



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111252908 A

(43)申请公布日 2020.06.09

(21)申请号 202010126407.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.05.21

C02F 3/34(2006.01)

(30)优先权数据

C02F 3/30(2006.01)

62/001,241 2014.05.21 US

C02F 3/12(2006.01)

C02F 9/14(2006.01)

(62)分案原申请数据

C02F 101/16(2006.01)

201580036304.6 2015.05.21

C02F 101/30(2006.01)

(71)申请人 那沃达有限责任公司

地址 美国北卡罗来纳州

(72)发明人 戴维·奥斯汀 布鲁斯·约翰逊

乔舒亚·P·博尔茨

格伦·T·戴格尔

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 吴小明

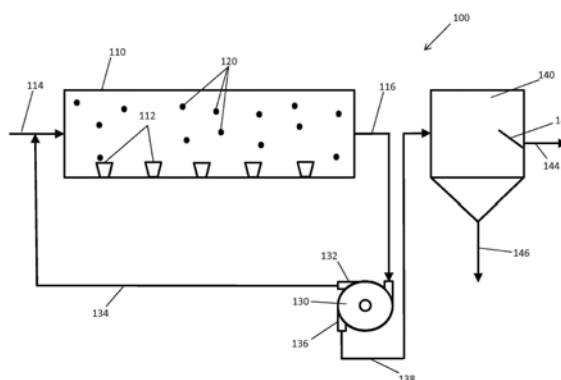
权利要求书2页 说明书20页 附图6页

(54)发明名称

生物膜介质、处理系统以及处理方法

(57)摘要

本文描述了采用可移动负载生物膜处理污水的系统和方法。所述处理系统包括生物反应器,布置在所述生物反应器内的可流动生物膜,和与所述生物反应器附接的固-固分离装置。所述固-固分离装置适于接纳来自所述生物反应器的流出物流,其中所述流出物含有所述可流动生物膜,并且将所述可流动生物膜的至少一部分与所述流出物分离并使其返回至所述生物反应器。



1. 一种处理污水的方法,所述方法包括:
 - (a) 向第一生物反应器添加第一生物反应器流入物和可流动生物膜;
 - (b) 提供这样的条件,所述条件适合用于所述可流动生物膜生化转化所述第一生物反应器流入物中的一种或多种污染物以形成至少包含所述可流动生物膜、水和残余固体物质的第一生物反应器流出物;
 - (c) 在液-固分离装置中从所述第一生物反应器流出物的第一部分中分离水以形成底流;
 - (d) 在固-固分离装置中从所述第一生物反应器流出物的第二部分中分离50%至100%的所述可流动生物膜以形成分离的可流动生物膜物流和残余固体物流;以及
 - (e) 将所述分离的可流动生物膜物流的一部分添加至所述第一生物反应器。
2. 权利要求1所述的方法,其中(a)进一步包括向所述第一生物反应器添加悬浮生长物。
3. 权利要求1所述的方法,其中所述分离是旋流分离。
4. 权利要求1所述的方法,所述方法进一步包括:
使所述底流的一部分返回至所述第一生物反应器。
5. 权利要求1所述的方法,所述方法进一步包括:
处置所述残余固体物流或使所述残余固体物流经受进一步处理。
6. 权利要求1所述的方法,其中在液-固分离装置中的所述分离包括在沉淀池中从所述第一生物反应器流出物的第一部分中分离水。
7. 权利要求1所述的方法,所述方法进一步包括处理或处置来自分离步骤的水。
8. 权利要求1所述的方法,其中所述可流动生物膜的所述分离是基于从所述第一生物反应器流出物的第二部分中待分离的可流动生物膜的目标密度和尺寸来分离所述可流动生物膜。
9. 权利要求1所述的方法,所述方法进一步包括将空气通过所述第一生物反应器中的扩散器引入所述第一生物反应器中。
10. 权利要求1所述的方法,其进一步在所述第一生物反应器中搅拌所述第一生物反应器流入物。
11. 权利要求1所述的方法,所述方法进一步包括使所述第一生物反应器流入物流过所述第一生物反应器中的两个或更多个区带。
12. 权利要求1所述的方法,所述方法进一步包括:
向第二生物反应器添加第二生物反应器流入物和所述分离的可流动生物膜物流的一部分;以及
提供这样的条件,所述条件适合用于添加至所述第二生物反应器的所述分离的可流动生物膜物流的一部分生化转化所述第二生物反应器流入物中的一种或多种污染物以形成包括所述分离的可流动生物膜的第二生物反应器流出物;以及
将所述第二生物反应器流出物传送至所述第一生物反应器。
13. 权利要求1所述的方法,所述方法进一步包括:
向第二生物反应器添加第二生物反应器流入物和所述分离的可流动生物膜物流的一部分;以及

提供这样的条件,所述条件适合用于添加至所述第二生物反应器的所述分离的可流动生物膜物流的一部分生化转化所述第二生物反应器流入物中的一种或多种污染物以形成包括所述分离的可流动生物膜的第二生物反应器流出物;以及
将所述第二生物反应器流出物与所述第一生物反应器流入物组合。

生物膜介质、处理系统以及处理方法

[0001] 本申请是申请日为2015年5月21日、发明名称为“生物膜介质、处理系统以及处理方法”的中国专利申请No.201580036304.6的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于2014年5月21日提交的名称为“生物膜介质处理系统和废水处理方”的美国申请号62/001,241的优先权权益,该申请通过引用合并于此。

技术领域

[0004] 本公开涉及用于采用可流动生物膜处理污水的系统和方法。

[0005] 背景

[0006] 水是对生命必不可少的重要天然资源。地球表面的大约71%被水占据。然而,地球上发现的水中仅2.5%被认为是淡水(即,不是盐水或微咸水;两者均不适合人类消费)。此外,这种淡水的98.8%包含在冰和地下水中。所有淡水中的不足0.3%可以见于地表水体诸如湖泊和河流中。污水对环境和公共卫生是有害的。因此,在发达国家诸如美国存在有监管污水处理和污水监测的规章制度。在全球,在发展中国家中正在出现用于处理和监测污水的类似标准。

[0007] 尽管取决于水污染物的来源和性质,但污水的处理涉及一系列处理步骤,所述步骤被配置成以最大的效率和最小的生命周期成本(即,用于典型地规定为20年的预定工作寿命的资本成本和运营成本的组合)满足特定的处理目标,或多个处理目标。污水包括但不限于再生水、饮用水、雨水、工业废水和城市废水。后者,即城市废水,例如既含有颗粒物又含有溶解的有机污染物和营养素-主要是大量养料氮和磷。用废水集中处理厂处理城市废水涉及四个主要过程组成部分:初步处理、一级处理、二级处理和三级处理。第一过程组成部分作用是去除大的、不可生物降解的颗粒物质并且被称为初步处理(例如,筛分和沉砂去除)。第二过程组成部分作用是去除容易沉降的有机颗粒物质和无机颗粒物质并且被称为一级处理。一级处理利用沉淀池或初级澄清池,和溶气浮选装置来实现。

[0008] 第三过程组成部分被称作二级处理且加入了生物废水处理过程。二级处理过程典型地包括生物学反应器或生物反应器,和液-固分离装置过程。同时,生物反应器和液-固分离装置过程(例如,沉淀池、溶气浮选、或膜)去除生物可降解有机物质(溶解的和颗粒状的)和悬浮的固体。当设计成这样工作时,生物反应器和液-固分离装置过程还能够去除营养素(例如,氮、磷、或氮和磷)。生物反应器维持形成和维持能够根据处理目标而生化氧化(例如,被量化为五天生化需氧量的有机污染物;BOD₅;氨水-氮,NH₃-N)或还原(例如,亚硝酸盐-氮,NO₂-N;硝酸盐-氮,NO₃-N)污水流中的污染物的细菌群所需的特定环境条件。液-固分离装置过程将生物反应器的流出物流中剩余的细菌和颗粒物质与经处理的水分离。细菌可以存在于生物絮体(即,悬浮生长)或存在于生物膜中。第四个过程组成部分是三级处理。许多三级处理过程的存在取决于处理目标并且可以包括化学增强的三级澄清(用于去除磷)、颗粒介质过滤(例如,利用砂滤器)、或高级氧化过程。在排出流出物流之前对废水处理厂流出物的灭菌可以利用氯或紫外线来实现,以确定成对的灭菌备选方案并且典型地包括在三

级处理的定义中。

[0009] 溶解的有机化合物的生化转化,即,以城市废水集中处理厂为典型特征的第三过程组成部分最常见的使用悬浮生长法(即,活性污泥法的变化形式)来进行。悬浮生长法包括将污水流中的污染物(典型地为有机物质以及营养素氮和磷)生化转化成生物质和其他反应副产物的微生物(如细菌)。

[0010] 悬浮生长法可以被修改使得还存在生物膜。在这种情况下,所述方法进行区室划分,且各个细菌形式被称作悬浮生长室和生物膜室。生物膜是在各种表面上形成并且包被所述各种表面的微生物(如细菌)的薄的、通常有抗力的层。其上有生物膜生长的表面已知是底层(substratum)。生物膜典型地用于氧化可容易生物降解的有机物质(或可以容易地在生物膜中扩散的有机物质)和/或氧化或还原来自污水的含氮化合物,单独地使用或与单一生物反应器中的悬浮生长组合使用。当与悬浮生长室结合使用时,形成用以支持生长缓慢的细菌的生长的生物膜区域,否则所述细菌不会在悬浮生长室所特有的固体滞留期以显著的量存在于悬浮生长室中。一起使用悬浮生长室和生物膜室使得工艺满足一个或多个处理目标,否则所述工艺将需要额外的生物反应器体积和二次沉淀池面积。由此,避免了由于增加中间贮槽和加工机械设备所需的建筑物和土地所产生的资本成本,这典型地产生了大量的成本节约。

[0011] 在其他情况下,生物膜的提供和维持产生了更持久的微生物群,这最大化了污水处理效率和一致性。仅使用生物膜室的生物反应器包括滴滤池(TF)、生物转盘(RBC)、生物活性滤器(BAF)、移动床生物膜反应器(MBBR)、流化床生物膜反应器(FBBR)、颗粒污泥反应器(GSR)和膜生物膜反应器(MBfR)。利用悬浮生长室和生物膜室两者的系统通常称作集成固定膜活性污泥(IFAS)法。用来处理污水的生物膜的底层包括粉末状天然木质纤维素材料、砂(颗粒状生物膜)、不可生物降解的细菌材料(即,颗粒污泥),和人造材料诸如聚苯乙烯和高密度聚乙烯。

[0012] Skillicorn的美国专利号7,481,934描述了当与用于污水处理的活性污泥法中的悬浮生长组合使用时充当用于生物膜生长的可生物降解吸附剂和底层两者的洋麻纤维(一种粉末状天然木质纤维素材料)的用途。该生物膜允许在液-固分离装置(假设是沉淀池)中与悬浮生长物一起沉降,接收生物反应器流出物。在一些情况下,液-固分离过程由化学絮凝法(即,化学强化澄清法)辅助,并且将生物膜/悬浮生长物混合物与经处理的水分离。在其他情况下,生物膜/悬浮生长物混合物中的一些作为用于额外处理周期的接种物返回至生物反应器流入物(即,经由回流活性污泥物流)。

[0013] Brown的美国专利公开号2013/0233,792和2013/0233,794描述了使用木质纤维素纤维,诸如洋麻纤维来形成含有需氧菌和厌氧菌两者的生物膜。例如,含有需氧带和厌氧带两者的生物膜可以支持氨氧化细菌(AOB)在需氧带中以及厌氧氨氧化细菌(Anammox)在厌氧带中的繁殖;因此,生物膜可以在单一生物反应器中将氨-氮转化成氮气,而不用再循环和提供外来碳源。生物膜允许与液-固分离装置法中的悬浮生长物一起沉降。不进行生物膜与其他固体的分离。

[0014] Veolia Water Solutions&Technologies销售 ANOXKALDNES® MBBR和复合式生物膜-活性污泥(HYBAS®)工艺。这两种工艺包括自由移动的塑料生物膜载体,所述塑料生物膜载体保留在带有由楔形丝或穿孔板构造而成的不锈钢筛网的特定的生物反应

器,或生物反应器带中。所述筛网与需氧带中的不锈钢中等气泡扩散器和/或缺氧带中的弯曲叶片混合机一起包括在工艺包中。所述自由移动的塑料生物膜载体典型的大小范围为直径10-50mm,并且类似蜂巢。所述自由移动的塑料生物膜载体永久地保留在生物反应器内。

发明内容

[0015] 本文公开了一种处理系统,其包括:生物反应器,所述生物反应器包括适于接纳具有一种或多种污染物的流入物的进口,布置在其中的可流动生物膜,和适于分配包含所述可流动生物膜的生物反应器流出物的出口;和固-固分离装置,所述固-固分离装置与所述生物反应器出口附接且适于接纳至少一部分所述生物反应器流出物并将所述至少一部分生物反应器流出物分离成包含可流动生物膜的物流和包含残余固体的物流,并且使所述包含所述可流动生物膜的物流返回至所述生物反应器。在一些实施方案中,生物反应器包括需氧条件、缺氧条件、厌氧条件,或其两种或更多种的组合。在一些实施方案中,固-固分离装置包括与生物反应器出口流体联通的进口,用于分配包含可流动生物膜的物流的第一出口和用于分配包含残余固体的物流的第二出口。在一些实施方案中,固-固分离装置包括水力旋流器。

[0016] 在一些实施方案中,所述处理系统进一步包括液-固分离装置,所述液-固分离装置适于接纳来自水力旋流器的包括残余固体的物流并且进一步将所述物流分离成二级流出物和底流。在一些实施方案中,所述处理系统进一步包括被布置成在生物反应器出口和水力旋流器之间流体联通的液-固分离装置,所述液-固分离装置适于接纳所述生物反应器流出物并且将所述生物反应器流出物分离成二级流出物部分和底流部分,其中所述水力旋流器适于接纳并分离所述生物反应器流出物的底流部分的至少一部分。在一些这样的实施方案中,底流被分成第一底流部分和第二底流部分,其中所述第一底流部分返回至所述生物反应器,且所述第二底流部分被引导到水力旋流器。

[0017] 在处理系统的一些实施方案中,生物反应器流出物被分成第一生物反应器流出物和第二生物反应器流出物,其中液-固分离装置适于接纳所述第一生物反应器流出物并将所述第一生物反应器流出物分离成二级流出物部分和底流部分,并将所述底流部分引导到所述生物反应器;以及所述水力旋流器适于接纳所述第二生物反应器流出物并将所述第二生物反应器流出物分离成可流动生物膜部分和残余固体部分,并将所述可流动生物膜部分引导到所述生物反应器。

[0018] 在处理系统的一些实施方案中,可流动生物膜包括木质纤维素粒子或生物颗粒。在处理系统的一些实施方案中,包括可流动生物膜的物流包括存在于被所述水力旋流器接纳的所述生物反应器流出物部分中的50%-100%的所述可流动生物膜。

[0019] 在处理系统的一些实施方案中,生物反应器是第一生物反应器,且所述系统进一步包括第二生物反应器,所述第二生物反应器被布置成在所述水力旋流器和所述第一生物反应器之间流体联通并适于接纳来自所述水力旋流器的所述可流动生物膜物流,所述第二生物反应器具有用于接纳所述可流动生物膜物流的第一进口,用于接纳第二生物反应器流入物的第二进口,和用于分配第二流出物的出口,其中所述二级流出物被引导到所述第一生物反应器。在一些这样的实施方案中,第一和第二生物反应器流入物是不同的。在一些这样的实施方案中,所述二级生物反应器包括需氧条件、缺氧条件、厌氧条件,或其两种或多

种的组合。在一些这样的实施方案中,所述处理系统进一步包括第三生物反应器,所述第三生物反应器适于接纳来自所述水力旋流器的所述包含残余固体的物流,所述第三生物反应器具有用于接纳所述包含残余固体的物流的第一进口,用于接纳第三生物反应器流入物的第二进口,和用于分配第三流出物的出口。在一些这样的实施方案中,第三生物反应器流入物与第一和第二生物反应器流入物是不同的。

[0020] 在一些实施方案中,所述处理系统进一步包括第二生物反应器,所述第二生物反应器适于接纳来自水力旋流器的所述包含残余固体的物流,所述第二生物反应器具有用于接纳所述包含残余固体的物流的第一进口,用于接纳第二生物反应器流入物的第二进口,和用于分配第二流出物的出口。

[0021] 本文还公开了一种处理污水的方法,所述方法包括:(a)向第一生物反应器添加第一流入物和可流动生物膜;(b)提供适合用于所述可流动生物膜生化转化所述流入物中的一种或多种污染物以形成至少包含所述可流动生物膜、水和残余固体物质的流出物的条件;(c)从所述流出物的第一部分旋流分离50%-100%的所述可流动生物膜以形成分离的可流动生物膜物流和残余固体物流,并且使所述分离的可流动生物膜物流返回至所述第一生物反应器;以及(d)从所述流出物的第二部分分离大部分水以形成底流。

[0022] 在一些实施方案中,(a)进一步包括向所述第一生物反应器添加悬浮生长物。

[0023] 在一些实施方案中,所述方法以(a),(b),(c),(d)的次序执行,其中来自(c)的所述残余固体物流是(d)中流出物的第二部分,且进一步包括处置所述底流或使所述底流接受进一步处理。

[0024] 在其他实施方案中,所述方法以(a),(b),(d),(c)的次序执行,其中来自(d)的所述底流是(c)中所述流出物的第一部分,且进一步包括处置所述残余固体物流或使所述残余固体物流接受进一步处理。在一些这样的实施方案中,所述方法进一步包括把所述底流分成第一底流和第二底流,并且将所述第一底流引导至所述第一生物反应器,其中所述第二底流是(c)中所述流出物的所述第一部分。

[0025] 在一些实施方案中,所述方法以其中(c)和(d)同时执行的方式执行,并且所述方法进一步包括处置所述残余固体物流或使所述残余固体物流接受进一步处理;以及将所述底流引导至所述第一生物反应器。

[0026] 在一些实施方案中,所述方法进一步包括将所述分离的可流动生物膜物流引导至第二生物反应器,然后使其返回至所述第一生物反应器;以及向所述第二生物反应器添加第二流入物。在一些这样的实施方案中,所述方法进一步包括将所述残余固体物流引导至第三生物反应器;以及向所述第三生物反应器添加第三流入物。

[0027] 在一些实施方案中,所述方法进一步包括将所述残余固体物流引导至第二生物反应器;以及向所述第二生物反应器添加第二流入物。

[0028] 本发明的其他优势和新特征将部分地在下面的描述中提出,并且在审查了下列内容后这些其他优势和新特征对本领域专业技术人员来说部分地将是显而易见的,或可以在本发明的实施中通过常规试验来学习。

[0029] 附图简述

[0030] 图1是本发明的处理系统的第一实施方案的示意图。

[0031] 图2是本发明的处理系统的另一实施方案的示意图。

- [0032] 图3是本发明的处理系统的又一实施方案的示意图。
- [0033] 图4是本发明的处理系统的又一实施方案的示意图。
- [0034] 图5是本发明的处理系统的又一实施方案的示意图。
- [0035] 图6是本发明的处理系统的又一实施方案的示意图。

具体实施方式

[0036] 尽管本公开提供了对优选实施方案的参照,但本领域技术人员将认识到可以在不背离本发明的精神和范围的前提下在形式和细节上做出改变。将参照附图详细地描述各个实施方案,其中在数个视图中类似的参考数字均代表类似的部件和组装件。对各个实施方案的参照不限制附带的权利要求的范围。另外,在本说明书中给出的任何实施例不意在是限制性的,并且仅给出用于后附的权利要求的许多可能实施方案中的一些。

[0037] 定义

[0038] 如本文所用,术语“悬浮生长物”意指生物絮凝物,即,在水中悬浮的微生物(如细菌)的絮凝块。细菌是活的或死的,或其组合。絮凝物与可流动生物膜比较时是开放结构,并且不含有底层。

[0039] 如本文所用,术语“可流动生物膜”意指被底层支撑的生物膜,其中组合的生物膜和底层能够与水、残余固体以及存在的任何悬浮生长物一起移动到生物反应器中、之内和之外。生物膜底层本质上是颗粒物并且包括诸如粉末状木质纤维素材料、砂子、不可生物降解的细菌材料、以及由例如聚苯乙烯或高密度聚乙烯形成的合成颗粒物等这样的材料。

[0040] 如本文所用,术语“液-固分离装置”意指为从液体诸如水中基本上分离未溶解的、或悬浮的固体所采用的任何装置。这样的装置包括,但不限于,膜过滤装置、澄清(或沉降)池装置、颗粒介质过滤装置、溶气浮选装置、混凝澄清(或沉降)装置、离心机等。“液-固分离装置法”是由所选择的液-固分离装置执行的分离方法。

[0041] 如本文所用,术语“固-固分离装置”意指基于下面的因素为从液体或污泥物流中的其他未溶解的、或悬浮的固体基本上分离可流动生物膜所采用的任何装置,所述因素包括但不限于,向心力、流体阻力(拖拽力)、沉降速度以及颗粒特征诸如大小、形状和密度。这样的装置包括,但不限于,水力旋流器、斜板沉降器(lamella plate settlers)、筛网、筛子、角锥沉淀池(spitzkasten)(基于尺寸顺序地分离粒子的一系列角锥)、双锥选粒机、淘析器(立柱式)、鼓泡(发泡)室、和浮选室。在一些实施方案中,固-固分离装置包括两个以上这样的装置,其中所述装置是相同的或不同的;例如,串联配置的4个水力旋流器,或与鼓泡室耦联的浮选室,等等。“固-固分离装置法”是由所选择的固-固分离装置所执行的分离方法。

[0042] 如本文所用,术语“污泥”意指悬浮在生物反应器流出物流中的压紧的有机和无机颗粒状物质或使用液-固或固-固分离装置从其分离的压紧的有机和无机颗粒物质。所述颗粒状物质含有悬浮生长物和其他颗粒物。在一些实施方案中,污泥含有可流动生物膜。典型地,污泥被在液-固分离装置中执行的分离过程压紧,在所述分离过程中悬浮生长物和其他颗粒状物质从生物反应器流出物中分离。在一些实施方案中,一部分污泥作为进入生物反应器的流入物返回至生物反应器。在这样的实施方案中,这部分污泥被称作“回流活性污泥”或RAS。为了在生物反应器中维持稳定的悬浮生长块(典型地使用稳定的悬浮固体浓度

来验证),一部分污泥典型地以与细菌生长的速率相当的速率或收率被处置。可以将被处置的污泥在被处置之前接受进一步的一种或多种处理诸如增稠、消化和/或脱水。污泥增稠装置、消化装置、脱水装置和有时其他技术总称为固体管理设施。污泥的废弃部分被称作“废活性污泥”或WAS。

[0043] 如本文所用,术语“废固体”意指含有颗粒状物质(例如,脱落的生物膜碎片)的物流,该物流直接从生物反应器流出,不具有在液-固分离装置法中移除的颗粒状物质,或其是从液-固分离装置法流出的压紧固体。“废固体”是不借助于回流活性污泥物流来积聚悬浮生长物的系统所特有的。在一些实施方案中,使废固体接受进一步的一种或多种处理,然后进行处置。

[0044] 如本文所用,术语“生物反应器流入物”意指流进生物反应器的其中存在有一种或多种污染物(换句话说,排放污染物)的水。生物反应器流入物的来源包括,但不限于,再生水、饮用水、雨水、工业废水和城市废水。

[0045] 如本文所用,术语“生物反应器流出物”意指从生物反应器流出的已经不含有在液-固分离装置法中移除的颗粒状物质的水。构成生物反应器流出物流的水具有生物反应器流入物流中被细菌诱导的生化转化过程所氧化或还原的所有或部分污染物,所述生化转化过程由生物反应器中的一组特定环境条件(例如,温度、pH、溶解氧浓度和悬浮固体浓度)所引起。细菌作为可流动生物膜和任选的悬浮生长物存在。

[0046] 如本文所用,术语“二级流出物”意指大部分固体从中移除的生物反应器流出物,其中所述固体通过液-固分离装置诸如沉淀池与液体分离。

[0047] 如本文所用,术语“底流”意指从液-固分离装置法流出的压紧的悬浮固体,或污泥。在一些实施方案中,底流速率是生物反应器流出物流速减去二级流出物流速。在一些实施方案中,底流包含可流动生物膜。

[0048] 如本文所用,术语“经分离的可流动生物膜”意指通过固-固分离装置法与生物反应器流出物中的一种或多种其他固体分离的可流动生物膜。

[0049] 如本文所用,术语“生物反应器排出物”意指从生物反应器直接提取固体材料(包括悬浮生长物、可流动生物膜、残余固体和其他颗粒状材料)用于废弃而不是从液-固分离装置底流经由废活性污泥或WAS提取固体材料用于废弃。取决于处理目标和废水特征,内部排出物可以从生物反应器中的任何点提取,或如果生物反应器是分区的则从任何区带提取。

[0050] 如本文所用,术语“内部再循环”意指从特定位置(或分区生物反应器中的特定区带)提取悬浮固体(包括悬浮生长物、可流动生物膜、残余固体、和其他颗粒状材料),以及将这些悬浮的固体传送到生物反应器内部的另一位置(或分区生物反应器中的特定区带)。

[0051] 如本文所用,术语“需氧的”意指仅在氧的存在下是有生命的、有活性或存在的。

[0052] 如本文所用,术语“缺氧的”意指仅在缺少氧但基本上存在硝酸盐-氮和/或亚硝酸盐-氮的情况下是有生命的、有活性或存在的。

[0053] 如本文所用,术语“厌氧的”意指仅在缺少氧、硝酸盐-氮和亚硝酸盐-氮的情况下是有生命的、有活性的或存在的。

[0054] 如本文所用,术语“隔板”或“分区的”涉及生物反应器并且是指分成两个或更多个区带的生物反应器。区带被定义为生物反应器内具有与另一区带不同的条件的区域,其中

所述条件选自需氧、缺氧和厌氧条件。特定的生物反应器环境条件不限于是需氧的、缺氧的或厌氧的。在一些生物反应器区带中,环境条件在两种或多种不同的环境条件(例如,环境条件在预定的时期内是需氧的直至气流被终止,这导致环境成为厌氧的,直至气流被重新接入)之间周期地交替。在一些实施方案中,区带被物理分隔,例如,通过一个或多个隔板或隔壁。隔板包括堰墙、潜堰墙、幕布、或其他物理分隔装置。在一些实施方案中,一个或多个隔板被放置在平行于生物反应器中污水流动的方向的位置,从而形成平行的生物反应器。在其他实施方案中,一个或多个隔板被放置在垂直于生物反应器中废水流动的方向的位置,从而形成串联的生物反应器。在其他实施方案中,区带仅通过流来分隔,例如通过在生物反应器的上游部分不添加氧,在生物反应器的下游部分中添加氧。当下面提到分区生物反应器时包括这些分区的实施方案中的任一个,除非另外指明。本文所述的任何生物反应器可以是分区的生物反应器,无论其是否在特定的实施方案中已经被指明为是这样的生物反应器。就其他分区方案而言,特定的分区方案的代表性实例不限制实施方案,除非另外指明。

[0055] 如本文所用,修饰在描述本公开的实施方案中所采用的例如浓度、体积、加工时间、收率、流速、压力和类似数值的术语“大约”是指可以例如由于如下方面所发生的数量变化:用于制备化合物、组合物、浓缩物或使用配方的典型测量和处置步骤;由于这些步骤中的疏忽大意;通过用来执行所述方法的起始物料或成分的制造、来源或纯度的差异;和类似近似的考虑因素。术语“大约”还涵盖由于具有特定初始浓度或混合物的材料的老化所引起不同的量,以及由于混合或加工具有特定初始浓度或混合物的材料所引起不同的量。在被术语“大约”修饰时,后附的权利要求包括这些量的等效形式。

[0056] 如本文所用,在描述本公开的实施方案中采用的修饰例如,特性、可测量的量、方法、位置、值或范围的词“基本上”是指不以抵消预期的特性、量、方法、位置、值或范围的方式影响整体的其所述特性、量、方法、位置、值或范围的变化。当被术语“基本上”修饰时,后附的权利要求包括这些量、方法、位置、值或范围的等效形式。

[0057] 处理系统

[0058] 我们在此报告了用于处理污水的系统,所述系统至少包括生物反应器、可流动生物膜和固-固分离装置。在一些实施方案中,所述系统进一步包括液-固分离装置。在一些实施方案中,生物反应器支持单一条件(即,需氧、缺氧或厌氧)。在其他实施方案中,生物反应器被分区为包括两种或更多种环境条件,包括需氧状态、缺氧状态和/或厌氧状态。在一些实施方案中,固-固分离装置适于接纳直接来自生物反应器的输出。在其中生物反应器还包括液-固分离装置的一些实施方案中,生物反应器附接到液-固分离装置并且固-固分离装置适于接纳来自液-固分离装置的输出。

[0059] 在每个实施方案中,由固-固分离装置接纳的流包含可流动生物膜。所述可流动生物膜被用来通过生物反应器循环,其中所述固-固分离装置适于将可流动生物膜与一种或多种其他的流组分分离,并且将可流动生物膜导向到生物反应器。在采用液-固分离装置的情况下,生物反应器、液-固分离装置和固-固分离装置有利地以各种配置方式布置。

[0060] 生物反应器流出物、液-固分离装置底流和生物反应器排出物含有可流动生物膜。二级流出物基本上与废水处理系统中存在的所有固体分离。各个分离的组分、其部分,组合的组分,或其部分返回至生物反应器流入物或直接至生物反应器用于处理污染的流入物

流。剩余的组分、其部分,组合的组分、或其部分被分离并且接受进一步处理和/或使用常规技术的废物处置过程。

[0061] 我们在此进一步报告了一种用于从水中去除污染物的处理系统,所述水包括但不限于,再生水、饮用水、雨水、工业废水和城市废水。处理系统包括位于单级生物反应器、分区生物反应器或串联定位的两个或更多个单级或分区生物反应器内的可流动生物膜。在各个实施方案中,单级生物反应器具有单一环境条件(例如,需氧的、缺氧的或厌氧的)。在其他实施方案中,单级生物反应器具有通过在需氧条件、缺氧条件或厌氧条件之间交替而从一个环境条件改变到另一个环境条件的交替条件(例如,环境条件在预定操作时期内是需氧的直至气流被终止,导致环境条件成为厌氧的,直至气流被重新接入)。还在其他实施方案中,生物反应器是分区的;即,生物反应器具有一个或多个环境条件,它们是需氧的、缺氧的或厌氧的。还在其他实施方案中,处理系统包括串联布置的多个生物反应器。

[0062] 生物反应器流入物流被排放污染物污染。所述排放污染物包括,但不限于,下列中的一种或多种:颗粒状有机物质、溶解的有机物质、含氮化合物、和含磷化合物。在一些实施方案中,对于需氧生化转化过程所需要的溶解氧通过将压缩空气通过大孔口或多孔材料诸如微气泡扩散器中的那些释放而被加料到生物反应器中。在一个这样的实施方案中,已知为吹风机的离心式压缩机(在低压下工作)压缩通过管网被传送到微孔扩散器或类似装置的空气。在气体为空气的情况下,微孔扩散器释放小直径的气泡。由此,空气提供充足的溶解氧以满足需氧生物反应器或分区生物反应器的需氧区带中的工艺要求,并且通过流到生物反应器中的空气所施加的能量进一步提供了充分的混合并且防止生物反应器内容物的沉降。在使用期间,至生物反应器的污染流入物流被处理,以使得生物反应器流出物流包含经处理的水、可流动生物膜、和其他溶解的和颗粒状的物质。在一些实施方案中,生物反应器流出物流包括悬浮生长物。

[0063] 第一组实施方案针对处理系统。在所述第一组实施方案中,固-固分离装置适于接纳全部生物反应器流出物流。在各个实施方案中采用各种工艺机械、控制和监控设备,以根据技术人员充分理解的加工原理来控制通往固-固分离装置的生物反应器流出物流。在此第一组实施方案中,通过固-固分离装置将可流动生物膜与剩余的颗粒状物质分开。分离的可流动生物膜被引导到生物反应器流入物,或分区生物反应器的预定区带,例如通过泵的作用经过工艺管道。在流过固-固分离装置后,生物反应器流出物被引导到液-固分离装置中,例如通过泵的作用经过工艺管道。液-固分离装置将二级流出物与底流分开。

[0064] 在一些实施方案中,二级流出物从液-固分离装置被引导到下游单元过程用于进一步处理或被引导到泵站用于传输。在一些实施方案中,底流被传送到固体管理设施。

[0065] 第二组实施方案针对另一处理系统。在第二组实施方案中,液-固分离装置适于接纳全部生物反应器流出物。在各个实施方案中采用各种工艺机械、控制和监控设备,以根据技术人员充分理解的加工原理来提供和控制通往液-固分离装置的生物反应器流出物的物流。液-固分离装置将生物反应器流出物分成二级流出物和底流。底流除了其他固体以外还包含可流动生物膜。在一些实施方案中,二级流出物被引导到下游单元过程用于进一步处理或被引导到泵站用于传输。

[0066] 在此第二组实施方案中的一些中,第一部分底流作为回流活性污泥(或RAS)回流至生物反应器流入物。第一部分底流还含有一部分可流动生物膜。在各个实施方案中采用

各种工艺机械、控制和监控设备,以根据技术人员充分理解的加工原理来控制通往生物反应器的回流活性污泥。在这样的实施方案中,固-固分离装置适于接纳第二部分底流并且将可流动生物膜与第二部分底流分开;经分离的生物膜返回至生物反应器,并且剩余的第二部分底流包含废活性污泥。在各个实施方案中采用各种工艺机械、控制和监控设备,以根据技术人员充分理解的加工原理来控制通往固-固分离装置的所述第二部分底流,并且提供和控制经分离的可流动生物膜向生物反应器流入物的回流,或向分区生物反应器的预定区带的回流。在一些实施方案中,WAS被传送到固体管理设施。

[0067] 备选地,在第二组实施方案中,经分离的可流动生物膜被引导至第二生物反应器,所述第二生物反应器进一步适于被供给以二级生物反应器流入物。在这样的实施方案中,上面讨论的生物反应器被称作第一生物反应器。在一些实施方案中,二级生物反应器流入物与第一(初级)生物反应器流入物不同。在一些实施方案中,第二生物反应器中的环境条件与第一生物反应器(或第一分区生物反应器的一个或多个区带中存在的条件)中存在的条件不同。作为第二组实施方案中的进一步备选方案,WAS被引导到第三生物反应器,所述第三生物反应器进一步适于被供给以三级生物反应器流入物。在一些实施方案中,三级生物反应器流入物与初级和二级生物反应器流入物流不同。在一些实施方案中,第三生物反应器中的环境条件与第一和第二生物反应器(或第一和/或第二分区生物反应器的一个或多个区带中存在的条件)中存在的条件不同。

[0068] 在一个说明性实例中,第二生物反应器适于接纳二级生物反应器流入物,所述二级生物反应器流入物是第二废水物流,当处理城市废水时,其具有与初级生物反应器流入物流相比相对高的氨-氮(例如,1,000mg N/L)和正磷(例如,200mg P/L)浓度和低的容积流率。在这样的实施方案中,第二生物反应器接受精确的溶解氧、pH和温度控制以促进生物膜的发展,所述生物膜含有一个或多个氧化还原带并且为一种或多种特异性细菌类型而选择。例如,在一些实施方案中,需要不同的氧化还原带在需氧生物膜带中主要形成氨氧化细菌或AOB,并在厌氧生物膜带中主要形成厌氧的氨氧化细菌或Anammox。二级生物反应器适于将可流动生物膜加料至第一生物反应器流入物,或第一分区生物反应器的预定区带以促进第一生物反应器中的全程自养脱氨,或分区生物反应器的第一区带。二级生物反应器应用的其他实例容易被专业技术人员所想到。一个说明性实例是特定微生物或一组微生物(如细菌)在第二生物反应器中的生长和积聚,其中第二生物反应器包括与第一生物反应器中的环境条件基本上不同的环境条件以便系统地(即,连续地或分批地)将可流动生物膜中的细菌作为对存在于第一生物反应器中的特定微生物或一组微生物的群(如细菌)的补充物加料。此过程是生物强化的一个实例,生物强化的定义是根据需要添加细菌培养物和必要的营养素以加快对污染物的生物降解速率并且恢复被耗竭的细菌群体或积聚过量的特定类型的微生物(如细菌)作为过量的供应。生物强化可在实施方案中用来增加微生物群体,或储存可流动生物膜供应以便在可流动生物膜从第一生物反应器部分地、完全地损失的情况下用充足的可流动生物膜重新注入第一生物反应器,或同时用来增加微生物群体和储存可流动生物膜供应。

[0069] 第三组实施方案针对另一处理系统。在第三组实施方案中,生物反应器流出物被分成第一生物反应器流出物和第二生物反应器流出物。液-固分离装置适于接纳第一生物反应器流出物。在各个实施方案中均采用各种工艺机械、控制和监控设备,以根据技术人员

充分理解的加工原理来控制第一生物反应器流出物的物流通往液-固分离装置的流动。液-固分离装置将第一生物反应器流出物分离成二级流出物和底流。底流除了其他固体以外还包括可流动生物膜,其中一部分底流作为回流活性污泥或RAS回流至生物反应器。在各个实施方案中均采用各种工艺机械、控制和监控设备,以控制底流向生物反应器的回流。在一些实施方案中,二级流出物被引导到下游单元过程用于进一步处理或泵站用于传输。

[0070] 固-固分离装置适于接纳第二生物反应器流出物,第二生物反应器流出物可以从生物反应器中的任何点被排出,或如果生物反应器被分区则从预定的区带取出。第二生物反应器流出物取出点由污水质量和一个或多个处理目标来限定。在各个实施方案中均采用各种工艺机械、控制和监控设备,以根据技术人员充分理解的加工原理来控制第二生物反应器流出物流至固-固分离装置的流速。固-固分离装置将可流动生物膜与第二生物反应器流出物中悬浮的其他固体分离。经分离的可流动生物膜被传送至生物反应器流入物或分区生物反应器的预定区带。剩余的第二生物反应器流出物包括废活性污泥,或WAS,和其他颗粒状物质。在各个实施方案中采用各种工艺机械、控制和监控设备,以根据技术人员充分理解的加工原理来控制经分离的可流动生物膜至生物反应器的回流。在一些实施方案中,WAS在处置前被传送至固体管理设施用于进一步处理。否则,WAS接受最终的处置。

[0071] 第三实施方案设计允许分配第一和第二生物反应器流出物,以使得WAS的处置量相对于RAS的量容易进行调整以维持生物反应器内恒量的悬浮生长物(换句话说,活性污泥),同时使大部分的可流动生物膜始终地回流至生物反应器。

[0072] 要理解在第三组实施方案中,第二生物反应器有利地在其一些实施方案中以与第二组实施方案中相同的方式采用。因此,在这样的实施方案中,第二生物反应器被布置在固-固分离装置和生物反应器之间,并且适于接纳从其中分离的可流动生物膜,其中第二生物反应器进一步包括如在上面第二组实施方案中所述的二级生物反应器流入物。

[0073] 第三组实施方案的一些处理系统进一步包括第二生物反应器,所述第二生物反应器被分成两个或更多个区带。分区的第二生物反应器的第一区接纳二级生物反应器流入物和来自固-固分离装置的经分离的可流动生物膜两者。分区的第二生物反应器的第二区接纳来自固-固分离装置的WAS物流,包括悬浮生长物和其他颗粒状物质。以此方式,来自WAS的悬浮生长物被调整以促进特异性细菌,例如氨氧化细菌(或AOB)的生长。在一些实施方案中,不是单个分区的生物反应器,第三组实施方案包括两个或更多个附加的串联布置的生物反应器。在一些实施方案中,分区的第二生物反应器的第二区中的细菌接受特异性环境条件,所述特异性环境条件使所述细菌释放其内部存储产物,诸如磷。因此,具有两个或更多个区带的分区的第二生物反应器被布置在固-固分离装置和第一生物反应器之间,并且适于第一区用于接纳经分离的可流动生物膜和适于第二区用于接纳WAS,或从其中分离的悬浮生长物和其他颗粒状物质。

[0074] 本文所述的处理系统包括在本文所述的每个实施方案中一起工作的至少三种组件:生物反应器、可流动生物膜和固-固分离装置。生物反应器和固-固分离装置直接或间接连接,并且可流动生物膜在生物反应器和固-固分离装置之间行进,其中使可流动生物膜反复地与生物反应器流出物或底流分离,并且使其回流到生物反应器。在一些实施方案中,两个或更多个这样的使用周期通过可流动生物膜来实现。例如,通过处理系统内的生物膜来实现约2-1,000,000,000个使用周期,或约10,000-100,000,000个周期,或约100,000-10,

000,000个周期,或约1,000,000-10,000,000个使用周期。

[0075] 在一些实施方案中,本文所述的处理系统在分批进料/排出型系统中使用;即,作为分批处理系统。要理解的是,采用可流动生物膜组分结合固-固分离装置分离可流动生物膜并且从生物反应器废固体流回收可流动生物膜的能力的益处对于用于处理污水的分批进料/排出过程也是有用的。然而,由于在连续处理系统中采用了大量的变化形式以及这样的系统在多种环境中的效用,本文详细描述了这样的连续处理系统。

[0076] 在本文所述的处理系统中采用的固-固分离装置是在粒子分离中采用的常规固-固分离装置,所述粒子与被进料到固-固分离装置的物流或固-固分离装置流入物中悬浮的其他颗粒状物质相比具有相对窄范围的特定属性。在一些实施方案中,固-固分离装置是水力旋流器,专业技术人员将理解水力旋流器的尺寸由待分离的固体的类型和量,特别是它们之间的密度差异、由于由被处理污水产生的固体类型所引起的粒径差异和诸如选择为可流动生物膜底层的粒度等的属性决定。当采用不同类型的固-固分离装置时,本领域技术人员容易想到其他实例。

[0077] 在本文所述的处理系统中有用的可流动生物膜采用在一定的尺寸、化学性质和密度范围内的粒子。粒子中所采用的材料-具体地,在粒子表面处所采用的材料(其是最有用的)-具有下面的一种或多种性质:可耐受生物可降解条件;在0-14的pH值范围内是耐pH的;对预期的水污染物有耐化学性;和耐磨性。有用的粒度不特别地受限制;在一些实施方案中,粒度范围为最大尺寸约500nm-5mm,或最大尺寸约1 μ m-3mm,或最大尺寸约2 μ m-2mm,或最大尺寸约5 μ m-1mm。较小的粒度为生物膜生长提供较高的表面积,但在覆盖底层的生物膜形成之前和之后两种情况下较难分离。在一些实施方案中,粒子基本上是球形的,而在其他实施方案中粒子是长方形的、纤维状的、不规则形状的、或任何其他形状,而没有任何限制。在一些实施方案中,纵横比大于约25:1,例如约50:1-1,000,000:1,或约100:1-100,000:1的纤维状颗粒物不太有用,原因在于难以使用固-固分离装置来分离这样的颗粒物。

[0078] 在一些实施方案中,粒子由热塑性或热固性合成聚合物形成。有用的聚合材料包括聚酰胺、聚酯、聚氨酯、聚烯烃、聚苯乙烯、聚丙烯腈、聚卤代乙烯聚合物、聚偏二卤代乙烯聚合物,和类似物,以及共聚物、合金、接枝或嵌段共聚物,及其共混物。在一些实施方案中,粒子由天然存在的聚合物诸如纤维素、木质纤维素和类似物或其与合成聚合物的接枝共聚物或本文列举的共聚物形成。还在其他实施方案中,粒子是砂子,或由玻璃或陶瓷材料诸如石英玻璃、沸石、二氧化钛、硼硅酸盐等形成。还在其他实施方案中,粒子由金属或其共混物或合金诸如钛、不锈钢和类似物以及聚合物或玻璃包覆的金属形成。还在其他实施方案中,粒子由碳诸如炭黑或活性炭形成,或包含碳,诸如炭黑或活性炭。还在其他实施方案中,粒子是生物副产物,所述生物副产物是不溶的并且通常在污水中是不可降解的(即,颗粒)。

[0079] 在一些实施方案中,粒子的密度进一步由使用者选择为大于或小于对象液体(例如,水)的密度,以促进液体-粒子和/或粒子-粒子分离。纯水在4 $^{\circ}$ C的密度为1.000g/cm³,而钛的密度为4.506g/cm³;二氧化硅的密度为约2.65g/cm³;硬质聚氯乙烯的密度为约1.30-1.45g/cm³;聚氨酯的密度范围为约1.01-1.20g/cm³,取决于具体结构;聚苯乙烯的密度为约0.96-1.04g/cm³;生物颗粒的密度为约1.00-1.05g/L;洋麻纤维的密度为约0.91-1.13g/cm³。此外,通过改变粒子本身的结构改变一些材料的固有密度。例如,在其中粒子由合成聚合物、金属或玻璃形成的一些实施方案中,粒子合适地形成成为泡沫粒子。泡沫粒子的特征为

中空的内部。泡沫内部(空气)体积与壳厚度的比率与壳材料的固有密度决定了泡沫粒子的密度。甚至在采用高密度材料,诸如石英玻璃作为壳材料的情况下,容易形成密度基本上小于 $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ 的泡沫颗粒物。例如,Maplewood, MN的3M®Co.销售的玻璃泡沫的密度范围为 $0.30\text{g}/\text{cm}^3$ - $0.69\text{g}/\text{cm}^3$ 。要理解的是,可流动生物膜的表现密度是底层粒子密度和被底层支撑的生物膜的密度这两者的函数。

[0080] 在一些实施方案中,可流动生物膜之间的密度差异、液体物流和剩余的未溶解的或悬浮的固体(或颗粒物)是固-固分离的基础。在这样的实施方案中,其中所述可流动生物膜密度小于携带它的液体物流的密度,固-固分离装置将以其中可流动生物膜将随着顶流(或顶部部分)离开固-固分离装置的方式分离可流动生物膜。在可流动生物膜的密度大于携带它的液体物流的密度的情况下,固-固分离装置将以其中可流动生物膜将随着底流(或底部部分)离开固-固分离装置的方式分离可流动生物膜。在每种情况下选择颗粒物从而在所选的点处离开固-固分离装置并结合下面给出的各个实施方案进入所选的流动物流;其变化方式是技术人员所理解的。

[0081] 在一些实施方案中,在本文所述的处理系统中有用的可流动生物膜采用或利用具有促进将流入物污染物吸收到生物膜底层的表面上的特性的底层或载体。例如,在一个实施方案中,生物膜底层具有净负电荷。这样的生物膜底层利用净正电荷吸收污染物,诸如氨。在未曝气阶段期间,生物膜底层主动地去除(吸收)净正电荷污染物,诸如氨,因为在未曝气条件下,生物膜中的硝化细菌(nitrifiers),例如,AOB是无活性的。然后,在需氧条件期间,净正电荷污染物诸如氨直接被AOB代谢。有利地,这减少或避免对在生物膜表面外部的液相中生物膜所施加的质量转移限制。

[0082] 在一些实施方案中,上述的生物膜底层暴露于不同的促进生物摄取被吸收的流入物污染物的环境条件。所述环境条件包括建立需氧条件、缺氧条件、或厌氧条件中的一种条件,或需氧条件、缺氧条件和厌氧条件中的多于一种条件。例如,在一个实施方案中,在厌氧阶段期间,流入物污染物诸如氨,被吸收到生物膜底层上。生物膜暴露于其中可从液相获得亚硝酸盐的环境条件,诸如在缺氧区带或有氧区带中。这样的条件促进Annamox细菌的生长,因为该细菌代谢被吸收的污染物(例如,氨)和来自液相或来自生物膜内部的AOB层的亚硝酸盐。

[0083] 处理方法

[0084] 第四组实施方案针对处理污水的方法。在第四组实施方案中,处理污水的方法包括将可流动生物膜添加到生物反应器;在生物反应器中建立适合于可流动生物膜中的微生物(如细菌)生物转化一种或多种污染物的条件;将连续流动的生物反应器流入物添加到生物反应器以产生生物反应器出物,所述生物反应器流出物包含可流动生物膜、被代谢的污染物和经处理的水;从生物反应器流出物中分离至少一部分可流动生物膜;以及使经分离的可流动生物膜回流到生物反应器。分离通过固-固分离装置实现。在一些实施方案中,分离包括旋流分离。

[0085] 在一些实施方案中,所述方法进一步包括向生物反应器添加悬浮生长物。在一些实施方案中,所述方法包括在分区生物反应器或串联的两个或更多个单级或分区生物反应器内部建立需氧条件、缺氧条件或厌氧条件中的一种条件,或需氧条件、缺氧条件和厌氧条件中的多于一种的条件。在一些实施方案中,所述方法进一步包括充分地搅拌生物反应器

内容物以防止生物反应器内部固体的沉降或漂浮。

[0086] 在一些实施方案中,在从剩余的生物反应器流出物中分离可流动生物膜后,所述方法进一步包括分离剩余的生物反应器流出物以形成二级流出物和底流。在其他实施方案中,所述方法进一步包括在分离可流动生物膜之前分离生物反应器流出物以形成二级流出物和底流。在一些这样的实施方案中,所述方法包括将底流分离成第一底流部分和第二底流部分,使第一底流部分回流至生物反应器,将第二底流部分分离成可流动生物膜部分和剩余的固体部分,并使经分离的可流动生物膜部分回流至生物反应器。因此,在这样的实施方案中,底流被分隔成两段,回流活性污泥和废活性污泥。回流活性污泥被传送至生物反应器流入物。废活性污泥被传送至固-固分离装置,其中将至少一部分可流动生物膜与被标注为废活性污泥的底流段中的其他颗粒状物质分离,而不是与生物反应器流出物分离。经分离的可流动生物膜回流至生物反应器。

[0087] 在一些实施方案中,所述方法包括将生物反应器流出物分成第一生物反应器流出物和第二生物反应器流出物,从第一生物反应器流出物分离至少一部分可流动生物膜,并使所分离的可流动生物膜回流至生物反应器,在液-固分离装置法中将第二生物反应器流出物分离成二级流出物和底流,并使所述底流作为回流活性污泥回流至生物反应器。

[0088] 在第四组实施方案中的任一个中,生物反应器是第一生物反应器,生物反应器流入物是第一生物反应器流入物,并且所述方法进一步包括在使所分离的生物膜回流至第一生物反应器之前,使所分离的可流动生物膜通过第二生物反应器,而且其中将二级生物反应器流入物添加到第二生物反应器,并且其中第二生物反应器中的条件与第一生物反应器中的条件不同。

[0089] 附图的详细说明

[0090] 图1示出了处理系统100,其包括具有可流动生物膜120的生物反应器110,固-固分离装置130和液-固分离装置140。生物反应器110包括扩散器112、进口114和出口116。生物反应器流入物经进口114进入生物反应器110,在其中经历需氧条件,原因在于通过扩散器112流动的空气所产生的溶解氧。可流动生物膜120在生物反应器110中均匀地分布。当生物反应器流入物在大体上从进口114朝向出口116的方向上流过生物反应器110时,存在于生物反应器流入物中的一种或多种污染物通过生化转化过程,利用流过扩散器112、生物反应器流入物中的溶解的颗粒状污染物和可流动生物膜120的空气中可用的溶解氧的综合作用,被转化成生物质和其他反应副产物。当流入物到达出口116时,其变成生物反应器流出物。生物反应器流出物至少包含由生化转化过程产生的颗粒状物质,其他溶解的颗粒状材料,经处理的水和可流动生物膜;由生化转化产生的固体物质包括脱落的生物膜碎片,和在脱落的生物膜碎片中结合的并且在流出物流中悬浮的有机和无机颗粒状材料。

[0091] 生物反应器流出物被发送到固-固分离装置130。在此实施方案中,固-固分离装置130是水力旋流器;然而,本领域技术人员将理解的是,其他固-固分离装置在本文的各种实施方案中同样是有用的且没有限制的。固-固分离装置130具有第一出口132,从而引导经分离的可流动生物膜通过再引入进口134进入生物反应器110;和引导通往液-固分离装置进口138的第二出口136。固-固分离装置130的作用提供离的物流的输出,所述分离物流包括第一出口132物流和第二出口136物流。第一出口132物流包括可流动生物膜120和与生物反应器流出物的剩余部分基本上分开的一部分经处理的水;第一出口132物流包括经由再引

入进口134至生物反应器进口114返回至生物反应器110的可流动生物膜120。来自第二出口136的物流通过液-固分离装置进口138行进到液-固分离装置140。在显示的具体实施方案中,液-固分离装置140是沉淀池(或二级澄清池);然而,要理解的是,在本文的各个实施方案中不受限制地采用其他液-固分离装置。液-固分离装置140包括堰142、二级流出物出口144和底流出口146。固-固分离装置第二出口136物流进入液-固分离装置140,在此重力作用于该固体物质使固体朝向液-固分离装置140的底部沉降,形成已知为底流的压紧固体,于是底流在液-固分离装置出口146处离开液-固分离装置140。生物反应器流出物通过固-固分离装置出口136的连续流使二级流出物越过堰142并离开二级流出物出口144。离开出口144和146的二级流出物被分离用于丢弃处置或采用常规技术的后续处理。

[0092] 图2示出处理系统101,其类似于处理系统100,不同之处在于处理系统101被分成两个区带。第一区带是缺氧区115,第二区是有氧区118。缺氧区115和有氧区118被分隔壁117分开。缺氧区115包括搅拌器119,并且其特征是缺少扩散器112。搅拌器119防止可流动生物膜120的结块和沉降/漂浮,保持缺氧区115内的大表面积且保证通过处理系统至生物反应器流出物出口116的连续流动。生物反应器流入物经进口114进入生物反应器110,在此其经由通过扩散器112流入有氧区118的空气接受需氧条件。可流动生物膜120在生物反应器110中均匀地分布。当生物反应器流入物在大体上从生物反应器流入物进口114朝向生物反应器流出物出口116的方向上流过生物反应器110时,存在于生物反应器流入物中的一种或多种污染物通过生化转化过程,利用缺氧环境,流过有氧带118中的扩散器112、可流动生物膜120和内部再循环物流113的空气中可用的氧的综合作用,被转化成生物质和其他反应副产物。内部再循环物流113传送载有反应副产物的水,否则所述反应副产物在生物反应器流入物中是不可利用的;由此,这些反应副产物,例如,硝酸盐/亚硝酸盐-氮($\text{NO}_x\text{-N}$),与生物反应器流入物中的有机物质反应以从污水中去除氧化的含氮化合物。当包含可流动生物膜120的生物反应器流入物到达分隔壁117时,其在分隔壁117的上方流入有氧区118中。当流入物继续朝向生物反应器流出物出口116流动时,生物反应器流入物通过在可流动生物膜120中在需氧条件下生长的细菌的作用进一步接受生化转化过程。

[0093] 图3示出了处理系统200,其包括生物反应器210、液-固分离装置240和固-固分离装置230。生物反应器210包括扩散器212、生物反应器流入物进口214和生物反应器流出物出口216。生物反应器流入物经由生物反应器流入物进口214进入生物反应器210,在此其通过流过扩散器212的空气经受需氧条件。可流动生物膜220和悬浮生长物218在整个生物反应器210中基本上均匀地分布。当生物反应器流入物在大体上从生物反应器流入物进口214朝向生物反应器流出物出口216的方向上流过生物反应器210时,存在于生物反应器流入物中的一种或多种污染物通过生化转化过程,利用流过扩散器212、悬浮生长物218和可流动生物膜220的空气中可用的溶解氧的综合作用,被转化成生物质和其他反应副产物。当生物反应器流入物到达生物反应器流出物出口216时,其变成生物反应器流出物。离开生物反应器流出物出口216的生物反应器流出物至少包括由生化转化产生的固体物质、其他溶解的颗粒状材料、经处理的水、悬浮生长物218和可流动生物膜220。由生化转化产生的固体物质包括脱落的生物膜碎片,悬浮生长物,流出物流中悬浮的有机和无机颗粒状材料,以及在脱落的生物膜碎片和悬浮生长物中结合的有机和无机颗粒状材料。

[0094] 生物反应器流出物离开生物反应器流出物出口216并进入液-固分离装置240。在

此实施方案中,液-固分离装置240是沉淀池;然而,专业技术人员要理解的是,其他分离装置在本文中的各种实施方案中同样是有用的且没有限制。在液-固分离装置240内部,重力导致脱落的生物膜碎片、悬浮生长物218和可流动生物膜220朝向液-固分离装置240的底部沉降。压紧的颗粒状物质变成底流,所述底流通过液-固分离装置出口246离开液-固分离装置240。生物反应器流出物通过生物反应器流出物出口216的连续流使二级流出物越过堰242且离开二级流出物出口244。二级流出物出口244被分离用于丢弃或采用常规技术的其他最终处理。

[0095] 液-固分离底流出口246被分成两个物流。第一底流物流是回流活性污泥,其通过回流活性污泥进口248被引导至生物反应器。第二底流物流进入固-固分离装置230。在此实施方案中,固-固分离装置230是水力旋流器;然而,专业技术人员要理解的是,其他固-固分离装置在本文中的各种实施方案中同样是有用的且没有限制。固-固分离装置230具有第一出口232,其允许废活性污泥被处置或被引导至采用常规技术的其他最终处理,如输出物流238所表示。固-固分离装置230还具有引导至再引入进口235的第二出口236,其使经分离的可流动生物膜返回至生物反应器210。固-固分离装置230对来自底流出口246的底流物流的作用基于待从悬浮在正通过液-固分离装置出口246离开液-固分离装置240的底流中的悬浮生长物218和其他颗粒状物质分离的可流动生物膜220的目标密度和尺寸将所述物流分成第一出口232物流和第二出口236物流。固-固分离装置第二出口236物流含有可流动生物膜220和一部分基本上与底流的剩余部分分离的经处理的水;含有可流动生物膜220的固-固分离装置第二出口236物流经由再引入进口235返回至生物反应器210。流过固-固分离装置第一出口232物流的废活性污泥被分离用于丢弃或采用常规技术的其他最终处理。

[0096] 要理解的是,离开液-固分离装置出口246的底流被引导通过回流活性污泥进口248返回至生物反应器210中的量被设定为保持预定的容积流率,但底流和回流活性污泥的体流量的差异基于从系统排出的废活性污泥的量来选择。

[0097] 在一些实施方案中,图3的生物反应器被分隔成两个或更多个区带。另外,在一些实施方案中,生物反应器作为连续流搅拌釜反应器,或其串联起作用。另外,在一些实施方案中,生物反应器作为活塞流反应器,或其串联起作用。另外,在一些实施方案中,生物反应器作为分批处理反应器,或其串联起作用。另外,在一些实施方案中,生物反应器经受生物反应器(或生物反应器区)内部的缺氧或厌氧条件代替需氧条件。需氧生物反应器接纳通过锚定在釜底部的扩散器的进气。流过这些扩散器的空气提供了为满足工艺需要并且均匀地将内容物分布整个生物反应器体相液体(bulk-liquid)体积所需的溶解氧。厌氧和缺氧生物反应器需要搅拌器诸如推进器、叶轮等从而均匀地将内容物分布遍及生物反应器体相液体体积,而不用引入溶解氧,溶解氧会严重地抑制要求缺氧或厌氧环境的生化转化过程。

[0098] 图4示出了处理系统300,其包括生物反应器310、液-固分离装置340和固-固分离装置330。生物反应器310包括扩散器312、生物反应器流入物进口314、第一生物反应器流出物出口316和第二生物反应器流出物出口317。生物反应器流入物经由生物反应器流入物进口314进入生物反应器310,在此其经由扩散器112经受需氧条件。可流动生物膜320和悬浮生长物318基本上均匀地分布遍及生物反应器310中的体相液体中。当生物反应器流入物在基本上从生物反应器流入物进口314朝向第一生物反应器流出物出口316的方向上流过生物反应器310时,生物反应器流入物中的污染物和常量营养素在由流过扩散器312、可流动

生物膜320和悬浮生长物318的空气所提供的溶解氧的综合作用下被生物转化。当生物反应器流入物到达生物反应器流出物出口316时,其变成生物反应器流出物。离开生物反应器流出物出口316和317的生物反应器流出物至少包括由在生物反应器310中发生的生化转化过程所产生的颗粒状物质,其他溶解的颗粒状材料、经处理的水、悬浮生长物318和可流动生物膜320;由在生物反应器310中发生的生化转化过程产生的颗粒状物质包括脱落的生物膜碎片、悬浮生长物318以及在生物反应器流出物316,317中悬浮的和在脱落的生物膜碎片和悬浮生长物中结合的有机和无机颗粒状材料。

[0099] 生物反应器流出物的第一部分离开第一生物反应器流出物出口316并进入液-固分离装置340。此外,所示的液-固分离装置340是沉淀池(或二级澄清器),但用于液-固分离的其他装置也适合使用,而没有限制。在液-固分离装置340内部,重力使第一部分生物反应器流出物分离成二级流出物和底流,其中底流至少包括悬浮生长物318和可流动生物膜320。底流通过液-固分离装置出口346离开液-固分离装置340并经由生物反应器流入物进口314返回至生物反应器310。来自第一生物反应器流出物出口316的生物反应器流出物流入液-固分离装置340,使二级流出物越过堰342并经由二级流出物出口344离开。离开二级流出物出口344的二级流出物被分离用于丢弃或其他采用常规技术的最终处理。

[0100] 生物反应器流出物的第二部分离开第二生物反应器流出物出口317并进入固-固分离装置330。此外,在此实施方案中,固-固分离装置330是水力旋流器;然而,专业技术人员将理解其他固-固分离装置在本文中的各种实施方案中同样是有用的且没有限制。基于诸如污水质量和处理目标等的因素选择在生物反应器中第二生物反应器流出物出口317所定位的点。在一些实施方案中,生物反应器是分区的,诸如上述实施方案中那样,并且第二生物反应器流出物出口317基于分区的性质、污水质量和处理目标被定位在预定区带中。固-固分离装置330具有第一出口332和第二出口336。固-固分离装置330的作用提供包括固-固分离装置输出的第一出口332,所述固-固分离装置输出包括大部分悬浮生长物和其他颗粒状物质,和包括固-固分离装置输出的第二出口336,所述固-固分离装置输出包括大部分经分离的可流动生物膜320。可流动生物膜320从固-固分离装置330在第二出口336处被分配并且经由再引入进口335返回至生物反应器310。基于诸如污水质量和处理目标,选择再引入进口335在生物反应器中定位的点。在一些实施方案中,生物反应器是分区的,比如上述实施方案中那样,并且再引入进口335基于分区的性质、污水质量和处理目标被定位在预定区带中。来自生物反应器流出物的第二部分的剩余材料从固-固分离装置330在第一出口332处被分配并被分离用于丢弃或其他采用常规技术的最终处理。

[0101] 在一些实施方案中,生物反应器流出物出口316和317组合成被隔断的单一出口,其中液流在进入固-固分离装置330和液-固分离装置340的分隔路径之间进行分配以便控制再循环的分离固体相对于被处置固体的量。在这种情形和双出口情形两者中,被处置的固体废物的量容易控制,同时可流动生物膜320在系统内可靠地和可控地进行再循环。

[0102] 在基本上如本文的任一个实施方案中描述的任何构造的系统中将可流动生物膜与其他固体分离的固-固分离装置效率为基于在任何给定时间存留在系统中的粒子的数量和特定特性的约50%-99.9999%。在一些实施方案中,将可流动生物膜与其他固体分离的固-固分离装置效率为基于在任何给定时间存留在系统中的粒子的数量的约60%-99.9999%,或约70%-99.999%,或约80%-99.999%或约90%-99%,或约95%-99.9%,或

约98%–99.99%。在污水处理系统内在将可流动生物膜与其他固体材料分离中的液-固分离装置法和固-固分离装置的效率小于100%的结果是可流动生物膜或可流动生物膜底层必须随时间推移而更换。更换的可流动生物膜或可流动生物膜底层被添加到系统以替换损失的可流动生物膜或可流动生物膜底层。在一些实施方案中,在固-固分离装置中可流动生物膜与其他粒子分离的效率由系统设计者根据最佳效率、成本效益或其他标准来选择。

[0103] 在一些实施方案中,添加更换粒子以更新随二级流出物离开系统的损失的可流动生物膜或从污水处理系统损失或分离的其他部分。影响更换可流动生物膜或可流动生物膜底层的需求的其他因素包括物理损伤、生物降解、化学降解,或另外底层的消耗。在一些实施方案中,将可流动生物膜底层以等于可流动生物膜消耗(从污水处理系统)速率相等的速率连续添加至污水处理系统。在其他实施方案中,周期性地添加可流动生物膜底层,即,分批地添加。在实施方案中以不导致污水处理系统性能劣化的间隔进行周期性添加。以此方式,所述系统能够恒定地和始终一致地满足处理目标。还在其他实施方案中,生物反应器是第一生物反应器并使可流动生物膜底层的额外部分经受第二生物反应器中促进可流动生物膜生长的生长条件。第二生物反应器中的可流动生物膜能够满足污水处理系统处理目标。在实施方案中第二生物反应器中的可流动生物膜以等于可流动生物膜消耗速率的速率被引导到第一生物反应器(即,污水处理系统)。

[0104] 适合与上述处理系统结合采用的其他实施方案包括使用紧邻一个或多个固-固分离装置出口的下游放置的一个或多个二级生物反应器。例如,在图1-4中所示的任一个实施方案中,生物反应器是第一生物反应器,且第二生物反应器被合适地放置成与例如图1或2中的再引入进口134排成一行,或与图3的再引入进口235排成一行,或与图4的再引入进口335排成一行。通过在一个或多个固-固分离装置出口与第一生物反应器之间加入第二生物反应器,具有与初级生物反应器流入物流不同的特性的废物流可以被加料至第二生物反应器,所述第二生物反应器具有被独特地建立以使特定的微生物,或一组微生物(如细菌)生长的环境条件。然后这种特定的微生物,或一组微生物(如细菌)用于处理被加料至第二生物反应器的污水物流和/或被加料至第一生物反应器的污水物流,从而实现否则不可能仅在第一生物反应器中实现的污水处理机制。在一些实施方案中,所述特定的微生物或所述组微生物(如细菌)在需氧、缺氧或厌氧环境中生长。在其他实施方案中,其要求交替的环境诸如持续预定周期的循环的需氧和厌氧条件。

[0105] 在一个这样的实施方案中,厌氧氨氧化细菌或Anammox细菌可以在二级生物反应器内采用的可流动生物膜中积聚,所述二级生物反应器被放置成与如在上面第一、第二或第三实施方案中所述的污水处理系统排成一行。Anammox细菌将不在积聚亚硝酸盐氧化细菌或NOB的污水处理系统中积聚,所述NOB是在硝化生物膜和活性污泥过程中发现的常见细菌物种。本发明的一个优势是利用具有审慎选择的粒径和密度并与适宜的固-固分离装置尺寸相结合的可流动生物膜被有用地连接以接纳来自具有悬浮生长物与可流动生物膜组合的生物反应器的输出,并且能够将不含悬浮生长物的可流动生物膜传送到二级生物反应器以促进特定微生物或特定组的微生物(如细菌)诸如Anammox细菌的积聚。以此方式,提供了能够处理被有机废物和含氮化合物两者污染的水物流的小型有效系统。

[0106] 图5示出了如图4中所示的处理系统,添加了与再引入进口335排列成行的第二生物反应器350,所述第二生物反应器350与固-固分离装置330第二出口336(含有经分离的可

流动生物膜)和生物反应器310流体联通,所述生物反应器310是图5的实施方案中的第一生物反应器310。第二生物反应器350包括可流动生物膜320、搅拌器352、第一进口354、第二进口356和出口358。第二生物反应器350的特征在于基本上缺少悬浮生长物318。加工氧要求和可流动生物膜基本上均匀遍及生物反应器分布利用搅拌器/曝气器352来实现。二级流入物通过第一进口354以大于、等于或小于初级生物反应器流入物通过生物反应器流入物进口314进入第一生物反应器310的速率流入至第二生物反应器中。二级流入物源是与经由生物反应器流入物进口314进入第一生物反应器310的生物反应器流入物相同的流入物源,或其是不同的流入物源。可流动生物膜320经由第二进口356从固-固分离装置330的第二出口336进入第二生物反应器350。在可流动生物膜320的存在下,二级生物反应器流入物经受需氧、缺氧、厌氧或循环条件。可流动生物膜320通过曝气器/搅拌器352基本上均匀地遍布第二生物反应器350分布。当二级生物反应器流入物在大体上从第一进口356朝向出口358的方向上流过第二生物反应器350时,按照在第二生物反应器350内支持的生化转化过程,二级生物反应器流入物变成二级生物反应器流出物。含有可流动生物膜320的二级生物反应器流出物经由再引入进口335被再引入至第一生物反应器310。

[0107] 备选地,在上面给出的图5中,基于流入物流的性质和最终的处理目标选择再引入进口335的位置。因此,例如,在一些实施方案中,再引入进口335被合适地布置成与生物反应器流入物进口314流体联通,而不是与生物反应器310直接流体联通;在本公开中采用的系统的范围内,可进一步预见用于再引入进口335的各种位置。

[0108] 在图5的另一备选方案中,生物反应器310被分隔成两个或更多个区带,并且选择再引入进口335的位置以基于处理目标、污水质量和可以被专业技术人员想到的其他考虑因素而流到所述区带中的一个中。

[0109] 在图5中,第二生物反应器流入物经受根据使用者所选择的需氧、缺氧和/或厌氧条件,或循环需氧-缺氧条件。例如,在一些实施方案中,第二生物反应器包括用来维持非常低的溶解氧浓度的扩散器和用来确保所有固体在生物反应器内基本上均匀分布的搅拌器这两者。

[0110] 图6示出了图5的另一备选实施方案。在图6中,第二生物反应器351紧邻固-固分离装置330的下游放置,与再引入进口335排成一行,与固-固分离装置第二出口336(其引导经分离的可流动生物膜)流体联通,并且最终将其内容物再引导到第一生物反应器310。第二生物反应器351的内容物通过再引入进口335被引入到第一生物反应器310的点由处理目标、污水质量和可以被专业技术人员想到的其他考虑因素来决定。第二生物反应器351包括可流动生物膜320、曝气器/搅拌器352、第一进口356、第二进口353和出口358。第二生物反应器351的特征在于缺少大量悬浮生长物318。二级生物反应器流入物源通过第一进口353以大于、等于或小于生物反应器流入物通过生物反应器流入物进口314进入第一生物反应器310的速率的速率进入。二级流入物源是与经由生物反应器流入物进口314进入生物反应器310的生物反应器流入物相同的流入物源,或其是不同的流入物源。可流动生物膜320经由第一进口356从固-固分离装置第一出口336进入第二生物反应器351。在可流动生物膜320的存在下,二级生物反应器流入物经受需氧、缺氧和/或厌氧条件,所述可流动生物膜320基本上均匀地遍布第二生物反应器351分布。当二级生物反应器流入物在大体上从第一进口356朝向出口358的方向上流过第二生物反应器351时,通过在第二生物反应器351内支

持的生化转化过程,所述流入物变成二级生物反应器流出物。含有可流动生物膜320的二级生物反应器流出物经由再引入进口335被再引入至第一生物反应器310。

[0111] 在图6的备选实施方案中,第一生物反应器310是分区的。在这样的实施方案中,第二生物反应器351的内容物通过再引入进口335引入至第一生物反应器310的区带由处理目标、污水质量和专业技术人员想到的其他考虑因素来决定。

[0112] 图6进一步示出了位于固-固分离装置330下游的第三生物反应器361,其与固-固分离装置第二出口332流体联通,所述固-固分离装置第二出口332包含悬浮生长物318和其他颗粒状材料,但基本上与可流动生物膜320分开。第三生物反应器361包含悬浮生长物318'、曝气器/搅拌器362、第一进口364、第二进口363和出口368。悬浮生长物318'与悬浮生长物318相同,或不同,取决于第三生物反应器361内的环境条件。第三生物反应器361的特征是其中基本上没有布置可流动生物膜。三级生物反应器流入物源以所选的速率通过第二进口363进入,所述速率大于、等于或小于初级生物反应器流入物进入第一生物反应器310的速率。流过第三生物反应器第二进口363的三级流入物源与进入第一生物反应器310的初级流入物源相同,或与进入第二生物反应器351的二级生物反应器流入物源相同,或是与初级或二级流入物源不同的流入物源。

[0113] 悬浮生长物318'从固-固分离装置第二出口332通过第一进口364进入第三生物反应器361。在悬浮生长物的存在下,第三生物反应器流入物还经受所选的需氧、缺氧、和/或厌氧条件(例如,固定的或循环的需氧-缺氧条件),所述悬浮生长物基本上均匀地遍及二级生物反应器361分布;因此,在一些实施方案中,在第三生物反应器361内进一步提供氧源。当三级生物反应器流入物在大体上从第一进口364朝向出口368的方向上流过第三生物反应器361时,通过在第三生物反应器361内支持的生化转化过程,三级流入物变成三级生物反应器流出物。含有悬浮生长物318'的三级生物反应器流出物被丢弃或利用与悬浮生长物出口366连接的已知技术传送到固体管理设施。

[0114] 图6所示的备选实施方案的一个示例应用例如可与美国专利号7,604,740中所述的过程结合使用,其中在污泥处理之前磷和镁的选择性释放通过具有特征性物流来执行,在此实施方案中,所述特征性物流由第三生物反应器361的第二进口363提供,所述第三生物反应器361富含挥发性脂肪酸。第三生物反应器进口364接纳来自固-固分离装置第二出口332的悬浮生长物,所述悬浮生长物含有悬浮生长物318、其他颗粒状材料,并且基本上不含有可流动生物膜。在此示例实施方案中,第三生物反应器361在厌氧条件下工作,在所述条件中,作为其中的内源呼吸或代谢过程的结果,悬浮生长物318'具有被释放到生物反应器361中的内部镁和磷存储库。因此,经由出口368离开第三生物反应器361的输出的特征是升高的磷和镁浓度。在废活性污泥出口366中剩余的过量磷和镁可以经受将在第三生物反应器361中释放的镁和/或磷回收为化学营养素产物的方法或将所述镁和/或磷施加至用于废水和/或污泥处理的需要镁和/或磷的生物废水处理装置的方法。在基本上如本文公开的这个和相关的系统中,要理解用于处理目的的需要镁和磷的任何污水处理方法将从这种第三生物反应器的纳入而受益。

[0115] 专业技术人员要理解的是,其他专用系统及其变化形式(包括为专用处理情形而定制的其他专用生物反应器和处理系统)容易采用结合本文所述的其他实施方案中的一个所给出的通用原理来实施。例如,在实施方案中,多个基于可流动生物膜的生物反应器在

单个处理系统中通过对流入物和/或流出物流的精心分隔而实现流体连接。在另一实例中，二级生物反应器是第二需氧生物反应器。在又另一实例中，图5的生物反应器310是厌氧生物反应器，而二级生物反应器350是需氧生物反应器。专业技术人员可以容易地想到许多额外的实例。

[0116] 本文说明性公开的发明可以在缺少本文没有具体公开的任何要素的条件下被适当地实施。尽管本发明容易做出各种改型和备选形式，但其详情已经借助于实例显示，并且详细进行了描述。然而，应当理解，本发明不限于所述的具体实施方案。相反，本发明要覆盖落在本发明的精神和范围内的各种变型、等效形式和备选方案。另外如在此所述的本发明的各个和每一个实施方案意在单独使用，或与本文所述的任何其他实施方案以及落在本发明的精神和范围内的其各种变型、等效形式和备选方案组合使用。

[0117] 在各个实施方案中，本发明适当地包括本文所述的和根据权利要求所要求保护的各个要素，基本上由本文所述的和根据权利要求所要求保护的各个要素组成，或由本文所述的和根据权利要求所要求保护的各个要素组成。

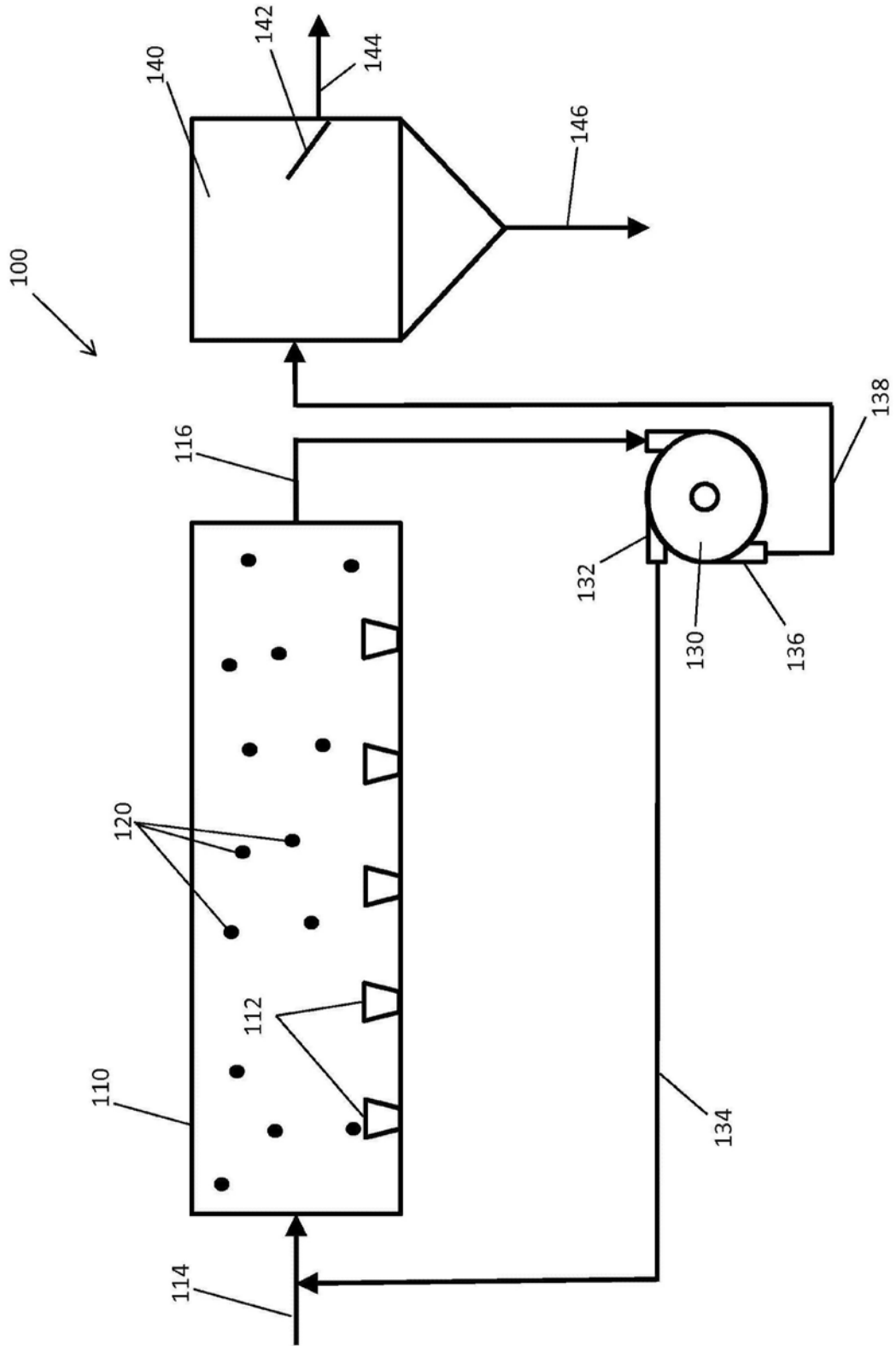


图1

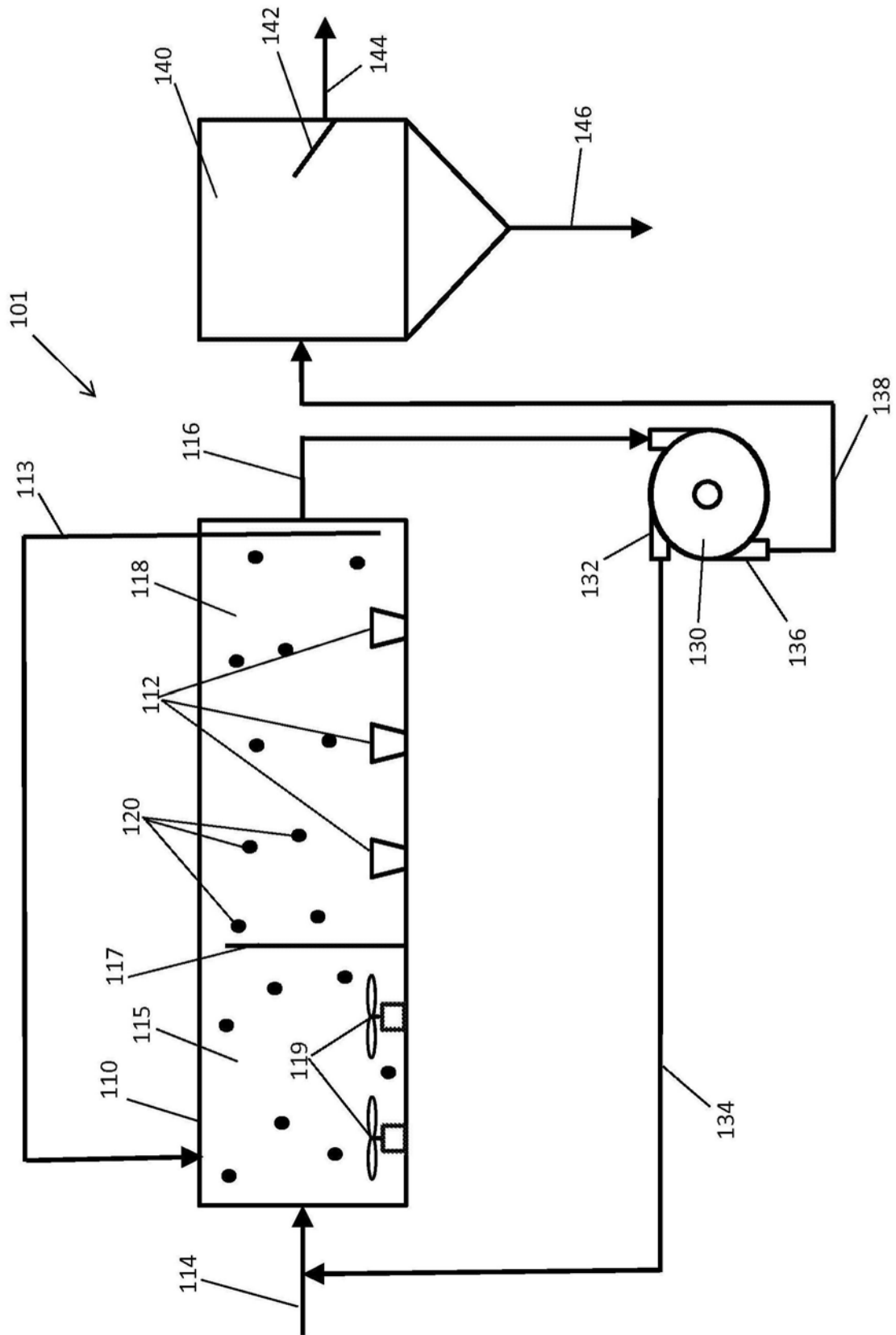


图2

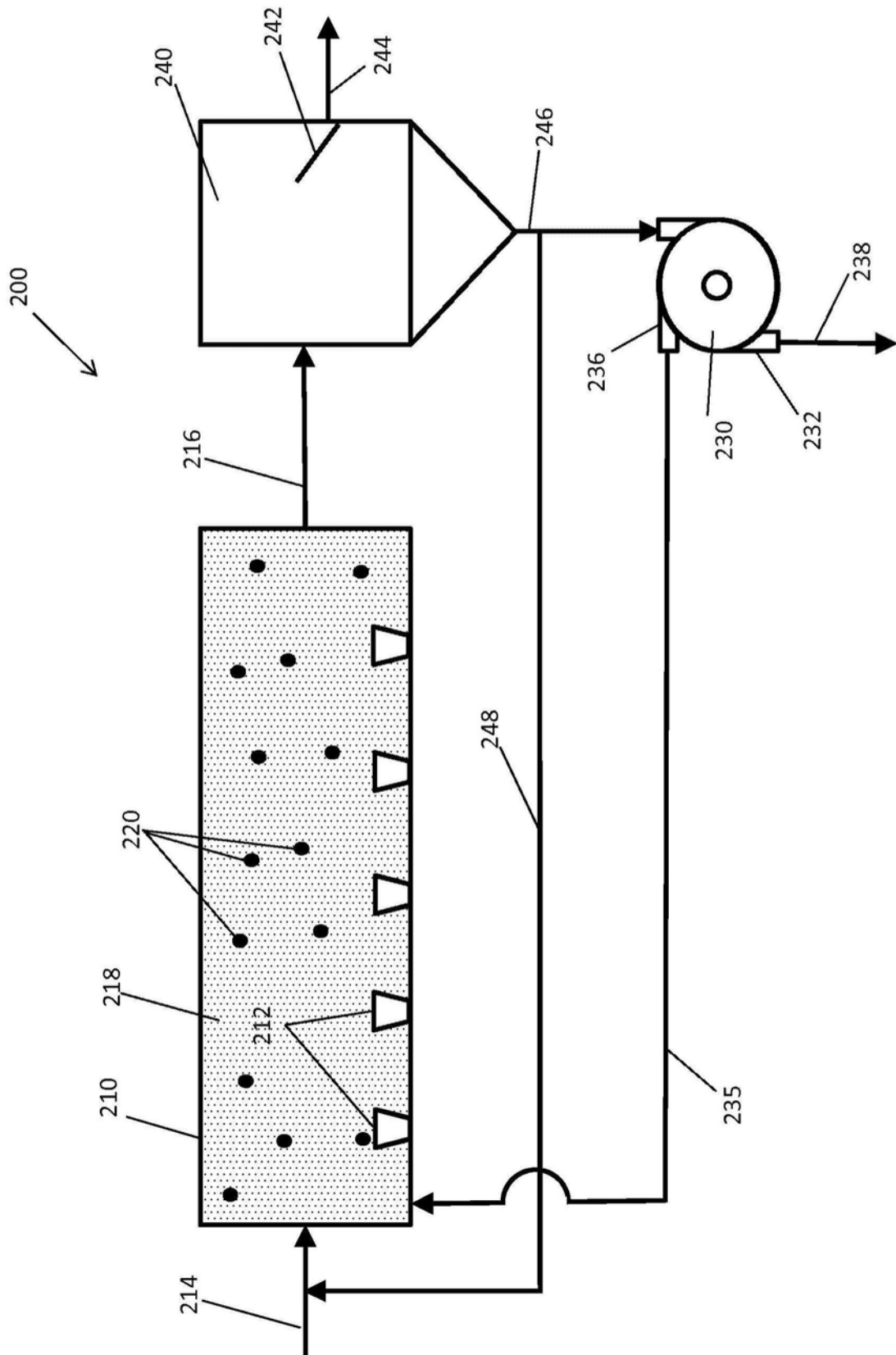


图3

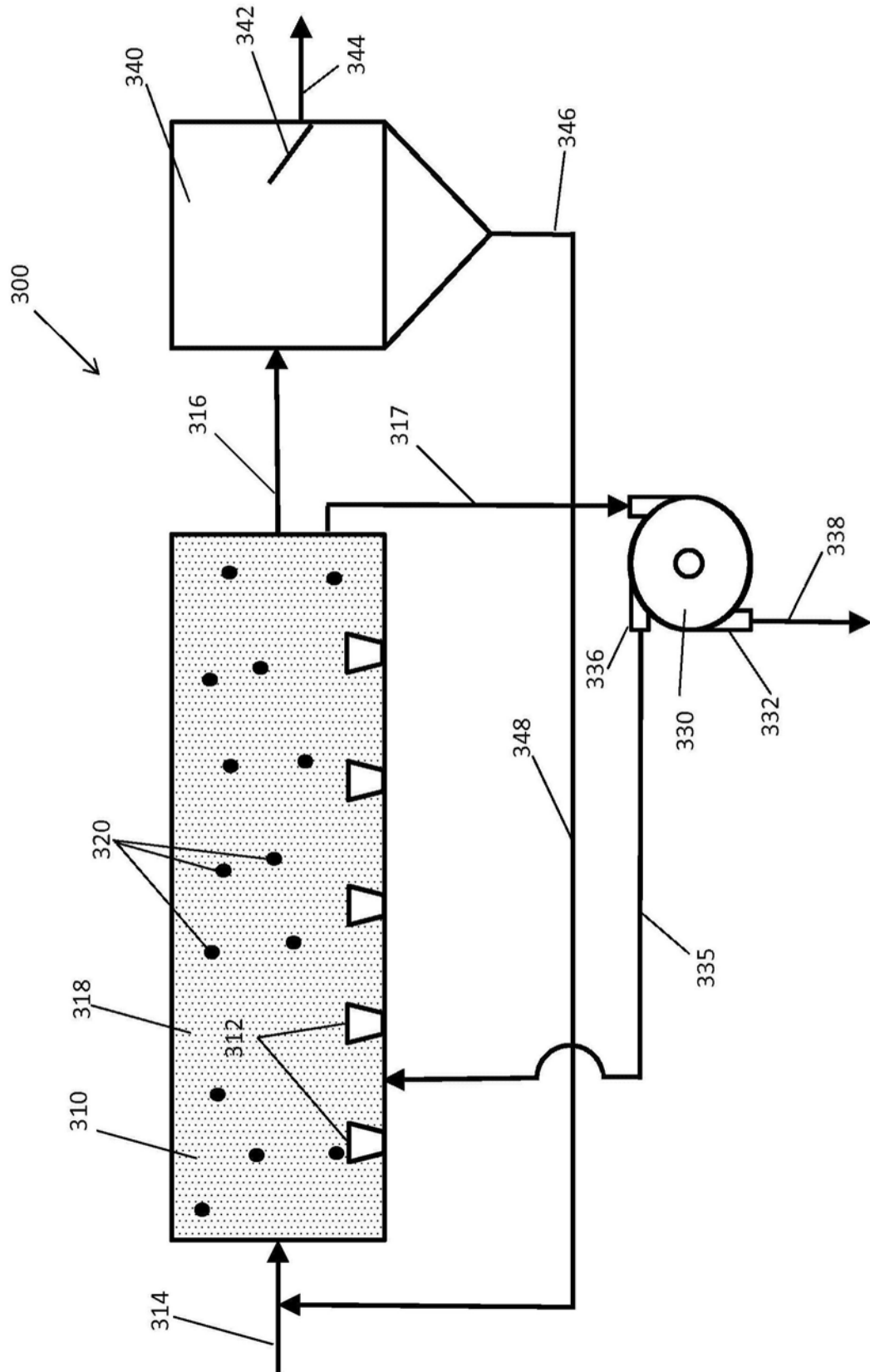


图4

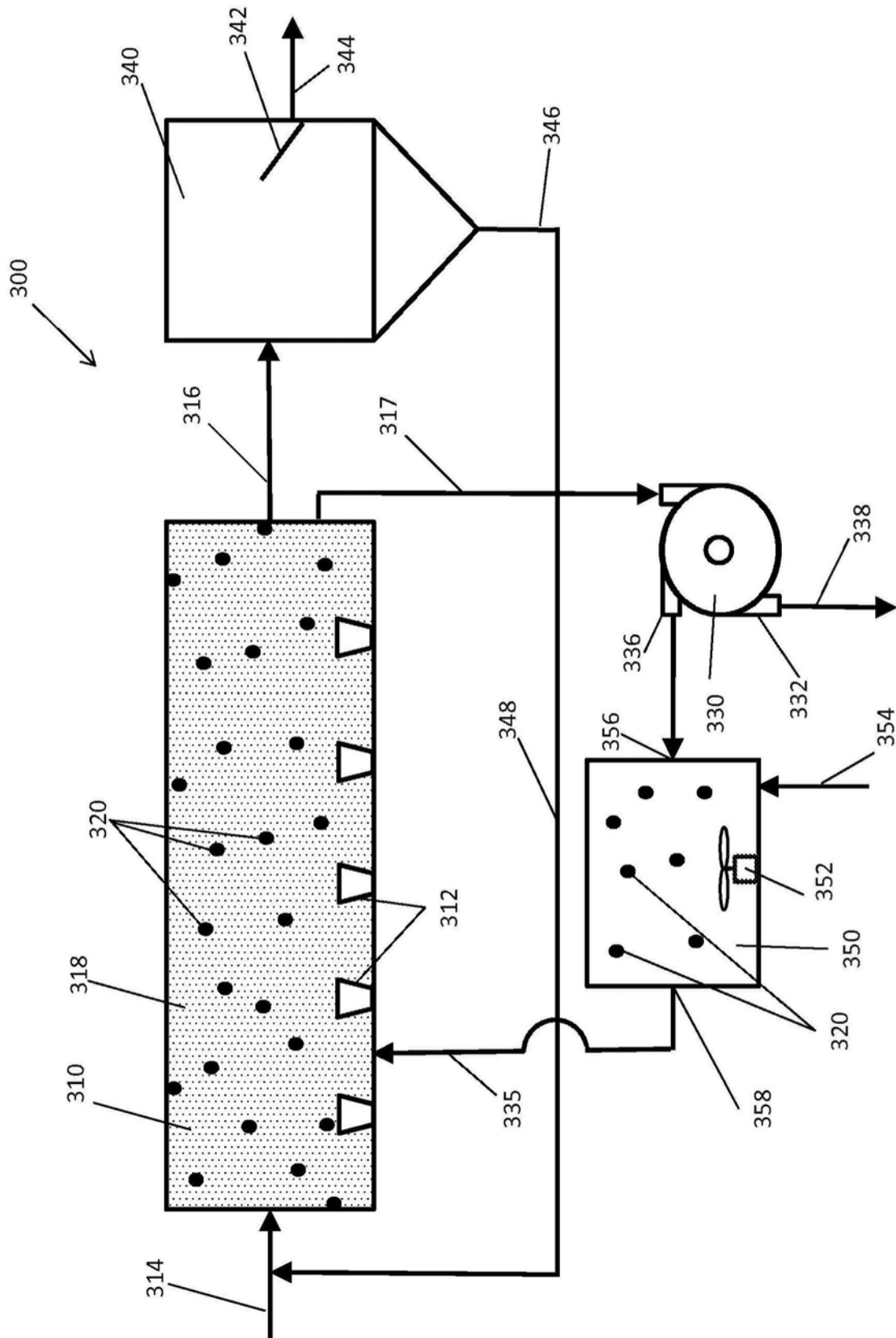


图5

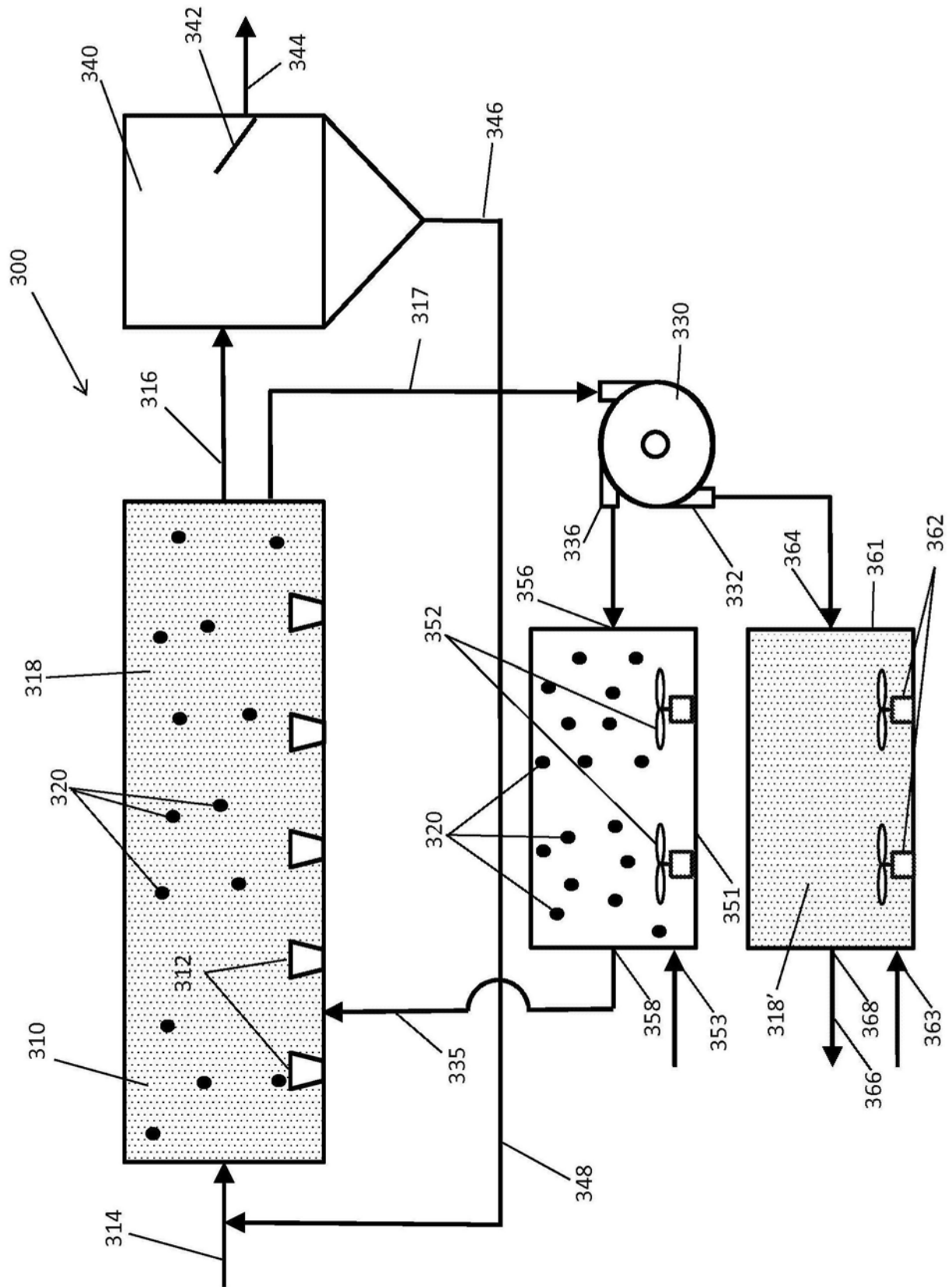


图6