

(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 2 月 24 日 (24.02.2022)

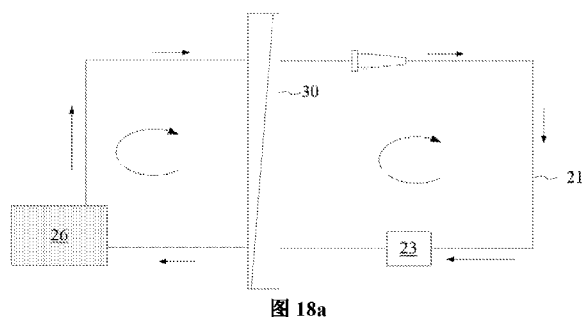


(10) 国际公布号
WO 2022/036739 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61M 1/36 (2006.01) *A61M 1/16* (2006.01)
A61M 1/38 (2006.01) *A61M 1/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/111885
- (22) 国际申请日: 2020 年 8 月 27 日 (27.08.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010837981.0 2020 年 8 月 19 日 (19.08.2020) CN
- (71) 申请人: 上海心光生物医药有限责任公司
(SHANGHAI XINGUANG BIO-PHARMACEUTICAL LTD) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区金科路 4560 号金创大厦 1 号楼 5 楼, Shanghai 201210 (CN)。
- (72) 发明人: 李祥海 (LI, Xianghai); 中国上海市浦东新区金科路 4560 号金创大厦 1 号楼 5 楼, Shanghai 201210 (CN)。
- (74) 代理人: 上海巔石知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHANGHAI DIANSHI PARTNERS, P.C.); 中国上海市浦东新区盛夏路 608 号 2 号楼 103 室/王再朝, Shanghai 201210 (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,

(54) Title: FLUID TREATMENT METHOD, AND CYCLE TREATMENT DEVICE AND SYSTEM

(54) 发明名称: 流体处理方法及循环处理设备、系统



(57) Abstract: A fluid treatment method, a cycle treatment device and system, and a medical device. A fluid flows in a pipeline to form a cycle, the cycle comprises a treatment unit to treat the fluid to selectively change the structure or concentration of molecules or molecule combinations in the fluid, and loss of beneficial components can be avoided in a treatment process implemented by the treatment unit; the treatment of the fluid is implemented by at least one cycle, and in any cycle, the flow speed of the fluid to be treated entering the cycle is equal to the flow speed of the fluid exiting the cycle to maintain dynamic balance of the total amount of the fluid in the cycle to maintain sustainability of the cycle, and thus the duration of the fluid treatment method can be determined on the basis of a preset treatment target.

(57) 摘要: 一种流体处理方法及循环处理设备、系统, 及医疗设备; 其中, 通过令流体在管路中流动以形成循环, 循环中包括处理单元以对流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度, 由处理单元实现的处理过程可避免有益成分损失; 通过至少一个循环实现对流体的处理, 在任一循环中, 令进入循环的待处理流体与离开循环的流体流速相等以保持循环中流体总量动态平衡以维持循环的可持续性, 因此流体处理方法的持续时间可基于预设处理目标确定。

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,
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)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

流体处理方法及循环处理设备、系统

技术领域

本申请涉及流体处理技术领域，尤其涉及一种流体处理方法及循环处理设备、系统，及医疗设备。

背景技术

对液体成分进行选择性的处理的技术当中，传统的方法包括膜分离，加热，沉降，催化，吸附，化学反应，离子交换，光学处理，电处理等等，但是这些处理方法的选择性往往都很差，或者缺乏可持续性。比如膜分离，其无法针对小分子实现有效的高选择性的分离；催化反应当中催化剂容易混入体系当中；光学和电学处理缺乏选择性；离子交换无法区分同种电荷的分子；吸附会容易饱和，并且成本较高；化学反应过于强烈，容易对液体当中的其他成分造成影响等。如何在混合流体体系当中，选择性的改变特定分子或分子组合的浓度，而不影响其他成分，仍然是巨大的技术挑战。

尤其以医疗应用为例，当人体代谢功能不足或者摄入过多时，会导致体内某种分子累积，往往诱发代谢病，例如基因缺陷引起的遗传性代谢缺陷病，如苯丙酮尿症和粘多糖贮积症；摄入过多酒精引起的急性酒精中毒；以及老年性的代谢病，如糖尿病，高血脂和痛风等。膜分离技术已经在临床上用于人体内致病因子或毒素的清除，例如血液透析，血浆置换技术等。但在已有的膜分离技术中，尤其以医疗领域的应用为例，通常在透析或滤除溶液中的特定组分时，不可避免的会分离或去除相近的其他成分，例如葡萄糖、氨基酸、白蛋白、维生素、激素、电解质等。同时产生需丢弃的废液，该废液同时含有前述特定有害组分和其他有益成分。即已有的膜分离技术难以实现对特定组分的选择性分离或去除。由于膜分离过程伴随有益成分的损失，为避免大量损失有益成分，分离技术在临床应用中存在诸多限制，分离过程的时间受限，且膜分离的清除效果或清除率例如对特定组分的浓度控制也难以保证；同时，废液的持续产生不仅对患者造成损伤，同时也带来感染和病原微生物传播的风险。

发明内容

鉴于以上所述相关技术的缺点，本申请的目的在于提供一种流体处理方法及循环处理设备、系统，及医疗设备，已解决现有流体处理技术和方法中存在的效率低，选择性差，掺杂有益成分并导致有益成分持续损失，可持续性不足等问题。

为实现上述目的及其他相关目的，本申请第一方面公开了一种流体处理方法，包括以下步骤：将待处理流体加入管路中流动以形成循环；令所述循环中经处理的流体离开循环，以及令所述循环中保留有流体余量；所述流体处理方法由至少一个循环实现，在所述至少一个循环中还包括处理单元，所述处理单元用于对循环中的流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，其中，所述处理包括催化处理、过滤处理、吸附处理、加热处理、富集处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种。

本申请第二方面公开了一种循环处理设备，包括至少一循环模块，将待处理流体加入所述循环模块的管路中流动以形成循环，其中，所述循环中经处理的流体离开循环模块，以及令所述循环模块中保留有流体余量；所述至少一循环模块中还包括处理单元，所述处理单元对循环中的流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，其中，所述处理包括催化处理、过滤处理、吸附处理、加热处理、富集处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种。

本申请第三方面公开了一种循环处理系统，包括如本申请第二方面提供的任一实施方式所述的循环处理设备；管路系统，包括流体引出管路及流体输回管路。

本申请第四方面公开了一种医疗设备，包括如本申请第三方面提供的任一实施方式所述的循环处理系统。

本申请第五方面公开了一种计算机可读存储介质，存储至少一种程序，所述至少一种程序被处理器执行时实现如本申请第一方面提供的任一实施方式所述的流体处理方法。

综上所述，本申请的流体处理方法及循环处理设备、系统，及医疗设备具有如下有益效果：通过令流体在管路中流动以形成循环，所述循环中包括处理单元以对流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度；通过至少一个所述循环实现对流体的处理，在任一所述循环中，控制引入所述循环的待处理流体与离开循环的流体流速以保持所述循环中流体总量动态平衡，如此可维持所述循环的可持续性，因此所述流体处理方法的持续时间可基于预设处理目标确定；

总体而言，本申请在所述至少一个循环中设置处理单元以对流体进行循环式处理，所述循环式处理能使处理过程更加高效和充分，同时，基于处理单元的处理功能，所述流体处理方法可实现对目标分子或分子组合的高选择性地清除或生成，并避免有益成分持续损失。

附图说明

本申请所涉及的发明的具体特征如所附权利要求书所显示。通过参考下文中详细描述

示例性实施方式和附图能够更好地理解本申请所涉及发明的特点和优势。对附图简要说明书如下：

图 1 显示为本申请的第一类循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 2 显示为本申请的第二类循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 3 显示为本申请的代谢循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 4 显示为本申请的实验 1 中的结果图。

图 5 显示为本申请的循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 6a-图 6c 显示为本申请的循环模块在一实施例中不同工作状态的简化示意图。

图 7a-图 7b 显示为本申请的循环模块在一实施例中不同工作状态的简化示意图。

图 8 显示为本申请的第一类循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 9 显示为本申请的代谢循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 10 显示为本申请的实验 2 中的结果图。

图 11 显示为串联的两个第一类循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 12 显示为串联的两个代谢循环模块在另一实施例中的简化示意图。

图 13 显示为串联的多个第二类循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 14 显示为串联的第二类循环模块和代谢循环模块在另一实施例中的简化示意图。

图 15 显示为本申请的实验 4 中的结果图。

图 16 显示为串联的第二类循环模块与第一类循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 17 显示为本申请的循环模块在一实施例中的简化示意图。

图 18a 显示为本申请的循环处理系统在一实施例中的简化示意图。

图 18b 显示为本申请的循环处理系统在一实施例中的简化示意图。

图 19 显示为本申请的循环处理系统在另一实施例中的简化示意图。

图 20 显示为本申请的循环处理系统在再一实施例中的简化示意图。

具体实施方式

以下由特定的具体实施例说明本申请的实施方式，熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本申请的其他优点及功效。

在下述描述中，参考附图，附图描述了本申请的若干实施例。应当理解，还可使用其他实施例，并且可以在不背离本公开的精神和范围的情况下进行机械组成、结构、电气以及操作上的改变。下面的详细描述不应该被认为是限制性的，并且本申请的实施例的范围仅由公

布的专利的权利要求书所限定。这里使用的术语仅是为了描述特定实施例，而并非旨在限制本申请。空间相关的术语，例如“上”、“下”、“左”、“右”、“下面”、“下方”、“下部”、“上方”、“上部”等，可在文中使用以便于说明图中所示的一个元件或特征与另一元件或特征的关系。

虽然在一些实例中术语第一、第二等在本文中用来描述各种元件或参数，但是这些元件或参数不应当被这些术语限制。这些术语仅用来将一个元件或参数与另一个元件或参数进行区分。例如，第一侧可以被称作第二侧，并且类似地，第二侧可以被称作第一侧，而不脱离各种所描述的实施例的范围。第一侧和第二侧均是在描述一个位置区域，但是除非上下文以其他方式明确指出，否则它们不是同一个位置区域。

再者，如同在本文中所使用的，单数形式“一”、“一个”和“该”旨在也包括复数形式，除非上下文中有相反的指示。应当进一步理解，术语“包含”、“包括”表明存在所述的特征、步骤、操作、元件、组件、项目、种类、和/或组，但不排除一个或多个其他特征、步骤、操作、元件、组件、项目、种类、和/或组的存在、出现或添加。此处使用的术语“或”和“和/或”被解释为包括性的，或意味着任一个或任何组合。因此，“A、B 或 C”或者“A、B 和/或 C”意味着“以下任一个：A；B；C；A 和 B；A 和 C；B 和 C；A、B 和 C”。仅当元件、功能、步骤或操作的组合在某些方式下内在的互相排斥时，才会出现该定义的例外。

诚如背景技术所述，用于实现混合流体体系中特定组分分离或处理的各实现方式均存在一定限制，其中，以膜分离技术为例，膜分离是利用膜的选择性分离实现混合物的不同组分的分离、纯化、浓缩的过程，是一种高效、节能、环保的分离手段。其中过滤的操作方式有垂直过滤（Normal Flow Filtration, NFF，又称死端过滤），和切向流过滤（Tangential/Cross Flow Filtration, TFF）。NFF 操作时液体垂直通过滤膜，直接滤出分子，但是被截留分子易在膜表面形成高浓度凝胶和颗粒层，流速和通量急剧下降。在 TFF 中，液体的运动方向平行于（切向于）膜表面，液体产生的跨膜压力驱动部分溶液和小分子跨过滤膜，并截留部分溶液和分子量较大的分子。整个过程中液体以一定速度连续流过滤膜表面，对滤膜表面进行了冲刷并使沉积在膜表面的颗粒带出 TFF 模块。

在膜分离技术中，在对特定成分或分子进行过滤分离以去除时，难以避免产生废液，而废液中通常存在有益成分例如医疗应用中废液中可能包含葡萄糖、氨基酸、白蛋白、维生素、激素、电解质等，因此，过滤中伴随有益成分的消耗是许多膜分离技术应用场景中存在的问题。

以基于位阻效应的膜分离为例，本质上是截留混合物中较大分子量或粒径成分而滤出较小分子量或粒径成分的过程，这就是分离过程当中的方向性。为便于对本申请提供的方法及

装置、系统进行说明，本申请将膜分离的场景从目的上划分，基本可以概况为以下两种模式：

模式 A：大分子为有益，小分子有害，即小分子为需要去除的组分；

模式 B：大分子有害，小分子有益，即大分子为需要去除的组分。

在实际应用中，B 模式较为常见，也是最终发展起来的用途，比如过滤除菌的过程，水处理和纯化的过程等。B 模式一般采用死端过滤的方式实现，但是当大分子量的分子含量较高时，死端过滤容易堵死，使得膜不能持续使用或能够处理的液体上限是有限制的。在这种情况下，一般需要通过沉淀，蒸馏或者其他物理的方法预处理，如果无法进行预处理，则无法用到死端过滤，比如当所述混合物为血液、血浆等。

A 模式在生物用途当中更为常见，比如重组蛋白的浓缩和纯化，又比如血液透析和血浆置换，都是去除体系当中有害或无价值小分子的过程，传统的血浆置换技术即为一个典型的 A 模式下的问题。由于大分子有益，因此一般采用切向流的方式，以方便被截留的分子回到原体系当中，也可以避免这些成分在膜表面沉积，影响处理过程的连续性。但是在实际应用当中，由于缺乏强选择性，A 模式中被清除的小分子往往害含有有益成分，比如糖类，氨基酸，维生素等等，这使得采用物理的膜分离方法处理血液的时候，会造成大量有益成分的损失，使得治疗过程不可持续。

在此，本申请在以下各示例中提供了在 A 模式下，如何选择性地高效地去除流体当中的目标小分子，同时不影响其他分子或成分的解决方案。

同时，本申请提供了具有催化功能的催化单元选择性地处理流体当中特定目标分子的实施例，在此示例中，可采用 B 模式来避免催化单元离开循环进入体系，例如对催化单元进行截留，即避免了催化剂进入体系带来的影响，又使得处理过程可以持续。

以医学领域的应用为例，如血浆置换设备可基于膜分离实现的血浆置换在肾脏类疾病、冷球蛋白血症、肾移植后超急性或急性抗体介导的排异反应等临床场景中应用，将血液中的大分子治病物质、免疫复合物等滤除，而丢弃的废液中除了致病因子外，往往存在有益成分，因此治疗过程伴随血液中有有益成分的损耗，使得血浆置换过程的可持续性不高，对致病因子的清除效率也由此受限；在另一些场景中，尤其在传统的血浆置换技术中，通过采用血浆分离并对患者输送血浆代用品的方式以实现血液更新，但，血浆代用品的置换液在人体中可能带来过敏问题使得可行的使用场景收到限制，通常只用于急性的适应症如家族性高胆固醇血症，高脂蛋白血症，系统性红斑狼疮（SLE）、重症肌无力，急进性肾小球肾炎、以及自身免疫性疾病等，同时，将血浆分离提取以进行置换使，也存在除血浆外的有益成分如血小板被提取的问题，因此，依然存在有益成分的损耗使得该方法的可持续性不高。

以现有的 DFPP (double filtration plasmapheresis, 双重血浆置换技术, 简称 DFPP) 为例, 通常在对应的过滤系统中令血浆经历两次过滤, 采用了血浆分离技术 (即在血液中分离血浆、红细胞、血小板和白细胞) 与血浆成分分离技术 (即在血浆中分离特定组分) 两级过滤叠加, 在血浆成分分离中将大分子的致病因子如自身抗体、免疫球蛋白、免疫复合物、炎症分子或低密度脂蛋白等去除, 因此, DFPP 通常用于致病因子为大分子物质的重症病症如重症肌无力、吉兰-巴雷综合征、系统性红斑狼疮 (SLE)、类风湿性关节炎、高脂血症重症急性胰腺炎、脓毒症, 但不适用于清除与白蛋白结合的中小分子致病物质, 更不适合清除游离的中小分子溶质。

DFPP 实现的即为 A+B 模式的过程, 通常在两次过滤对应的膜孔径或截留分子量之间截留下来的分子, 就是被清除的目标分子。DFPP 中可以切向流过滤技术处理 B 模式当中遇到的问题, 能够有效避免死端过滤带来的堵塞问题, 但是在实际应用中, 在清除有害大分子时, 必定还掺杂着有益的小分子。分离中一般具有 10%~30% 的弃浆率, 所述弃浆率为弃浆泵与血浆分离泵的转运速率之比; 更具体的, 在双重血浆置换过程当中, 通常弃浆流速在 2.5 -6 ml/min, 也就意味着, 即使采用双重置换术, 患者在接受 2h 的治疗后, 会损失掉超过 300-720 mL 的血浆。也即, 采用 DFPP 对患者进行血浆置换, 在一段时间后必然产生一定体积的予以弃除的血浆也即废液, 而实际中所述废液中含有人体内有益成分, 若采用置换液如外源性血浆进行填充, 则可能引发人体内过敏反应。现有的 DFPP 技术中持续的有益成分的持续损失, 使得这种治疗方法存在重大的缺陷和风险, 只能被用于一些急症和 ICU 当中。因此, DFPP 在临床治疗中存在必然的时间限制 (一般需限制在 2~5h 以内) 与应用场景限制, DFPP 因治疗时间限制还使得清除效果存在一定限制。

再如专利 CN103263704A 中所公开的吸附过滤净化系统, 其中, 将人体血液血浆分离获得一定量的血浆, 将血浆引入净化单元执行多次吸附过程以使得部分废弃血浆再生, 减少血浆置换中所需的新鲜血浆量; 但在血浆再生的吸附过程中, 在净化单元中采用的高通量过滤器处产生废液即滤出液, 因此废弃血浆再生过程获得了一定比例的再生血浆, 同时仍在生成废液, 因此该申请中废液问题以及由废液延伸的可能产生有益成分持续损失的问题依然存在, 其中采用了置换液以补充滤出液的方式, 则前述 DFPP 中外源性物质带来的过敏风险依然存在; 同时, 该吸附过滤净化系统中高通过滤器仅适用于对小分子血浆毒素的处理, 通过多次过滤以提高对小分子毒素的滤除效果, 所实现的效果在于废弃血浆中一定比例的血浆再生; 该吸附过滤净化系统对于血液中大分子量的致病因子则不能清除, 使用场景有限, 难以用于

对血液中的不同组分收集或清除。在此，本申请提供了一种流体处理方法及循环处理设备、系统及医疗设备，可用于对包括医疗场景在内的各种流体进行处理，以基于预设的处理目标定向清除或改变流体中特定的分子或组分的结果或浓度，同时本申请通过膜分离，在 A 模式下分离出有害成分，并可通过催化单元对目标分子进行处理，同时通过膜分离，在 B 模式下将催化单元截留在循环当中，形成循环式处理。本申请的流体处理方法及流体处理装置可用于执行可持续性的流体成分的有效控制。

本申请在第一方面提供了一种流体处理方法，包括以下步骤：将待处理流体加入管路中流动以形成循环；令所述循环中经处理的流体离开循环，以及令所述循环中保留有流体余量；所述流体处理方法由至少一个循环实现，在所述至少一个循环中还包括处理单元，所述处理单元用于对循环中的流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，其中，所述处理包括催化处理、过滤处理、吸附处理、加热处理、富集处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种。

所述流体包含目标物质，在本申请提供的一些实施例中，所述流体包括但不限于血液、血浆、血清、体液、组织液、清洗液、透析液、重组蛋白溶液、细胞培养液、微生物培养液、制药及医疗用水、药液、流体食品、动植物提取液、天然水、工业废水、以及再生水中的一种或多种的混合物。在某些示例中，所述流体也可如血液、血浆等流体经过处理例如过滤后获得的物质组分；在另一些示例中，所述流体还可为气体混合物，例如包含甲烷的气体混合物。

本申请的流体处理方法，可适用于不同类别的流体处理，仅当基于所述流体成分可设置具有相应的选择性处理能力的处理单元即可。应理解的，所述流体中包括至少两种组分，以使由所述处理单元执行的选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度可实现，在本申请提供的各实施例中，所述选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，即处理单元在对流体进行处理时仅对为混合物体系的流体中的部分组分实现结构或浓度改变，而不影响其他成分。

特别的，在一些实施方式中，所述流体中的组分随时间动态变化，在此，在本申请提供的各示例中，所述流体的组分变化包括：流体中物质类别改变如增加或减小，或/及流体中至少一种物质的浓度或总量改变。

基于所述流体的具体组成，对应的在某些示例中，所述管路材料可设置为流体对应的特殊材质，例如所述循环中的部分管路可设置为血液专用管路、蠕动泵专用管路、腐蚀性液

体专用管路、高生物相容性管路等；以所述流体处理方法在医疗场景中应用为例，所述管路例如为血液输送管路或药液输送管路，管路材料包括但不限于软聚氯乙烯塑料、高性能聚烯烃热塑弹性体（TPE）、纳米生物医用材料、树脂材料。

所述处理方法由一个循环实现，或由两个以上的循环联合实现；即，本申请的流体处理方法可将待处理流体引入一所述循环中，其处理后的流体通过离开循环后，再引入另一循环当中，此时所述不同循环间可视为串联关系；再或，可将流体分流后分别引入不同循环中处理后再行汇集处理后流体，此时所述不同循环间可视为并联关系。

应当说明的是，在本申请提供的实施例中，所述待处理流体仅指代针对一个特定的循环从所述循环的进流口处引入的流体，即，所述待处理流体为一相对的概念，而不用于限制所述待处理流体为未经过任何处理的原始流体。例如，当所述流体处理方法为通过多个循环联合实现，将从一个循环中引出的流体引入在后循环进行处理，即可作为在后循环的待处理流体。

在本申请提供的实施例中，凡位于所述循环的管路内的流体均可视为流体余量，即，所述流体余量基于流体所处的空间位置定义；当管路中的流体通离开循环则不再称为流体余量。对应的，所述流体余量中可包括待处理流体与经处理的流体。

所述处理单元执行的处理包括催化、过滤、吸附、加热、富集、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种。所述处理单元用于实现的处理功能包括对待处理流体中任意组分或分子组合的浓度改变或对任意分子的结构改变、带电状态改变、以及物理结构的改变。举例来说，在混合物体系中，例如，通过催化可改变其中特定分子的反应速率以改变混合物体系中分子或分子组合结构及浓度；又如，通过吸附作用可令混合物体系中的特定组分被定向吸附，由此实现了该特定组分在体系中的浓度改变；再如，在特定条件下如一定温度范围内可通过加热分解混合物体系中特定组分；或如，通过膜分离技术截留循环中的特定组分以形成富集的效果，由此实现的选择性处理为对混合体系中特定分子或分子组合的浓度改变。

在此，所述处理单元为设置于管路中的硬件模块、设备、装置或电性连接至所述管路、分离模块或管路中其他装置的控制单元，所述处理单元可用于形成或控制所述循环中的部件或装置，以实现对流体的处理功能。在某些实施方式中，所述处理单元可通过计算机设备控制（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等），又或，所述处理单元可人为控制。

举例来说，所述处理单元例如为连接至所述管路的过滤装置、吸附装置、加热装置，又或为可用于实现对管路中添加催化剂的加样装置、用于控制催化剂与流体接触的控制装置、

用于控制催化剂活性的控温装置、催化剂对应的反应底物添加装置等。

在具体实现过程中，将待处理流体加入管路中流动以形成循环，其中，令所述循环中经处理的流体离开循环，以及令所述循环中保留有流体余量。通常的，所述待处理流体通过所述循环的进流口引入所述循环，经处理的流体通过排流口离开循环。所述循环中可持续补充待处理流体，应理解的，在此情形下所述循环中的流体余量组分保持更新，对应的所述处理单元可持续对循环中的流体余量进行选择处理。

在本申请提供的各实施例中，所述循环可用于表示流体在所述管路中流动形成循环的状态；同时，所述循环用于表示包括管路、管路中连接或关联的设备如处理单元、驱动装置等所形成的硬件或结构形成的单元，以及包括前述硬件或结构中如管路中的流体、以及添加至管路中的反应物等。

应当说明的是，所述待处理流体为混合物体系，本申请所述的经处理的流体即为通过所述处理单元处理后的混合物体系，而限于处理单元定向处理的特定分子或分子组分，在不同场景中，所述混合物体系的具体组成与处理单元所执行的处理过程可能不同，对应的，所述经处理的流体可以为待处理流体中的特定分子或分子组分、又或为特定分子或分子组分反应生成的产物、以及待处理流体中未被处理的其他成分中的至少一种或多种的混合物。

本申请的流体处理方法通过处理单元实现选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，同时，通过形成所述循环构筑了处理单元与待处理流体的可控的接触环境，由此在实现对混合物体系的高选择性处理的同时，还可调整处理效率或处理效果以及所述处理方法的持续时间。

在针对一段管路当中流动的流体进行处理时，传统的处理的过程往往效率较低，不能够充分实现处理，或者说处理过程受到流速和处理时间的相互影响或限制。

在传统的单向流动的管路中，例如要令管路保持被流体充满的状态，向所述管路中引入流体的速度与管路排出流体的流速相等，如此，管路内部的流速必然受到进流速度或排流速度的影响，即管路内的流体流速由进流速度与管路内部腔体结构确定，即，在实际场景中，管路内部的流速为进流流速的因变量，同时，管路中的流体与管路关联的其他设备或部件为一次性接触或一次性作用，对应的接触时间或作用时间同时也受到进流流速的影响。

在本申请的流体处理方法中，通过令待处理流体在管路中形成循环，并令所述循环保持待处理流体的引入与经处理流体的引出，使得所述处理过程具有可持续性，在此示例下，即可基于预设的处理目标确定持续时间。

同时，基于循环形成的动态环境，所述循环中的流体组分动态变化，在处理过程中处理单元可持续对补充的待处理流体进行处理，即可提高处理单元的处理效率；由循环的流动环境还可使待处理流体使实现更好的混合、分散。

形成循环的管路在作为待处理流体的容器或形成待处理流体的容纳空间时，仅需令所述循环中保持引入待处理流体及保持引出经处理的流体即可令所述循环达到可持续的平衡状态，而所述管路内部的流速与向所述循环中引入待处理流体的流速可相对独立。因此，在所述管路内部的容纳空间中可基于处理效果的需求控制流速，例如，通过设置所述管路内部流速，所述待处理流体可在管路中多次循环以充分接触处理单元后从循环排出，又如当处理单元的处理效率与流速相关，可基于处理效率确定对应的管路内部的流速，通过控制所引入所述循环的待处理流体流速（或经处理的流体离开循环的流速）可控制待处理流体与处理单元的平均接触时间或作用时间，由此可单独控制待处理流体与处理单元的接触时间或作用时间和流体流速。

在某些实施方式中，所述循环中的流体由连接于所述管路的至少一驱动装置驱动。

在此，所述驱动装置包括但不限于蠕动泵、压力泵、电场、加热器、液压泵、或真空泵，用于对管路中的流体提供动力，使流体顺应预设的流动方向循环流动。在此，以医疗为目的的应用场景中，所述驱动装置不应直接接触所述液体，而只对管路施加压力并驱动液体流动，所述驱动装置的优选方案为蠕动泵。

在实际场景中，所述驱动装置可基于应用需求控制所述管路中的流体流速，如基于安全性、运行的经济性、截留和分离效果，可持续性等因素综合确定，在一示例中，当所述流体处理方法用于疾病治疗，所述待处理流体为从人体引出的血液，则需控制向所述循环引入的待处理流体的流速在预设范围内以保证患者安全。

应当理解，在本申请提供的实施例，所述分离效果即所述循环中经过处理单元处理并保留于所述循环中的流体余量与通过排流口离开循环的流体中至少一种组分（例如可滤过组分）形成浓度差，而并非为绝对的分离或清除效果，例如，通过排流口离开所述循环的流体中的组分也可存在于所述流体余量中，但存在至少一种组分在所述循环中与离开循环的流体中浓度不同。

应当理解，在本申请提供的实施例，所述截留即对所述循环中经处理的流体在离开所述循环时，令特定组分或分子被阻截于所述循环中保持流动，所述截留效果例如为特定组分或分子被阻截于循环中的比例。

在某些实施方式中，令引入所述管路的流体总量或总速率与离开循环的流体总量或总速率相等，以使得所述管路中流体总量动态平衡。

所述循环中保持待处理流体引入与将经处理的流体引出，应当理解，所述管路中的容积空间相对固定，令所述管路中流体总量动态平衡，则易于保证管路内部压强稳定。

由所述驱动装置控制流体流速以确保管路中流体总量动态平衡，循环中所述管路内的压强可保持一恒定值或由恒定值确定的波动范围，即可避免管路内压强变化带来的管道破裂、负压抽吸、流体组分被破坏例如血液中的红细胞破裂等问题，所述循环因而具有可持续性。

所述管路内的压强与管路内部流体的总量相关，例如，当管路内流体持续减少，在管路相对密闭的结构中容易形成负压，反之，当管路中流体持续增加，则管路内压强增加，负压或压强过大对流体处理的截留和分离效果及管路的安全性存在负面影响，以医疗应用为例，当所述流体为血液，管路中压强过大导致管道破裂或分离模块破坏则可能导致治疗失败甚而危害患者健康。在此，所述驱动装置在提供流体循环的动力的同时，还可用于确保管路中的压力处于预设状态，又或，将管路中的压力调节至预设状态。

在某些实施方式中，所述循环为相对封闭的空间，例如所述循环在关闭用于引入待处理流体的进流口与引出流体的排流口后即为封闭空间；在此，所述循环还可藉由自身的平衡稳定性调节内部压强，例如，当所述循环内部开始呈现负压状态，由此负压状态趋势循环中待处理流体引入速度大于流体引出速度，所述循环即可再度达到压强平衡状态。再者，流体被引入所述循环后可避免接触外界空间，在某些特定情形中如医疗场景的血液输送或蛋白质提取中，所述相对封闭的空间可形成无菌环境或减少细菌、微生物、病毒等感染。在此示例中，本申请的流体处理方法通过形成相对封闭的循环环境，流体在管路中流通并被处理时减小了外界环境的干扰，使得处理过程的可靠性增加。

在本申请的某些实施方式中，所述循环通过以下至少一种方式调节处理效率：

控制单位时间内引入所述管路的流体总量与所述循环中流体总量的比例以调节处理效率；

控制单位时间内离开所述循环的流体总量与所述循环中流体流量的比例以调节处理效率。

为了更好的说明本申请的流体处理方法中所述循环相对于传统一次性流过处理的优势，假设以 $Q_{进}$ 代表单位时间内进入循环的流体流量，在此，单位时间内引入所述循环的流体流量即为所述循环的进流口处待处理流体的流速；以 $Q_{出}$ 代表单位时间内离开循环的流体流量，即可为所述经处理的流体离开循环的流速。 $Q_{循}$ 代表单位时间内循环的流体流量，在此， $Q_{循}$ 也可表示单位时间内流过特定面积如管路内表面的流体质量或流体体积定义，在所述循环中

硬件设备或模块连接方式确定的情况下， $Q_{\text{循}}$ 可通过控制循环中的流速以进行调整； $V_{\text{总}}$ 代表循环中的流体总体积，通常的， $V_{\text{总}}$ 由执行本申请的流体处理方法的设备规格确定，例如管路流道总长、管路内径等所确定的容积。令：

$$K_1 = \frac{Q_{\text{进}}}{V_{\text{总}}}$$

$$K_2 = \frac{Q_{\text{滤}}}{Q_{\text{循}}}$$

K_1 即可表示单位时间内引入所述管路的流体总量与所述循环中流体总量的比例， K_2 可表示单位时间内离开所述循环的流体总量与所述循环中流体流量的比例。

当 K_1 和 K_2 越小时，代表待处理流体或目标物质在循环当中滞留的时间更长，更容易被处理或处理效率更高。我们假设一定体积的待处理流体以恒定的流量 $Q_{\text{进}}$ 或恒定的进流速度，分别以进入一条直线管路上经过一次性流过处理和进入本申请所述循环当中循环式处理，在两种处理模式下，当管路中均设有处理单元且处理单元本身的处理效率相同的情况下，本申请所提供的流体处理方法可以通过增加 $V_{\text{总}}$ 和 $Q_{\text{循}}$ 中的至少一者的方式，来提高处理效率。特别是当一次性处理无法有效实现处理效果时，将同样的处理单元或处理模块，按照本申请所述循环式处理的方法，则能够更加有效的实现上述处理效果。此外，在其他条件一致的情况下，提高 $Q_{\text{进}}$ ，能够提升对目标物质的处理结果，并且本申请所述循环式处理方法与传统一次性流过处理相比，提升效果更明显。

在一示例中，在平衡状态下，也即 $Q_{\text{进}}$ 与 $Q_{\text{滤}}$ 相等，所述循环内部管路保持充满状态，对应的所述循环中流体余量的总体积保持相对恒定。通过控制向所述循环引入待处理流体的流速，即通过控制 $Q_{\text{进}}$ ，即可确定待处理流体在所述循环中的停留的平均时间，对应的可确定所述待处理流体与处理单元的平均接触时间或作用时间。举例来说，对于用于执行本申请的流体处理方法的循环，循环中管路的容纳空间为一相对确定的值，当向所述循环引入待处理流体的流速越小，待处理在所述循环中与处理单元的接触时间或作用时间越长，由此可实现对处理效果或效率的调节。

在另一示例中，所述循环对应的 $Q_{\text{滤}}$ 为一确定值，通过调节所述循环中的流速控制 $Q_{\text{循}}$ ，基于所述循环式处理的循环内部流速与进流流速或排流流速可相对独立的特性，在不改变经处理的流体离开循环的流速的状态下即可令循环中的流体流速调节至预设值，所述预设值可基于处理效率与流速的关系确定，由此可基于预设的目标调节循环中的处理效率。

在此，本申请所述的处理效果，例如为预设的待处理流体中需要被清除或生成的分子或

分子组合对应的清除率或生成率，所述清除率或生成率可以待处理流体与经处理后离开循环的流体对比确定；所述处理效率例如为处理单元选择性清除或生成分子或分子组合的速度。

在本申请的某些实施方式中，所述处理单元通过控制所述循环中的催化单元以实现催化处理，其中，所述处理单元控制所述催化单元的方式包括以下至少一种：

所述处理单元用于添加、补充、替换、或更新催化单元以控制所述循环中催化单元的种类及总量；

所述处理单元用于调节所述循环中的催化单元活性。

在通过所述处理单元实现催化处理的各实施例中，本申请的所述循环也称为代谢循环。

所述处理单元例如为用于将催化单元加入或引出所述循环的部件或设备以实现催化单元的添加、补充、替换、更新，所述处理单元又或为将催化单元固定于管路中的结构或部件以实现催化单元与管路中待处理流体的接触；又或，所述处理单元还可用于调节催化单元活性以实现催化处理，例如，所述处理单元可用于调节循环中催化单元所处的环境如温度、酸碱度、反应底物等催化单元活性的影响因素。

在一些实施方式中，所述催化单元用于改变所述流体中目标物质的化学结构，以生成目标产物，或用于改变流体中目标物质浓度。在此，所述目标物质为待处理流体中的组分，所述目标产物为目标物质在所述催化单元作用下生成的组分；在一些场景中，所述目标物质为需要清除或分解的分子，对所述待处理流体的处理目标即为将目标物质分解或降解以降低目标物质浓度；在另一些场景中，对所述待处理流体的处理目标为生成目标产物，由此基于所述催化单元使得目标物质化学结构更变以获得目标产物。

应当说明，在本申请提供的实施例中，所述目标物质基于对流体处理的预设目标确定，同时，在不同的循环中所述管路内的目标物质可以为同一类或同一物质组分或分子，也可可为不同物质，以医疗用途为例，所述目标物质包括但不限于蛋白质、脂蛋白、酶、抗体、DNA、氨基酸、嘌呤、糖和多糖类、脂肪类、胆固醇、维生素、激素类、营养或能源类分子、生物因子、凝血因子、代谢废物等；同时，所述目标物质可以为需要被分离滤除或需要被催化分解的物质，包括但不限于免疫球蛋白、免疫复合物、抗体、类风湿因子、内毒素及炎性介质、胆红素、LDL、病毒等（在某些传统应用场景中被作为滤出液或废液抛弃），也可可为经过处理后的流体中的合成或产生的物质组分，所述目标物质的具体成分可基于流体成分、以及预设的处理目的而变更。

在一些实施方式中，所述催化单元包括生物催化单元与非生物催化单元；其中，所述生物催化单元包括细胞、蛋白质、酶、多肽以及核酸中的至少一种及基于其中至少一种形成的

衍生物、偶联物、复合物、以及微球、微囊等形式的组装物；所述非生物催化单元包括固体催化剂、金属催化剂及基于金属催化剂形成的衍生物、偶联物、复合物、以及微球、微囊等形式的组装物。

在某些实施方式中，所述催化单元通过具有催化功能的物质如酶与载体结合形成，所述载体例如包括无机载体、合成高分子载体、天然高分子载体、以及复合载体。

在此，所述催化单元设置于所述管路中或使用时添加，令所述催化单元设于管路中，用以接触所述流体，以改变流体中目标物质结构或浓度；所述催化单元可为例如基于降解、分解、生成、催化目标物质或改变目标物质结构的催化剂或细胞，应理解的，催化单元的具体类型与衍生物、组装物等形式不以前述例举为限。通常的，基于所确定的目标物质类型，可实现预设的处理效果的催化剂或其他物质均可被设计为催化单元，同时可将具体应用场景中安全性、催化效果、催化剂的稳定性等问题综合确定具体采用的催化单元类别及形式。

应理解的，在本申请的各实施例中，催化单元与目标物质的相互作用，除了催化反应，如加速目标物质的分解、降解、生成外，还可以含有吸附，局部富集，和催化反应或目标物质或产物对催化剂稳定性和催化活性的影响，这种影响对处理过程既可以是有利，也可以是不利。

所述目标产物与目标物质可为同一物质，也可为不同物质，即所述催化单元对目标物质的作用可为促使目标物质化学结构或生物分子结构发生改变，也可仅为物理结构改变例如使得疏散的目标物质被凝聚或使得凝聚的目标物质被疏散。

所述催化单元位于管路中或连通至管路，即，所述催化单元可保持对管路中循环的流体接触，由此与管路中目标物质反应，所述管路中的流体组分也动态变化。

在某些实施方式中，所述催化单元为随同所述流体余量参与循环的循环式催化单元；或，所述催化单元为限定于或固定于所述管路的预设区域中的固定式催化单元。

所述催化单元可以运动的游离态随同所述流体余量参与循环；又或，所述催化单元可被局限于所述管路中的预设局域内，所述预设区域可以为管路内的局部区域，也可连通至所述管路的装置或设备例如用于对管路扩容的收集装置，仅当所述装置或设备可实现对循环中的流体余量接触即可；再或，所述催化单元还可被固定于预设区域中，例如，所述催化单元可为固载于管路内壁、连通管路的腔体内壁、管路中或连通管路的腔体中的纤维或膜上；即，所述催化单元可以游离态或固载状态存在于管路中或与管路连通的任意装置或结构中，仅当所述催化单元可接触循环流动的流体以实现与目标物质的反应即可。

在某些实施方式中，所述循环中还包括截留模块，设于所述管路，所述截留模块具有截

留组件以截留循环式催化单元或/及截留脱落的固定式催化单元，以避免催化单元离开循环。

所述截留模块的相对两端具有与所述管路对应的接口，以使得所述截留模块与管路连通并形成循环。

所述截留模块可由所述截留组件分隔为相对两侧，其中，一侧的相对两端连通所述管路，另一侧可连通所述循环的排流口，使得流体在经过所述截留模块时，顺应流动方向被截留的组分如所述催化单元通过截留模块流动至管路，经处理的流体穿过截留组件流动至所述排流口以离开循环。

在某些实施方式中，所述截留组件将截留模块分隔形成第一侧与第二侧，所述循环包括以下至少一种：所述管路入口及出口连通于所述第一侧的第一类代谢循环，具有连通所述管路的至少一进流口及连通所述第二侧的至少一排流口；所述管路入口及出口连通于所述第二侧的第二类代谢循环，具有连通所述第一侧的至少一进流口及连通所述第一侧的至少一排流口。

在一示例中，所述循环中的进流口及排流口连接至截留模块同一侧，所述循环中的管路入口及出口连接至所述截留模块另一侧，即形成所述第二类代谢循环；在另一示例中，所述循环中的进流口及管路连接至所述截留模块同一侧，排流口连接至截留模块另一侧，在此示例中，所述进流口例如为连接至管路，即形成所述第一类代谢循环。

在本申请提供的实施例中，所述催化单元位于所述管路中，即，所述催化单元始终处于形成循环的一侧，而不会通过截留组件离开循环。基于催化单元的结构、物理化学特定、以及催化单元的载体形式或衍生物形式，催化单元在管路中的运动状态（即前述游离态或固载状态），对应的可选用不同形式的截留组件以形成对催化单元的截留效果。

在所述第一类代谢循环及第二类代谢循环中，所述截留组件均用于实现对催化单元的截留；同时，在所述第二类代谢循环中，流体从进流口引入所述循环时需通过所述截留组件以进入循环的管路中，在一些场景中，所述截留组件即可实现对流体进行预分离的效果，例如将流体中大分子组件截留于截留模块第一侧，通过截留组件的流体进入所述循环的管路中以在催化单元作用下发生反应。

在本申请提供的实施例中，所述催化单元位于所述管路中，即，所述催化单元始终处于形成循环的一侧，而不会通过截留组件离开循环。基于催化单元的结构、物理化学特定、以及催化单元的载体形式或衍生物形式，催化单元在管路中的运动状态（即前述游离态或固载状态），对应的可选用不同形式的截留组件以形成对催化单元的截留效果。

在所述循环中采用循环式催化单元时，一般而言，所述截留模块对催化单元的截留效果

需达到 99%以上，以确保催化单元不会离开循环及对体系造成影响，同时确保循环当中的催化单元不会减少以影响处理效果。所述截留效果即循环中的流体，经过截留模块时，被截留的流体与通过截留模块离开循环的瞬时流体当中的，除循环式催化单元以外的组分，没有明显的浓度差，目标物质或目标产物和待处理液体当中的其他成分，既有基于所述截留模块离开循环，也有保留在循环当中的。

为此，所述截留组件可设置为具有选择透过性特性的部件，以使得所述流体中的催化单元能够被截留在循环当中，同时待处理流体和处理后的产物都可以通过截留模块离开所述循环；由此，在所述循环中可保持补充待处理流体，截留模块可保持将经处理的流体引离循环。

所述截留模块的具体形式可依所述催化单元设定，以所述催化单元为游离酶为例，对应的，所述截留组件可设置为对所述游离酶不具有透过性的结构，例如截留组件的平均孔径小于所述游离酶的粒径，使得所述游离酶被截留于循环中。

以所述催化单元为酶为例，在此，可随同流体余量参与循环的酶还可为载酶微球、载酶微型胶囊、结合酶的水溶性大分子等，在此示例下即可避免将酶与载体结合时化学反应造成的酶变形失活等问题。基于所述酶的载体的不同形式，对应的所述循环中的截留模块可设置为不同形式以实现酶的截留，例如，所述截留组件的平均孔径用于实现对载酶微球的截留，同时可滤出经处理的流体。在此，微球的大小远大于酶，使得截留组件的平均孔径和分子截留量大大提高，突破了截留孔径对于滤过流量和进液流量的限制，这可以更好的控制向所述循环中引入流体的流速，也可用前述 $Q_{\text{进}}$ 表示，增加进入循环和离开循环的流体量，这有利于提高循环式处理的处理量绝对值。

在一实现方式中，可通过确定催化单元与目标产物类别设计或选用对应的截留模块，使得所述截留模块将催化单元截留于管路中，同时所述目标产物可透过所述截留模块以离开循环；以医疗应用为例，当所述催化单元为载酶微球，所述待处理流体为血浆，所述载酶微球令血液中的生物分子如有毒代谢物被分解形成代谢产物，对应的，所述截留模块例如可基于载酶微球与代谢产物的粒径确定，使得所述代谢物产物在通过截留模块时被驱动离开循环，作为催化单元的载酶微球被截留于管路中。

在此，本申请的流体处理方法中通过将催化单元截留于循环一侧，即可提高催化单元的利用率；同时，令催化单元始终位于管路中，催化单元即可保持与流体余量的接触，即可形成持续性的反应效果如持续催化、持续分解。

在一些场景中，通过形成游离的所述催化单元，即可避免和减缓催化单元被流体持续冲

击和冲刷，减少因此导致的破碎，以及减少蛋白沉积和凝胶层的形成。在此，本申请的流体处理方法可用于形成在管路范围内催化单元与目标物质的动态的反应环境，催化单元以游离形式分布于管路中有益于与目标物质充分接触，同时，催化单元在管路内可顺应动力环境沿循环方向流动，催化单元与管路内壁间为切向流动，即可减小催化单元在反应环境中的碰撞问题，本申请的流体处理方法在充分接触目标物质以提高催化效果的同时减小了催化单元被破坏的概率。

在某些实施方式中，所述催化单元被所述截留组件截留于所述管路中以循环流动，所述反应产物、目标物质及待处理流体中其他组分基于所述截留模块离开循环。

即，当所述催化单元为游离态，催化单元可跟随所述流体余量参与循环，并在循环过程中参与催化反应，对应的反应产物和其他未被处理的成分一起，通过所述截留组件离开循环。在此示例下，所述流体余量的组分通过引入所述循环中的流体保持更新，即，所述管路中可持续补充可用于与催化单元反应的目标物质，同时目标产物可及时离开管路，由此可用于控制管路内部的目标物质浓度，即可用于提高所述催化单元的催化效率。应理解的，通常催化剂的催化效率与底物浓度相关，所述目标物质即可为与催化剂反应的底物，所述管路具有相对确定的容积，在此令所述目标产物离开循环即离开管路，即可确保管路中的目标物质浓度。

在某些实施方式中，所述截留组件为多孔膜或反渗透膜，其中，所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、以及纳滤膜。

在此，所述截留组件的具体类型可基于流体组分与循环式催化单元或脱落的固定式催化单元的物理化学性质差异确定，所述截留组件用于截留催化单元并滤过流体中其他组分，截留组件的类型例如包括：反渗透膜（平均孔径 $0.0001 \sim 0.001 \mu\text{m}$ ），纳滤膜（平均孔径 $0.001 \sim 0.01 \mu\text{m}$ ）超滤膜（平均孔径 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ ）微滤膜（平均孔径 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ ）、电渗析膜、渗透气化膜、液体膜、电极膜等。

在某些实施方式中，所述截留组件包括平面膜、管式膜、卷式膜、螺旋膜、以及中空纤维膜中的一种或多种。在微观结构上，所述截留组件例如可包括对称膜、不对称膜、复合膜、多层复合膜等。

在一些实施方式中，所述截留组件的平均孔径或截留分子量（molecular weight cutoff，简称 MWCO）与所述催化单元、目标物质、以及目标产物中的至少一种相关。

在一实施方式中，为实现将所述催化单元截留于所述管路中，所述截留组件的平均孔径或截留分子量可对应的设置为小于所述催化单元粒径或分子量；在一些示例中，为实现对催

化单元截留效果，可将截留组件孔径或截留分子量设置为远小于所述催化单元。

例如，当所述催化单元为随流体余量循环的游离态，所述截留组件的平均孔径或截留分子量与所述催化单元相关。在此，可基于催化单元的具体结构确定对应的可实现截留效果的分离膜，在一些场景中，可将截留组件设置为可实现截留 95%以上催化单元为基础确定对应的分离膜孔径及类型，又或可基于更高的截留效果需求，将截留组件对催化单元的截留率设置为 99%以上甚至 99.9%以上以确定对应的分离膜孔径及类型。在此，当所述催化单元为酶，即可极大缩减甚至避免现有的酶疗法中存在的酶脱落问题。

在另一实施方式中，当所述目标物质也为需要被截留模块截留的物质，所述截留组件的平均孔径或截留分子量与所述目标物质相关，在实际场景中，基于所述流体组分以及所确定的目标物质，选择可适宜于截留目标物质的膜，例如，当流体中需截留的目标物质为粒径为 10 nm（即 0.01 μm ），则对应的作为截留组件的分离膜可采用纳滤膜或反渗透膜以实现目标物质的截留。

在一些示例中，所述反应产物可透过所述截留组件以离开循环模块，对应的，所述截留组件的平均孔径或截留分子量可设置为大于所述目标产物粒径或分子量。

基于对流体中催化单元的截留或过滤目标，综合确定对应的截留组件类型，例如当所述催化单元被固载于管路中，催化单元可能被流体冲刷而脱落并游离于循环当中，在此情形中截留模块即可作为一保障手段。因此将催化单元设置为固定式或游离式，以及截留组件的平均粒径或分子截留量，可基于流体中的成分和催化单元类别共同确定，以使流体以及反应产物能够通过截留模块离开循环并使催化单元被截留在循环当中，一般而言，当截留组件基于孔径分离时，其孔径需大于流体当中的最大组分而小于催化单元。

在某些示例中，可先基于流体组分、目标物质、及催化单元确定适宜于截留或过滤目标的截留组件的平均孔径或截留分子量；在一些实现方式中，当所述截留组件分离膜，在确定所述分离膜的具体类型时还可结合综合分离膜的道南效应、吸附、溶解作用等以在截留模块中设置可实现预设截留和分离效果的膜。一些示例当中，可先基于流体组分和目标物质，来确定催化单元的类型和大小，再进一步确定分离膜的孔径和截留分子量。在另一些示例中，可先对流体进行预处理或循环式分离，以分离出含目标物质的较小平均分子量的流体，再确定催化单元的类型和大小，再进一步确定分离膜的孔径和截留分子量。在微观结构上，所述分离膜例如可包括对称膜、不对称膜、复合膜、多层复合膜等。

在某些实施方式中，所述截留模块为切向流过滤模块（Tangential/Cross Flow Filtration

Module, 简称 TFFM)。

应理解的, 基于切向流过滤中通过边界面的跨膜压力差驱动实现分离的方式, 通过控制所述截留模块处的流体流速, 即可实现对用于驱动跨膜的的压力差的调整, 以调整分离效率或截留效率。

在某些示例中, 所述切向流过滤模块可采用现有的切向流过滤膜包, 例如 MERCK 公司的 Pellicon 盒式超滤膜包, 旭化成公司的除白血球过滤器、除病毒过滤器、LEOCEED 透析器、膜型血浆成分分离器, BRAUN 公司的血浆分离器等; 应当说明的是, 在一方面, 所述切向流过滤模块可用于不同领域实现不同的分离效果, 例如可用于实现物料收集例如将物料截留于所述管路中、工业废水处理等而不限于前述产品的应用场景; 在另一方面, 于实际场景中, 所述切向流过滤模块基于对流体中各组分的过滤或截留目的而确定对应的膜孔径或截留分子量、以及膜的几何形态, 而不以前述举例为限。

在此示例中, 通过所述 TFFM 中压力差驱动实现分离的方式, 所述循环在实现对流体中循环式催化单元截留的同时可令被截留的处理单元顺应流动方向继续参与循环, 以实现循环式处理, 在实现方式中, 例如可通过控制循环中通过所述 TFFM 的流体流速调整压力差以改变流体跨膜的交换效率, 又或, 可通过改变所述 TFFM 的类型如改变流道, 多孔膜的孔径、或改变流体粘度如对流体进行稀释以改变交换效率。

应理解的, 在 TFFM 中流体流向与膜表面之间为切向流动, 即可视为流体流向与膜表面的角度为 0° ; 在实际场景中, 当所述流体相对于膜表面的角度也可其他角度如 5° 、 10° 等也可实现被截留物质离开膜表面继续参与循环。

在某些实施方式中, 所述待处理流体从进流口加入所述循环后通过所述驱动装置驱动以流动至所述截留模块。

所述驱动装置对应的设于进流口与截留模块之间, 并驱动管路中的流体从进流口处经过所述驱动装置进而流入至所述截留模块, 在此设置下, 所述控制装置即可控制所述流体经过截留模块的流速。

在某些实施方式中, 顺应循环中流体流动方向连通至所述截留模块中流出口的管路上也可设置驱动装置, 即, 流体经过所述截留模块后由驱动装置驱动以形成循环。

应当理解, 所述驱动装置在所述管路中不同位置均可实现对管路中流体的驱动作用, 顺应流体流动方向其流速可能因管道阻力、温度、压力等因素使得流体速度发生改变, 在本申请提供的实施例中, 所述驱动装置设于所述进流口与截留模块之间并驱动从进流口引入的待

处理流体流动至所述截留模块，即可用于控制所述截留模块处的流体流速，以所述截留模块中设置有分离膜的实施方式为例，所述流体相对于所述分离膜的流向角度可设置为不同角度例如 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ，所述流体相对于分离膜的流速与截留和分离效果相关，本申请的流体处理方法通过设定驱动装置的位置可实现对截留和分离效果的控制。其中，所述截留和分离效果的评价因素包括但不限于膜通量、分离速率、循环式催化单元的截留率和流体其他成分的透过率。

实际场景中，所述管路中任意位置均还可设置所述驱动装置，在此可基于管路形状、流体总量、驱动装置功率、对循环的预设流速等确定所述驱动装置的数量及位置。

在此，本申请的流体处理方法中基于所述驱动装置控制管路中的流体循环流动并保持流体总量动态平衡，基于所述流体组分和循环式催化单元确定对应的截留模块的具体形式，所述流体处理方法即可实现对流体中目标分子的选择性处理。再者，所述管路既可用于流通流体，又可作为处理过程当中的容器，即可以看作是循环式处理器，亦可看作循环式反应器。在实际场景中如医疗应用中可用于有效化简执行本申请流体处理方法的设备结构或缩减设备空间，对应的可形成易于使用或携带或穿戴式的简易设备；同时，采用某一催化单元时，对待处理液体的处理结果，可以通过以下方法来控制或条件，包括但不限于：截留模块的截留和分离效果、滤过量占循环液体的比例，对特定组分的处理效果等确定循环时间，即管路中的循环次数或持续时长可基于预设处理目标控制。

在某些实施方式中，所述驱动装置控制所述管路中流体以预设流速流动以令所述催化单元通过所述截留模块流动至所述管路。

例如，当所述截留模块为 TFFM，所述流体的流向平行于 TFFM 中的分离膜，在此，流体经过 TFFM 中的分离膜时在膜两侧产生垂直于膜表面的跨膜压力差以驱动流体中的小分子量成分透过所述分离膜并到达另一侧，透过分离膜的小分子量成分可由此离开循环，同时被截留的催化单元或其他预设需截留的大分子组分在流体动量带动下被冲刷离开膜表面在所述管路中继续循环。所述 TFFM 中膜两侧的压力差与所述预设流速相关，同时，被截留的物质继续循环需要一定的动量克服催化单元之间或大分子组分之间的阻聚、以及催化单元或大分子组分与膜之间的阻聚。所述驱动装置控制所述管路中的流速，即可用于控制分离膜两侧的压力差以实现截留和分离效果，并可用于防止阻聚，以确保所述管路中循环的可持续性。

在某些实施方式中，所述预设流速与催化单元、流体组分、流体温度、截留组件结构、截留组件材料、截留模块腔体结构、管路管径、目标物质或反应底物与催化单元的交换效率、以及流体交换效率中的至少一者相关。其中，所述流体组分包括流体组分类别及各组分对应

浓度。

所述截留模块处的流体流速与不同参数相关，例如基于不同的流体的特性如流体密度、粘性，流体在所述截留模块处的边界层形状如分离膜的表面形状（即膜结构）与截留模块腔体结构，流体与分离膜间的相互作用力如膜材料确定的膜表面粗糙度、与流体之间的吸引力，由所述截留模块腔体结构与管路管径确定的截留模块与管路入口间的流速关系，所述截留模块处的流体流速可能发生改变；在此，所述预设流速用于确定流向所述截留模块的管路入口处流体流速，所述预设阈值即可作为截留模块处的初始流速，基于所述初始流速与前述截留模块处的流体流速的影响参数，即可基于控制所述预设流速确定所述截留模块中的流体流速产生实现分离的压力差，并可防止被截留的大分子物质如催化单元阻聚在膜表面，由此，大分子物质可从所述管路入口通过截留模块流向管路出口。

在某些实施方式中，所述预设流速与流体交换效率相关，例如在 TFFM 中，所述目标产物需在到达一定流速后由分离膜两侧的压力差驱动以流动至截留模块另一侧，由此离开所述循环；所述压力差与流速相关，当所述流速过低，则目标产物、目标产物以及待处理流体中其他组分跨膜流动的交换效率可能下降，因此，所述预设流速还可因交换效率确定。在此，例如可通过控制所述预设流速以确定循环中的流体流量 $Q_{\text{循}}$ 或 K_2 ，以实现目标物质或反应底物与催化单元的交换效率、交换时间，从而实现对处理效率的调节。

所述预设流速还可用于控制所述循环中的处理效率，例如，所述预设流速与目标物质或反应底物与催化单元的交换效率相关，应理解的，当所述处理单元是以接触目标物质或反应底物的方式实现处理，控制循环中的流速即可对应的控制或调整目标物质或反应底物与催化单元的接触状态或混合状态。

在某些实施方式中，所述循环中还配置有加样装置，用于向所述管路中添加、补充或替换反应底物、催化单元、药物、以及其他辅助因子或活化剂。

在此示例中，所述加样装置即可作为一处理单元，通过所述加样装置可人为控制或由计算设备控制向所述循环中添加、补充或替换催化单元及反应底物、活化剂等，由此实现对流体的催化。在实际场景中，所述加样装置还可用于控制所述循环中的催化单元浓度，例如，当待处理流体中的目标物质浓度不同，对应的可通过控制加入管路中的催化单元的量以达到预设的反应效果。

所述加样装置可设置为与管路一体的部件，又或为具有相对的两个接入口以连通管路并确保流体形成循环。通过所述加样装置，所述催化单元或反应底物可即时加入所述管路中；

其中，所述反应底物可以为待处理流体中任意组分或可与待处理中任意组分发生相互反应的物质，所述相互反应包括但不限于生物反应、化学反应、物理反应。所述辅助因子或活化剂可用于辅助催化单元与目标物质反应，例如，当所述催化单元为需要金属离子作为辅助因子的金属酶。

以现有的酶疗法中采用的方案为例，通常可作为催化单元的酶被固定于容器中，例如容器内壁、纤维、膜、腔体内壁上，即酶作为处理装置中的固有成分，在酶被固载后以及催化反应开始后设备中的酶的活性难以调整；同时，所述容器内壁或膜等通常作为酶的保存环境，对于半衰期较短的酶，设备整体的保存要求与反应时间的要求存在诸多限制，例如，需要将设备整体放置于低温环境中以保存其中固载的酶。

执行本申请的流体处理方法的设备或装置中通过所述加样装置可用于实现对催化单元的即时更新、替换和补充，在实际应用中有益于控制流体处理中的催化效率，同时，可有效扩展催化单元的保存环境，催化单元与管路可分别采用不同的保存条件，降低用于执行所述流体处理方法的设备整体的保存条件。对一些特定的催化单元例如酶即可区别于设备单独放置于低温保存环境中，特定的对于半衰期短的酶可采用冻干粉形式保存，使用时分散至水相并注入所述加样装置，即可保证与目标物质反应的酶的活性。

在某些实施方式中，所述加样装置包括连通至所述管路的至少一加样口，或，所述加样装置为适配于注射形式的部件。

所述加样口连通所述管路，即通过所述加样口注入的催化单元、反应底物等物质可通过所述加样装置进入所述循环。

在一示例中，所述加样装置的加样口还可配置有对应的旋塞或密封盖，用于在加样时开启并在加样结束后关闭，以保证管路内部保持相对密闭。

在另一示例中，所述加样装置可配置有可透过的部件例如橡胶塞，在加样时可通过注射或穿刺形成加样口，例如将待加入所述管路中的催化单元或反应底物等存放于注射器中，通过注射器刺穿橡胶塞以将催化单元或反应底物添加至加样装置中。

在某些实施方式中，所述循环配置有汇集装置，所述汇集装置具有汇集腔体，用于令所述循环式催化单元、流体余量和待处理液体混合，以使催化单元与目标物质接触。

所述汇集装置可用以扩充循环的容积，在所述流体为液体的各示例中，所述汇集装置可帮助循环液体与循环式催化单元更好的混合，由此可实现目标物质与循环是催化单元充分接触。

在某些实施方式中，所述汇集装置还用于设置加样口、排进气口、或排液口。在此示例

下，所述汇集装置还可作为各种进出液口或进排气口的整合平台和各种液体的交汇混合场所。

在一种实施方式中，通过确定所述汇集装置设于管路中的位置，令自然置放时汇集装置中的流体基于重力作用具有顺应循环方向流动的趋势，由此设计可避免或减小管路中气泡产生，在此示例下所述汇集装置上还可设置排进气口以调节循环内部气压。

在某些实施方式中，所述循环中还设置有流道调节装置，所述流道调节装置用于调节所述管路中的流体流向；在一些示例中，所述流道调节装置可通过以下至少一种方式调节管路中流体流向：

通过调节所述循环的进流口或/及排流口的开放状态以调节流体流向；

通过调节连接至所述管路的至少一调节管道的开放状态以调节流体流向。

在某些实施方式中，所述流道调节装置可用于实现循环式催化单元的清洗和替换。举例来说，通过关闭所述进流口以停止向所述循环补充待处理流体，以使所述循环切换为浓缩循环模式，即循环中经处理的液体离开循环，催化单元依然被截留于循环中；通过向所述循环中补充清洗液，并基于连接至所述管路的至少一调节管道将清洗液排出，由此可实现对循环式催化单元的清洗；在完成清洗后，所述循环中可以加入新的催化单元以适应于对不同目标物质的处理需求。

通过控制所述流道调节装置中的管道开关，可实现管路中流体循环方向及流道的改变。例如，在正常循环状态下，所述循环保持引入待处理流体以及引出经处理的流体，循环式催化单元正常完成循环式处理；当循环式催化单元的功效明显下降，或者失去功效的情况下，令所述调节管道上的管道开关开启以及将管路上的管道开关关闭，以及，令所述进流口的管路开关关闭，两个调节管道一端连通至管路，另一端即可分别作为管路中的入口及出口，所述两个调节管道配合管路形成新的流道，通过所述入口及出口可将所述管路中循环式催化单元引出管路，还可向所述管路中引入清洗液以将所述管路调节为清洗模式，所述清洗液可基于入口进入管路并经过所述截留模块以清洗所述管路管壁与截留模块，当清洗完成后即可加入新的循环式催化单元继续用于对流体中目标物质进行选择性的处理，这既可以是针对同一目标物质的同种处理，也可以是不同的目标物质，视具体需求而定。

为说明本申请所提供的由所述第一类代谢循环所实现的有益效果，本申请还提供了以下实验数据：

实验 1：

请参阅图 3 和图 4，其中，图 3 显示为实验 1 所采用的代谢循环模块在一实施例中的简

化示意图，图 4 显示为基于图 3 的代谢循环模块获得的实验 1 的数据图。

如图 3 所示的代谢循环模块，包括管路 11 与截留模块 30，以及用于在此，所述截留模块 30 为一切向流过滤模块，实验 1 中的截留模块 30 为一款商业化的 M-TFFM，分子截留量为 10 kD，管路 11 中包括驱动装置 13 及一加样装置 301。从截留模块 30 引出的流体连接至该代谢循环模块的进流口，在图示实施例中所述进流口设置于加样装置 301 处。在此，所述加样装置 301 也可作为一收集装置。

实验过程：在连接至进流口的收集装置中加入 100mL 葡萄糖溶液（10mM，磷酸生理盐缓冲液，PBS buffer）；通过驱动装置驱动葡萄糖溶液预充满管路，其中，管路中的液体总量约为 50mL，调节进流口处的液体流速与从排流口处排出液体的速度使两者大小相等，即形成平衡的循环建设。

在形成平衡后，从加样口添加 1 mL GOX（glucose oxidase，葡萄糖氧化酶）溶液（含 0.1mg GOX，共约 14.5U），开始计时并在收集装置中取样测定过氧化氢浓度，由过氧化氢换算得到降解的葡萄糖总量。

重复上述实验过程，分别进行三次独立的实验，并对三次实验中测量计算获得的葡萄糖浓度取平均值。图 4 显示为由三次实验平均获得的葡萄糖浓度随时间改变的曲线图。

由图示实验结果可见，随处理时间增加，葡萄糖浓度持续下降，并未表现明显的降解速率下降，即，代谢循环模块中可进行持续的代谢，并在实验取时的 4h 内催化功能稳定，活性衰减极少。

为说明本申请所提供的由所述第二类代谢循环可实现的有益效果，本申请还提供了以下实验数据：

实验 2：

请参阅图 9 和图 10，其中，图 9 显示为实验 2 所采用的代谢循环模块在一实施例中的简化示意图，图 10 显示为基于图 9 的代谢循环模块获得的实验 2 的数据图。

如图 9 所示为所述第二类代谢循环对应的代谢循环模块，包括管路 21 与截留模块 30，在此，所述截留模块 30 为一切向流过滤模块，实验 2 中所述截留模块 30 为一款商业化的 D-TFFM，分子截留量为 10 kD 管路 21 中包括驱动装置 23 及一加样装置 301。

实验过程：在连通进流口的容器中加入 100mL 苯丙氨酸溶液（2 mM，PBS），容器中的液体可通过进流口连通至分离模块第一侧，可透过分离组件的流体可流动至管路中；通过蠕动泵驱动苯丙氨酸溶液预充满管路，其中，代谢循环模块中的液体总量约为 10mL，调节进流口

处的液体流速与从排流口处排出液体的速度使两者大小相等，即形成平衡的循环建设。

在形成平衡后，从加样口添加 3mL 苯丙氨酸解氨酶（约 2.84U），开始计时并在收集装置中取样测定产物反式肉桂酸的浓度，其中反式肉桂酸的浓度通过其在 280 nm 的紫外吸收峰测定，由反式肉桂酸的浓度计算获得苯丙氨酸浓度。

重复上述实验过程，分别进行四次独立的实验，并对四次实验中测量计算获得的苯丙氨酸浓度取平均值。图 10 显示为由四次实验平均获得的苯丙氨酸浓度随时间改变的曲线图。

由图示实验结果可见，随反应时间增加，苯丙氨酸浓度持续下降，代谢循环模块中可进行持续的代谢，并在实验取时的 4h 内催化功能稳定，活性衰减极少。

为说明本申请的代谢循环对催化单元的截留效果，本申请还提供了实验 3。

实验 3：

对第一类代谢循环（分子截留量为 10 kD）对应的代谢循环模块进行实验，在其进流口处持续补充水以预充满管路，在形成平衡后从加样口添加 1mg GOX(分子量为 160 kD)至代谢循环模块的管路中，并单独收集从代谢循环模块的排流口处排出的液体即滤出液，对滤除液进行取样测定其中 GOX 浓度，结果表明，每滤过 100 mL 的液体有 3.46 ug（即 0.346%，通过三次取样 1mL，并通过活性测定获得）的 GOX 从排流口排出。

对第二类代谢循环(分子截留量为 10 kD)对应的代谢循环模块进行实验，在其进流口处持续补充水以预充满管路，在形成平衡后从加样口添加 1mg GOX 至代谢循环模块的管路中，并单独收集从排流口处排出的液体，对排流口处的液体进行取样测定其中 GOX 浓度，结果表明在 13h 的循环中，1mg GOX 中有 0.18-0.54%从排流口处排出。

即，所述第一类代谢循环与第二类代谢循环分别对应的代谢循环模块均具有良好的截留效果，由此可避免催化单元进入下游循环例如医疗应用中的血液循环，可防止催化单元损失而使循环的催化功能下降，在特定场景中尤其医疗应用中可以避免催化单元或者载体进入血液循环或其他体液循环后引发的免疫反应。

综合实验 1、实验 2 及实验 3 的测试结果，在此，以催化单元为酶的实施例中，本申请的代谢循环模块在解决酶脱落并进入下游乃至血液循环、酶与待处理液体接触和交换效率低以及处理过程的可持续性等问题之基础上，还进一步提供了一种可催化单元可替换，处理过程可验证和可跟踪的方法，来监控和评价整个选择性处理的过程。

为阐述本申请的流体处理方法可实现的有益效果，本申请提供了以下说明：

以所述催化单元为酶为例，酶（enzyme）是由活细胞产生的、对其底物具有高度特异性

和高度催化效能的蛋白质或 RNA，即，酶承担了生物分子合成和代谢过程中的催化功能。基于酶所具有的专一性，可用于选择性降解或者改变体内某一分子的浓度，对于代谢病、癌症和部分感染性疾病的治疗具有巨大的医学价值。

酶作为药物直接注入血液循环，不仅会被免疫系统清除而丧失治疗功能，并且会引发免疫反应。聚乙二醇（PEG）修饰的酶能够有效降低酶的免疫原性，成为临床唯一采用的酶疗法的技术方案。比如美国 Savient 公司的聚乙二醇尿酸酶（pegloticase）在 2011 年被美国 FDA 批准上市用于治疗普通药物治疗失败的难治型痛风，美国 BioMarin 公司的聚乙二醇苯丙氨酸解氨酶（pegvaliase-pqpz）在 2018 年被 FDA 批准治疗成年人的苯丙酮尿症等。但是由于 PEG 的修饰不能完全掩盖酶的抗原性质，部分患者的输液反应和过敏反应非常严重。更为重要的是多次反复注射后，PEG 本身依然产生了抗原反应，大幅降低了药物的血液半衰期并产生了严重的耐药性。毒副作用和耐药性严重制约了聚乙二醇化酶的临床价值，对于这些慢性病的患者只能起到短期作用而后耐药。

现有技术中存在将血液引出，在体外使用酶/催化单元来持续改变体内特定分子的浓度，同时避免酶/催化单元进入血液循环的解决方案。以美国专利 US4955857 为例，采用普通医用的血液透析器，将治疗酶溶液封装在腔体当中或者将透析器两头连接并驱动酶溶液的流动，血液通过中空纤维膜，其底物通过渗透作用进入腔体并与酶溶液接触发生反应，但是医用血液透析器孔径过大，存在治疗酶扩散并流入血液循环的问题，且透析器传质效果不佳。

Clara Ambrus 等通过共价固定的方式将酶在 10kD（KiloDalton，千道尔顿）的中空纤维膜外侧，制成多管道的酶反应器，底物同样通过扩散的方式进入外侧空腔与酶接触。但是基于透析和扩散的反应器物质传质效率太低。Ambrus 等的反应器在人体的实验中，三次的治疗只能实现血液苯丙氨酸浓度 30% 的下降。同时这样的设计涉及到酶的化学固定，容易损失活性，更为重要的是，负载了酶的反应器，在储存和使用上面非常不便，缺乏灭菌方式，不具备临床应用价值。

与 Clara Ambrus 相同，Allan Hoffman 等将酶固定在 10kD 的中空纤维膜外侧，血浆滤过中空纤维膜并流经固载酶。但底物一次性的快速流经固载酶，反应时间短，接触的概率低，酶利用率不足，并且脱落的酶会直接进入血液循环，产生免疫反应，作者的两次动物试验都因动物的负面反应（瞳孔缩小和抽搐）而被迫终止。

美国专利 US3865726 和 Y. Miura 等将负载治疗酶的微球堆积在填充柱内（packed column），血液通过填充柱时实现治疗，但是血液直接灌流填充微球会产生堵塞的问题。Robert Langer

等用水泵（US5232696）和机械旋转的方式将载酶微球悬浮起来，减少了堵塞的问题，但是这类血液和微球直接接触和碰撞的方式易于激活补体效应，使得白细胞和血小板的数量严重下降。

专利 US4013564 采用了一种分流的方案，通过加大血流的阻力来促使血浆通过多孔膜进入支流，并滤过载酶微球，实现代谢效果。Robert Langer 等采用泰勒涡旋和膜分离结合的方式，首先滤过血浆，血浆再与载酶微球混合，处理后的血浆最后再与血相混合。但是无论是血液还是血浆的单向滤过，依然会导致载酶微球单向聚集，使得外部传质和代谢效果逐步下降，并且同样脱落的酶会直接进入血液循环，产生免疫反应。

即，酶可用于多种代谢病治疗，但在现有的酶疗法方案中，无论体外疗法或体内疗法，抗原反应或酶脱落问题引发的免疫反应是临床使用的一大限制，同时，血液与酶的接触稳定性难以保证，使得酶的催化效果也难以控制。

在此，本申请的流体处理方法还可解决现有技术中存在的酶用于代谢疾病治疗中存在酶脱落或在体内引发抗原反应的问题。应理解的，本申请的流体处理方法用于在体外设备中执行，由此即可避免体内酶疗法中的抗原反应及耐药性问题；再者，相对于体外疗法，本申请的流体处理方法提供了一种可持续性的酶与待处理流体的接触方法，可用于实现接触稳定性并控制反应时间，同时，作为催化单元的酶可在处于平衡状态的循环中作用于目标物质，反应环境的条件可控制以适应酶的催化活性，由此获得可预测的清除效果或催化效果；在处理过程中酶被截留于所述循环中不仅实现了酶的重复利用，也避免了进入下游或血液循环带来的安全性问题。

对比于文献报导的未被临床采用的体外疗法中，酶与待处理液体如血液的接触方式，通常为酶与血液为一次性接触，则反应时间短，难以控制催化效果；本申请的流体处理方法中可令作为催化单元的酶始终处于循环管路中并保持与流体中目标物质的接触，增加了酶与目标物质接触概率和交换效率，可获得持续的催化效果；在某些实施方式中，所述催化单元随同流体余量循环，即可均匀分布于管路中，在此示例下，还可通过延长管路或增加管路容积的方式增加催化单元与底物接触的概率和时间。

同时，酶被截留于管路中，在体外治疗过程中避免了酶损失使得催化效果下降，更避免了酶脱落问题引发后续人体免疫反应；同时，所述循环模块中管路内流体总量动态平衡，循环因而具有可持续性，所对应的治疗时间可基于预设的处理目标确定，由此获得可控制的选择性地对血液中目标物质的清除效果。

在本申请第一方面提供的一些实施方式中，所述流体处理方法通过至少一循环模块实现。

在某些实施方式中，所述至少一循环模块还包括第一类循环模块。

所述第一类循环模块包括管路，包括第一段及第二段；其中，所述第一段的入口连通至少一第一进流口，所述第二段的出口连通所述第一段；至少一分离模块，包括分离组件以将所述分离模块分隔形成第一侧与第二侧，其中，所述第一侧的相对两端分别连通第一段及第二段；所述第二侧连通至少一排流口；至少一驱动装置，设于所述第一段，用于驱动所述管路的流体循环流动以控制所述管路中的流体总量动态平衡。

在某些实施方式中，所述至少一循环模块包括：管路，具有入口及出口；分离模块，包括分离组件以将所述分离模块分隔形成第一侧与第二侧，其中，分离模块第一侧的相对两端分别连通至少一进流口以及至少一排流口，分离模块第二侧的相对两端分别连通所述管路的入口及出口；至少一驱动装置，设于所述管路，用于驱动管路中的流体以预设流速从入口流动至出口，以使分离循环模式下所述分离管路中的流体总量动态平衡。在本申请的实施例中，将管路入口及出口连接至分离模块第二侧的所述循环模块也称为第二类循环模块。

所述循环模块中管路入口及出口与所述分离模块对应的两个端口连通，由此所述管路与分离模块可共同形成循环的通路，所述驱动装置用于控制管路中流体流速，例如通过控制引入所述循环模块的流体速率与基于分离模块离开循环的流体速率相等，即可使所述管路中流体总量动态平衡。

所述分离模块接触的管路中的流体，由此可基于所述分离组件实现对流体中组分的选择性透过，并使可透过所述分离组件的组分从一侧透过分离组件至另一侧，即可实现分离效果。即，所述分离模块可视为对待处理流体具有选择性处理功能的一种处理单元。在一些示例中，所述流体中还可包括催化单元，对应的，所述分离模块可设置为对催化单元不具有透过性的结构或材料，即可实现截留效果。

在此，所述第一侧与第二侧在于将可透过分离组件的流体组分与被截留的流体所处的位置进行区分，所述第一侧与第二侧的位置关系由所述分离模块腔体结构与分离组件结构确定。例如，当所述分离组件为面状结构并横向设置在分离模块中，所述第一侧与第二侧分别为上侧与下侧；又或当所述分离组件为面状结构垂向设置在分离模块中，所述第一侧与第二侧分别为左侧与右侧。

应理解的，在本申请提供的实施例中，所述分离模块中与所述管路连通的腔体即为第一侧，分离模块中其他腔体即为第二侧；在一种示例中，当所述分离模块中包括多个腔体，例如分离模块中通过具有为板膜形式的多个分离组件将分离模块分隔为多个腔体，所述多个腔体中连通所述管路的即为第一侧，其余腔体均为第二侧。

所述分离组件为对流体中部分组分具有选择透过性的结构或材料，如过滤器、过滤膜、多孔金属材料。

在某些实施方式中，所述分离组件为分离膜，通过分离膜的选择透过性即可对待处理流体实现选择性的分子或分子组合的清除，例如使得分子或分子组合被截留于所述循环中。

在某些实施方式中，所述分离组件为多孔膜，其中，所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、或纳滤膜。在此，所述多孔膜或反渗透膜的平均孔径或截留分子量（molecular weight cutoff，简称 MWCO）与所述目标物质相关。在实际场景中，基于所述流体组分以及所确定的目标物质，选择可适宜于截留目标物质的多孔膜，例如，当流体中需截留的目标物质为粒径为 10 nm（即 0.01 μm ），则对应的分离膜可采用纳滤膜或反渗透膜以实现目标物质的截留。在此，所述分离膜的具体类型可基于流体各组分与目标物质的物理化学性质差异确定，例如包括：反渗透膜（平均孔径 0.0001~0.001 μm ），纳滤膜（平均孔径 0.001~0.01 μm ）超滤膜（平均孔径 0.01~0.1 μm ）微滤膜（平均孔径 0.1~10 μm ）、电渗析膜、渗透气化膜、液体膜、气体分离膜、电极膜等。

在此，所述分离膜的具体类型可基于流体各组分与目标物质的物理化学性质差异确定，例如包括：反渗透膜（平均孔径 0.0001~0.001 μm ），纳滤膜（平均孔径 0.001~0.01 μm ）超滤膜（平均孔径 0.01~0.1 μm ）微滤膜（平均孔径 0.1~10 μm ）、电渗析膜、渗透气化膜、液体膜、气体分离膜、电极膜等。

在某些实施方式中，所述分离膜通过空间位阻效应、道南效应或静电效应、吸附、扩散、电荷排斥效应、细孔效应、或溶解作用实现对催化单元及流体中各组分的截留、过滤或交换。

在一些实施方式中，尤其在医疗应用中，所述分离膜为高纯度聚合物，且化学性质不活泼，具有良好的血液相容性与组织相容性。

在一实施例中，所述分离组件可设置为多孔膜、或反渗透膜，其中，所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、以及纳滤膜。

在一些实施方式中，所述分离组件的平均孔径或截留分子量（molecular weight cutoff，简称 MWCO）与所述目标物质相关。

当所述目标物质为需要被分离模块截留的物质，所述多孔膜或反渗透膜的平均孔径或截留分子量与所述目标物质相关，在实际场景中，基于所述流体组分以及所确定的目标物质，选择可适宜于截留目标物质或可将目标物质滤过的膜，例如，当流体中需截留的目标物质为粒径为 10 nm（即 0.01 μm ），则对应的分离膜可采用纳滤膜或反渗透膜以实现目标物质的

截留。

在一些实际应用场景中，可将分离组件可实现截留 90%以上目标物质为基础确定对应的分离膜孔径及类型，又或可基于更高的分离效果需求，将分离组件对目标物质的截留率设置为 95%以上甚至 99%以上以确定对应的分离膜孔径及类型。

在一些实施例中，所述分离组件的平均孔径或截留分子量与所述催化单元、目标物质、以及目标产物中的至少一者相关。

在一实施方式中，所述循环模块中还可设置有催化单元，为实现将所述催化单元截留于所述管路中，所述分离组件的平均孔径或截留分子量可对应的设置为小于所述催化单元粒径或分子量。在此示例中，所述分离组件的设置方式可参照前述所述循环中处理单元用于进行催化作用的实施例，此处不再赘述；应当说明的是，所述循环模块中，所述分离组件还可实现对待处理流体中部分组分的选择性透过，而所述截留组件可以设置为仅截留催化单元；同时，应当理解，由所述分离组件截留的目标物质与可在所述催化单元作用下发生反应的目标物质，此处的目标物质所指代的可以为同一物质，也可为不同物质。

所述分离组件还可设置为不同几何形态的分离膜，以适应于不同的流体或达到不同过滤效果。

在某些实施方式中，所述分离组件包括平面膜、管式膜、卷式膜、螺旋膜、以及中空纤维膜中的一种或多种。在微观结构上，所述分离膜例如可包括对称膜、不对称膜、复合膜、多层复合膜等。

应当说明的是，基于所述分离组件设置的不同几何形态的分离膜，对应的分离模块的第一侧与第二侧的位置关系可能不同；例如，当所述分离组件为平面膜，所述第一侧与第二侧之间为面状结构阻隔的相对两侧；又如，当所述分离组件为中空纤维膜，所述第一侧为每一纤维膜管壁内侧，所述第二侧为每一纤维膜管壁外侧。

所述流体相对于所述分离膜的流向角度可设置为不同角度例如 0° ~ 90° ，在此，当所述流体相对于分离膜的流向角度为 0° ，即流体平行于分离膜表面流动，例如常见的切向流过滤；当所述流体相对于分离膜的流向角度为 90° ，即流体以垂直朝向膜表面的方向流动，例如常规的死端过滤（也称作垂直过滤）。

在某些实施方式中，所述分离模块中流道可设置为折叠往返形式，螺旋形式或流道大小渐变形式，例如通过将平面膜进行折叠以增加所述流体与平面膜之间的接触面面积，对应的将流道设置为折叠往返形式以配合所述分离膜的结构形态，以确保所述分离膜将分离模块分

隔形成第一侧与第二侧。

在某些实施方式中，所述驱动装置控制流体在所述管路中以预设流速流动，以使所述催化单元从所述管路一端通过所述分离模块流动至管路另一端。

例如，当所述分离模块为 TFFM，所述流体的流向平行于 TFFM 中的分离膜，在此，流体经过 TFFM 中的分离膜时在膜两侧产生垂直于膜表面的跨膜压力差以驱动流体中的小分子量成分透过所述分离膜并到达另一侧，透过分离膜的小分子量成分可由此离开循环，同时被截留的催化单元或其他预设需截留的大分子组分在流体动量带动下被冲刷离开膜表面在所述管路中继续循环。所述 TFFM 中膜两侧的压力差与所述预设流速相关，同时，被截留的物质继续循环需要一定的动量克服分子之间或分子与膜之间的阻聚。所述驱动装置控制所述管路中的流速，即可用于控制分离膜两侧的压力差以实现截留和分离效果，并可用于防止阻聚，以确保所述管路中循环的可持续性。

在某些实施方式中，所述预设流速与催化单元、流体组分、流体温度、分离组件结构、分离组件材料、分离模块腔体结构、管路管径、以及流体交换效率中的至少一者相关。其中，所述流体组分包括流体组分类别及各组分对应浓度。

所述分离模块处的流体流速与不同参数相关，例如基于不同的流体的特性如流体密度、粘性，流体在所述分离模块处的边界层形状如分离膜的表面形状（即膜结构）与分离模块腔体结构，流体与分离膜间的相互作用力如膜材料确定的膜表面粗糙度、与流体之间的吸引力，由所述分离模块腔体结构与管路管径确定的分离模块与管路入口间的流速关系，所述分离模块处的流体流速可能发生改变；在此，所述预设流速用于确定流向所述分离模块的管路入口处流体流速，所述预设阈值即可作为分离模块处的初始流速，基于所述初始流速与前述分离模块处的流体流速的影响参数，即可基于控制所述预设流速确定所述分离模块中的流体流速产生实现分离的压力差并防止被截留的大分子物质如催化单元阻聚在膜表面，由此，大分子物质可从所述管路入口通过分离模块流向管路出口。

在某些实施方式中，所述预设流速与所述目标产物交换效率相关，例如在 TFFM 中，所述目标产物需在到达一定流速后由分离膜两侧的压力差驱动以流动至分离模块另一侧，由此离开所述循环；所述压力差与流速相关，当所述流速过低，则目标产物跨膜流动的交换效率可能下降，因此，所述预设流速还可因交换效率确定。

所述驱动装置用于控制管路中流体流速，以使所述管路中流体总量动态平衡。在此，所述第一类循环模块与第二类循环模块均可度流体执行可持续的处理。

请参阅图 1 和图 2，其中，图 1 显示为本申请的第一类循环模块在一实施例中的简化示意图，图 2 显示为本申请的第二类循环模块在一实施例中的简化示意图。

在所述第一类循环模块中，所述进流口连通于分离模块 12 第一侧，如图 1 所示示例中连通于所述管路 11，所述管路 11 的入口及出口连接分离模块 12 第一侧，所述待处理流体中被截流的处理单元即位于所述管路 11 中，其余组分可通过分离组件离开所述循环，持续所述循环即可将特定组分进行循环式处理，在某些实施方式中，所述管路 11 中还可设置有收集装置以容纳扩充循环的液体总量，帮助循环液体与游离式处理单元更好的混合，以及作为各种进出液口或进排气口的整合平台和各种液体的交汇混合场所。

在此示例下，基于所述驱动装置 13 控制管路 11 中流体平衡以形成可持续的循环，同时，通过控制所述管路 11 中流体流速可避免被截留的处理单元在分离组件如分离膜表面阻聚的问题。

在某些实施方式中，令所述第一类循环模块中包含有催化单元，所述第一类循环模块即形成代谢循环模块。在所述代谢循环模块中，所述催化单元可固载或限于管路的预设区域中；或，所述催化单元跟随流体循环流动，在此方式中所述分离模块将游离的催化单元截留于循环中，以使得催化单元在管路中保持与待处理流体接触，并可避免催化单元损失。

在某些实施方式中，所述循环中还包括流道调节装置，用于调节所述管路中的流体流向。其中，所述流道调节装置可通过以下至少一种方式调节管路中流体流向：

通过调节所述进流口或/及排流口的开放状态以调节流体流向；

通过调节连接至所述管路的至少一调节管道的开放状态以调节流体流向。

在一种实现方式中，所述进流口设有管路开关，用于在关闭状态下将所述循环切换至浓缩循环模式。在此，所述管路开关例如可设置为管路夹、开关阀、设有传感器的水流开关等，本申请不做限制。

所述管路开关用于控制进流口的开启或关闭，当所述进流口开启，所述管路中不断补充流体并排出经由分离模块分离出的流体，即可在管路中富集目标物质；当所述管路开关控制进流口关闭，所述驱动装置控制管路中的流体继续循环流动，分离模块侧引出处理后的流体，在此状态下，管路中的流体总量减小，对应的目标物质浓度增加，即为将流体在管路中切换至浓缩循环模式。在实际场景中，当所述目标物质为需要收集的物质组分，基于所述浓缩循环模式对流体进行处理可获得高浓度的目标物质，例如，当所述目标物质为血小板时，即可通过富集循环完成血小板富集后，采用浓缩循环浓缩血小板，而无需通过体外的分离过程，

这样可以避免体外的反复处理和血液的浪费，通过浓缩循环获得的血小板可用于心脏手术、伤口治疗等应用。

在某些实施方式中，所述第一类循环模块基于所述流道调节装置交替切换为浓缩循环与稀释模式，以调节所述分离模块的分离效率。

请继续参阅图 1，在实际场景中，当所述第一类循环模块持续处于循环富集模式以截留目标物质，管路 11 内部目标物质浓度升高则可能导致分离模块 12 分离效率降低，例如当所述第一分离模块为 TFFM，在一些可选的实施方式中，所述管路 11 可设置为可替换式的消耗性部件，当过滤效率下降至一定程度时可通过替换集管路 11 以执行本申请的流体处理方法；在另一些实施方式中，请参阅图 5，显示为本申请的循环模块在一实施例中的简化示意图。如图 5 所示实施例，通过所述流道调节装置 14 调节所述管路中流体流向以实现所述管路的可持续性。其中，所述流体流向包括流体在管路中的流动方向与流道。

请结合图 5、图 6a~图 6c，其中，图 6a~图 6c 显示为所述管路 11 与流道调节装置 14 在一实施例中不同循环模式中的简化示意图。如图所示，所述流道调节装置 14 可设置为与所述管路 11 配合的调节管道与管道开关，其中，所述调节管道分别设于管路 11，所述管道开关设于每一调节管道上及调节管道之间的管路 11 上。

通过控制所述流道调节装置 14 中的管道开关，可实现管路 11 中流体循环方向及流道的改变。例如图 6a 所示状态下，令所述调节管道上的管道开关关闭以及管路 11 上的管道开关开启，所述管路 11 中的流体顺应管路 11 的流道流动，即可用于进行循环富集以收集目标物质；在图 6b 所示状态下，当所述管路 11 中截留的目标物质量已达到预设目标后，可另所述第一进流口的管路开关关闭，以使所述管路 11 中流体切换至浓缩循环模式，应当说明的是，在实际场景中，对富集获得的目标物质进行浓缩循环的步骤为一可选的实施步骤，当所述流体中分子浓度已达到预设值或管路 11 中小分子物质的分离效果已达到预设目标，则可选择省略这一步骤；在图 6c 所示状态下，当所述管路 11 中的分子浓度达到预设值或影响过滤效果后，令所述调节管道上的管道开关开启以及将管路 11 上的管道开关关闭，以及，令所述第一进流口的管路开关关闭，两个调节管道一端连通至管路 11，另一端即可分别作为管路 11 中的入口及出口，所述两个调节管道配合管路 11 形成新的流道，通过所述入口及出口可将所述管路 11 中循环富集或浓缩循环处理获得的流体引出管路 11，还可向所述管路 11 中引入清洗液以将所述管路 11 调节为清洗模式，所述清洗液可基于入口进入管路 11 与分离模块 12，并流动至所述出口以清洗所述管路 11 管壁与分离模块 12，当清洗完成后管路 11 与分离模块 12

中截留的目标物质被清除，即可继续用于对流体中目标物质循环富集，对应的，所述流道调节装置 14 可设置为图 6a 所示状态，以重复进行流体处理。

其中，所述清洗液为不含目标物质的溶液，旨在排除管路 11 及分离模块 12 中的目标物质。在一些应用领域如工业废水处理中，所述清洗液中可包含表面活性剂或消毒剂；在医疗应用中，所述清洗液例如为可参与人体血液循环的生理缓冲液，例如生理盐水，磷酸盐缓冲溶液（Phosphate Buffered Saline，简称 PBS）等。

在某些实施方式中，所述流道调节装置 14 为四通阀。在具体实现方式中，所述四通阀还可设置为四通旋转阀。

请参阅图 7a~图 7b，显示为所述管路 11 与流道调节装置 14 在另一实施例中不同循环模式中的简化示意图。如图所示，所述管路 11 中设有四通阀，可通过确定四通阀中不同管道的连通状态控制管路 11 中流体流向。所述四通阀执行的调节过程与图 6a~图 6c 所述实施例类似，在此不再赘述。在一些示例中，所述四通阀还可通过旋转以实现管路 11 中不同工作模式的调节或切换。

在医疗用途当中，为了最大限度地降低浓缩后的目标物质中掺杂的小分子成分，在完成浓缩以后，打开流道调节装置 14 中的清洗液入口，吸入生理盐水或 PBS，进入循环，对浓缩液进行稀释，然后关闭清洗液入口，再次进行浓缩循环。多次重复上述步骤后能够去除目标物质浓缩液当中残留的大部分小分子成分。比如，通过富集循环直接将献血者的血液中的红细胞富集在循环当中，并通过上述多次浓缩和稀释过程，去除大部分蛋白质和小分子成分，减少这部分损失对于献血者的影响，同时也可有效减少献血者血液当中的过敏和致病因子对患者的影响，完成清洗后的红细胞可以通过流道调节装置 14 直接输入患者体内，而避免与外界接触。

请参阅图 8，显示执行为本申请的流体处理方法的所述第一类循环模块在一实施例中的简化示意图。

应当理解，在本申请的流体处理方法中，所述管路 11 在流通流体的同时也为循环式处理过程当中，提供了处理或者反应的空间；在某些示例中，所述管路 11 中可选的设置所述收集装置 15 以扩充管路 11 内部容积，所述收集装置 15 可以为扩充管路 11 体积的容器或存储空间，例如图 8 所示的收集筒，当然，所述收集装置 15 的数量、位置、容器结构均可基于收集需要确定，本申请不做限制。

在一种实施方式中，所述收集装置 15 设于管路 11 的位置与分离模块 12 位置相关；例如

图 8 所示实施例，将所述收集装置 15 设于分离模块 12 上游，并使得收集装置 15 中的流体基于重力作用具有顺应循环方向流动的趋势，由此设计可避免或减小循环中气泡产生；在另一实施方式中，所述收集装置 15 的位置可基于所述管道调节装置中调节管道出口位置确定，例如将所述收集装置 15 设于调节管道出口上方以令所述管路 11 自然置放时收集装置 15 中流体具有流向所述出口自然排空的趋势。其中，所述排进气口设于所述管路或连通管路的装置，用于调整循环内部气压状态。

在某些示例中，所述收集装置 15 还可用于设置所述排进气口以及加样口。例如，将所述排进气口设置于收集装置 15 上部以连通收集装置 15 中未填充流体的空间与外部大气或气体存储装置的空间。在某些示例中，所述收集装置 15 还可用于设置所述管道调节装置中调节管道的入口及出口；在此，可将所述流道调节装置整合至收集装置 15 中形成一模块。

在某些实施方式中，特别当所述流体处理方法用于医疗应用时，所述排进气口处例如可设置有无菌滤膜以确保所述循环内部为无菌环境；类似的，当所述循环中包括有加样装置，对应的加样口处也可设置无菌滤膜。

请继续参阅图 2，在所述第二类循环模块中，所述进流口连接至分离模块 22 第一侧，所述管路 21 的入口及出口连接至所述分离模块第二侧的相对两端，所述管路 21 与分离模块 22 即可形成循环通路。

在所述第二类循环模块中，基于所述驱动装置 23 控制管路 21 中流体总量动态平衡即可以循环分离模式处理流体，实现可持续的循环分离和处理。在一具体实现方式中，所述管路 21 中流体总量平衡，由通过控制所述进流口与排流口处的流体流速大小相等实现。

所述循环分离模式即，所述进流口保持向分离模块 22 引入流体，流体中通过分离组件的特定组分流动至分离模块 22 第二侧连通的管路 21 中，所述特定组分从管路 21 入口流动至管路 21 出口连接的分离模块 22 第二侧以形成循环，同时，所述分离模块 22 第一侧的排流口将流体引出所述循环。

基于所述分离模块 22 中分离组件对流体组分的选择透过性，所述管路 21 中的流体为待处理流体中可透过所述分离组件的流体，在本申请的各示例中所述第二类循环模块中管路 21 内的流体也可称为分离流体。

所述排流口连接所述分离模块 22 第一侧，即可形成可逆的循环分离。

所述可逆的循环分离即管路 21 中的分离流体顺应循环方向可回到分离模块 22 第一侧。容易理解，所述分离模块 22 实现分离由方向性的压力差或流速驱动分子跨越分离组件，当所

述分离模块 22 两侧的压力差正负改变，或当流速方向改变，从所述第一侧透过分离组件到达第二侧的分子也可再次穿过分离组件以回流至第一侧。即在分离模块进液口一端，第一侧的压力大于第二侧，形成跨膜压，流体当中的组分通过分离模块进入循环；在分离模块排液口一端，第二侧的压力大于第一侧，形成反向跨膜压，通过所述分离模块进入循环的组分可再此通过分离模块离开循环，进入排液口。

在此，所述第二类循环模块的分离组件可预先对待处理流体中的部分组件进行截留，使得待处理流体中仅部分组分进入所述管路；对应的，所述第二类循环模块中的分离组件的孔径或分子截留量可基于所述待处理流体成分、目标物质、目标产物设计，在一些示例中，当所述第二类循环模块中设有催化单元，所述分离组件的孔径或分子截留量还需要实现对催化单元的截留。例如，在医疗用途当中进行血液净化处理时，分离模块可以设计成能够在第一侧截留细胞成分，比如红细胞和白细胞，并滤过血浆，而第二侧截留循环式催化单元并滤过血浆，以避免细胞与循环式催化单元的直接接触。

在某些实施方式中，令所述第二类循环模块中包含有催化单元，所述第二类循环模块即形成代谢循环模块。在所述代谢循环模块中，所述催化单元被固载于或限于管路中预设区域内；又或，可令所述催化单元在管路中随分离流体循环，在此方式中所述分离模块将游离的催化单元截留于分离模块第二侧即所述循环中，以使得催化单元在管路中保持与分离流体接触，并可避免催化单元损失。在此示例下，所述分离流体在催化单元作用下生成的目标产物还可基于可逆的循环分离回复至分离模块第一侧，所述循环中持续补充分离流体并持续排出目标产物，即可保证催化单元持续的催化效率及良好的活性稳定性。

在某些实施方式中，所述流体处理方法由 N 个循环实现，所述 N 个循环对应的 N 组处理单元分别对流体中不同分子或分子组合进行处理，以令流体中不同组分在所述 N 个循环中分布处理；其中，N 为 2 以上正整数。

在此，所述 N 组处理单元所执行的处理类别可不同，例如顺应循环连接次序，在第一个循环中对待处理流体进行过滤处理，在第二个循环中对待处理流体进行加热处理；在第三个循环中对待处理流体进行催化处理。

又或，所述 N 组处理单元所执行的处理类别可相同，但分别对应于不同的目标物质；例如，所述 N 个循环对应的 N 组处理单元均用于对待处理流体进行催化处理，用于令不同目标物质分布于所述 N 个循环中分别接触不同催化单元。

在某些实施方式中，将流体引入 N 个所述循环模块中进行处理，所述 N 个循环模块相互

串联或/及并联，其中， N 为 2 以上正整数 ($N \geq 2$)。

在此，本申请提供了实施例 A，在实施例 A 中，所述流体处理方法中包括 N 个串联的循环，其中，所述 N 个循环中至少一循环由所述第一类循环模块实现。

请参阅图 11，显示为实施例 A 中任意相邻的两个第一类循环模块在一实施例中的简化示意图。在此，令所述流体从在前循环模块对应的所述排流口引出的流体连通至在后循环模块对应的进流口。

所述在前循环模块与在后循环模块用于说明串联的 N 个循环模块中相邻的任意两个循环模块，所述在前与在后顺序即连接次序，所述连接次序基于流体在循环模块中的流动方向区分，即，流体总是从在前循环模块中经过处理后流入在后循环模块再处理，因此，流体总是从前循环模块的排流口进入在后循环模块的进流口。

在实施例 A 的基础上，本申请提供了实施例 A1，在实施例 A1 中，所述 N 个串联的循环模块的每一循环模块均为一循环富集模块。

所述循环富集模块即为可将流体中目标物质截留于所述管路中以富集该目标物质的循环模块。在所述循环富集模块中，所述管路也可称为富集管路。在所述循环富集模块的循环中不含有催化单元。

通过将 N 个所述循环富集模块级联（即串联），流体顺应循环富集模块连接次序进行 N 次循环处理，在每一循环富集模块对应的循环处理中，循环富集模式下进流口与排流口处的流体流速或流量相等，因此，每一所述循环富集模块中均可进行持续性的对目标物质的富集，所述 N 个级联的循环富集模块在循环富集模式下均处于动态平衡，因此所述富集过程具有可持续性。应当说明的是，顺应所述连接次序，流体在级联的富集管路中被依次截留目标物质，因此，每一富集管路第一进流口处引入的流体组分不同，对应的，不同富集管路中富集的目标物质可不同。

在实施例 A 的基础上，本申请还提供了实施例 A2，在实施例 A2 中，所述 N 个串联的循环中至少一循环的管路中包括催化单元。

在实施例 A2 的一情形中，所述 N 个 ($N \geq 2$) 串联的循环模块中包括循环富集模块与代谢循环模块。在所述循环富集模块中实现对待处理流体中特定组分富集，而后将滤除了特定组分的流体引入所述代谢循环模块。

在所述 N 个串联的循环模块中，所述循环富集模块中分离组件可用于实现对需富集的目标物质的截留，通过设置不同循环富集模块对应的分离组件的具体形式，对应的可在不同循

环富集模块中获得不同目标物质；在某些实现方式中，通过所述循环富集模块将流体中特定组分富集于对应的富集管路中，所述代谢循环模块对应的待处理流体中组分类别可因此缩减，例如为原始获得的流体中分子量 1500Dalton 以下的组分；又或，在另一些实施方式中，所述 N 个串联的循环模块中第一个循环模块为代谢循环模块，基于所述代谢循环模块令目标物质被催化反应生成目标产物后，所述目标产物通过分离模块被引至下一循环模块中，即可对所述目标产物在不同循环富集模块中分别进行不同类别组分的富集。被富集于所述循环富集模块中的不同的目标物质还可以基于所述处理单元进行吸附、浓缩、化学处理等，由此可根据预设的处理目标对流体中不同组分分别收集、清除或反应，基于每一所述循环模块中流体总量动态平衡的性质，所述流体处理方法具有可持续性，即可实现对不同组分处理效果的控制，同时，在处理过程中不产生废液。

在实际应用中，以医疗应用为例，当所述 N 个串联的循环模块用于疾病治疗时，第一个所述循环模块对应的待处理流体例如为从人体引出的血液、或血液经由处理单元预处理获得的血浆、血液成分、或其他体液成分，当所述待处理流体中包括需要富集的组分与需要在催化单元作用下生成的目标产物，在不同循环模块中可对分别流体中不同组分进行富集、催化或其他处理，以达到预设的治疗效果。同时，通过令不同循环模块中流体的组分类别，即可控制循环模块中催化单元所作用的目标物质浓度，对应的可用于提高或控制催化效率。

在上述医疗应用中，通过本申请的流体处理方法，即可将人体体液进行体外处理例如富集循环或代谢循环以去除特定致病因子或其他组分，又或生成特定的目标组分，在此过程中通过将催化单元截留于循环模块中避免了催化单元在人体内引起的抗原反应、耐药性等问题，同时基于所述循环模块可持续性的特点，即可基于患者的治疗需求延长处理时间。同时，基于所述循环富集模块与代谢循环模块的联用，所述流体处理方法可用于对体内具有多种致病因子的患者治疗。

再者，所述催化单元可均匀分布于管路中，即可解决现有的滤过方式中催化单元如酶聚集以使得代谢效果逐渐下降的问题；待处理流体与催化单元的接触方式可从现有的一次性接触转变为持续性接触，即可提高催化单元的催化效率或利用率；同时，所述催化单元可以被固载于管路中或随同管路中流体余量循环，在避免了催化单元聚集之外，循环的运动模式下催化单元与其他流体分子间、以及与管路内壁间的碰撞被减小，催化单元即可处于稳定的催化状态。

本申请提供了还实施例 B，在实施例 B 中，所述流体处理方法中包括 N 个 ($N \geq 2$) 串联

的循环，其中，所述 N 个循环中至少一循环由所述第二类循环模块实现。请参阅图 13，显示为实施例 B 中所述 N 个串联的第二类循环模块的简化示意图。每一所述第二类循环模块中包括管路 21、分离模块 22 及驱动装置 23。

在本申请提供的以下实施例中，所述第二类循环模块中的管路 21 也可称为分离管路，所述分离管路中的流体也可称为分离流体。

在实施例 B 中，将在前循环模块中的分离管路内的流体连通至在后循环模块的进流口，以使所述流体在 N 个串联的循环模块中流动，其中，N 为 2 以上的正整数。在此，所述在前循环模块与在后循环模块用于说明串联的 N 个第二类循环模块中相邻的任意两个循环模块，所述在前与在后顺序即连接次序，所述连接次序基于流体在循环模块中的流动方向区分，即，流体总是从在前循环模块中流入在后循环模块再处理，因此，流体总是从在前循环模块中的分离管路的入口进入在后循环模块对应的进流口，对应的，所述在后循环模块的排流口连接至在前循环模块中分离管路的出口。

在实施例 B 的基础上，本申请提供了实施例 B1，其中，所述第二类循环模块也可称为循环分离模块，即，在实施例 B1 中所述流体处理方法由 N 个串联的循环分离模块实现。

通过将 N 个所述循环分离模块串联，流体顺应连接次序进行 N 次分离循环，在每一分离管路对应的循环处理中，循环分离模式下进流口与排流口处的流体流速或流量相等即所述 N 个串联的循环分离模块均处于动态平衡，因此，每一所述分离管路中均可进行持续性的循环分离。应当说明的是，顺应所述连接次序，流体在每一分离模块第一侧被依次截留目标物质，因此，每一循环富集模块的进流口处引入的流体组分不同，对应的，不同分离管路中的流体组分不同。

在此，在本申请提供的各示例中，所述流体组分不同包括：流体中物质类别不同或/及流体中至少一种物质的浓度或总量不同。

在此，本申请提供了通过采用 N 个串联的循环分离模块对流体进行处理的实施例，可用于对流体中不同粒径或分子量、不同化学性质的组分、或不同电荷性质的分子分别进行截留，通过对不同循环分离模块设置对应的分离模块，基于不同的所述分离模块对流体中组分的选择透过性，即可实现对细粒度分类下的不同组分的循环分离。

在所述第二类循环模块中形成的可逆的循环分离中，组分的可逆循环均为单向可逆，即，所述管路中的组分可回到上游管路，而截留于所述分离模块第一侧的流体组分不可进入下游管路。在此，在本申请第一方面提供的各实施例中，对任一所述第二类分离模块，所述分离

模块第一侧连接的管路为上游管路，所述分离管路即为下游管路。

在实施例 B1 中，基于所述循环的单向可逆的特性，顺应连接次序各循环分离模块中流体组分类别逐次减少，在所述 N 个串联的循环模块中，流体组分呈现为阶梯式分离。即，基于所述分离模块的截留作用，可实现连接至分离模块第二侧的所述分离管路中的流体仅含有特定组分，而所述分离模块第一侧的流体中可同时包括所述特定组分与被截留的组分，由此，在所述串联的分离管路中顺应连接次序，分离管路中的流体组分类别逐渐减少。

在此示例下，基于所述串联的循环分离模块，对流体进行处理时可即仅对流体中部分组分如分离流体进行处理，而不需处理的物质组分可基于所述分离管路中的可逆的循环分离回到上游，例如，如图 13 所示实施例，当所述流体中包括组分 a、b、c、d，在分离过程中，顺应连接次序，第一个分离管路中流体组分为 b、c、d，其中，组分 a 被截留于第一个分离管路对应的分离模块的第一侧；第二个分离管路中流体组分为 c、d，组分 b 被截留于第二个分离管路对应的分离模块第一侧并可由此流至第一个分离管路中，同时，组分 b 可基于所述可逆的循环分离回到第一个分离模块的第一侧；第三个分离管路中流体组分为 d，组分 c 被截留于第三个分离模块的第一侧并可由此流至第二个分离管路中，同时，组分 c 可基于所述可逆的循环分离回到第一个分离管路中；在实际场景中，当所述组分 d 为需要再处理的组分，即可对第三个分离管路中的分离流体进行再处理，流体中其他组分如 a、b、c 可回流至上游管路中，即可用于实现对流体中特定组分的处理。

在一些示例中，在所述 N 个串联的循环分离模块中，分离管路中的分离流体还可基于所述处理单元进行再处理，即可对细粒度分类下的流体中特定组分的定向提取、清除或其他处理，由此实现对流体中细粒度分类下特定组分的浓度改变。例如，当所述流体中各组分的分子量范围为 200~2000Dalton，以 N 为 2 为例，顺应连接次序，令在前循环分离模块的分离模块截留流体中 1100Dalton 以上的组分，在前循环分离模块的管路中的分离流体组分即为 200~1100Dalton，令在后循环分离模块的分离组件截留 800Dalton 以上的组分，在后循环分离模块中分离管路内分离流体组分即为 200~800Dalton 的组分。

当然，在实际场景中，所述 N 个串联的循环分离模块的数量为 2 以上的任意正整数，对应的，可对流体中多种组分或对多个分类段内的组分分别收集、提取或处理；在此，所述分类段可为基于组分化学性质、分子量或分子粒径、电荷性质中的至少一种进行划分获得的分类段，应当理解，所述分类段具有多种划分标准，具有对应的分离组件使得对分类段内的物质被截留于分离模块第一侧可实现即可，以所述分离组件为分离膜为例，不同类型分离膜具

有不同的选择透过性，通过设置 N 组分离膜，即可将流体组分进行 N 次分类或截留。

例如，在基于 N 个串联的循环分离模块对流体进行处理时，顺应连接次序可基于分子量在第一个循环分离模块的分离模块第一侧截留大分子组分，在第二个循环分离模块的分离模块中可基于流体的化学性质截留具有特定化学性质的组分，在第三个循环分离模块的分离模块中基于流体组分的电荷性质截留带电荷离子。

在实际场景中，以医疗应用为例，所述 N 个串联的循环分离模块例如可用于分离流体中的抗生素、氨基酸、酶制剂及其他蛋白质等。

在某些实施方式中，所述 N 个串联的循环分离模块的分离组件对应的平均孔径或分子截留量逐级递减。

在此示例下，将流体中组分依分子粒径或分子量进行分类，所述 N 个串联的循环分离模块的分离模块可基于流体中组分粒径或分子量设计，例如，可令所述 N 个串联的循环分离模块对应的 N 组分离模块中分离膜平均孔径逐渐减小或截留分子量逐渐减小，则顺应连接次序，各分离管路中对应的分离模块第一侧截留的目标物质对应的分子粒径或分子量逐渐减小。

在实施例 B 的基础上，本申请还提供了实施例 B2，在实施例 B2 中，所述 N 个串联的循环中至少一循环为所述代谢循环。其中，包括催化单元的循环也可称为代谢循环模块。在此实施例中，当所述催化单元为游离态，催化单元应当同时被在前循环模块与在后循环模块的分离组件截留。

在一种情形中，所述 N 个串联的循环对应的管路中均设置有催化单元。在此，所述流体处理方法可用于对不同物质组分进行多种处理。

例如，在每一循环模块中将所述催化单元截留于管路中，在一种实现方式中，令每一分离组件均用于截留催化单元，而可滤过所述流体中任意组分及流体组分在催化单元作用下生成的目标产物，在此，流体中目标物质可为多种分子或分子组合，不同目标物质可在 N 个串联的不同循环模块中分别被催化，又或，同一目标物质可基于不同循环模块中进行多次催化处理。同时，基于所述第二类循环模块可逆的循环，所述目标物质可回流至上游管路，在一些实际场景中，可将第一个循环模块的进流口与排流口连接至同一容器或人体循环，即可实现对容器中的流体处理或对人体循环中体液或体液组分的处理。

再如，每一循环模块将所述催化单元截留于管路中，在相邻的循环模块中，令在前循环模块及在后循环模块的分离组件截留管路中的催化单元，待处理流体中目标物质、目标产物及其他未发生反应的组分可通过在后循环模块的分离组件以到达在后循环模块的管路中，即

可与所述在后循环模块中的催化单元接触。在此示例下，所述 N 个串联的循环模块可用于对流体中不同的物质组分分别于不同循环模块中进行催化处理，基于所述第二类循环模块中循环可逆的特性，还可使得获得的目标产物回到上游管路中。

在另一情形中，所述 N 个串联的循环模块包括分离循环模块与代谢循环模块。在此，基于所述分离循环模块中形成的可逆的循环，所述流体处理方法可用于将复杂组分体系的混合物分离在不同循环模块中并对组分化简后的流体进行催化处理；又或，所述流体处理方法可对流体进行催化处理后将流体组分逐步分离于不同循环模块中；在此，每一循环模块中均可选择性的设置有所述处理单元，即可实现对不同组分的吸附、清除、富集、电学处理等处理。

由此，本申请即提供了针对前述 A 模式下如何选择性的去除分子量相近的小分子的解决方案，通过多个所述循环，令流体中组分阶梯式分布于不同的循环模块中，对不同循环模块的管路内流体再处理，即可在将流体组分细粒度分类的情形下实现强选择性的特定组分去除、催化反应或其他处理。

请参阅图 14，显示为实施例 B2 的一实现方式中所述 N 个串联的循环模块中包括代谢循环模块与循环分离模块的简化示意图。

如图所示实施例中，顺应连接次序，所串联的两个循环模块中分别为循环分离模块与代谢循环模块。其中，所述循环分离模块的进流口与排流口连接至容器 26。

在实际场景中，所述代谢循环模块还可连接于串联的多个循环分离模块之后，基于每一循环模块中分离组件对流体的分离作用，顺应连接次序中每一循环模块中组分类别递减，即，可实现对待处理流体中混合的组分类别逐步分离或阶梯式分离，在所述代谢循环模块中，催化单元即可对组分类别化简后的混合体系进行处理。

在一实际场景中，当所述第一个循环模块对应的待处理流体为复杂混合物如血浆，在此，通过串联的循环模块实现对混合物的逐步分离，所述代谢循环模块中催化单元的催化效率可因此提升。

为说明在此实现方式中所述 N 个串联的循环模块可实现的技术效果，本申请还提供了以下数据：

实验 4：

第一组：以图 9 所示代谢循环模块为基础，分离模块的分子截留量为 10 kD 在连通进流口的容器中加入 100mL 苯丙氨酸溶液(2 mM, PBS)，容器中的液体可通过进流口连通至分离模块第一侧，可透过分离组件的流体可流动至管路中；通过蠕动泵驱动苯丙氨酸溶液预充满

管路，其中，代谢循环模块中的液体总量约为 10mL，调节进流口处的液体流速与从排流口处排出液体的速度使两者大小相等，即形成平衡的循环建设。

在形成平衡后，从加样口添加 3mL 苯丙氨酸解氨酶（约 2.84U），开始计时并在收集装置中取样测定产物反式肉桂酸的浓度，其中反式肉桂酸的浓度通过其在 280 nm 的紫外吸收峰测定，由反式肉桂酸的浓度计算获得苯丙氨酸浓度。

第二组：相比于第一组，以 40%血清替换 PBS 溶液，其他条件保持与第一组相同。

第三组：通过多个串联的循环模块进行实验，其中，请参阅图 14，两个分离模块的分子截留量分别为 50kD 和 10kD，可显示为第三组中进行实验的循环模块的简化示意图，如图所示，为一循环分离模块与代谢循环模块相串联。在串联的循环模块中预充满 60 mL PBS，驱动装置调节流速使得循环模块处于平衡，其中，循环分离模块中液体量约 50mL，代谢循环模块中液体量约 10mL。其中，令在前的循环分离模块的进流口与排流口连接至同一容器，容器中加入 100 mL 血清，并溶解 52mg 苯丙氨酸(约 2 mM)，平衡 30min；而后，通过加样口在代谢循环模块中加入 3 mL PAL（约 2.84U）并从容器中取样，对容器中取样液体稀释 10 倍后再 1: 1 加入 40%三氯乙酸，离心后直接测定上清液中代谢产物反式肉桂酸的浓度。

第四组：相比于第三组，实验中令循环分离模块中液体量约 10mL，代谢循环模块中液体量约 50mL，其余条件与第三组保持一致。

如图 15 所示，显示为实验 4 中四组分别对应反式肉桂酸浓度测试结果，其中，曲线 1、曲线 2、曲线 3、曲线 4 分别对应为第一组、第二组、第三组、第四组的实验结果。

由图示实验结果可知，单独的代谢循环模块在对液体中目标物质进行催化时可保持较为稳定的催化功能，具有可持续性（可见曲线 1）；但在复杂体系中，例如对于具有复杂成分的血清，其蛋白成分对于 10 kD 的膜对小分子成分的滤过和交换左右产生的明显的影响，由单独的代谢循环模块实现的催化过程中催化效率呈现出下降（可见曲线 1 与曲线 2 的对比）；通过本申请的将循环式分离模块和代谢循环的联用，即通过循环式分离模块对流体的组分进行可逆式的分离，再进行处理的方式，可以有效减少组分对处理过程的影响。例如图 14 所示循环分离模块与代谢循环模块串联，在对复杂体系进行处理时实现对混合物的逐步分离，可以减少流体组分对于小孔径膜的分离和交换效率的影响，进而提升代谢循环模块中的交换效率和处理结果（可见曲线 3 与曲线 4）。

在某些实施方式中，用于执行本申请的流体处理方法的所述多个循环中相邻的两个循环还可以是第一类循环模块与第二类循环模块。

请参阅图 16，显示为相邻的第二类循环模块与第一类循环模块在一实施例中的简化示意图，在此，所述第二类循环模块的管路 21 连接至第一类循环模块的进流口及排流口，举例来说，在此示例中，流体从第二类循环模块的管路 21 的入口流至所述第一类循环模块的管路 11 对应的进流口，在所述第一类循环模块中通过分离模块 12 流动至排流口，从排流口引出的流体流动至所述第二类循环模块的管路 21 的出口以形成循环；即，在此示例下，所述第一类循环模块可视为第二类循环模块中的子循环。

在一情形中，例如对小分子组分的清除中，先基于一个或多个所述第二类循环模块，可令所述流体中的组分呈阶梯式分离，顺应连接次序在后的第二类循环模块中仅含有小分子组分，对应的，可将在后的第二类循环模块连接至以第一类循环模块，以对所述小分子组分进行富集以实现清除又或对小分子组分进行催化处理以使其被分解或降解。

在一实现方式中，所述第二类循环模块中还包括催化单元，令所述催化单元被截留于所对应的循环中，在所述第二类循环模块中，流体中目标物质被催化后生成的产物可连接至所述第一类循环模块的进流口，对应的，在第二类循环模块中可将生成的目标产物或其他特定组分富集于管路中，从所述第二类循环模块排流口引出的流体可回到所述第一类循环模块中，并可基于所述第一类循环模块可逆的循环回到上游管路，在此即可实现对流体中多种组分不同处理，例如不同物质分别被催化处理与富集处理。

又或，在另一实现方式中，当所述第一类循环模块中也包括催化单元，所述第一类循环模块中还可对目标产物进一步催化处理，又或对流体中其他组分催化处理，即可实现对同一物质进行多次处理如在第一个循环模块中进行催化处理后于第二个循环模块中对生成的产物再此进行催化处理，或对不同组分分别在不同循环中进行催化处理，基于所述第一类循环模块为可逆的循环，处理后的流体还可回流至上游管路。

在另一情形中，顺应连接次序，当相邻的两个循环模块为第一类循环模块与第二类循环模块，类似的，可在第一类循环模块中对流体中部分组分进行富集或对目标物质进行催化处理，将由第一类循环模块处理后的流体引入所述第二类循环模块中进行再次分离处理或催化处理，在此不再赘述。

本申请还提供了实施例 C，在实施例 C 中，所述流体处理方法中包括 N 个串联的代谢循环。

请参阅图 12，显示为一实施例中 N 个相串联的代谢循环的结构示意图。在此，不同循环中对应可设置催化单元，即可使不同循环中不同目标物质结构或浓度被改变，又或在不同循

环中生成不同的目标产物。应理解的是，在串联的多个代谢循环中，所述代谢循环中管路与截留模块的连接方式不以图 12 所示实施例为限。

在本申请提供的各实施例中，包括有催化单元的循环也可称为代谢循环。所述催化单元例如可通过加样装置 301 添加至循环模块的管路 11 中。

在此，在每一所述循环中，所述催化单元被固载或限定于管路 11 内预设区域中，又或，所述催化单元被所述截留组件截留于管路 11 中以参与循环。在每一循环中，对应的所述待处理流体在所述循环中目标物质浓度改变又或生成目标产物。

在一实现方式中，所述循环模块中截留模块 30 对应的平均孔径或分子截留量用于截留循环中的催化单元，并用于将流体中其他物质组分引离循环。即，所述截留组件用于将催化单元截留于循环中，并可令经由所述催化单元处理后的流体离开循环，具体的，所述截留组件截留催化单元的方式还可基于组分的化学性质、电荷特性、或粒径等实现截留，本申请不做限制。通过将所述催化单元截留于循环中，催化单元即可实现持续的催化功能，同时，令催化单元处理后的流体离开循环，所述循环中即可持续补充含有目标物质的待处理流体，即可保证催化单元持续的催化效果与活性稳定性。

在某些实现方式下，在不同循环模块中可生成不同的目标产物，例如，顺应连接次序，在上一循环模块中由催化单元催化获得的目标产物可作为下一循环模块中的待处理流体，由此在下一循环模块中被催化生成新的目标产物。

在此，通过将多个代谢循环模块串联，即可对流体中多种目标分子分别进行催化或其他处理；又或，可对同一种目标分子进行多种催化或其他处理；再或，可对多种目标分子分别进行多种催化或多种其他处理。其中，所述目标分子可以为需去除、降解、分解、生成、或者改变其结构或浓度的分子，包括小分子以及生物大分子，在实际场景中如医疗应用中，所述目标分子例如为血液循环、淋巴循环、体液、脑部或腹腔内液体中的任意分子；以及体外吸收或摄入的分子如酒精。

在某些实施方式中，所述流体处理方法由 N 个循环实现，其中，所述 N 个循环相互串联，流体中特定分子或分子组合在所述 N 个循环对应的 N 组处理单元作用下进行连续反应，顺应所述 N 个循环的连接次序，在前循环中经处理单元作用生成的中间产物为在后循环中的待处理底物，其中，N 为 2 以上的正整数。

在一示例中，所述 N 个循环均用于实现对待处理流体的催化处理，顺应连接次序，每一循环对应的催化单元的具体类型可由对待处理流体的处理目标预设。例如，所述 N 个循环用

于实现催化反应的级联，即在后循环对在前循环的产物进行二次或多次处理。比如在急性酒精中毒的应用种，第一个循环中催化单元为乙醇氧化酶，用于令乙醇氧化以生成的产物乙醛和过氧化氢；第二个循环中设有乙醛氧化酶，以令第一个循环中产物乙醛氧化为乙酸和过氧化氢；第三个循环设有过氧化氢酶，用于令在前循环中的产物过氧化氢分解为氧气。

在此，本申请提供的实施例 C 中，串联的 N 个代谢循环包括第一类代谢循环或/及第二类代谢循环。

在实施例 C 中，任意两个相邻的循环包括以下情形：

一情形中，相邻的两个循环均为第一类代谢循环；

另一情形中，相邻的两个循环均为第二类代谢循环；

又一情形中，相邻的两个循环为第一类代谢循环和第二类代谢循环。

在一种示例中，顺应连接次序，所述相邻的两个循环为第二类代谢循环连接至第一类代谢循环。

即，在实施例 A、实施例 B、及实施例 C 中，所述流体处理方法可用于实现对流体中一种或多种物质组分分别的催化处理或其他处理，对流体中同一中物质组分的多次催化处理或其他处理，以及对流体中不同物质组分分别的催化处理及其他处理。

在此，所述串联的多个代谢循环中，任一循环为第一类代谢循环或第二类代谢循环，均可实现前述实施例中对循环的管路中流体进行选择性的处理，可对流体中多种目标分子分别进行催化或其他处理；或，可对同一种目标分子进行多种催化或其他处理；或，可对多种目标分子分别进行多种催化或多种其他处理，此处不再赘述。在某些场景中，所述第二类代谢循环的截留组件还可用于实现对流体的分离效果，即可视为在所述第二类代谢循环中待处理流体在截留组件作用下进行分离处理，可通过截留组件的经分离处理的流体进入循环的管路中以在催化单元作用下反应。

应当说明的是，在本申请提供的实施例中，每一循环模块均可选择性的包括有催化单元，又或，每一循环模块还可选择性的包括有分离模块之外的其他处理单元以对循环模块中管路内的流体进行处理，又或，每一循环模块的进流口处引入的流体或从循环模块的排流口引出的流体还可在处理单元作用下进行预处理或再处理；上述实施例 A、实施例 B、及实施例 C 仅为对不同循环的连接方式及其中催化单元设置情况的几种分类，以说明本申请的流体处理方法的实现方式与有益效果，但不在于将执行本申请流体处理方法的循环模块限制于前述实施例。

应理解的，所述循环模块可作为执行本申请流体处理方法的一个单元，在一些实施例中可由一个单元单独实现所述流体处理方法；在包括多个单元的实施例中，各个单元之间的连接方式以及各单元中可选的部件如处理单元、以及可选的催化单元等均可变更，例如，实现本申请的流体处理方法的多个循环模块之间还可以为并联，又或为并联及串联；在实际使用中，基于对待处理流体预设的处理目标，可通过其他连接方式及其他对催化单元、处理单元的设置方式形成其他复合的处理效果。在某些场景中，执行本申请的流体处理方法的循环模块还可与其他设备、装置或模块联用或整合以形成一个新的设备。

在本申请第一方面的某些实施方式中，还包括对所述流体预处理或再处理的步骤，其中，所述预处理或再处理包括过滤、吸附处理、加热处理、催化处理、富集处理、浓缩处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种。对应于实际应用，所述预处理或再处理可通过处理模块例如吸附装置、反应器、萃取装置、离子交换处理装置、过滤装置、加热装置等实现。

所述处理模块对所述流体预处理即对初始获得的流体进行处理，以将处理后的流体通过进流口引入所述循环。令所述处理模块处理后的流体连通至所述循环的进流口，所述处理模块即为执行预处理。在实际场景中，所述预处理例如为通过沉淀、离心分离、离子交换等方法对流体进行除杂；又或如医疗应用中，对应于血浆置换场景，通过所述处理模块执行的预处理例如为对初始获得的血液全血进行分离获得血浆与细胞成分，而后可将血浆引入所述循环中进行处理。

在本申请中，所述连通是指能够流通流体的机械结构，在一些场合下，所述连通也常被称为联通或连接。

所述处理模块对流体进行再处理即对所述循环中的流体余量进行处理；或，所述处理模块对从所述循环的排流口引出的经处理的流体进行处理即为再处理；在所述流体处理方法由多个所述循环联合实现的实施例中，对任一循环中的流体余量进行处理，或对任一循环中排流口引出的经处理的流体进行处理也为再处理。

在此，所述处理模块所执行的预处理或再处理类型可基于处理需要确定，例如，当所述管路中截留了需要滤除的流体组分，基于对所述流体中有益成分提纯的需要，所述处理模块可对离开循环的流体浓缩处理。

例如，在一实施例中，所述处理模块为分离装置，通过所述分离装置对流体预处理，将经过所述分离装置的分离流体引入所述循环中再处理。所述分离装置例如为通过沉淀、离心

分离、离子交换、膜分离等方法对流体预处理以实现除杂，所述循环可对预处理获得的流体进行处理。在实际场景中，例如可对应于血浆置换场景，通过所述过滤装置对初始获得的血液全血进行分离获得血浆与细胞成分，基于所述循环富集血浆中的目标物质，当所述目标物质为致病因子，将所述分离模块第二侧的滤出血浆与处理模块分离获得的细胞成分汇集以回流至人体，在此循环富集过程中即可改变人体血液循环系统中血浆的致病因子浓度。

在本申请第一方面的某些实施方式中，将所述流体从一存储部引入所述循环中进行处理，并令经由所述循环处理后的流体连通至所述存储部，其中，所述存储部包括容器、存储设备、人体、以及动物体。

请参阅图 17，显示为所述循环模块在一实施例中的简化示意图。在此，所述存储部 16 仅用于实现对进流口引入的流体与排流口引出的流体的存储或连通功能即可，因此，所述存储部 16 可以为一种容器或存储空间，在特定的应用场景中也可为人体的血液循环，本申请不做限制。

举例来说，在一种情形中，所述进流口与排流口连接至同一存储装置或容器中，在此，所述驱动装置 13 控制所述管路 11 中的流体总量动态平衡，对应的，所述存储装置或容器中的流体总量动态平衡；当所述流体中存在需要被分离或提取的目标物质，所述流体从存储装置或容器中被引入管路 11 中循环流动由此循环经过所述分离模块 12 以实现持续分离，被分离出的流体经由所述分离模块 12 引出所述循环模块并回到存储装置或容器，持续循环，则所述存储装置或容器内流体中目标物质逐渐减小而流体总量不变，所述循环模块在实现将目标物质收集于管路 11 中的同时不产生废液，存储装置或容器内流体总量不变则循环过程可持续进行。

在另一情形中，当所述存储部 16 为人体，所述流体可为人体的血液、血浆、血清、组织液或其它体液，在此示例下，所述进流口与所述排流口与人体的连接关系可为直接连接或间接连接，所述直接连接即进流口与排流口的流体可连接至人体的循环系统，所述间接连接即第一进流口或/及第一排流口连接至一处理模块，所述处理模块连接至人体循环系统，所述处理模块例如用于将人体全血分离出血浆，所述进流口即连接至分离获得的血浆。由此，基于本申请的流体处理方法，通过将血浆引入所述管路 11 中循环富集需滤除的致病因子，同时顺应循环过程血浆中的有益成分可持续被分离至分离模块 12 另一侧并离开循环，在实现对目标物质富集的过程中可避免产生废弃血浆，基于对人体中的血浆进行持续性的分离处理即可改变人体内血浆中目标物质的浓度，有效解决了有益成分持续损失的问题。

在又一情形中，当所述管路 11 中包括催化单元，所述存储部内的流体可被持续引入至所述循环模块中，流体中的目标物质在催化单元的作用下生成目标产物，所述目标产物通过分离模块 12 引出并回流至存储部；在此情形中，所述分离模块 12 对目标物质的透过性可设置为截留，也可设置为可透过目标物质，应当理解，被截留于管路 11 中的目标物质可与催化单元接触而反应，从所述分离模块 12 离开循环的目标物质可从所述进流口再次引入所述循环中以接触所述催化单元，因此，将所述催化单元固载或截留于管路 11 中即可实现持续的催化效果，对应的，所述存储部中目标产物浓度逐渐增加，目标物质浓度逐渐降低。

在上述情形中，当所述存储部为人体，所述流体处理方法即可用于实现对人体多种代谢疾病及其他因特定分子积累或缺乏导致的疾病的治疗，例如通过所述分离模块将从人体引出的体液例如血液进行预处理，如将血液全血分离为血浆组分与细胞组分，将所述血浆组分引入至所述循环模块，基于可代谢病类型确定对应的需要分解的代谢物，在所述管路中设置可与所述代谢物反应的催化单元如酶，通过所述循环即可实现对人体内血浆中代谢物的循环清除，或通过所述循环催化生成人体内缺乏的特定分子如所述目标产物，基于所述循环的可持续性还可实现对代谢物可控的清除效果或对特定分子的生成效果，并避免了酶在人体内引起的抗原反应、以及酶脱落等问题。

在本申请的某些实施方式中，所述循环中还包括控制装置、存储装置、收集装置、限流装置、压力检测装置、温度检测装置、控温装置、气泡检测及排除装置、报警装置、以及浓度检测装置中的至少一种。

在此，所述控制装置可用于控制所述驱动装置以确定所述循环中管路中流体流速，又或控制所述进流口的管路开关以确定管路中对流体处理的循环模式，再或控制所述流道调节装置以确定流体流向；再者，所述控制装置还可用于接收所述流体在管路中于不同循环模式下的检测参数信息以用于调节控制参数，由此，所述循环模块可形成负反馈系统。例如，所述控制装置基于温度监测装置检测的温度信息控制所述控温装置执行加热或制冷，在某些示例中，所述控温装置也可为恒温装置。

所述存储装置可用于存储所述循环的排流口引出的流体或所述循环的管路中的流体，在某些示例中，所述存储装置还可连接至一所述处理模块。

所述气泡检测装置可以作为一个控制信号，比如在浓缩循环时，气泡检测可以反应收集装置接近排空，可以进行稀释或者排出浓缩后的目标物质。所述气泡检测装置可以作为一个预警信号，表明设备没有处于正常的工作状态，包括但不限于，循环内的液体过度排空，收

集装置没有正确放置，待处理液体含有气泡或者漏液等。

在一示例中，所述控制装置基于检测参数确定管路内部状态控制对报警装置的控制信号，在一些实现方式中，所述控制信号为多个且对应不同报警类型，例如，当所述控制装置基于压力检测装置的检测值判断管路内部压强异常时，触发控制信号 a 以令所述报警装置发出对应于压强异常的报警；当所述控制装置基于浓度检测装置检测值判断管路内部浓度达到预设值以使得循环不能继续或浓度异常，则触发控制信号 b，以令所述报警装置发出对应于浓度异常的报警。

应当说明的是，在本申请提供的实施例，所述的控制装置设于管路，并不在于限制所述控制装置的位置，仅当所述控制装置与管路中各驱动装置、检测装置或传感器等电性连接即可，因此所述控制装置当然可位于管路外部；所述控制装置用以获得管路中的工作状态信息，并实现对所述管路中工作状态的控制。

在某些实施方式中，所述循环中还包括流速检测装置，用于检测所述管路内部的动力状态，以形成对所述管路内部工作状态的调整信息。

所述流速检测装置例如用于检测进流口流速、排流口流速以及分离模块处流体流速中的至少一者，以此确定管路内部的动力状态。在一种情形中，通过所述流速检测装置确定管路内部流体是否处于弱动力状态，所述弱动力状态例如为流体中流速低于预设范围或排流口处滤出的流体流速明显下降等，由此可判断所述分离模块或截留模块的工作状态例如分离组件或截留组件是否存在分子阻聚、堵塞等，所述流速检测装置由此可形成对管路内部工作状态的调整信息。

所述调整信息例如为将管路调整为浓缩循环模式或清洗模式的工作模式切换信息，又如为对管路中不同区域的流速的调整信息。

在实际场景中，所述调整信息可以由控制装置在接收流速信号后形成，所述控制装置基于调整信息控制管路中流道调节装置、驱动装置等以调整管路内部工作状态。

在某些场景中，由控制装置形成的所述调整信息基于所述流速检测装置、压力检测装置与浓度检测装置中的至少一者形成，例如，所述控制装置在接收管理内流速信息、压力信息、流体浓度信息中的至少一者后综合形成调整信息以控制管路中的流道调节装置、驱动装置等。

在某些实施方式中，所述流体处理方法通过选择性清除或生成特定分子或分子组合以用于疾病治疗，这些特定分子或分子组合（也可称为目标分子）往往是疾病发展过程当中的致病因子或结果、或对疾病的发展或健康的维持至关重要，对目标分子浓度的控制，有利于疾

病的治疗或者并发症的控制，其中，所述疾病包括但不限于家族性高胆固醇血症、高脂蛋白血症、系统性红斑狼疮、自免疫性疾病、重症肌无力、急进性肾小球肾炎、脂肪肝、肝硬化、急性肝衰竭、高脂血症重症急性胰腺炎、脓毒症、吉兰-巴雷综合征、肥胖、苯丙酮尿症、粘多糖蓄积症、低碱性磷酸酶血症、遗传性高血氨、高尿酸血症、痛风、高血糖、尿酮症、糖尿病、以及癌症中的至少一种。

应当理解，所述流体处理方法实现治疗的方式在于将通过对患者体内液体中致病因子选择性清除或清除与致病因子存活相关的其他分子或分子组合，又或通过将特定分子或分子组合催化生成其他目标产物，由此实现对患者体内不同分子的浓度改变而实现治疗效果，应理解的，所述的浓度改变包括浓度为 0 至一具体数值，即新的物质生成，也包括浓度为一数值的降低至 0 即清除体内原有的物质。由此本申请的流体处理方法可用于多种疾病治疗，而不以前述例举为限，应理解的，凡通过本申请提供的方法改变体内任意分子浓度而实现治疗效果的方案均在所述流体处理方法涵盖的范围内。

在本申请任一方面提供的实施例中，所述治疗包括可导致预期的生理效果的防止性(即，预防性)、阻断性、治愈性或缓和性处置。此外，“治疗”一词在此是指基于可部分或完全减轻、延迟发生、抑制进程、减轻严重性、和/或减少一种特定疾病、异常和/或医疗状况之一或多个病征出现机率的目的。

在本申请提供的实施例中，所述清除并不限于将某一组分从原始获得的流体中完全去除，仅当令流体中该组分的浓度或总量下降即可视为清除。

在某些实施方式中，所述流体处理方法为体外代谢的流体处理方法，包括：

在步骤 S10 中，将待处理流体引出体外以选择性清除或生成特定分子或分子组合；

在步骤 S11 中，将处理后流体回输至体内。

在此，所述待处理流体为人体或动物体中的任意体液或体液组分如血液、血清、血浆等，通过本申请第一方面提供的前述任一实施方式对待处理流体进行处理，同时将处理单元截留再循环当中，并将处理后的不含处理单元的流体输回体内，即可形成用于体外代谢的流体处理方法。

在此，基于体外代谢处理的特性，对比于体内处理，本申请的流体处理方法在对体液或体液组分进行处理时由生物安全性形成的限制被降低，例如在选择性清除或生成特定分子或分子组合的处理过程中可采用高温或电离等物理方法，还包括一些进入人体有毒，但是可以避免进入人体的处理方法，比如一些非生物的催化剂，吸附剂等，只要这种方法对于液体当

中的成分的处理具有选择性。

在某些实施方式中，所述流体处理方法通过酶或酶制剂作用于引出体外的待处理流体以选择性清除或生成特定分子或分子组合并避免酶或酶制剂进入人体或动物体，以控制人体或动物体内体液中分子组成和浓度。即，在此示例下，本申请还提供了一种酶或酶制剂作用于人体或改变人体当中特定分子或分子组合浓度的方法。

请参阅图 18a 及图 18b，显示为在不同实施例中可用于执行所述体外代谢的流体处理方法的体外循环代谢系统的简化示意图。应当理解，在本申请提供的实施例中，所述体外循环代谢系统即为一循环处理系统，当循环处理系统作用于人体或动物体，即可视为体外循环代谢系统。

请结合参阅图 18a 及图 18b，如图所示，所述体外循环代谢系统包括管路系统及循环处理设备，其中，所述管路系统包括所述管路系统包括流体引出管路以及流体输回管路。

如图 18a 所示，所述流体引出管路以及流体输回管路连接至同一存储部 26，当所述流体处理方法用于形成体外循环代谢系统，所述存储部 26 即可以为人体或动物体，例如图 18a 所示实施例。在此示例中，从人体或动物体内引出的血液或其他体液通过截留模 30 进入所述循环处理设备中，所述循环处理设备即用于形成所述第二类代谢循环的第二代谢循环模块，以下说明以待处理液体为血液为例，血液在所述第二代谢循环模块的管路中循环流动并接触催化单元以令目标物质被催化处理，同时，处理后的血液还可通过所述截留模块回到存储部 26（即人体）。在此示例中，控制第二代谢循环模块内流体量动态平衡，对应的人体内体液量不会随时间损失，由此该体外代谢过程具有可持续性，可基于对人体内目标分子的处理目标确定代谢时间。同时，所述体外循环代谢系统可通过调节代谢循环内部流速、以及从人体内引出待处理液体的流速等控制其对目标物质的处理效率，具体的处理效率控制方式可参照本申请在前提供实施例，此处不再赘述。

在本申请某些实施方式中，所述管路系统还包括抗凝系统、控制装置、分离流体存储装置、压力检测装置、温度检测装置、控温装置、氧气检测装置、气泡检测及排除装置、报警装置、以及浓度检测装置中的至少一种。

所述管路系统可选的包括上述装置，应当理解，所述管路系统主要用于对液体的牵引，上述装置可在不同的应用场景中对应于实际需求设置于管路系统中，例如，如图 18b 所示，当所述循环处理系统为人体体外循环装置，所述管路系统用于血液输送时，所述管路系统中通常可设置气泡检测及排除装置 31、空气捕捉装置 32、压力检测装置 33 及抗凝系统 34。

在某些实现方式中，所述抗凝系统 34 与管路系统为耦合的系统，例如，当所述管路系统用于血液输送时，通过在所述管路系统中添加肝素、组织纤溶酶原激活剂、抗凝血酶等抑制凝血的组分，所述抑制凝血的组分随同管路系统中的流体流动即使得所述管路系统为抗凝系统。

所述气泡检测及排除装置 31 可用于确保流体在进入所述循环处理设备前被排除气泡，又或将处理后的流体从所述循环处理设备引出时排除气泡，例如，在医疗场景中所述流体例如血液在经由处理后引回人体血液循环前需排除气泡。

所述循环处理设备即基于本申请的流体处理方法可用于对待处理流体选择性清除或生成特定分子或分子组合的设备或模块，例如为第一类循环模块、第二类循环模块、代谢循环模块、以及多个循环串联或并联的循环模块等，在 18b 所示实施例中，所述循环处理设备为第一类代谢循环形成的第一代谢循环模块，其中可选的通过加样装置 301 以控制催化单元的添加、替换或更新。

以所述体外循环代谢系统用于进行血液处理的场景为例，为适应处理需要，从人体引出的原始血液或其他体液还可进行预处理，例如在图 18b 所示实施例中，所述流体引出管路的入口连接至从人体引出的血液全血，在一处理模块 40 预处理下将血液全血分离为细胞组分与血浆组分，所述血浆组分可连通至代谢循环模块的进流口；由此，血浆组分中的目标物质可与代谢循环模块中催化单元接触并在催化单元作用下结构或浓度被改变，所述催化单元例如为酶，基于酶催化作用的专一性，血浆中特定分子组分被清除或生成了预设的反应产物，被处理后的血浆组分可从分离模块被引出并连接至流体输回管路并与细胞组分汇集，在图示实施例中，由代谢循环模块处理后的血浆组分与细胞组分通过截留模块 30 离开代谢循环并流动至流体输回管路中的收集装置中。

在此，所述体外循环代谢系统中流体总量保持动态平衡，因而具有可持续性，在持续的处理过程中，在循环处理设备可持续来自于人体或动物体的体液或体液组分进行处理，例如持续分解目标物质或持续生成目标产物，又或持续富集目标分子，对应的回输至人体或动物体后体内目标物质或目标分子浓度可持续下降，又或在体内目标产物浓度逐渐上升，即可进行可控的对体内特定分子或分子组合的清除或生成。

请参阅图 19，显示为可用于执行所述体外代谢的流体处理方法的体外循环代谢系统在另一实施例中的简化示意图。

在图示实施例中，所述体外循环代谢系统包括管路系统及循环处理设备，其中，所述管

路系统包括所述管路系统包括流体引出管路以及流体输回管路。

所述循环处理设备中包括相串联的多个循环模块，顺应连接次序，为循环分离模块、循环分离模块及代谢循环模块。在此示例中，所述流体引出管路中的待处理流体连接至第一个循环分离模块对应的进流口，串联的循环分离模块可令所述流体中的组分呈阶梯式分离，将其中在后的循环分离模块连接至一代谢循环模块，即可对仅含有部分组分（包括目标物质）的流体进行催化处理，其中，催化单元被截留于所述代谢循环模块中，代谢循环模块即可进行持续的催化处理，将代谢循环模块中处理后的流体从排流口引出并连接至流体输回管路，未进入所述代谢循环模块的组分可基于所述循环分离模块中循环可逆的特性流动至第一个循环分离模块的排流口，从所述第一个循环分离模块的排流口引出的流体与经由代谢循环模块处理后的流体（其中例如包括目标产物）连通至流体输回管路，即可由流体输回管路牵引回到人体。其中，催化单元还可选的通过加样装置 301 添加于所述代谢循环模块中。

如图 19 所示实施例，当所述循环处理系统为人体体外循环装置，所述管路系统用于血液输送时，所述管路系统中通常可设置气泡检测及排除装置 31、空气捕捉装置 32、压力检测装置 33 及抗凝系统 34。

在一具体应用场景中，所述体外循环代谢系统例如用于对人体或动物体的血液处理。在第一个循环分离模块对应的分离模块处，血液中的细胞和血小板等成分被截留并通过第一个循环分离模块的排流口连通至设于流体输回管路上的收集装置，进入所述第一个循环分离模块的管路中的组分即主要为非细胞成分的物质，所述非细胞成分的物质在驱动装置驱动下循环，并在第二个循环分离模块处进行中分子量分子的交换，所述中分子量分子可通过第二个循环分离模块的分离模块流通至其管路中，进而管路中的中分子量分子可在分离模块处滤出包括目标物质的溶液，所述包括目标物质的溶液连通至代谢循环模块的进流口，所述目标物质即可流通至代谢循环模块管路并接触管路中的催化单元，在所述催化单元作用下目标物质例如被分解、降解而使得浓度降低，又或目标物质可在催化单元作用下生成目标产物，目标物质被分解后的产物或目标产物可通过截留模块 30 连通至所述收集装置以汇合血液保留液例如前述细胞和血小板等成分。

请参阅图 20，显示为可用于执行所述体外代谢的流体处理方法的体外循环代谢系统在再一实施例中的简化示意图。

如图所示，所述体外循环代谢系统中包括管路系统及循环处理设备，所述管路系统中包括流体引出管路及流体输回管路。在此示例中，所述循环处理设备为一可用于形成所述代谢

循环的代谢循环模块。所述流体引出管路连接至一处理模块 40，所述处理模块例如为过滤装置或分离装置，用于将所述处理模块 40 处理的流体分离为保留流体与过滤流体，从所述处理模块 40 被滤出或分离出的过滤流体连接至所述代谢循环模块的进流口，经由所述代谢循环模块处理后的流体从所述排流口引出并连接至所述处理模块 40 上游（在图示示例中为连接至处理模块 40 上游的收集装置中），即，通过所述代谢循环模块处理后的流体可再次由所述处理模块 40 进行处理，同时，所述处理模块 40 处的保留流体连接至所述管路输回管路。

以图示体外循环代谢系统在一医疗场景中的应用为例，所述流体引出管路及流体输回管路分别用于从人体引出血液及将体外循环代谢系统处理后的血液输回人体。在此，所述处理模块 40 例如为一过滤模块，用于将从人体引出的血液全血分离出部分组分如血浆组分，所述血浆组分通过管路牵引至代谢循环模块的进流口，经由所述代谢循环模块处理后的滤出血浆从排流口引出并连接至所述过滤模块上游，由此顺应流动方向，所述滤出血浆再次经由所述过滤模块处理，从所述过滤模块处获得的保留流体即为更新后的血液全血，将更新后的血液全血连接至流体输回管路以输送至人体。即，在此实施例中，所述血浆组分可经过代谢循环模块循环处理，同时，通过设置所述代谢循环模块与处理模块 40 的连接方式，所述处理模块 40 也可用于实现对血浆的循环过滤。

当然，图 18a、图 18b、图 19 及图 20 仅显示为所述体外循环代谢系统的几种示例，实际应用中，所述循环处理设备中循环模块的类型、数量及连接次序均可更改以适应于治疗需求。

应理解的，在临床应用中，本申请的流体处理方法可用于改变患者体内特定分子或分子组合的浓度，但针对于不同疾病类型，患者所需的医疗干预可能包括其他手段，例如，对肾功能不全的患者，通过本申请的流体处理方法可帮助实现体外代谢，以清除患者体内累积的致病因子，但同时，肾功能不全可能伴随的并发症或合并症可能包括贫血、肾盂肾炎、尿路疾病等，在此则本申请的流体处理方法可通过联用药物及其他治疗手段如外科手术、饮食护理等以共同用于疾病治疗。

在某些实施方式中，所述流体处理方法通过药物联合以用于疾病治疗。例如，通过本申请的流体处理方法改变患者体内特定分子或分子组合的浓度如：降低特定分子浓度或生成特定分子，同时，在患者基于所述流体处理方法进行疾病治疗的同时配合使用药物治疗，所联合的药物例如为针对疾病并发症的药物、针对体外循环代谢的抗凝药、针对疾病本身的血管活性药物、抗感染药物等。

在此，本申请第一方面提供的流体处理方法，通过令流体在管路中流动以形成循环，并

保持所述循环中流体量动态平衡以维持所述循环的可持续性，通过至少一个所述循环实现对流体的处理，并在所述至少一个循环中设置处理单元以对流体进行处理，所述处理单元用于对循环中的流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，本申请的流体处理方法具有以下有益效果：

在任一所述循环中，均可满足循环中流体总量动态平衡以维持的循环的可持续性，因此所述流体处理方法的持续时间可基于预设处理目标确定；

本申请的流体处理方法通过处理单元实现选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，同时，通过形成所述循环构筑了处理单元与待处理流体的可控的接触环境，由此在实现对混合物体系的高选择性处理的同时，还可调整处理效率或处理效果以及所述处理方法的持续时间；

基于循环形成的动态环境，所述循环中的流体组分动态变化，在处理过程中处理单元可持续对补充的待处理流体进行处理，即可提高处理单元的处理效率；由循环的流动环境还可使待处理流体使实现更好的混合、分散；

所述循环中管路内部的流速与向所述循环中引入待处理流体的流速可相对独立，由此可通过控制向所述循环中引入待处理流体的流速以控制待处理流体与处理单元的平均接触时间或作用时间，同时可基于处理效率控制循环中管路内部流体流速；

在所述循环中可将进流口与排流口连接至同一存储装置或人体循环、以及动物体循环中，在处理过程中基于所述循环的可持续性可保持对存储装置或人体循环中的流体处理，同时在此处理过程中可避免持续产生废液；

所述循环中可设置催化单元以实现特定目标分子的清除或生成，基于催化单元的专一性可实现对流体中特定分子或分子组合的清除或生成；所述循环中可持续补充含有目标物质的待处理流体，即可保证催化单元持续的催化效果（效率）与活性稳定性；

同时，所述催化单元可设为游离形式参与循环并被分离组件截留于循环中，即可避免和减缓催化单元被流体持续冲击和冲刷，减少因此导致的破碎，在所述催化单元为酶的实施例中，可减少蛋白沉积和凝胶层的形成；即所述流体处理方法可用于形成在管路范围内催化单元与目标物质的动态的反应环境，催化单元以游离形式分布于管路中有益于与目标物质充分接触，同时，催化单元在管路内可顺应动力环境沿循环方向流动，催化单元与管路内壁间为切向流动，即可减小催化单元在反应环境中的碰撞问题，在充分接触目标物质以提高催化效果的同时减小了催化单元被破坏的概率；

所述催化单元被截留于循环中，可有效避免或减小催化单元损失，在特定场景中如医疗应用中，当所述催化单元为酶，即可有效避免或减轻现有技术中存在的酶脱落引起的体内免疫反应的问题；即，本申请即还提供了一种酶或酶制剂作用于人体或改变人体当中特定分子或分子组合浓度的方法。

所述流体处理方法中可实现对催化单元的即时更新、替换和补充，在实际应用中有益于控制流体处理中的催化效率，同时，可有效扩展催化单元的保存环境，催化单元与管路可分别采用不同的保存条件，降低用于执行所述流体处理方法的设备整体的保存条件，并有利于确保催化单元的活性；

通过对所述催化单元的替换更新，所述循环中可确保催化单元的活性稳定性，或可在循环模块中实现对不同流体或不同目标物质的处理，例如医疗应用中，通过替换催化单元可适应于不同类型的疾病治疗；

所述循环中可通过控制流体流速，以控制在分离模块处的物质交换效率或过滤效果；

当通过多个循环以实现所述流体处理方法，通过预设的处理目标确定所述循环对应的循环模块类型、连接方式、循环中处理单元的具体形式、以及催化单元的设置情况，可实现对流体中一种或多种物质组分分别的催化处理或其他处理，对流体中同一物质组分的多次催化处理或其他处理，以及对流体中不同物质组分分别的催化处理及其他处理；其中，任一所述循环可满足平衡状态，用于实现流体处理方法的多个循环也具有可持续性；

所述多个循环可实现将流体中不同组分分段式富集于不同循环中，或令流体组分逐步分离于不同循环中，由此可实现对特定组分强选择性的清除或生成，有效避免了现有技术中流体处理中有益成分持续损失的问题；同时，令所述流体组分逐步分离于不同循环中，可使所述催化单元为组分类别化简的混合体系进行处理，提升催化单元的催化效率；

基于所述循环的可持续性，在医疗应用中，实现所述流体处理方法的硬件设备可设置为可穿戴式，以实现患者的持续治疗。

本申请在第二方面还提供了一种循环处理设备，包括至少一循环模块，将待处理流体加入所述循环模块的管路中流动以形成循环，其中，所述循环中经处理的流体离开循环模块，以及令所述循环模块中保留有流体余量；所述至少一循环模块中还包括处理单元，所述处理单元对循环中的流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，其中，所述处理包括催化处理、过滤处理、吸附处理、加热处理、富集处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种。

所述循环处理设备包括一个循环模块，或由两个以上联合的循环模块；即，本申请的循环处理设备可将待处理流体引入一所述循环模块中，其处理后的流体通过离开循环模块后，再引入另一循环模块当中，此时所述不同循环模块间可视为串联关系；再或，可将流体分流后分别引入不同循环模块中处理后再行汇集处理后流体，此时所述不同循环模块间可视为并联关系。

所述流体包含目标物质，在本申请第二方面提供的一些实施例中，所述流体包括但不限于血液、血浆、血清、体液、组织液、清洗液、透析液、重组蛋白溶液、细胞培养液、微生物培养液、制药及医疗用水、药液、流体食品、动植物提取液、天然水、工业废水、以及再生水中的一种或多种的混合物。在某些示例中，所述流体也可如血液、血浆等流体经过处理例如过滤后获得的物质组分；在另一些示例中，所述流体还可为气体混合物，例如包含甲烷的气体混合物。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环模块中还包括至少一驱动装置，连接于所述管路，用于驱动所述流体流动以形成循环。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环模块中引入所述管路的流体总量或总速率与离开循环模块的流体总量或总速率相等。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环模块通过以下至少一种方式调节循环中的处理效率：控制单位时间内引入所述循环模块的流体总量与所述循环模块中流体总量的比例以调节处理效率；控制单位时间内离开所述循环模块的流体总量与所述循环模块中流体流量的比例以调节处理效率。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述处理单元通过控制所述循环中的催化单元以实现催化处理，其中，所述处理单元控制所述催化单元的方式包括以下至少一种：所述处理单元用于向所述循环模块中添加、补充、替换、或更新催化单元以控制所述循环中催化单元的种类及总量；所述处理单元用于调节所述循环模块中的催化单元活性。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述催化单元用于对所述循环中的流体进行催化处理以改变所述流体中目标物质结构，并生成目标产物；或，所述催化单元用于改变目标物质浓度。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述催化单元包括生物催化单元与非生物催化单元；其中，所述生物催化单元包括细胞、蛋白质、酶、多肽以及核酸中的至少一种及基于其中至少一种形成的衍生物、偶联物、复合物、以及微球、微囊形式的组合物；所述非生物催

化单元包括金属催化剂及基于金属催化剂形成的衍生物、偶联物、复合物、以及微球、微囊形式的组装物。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述催化单元为随同所述流体余量参与循环的循环式催化单元；或，所述催化单元为限定于或固定于所述管路的预设区域中的固定式催化单元。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环模块还包括截留模块，设于所述管路，所述截留模块具有截留组件以截留循环式催化单元或/及截留脱落的固定式催化单元，以避免催化单元离开循环模块。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环模块还包括流道调节装置，用于调节所述循环中的流体流向以清洗或替换循环式催化单元。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述截留组件为多孔膜或反渗透膜，其中，所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、以及纳滤膜。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述截留组件包括平面膜、管式膜、卷式膜、螺旋膜、以及中空纤维膜中的一种或多种。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述截留模块为切向流过滤模块。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述截留组件将截留模块分隔形成第一侧与第二侧，所述循环包括以下至少一种：所述管路入口及出口连通于所述第一侧的第一代谢循环模块，具有连通所述管路的至少一进流口及连通所述第二侧的至少一排流口；所述管路入口及出口连通于所述第二侧的第二代谢循环模块，具有连通所述第一侧的至少一进流口及连通所述第一侧的至少一排流口。

本申请在第二方面的一些实施方式中，在所述第一代谢循环模块中，待处理流体从进流口加入所述循环后由驱动装置驱动至所述截留模块。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述驱动装置控制所述管路中流体以预设流速流动以令所述催化单元通过所述截留模块流动至所述管路。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述预设流速与催化单元结构、流体成分、流体温度、截留组件结构、截留组件材料、截留模块腔体结构、管路管径、以及流体交换效率中的至少一者相关。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述截留组件对应的平均孔径或分子截留量与所述催化单元、目标物质、以及目标产物中的至少一种相关。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环模块包括加样装置，用于向所述管路中添加、补充或替换反应底物、药物、或催化单元。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述加样装置包括连通所述管路的至少一加样口，或，所述加样装置为适配于注射形式的部件。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环模块还包括汇集装置，所述汇集装置具有汇集腔体，用于令所述循环式催化单元、流体余量和待处理液体混合，以使催化单元与目标物质接触。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述汇集装置还用于设置加样口、排进气口、以及排液口中的至少一者。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环模块包括：管路，具有入口及出口；分离模块，包括分离组件以将所述分离模块分隔形成第一侧与第二侧，其中，分离模块第一侧的相对两端分别连通至少一进流口以及至少一排流口，分离模块第二侧的相对两端分别连通所述管路的入口及出口；至少一驱动装置，设于所述管路，用于驱动管路中的流体以预设流速从入口流动至出口，以使分离循环模式下所述分离管路中的流体总量动态平衡。

本申请在第二方面的一些实施方式中，将流体引入 N 个循环模块中进行处理，所述 N 个循环模块相互串联或/及并联，其中， N 为 2 以上正整数。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述 N 个循环模块相互串联，顺应连接次序，所述 N 个循环模块的分离组件对应的平均孔径或分子截留量逐级递减。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述分离组件为多孔膜或反渗透膜，其中，所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、以及纳滤膜。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述分离组件包括平面膜、管式膜、卷式膜、螺旋膜、以及中空纤维膜中的一种或多种。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述预设流速与目标物质、流体成分、流体温度、分离组件结构、分离组件材料、分离模块腔体结构、管路管径、以及流体交换效率中的至少一者相关。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环处理设备包括 N 个循环模块，所述 N 个循环模块对应的 N 组处理单元分别对流体中不同分子或分子组合进行处理，以令流体中不同组分在所述 N 个循环模块中分布处理；其中， N 为 2 以上正整数。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环处理设备包括 N 个循环模块，其中，所

述 N 个循环模块相互串联，流体中特定分子或分子组合在所述 N 个循环模块对应的 N 组处理单元作用下进行连续反应，顺应所述 N 个循环模块的连接次序，在前循环模块中经处理单元作用生成的中间产物为在后循环模块中的待处理底物；其中，N 为 2 以上正整数。

在此，所述循环处理设备包括 N 个循环模块的各示例中，各循环模块的类别（或具体结构）例如为代谢循环模块或包括分离模块的循环模块、各循环模块之间的连接方式、以及所述 N 个循环模块形成的对流体的处理效果均可参照本申请第一方面提供的流体处理方法中将第一类代谢循环、第二类代谢循环、第一类循环模块、及第二类循环模块中的多个等相级联的实施例，例如前述实施例 A、实施例 B、实施例 C，此处不再赘述。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环处理设备的进流口与排流口连接至同一存储部，其中，所述存储部包括容器、存储设备、人体、以及动物体。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环处理设备还包括至少一处理模块，用于对所述流体处理装置中的流体预处理或再处理，其中，所述预处理或再处理包括过滤处理、吸附处理、加热处理、催化处理、富集处理、浓缩处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种处理。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环处理设备还包括控制装置、流体存储装置、限流装置、流速检测装置、压力检测装置、温度检测装置、控温装置、氧气检测装置、气泡检测及排除装置、报警装置、以及浓度检测装置中的至少一种。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述控制装置基于流速检测装置、压力检测装置、以及浓度检测装置中的至少一者形成对所述管路内部工作状态的调整信息。

本申请在第二方面的一些实施方式中，所述循环处理设备通过选择性清除或生成特定分子或分子组合以用于疾病治疗，这些特定分子或分子组合（也可称为目标分子）往往是疾病发展过程当中的致病因子或结果、或对疾病的发展或健康的维持至关重要，对目标分子浓度的控制，有利于疾病的治疗或者并发症的控制，其中，所述疾病包括但不限于家族性高胆固醇血症、高脂蛋白血症、系统性红斑狼疮、自免疫性疾病、重症肌无力、急进性肾小球肾炎、脂肪肝、肝硬化、急性肝衰竭、高脂血症重症急性胰腺炎、脓毒症、吉兰-巴雷综合征、肥胖、苯丙酮尿症、粘多糖蓄积症、低碱性磷酸酶血症、遗传性高血氨、高尿酸血症、痛风、高血糖、尿酮症、糖尿病、以及癌症中的至少一种。

应理解的，本申请第二方面提供的循环处理设备，可以用于执行本申请第一方面提供的实施例中任一实施方式所述的流体处理方法。对应的，所述循环处理装置中循环模块的具体

结构例如管路、截留模块、分离模块、驱动装置、加样装置、处理单元等及其连接方式、与处理模块的联用方式、及所实现的流体处理效果均可参照本申请第一方面提供的实施例，此处不再赘述。

在一些场景中，所述循环处理设备中的循环模块可作为独立的销售单元；在此，所述循环处理设备可表现为已形成连接的装置，也可表现为可获得连接关系的独立的组件，即独立的循环模块，所述连接关系可以为一种或多种，例如，所述循环处理设备中包括多个循环模块，所述循环模块之间可以不同的连接关系连接以适用于不同处理需求，又或，适应于场景需求，还可在多个组件中可选的仅将对其中部分组件进行连接。

本申请在第三方面还提供了一种循环处理系统，包括至少一个如本申请第二方面任一实施方式所述的循环处理设备，以及管路系统，其中，所述管路系统包括流体引出管路及流体输回管路。

在某些实施方式中，所述管路系统还包括抗凝系统、控制装置、流体存储装置、压力检测装置、温度检测装置、控温装置、氧气检测装置、气泡检测及排除装置、报警装置、限流装置、以及浓度检测装置中的至少一种。

在某些实施方式中，所述循环处理系统为体外循环代谢系统，其中，所述流体引出管路用于从体内引出待处理流体，所述流体输回管路用于将处理后流体回输至体内。

在此，所述待处理流体为人体或动物体中的任意体液或体液组分如血液、血清、血浆等，通过所述循环处理设备对待处理流体进行处理，并将处理后的流体输回体内。

在此，基于体外代谢处理的特性，对比于体内处理，本申请的体外循环代谢系统在对体液或体液组分进行处理时由生物安全性形成的限制被降低，例如在选择性清除或生成特定分子或分子组合的处理过程中可采用高温或电离等物理方法。

在某些实施方式中，所述体外循环代谢系统为酶或酶制剂作用于引出体外的待处理流体以选择性清除或生成特定分子或分子组合并避免酶或酶制剂进入人体或动物体，以控制人体或动物体内体液中分子组成和浓度。即，在此示例下，所述体外循环代谢系统提供了一种酶或酶制剂作用于人体或改变人体当中特定分子或分子组合浓度的途径。

举例来说，所述酶或酶制剂即可作为代谢循环中的催化单元，被引出体外的待处理流体在体外代谢系统中接触酶或酶制剂，由此发生催化处理以改变其中的分子组成和浓度，同时，基于所述代谢循环中配置的截留模块，作为催化单元的酶或酶制剂被截留模块截留于循环中，由此避免了进入人体或动物体。

具体的，所述体外代谢系统包括管路系统及至少一个由本申请第二方面提供的任一实施方式中所述的循环处理设备，例如图 18a~图 20 所示实施例，也可用于执行本申请第一方面提供的任一实施方式所述的体外代谢的流体处理方法；所述体外代谢系统中循环处理设备的具体结构及连接方式可参照本申请第一方面提供的实施例，此处不再赘述。

本申请在第四方面还提供了一种医疗设备，所述医疗设备包括如本申请第三方面提供的实施方式所述的循环处理系统。

所述医疗设备即可用于医疗用途的设备，可为单独或者组合使用于人体的仪器、设备、器具、材料或者其他物品，也可包括所需要的软件；可用于实现对疾病的预防、诊断、治疗、监护、缓解、补偿。

在本申请提供的实施例中，所述医疗设备例如为：血液净化设备、体外循环清除系统、体外富集清除设备、血液透析设备、血浆置换设备、体外腹膜透析设备、或体外膜肺氧合设备；在另一些实施方式中，所述医疗设备也可以是嫁接于其他体外循环设备当中的一组成模块，例如人工肝、人工肾、血液透析设备，腹膜透析设备、血浆置换设备、血浆净化设备、血脂净化设备、分子吸附再循环系统、体外膜式氧合设备、白细胞去除设备、体外循环生命支持系统等。在某些实施方式中，所述医疗设备单独作为一种医疗器械或治疗设备，也可整合至其他涉及血液或其他体液体外处理的医疗设备或器械中以形成新的设备。

在此，当本申请第三方面提供的循环处理系统用于医疗用途时，即可作为医疗设备。

所述医疗用途包括对基于人体获得的流体进行处理，还包括用于获得治疗过程中的药品、制药用水、医疗用水等，例如，所述循环处理系统可用于对自来水进行处理，以获得可作为浓缩透析液的稀释用水。

在本申请第四方面提供的某些实施方式中，所述医疗设备通过选择性清除或生成特定分子或分子组合以用于疾病治疗，这些目标分子往往是疾病发展过程当中的致病因子或结果、或对疾病的发展或健康的维持至关重要，对目标分子浓度的控制，有利于疾病的治疗或者并发症的控制，其中，所述疾病包括但不限于家族性高胆固醇血症、高脂蛋白血症、系统性红斑狼疮、自免疫性疾病、重症肌无力、急进性肾小球肾炎、脂肪肝、肝硬化、急性肝衰竭、高脂血症重症急性胰腺炎、脓毒症、吉兰-巴雷综合征、肥胖、苯丙酮尿症、粘多糖蓄积症、低碱性磷酸酶血症、遗传性高血氨、高尿酸血症、痛风、高血糖、尿酮症、以及糖尿病中的至少一种。

应理解的，在临床应用中，本申请的体外循环代谢系统可用于改变患者体内特定分子或

分子组合的浓度，但针对于不同疾病类型，患者所需的医疗干预可能包括其他手段，例如，对肾功能不全的患者，通过本申请的医疗设备可帮助实现体外代谢，以清除患者体内累积的致病因子，但同时，肾功能不全可能伴随的并发症或合并症可能包括贫血、肾盂肾炎、尿路疾病等，在此则本申请的医疗设备可通过联用药物及其他治疗手段如外科手术、饮食护理等以共同用于疾病治疗。

在某些实施方式中，所述医疗设备通过药物联合以用于疾病治疗。例如，通过本申请的医疗设备改变患者体内特定分子或分子组合的浓度如：降低特定分子浓度或生成特定分子，同时，在患者基于所述医疗设备进行疾病治疗的同时配合使用药物治疗，所联合的药物例如为针对疾病并发症的药物、针对体外循环代谢的抗凝药、针对疾病本身的血管活性药物、抗感染药物等疾病治疗相关的药物，只要本申请所述的治疗设备和药物可以独立治疗疾病或有利于健康，或两者共同作用才能实现或能够实现更好的治疗效果。

本申请在第五方面还提供了一种计算机可读存储介质，存储至少一种程序。其中，所述至少一种程序在被处理器调用时执行并实现如本申请第一方面提供的实施例中任一实施方式所述的流体处理方法。

所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。

于本申请提供的实施例中，所述计算机可读存储介质可以包括只读存储器、随机存取存储器、EEPROM、CD-ROM 或其它光盘存储装置、磁盘存储装置或其它磁存储设备、闪存、U 盘、移动硬盘、或者能够用于存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机进行存取的任何其它介质。另外，任何连接都可以适当地称为计算机可读介质。例如，如果指令是使用同轴电缆、光纤光缆、双绞线、数字订户线（DSL）或者诸如红外线、无线电和微波之类的无线技术，从网站、服务器或其它远程源发送的，则所述同轴电缆、光纤光缆、双绞线、DSL 或者诸如红外线、无线电和微波之类的无线技术包括在所述介质的定义中。然而，应当理解的是，计算机可读存储介质和数据存储介质不包括连接、载波、信号或者其它暂时性介质，而是旨在针对于非暂时性、有形的存储介质。如申请中所使用的磁盘和光盘包括压缩光盘（CD）、激光光盘、光盘、数字多功能光盘（DVD）、软盘和蓝光光盘，其中，磁盘通常磁性地复制数据，而光盘则用激光来光学地复制数据。

在一个或多个示例性方面，本申请第一方面所述的流体处理方法的计算机程序所描述的功能可以用硬件、软件、固件或者其任意组合的方式来实现。当用软件实现时，可以将这些功能作为一个或多个指令或代码存储或传送到计算机可读介质上。本申请所公开的方法或算法的步骤可以用处理器可执行软件模块来体现，其中处理器可执行软件模块可以位于有形、非临时性计算机可读存储介质上。有形、非临时性计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质。

本申请上述的附图中的流程图和框图，图示了按照本申请各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分，该模块、程序段、或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这根据所涉及的功能而定。也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以通过执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以通过专用硬件与计算机指令的组合来实现。

上述实施例仅例示性说明本申请的原理及其功效，而非用于限制本申请。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本申请的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本申请所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本申请的权利要求所涵盖。

权 利 要 求 书

1. 一种流体处理方法，其特征在于，包括以下步骤：

将待处理流体加入管路中流动以形成循环；

令所述循环中经处理的流体离开循环，以及令所述循环中保留有流体余量；

其中，所述流体处理方法由至少一个循环实现，在所述至少一个循环中还包括处理单元，所述处理单元用于对循环中的流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，其中，所述处理包括催化处理、过滤处理、吸附处理、加热处理、富集处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种处理。

2. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法，其特征在于，所述循环中的流体由连接于所述管路的至少一驱动装置驱动。
3. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法，其特征在于，令引入所述管路的流体总量或总速率与离开循环的流体总量或总速率相等，以使得所述管路中流体总量动态平衡。
4. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法，其特征在于，所述循环通过以下至少一种方式调节处理效率：

控制单位时间内引入所述管路的流体总量与所述循环中流体总量的比例以调节处理效率；

控制单位时间内离开所述循环的流体总量与所述循环中流体流量的比例以调节处理效率。

5. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法，其特征在于，所述处理单元通过控制所述循环中的催化单元以实现催化处理，其中，所述处理单元控制所述催化单元的方式包括以下至少一种：

所述处理单元通过添加、补充、替换、或更新催化单元以控制所述循环中催化单元的种类及总量；

所述处理单元用于调节所述循环中的催化单元活性。

6. 根据权利要求 5 所述的流体处理方法，其特征在于，所述催化单元用于对所述循环中的流体进行催化处理，以改变所述流体中目标物质结构，并生成目标产物；或，所述催化单元用于改变目标物质浓度。
7. 根据权利要求 6 所述的流体处理方法，其特征在于，所述催化单元包括生物催化单元与非生物催化单元；其中，所述生物催化单元包括细胞、蛋白质、酶、多肽以及核酸中的至少一种及基于其中至少一种形成的衍生物、偶联物、复合物、以及微球、微囊形式的组合物；

所述非生物催化单元包括金属催化剂及基于金属催化剂形成的衍生物、偶联物、复合物、以及微球、微囊形式的组装物。

8. 根据权利要求 6 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述催化单元为随同所述流体余量参与循环的循环式催化单元; 或, 所述催化单元为限定于或固定于所述管路的预设区域中的固定式催化单元。
9. 根据权利要求 8 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述循环中还包括截留模块, 设于所述管路, 所述截留模块具有截留组件以截留循环式催化单元或/及截留脱落的固定式催化单元, 以避免催化单元离开循环。
10. 根据权利要求 9 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述循环中配置有流道调节装置, 用于调节所述循环中的流体流向以清洗或替换循环式催化单元。
11. 根据权利要求 9 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述截留组件为多孔膜或反渗透膜, 其中, 所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、以及纳滤膜。
12. 根据权利要求 9 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述截留组件包括平面膜、管式膜、卷式膜、螺旋膜、以及中空纤维膜中的一种或多种。
13. 根据权利要求 9 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述截留模块为切向流过滤模块。
14. 根据权利要求 9 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述截留组件将截留模块分隔形成第一侧与第二侧, 所述循环包括以下至少一种:

所述管路入口及出口连通于所述第一侧的第一类代谢循环, 具有连通所述管路的至少一进流口及连通所述第二侧的至少一排流口;

所述管路入口及出口连通于所述第二侧的第二类代谢循环, 具有连通所述第一侧的至少一进流口及连通所述第一侧的至少一排流口。
15. 根据权利要求 14 所述的流体处理方法, 其特征在于, 在所述第一类代谢循环中, 待处理流体从进流口加入所述循环后由驱动装置驱动至所述截留模块。
16. 根据权利要求 9 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述驱动装置控制所述管路中流体以预设流速流动以令所述催化单元通过所述截留模块流动至所述管路。
17. 根据权利要求 16 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述预设流速与催化单元结构、流体成分、流体温度、截留组件结构、截留组件材料、截留模块腔体结构、管路管径、以及流体交换效率中的至少一者相关。
18. 根据权利要求 9 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述截留组件对应的平均孔径或分子

截留量与所述催化单元、目标物质、以及目标产物中的至少一种相关。

19. 根据权利要求 5 所述的流体处理方法，其特征在于，所述循环中配置有加样装置，用于向所述管路中添加、补充或替换反应底物、药物、或催化单元。
20. 根据权利要求 19 所述的流体处理方法，其特征在于，所述加样装置包括连通所述管路的至少一加样口，或，所述加样装置为适配于注射形式的部件。
21. 根据权利要求 5 所述的流体处理方法，其特征在于，所述循环中配置有汇集装置，所述汇集装置具有汇集腔体，用于令所述循环式催化单元、流体余量和待处理液体混合，以使催化单元与目标物质接触。
22. 根据权利要求 21 所述的流体处理方法，其特征在于，所述汇集装置还用于设置加样口、排进气口、以及排液口中的至少一者。
23. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法，其特征在于，将流体引入循环模块以形成所述循环，其中，所述循环模块包括：
 - 管路，具有入口及出口；
 - 分离模块，包括分离组件以将所述分离模块分隔形成第一侧与第二侧，其中，分离模块第一侧的相对两端分别连通至少一进流口以及至少一排流口，分离模块第二侧的相对两端分别连通所述管路的入口及出口；
 - 至少一驱动装置，设于所述管路，用于驱动管路中的流体以预设流速从入口流动至出口，以使分离循环模式下所述分离管路中的流体总量动态平衡。
24. 根据权利要求 23 所述的流体处理方法，其特征在于，将流体引入 N 个循环模块中进行处理，所述 N 个循环模块相互串联或/及并联，其中，N 为 2 以上正整数。
25. 根据权利要求 24 所述的流体处理方法，其特征在于，所述 N 个循环模块相互串联，顺应连接次序，所述 N 个循环模块的分离组件对应的平均孔径或分子截留量逐级递减。
26. 根据权利要求 23 所述的流体处理方法，其特征在于，所述分离组件为多孔膜或反渗透膜，其中，所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、以及纳滤膜。
27. 根据权利要求 23 所述的流体处理方法，其特征在于，所述分离组件包括平面膜、管式膜、卷式膜、螺旋膜、以及中空纤维膜中的一种或多种。
28. 根据权利要求 23 所述的流体处理方法，其特征在于，所述预设流速与目标物质、流体成分、流体温度、分离组件结构、分离组件材料、分离模块腔体结构、管路管径、以及流体交换效率中的至少一者相关。

29. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述流体处理方法由 N 个循环实现, 所述 N 个循环对应的 N 组处理单元分别对流体中不同分子或分子组合进行处理, 以令流体中不同组分在所述 N 个循环中分布处理; 其中, N 为 2 以上正整数。
30. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述流体处理方法由 N 个循环实现, 其中, 所述 N 个循环相互串联, 流体中特定分子或分子组合在所述 N 个循环对应的 N 组处理单元作用下进行连续反应, 顺应所述 N 个循环的连接次序, 在前循环中经处理单元作用生成的中间产物为在后循环中的待处理底物; 其中, N 为 2 以上正整数。
31. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述流体包含目标物质, 所述流体包括血液、血浆、血清、体液、组织液、清洗液、透析液、重组蛋白溶液、细胞培养液、微生物培养液、制药及医疗用水、药液、流体食品、动植物提取液、天然水、工业废水、以及再生水中的一种或多种的混合物。
32. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法, 其特征在于, 将流体从一存储部引入所述至少一个循环中进行处理, 并令经由所述至少一个循环处理后的流体连通至所述存储部, 其中, 所述存储部包括容器、存储设备、人体、以及动物体。
33. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法, 其特征在于, 还包括通过至少一处理模块对流体进行预处理或再处理的步骤, 其中, 所述预处理或再处理包括过滤处理、吸附处理、加热处理、催化处理、富集处理、浓缩处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种处理。
34. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述循环中还包括控制装置、流体存储装置、限流装置、流速检测装置、压力检测装置、温度检测装置、控温装置、氧气检测装置、气泡检测及排除装置、报警装置、以及浓度检测装置中的至少一种。
35. 根据权利要求 34 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述控制装置基于流速检测装置、压力检测装置、以及浓度检测装置中的至少一者形成对所述管路内部工作状态的调整信息。
36. 根据权利要求 1 所述的流体处理方法, 其特征在于, 所述流体处理方法通过选择性清除或生成特定分子或分子组合, 以控制流体中的分子组成和浓度而用于疾病治疗或健康监控, 其中, 所述疾病包括家族性高胆固醇血症、高脂蛋白血症、系统性红斑狼疮、自免疫性疾病、重症肌无力、急进性肾小球肾炎、脂肪肝、肝硬化、急性肝衰竭、高脂血症重症急性胰腺炎、脓毒症、吉兰-巴雷综合征、肥胖、苯丙酮尿症、粘多糖蓄积症、低碱性磷酸酶血症、遗传性高血氨、高尿酸血症、痛风、高血糖、尿酮症、糖尿病、及癌症中的至少一种。

37. 根据权利要求 36 所述的流体处理方法，其特征在于，所述流体处理方法为体外代谢的流体处理方法，包括以下步骤：

将待处理流体引出体外以选择性清除或生成特定分子或分子组合；

将处理后流体回输至体内。

38. 根据权利要求 37 所述的流体处理方法，其特征在于，通过酶或酶制剂作用于引出体外的待处理流体以选择性清除或生成特定分子或分子组合并避免酶或酶制剂进入人体或动物体，以控制人体或动物体内体液中分子组成和浓度。

39. 根据权利要求 36 所述的流体处理方法，其特征在于，所述流体处理方法通过药物联合以用于疾病治疗。

40. 一种循环处理设备，其特征在于，包括至少一循环模块，将待处理流体加入所述循环模块的管路中流动以形成循环，其中，所述循环中经处理的流体离开循环模块，以及令所述循环模块中保留有流体余量；所述至少一循环模块中还包括处理单元，所述处理单元对循环中的流体进行处理以选择性改变流体中的分子或分子组合的结构或浓度，其中，所述处理包括催化处理、过滤处理、吸附处理、加热处理、富集处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种处理。

41. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备，其特征在于，所述循环模块中还包括至少一驱动装置，连接于所述管路，用于驱动所述流体流动以形成循环。

42. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备，其特征在于，所述循环模块中引入所述管路的流体总量或总速率与离开循环模块的流体总量或总速率相等。

43. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备，其特征在于，所述循环模块通过以下至少一种方式调节循环中的处理效率：

控制单位时间内引入所述循环模块的流体总量与所述循环模块中流体总量的比例以调节处理效率；

控制单位时间内离开所述循环模块的流体总量与所述循环模块中流体流量的比例以调节处理效率。

44. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备，其特征在于，所述处理单元通过控制所述循环中的催化单元以实现催化处理，其中，所述处理单元控制所述催化单元的方式包括以下至少一种：

所述处理单元用于向所述循环模块中添加、补充、替换、或更新催化单元以控制所述

循环中催化单元的种类及总量；

所述处理单元用于调节所述循环模块中的催化单元活性。

45. 根据权利要求 44 所述的循环处理设备，其特征在于，所述催化单元用于对所述循环中的流体进行催化处理以改变所述流体中目标物质结构，并生成目标产物；或，所述催化单元用于改变目标物质浓度。
46. 根据权利要求 45 所述的循环处理设备，其特征在于，所述催化单元包括生物催化单元与非生物催化单元；其中，所述生物催化单元包括细胞、蛋白质、酶、多肽以及核酸中的至少一种及基于其中至少一种形成的衍生物、偶联物、复合物、以及微球、微囊形式的组装物；所述非生物催化单元包括金属催化剂及基于金属催化剂形成的衍生物、偶联物、复合物、以及微球、微囊形式的组装物。
47. 根据权利要求 45 所述的循环处理设备，其特征在于，所述催化单元为随同所述流体余量参与循环的循环式催化单元；或，所述催化单元为限定于或固定于所述管路的预设区域中的固定式催化单元。
48. 根据权利要求 47 所述的循环处理设备，其特征在于，所述循环模块还包括截留模块，设于所述管路，所述截留模块具有截留组件以截留循环式催化单元或/及截留脱落的固定式催化单元，以避免催化单元离开循环模块。
49. 根据权利要求 48 所述的循环处理设备，其特征在于，所述循环模块还包括流道调节装置，用于调节所述循环中的流体流向以清洗或替换循环式催化单元。
50. 根据权利要求 48 所述的循环处理设备，其特征在于，所述截留组件为多孔膜或反渗透膜，其中，所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、以及纳滤膜。
51. 根据权利要求 48 所述的循环处理设备，其特征在于，所述截留组件包括平面膜、管式膜、卷式膜、螺旋膜、以及中空纤维膜中的一种或多种。
52. 根据权利要求 48 所述的循环处理设备，其特征在于，所述截留模块为切向流过滤模块。
53. 根据权利要求 48 所述的循环处理设备，其特征在于，所述截留组件将截留模块分隔形成第一侧与第二侧，所述循环包括以下至少一种：

所述管路入口及出口连通于所述第一侧的第一代谢循环模块，具有连通所述管路的至少一进流口及连通所述第二侧的至少一排流口；

所述管路入口及出口连通于所述第二侧的第二代谢循环模块，具有连通所述第一侧的至少一进流口及连通所述第一侧的至少一排流口。

54. 根据权利要求 53 所述的循环处理设备，其特征在于，在所述第一代谢循环模块中，待处理流体从进流口加入所述循环后由驱动装置驱动至所述截留模块。
55. 根据权利要求 48 所述的循环处理设备，其特征在于，所述驱动装置控制所述管路中流体以预设流速流动以令所述催化单元通过所述截留模块流动至所述管路。
56. 根据权利要求 55 所述的循环处理设备，其特征在于，所述预设流速与催化单元结构、流体成分、流体温度、截留组件结构、截留组件材料、截留模块腔体结构、管路管径、以及流体交换效率中的至少一者相关。
57. 根据权利要求 48 所述的循环处理设备，其特征在于，所述截留组件对应的平均孔径或分子截留量与所述催化单元、目标物质、以及目标产物中的至少一种相关。
58. 根据权利要求 44 所述的循环处理设备，其特征在于，所述循环模块包括加样装置，用于向所述管路中添加、补充或替换反应底物、药物、或催化单元。
59. 根据权利要求 58 所述的循环处理设备，其特征在于，所述加样装置包括连通所述管路的至少一加样口，或，所述加样装置为适配于注射形式的部件。
60. 根据权利要求 44 所述的循环处理设备，其特征在于，所述循环模块还包括汇集装置，所述汇集装置具有汇集腔体，用于令所述循环式催化单元、流体余量和待处理液体混合，以使催化单元与目标物质接触。
61. 根据权利要求 60 所述的循环处理设备，其特征在于，所述汇集装置还用于设置加样口、排进气口、以及排液口中的至少一者。
62. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备，其特征在于，所述循环模块包括：
管路，具有入口及出口；
分离模块，包括分离组件以将所述分离模块分隔形成第一侧与第二侧，其中，分离模块第一侧的相对两端分别连通至少一进流口以及至少一排流口，分离模块第二侧的相对两端分别连通所述管路的入口及出口；
至少一驱动装置，设于所述管路，用于驱动管路中的流体以预设流速从入口流动至出口，以使分离循环模式下所述分离管路中的流体总量动态平衡。
63. 根据权利要求 62 所述的循环处理设备，其特征在于，将流体引入 N 个循环模块中进行处理，所述 N 个循环模块相互串联或/及并联，其中，N 为 2 以上正整数。
64. 根据权利要求 63 所述的循环处理设备，其特征在于，所述 N 个循环模块相互串联，顺应连接次序，所述 N 个循环模块的分离组件对应的平均孔径或分子截留量逐级递减。

65. 根据权利要求 62 所述的循环处理设备,其特征在于,所述分离组件为多孔膜或反渗透膜,其中,所述多孔膜包括微滤膜、超滤膜、以及纳滤膜。
66. 根据权利要求 65 所述的循环处理设备,其特征在于,所述分离组件包括平面膜、管式膜、卷式膜、螺旋膜、以及中空纤维膜中的一种或多种。
67. 根据权利要求 62 所述的循环处理设备,其特征在于,所述预设流速与目标物质、流体成分、流体温度、分离组件结构、分离组件材料、分离模块腔体结构、管路管径、以及流体交换效率中的至少一者相关。
68. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备,其特征在于,包括 N 个循环模块,所述 N 个循环模块对应的 N 组处理单元分别对流体中不同分子或分子组合进行处理,以令流体中不同组分在所述 N 个循环模块中分布处理;其中,N 为 2 以上正整数。
69. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备,其特征在于,包括 N 个循环模块,其中,所述 N 个循环模块相互串联,流体中特定分子或分子组合在所述 N 个循环模块对应的 N 组处理单元作用下进行连续反应,顺应所述 N 个循环模块的连接次序,在前循环模块中经处理单元作用生成的中间产物为在后循环模块中的待处理底物;其中,N 为 2 以上正整数。
70. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备,其特征在于,所述流体包含目标物质,所述流体包括血液、血浆、血清、体液、组织液、清洗液、透析液、重组蛋白溶液、细胞培养液、微生物培养液、制药及医疗用水、药液、流体食品、动植物提取液、天然水、工业废水、以及再生水中的一种或多种的混合物。
71. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备,其特征在于,所述循环处理设备的进流口与排流口连接至同一存储部,其中,所述存储部包括容器、存储设备、人体、以及动物体。
72. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备,其特征在于,还包括至少一处理模块,用于对所述流体处理装置中的流体预处理或再处理,其中,所述预处理或再处理包括过滤处理、吸附处理、加热处理、催化处理、富集处理、浓缩处理、化学处理、光学处理、以及电学处理中的至少一种处理。
73. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备,其特征在于,还包括控制装置、流体存储装置、限流装置、流速检测装置、压力检测装置、温度检测装置、控温装置、氧气检测装置、气泡检测及排除装置、报警装置、以及浓度检测装置中的至少一种。
74. 根据权利要求 73 所述的循环处理设备,其特征在于,所述控制装置基于流速检测装置、压力检测装置、以及浓度检测装置中的至少一者形成对所述管路内部工作状态的调整信息。

75. 根据权利要求 40 所述的循环处理设备，其特征在于，所述流体处理方法通过选择性清除或生成特定分子或分子组合，以控制流体中的分子组成和浓度而用于疾病治疗或健康监控，其中，所述疾病包括家族性高胆固醇血症、高脂蛋白血症、系统性红斑狼疮、自免疫性疾病、重症肌无力、急进性肾小球肾炎、脂肪肝、肝硬化、急性肝衰竭、高脂血症重症急性胰腺炎、脓毒症、吉兰-巴雷综合征、肥胖、苯丙酮尿症、粘多糖蓄积症、低碱性磷酸酶血症、遗传性高血氨、高尿酸血症、痛风、高血糖、尿酮症、以及糖尿病中的至少一种。
76. 一种循环处理系统，其特征在于，包括：
- 至少一个如权利要求 40-75 任一项所述的循环处理设备；
- 管路系统，包括流体引出管路及流体输回管路。
77. 根据权利要求 76 所述的循环处理系统，其特征在于，所述管路系统还包括抗凝系统、控制装置、流体存储装置、压力检测装置、温度检测装置、控温装置、氧气检测装置、气泡检测及排除装置、报警装置、限流装置、以及浓度检测装置中的至少一种。
78. 根据权利要求 76 所述的循环处理系统，其特征在于，为体外循环代谢系统，其中，所述流体引出管路用于从体内引出待处理流体，所述流体输回管路用于将处理后流体回输至体内。
79. 根据权利要求 78 所述的循环处理系统，其特征在于，通过酶或酶制剂作用于引出体外的待处理流体以选择性清除或生成特定分子或分子组合并避免酶或酶制剂进入人体或动物体，以控制人体或动物体内体液中分子组成和浓度。
80. 一种医疗设备，其特征在于，包括：如权利要求 76-79 任一项所述的循环处理系统。
81. 根据权利要求 80 所述的医疗设备，其特征在于，通过选择性清除或生成特定分子或分子组合，以控制流体中的分子组成和浓度而用于疾病治疗或健康监控，其中，所述疾病包括家族性高胆固醇血症、高脂蛋白血症、系统性红斑狼疮、自免疫性疾病、重症肌无力、急进性肾小球肾炎、脂肪肝、肝硬化、急性肝衰竭、高脂血症重症急性胰腺炎、脓毒症、吉兰-巴雷综合征、肥胖、苯丙酮尿症、粘多糖蓄积症、低碱性磷酸酶血症、遗传性高血氨、高尿酸血症、痛风、高血糖、尿酮症、以及糖尿病中的至少一种。
82. 根据权利要求 80 所述的医疗设备，其特征在于，所述医疗设备通过药物联合以用于疾病治疗。
83. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，存储至少一种程序，所述至少一种程序被处理器执行时实现如权利要求 1-39 任一项所述的流体处理方法。

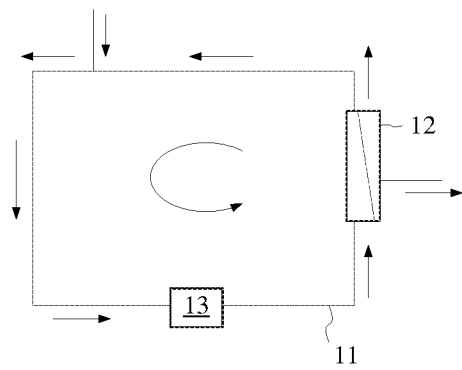


图 1

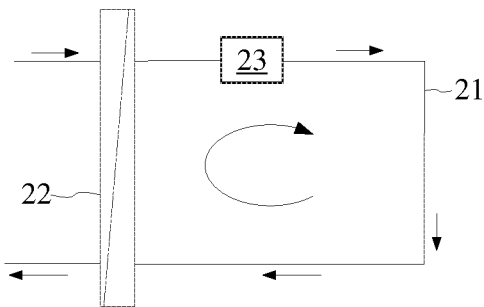


图 2

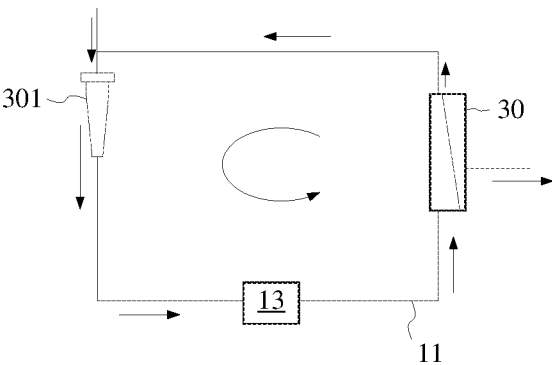


图 3

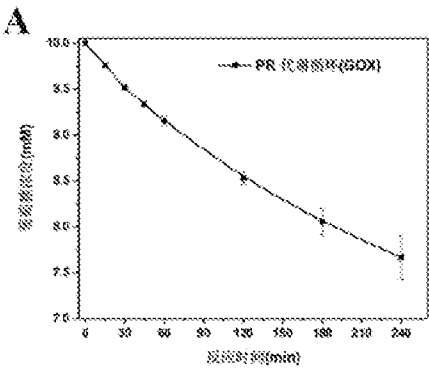


图 4

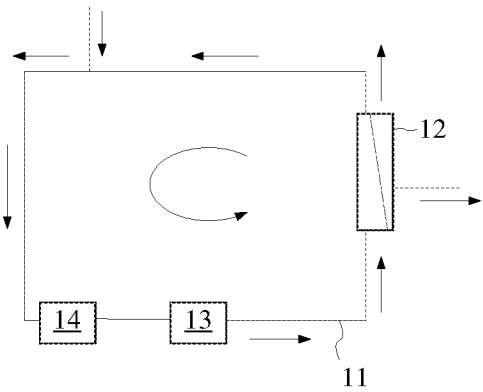


图 5

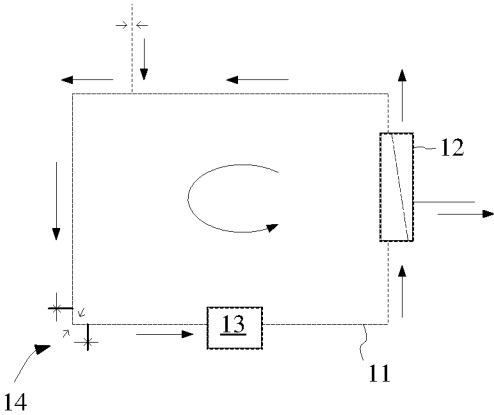


图 6a

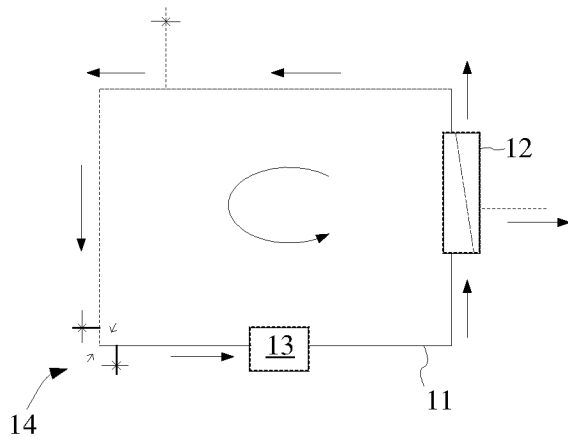


图 6b

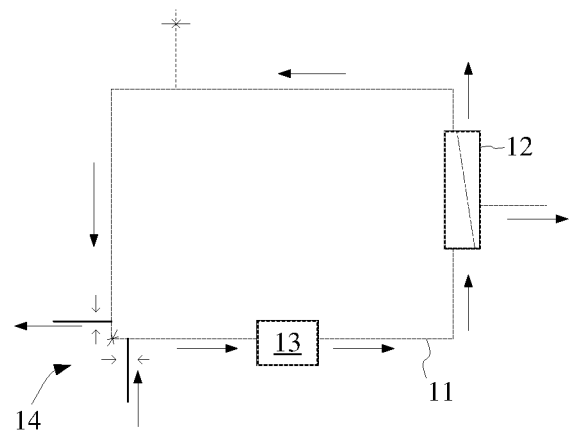


图 6c

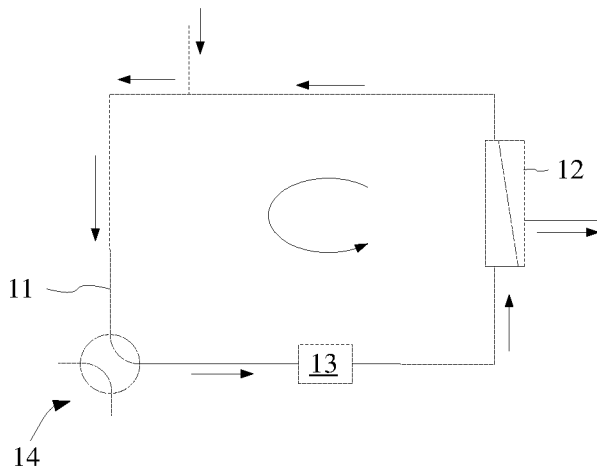


图 7a

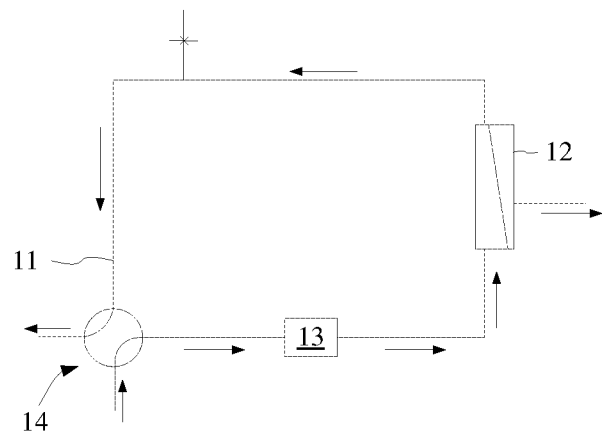


图 7b

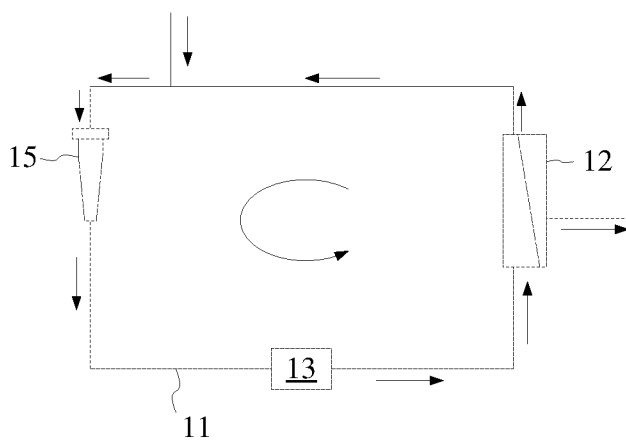


图 8

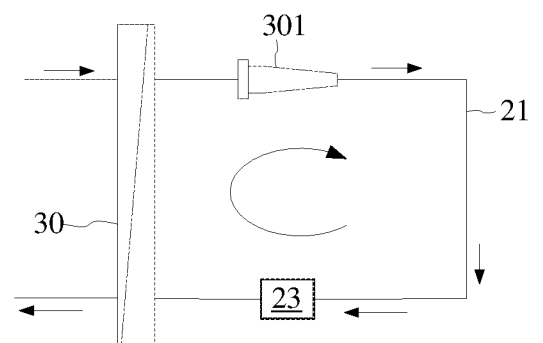


图 9

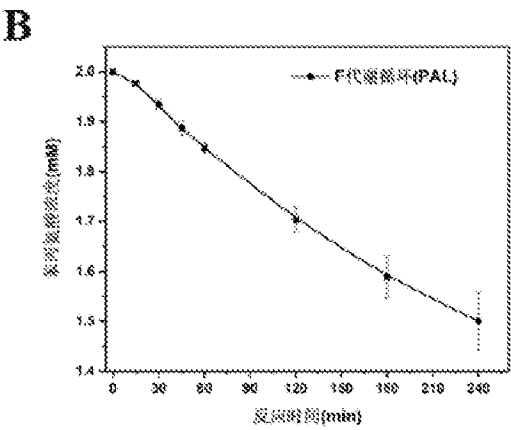


图 10

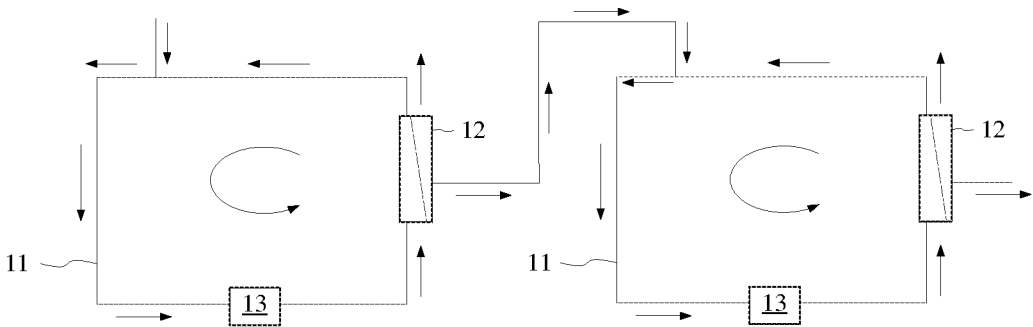


图 11

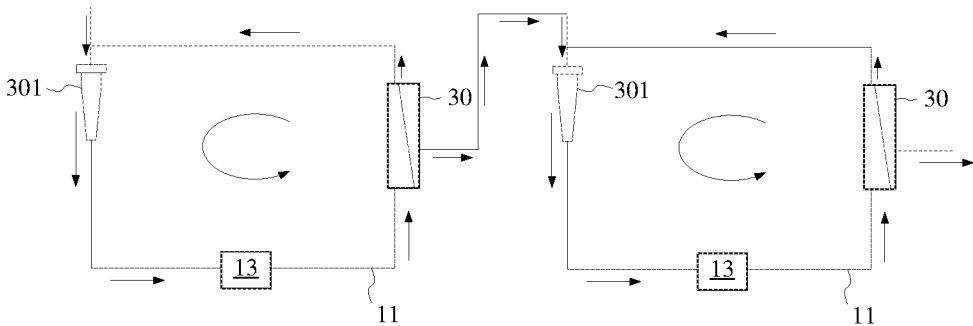


图 12

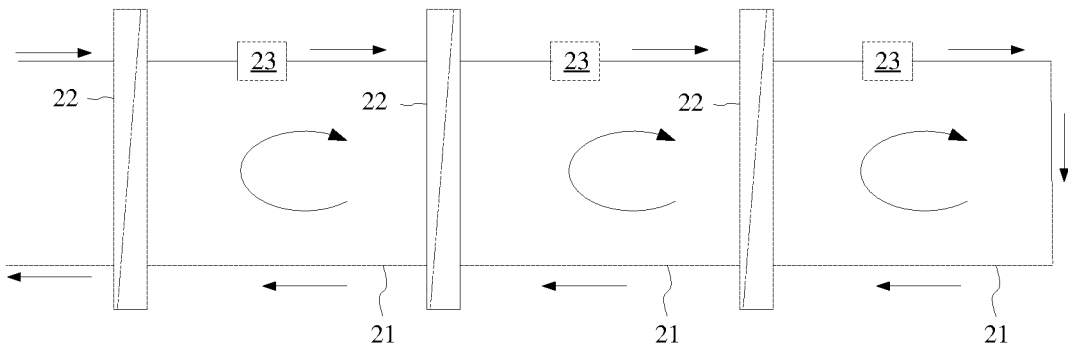


图 13

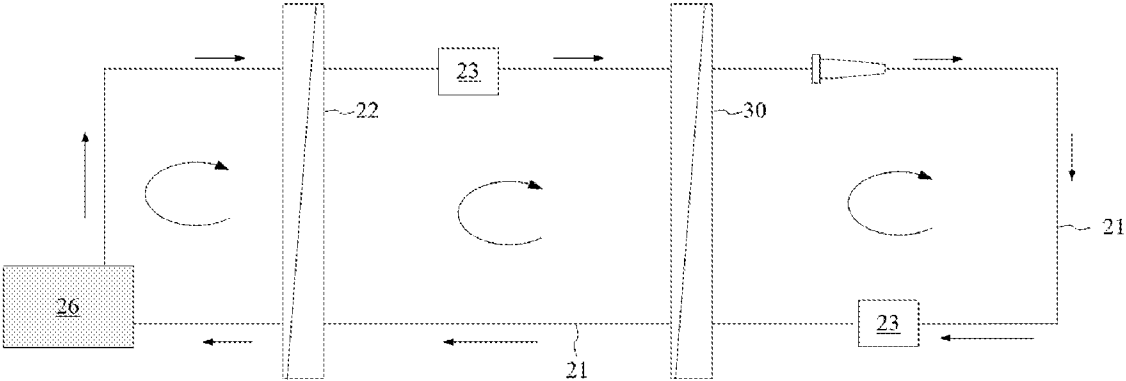


图 14

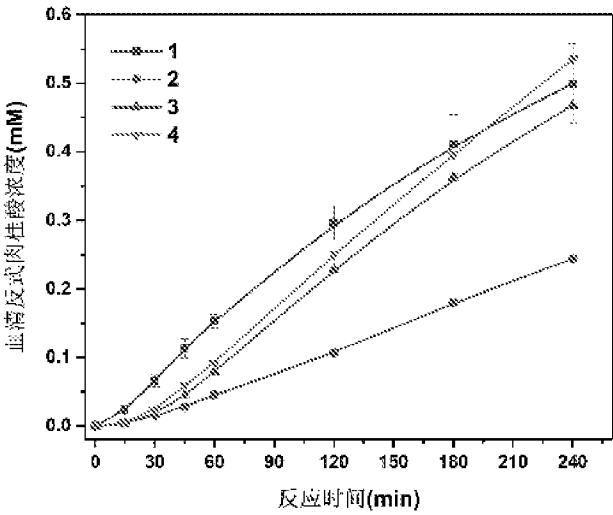


图 15

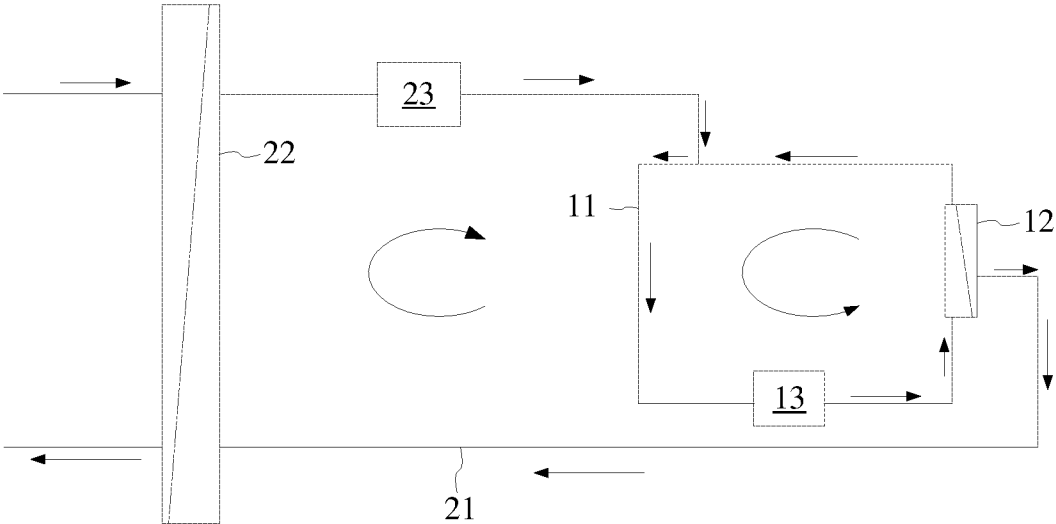


图 16

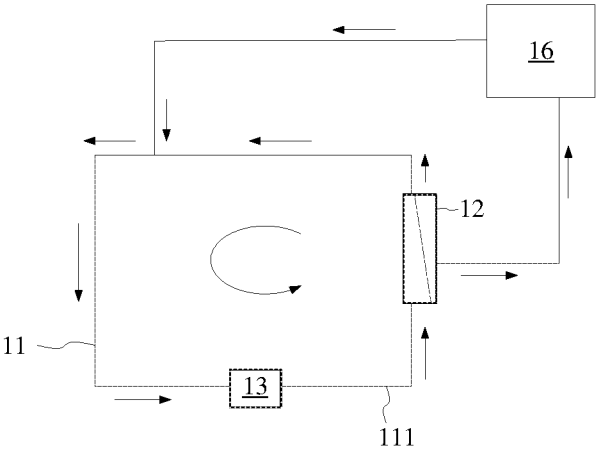


图 17

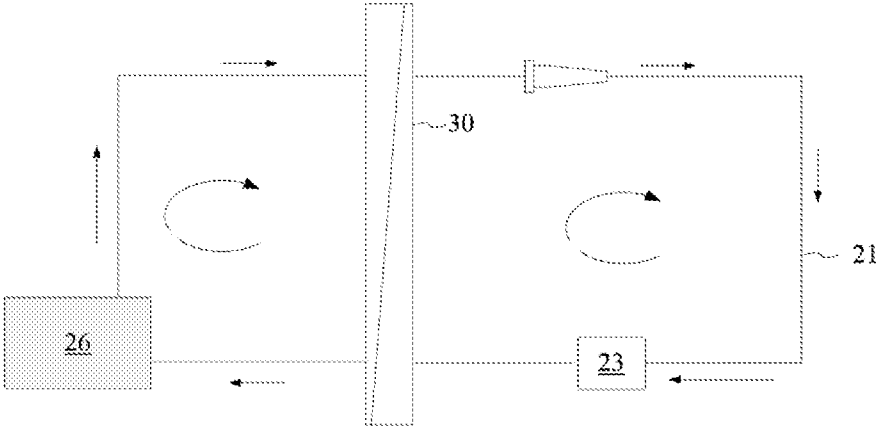


图 18a

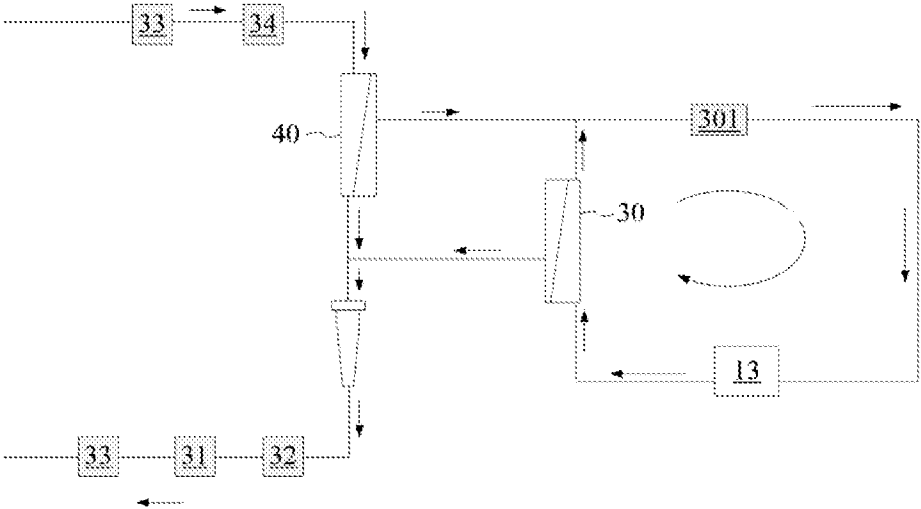


图 18b

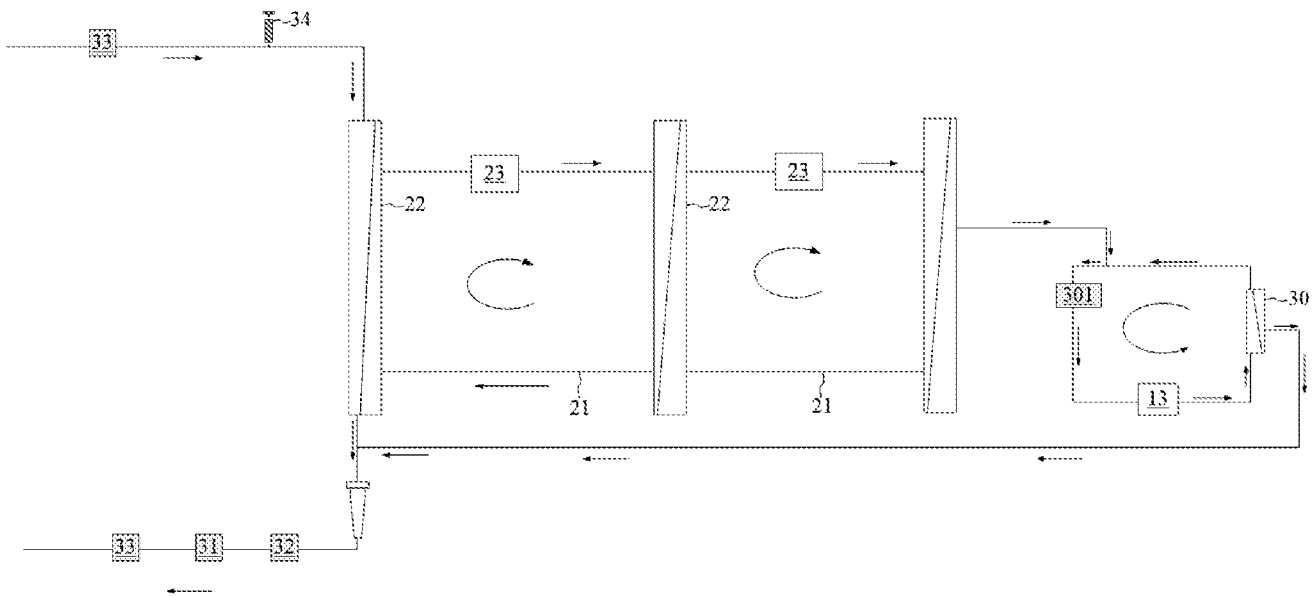


图 19

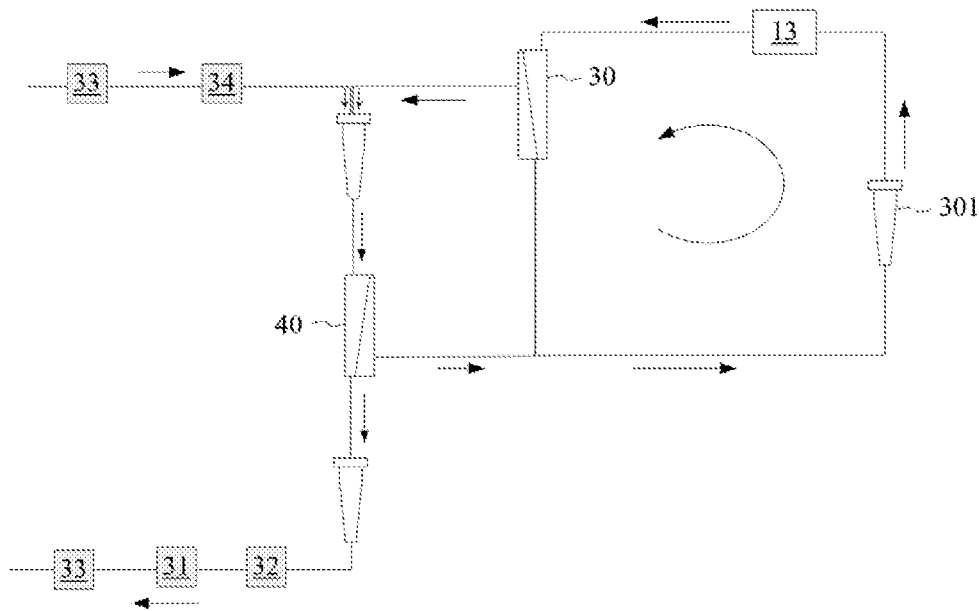


图 20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/111885

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61M 1/36(2006.01)i; A61M 1/38(2006.01)i; A61M 1/16(2006.01)i; A61M 1/00(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)

A61M

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)

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT: 心光生物医药, 李祥海, 李兰娟, 人工肾, 人工肺, 人工肝, 流体, 血液, 血浆, 血清, 组织液, 水, 过滤, 吸附, 催化, 加热, 富集, 透析, 循环, 酶, liquid, fluid, blood, plasma, circul+, filtra+, filter, adsorb+, heat+, cataly+, dialy+, enzyme

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102378636 A (FRESENIUS MEDICAL CARE DEUTSCHLAND GMBH) 14 March 2012 (2012-03-14) description paragraphs [0018]-[0048], figure 1	1-83
Y	CN 103732271 A (WANG, Tianxin et al.) 16 April 2014 (2014-04-16) description, paragraphs [0093]-[0123], and figure 1	1-83
A	CN 1572332 A (FRESENIUS MEDICAL CARE DE GMBH) 02 February 2005 (2005-02-02) entire document	1-83
A	CN 104225698 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 24 December 2014 (2014-12-24) entire document	1-83
A	CN 105916532 A (ICINNOVATION BV) 31 August 2016 (2016-08-31) entire document	1-83
A	CN 106039448 A (WENG, Binghuan) 26 October 2016 (2016-10-26) entire document	1-83
A	EP 0382772 B1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 10 March 1993 (1993-03-10) entire document	1-83



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

29 April 2021

Date of mailing of the international search report

17 May 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/CN2020/111885

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4508622 A (FRESENIUS AG) 02 April 1985 (1985-04-02) entire document	1-83

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/111885

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102378636	A	14 March 2012	ES	2682052	T3	18 September 2018
				EP	2413991	B1	02 May 2018
				CN	102378636	B	17 September 2014
				WO	2010112223	A1	07 October 2010
				EP	2413991	A1	08 February 2012
				JP	5719345	B2	20 May 2015
				US	8764987	B2	01 July 2014
				US	2012018379	A1	26 January 2012
				JP	2012521816	A	20 September 2012
CN	103732271	A	16 April 2014	US	2015283318	A1	08 October 2015
				WO	2012142180	A1	18 October 2012
				CN	103732271	B	30 November 2016
CN	1572332	A	02 February 2005	JP	4476023	B2	09 June 2010
				EP	1481700	A1	01 December 2004
				ES	2448569	T3	14 March 2014
				JP	2004358243	A	24 December 2004
				KR	20040103478	A	08 December 2004
				US	7846121	B2	07 December 2010
				DE	10324668	A1	23 December 2004
				EP	1481700	B1	22 January 2014
				US	2005015040	A1	20 January 2005
				CN	100393371	C	11 June 2008
				KR	101180591	B1	06 September 2012
CN	104225698	A	24 December 2014	CN	104225698	B	13 April 2016
CN	105916532	A	31 August 2016	WO	2015060716	A1	30 April 2015
				EP	2862584	A1	22 April 2015
				CN	105916532	B	10 July 2018
				JP	2016538027	A	08 December 2016
				US	2016250404	A1	01 September 2016
				EP	2862584	B1	20 March 2019
				JP	6499645	B2	10 April 2019
				US	9878084	B2	30 January 2018
CN	106039448	A	26 October 2016	CN	106039448	B	08 March 2019
EP	0382772	B1	10 March 1993	JP	H03502054	A	16 May 1991
				JP	2761013	B2	04 June 1998
				DE	3879220	T2	07 October 1993
				AT	86498	T	15 March 1993
				US	5232696	A	03 August 1993
				EP	0382772	A1	22 August 1990
				CA	1336814	C	29 August 1995
				WO	8902748	A1	06 April 1989
				DE	3879220	D1	15 April 1993
US	4508622	A	02 April 1985	JP	S5957662	A	03 April 1984
				DE	3223051	C2	13 September 1984
				DE	3223051	A1	29 December 1983
				JP	H0214853	B2	10 April 1990

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/111885

A. 主题的分类 A61M 1/36(2006.01)i; A61M 1/38(2006.01)i; A61M 1/16(2006.01)i; A61M 1/00(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) A61M 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)) WPI, EPDOC, CNKI, CNPAT: 心光生物医药, 李祥海, 李兰娟, 人工肾, 人工肺, 人工肝, 流体, 血液, 血浆, 血清, 组织液, 水, 过滤, 吸附, 催化, 加热, 富集, 透析, 循环, 酶, liquid, fluid, blood, plasma, circul+, filtra+, filter, adsorb+, heat+, cataly+, dialy+, enzyme																										
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>Y</td> <td>CN 102378636 A (弗雷森纽斯医疗护理德国有限责任公司) 2012年 3月 14日 (2012 - 03 - 14) 说明书第[0018]-[0048]段, 图1</td> <td>1-83</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103732271 A (王天欣 等) 2014年 4月 16日 (2014 - 04 - 16) 说明书[0093]-[0123]段, 图1</td> <td>1-83</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1572332 A (富瑞森尼尔斯医护德国有限公司) 2005年 2月 2日 (2005 - 02 - 02) 全文</td> <td>1-83</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104225698 A (西安交通大学) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 全文</td> <td>1-83</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105916532 A (IC创新有限公司) 2016年 8月 31日 (2016 - 08 - 31) 全文</td> <td>1-83</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106039448 A (翁炳焕) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 全文</td> <td>1-83</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 0382772 B1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 1993年 3月 10日 (1993 - 03 - 10) 全文</td> <td>1-83</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	Y	CN 102378636 A (弗雷森纽斯医疗护理德国有限责任公司) 2012年 3月 14日 (2012 - 03 - 14) 说明书第[0018]-[0048]段, 图1	1-83	Y	CN 103732271 A (王天欣 等) 2014年 4月 16日 (2014 - 04 - 16) 说明书[0093]-[0123]段, 图1	1-83	A	CN 1572332 A (富瑞森尼尔斯医护德国有限公司) 2005年 2月 2日 (2005 - 02 - 02) 全文	1-83	A	CN 104225698 A (西安交通大学) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 全文	1-83	A	CN 105916532 A (IC创新有限公司) 2016年 8月 31日 (2016 - 08 - 31) 全文	1-83	A	CN 106039448 A (翁炳焕) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 全文	1-83	A	EP 0382772 B1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 1993年 3月 10日 (1993 - 03 - 10) 全文	1-83
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
Y	CN 102378636 A (弗雷森纽斯医疗护理德国有限责任公司) 2012年 3月 14日 (2012 - 03 - 14) 说明书第[0018]-[0048]段, 图1	1-83																								
Y	CN 103732271 A (王天欣 等) 2014年 4月 16日 (2014 - 04 - 16) 说明书[0093]-[0123]段, 图1	1-83																								
A	CN 1572332 A (富瑞森尼尔斯医护德国有限公司) 2005年 2月 2日 (2005 - 02 - 02) 全文	1-83																								
A	CN 104225698 A (西安交通大学) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 全文	1-83																								
A	CN 105916532 A (IC创新有限公司) 2016年 8月 31日 (2016 - 08 - 31) 全文	1-83																								
A	CN 106039448 A (翁炳焕) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 全文	1-83																								
A	EP 0382772 B1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 1993年 3月 10日 (1993 - 03 - 10) 全文	1-83																								
☒ 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 4月 29日		2021年 5月 17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		董春艳 电话号码 86-(10)-53962623																								

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	US 4508622 A (FRESENIUS AG) 1985年 4月 2日 (1985 - 04 - 02) 全文	1-83

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/111885

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	102378636	A	2012年 3月 14日	ES	2682052	T3	2018年 9月 18日
				EP	2413991	B1	2018年 5月 2日
				CN	102378636	B	2014年 9月 17日
				WO	2010112223	A1	2010年 10月 7日
				EP	2413991	A1	2012年 2月 8日
				JP	5719345	B2	2015年 5月 20日
				US	8764987	B2	2014年 7月 1日
				US	2012018379	A1	2012年 1月 26日
				JP	2012521816	A	2012年 9月 20日
CN	103732271	A	2014年 4月 16日	US	2015283318	A1	2015年 10月 8日
				WO	2012142180	A1	2012年 10月 18日
				CN	103732271	B	2016年 11月 30日
CN	1572332	A	2005年 2月 2日	JP	4476023	B2	2010年 6月 9日
				EP	1481700	A1	2004年 12月 1日
				ES	2448569	T3	2014年 3月 14日
				JP	2004358243	A	2004年 12月 24日
				KR	20040103478	A	2004年 12月 8日
				US	7846121	B2	2010年 12月 7日
				DE	10324668	A1	2004年 12月 23日
				EP	1481700	B1	2014年 1月 22日
				US	2005015040	A1	2005年 1月 20日
				CN	100393371	C	2008年 6月 11日
				KR	101180591	B1	2012年 9月 6日
CN	104225698	A	2014年 12月 24日	CN	104225698	B	2016年 4月 13日
CN	105916532	A	2016年 8月 31日	WO	2015060716	A1	2015年 4月 30日
				EP	2862584	A1	2015年 4月 22日
				CN	105916532	B	2018年 7月 10日
				JP	2016538027	A	2016年 12月 8日
				US	2016250404	A1	2016年 9月 1日
				EP	2862584	B1	2019年 3月 20日
				JP	6499645	B2	2019年 4月 10日
				US	9878084	B2	2018年 1月 30日
CN	106039448	A	2016年 10月 26日	CN	106039448	B	2019年 3月 8日
EP	0382772	B1	1993年 3月 10日	JP	H03502054	A	1991年 5月 16日
				JP	2761013	B2	1998年 6月 4日
				DE	3879220	T2	1993年 10月 7日
				AT	86498	T	1993年 3月 15日
				US	5232696	A	1993年 8月 3日
				EP	0382772	A1	1990年 8月 22日
				CA	1336814	C	1995年 8月 29日
				WO	8902748	A1	1989年 4月 6日
				DE	3879220	D1	1993年 4月 15日
US	4508622	A	1985年 4月 2日	JP	S5957662	A	1984年 4月 3日
				DE	3223051	C2	1984年 9月 13日
				DE	3223051	A1	1983年 12月 29日
				JP	H0214853	B2	1990年 4月 10日