚二甲基硅氧烷或双氨基端封聚二甲基硅氧烷;和/或

[0012] 所述油相中功能化基团聚合物浓度为0.05wt.%~5wt.%;和/或

[0013] 所述油相为二甲基硅油、正十六烷或原油。

[0014] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0015] 本发明提供一种抑制多孔介质中水驱油黏性指进的方法,通过分散在水中的改性

纳米颗粒和油中的双氨基端封聚合物在油水界面反应生成纳米颗粒表面活性剂,显著提升纳米颗粒的吸附稳定性,提高界面粘弹性,降低油水界面张力。纳米颗粒表面活性剂通过降低界面张力,有效提高了驱替效率,抑制粘性指进现象,进而提高采收率。另一方面,采用在储层原位产生表面活性剂,进一步的提高了驱替效率。

附图说明

- [0016] 图1为本发明设计的多孔介质模型;
- [0017] 图2为本发明在多孔介质模型内的水驱油示意图;
- [0018] 图3为本发明测得相同毛细数下纳米颗粒表面活性剂、纯纳米颗粒和水驱驱替效率随时间变化图;
- [0019] 图4为本发明测得相同毛细数不同粘度比下纳米颗粒表面活性剂和水驱驱替效率对比图;
- [0020] 图5为本发明测得纳米颗粒表面活性剂和水驱驱替模式相图。

具体实施方式

[0021] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0022] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0023] 本发明基于功能化物质吸附于油水界面开发构建纳米颗粒表面活性剂体系,能够有效解决传统聚合物体系和纳米颗粒体系存在的成本高、耐高温抗盐能力差等缺点。

[0024] 本发明提出了一种石油开采用纳米颗粒表面活性剂驱油体系,通过分散在水中的羧基聚苯乙烯纳米颗粒和油中的双氨基端封聚合物在油水界面反应生成纳米颗粒表面活性剂,诱发界面黏弹性,降低油水界面张力,抑制多孔介质中水驱油过程中的黏性指进现象。

[0025] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0026] 由于储层结构以多孔介质为主,所以采用多孔介质模型模拟油藏环境。模型使用芯片材质为PDMS(聚二甲基硅氧烷),具有良好疏水性以及化学稳定性。二甲基硅油模拟原油,二甲基硅油无色透明,便于观测。采用本发明的驱油方法,在油水界面生成改性的纳米颗粒表面活性剂进行驱油,在驱油过程中进行图像实时采集和相分布分析,以测试本发明的驱油效率。具体实施步骤为:

[0027] (1) 采用注射泵,将油相饱和多孔介质模型;

[0028] 油相中包含质量分数0.1%的双氨基端基聚二甲基硅氧烷(NH₂-PDMS-NH₂,Sigma-Aldrich,分子量2500,密度0.98g/mL),并含有1wt.%苏丹I染色剂作为标记物;

[0029] 多孔介质芯片设计图如图1所示。芯片多孔介质区域范围为30×15mm,进出口为直径0.8mm的小孔,测试段厚度为160μm,孔隙率为56%,圆形障碍物以正六边形排列,圆形障碍物半径为0.2mm,圆形障碍物圆心间距为0.6mm;

[0030] (2) 饱和后将水溶液作为驱替相,以不同毛细数驱替多孔介质中的油相,待水相突破多孔介质部分,形成优势通道后,油水界面不再发生变化;

[0031] 所述水相中包含质量分数0.01%的羧基功能化聚苯乙烯纳米颗粒(COOH-PS, microspheres nanospheres,浓度2.5wt.%),并含有1wt.%甲基蓝染色剂作为标记物;

[0032] 毛细数 $Ca = \mu v / \sigma$,其中, μ 为驱替相粘度, σ 为界面张力; v 为达西速度,通过流量除以多孔介质区域横截面得到;

[0033] (3) 在驱油的过程中利用显微镜图像分析软件,进行图像实时采集和相分布分析。通过图像计算不同工况下实验组的驱替效率,对比相同毛细数下纳米颗粒表面活性剂、纯纳米颗粒和水驱的驱替效率。

[0034] 基于二值法的图像分析过程计算驱替效率,具体为:

[0035] 将图片转为灰度图,然后通过阈值分割计算进行二值化处理,将图像从灰度图转变成黑白二值图。通过计算黑色像素点个数除以总孔隙面积像素点个数得到驱替效率。

[0036] 实施例1:

[0037] 在微流体注射泵上安装注射器,通过注射器将二甲基硅油(油相粘度为1000mPa·s,含有1wt.%苏丹I染色剂和0.1wt.%双氨基端封聚二甲基硅氧烷)饱和多孔介质模型,饱和完毕后芯片入口毛细管更换注射器,将水溶液(水相粘度为1mPa·s,含有1wt.%甲基蓝染色剂和0.01wt.%羧基化聚苯乙烯纳米颗粒)作为驱替相,以毛细数 $Ca = 1.6 \times 10^{-5}$ 驱替多孔介质中的油相,等待水相突破多孔介质部分,形成优势通道后,油水界面不再发生变化。

[0038] 实施例2:

[0039] 在微流体注射泵上安装注射器,通过注射器将二甲基硅油(油相粘度为200mPa·s,含有1wt.%苏丹I染色剂和0.1wt.%双氨基端封聚二甲基硅氧烷)饱和多孔介质模型,饱和完毕后芯片入口毛细管更换注射器,将水溶液(水相粘度为1mPa·s,含有1wt.%甲基蓝染色剂和0.01wt.%羧基化聚苯乙烯纳米颗粒)作为驱替相,以毛细数 $Ca = 1.6 \times 10^{-5}$ 驱替多孔介质中的油相,等待水相突破多孔介质部分,形成优势通道后,油水界面不再发生变化。

[0040] 实施例3:

[0041] 在微流体注射泵上安装注射器,通过注射器将二甲基硅油(油相粘度为1000mPa·s,含有1wt.%苏丹I染色剂和0.1wt.%双氨基端封聚二甲基硅氧烷)饱和多孔介质模型,饱和完毕后芯片入口毛细管更换注射器,将水溶液(水相粘度为1mPa·s,含有1wt.%甲基蓝染色剂和0.01wt.%羧基化聚苯乙烯纳米颗粒)作为驱替相,以毛细数 $Ca = 3.2 \times 10^{-5}$ 驱替多孔介质中的油相,等待水相突破多孔介质部分,形成优势通道后,油水界面不再发生变化。

[0042] 参见图1,图1为本发明设计的多孔介质模型;芯片多孔介质区域范围为30×15mm,进出口为直径0.8mm的小孔,测试段厚度为160μm,孔隙率为56%,圆形障碍物以正六边形排列,圆形障碍物半径为0.2mm,圆形障碍物圆心间距为0.6mm。

[0043] 参见图2,图2为本发明在多孔介质模型内的驱油示意图;图2中主要区域为模型中的多孔介质区域,浅色区域为基质和填充油相的孔隙,深色区域为填充水相的孔隙。驱替方向从左至右,驱替初始水相稳定驱替油相,随时间逐渐产生优势通道,等待水相突破多孔介质后,油水界面不再发生变化,水相沿优势通道流动,达到稳定状态。

[0044] 参见图3,图3为本发明测得相同毛细数下纳米颗粒表面活性剂、纯纳米颗粒和水驱驱替效率随时间变化图(羧基化聚苯乙烯纳米颗粒浓度为0.01wt.%,氨基端聚二甲基硅氧烷浓度为0.1wt.%,油水粘度比 $M=1000$, $Ca=3.7\times 10^{-5}$),纳米颗粒表面活性剂组、纯纳米颗粒组和水驱组最终驱替效率分别为86.17%、31.57%和25.82%,纳米颗粒表面活性剂的驱油效果最好。

[0045] 图4为本发明测得相同驱替流量不同粘度比下纳米颗粒表面活性剂和水驱驱替效率对比图(羧基化聚苯乙烯纳米颗粒浓度为0.01wt.%,氨基端聚二甲基硅氧烷浓度为0.1wt.%,流量 $Q=50\mu\text{L}/\text{min}$),油水粘度比 M 从20至500之间纳米颗粒表面活性剂驱替效率提升了20个百分点以上。

[0046] 图5为本发明测得纳米颗粒表面活性剂和水驱驱替模式相图(羧基化聚苯乙烯纳米颗粒浓度为0.01wt.%,氨基端聚合物浓度为0.1wt.%)。实线为纳米颗粒表面活性剂相界面,长虚线为水驱相界面。将驱替模式分为毛细指进和黏性指进,毛细指进以毛细力为主,驱替时界面向四周生长,优势通道不明显,具有高驱替效率的特点,黏性指进为黏性力为主,驱替是界面沿驱替方向生长,形成优势通道,驱替效率低。纳米颗粒表面活性剂相比水驱,黏性指进效应得到抑制。

[0047] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

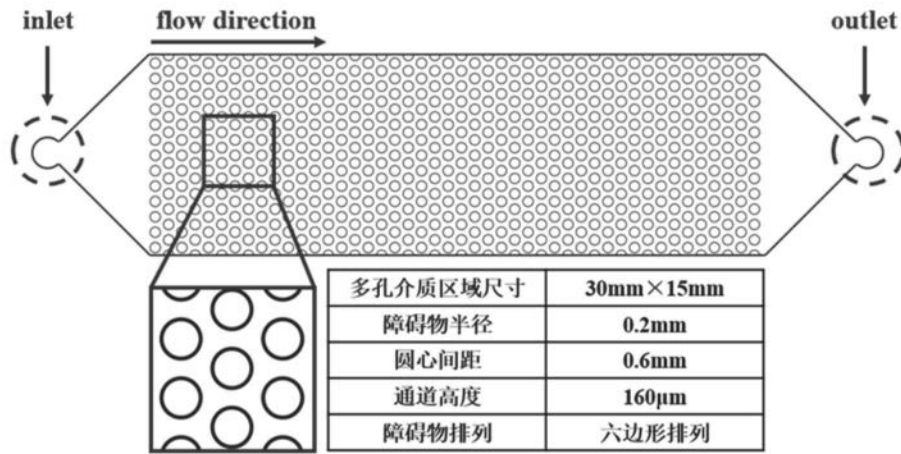


图1

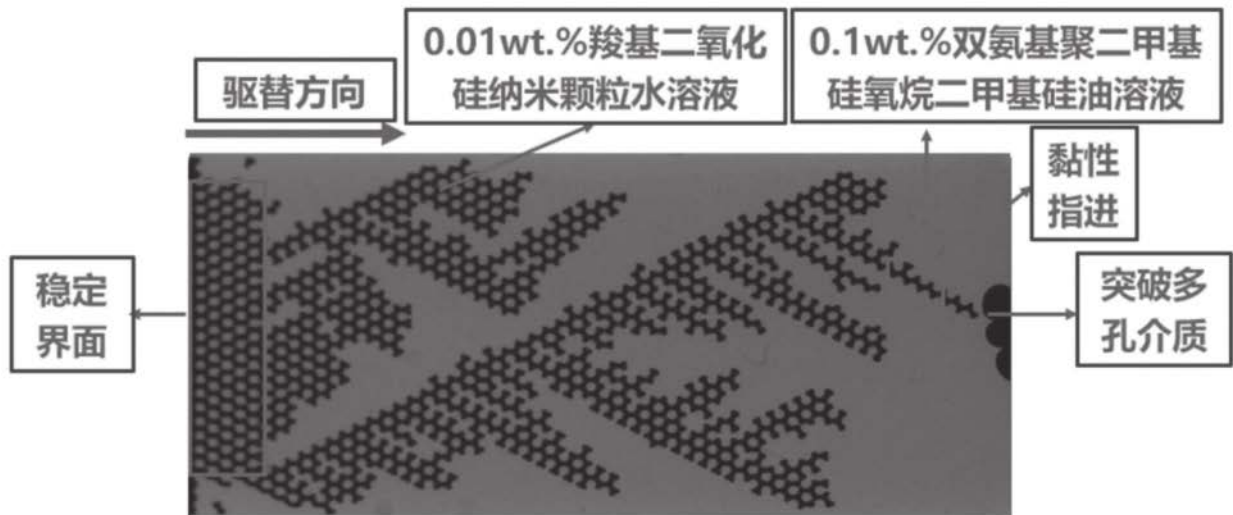


图2

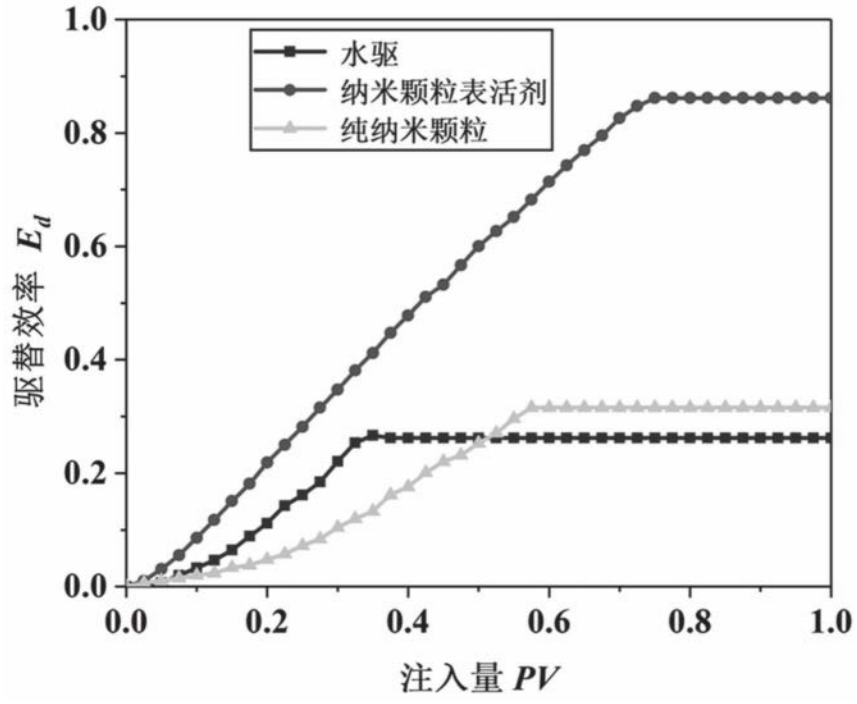


图3

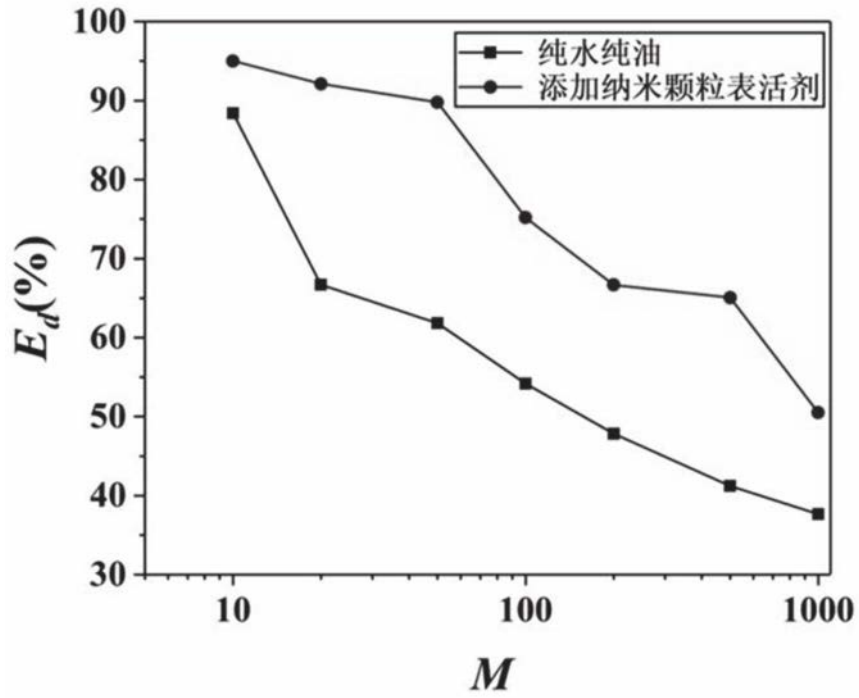


图4

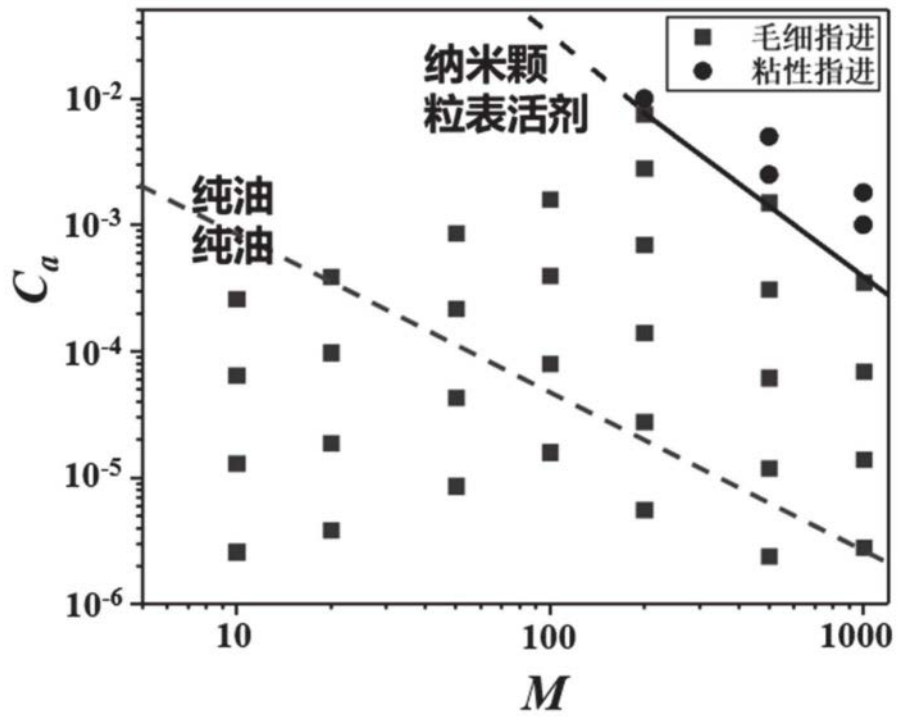


图5