

(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
2022 年 7 月 14 日 (14.07.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/147906 A1

- (51) 国际专利分类号:
B01F 3/08 (2006.01) **B01F 5/06** (2006.01)
B01F 5/04 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/082856
- (22) 国际申请日: 2021 年 3 月 25 日 (25.03.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110006608.5 2021 年 1 月 5 日 (05.01.2021) CN
- (71) 申请人: 华东理工大学(EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国上海市徐汇区梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。
- (72) 发明人: 卢浩(LU, Hao); 中国上海市徐汇区梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。 杨强(YANG, Qiang); 中国上海市徐汇区梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。 李裕东(LI, Yudong); 中国上海市徐汇区梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。 刘懿谦(LIU, Yiqian); 中国上海市徐汇区梅陇路 130

号, Shanghai 200237 (CN)。 代品一(DAI, Pinyi); 中国上海市徐汇区梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。 武世汉(WU, Shihan); 中国上海市徐汇区梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。

- (74) 代理人: 上海华工专利事务所(普通合伙)(SHANGHAI HUAGONG PATENT AGENCY); 中国上海市浦东新区高科西路 551 号 A306 室, Shanghai 200126 (CN)。
- (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) Title: ENHANCED LIQUID-LIQUID EMULSION APPARATUS AND METHOD

(54) 发明名称: 一种强化液-液乳化的装置和方法

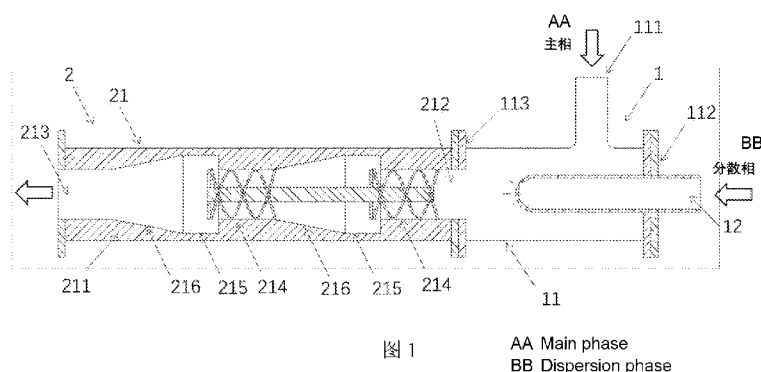


图 1

(57) Abstract: An enhanced liquid-liquid emulsion apparatus, comprising a spraying part (1) and a mixing part (2) connected to the spraying part (1). The spraying part (1) comprises a feeding tee (11) for feeding; a first port (111) of the feeding tee (11) is used for feeding a main phase, and a second port (112) is provided with a sprayer (12) for feeding a dispersion phase; the sprayer (12) comprises a sprayer housing (121) and an inlet section (122), as well as a spiral structure (123), a flow guide structure (124) and an ejector pin structure (125) that are connected in sequence; the mixing part (2) comprises a mixer (21); the mixer (21) comprises a cylindrical mixer housing (211), a mixer inlet section (212), and a mixer outlet section (213), as well as a spiral section (214), a cavity section (215) and a variable diameter section (216) for enhancing the crushing and dispersion of an emulsion. Also disclosed is an enhanced liquid-liquid emulsion method.



NA, RW, 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, 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)。

根据细则4.17的声明：

- 关于发明人身份(细则4.17(i))
- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种强化液液乳化的装置，装置包括喷射部分(1)和与喷射部分(1)连接的混合部分(2)，喷射部分(1)包括用于进料的进料三通(11)，进料三通(11)的第一端口(111)用于主相的进料，第二端口(112)设置一喷射器(12)，用于分散相进料；喷射器(12)包括喷射器外壳(121)、进口段(122)和依次连接的螺旋结构(123)、导流结构(124)和顶针结构(125)；混合部分(2)包括混合器(21)，混合器(21)包括圆筒状的混合器外壳(211)、混合器进口段(212)、混合器出口段(213)和用于强化乳液破碎和弥散的螺旋段(214)、空腔段(215)和变径段(216)。以及一种强化液液乳化的方法。

一种强化液-液乳化的装置和方法

技术领域

本发明属于化工、制药、生物等的液液混合领域，具体涉及一种强化液-液乳化的装置和方法。

背景技术

液液乳化是将两种或两种以上不互溶或不完全互溶的液体高度分散、均匀混合，以产生稳定乳化液的过程，是石油、化工、医药、食品等生产中重要的单元操作之一。传统的乳化方法一般是将主相和分散相放入搅拌釜中充分搅拌，但是这种方法耗时长，分散度低且均匀性较差，且耗能高。

近年来，越来越多的新型设备，如高剪切乳化机、静态混合器等应用于液液乳化中，而静态混合器混合效果差，分散相粒径大、乳化液不稳定；动态的高剪切混合器难以用于高温高压的混合工况，且能耗较大。

CN201921281523.2 公开了一种混合乳化机，采用电机带动搅拌桨对两相进行搅拌乳化，随着搅拌桨转速的提高，乳化效果也随提高，但随之也会带来能耗的增加，尤其针对高粘度的非均相混合；CN201721238474.5 公开了一种复合型管式静态混合器，在流动前段设置了翼片结构，加速了主相和分散相的流体扰动，但是其混合本质仍处于弱湍流状态，混合效果较差，分散相分布不均匀；CN201410748822.8 公开了一种超声波静态混合器，在流动管道外部设置超声波发生器，可以有效避免因混合长度短而导致混合效果差的问题，但是超声波的使用也会带来能耗的增加。因此开发具有良好混合效果的微混器具有实际的意义。

发明内容

针对传统乳化不充分和耗能高的问题，本发明提供了一种强化液-液乳化的装置和方法，利用喷射部分的分散和混合部分强化混合的方式强化乳化效果。

为实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种强化液液乳化的装置，所述装置包括喷射部分和与所述喷射部分连接的混合部分，其中，

所述喷射部分包括用于主相和分散相进料的进料三通，所述进料三通包括第一端口、第二端口和第三端口，其中第一端口用于主相的进料，第二端口设置一喷射器，用于分散相进料；所述喷射器包括一侧开口，另一侧为半球结构的圆筒状的喷射器外壳，所述喷射器外壳的开口一侧为所述喷射器的进口段，所述喷射器内部，沿进口段向内，依次设有相互连接的螺旋结构、导流结构和顶针结构；所述喷射器外壳的半球结构一侧设置一喷射口；

所述混合部分包括混合器，所述混合器包括圆筒状的混合器外壳、位于所述混合器外壳内两端的混合器进口段、混合器出口段和用于强化乳化液破碎和弥散的螺旋段、空腔段和变径段，所述混合器进口段与所述第三端口通过法兰连接。

根据本发明的优选实施例，所述进口段的直径为 D_1 ；所述进口段具有内螺纹或外螺纹，用于与分散相管道相连接；所述螺旋结构包括位于轴心的圆柱状支撑杆和与所述喷射器外壳的内壁及所述支撑杆相连接的第一螺旋叶片，用于将分散相产生旋流，提高湍动能；所述导流结构包括圆柱状导流段和直径渐缩的圆台状导流段，所述圆柱状导流段的直径为进口段直径 D_1 的 $1/2-3/4$ ，所述圆台状导流段的底角 α 为 $30^\circ-50^\circ$ ；所述顶针结构为圆柱状结构；所述喷射口的直径为 $0.2-12\text{mm}$ ；所述顶针结构的直径为喷射口的直径的 $4/5-6/5$ ，所述顶针结构与所述喷射口的距离为 $1-5\text{mm}$ 。

根据本发明的优选实施例，所述混合器内的螺旋段、空腔段和变径段位于所述混合器进口段和混合器出口段间依次连接，且为重复结构，所述螺旋段、空腔段和变径段重复的数量 n 为混合级数， $n \geq 1$ 。

根据本发明的优选实施例，所述混合器的整体长度为 L ，所述螺旋段的长度为混合器长度 L 的 $1/8n-1/2n$ ，变径段的长度为混合器长度 L 的 $1/8n-1/2n$ 。

根据本发明的优选实施例，所述混合器内的轴心处设有圆柱形的支撑结构；所述螺旋段包括与所述混合器外壳的内壁和所述支撑结构相连接的第二螺旋叶片，用于产生旋转湍流场，增强乳化液间的碰撞和分散；所述空腔段为圆筒状的空腔结构；所述变径段为内径渐缩的结构，变径角度 β 为 $5^\circ-10^\circ$ ，用于强化乳化液的破碎和弥散，进一步强化乳化程度。

根据本发明的优选实施例，混合器进口段的直径为 d_1 ；所述螺旋段包括与所述混合器外壳的内壁相连接的第三螺旋叶片，用于产生旋转湍流场，增强乳化液间的碰撞和分散；所述空腔段为内径渐扩的双瓣形结构，用于形成涡流撞击，均化分散相的

粒径和液滴，所述空腔段的高度为混合器进口段的直径为 d_1 的 1.2-1.4 倍，所述空腔段的高度与长度之比为 0.8-1.2；所述变径段为内径渐扩的结构，变径角度 γ 为 5° - 10° ，用于进一步均化分散相的分布。

利用上述装置的强化液液乳化的方法，所述方法的步骤如下：

(1) 用于液液乳化的主相通入所述喷射部分的第一端口；分散相通入所述喷射器的进口段；

(2) 进入喷射器的分散相经过所述螺旋结构产生旋流，沿着所述导流结构导流后，在顶针结构和喷射器外壳间经剪切破碎作用，从喷射口喷射而出弥散在主相中，形成初步的乳化液；

(3) 初步的乳化液进入混合部分，依次经过所述螺旋段、空腔段和变径段，产生旋转湍流和湍动破碎，进一步强化乳化液的破碎和弥散，形成稳定的乳化液。

根据本发明的优选实施例，分散相经过所述喷射器后分散为粒径为 $30\text{-}200\mu\text{m}$ 的液滴；分散相经过所述混合部分处理后分散为粒径为 $5\text{-}50\mu\text{m}$ 的液滴。

根据本发明的优选实施例，所述喷射部分中分散相和主相接触的方式为顺流式、逆流式或对流式。

根据本发明的优选实施例，所述分散相和主相的流量之比为 0-0.8，根据实际处理需求，所述喷射部分采用单个喷射器或数个喷射器并联连接的方式，用于调整分散相和主相的流量比。

本发明的有益效果在于：

本发明提供了一种强化液液乳化的装置和方法，通过喷射部分的喷射器将分散相压缩剪切产生湍动能，从喷射器喷射出后均匀分散在主相中，实现乳化主相和分散相的初步混合乳化；通过混合部分的混合器将初步乳化的乳化液强化混合，通过螺旋段产生旋转湍流场，增强乳化液间的碰撞和分散，通过变径段强化乳化液的破碎和弥散，进一步强化乳化程度。经过所述装置和方法产生的乳化液，分散均匀，稳定时间长，且装置结构紧凑、能耗低，特别适用于化工、食品、涂料、化妆品等领域中的液-液乳化过程。

附图说明

图 1 为本发明所涉及的强化液液乳化的装置结构示意图；

图 2 为本发明所涉及的喷射器的结构示意图；

图 3 为本发明所涉及的第一混合器的结构示意图；

图 4 为本发明所涉及的第二混合器的结构示意图；

图 5 为本发明所涉及的喷射部分的接触方式为逆流式的示意图；

图 6 为本发明所涉及的喷射部分的接触方式为对流式的示意图；

图 7 为本发明所涉及的喷射器并联的示意图。

具体实施方式

以下结合实施例对本发明作进一步详细描述。应理解，以下实施例仅用于对本发明作进一步说明，不应理解为对本发明保护范围的限制，该领域的专业技术人员根据本发明的内容作出的一些非本质的改进和调整，仍属于本发明的保护范围。

实施例 1

图 1 为本发明的强化液液乳化的装置，所述强化液液乳化的装置包括喷射部分 1 和与所述喷射部分 1 连接的混合部分 2，其中，

所述喷射部分 1 包括用于乳化的主相和分散相进料的进料三通 11，所述进料三通 11 包括第一端口 111、第二端口 112 和第三端口 113，其中第一端口 111 用于乳化主相的进料，第二端口 112 设置一喷射器 12，用于将分散相压缩剪切产生湍动能，通过所述喷射器 12 喷射进入所述进料三通 11，将分散相均匀分散在主相中，实现乳化主相和分散相的初步乳化；

初步乳化的主相和分散相经所述第三端口 113 进入所述混合部分 2，所述混合部分 2 包括混合器 21，所述混合器 21 包括圆筒状的混合器外壳 211、位于所述混合器外壳 211 内两端的混合器进口段 212、混合器出口段 213 和用于强化乳化液破碎和弥散的螺旋段 214、空腔段 215 和变径段 216，所述混合器进口段 212 与所述第三端口 113 通过法兰连接。

进一步的，如图 2 所示，所述喷射器 12 包括一侧开口，另一侧为半球结构的圆筒状的喷射器外壳 121，所述喷射器外壳 121 的开口一侧为所述喷射器 12 的进口段 122，所述进口段 122 具有内螺纹或外螺纹(图中未示出)，用于与分散相管道相连接；所述进口段 122 的直径为 D_1 ；所述喷射器 12 内部，沿进口段 122 向内，依次设有相

互连接的螺旋结构 123、导流结构 124 和顶针结构 125；所述螺旋结构 123 包括位于轴心的圆柱状支撑杆 126 和与所述喷射器外壳 121 的内壁及所述支撑杆 126 相连接的第一螺旋叶片 127，用于将分散相产生旋流，提高湍动能；所述导流结构 124 包括圆柱状导流段 128 和直径渐缩的圆台状导流段 129，所述圆柱状导流段 128 的直径为进口段 122 直径 D_1 的 $1/2-3/4$ ，所述圆台状导流段 129 的底角 α 为 $30^\circ-50^\circ$ ；所述顶针结构 125 为圆柱状结构；所述喷射器外壳 121 的半球结构一侧设置一喷射口 13，所述喷射口 13 的直径为 $0.2-12\text{mm}$ ；所述顶针结构 125 的直径为喷射口 13 的直径的 $4/5-6/5$ ，所述顶针结构 125 与所述喷射口 13 的距离为 $1-5\text{mm}$ 。

进一步的，所述混合器 21 内的螺旋段 214、空腔段 215 和变径段 216 位于所述混合器进口段 212 和混合器出口段 213 间依次连接，且为重复结构，依次重复排列，所述螺旋段 214、空腔段 215 和变径段 216 重复的数量 n 为混合级数， $n \geq 1$ 。

进一步的，所述混合部分 2 的混合器 21 根据强化乳化液破碎和弥散的螺旋段 214、空腔段 215 和变径段 216 结构的不同，分为第一混合器 22 和第二混合器 23。

当混合部分 2 的混合器为第一混合器 22 时，如图 3 所示，所述第一混合器 22 内的轴心处设有圆柱形的支撑结构 221；所述螺旋段 214 包括与所述混合器外壳 211 的内壁和所述支撑结构 221 相连接的第二螺旋叶片 222，用于产生旋转湍流场，增强乳化液间的碰撞和分散；所述空腔段 215 为圆筒状的空腔结构；所述变径段 216 为内径渐缩的结构，变径角度 β 为 $5^\circ-10^\circ$ ，所述变径段 216 通过内径渐缩的变径结构强化乳化液的破碎和弥散，进一步强化乳化程度。

当混合部分 2 的混合器为第二混合器 23 时，如图 4 所示，混合器进口段 212 的直径为 d_1 ；所述螺旋段 214 包括与所述混合器外壳 211 的内壁相连接的第三螺旋叶片 231，用于产生旋转湍流场，增强乳化液间的碰撞和分散；所述空腔段 215 为内径渐扩的双瓣形结构，用于使乳化液在所述空腔段 215 内形成涡流撞击，均化分散相的粒径和液滴，所述空腔段的高度 d_2 为混合器进口段 212 的直径为 d_1 的 $1.2-1.4$ 倍，所述空腔段的高度与长度之比 d_2/l_1 为 $0.8-1.2$ ；所述变径段 216 为内径渐扩的结构，变径角度 γ 为 $5^\circ-10^\circ$ ，所述变径段 216 通过内径渐扩的变径结构进一步均化分散相的分布，产生分散均匀，稳定时间长的乳化液。

进一步的，所述混合器 21 的整体长度为 L ，所述螺旋段 214 的长度为混合器长度 L 的 $1/8n-1/2n$ ，变径段 216 的长度为混合器长度 L 的 $1/8n-1/2n$ 。

利用上述装置强化液液乳化的方法，所述方法的步骤如下：

(1) 用于液液乳化的主相通过泵通入所述喷射部分 1 的第一端口 111，并通过转子流量计来测量主相流量；分散相通过计量泵通入所述喷射器 12 的进口段 122，并通过浮子流量计来测量分散相流量；

(2) 进入喷射器 12 的分散相经过所述螺旋结构 123 产生旋流，沿着所述导流结构 124 导流后，在顶针结构 125 和喷射器外壳 121 间经剪切破碎作用，从喷射口 13 喷射而出弥散在主相中，形成初步的乳化液；

(3) 初步的乳化液进入混合部分 2，依次经过所述螺旋段 214、空腔段 215 和变径段 216，产生旋转湍流和湍动破碎，进一步强化乳化液的破碎和弥散，形成稳定的乳化液。

进一步的，分散相经过所述喷射器 12 后分散为粒径为 30-200 μm 的液滴，弥散在主相内；分散相经过所述混合部分 2 处理后进一步分散为粒径为 5-50 μm 的液滴。

进一步的，分别如图 1、图 5 和图 6 所示，所述喷射部分 1 中分散相和主相接触的方式为顺流式（图 1）、逆流式（图 5）或对流式（图 6）；其中，顺流式为主相的流动方向和分散相的喷射为同一方向，逆流式为主相的流动和分散相的喷射方向相反，对流式为主相的流动方向和分散相的喷射方向对流。

进一步的，所述分散相和主相的流量之比为 0-0.8，根据实际处理需求，分别如图 1 和图 7 所示，所述喷射部分采用单个喷射器 12 或数个喷射器 12 并联连接的方式，用于调整分散相和主相的流量比。

实施例 2

采用实施例 1 所述的装置和方法对主相为水，分散相为柴油的体系进行液液乳化，其中主相流量 500L/h，分散相流量 30L/h，并对比了传统的静态混合器和高剪切混合器的混合效果。

喷射部分采用顺流式，单个喷射器，所述喷射器的结构尺寸为：入口段直径为 12mm；螺旋结构长度为 10mm；导流结构中圆柱状导流段直径为 8mm，圆台状导流段的底角为 30°；顶针结构直径为 1mm，喷射口直径为 1mm；顶针结构与喷射口的距离为 1mm。混合部分采用第一混合器，混合器的结构尺寸：混合级数为 2，混合器入口段直径为 8mm，混合器整体长度为 60mm，变径段的变径角度为 5°。

分别通过实施例 1 所述装置、静态混合器 SH、静态混合器 SV、转速为 1500r/min 的高剪切混合器进行液液乳化，分别稳定运行一定时间后对乳化液取样，并通过浊度沉降和粒径分析来评价乳化效果。

各装置乳化液取样的浊度（单位 NTU）沉降对比如下表所示。

时间/min 混合器种类	0	10	20	30	40	50	60
静态混合器 SH	268	115	79.5	66.5	30.4	14.8	9.64
静态混合器 SV	185	383	21.7	14.7	12.2	10.7	9.34
高剪切混合器	957	469	269	167	122	88.4	48.2
实施例 1 所述装置	1980	1562	1153	807	659	503	407

各装置在装置稳定运行 5min 后对乳化液取样，乳化液中分散相平均粒径（ μm ）的对比如下表所示。

混合器种类	平均粒径（ μm ）
静态混合器 SH	48
静态混合器 SV	32
高剪切混合器	33
实施例 1 所述装置	22

从浊度沉降和平均粒径来看，采用实施例 1 所述装置和方法的浊度显著高于其他装置，平均粒径明显小于其他装置，乳化效果显著优于常规的静态混合器 SH、静态混合器 SV 和高剪切乳化器。

实施例 3

采用实施例 1 所述的装置和方法对主相为水，分散相为柴油的体系进行液液乳化，条件与实施例 2 保持一致。其中主相流量为 400L/h，分散相流量为 24L/h，待装置稳定运行一定时间后对乳化液取样，并通过浊度沉降对乳化效果进行评价，结果如下表所示，主相流量从 500L/h 将至 400L/h，浊度略有下降，仍具有较优的乳化效果。

时间(min) 主相流量	0	10	20	30	40	50	60
500L/h	1980	1562	1153	807	659	503	407
400L/h	1800	1500	1090	768	623	483	367

实施例 4

某油田由于开采的原油中富含硫化氢，对输送的管道和设备具有较强的腐蚀，因此需要脱硫剂来脱除原油中含有的硫化氢物质。但是，由于脱硫剂和原油中的硫化氢混合不均匀，为了保证硫化氢的含量脱除至 15 mg/kg 以下，通常会通入过量的脱硫剂来反应硫化氢，因此导致原油中存在大量的脱硫剂分子，同时由于脱硫剂的存在，导致油水乳化效果增强，不利用下游油水分离。因此在原有的流程中，增加本实施例 1 所述装置，其中喷射器多个并联，混合器的长度为 2m，混合级数为 2，对脱硫剂和原油进行混合强化处理。改造前，硫化氢的含量为 20mg/kg，脱硫剂与原油的相比为 2%；经改造后，硫化氢的含量为 15mg/kg，脱硫剂与原油的相比为 1%。经过改造强化了原油和脱硫剂的液液混合乳化，在减少脱硫剂用量的条件下满足了脱除指标。

权利要求书

1、一种强化液液乳化的装置，其特征在于，所述装置包括喷射部分和与所述喷射部分连接的混合部分，其中，

所述喷射部分包括用于主相和分散相进料的进料三通，所述进料三通包括第一端口、第二端口和第三端口，其中第一端口用于主相的进料，第二端口设置一喷射器，用于分散相进料；所述喷射器包括一侧开口，另一侧为半球结构的圆筒状的喷射器外壳，所述喷射器外壳的开口一侧为所述喷射器的进口段，所述喷射器内部，沿进口段向内，依次设有相互连接的螺旋结构、导流结构和顶针结构；所述喷射器外壳的半球结构一侧设置一喷射口；

所述混合部分包括混合器，所述混合器包括圆筒状的混合器外壳、位于所述混合器外壳内两端的混合器进口段、混合器出口段和用于强化乳化液破碎和弥散的螺旋段、空腔段和变径段，所述混合器进口段与所述第三端口通过法兰连接。

2、根据权利要求1所述的强化液液乳化的装置，其特征在于，所述进口段的直径为 D_1 ；所述进口段具有内螺纹或外螺纹，用于与分散相管道相连接；所述螺旋结构包括位于轴心的圆柱状支撑杆和与所述喷射器外壳的内壁及所述支撑杆相连接的第一螺旋叶片，用于将分散相产生旋流，提高湍动能；所述导流结构包括圆柱状导流段和直径渐缩的圆台状导流段，所述圆柱状导流段的直径为进口段直径 D_1 的 $1/2-3/4$ ，所述圆台状导流段的底角 α 为 $30^\circ-50^\circ$ ；所述顶针结构为圆柱状结构；所述喷射口的直径为 $0.2-12\text{mm}$ ；所述顶针结构的直径为喷射口的直径的 $4/5-6/5$ ，所述顶针结构与所述喷射口的距离为 $1-5\text{mm}$ 。

3、根据权利要求1所述的强化液液乳化的装置，其特征在于，所述混合器内的螺旋段、空腔段和变径段位于所述混合器进口段和混合器出口段间依次连接，且为重复结构，所述螺旋段、空腔段和变径段重复的数量 n 为混合级数， $n \geq 1$ 。

4、根据权利要求3所述的强化液液乳化的装置，其特征在于，所述混合器的整体长度为 L ，所述螺旋段的长度为混合器长度 L 的 $1/8n-1/2n$ ，变径段的长度为混合器长度 L 的 $1/8n-1/2n$ 。

5、根据权利要求3所述的强化液液乳化的装置，其特征在于，所述混合器内的轴心处设有圆柱形的支撑结构；所述螺旋段包括与所述混合器外壳的内壁和所述支撑

结构相连接的第二螺旋叶片，用于产生旋转湍流场，增强乳化液间的碰撞和分散；所述空腔段为圆筒状的空腔结构；所述变径段为内径渐缩的结构，变径角度 β 为 5° - 10° ，用于强化乳化液的破碎和弥散，进一步强化乳化程度。

6、根据权利要求3所述的强化液液乳化的装置，其特征在于，混合器进口段的直径为 d_1 ；所述螺旋段包括与所述混合器外壳的内壁相连接的第三螺旋叶片，用于产生旋转湍流场，增强乳化液间的碰撞和分散；所述空腔段为内径渐扩的双瓣形结构，用于形成涡流撞击，均化分散相的粒径和液滴，所述空腔段的高度为混合器进口段的直径为 d_1 的1.2-1.4倍，所述空腔段的高度与长度之比为0.8-1.2；所述变径段为内径渐扩的结构，变径角度 γ 为 5° - 10° ，用于进一步均化分散相的分布。

7、利用权利要求1-6中任一装置的强化液液乳化的方法，其特征在于，所述方法的步骤如下：

(1) 用于液液乳化的主相通入所述喷射部分的第一端口；分散相通入所述喷射器的进口段；

(2) 进入喷射器的分散相经过所述螺旋结构产生旋流，沿着所述导流结构导流后，在顶针结构和喷射器外壳间经剪切破碎作用，从喷射口喷射而出弥散在主相中，形成初步的乳化液；

(3) 初步的乳化液进入混合部分，依次经过所述螺旋段、空腔段和变径段，产生旋转湍流和湍动破碎，进一步强化乳化液的破碎和弥散，形成稳定的乳化液。

8、根据权利要求7所述的强化液液乳化的方法，其特征在于，分散相经过所述喷射器后分散为粒径为 $30\text{-}200\mu\text{m}$ 的液滴；分散相经过所述混合部分处理后分散为粒径为 $5\text{-}50\mu\text{m}$ 的液滴。

9、根据权利要求7所述的强化液液乳化的方法，其特征在于，所述喷射部分中分散相和主相接触的方式为顺流式、逆流式或对流式。

10、根据权利要求7所述的强化液液乳化的方法，其特征在于，所述分散相和主相的流量之比为0-0.8，根据实际处理需求，所述喷射部分采用单个喷射器或数个喷射器并联连接的方式，用于调整分散相和主相的流量比。

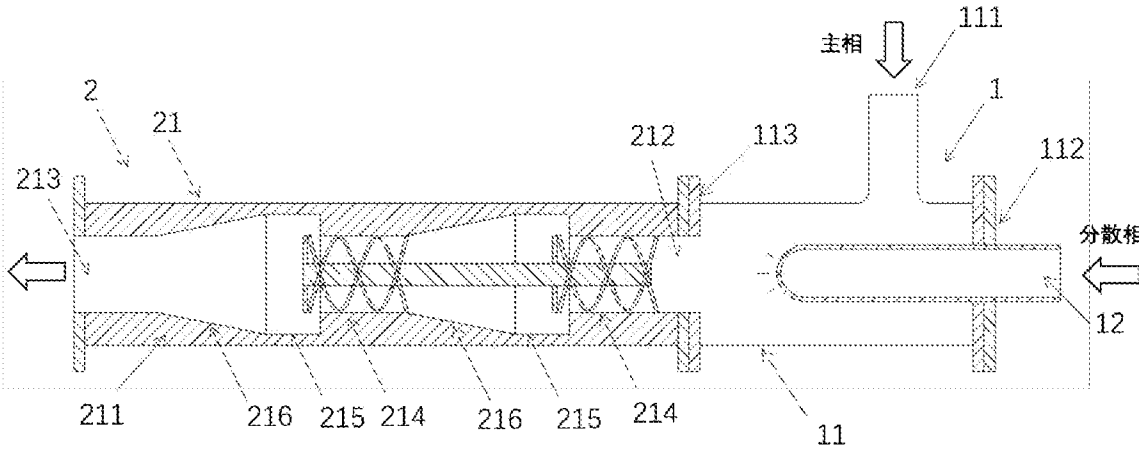


图 1

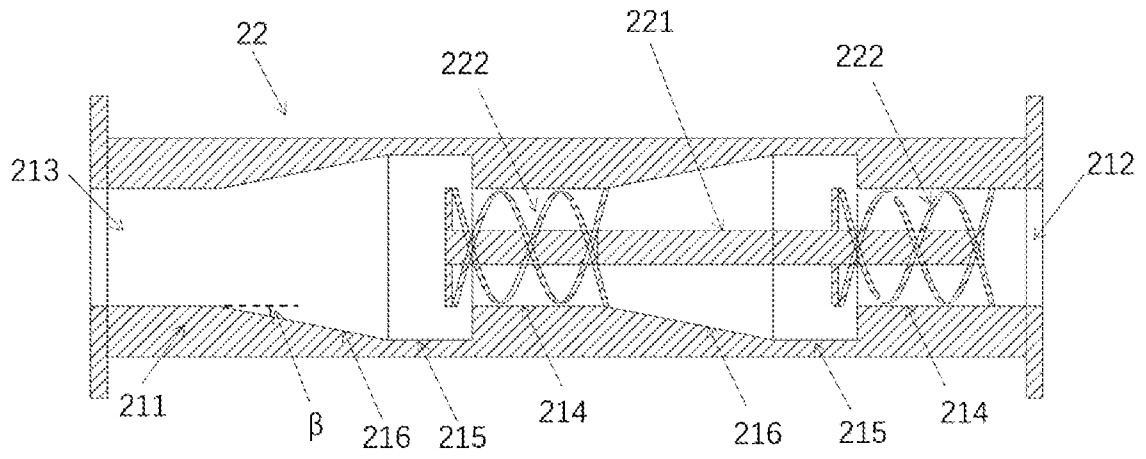


图 3

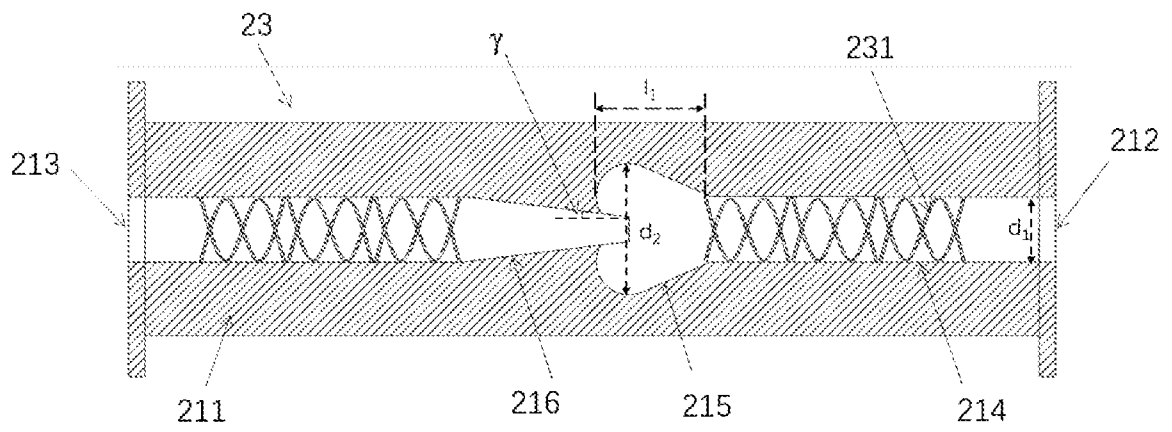


图 4

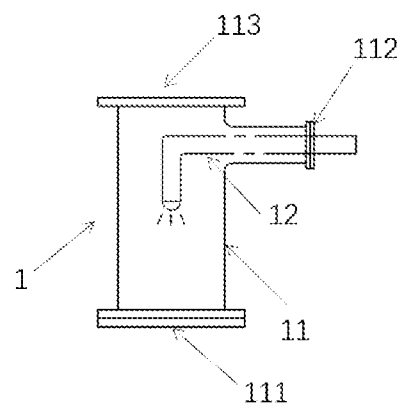


图 5

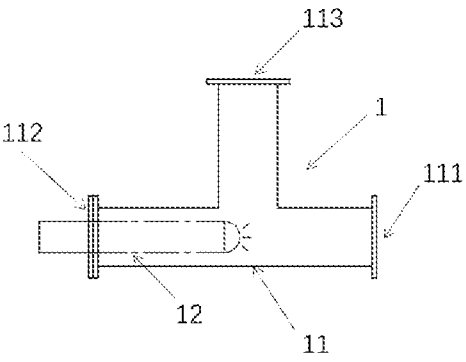


图 6

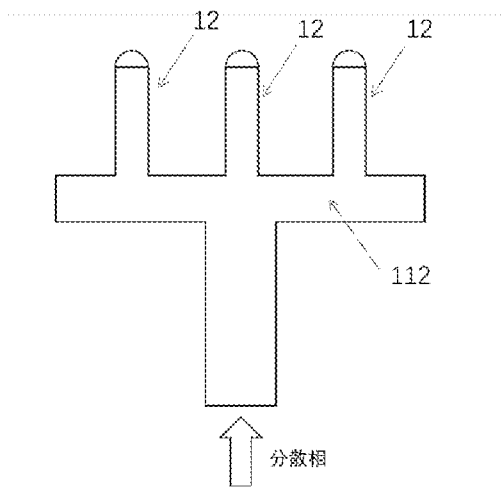


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/082856

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01F 3/08(2006.01)i; B01F 5/04(2006.01)i; B01F 5/06(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)

B01F

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)

CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI, CNKI; 乳化, 喷射, 三通, 螺旋, 导流, 顶针, 变径, 渐变段, 支撑杆, 空腔, emulsification, injection, spray, tee, spiral, diversion, pin, thimble, variable w diameter, gradual w segment, gradient, support??? w rod, cavity

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2019040820 A1 (TANIEL ROMAN) 07 February 2019 (2019-02-07) description, column 12, line 62 to column 16, line 3, and figures 2-3	1-10
A	CN 85205017 U (TIANJIN TECHNOLOGY EXCHANGE STATION) 27 August 1986 (1986-08-27) entire document	1-10
A	CN 109475374 A (KYPHON-SARL) 15 March 2019 (2019-03-15) entire document	1-10
A	CN 101952019 A (TURBULENT ENERGY, INC.) 19 January 2011 (2011-01-19) entire document	1-10
A	CN 101998880 A (FUKAI, Toshiharu) 30 March 2011 (2011-03-30) entire document	1-10
A	CN 2239841 Y (ANGELO MARSAI) 13 November 1996 (1996-11-13) entire document	1-10
A	CN 1086153 A (ZHU, Shujun) 04 May 1994 (1994-05-04) entire document	1-10



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

“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

30 August 2021

Date of mailing of the international search report

16 September 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/082856**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0665767 B1 (ERH L et al.) 16 July 1997 (1997-07-16) entire document	1-10
A	DE 19509223 C1 (SCHRADER HOLGER) 07 November 1996 (1996-11-07) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/082856

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
US	2019040820	A1	07 February 2019	US	10947930 B2	16 March 2021
				ES	2774076 T3	16 July 2020
				EP	3408528 B1	27 November 2019
				WO	2017129375 A1	03 August 2017
				DE	102016000761 A1	27 July 2017
				EP	3408528 A1	05 December 2018
CN	85205017	U	27 August 1986	None		
CN	109475374	A	15 March 2019	WO	2017208073 A3	11 January 2018
				WO	2017208073 A2	07 December 2017
				US	10357300 B2	23 July 2019
				KR	20190049625 A	09 May 2019
				CA	3034189 A1	07 December 2017
				US	2019321088 A1	24 October 2019
				EP	3463130 A2	10 April 2019
				US	2017348036 A1	07 December 2017
CN	101952019	A	19 January 2011	EP	2185274 A2	19 May 2010
				EP	2185275 A1	19 May 2010
				WO	2009033000 A1	12 March 2009
				CN	103768968 A	07 May 2014
				JP	2010538152 A	09 December 2010
				JP	2014155922 A	28 August 2014
				US	2010243953 A1	30 September 2010
				EP	2185274 A4	05 December 2012
				US	8746965 B2	10 June 2014
				US	2014286122 A1	25 September 2014
				EP	2185275 A4	22 October 2014
				WO	2009033005 A3	14 May 2009
				WO	2009033005 A2	12 March 2009
				US	2010281766 A1	11 November 2010
				JP	5905044 B2	20 April 2016
				BR	PI0816704 A2	16 May 2017
				CN	101952019 B	12 March 2014
CN	101998880	A	30 March 2011	JP	5021550 B2	12 September 2012
				WO	2009125633 A1	15 October 2009
				EP	2266686 A1	29 December 2010
				EP	2266686 A4	23 May 2012
				US	2011032789 A1	10 February 2011
				KR	20100134016 A	22 December 2010
CN	1086153	A	04 May 1994	JP	2009254925 A	05 November 2009
EP	0665767	B1	16 July 1997	GB	2271725 A	27 April 1994
				DE	69312308 D1	21 August 1997
EP	0665767	B1	16 July 1997	AU	5452694 A	24 May 1994
				TW	275044 B	01 May 1996
				PH	31475 A	03 November 1998
				KR	100295984 B1	22 October 2001
				ES	2107690 T3	01 December 1997
				EP	0665767 A4	27 September 1995

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/082856

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
		CN 1066916 A	09 December 1992
		DE 69312308 T2	19 February 1998
		US 5399015 A	21 March 1995
		AU 694409 B2	23 July 1998
		EP 0665767 A1	09 August 1995
		MX 9306561 A	30 June 1994
		WO 9409892 A1	11 May 1994
		GB 9224281 D0	06 January 1993
		KR 950704028 A	17 November 1995
		CA 2147278 A1	11 May 1994
		BR 9307279 A	01 June 1999
		GB 2271725 B	03 July 1996
		GR 3025025 T3	30 January 1998
		JP H0724283 A	27 January 1995
DE 19509223 C1	07 November 1996	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/082856

A. 主题的分类 B01F 3/08(2006.01)i; B01F 5/04(2006.01)i; B01F 5/06(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) B01F 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)) CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI, CNKI; 乳化, 喷射, 三通, 螺旋, 导流, 顶针, 变径, 渐变段, 支撑杆, 空腔, emulsification, injection, spray, tee, spiral, diversion, pin, thimble, variable w diameter, gradual w segment, gradient, support??? w rod, cavity																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>US 2019040820 A1 (TANIEL ROMAN) 2019年 2月 7日 (2019 - 02 - 07) 说明书第12栏第62行至第16栏第3行, 附图2-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 85205017 U (天津市技术交流站) 1986年 8月 27日 (1986 - 08 - 27) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109475374 A (美敦力控股有限责任公司) 2019年 3月 15日 (2019 - 03 - 15) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101952019 A (湍流能量公司) 2011年 1月 19日 (2011 - 01 - 19) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101998880 A (深井利春) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 2239841 Y (安赫洛 马塞) 1996年 11月 13日 (1996 - 11 - 13) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1086153 A (朱树君) 1994年 5月 4日 (1994 - 05 - 04) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	US 2019040820 A1 (TANIEL ROMAN) 2019年 2月 7日 (2019 - 02 - 07) 说明书第12栏第62行至第16栏第3行, 附图2-3	1-10	A	CN 85205017 U (天津市技术交流站) 1986年 8月 27日 (1986 - 08 - 27) 全文	1-10	A	CN 109475374 A (美敦力控股有限责任公司) 2019年 3月 15日 (2019 - 03 - 15) 全文	1-10	A	CN 101952019 A (湍流能量公司) 2011年 1月 19日 (2011 - 01 - 19) 全文	1-10	A	CN 101998880 A (深井利春) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文	1-10	A	CN 2239841 Y (安赫洛 马塞) 1996年 11月 13日 (1996 - 11 - 13) 全文	1-10	A	CN 1086153 A (朱树君) 1994年 5月 4日 (1994 - 05 - 04) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
A	US 2019040820 A1 (TANIEL ROMAN) 2019年 2月 7日 (2019 - 02 - 07) 说明书第12栏第62行至第16栏第3行, 附图2-3	1-10																								
A	CN 85205017 U (天津市技术交流站) 1986年 8月 27日 (1986 - 08 - 27) 全文	1-10																								
A	CN 109475374 A (美敦力控股有限责任公司) 2019年 3月 15日 (2019 - 03 - 15) 全文	1-10																								
A	CN 101952019 A (湍流能量公司) 2011年 1月 19日 (2011 - 01 - 19) 全文	1-10																								
A	CN 101998880 A (深井利春) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文	1-10																								
A	CN 2239841 Y (安赫洛 马塞) 1996年 11月 13日 (1996 - 11 - 13) 全文	1-10																								
A	CN 1086153 A (朱树君) 1994年 5月 4日 (1994 - 05 - 04) 全文	1-10																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 “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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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 “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																						
* 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 “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		国际检索报告邮寄日期																								
2021年 8月 30日		2021年 9月 16日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员																								
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		秦祖龙 电话号码 62085046																								

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	EP 0665767 B1 (ERH L等) 1997年 7月 16日 (1997 - 07 - 16) 全文	1-10
A	DE 19509223 C1 (SCHRADER HOLGER) 1996年 11月 7日 (1996 - 11 - 07) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/082856

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)	
US	2019040820	A1	2019年 2月 7日	US	10947930	B2	2021年 3月 16日
				ES	2774076	T3	2020年 7月 16日
				EP	3408528	B1	2019年 11月 27日
				WO	2017129375	A1	2017年 8月 3日
				DE	102016000761	A1	2017年 7月 27日
				EP	3408528	A1	2018年 12月 5日
CN	85205017	U	1986年 8月 27日	无			
CN	109475374	A	2019年 3月 15日	WO	2017208073	A3	2018年 1月 11日
				WO	2017208073	A2	2017年 12月 7日
				US	10357300	B2	2019年 7月 23日
				KR	20190049625	A	2019年 5月 9日
				CA	3034189	A1	2017年 12月 7日
				US	2019321088	A1	2019年 10月 24日
				EP	3463130	A2	2019年 4月 10日
				US	2017348036	A1	2017年 12月 7日
CN	101952019	A	2011年 1月 19日	EP	2185274	A2	2010年 5月 19日
				EP	2185275	A1	2010年 5月 19日
				WO	2009033000	A1	2009年 3月 12日
				CN	103768968	A	2014年 5月 7日
				JP	2010538152	A	2010年 12月 9日
				JP	2014155922	A	2014年 8月 28日
				US	2010243953	A1	2010年 9月 30日
				EP	2185274	A4	2012年 12月 5日
				US	8746965	B2	2014年 6月 10日
				US	2014286122	A1	2014年 9月 25日
				EP	2185275	A4	2014年 10月 22日
				WO	2009033005	A3	2009年 5月 14日
				WO	2009033005	A2	2009年 3月 12日
				US	2010281766	A1	2010年 11月 11日
				JP	5905044	B2	2016年 4月 20日
				BR	PI0816704	A2	2017年 5月 16日
				CN	101952019	B	2014年 3月 12日
CN	101998880	A	2011年 3月 30日	JP	5021550	B2	2012年 9月 12日
				WO	2009125633	A1	2009年 10月 15日
				EP	2266686	A1	2010年 12月 29日
				EP	2266686	A4	2012年 5月 23日
				US	2011032789	A1	2011年 2月 10日
				KR	20100134016	A	2010年 12月 22日
				JP	2009254925	A	2009年 11月 5日
CN	2239841	Y	1996年 11月 13日	无			
CN	1086153	A	1994年 5月 4日	无			
EP	0665767	B1	1997年 7月 16日	GB	2271725	A	1994年 4月 27日
				DE	69312308	D1	1997年 8月 21日
				AU	5452694	A	1994年 5月 24日
				TW	275044	B	1996年 5月 1日
				PH	31475	A	1998年 11月 3日
				KR	100295984	B1	2001年 10月 22日
				ES	2107690	T3	1997年 12月 1日
				EP	0665767	A4	1995年 9月 27日

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/082856

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 1066916 A	1992年 12月 9日
		DE 69312308 T2	1998年 2月 19日
		US 5399015 A	1995年 3月 21日
		AU 694409 B2	1998年 7月 23日
		EP 0665767 A1	1995年 8月 9日
		MX 9306561 A	1994年 6月 30日
		WO 9409892 A1	1994年 5月 11日
		GB 9224281 D0	1993年 1月 6日
		KR 950704028 A	1995年 11月 17日
		CA 2147278 A1	1994年 5月 11日
		BR 9307279 A	1999年 6月 1日
		GB 2271725 B	1996年 7月 3日
		GR 3025025 T3	1998年 1月 30日
		JP H0724283 A	1995年 1月 27日
DE 19509223 C1	1996年 11月 7日	无	