

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2025 年 1 月 9 日 (09.01.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/007953 A1

- (51) 国际专利分类号:
C09K 8/584 (2006.01) **C09K 8/60** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2024/103841
- (22) 国际申请日: 2024 年 7 月 5 日 (05.07.2024)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310827687.5 2023年7月6日 (06.07.2023) CN
- (71) 申请人: 中国石油天然气股份有限公司 (**PETROCHINA COMPANY LIMITED**) [CN/CN];
中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。
- (72) 发明人: 关丹 (**GUAN, Dan**); 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。 邵洪志

(**SHAO, Hongzhi**); 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。 栾和鑫 (**LUAN, Hexin**); 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。 阙庭丽 (**QUE, Tingli**); 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。 唐文洁 (**TANG, Wenjie**); 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。 云庆庆 (**YUN, Qingqing**); 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。 麦麦提·帕提古丽 (**MAIMAITI, Patiguli**); 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。 徐崇军 (**XU, Chongjun**); 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。

(74) 代理人: 北京润平知识产权代理有限公司 (**RUNPING & PARTNERS**); 中国北京市海淀区北四环西路 9 号银谷大厦 515 室, Beijing 100190 (CN)。

(54) **Title:** MIDDLE-PHASE MICROEMULSION, METHOD FOR OIL DISPLACEMENT USING SAME, AND USE OF MIDDLE-PHASE MICROEMULSION

(54) 发明名称: 中相微乳液及其驱油方法和应用

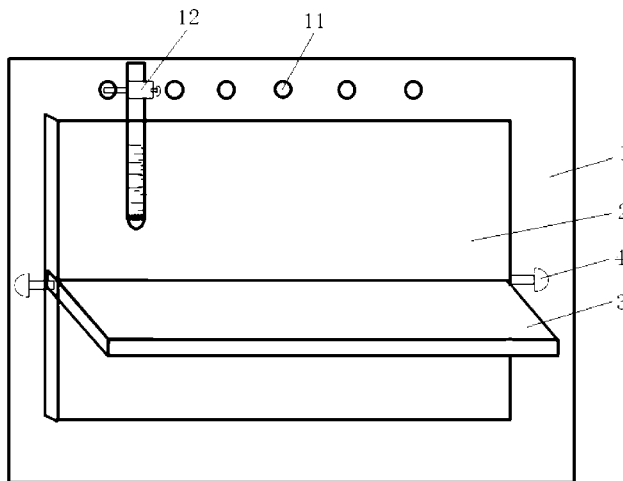


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed in the present invention are a middle-phase microemulsion, a method for oil displacement using same, and the use of the middle-phase microemulsion. The middle-phase microemulsion comprises, in parts by weight: 4-8 parts of alkylolamide, 1-5 parts of alkyl polyoxypropylene ether sulfate, and 1-4.5 parts of alkylphenol polyoxyethylene ether sulfate. The oil displacement method comprises: (1) injecting a polymer oil displacement system into a reservoir bed of a target oil reservoir; (2) injecting a middle-phase-microemulsion oil displacement system thereinto, wherein the middle-phase-microemulsion oil displacement system comprises the middle-phase microemulsion; optionally, (3) injecting a foam oil displacement system thereinto; and optionally, (4) injecting a PPG oil displacement system thereinto; and (5) injecting a polymer oil displacement system thereinto. In the present invention, a middle-phase-microemulsion oil displacement system is used, and therefore the sweep efficiency and the oil displacement efficiency

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

can be greatly improved; and the present invention shows great application potential in the field of enhanced oil recovery.

(57) 摘要: 本发明公开了中相微乳液及其驱油方法和应用。以重量份数计, 所述中相微乳液包括: 烷基醇酰胺 4-8份、烷基聚氧丙烯醚硫酸盐 1-5份和烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐 1-4.5份。所述驱油方法包括: (1)向目标油藏的储层内注入聚合物驱油体系; (2)注入中相微乳液驱油体系, 所述中相微乳液驱油体系包括前述的中相微乳液; 可选地, (3)注入泡沫驱油体系; 可选地, (4)注入PPG驱油体系; (5)注入聚合物驱油体系。本发明通过采用中相微乳液驱油体系可以大幅提高波及效率和驱油效率, 在提高采收率领域展现了巨大的应用潜力。

中相微乳液及其驱油方法和应用

相关申请的交叉引用

本申请要求 2023 年 07 月 06 日提交的中国专利申请 202310827687.5 的权益，该申请的内容通过引用被合并于本文。

技术领域

本发明涉及油田三次采油领域，具体涉及中相微乳液及其驱油方法和应用。

背景技术

砾岩油藏储层孔喉大小分布范围宽，主要为充填式复模态及双模态特征，不同岩性的孔隙结构模态、喉道半径分布特征存在显著差异，复杂的岩性和孔隙结构导致砾岩储层物性在空间上的强非均质性，平面、层间和层内差异极大。另外，砂岩油藏经过多年注水开发，导致储层结构、油水分布更为复杂，平面及纵向上非均质性差异较大。

三次采油技术中，火驱、天然气重力混相驱提高采收率 35%以上，达到了大幅度提高采收率（25%以上）的技术要求，但技术应用条件苛刻。目前各大油田应用推广的技术为聚合物驱技术、二元复合驱技术以及三元复合驱技术，三种技术均无法达到大幅度提高采收率的技术要求。中相微乳液驱是一项类似混相驱的大幅度提高采收率技术，具备大幅降低残余油饱和度的特点，是实现大幅度提高采收率最有效的方式之一，总驱油效率可以达到 90%以上。在不增加化学剂成本条件

下，预计现场试验较复合驱提高 5 个百分点，吨油化学剂成本可降低 20%以上。中相微乳液驱是通过油藏中原位形成 WinsorIII型微乳液驱替地层中的原油。WinsorIII型微乳液同时增溶油和水，与油、水的界面张力都极低，驱替过程几乎不存在毛管力，对沿程剩余油有较强的增溶能力，微观波及效率和驱油效率大幅度提高。中相微乳液的形成与表面活性剂的结构、密切相关，常规表面活性剂在醇、盐的作用下也能形成稳定的中间相，需要浓度通常在 1%以上。国内最早研制出适用于老君庙油田 L 层性能的石油磺酸盐（YM-3A），筛选出驱油体系配方 4401（4.0%YM-3A，4.0%正丁醇，0.1%BPA），经过检验发现其性能优良，达到国外同类研究水平，但是用量大，影响经济效益。因此，亟需探索砂砾岩油藏注水开发后期大幅度提高采收率的体系及方法。

发明内容

本发明的目的是为了克服现有技术存在的砂砾岩油藏注水开发后期采收率不高的问题，提供中相微乳液及其驱油方法和应用，采用包含该中相微乳液的驱油方法可以大幅提高波及效率和驱油效率。

为了实现上述目的，本发明第一方面提供一种中相微乳液，以重量份数计，所述中相微乳液包括：烷基醇酰胺 4-8 份、烷基聚氧丙烯醚硫酸盐 1-5 份和烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐 1-4.5 份。

本发明第二方面提供前述的中相微乳液在驱油中的应用。

本发明第三方面提供一种驱油方法，所述驱油方法包括：

- （1）向目标油藏的储层内注入聚合物驱油体系；
- （2）注入中相微乳液驱油体系，所述中相微乳液驱油体系包括前

述的中相微乳液；

可选地，（3）注入气体泡沫驱油体系；

可选地，（4）注入 PPG 驱油体系；

（5）注入聚合物驱油体系。

本发明第四方面提供前述的中相微乳液或前述的驱油方法在砾岩油藏中的应用。

通过上述技术方案，本发明所取得的有益技术效果如下：

1）本发明的中相微乳液包括：至少一种非离子表面活性剂（烷基醇酰胺）和至少两种阴离子表面活性剂（烷基聚氧丙烯醚硫酸盐和烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐），通过这三种物质进行复配，可以调节 HLB 在 10 左右，同时可以使体系堆积参数达到 1 左右，更容易形成中相体系。

2）本发明通过采用中相微乳液驱油体系进行驱油，在驱油过程中通过不同段塞组合方式改善驱替效果，包括前置段塞加入 PPG 进行调整剖面，过程中加入氮气泡沫驱进一步调整油藏非均质性，后置加入保护段塞进一步突显驱替效果，可以大幅提高波及效率和驱油效率，在提高采收率领域展现了巨大的应用潜力。

附图说明

图 1 是微乳液状态观测装置的结构示意图。

具体实施方式

在本文中所披露的范围的端点和任何值都不限于该精确的范围或

值，这些范围或值应当理解为包含接近这些范围或值的值。对于数值范围来说，各个范围的端点值之间、各个范围的端点值和单独的点值之间，以及单独的点值之间可以彼此组合而得到一个或多个新的数值范围，这些数值范围应被视为在本文中具体公开。

本发明第一方面提供一种中相微乳液，以重量份数计，所述中相微乳液包括：烷基醇酰胺 4-8 份、烷基聚氧丙烯醚硫酸盐 1-5 份和烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐 1-4.5 份。

本发明中，烷基醇酰胺为非离子表面活性剂；烷基聚氧丙烯醚硫酸盐和烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐为阴离子表面活性剂。

本发明通过这三种物质进行复配，可以调节 HLB 在 10 左右，同时可以使体系堆积参数达到 1 左右，更容易形成中相体系。

在本发明的一些优选实施方式中，按重量份数计，所述中相微乳液包括：烷基醇酰胺 5-7 份、烷基聚氧丙烯醚硫酸盐 2-4 份和烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐 2-4 份。

在本发明的一些实施方式中，所述烷基醇酰胺的通式为 $R_1\text{CON}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_n$ ， R_1 为 C_{10} - C_{20} 的烷基， $n=1-40$ ，优选为 10-30。

本发明中， R_1 优选为癸基、十二烷基、十四烷基、十六烷基、十八烷基或二十烷基。

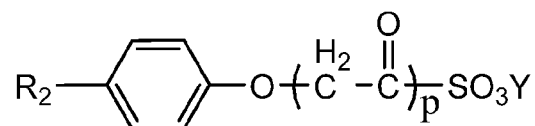
在本发明的一些优选实施方式中，所述烷基醇酰胺选自十二烷基二乙醇酰胺、椰子油烷基醇酰胺磷酸酯和椰子油脂肪酸二乙醇酰胺中的一种或多种，优选为十二烷基二乙醇酰胺。

在本发明的一些实施方式中，所述烷基聚氧丙烯醚硫酸盐的通式为 $\text{C}_m\text{H}_{2m+1}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_m\text{SO}_3\text{X}$ ，其中， $m=1-30$ ，优选为 10-20；X 选

自 Li、Na 或 K。

在本发明的一些优选实施方式中，所述烷基聚氧丙烯醚硫酸盐选自十二烷基聚氧丙烯醚硫酸钠、十四烷基聚氧丙烯醚硫酸钠、十六烷基聚氧丙烯醚硫酸钠、十八烷基聚氧丙烯醚硫酸钾和十八烷基聚氧丙烯醚硫酸锂中的一种或多种，优选为十二烷基聚氧丙烯醚硫酸钠或十六烷基聚氧丙烯醚硫酸钠。

在本发明的一些实施方式中，所述烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐具有式 I 所示的结构式：



式 I

式 I 中， R_2 为 C_{10} - C_{20} 的烷基， $p=3-15$ ，优选为 5-12，Y 选自 Li、Na 或 K。

本发明中， R_2 优选为壬基、十一烷基、十三烷基、十五烷基、十七烷基或十九烷基。

在本发明的一些优选实施方式中，所述烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐选自十一烷基酚聚氧乙烯醚硫酸钠、十三烷基酚聚氧乙烯醚硫酸钠、十三烷基酚聚氧乙烯醚硫酸锂、十三烷基酚聚氧乙烯醚硫酸钾、十五烷基酚聚氧乙烯醚硫酸钠、十七烷基酚聚氧乙烯醚硫酸钠和十九烷基酚聚氧乙烯醚硫酸钠中的一种或多种，优选为十一烷基酚聚氧乙烯醚硫酸钠或十三烷基酚聚氧乙烯醚硫酸钠。

本发明第二方面提供前述的中相微乳液在驱油中的应用。

本发明的中相微乳液用于驱油时，只需要较低的质量浓度 ($\leq 0.5\%$)

就可以大幅提高采收率。

采用本发明的中相微乳液进行驱油可大幅度提高原油采收率。

本发明第三方面提供一种驱油方法，所述驱油方法包括：

(1) 向目标油藏的储层内注入聚合物驱油体系；

(2) 注入中相微乳液驱油体系，所述中相微乳液驱油体系包括前述的中相微乳液；

可选地，(3) 注入气体泡沫驱油体系；

可选地，(4) 注入 PPG 驱油体系；

(5) 注入聚合物驱油体系。

本发明中，PPG 驱油体系中的 PPG (Preformed Particle Gel) 是指黏弹性颗粒驱油剂 (聚合单体、交联剂、支撑剂等通过引发聚合形成星型或三维网络结构的粘弹性颗粒型驱油剂)，其是一种具有粘弹性且在多孔介质中可变形运移的颗粒型驱油剂，具有良好的粘弹性、耐温耐盐、运移能力强等特点。PPG 有三种不同的粒径，分别为 (75-150) μm 、(100-300) μm 、(300-900) μm 。以其为主剂的非均相复合驱油方法是一种极具矿场应用潜力的新型化学驱油方法，有利于解决聚驱后油藏提高采收率问题。

本发明方法采用中相微乳液驱油体系，辅以氮气泡沫驱油体系，可以大幅度提高原油采收率，本发明所用的药剂浓度较低，具有很好的经济效益。

在本发明的一些实施方式中，步骤 (1) 中，所述聚合物驱油体系包括聚合物和 PPG，其中，所述聚合物和 PPG 的质量比为 1:1-3；所述聚合物的黏度为 30-80mPa·s。

在本发明的一些实施方式中，所述聚合物选自超支化缩合聚合物、抗盐聚合物、耐温抗盐聚合物和部分水解聚丙烯酰胺中的一种或多种。

在本发明的一些实施方式中，所述聚合物驱油体系用现场水配制。

在本发明的一些实施方式中，在所述聚合物驱油体系中，所述聚合物和 PPG 的总质量浓度为 0.03-0.15%。

在本发明的一些实施方式中，步骤（1）中，所述聚合物驱油体系的注入量为 0.02-0.07PV。

在本发明的一些实施方式中，步骤（2）中，所述中相微乳液驱油体系用矿化度为 1-9% 的现场水配制。

在本发明的一些实施方式中，在所述中相微乳液驱油体系中，所述中相微乳液的质量浓度为 0.2-0.5%。

在本发明中，中相微乳液的质量浓度优选在 0.2-0.5% 之间具有更好的驱油效果。如果中相微乳液的质量浓度太小，小于 0.2%，尤其是小于 0.1%，导致驱油效果较差；虽然中相微乳液的质量浓度高于 0.5%，也可以实现很好的驱油效果，但是会导致成本增高，经研究发现，中相微乳液的质量浓度高到 2%，与质量浓度为 0.5% 的驱油效果差不多，因此，从成本及驱油效果综合考虑，本申请优选中相微乳液的质量浓度为 0.2-0.5%。

在本发明的一些实施方式中，所述中相微乳液驱油体系的注入量为 0.05-0.7PV。

在本发明的一些实施方式中，步骤（2）还包括：在注入所述中相微乳液驱油体系之前，向所述中相微乳液驱油体系中加入黏度为 10-50mPa·s 的聚合物。

在本发明的一些优选实施方式中，所述聚合物选自超支化缩合聚合物、抗盐聚合物、耐温抗盐聚合物和部分水解聚丙烯酰胺中的一种或多种。

在本发明的一些优选实施方式中，在所述中相微乳液驱油体系中，所述聚合物的质量浓度为 0.05-0.25%。

进一步地，在所述中相微乳液驱油体系中加入超支化缩合聚合物和碳酸钠，其中，所述超支化缩合聚合物的质量浓度为 0.15%，碳酸钠的质量浓度为 0.6%。

本发明中，步骤（2）中，向所述中相微乳液驱油体系中加入聚合物，其作用是控制流度，同时可以增加中相微乳液的体积，进一步提高驱油效率；加入碳酸钠的作用是增加中相体积，进一步提高采收率。

在本发明的一些实施方式中，步骤（3）中，所述气体泡沫驱油体系是在泡沫驱油体系中充入气体得到；所述泡沫驱油体系包括阴离子表面活性剂、高分子化合物和尿素。

在本发明的一些实施方式中，所述泡沫驱油体系用矿化度为 1-9% 的水配制。

在本发明的一些实施方式中，在所述泡沫驱油体系中，阴离子表面活性剂的质量浓度为 0.1-0.8%，高分子化合物的质量浓度为 0.1-0.5%，尿素的质量浓度为 0.5-2%。

本发明中，在所述泡沫驱油体系中，阴离子表面活性剂、高分子化合物和尿素的总质量浓度为 0.1-3.5%。

在本发明的一些实施方式中，所述阴离子表面活性剂含有脂肪酰-肽缩化合物中的至少一种；所述脂肪酰-肽缩化合物的通式为

R_3CONHR_4COOA ，其中， R_3 为 C_8-C_{12} 的烷基，即碳链长度为 8-12 的烷基，例如 C_8H_{17} 、 $C_{10}H_{21}$ 、 $C_{12}H_{23}$ ； R_4 为 C_1-C_8 的烷基；A 为 H、Na 或 K。

本发明中， R_4 为氨基的脂族基。

在本发明的一些优选实施方式中，所述脂肪酰-肽缩化合物选自月桂酰肌氨酸钠和/或月桂酸单甘油酯硫酸钠。

在本发明的一些优选实施方式中，所述阴离子表面活性剂还含有十二烷基硫酸钠/或十二烷基磺酸钠。

在本发明的一些实施方式中，所述高分子化合物选自黄原胶、羧甲基纤维素钠和羧甲基淀粉钠的一种或多种。

在本发明的一些实施方式中，所述气体与所述泡沫驱油体系的体积比为 2:1-6:1。

在本发明的一些实施方式中，所述气体选自氮气、空气、氧气和低氧空气中的一种或多种。

在本发明的一些特别优选实施方式中，所述气体泡沫驱油体系包括：十二烷基硫酸钠 0.4%、黄原胶 0.15% 和尿素 1%；通入氮气 3:1（氮气与泡沫驱油体系体积比）。

在本发明的一些实施方式中，所述气体泡沫驱油体系的注入量为 0-0.7PV。

在本发明的一些实施方式中，步骤（4）中，所述 PPG 驱油体系用矿化度为 1-9% 的现场水配制。

在本发明的一些实施方式中，在所述 PPG 驱油体系中，PPG 的质量浓度为 0.1-0.3%。

在本发明的一些实施方式中，所述 PPG 驱油体系的注入量为 0-0.15PV。

在本发明的一些实施方式中，步骤（5）中，所述聚合物驱油体系包括聚合物和 PPG，其中，所述聚合物和 PPG 的质量比为 1:1-3；所述聚合物的黏度为 30-80mPa·s。

在本发明的一些实施方式中，步骤（5）中，所述聚合物驱油体系的注入量为 0.03-0.07PV。

在本发明的一些实施方式中，所述聚合物驱油体系还包括超支化缩合聚合物、抗盐聚合物、耐温抗盐聚合物和部分水解聚丙烯酰胺中的一种或多种；

在本发明的一些实施方式中，所述聚合物驱油体系用现场水配制；

在本发明的一些实施方式中，在所述聚合物驱油体系中，所述聚合物和 PPG 的总质量浓度为 0.03-0.15%。

在本发明的一些实施方式中，所述矿化度为 1-9%的现场水通过在现场水中加入氯化钠配制而得。

在本发明的一些实施方式中，步骤（2）和步骤（3）的顺序可互换；和/或，步骤（2）和步骤（3）可交替注入。

本发明中，步骤（2）和步骤（3）的顺序可以随意调换，既可以先进行步骤（2）再步骤（3），也可以先进行步骤（3）再步骤（2），还可以步骤（2）和步骤（3）交替注入。

本发明第四方面提供前述的中相微乳液或前述的驱油方法在砾岩油藏中的应用。

在本发明的一些实施方式中，所述砾岩油藏具有复模态孔隙结构。

根据本发明一种特别优选的实施方式，一种驱油方法，采用低浓度中相微乳液驱油体系，辅助氮气泡沫驱油体系，包括以下步骤：

(1) 向目标油藏的储层内注入聚合物驱油体系；所述聚合物驱油体系的注入量为 0.02PV-0.07PV；

采用现场水配制质量浓度为 0.03%-0.15%的聚合物驱油体系，所述聚合物驱油体系包括聚合物和 PPG，其中，聚合物与 PPG 的质量比为 1:1-1:3，所述聚合物的黏度为 30mPa·s-80mPa·s；所述聚合物选自超支化缩合聚合物、抗盐聚合物、耐温抗盐聚合物和部分水解聚丙烯酰胺中的一种或多种；

(2) 在步骤 (1) 之后注入中相微乳液驱油体系，所述中相微乳液驱油体系的注入量为 0.05-0.7PV；

采用氯化钠调节现场水的矿化度，得到矿化度为 1%-9%的配液用水；采用矿化度为 1%-9%的配液用水，配制质量浓度为 0.2%-0.5%的中相微乳液驱油体系；所述中相微乳液驱油体系包括：非离子表面活性剂和阴离子表面活性剂，其中，非离子表面活性剂为烷基醇酰胺，阴离子表面活性剂为烷基聚氧丙烯醚硫酸盐和烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐。所述中相微乳液驱油体系还包括十二烷基二乙醇酰胺，椰子油脂肪酰氨酸乙脂钠和椰子油脂肪酸二乙醇酰胺中的一种或多种。进一步地，该步骤中，还加入黏度为 10mPa·s-50mPa·s 的聚合物；所述聚合物选自超支化缩合聚合物、抗盐聚合物、耐温抗盐聚合物和部分水解聚丙烯酰胺中的一种或多种；

(3) 在步骤 (2) 之后注入泡沫驱油体系，所述泡沫驱油体系的注入量为 0-0.7PV；

采用矿化度为 1%-9%的配液用水，配制质量浓度为 0.1%-3.5%的泡沫驱油体系，所述泡沫驱油体系包括：阴离子表面活性剂、高分子化合物和尿素。其中阴离子表面活性剂为脂肪酰-肽缩化合物，加入氮气，氮气体积与泡沫驱油体系体积比为 2:1-6:1。

所述阴离子表面活性剂选自十二烷基硫酸钠、十二烷基磺酸钠、月桂酰肌氨酸钠、月桂酸单甘油酯硫酸钠中的一种或多种；所述高分子化合物选自黄原胶、羧甲基纤维素钠和羧甲基淀粉钠中的一种或多种；

(4) 在步骤(3)之后注入 PPG 驱油体系，所述 PPG 驱油体系的注入量为 0-0.15PV；

采用矿化度为 1%-9%的配液用水，配制质量浓度为 0.1%-0.3%的 PPG 驱油体系；

(5) 在步骤(4)之后注入聚合物驱油体系，所述聚合物驱油体系的注入量为 0.03-0.07PV；

采用现场水配制质量浓度为 0.03%-0.15%的聚合物驱油体系，所述聚合物驱油体系包括聚合物和 PPG，其中，聚合物与 PPG 的质量比为 1:1-1:3，所述聚合物的黏度为 30mPa·s-80mPa·s；所述聚合物选自超支化缩合聚合物、抗盐聚合物、耐温抗盐聚合物和部分水解聚丙烯酰胺中的一种或多种。

步骤(5)中的聚合物驱油体系与步骤(1)中的聚合物驱油体系可以相同可以不同，为了减少配制的步骤，优选步骤(5)中的聚合物驱油体系与步骤(1)中的聚合物驱油体系相同。

步骤(2)和步骤(3)之间的相互顺序可以互换，或者交替使用。

在本发明中，为了更加方便观测中相微乳液的形成过程以及采出液中是否形成了中相微乳液，本发明还提供了一种微乳液状态观测装置，如图 1 所示，其包括：固定装置 1、背景灯 2、升降板 3 和固定螺丝 4，其中所述固定装置 1 上设置有通孔 11 和可调的试管架 12，所述试管架 12 可插入所述通孔 11 内。所述试管架 12 用于夹持试管，并保持试管 12 平衡。所述升降板 3 可调节高低，用于支撑试管，以防试管跌落。所述固定螺丝 4 用于固定升降板 3，当所述升降板 3 升降到合适的位置时，用所述固定螺丝 4 进行固定。所述背景灯 2 为长方形的白色透明背景灯，可调节灯光的颜色和强度，用以清晰的观察微乳液的相态转变。

采用该装置可直观的观看表面活性剂乳化后形成的油相、水相以及中相之间的区别，能更加准确的判断每个相态之间的分界线。

采用该装置可以更清晰的观测中相微乳液相态转变，相态随着体系中加入的盐浓度或者表活剂浓度的不同而不同，而且中相体积也不同，中相体积越高，越有利于提高驱油效率。本发明根据地层原油以及配液用水，通过调整驱油体系的盐度以及复配比例。

以下将通过实施例对本发明进行详细描述。

以下实施例和对比例中，

选取新疆油田的某砂砾岩油藏为目标油藏，采用 A 井区产出水饱和和岩心，水测渗透率；然后用油井原油驱水至不出水；用 A 井区产出水驱至含水 98%，计算水驱采收率；注入一定 PV 数的驱油体系（实施例和对比例中的驱油体系），然后再用 A 井区产出水驱至含水 98%，计算化学驱采收率。

聚合物驱油体系的配制：采用现场水配制聚合物驱油体系，该聚合物驱油体系包括部分水解聚丙烯酰胺和 PPG，部分水解聚丙烯酰胺与 PPG 的质量比为 1:1；在该聚合物驱油体系中，部分水解聚丙烯酰胺和 PPG 的总质量浓度为 0.1%。

中相微乳液驱油体系的配制：采用氯化钠调节现场水的矿化度为 3%，作为配液用水，配制中相微乳液驱油体系；该中相微乳液驱油体系中的中相微乳液包括：5 份椰子油脂肪酰氨基酸乙脂钠、1 份十六烷基聚氧丙烯硫酸钠、1 份壬基酚聚氧乙烯醚硫酸钠，在该中相微乳液驱油体系中，中相微乳液的质量浓度为 0.5%。该中相微乳液驱油体系中还加入质量浓度为 0.15% 的超支化缔合聚合物和质量浓度为 0.6% 的碳酸钠，其中，超支化缔合聚合物的黏度为 50mPa·s。

氮气泡沫驱油体系的配制：采用氯化钠调节现场水的矿化度为 3%，作为配液用水，配制泡沫驱油体系，该泡沫驱油体系包括：质量浓度为 0.4% 的十二烷基硫酸钠、质量浓度为 0.15% 的黄原胶和质量浓度为 1.0% 的尿素，向该泡沫驱油体系中通入氮气，使氮气与泡沫驱油体系体积比为 3:1，得到氮气泡沫驱油体系。

PPG 驱油体系的配制：采用氯化钠调节现场水的矿化度为 3%，作为配液用水，配制质量浓度为 0.1% 的 PPG 驱油体系。

采用 SYT 5862-2020 驱油用聚合物技术要求。

界面张力参数通过 SY/T5370-2018《表面及界面张力测定方法》测得。

渗透率、水驱采收率、化学驱采收率通过 QS/Y 1583-2013《二元驱用表面活性剂技术规范》测得。

实施例 1

一种驱油方法，具体包括以下步骤：

- (1) 向上述目标油藏的储层内注入上述聚合物驱油体系，注入量为 0.05PV；
- (2) 在步骤 (1) 之后注入上述中相微乳液驱油体系，注入量为 0.2PV；
- (3) 在步骤 (2) 之后注入上述氮气泡沫驱油体系，注入量为 0.15PV；
- (4) 在步骤 (3) 之后注入上述 PPG 驱油体系，注入量为 0.05PV；
- (5) 在步骤 (4) 之后注入上述聚合物驱油体系，注入量为 0.05PV。

测得的渗透率、界面张力、水驱采收率和化学驱采收率，结果如表 1 所示。

实施例 2

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，将步骤 (2) 中相微乳液驱油体系中的十六烷基聚氧丙烯硫酸钠替换为十四烷基聚氧丙烯硫酸钠，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

实施例 3

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，将步骤 (2) 中相微乳液驱油体系中的椰子油脂肪酰氨酸乙脂钠替换为椰子油脂肪酰氨酸乙脂钠 (80wt%) 与椰子油脂肪酸二乙醇酰胺 (20wt%) 的混合物，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

实施例 4

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，不进行步骤 (4)，即不进行注入上述氮气泡沫驱油体系的步骤，其余均与实施例 1 相同，结果

如表 1 所示。

实施例 5

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，不进行步骤（4），即不进行注入 PPG 驱油体系的步骤，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

实施例 6

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，不进行步骤（1）和步骤（5），即不进行注入聚合物驱油体系的步骤，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

实施例 7

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，超支化缔合聚合物的黏度为 10mPa·s，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

实施例 8

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，中相微乳液的质量浓度为 0.3%，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

对比例 1

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，步骤（2）的中相微乳液驱油体系包括：1 份椰子油脂肪酰氨酸乙脂钠、1 份十六烷基聚氧丙烯硫酸钠、1 份壬基酚聚氧乙烯醚硫酸钠，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

对比例 2

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，将步骤（2）的中相微乳液驱油体系中不含壬基酚聚氧乙烯醚硫酸钠，其余均与实施例 1 相同，

结果如表 1 所示。

对比例 3

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，将步骤（2）的中相微乳液驱油体系中不含十六烷基聚氧丙烯硫酸钠，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

对比例 4

按照实施例 1 的驱油方法，不同的是，不进行步骤（2），即不进行注入中相微乳液驱油体系的步骤，其余均与实施例 1 相同，结果如表 1 所示。

表 1

序号	渗透率 (mD)	界面张力 (mN/m)	水驱采收率 (%)	化学驱采收率 (%)
实施例 1	348.6	9.82×10^{-5}	40.5	51.3
实施例 2	354.3	6.47×10^{-5}	41.2	42.3
实施例 3	354.1	3.54×10^{-5}	43.2	47.2
实施例 4	256.3	7.32×10^{-5}	39.4	39.9
实施例 5	317.6	6.47×10^{-5}	35.94	32.2
实施例 6	354.1	8.74×10^{-5}	41.3	23.6
实施例 7	318.3	6.82×10^{-5}	41.0	46.7
实施例 8	362.3	4.36×10^{-3}	40.85	32.8
对比例 1	348.2	5.89×10^{-3}	41.8	16.9
对比例 2	357.5	3.57×10^{-2}	40.57	13.8
对比例 3	374.0	1.27×10^{-2}	41.73	12.8

对比例 4	367.4	4.87×10^{-2}	40.29	17.6
-------	-------	----------------------	-------	------

通过表 1 的结果可以看出，在水驱采收率相近的前提下，采用本发明实施例 1-7 的驱油方法得到的化学驱采收率均大于 20%，实施例 1 甚至达到 51.3%，对比例 1-4 的驱油方法均小于 20%。因此，采用本发明的实施例 1-7 的驱油方法明显比对比例 1-4 的驱油方法具有更好的驱油效果。

以上详细描述了本发明的优选实施方式，但是，本发明并不限于此。在本发明的技术构思范围内，可以对本发明的技术方案进行多种简单变型，包括各个技术特征以任何其它的合适方式进行组合，这些简单变型和组合同样应当视为本发明所公开的内容，均属于本发明的保护范围。

权利要求书

1、一种中相微乳液，其特征在于，以重量份数计，所述中相微乳液包括：烷基醇酰胺 4-8 份、烷基聚氧丙烯醚硫酸盐 1-5 份和烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐 1-4.5 份。

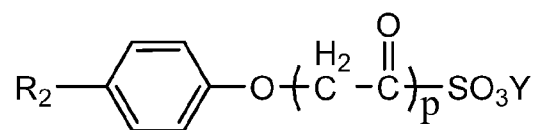
2、根据权利要求 1 所述的中相微乳液，其中，所述烷基醇酰胺的通式为 $R_1\text{CON}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_n$ ， R_1 为 C_{10} - C_{20} 的烷基， $n=1$ -40。

3、根据权利要求 2 所述的中相微乳液，其中，所述烷基醇酰胺选自十二烷基二乙醇酰胺、椰子油烷基醇酰胺磷酸酯和椰子油脂肪酸二乙醇酰胺中的一种或多种。

4、根据权利要求 1 或 2 所述的中相微乳液，其中，所述烷基聚氧丙烯醚硫酸盐的通式为 $\text{C}_m\text{H}_{2m+1}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_m\text{SO}_3\text{X}$ ，其中， $m=1$ -30；X 选自 Li、Na 或 K。

5、根据权利要求 4 所述的中相微乳液，其中，所述烷基聚氧丙烯醚硫酸盐选自十二烷基聚氧丙烯醚硫酸钠、十四烷基聚氧丙烯醚硫酸钠、十六烷基聚氧丙烯醚硫酸钠、十八烷基聚氧丙烯醚硫酸钾和十八烷基聚氧丙烯醚硫酸锂中的一种或多种。

6、根据权利要求 1 或 2 所述的中相微乳液，其中，所述烷基酚聚氧乙烯醚硫酸盐具有式 I 所示的结构式：



式 I

式 I 中， R_2 为 C_{10} - C_{20} 的烷基， $p=3$ -15，Y 选自 Li、Na 或 K。

7、权利要求 1-6 中任意一项所述的中相微乳液在驱油中的应用。

8、一种驱油方法，其特征在于，所述驱油方法包括：

（1）向目标油藏的储层内注入聚合物驱油体系；

（2）注入中相微乳液驱油体系，所述中相微乳液驱油体系包括权利要求 1-7 中任意一项所述的中相微乳液；

可选地，（3）注入气体泡沫驱油体系；

可选地，（4）注入 PPG 驱油体系；

（5）注入聚合物驱油体系。

9、根据权利要求 8 所述的驱油方法，其中，步骤（1）和步骤（5）中，所述聚合物驱油体系包括聚合物和 PPG，其中，所述聚合物和 PPG 的质量比为 1:1-3；所述聚合物的黏度为 30-80mPa·s；

和/或，步骤（1）中，所述聚合物驱油体系的注入量为 0.02-0.07PV；

和/或，步骤（5）中，所述聚合物驱油体系的注入量为 0.03-0.07PV。

10、根据权利要求 9 所述的驱油方法，其中，所述聚合物选自超支化缩合聚合物、抗盐聚合物、耐温抗盐聚合物和部分水解聚丙烯酰胺中的一种或多种；

和/或，所述聚合物驱油体系用现场水配制；

和/或，在所述聚合物驱油体系中，所述聚合物和 PPG 的总质量浓度为 0.03-0.15%。

11、根据权利要求 8 所述的驱油方法，其中，步骤（2）中，所述中相微乳液驱油体系用矿化度为 1-9% 的现场水配制；

和/或，在所述中相微乳液驱油体系中，所述中相微乳液的质量浓度为 0.2-0.5%；

和/或，所述中相微乳液驱油体系的注入量为 0.05-0.7PV。

12、根据权利要求 8 所述的驱油方法，其中，步骤（2）还包括：在注入所述中相微乳液驱油体系之前，向所述中相微乳液驱油体系中加入黏度为 10-50mPa·s 的聚合物。

13、根据权利要求 8 所述的驱油方法，其中，步骤（3）中，所述气体泡沫驱油体系是在泡沫驱油体系中充入气体得到；所述泡沫驱油体系包括阴离子表面活性剂、高分子化合物和尿素；

和/或，所述气体泡沫驱油体系的注入量为 0-0.7PV。

14、根据权利要求 13 所述的驱油方法，其中，所述泡沫驱油体系用矿化度为 1-9%的水配制；

和/或，在所述泡沫驱油体系中，阴离子表面活性剂的质量浓度为 0.1-0.8%，高分子化合物的质量浓度为 0.1-0.5%，尿素的质量浓度为 0.5-2%。

15、根据权利要求 13 所述的驱油方法，其中，所述阴离子表面活性剂含有脂肪酰-肽缩化合物中的至少一种；所述脂肪酰-肽缩化合物的通式为 R_3CONHR_4COOA ，其中， R_3 为 C_8-C_{12} 的烷基； R_4 为 C_1-C_8 的烷基；A 为 H、Na 或 K；

和/或，所述高分子化合物选自黄原胶、羧甲基纤维素钠和羧甲基淀粉钠的一种或多种。

16、根据权利要求 13 所述的驱油方法，其中，所述脂肪酰-肽缩化合物选自月桂酰肌氨酸钠和/或月桂酸单甘油酯硫酸钠；

和/或，所述阴离子表面活性剂还含有十二烷基硫酸钠/或十二烷基磺酸钠。

17、根据权利要求 13 所述的驱油方法，其中，所述气体与所述泡

沫驱油体系的体积比为 2:1-6:1;

和/或, 所述气体选自氮气、空气、氧气和低氧空气中的一种或多种。

18、根据权利要求 8 所述的驱油方法, 其中, 步骤(4)中, 所述 PPG 驱油体系用矿化度为 1-9%的现场水配制;

和/或, 在所述 PPG 驱油体系中, PPG 的质量浓度为 0.1-0.3%;

和/或, 所述 PPG 驱油体系的注入量为 0-0.15PV。

19、根据权利要求 11-18 中任意一项所述的驱油方法, 其中, 所述矿化度为 1-9%的现场水通过在现场水中加入氯化钠配制而得。

20、根据权利要求 8 所述的驱油方法, 其中, 步骤(2)和步骤(3)的顺序可互换;

和/或, 步骤(2)和步骤(3)可交替注入。

21、权利要求 1-6 中任意一项所述的中相微乳液或权利要求 8-20 中任意一项所述的驱油方法在砾岩油藏中的应用。

22、根据权利要求 21 所述的应用, 其中, 所述砾岩油藏具有复模态孔隙结构。

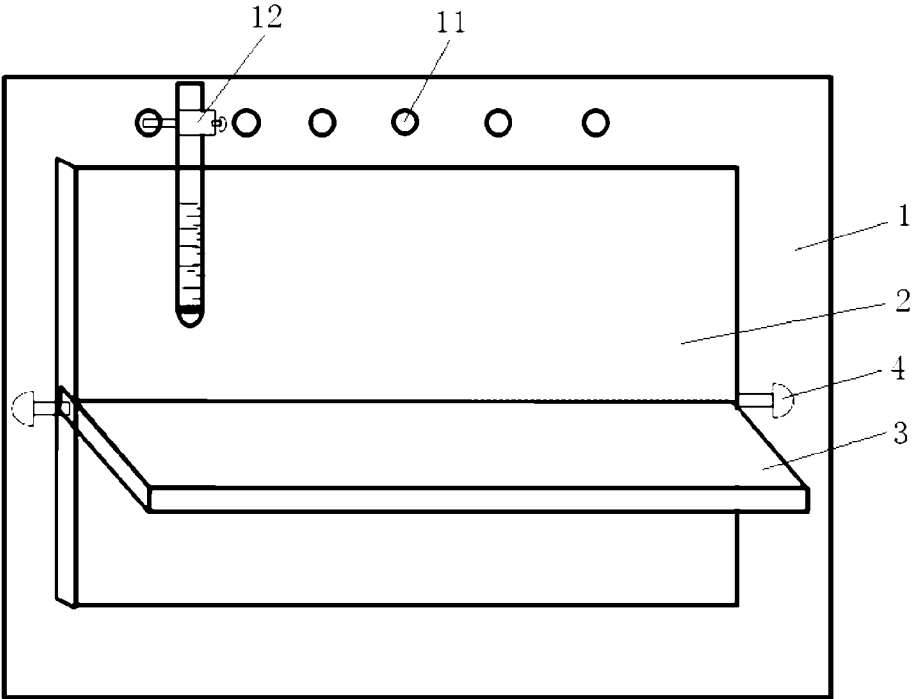


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/103841

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C09K8/584(2006.01)i; C09K8/60(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: C09K Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNTXT, ENTXTC, ENTXT, DWPI, CNKI, 万方, WANFANG, 超星读秀, CHAOXING DUXIU, ISI Web of Science, STN: 中相微乳液, 烷基醇酰胺, 脂肪醇, 聚氧丙烯醚, 烷基酚, 聚氧乙烯醚, 硫酸盐, 驱油, 聚丙烯酰胺, 聚丙二醇, mesophase microemulsion, alkylolamide, alkanolamide, fatty alcohol, polyoxypropylene ether, polyethyleneoxide ether, polyoxyethylene ether, sulfate, polyacrylamide, PPG, poly propylene glycol		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110358517 A (CHINA PETROLEUM & CHEMICAL CORP. et al.) 22 October 2019 (2019-10-22) claims 1-2, and description, paragraphs 8-9 and 20	1-22
A	CN 111004614 A (SHANDONG JINZHIRUI NEW MATERIAL DEVELOPMENT CO., LTD.) 14 April 2020 (2020-04-14) claims 1-10	1-22
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 26 September 2024		Date of mailing of the international search report 12 October 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/103841

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110358517	A	22 October 2019	CN	110358517	B	22 February 2022
CN	111004614	A	14 April 2020	CN	111004614	B	09 October 2020

A. 主题的分类

C09K8/584(2006.01)i; C09K8/60(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: C09K

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTEXT, ENTXTC, ENTXT, DWPI, CNKI, 万方, 超星读秀, ISI Web of Science, STN: 中相微乳液, 烷基醇酰胺, 脂肪醇, 聚氧丙烯醚, 烷基酚, 聚氧乙烯醚, 硫酸盐, 驱油, 聚丙烯酰胺, 聚丙二醇, mesophase microemulsion, alkylolamide, alkanolamide, fatty alcohol, polyoxypropylene ether, polyethyleneoxide ether, polyoxyethylene ether, sulfate, polyacrylamide, PPG, poly propylene glycol

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 110358517 A (中国石油化工股份有限公司等) 2019年10月22日 (2019 - 10 - 22) 权利要求1-2, 说明书第8-9、20段	1-22
A	CN 111004614 A (山东金智瑞新材料发展有限公司) 2020年4月14日 (2020 - 04 - 14) 权利要求1-10	1-22

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

★ 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“p” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年9月26日

国际检索报告邮寄日期

2024年10月12日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

李佳

电话号码 (+86) 027-59182937

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/103841

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110358517	A	2019年10月22日	CN	110358517	B	2022年2月22日
CN	111004614	A	2020年4月14日	CN	111004614	B	2020年10月9日