



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108409024 A

(43)申请公布日 2018.08.17

(21)申请号 201710869031.4

(22)申请日 2017.09.22

(71)申请人 王凯军

地址 100084 北京市海淀区清华大学环境  
学院节能楼904室

申请人 何秋杭 金正宇

(72)发明人 王凯军 何秋杭 金正宇

(51)Int.Cl.

C02F 9/14(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图1页

### (54)发明名称

一种生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源  
化系统及方法

### (57)摘要

本发明涉及生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法,属于水处理技术领域,该系统包括生物吸附池、磁混凝池、磁分离装置、磁粉回收装置、厌氧反应器,以及用于连接各设备的管道。该方法包括如下步骤:利用生物吸附池投加活性污泥,实现对溶解性有机物的有效捕集。之后接入磁混凝池,投加磁种和高效助凝剂,使絮体结合增大。再利用磁分离装置强磁力吸附以磁种为“核”的絮体,实现碳源絮体高效固液分离,分离后磁性絮团进入磁种回收系统实现磁种回收再利用,浓缩碳源进入厌氧反应器实现资源利用。本发明将生物吸附和磁分离相结合,可以吸附溶解性有机物,有效地解决了磁混凝碳源浓缩瓶颈问题,实现高效低耗的污水碳源浓缩及资源化。

1. 一种生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法,用于城镇污水的可持续资源化处理,其特征在于:该污水处理系统包括生物吸附池、磁混凝池、磁分离装置、磁粉回收装置、厌氧反应器,以及用于连接各设备的管道,其连接关系为:生物吸附池与磁混凝池共用一壁,隔板上方开口供水流进入磁混凝池、磁混凝池与磁分离装置通过管道相连、磁分离装置一端直接出水,设在其装置旁路的污泥出口与磁粉回收装置的污泥进口相连,磁粉回收装置污泥出口与厌氧反应器相连。

2. 如权利要求1所述的生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法,其特征在于,在所述生物吸附池中设置有活性污泥投加装置。

3. 如权利要求1所述的生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

1) 将活性污泥投入生物吸附池,实现对溶解性有机物的有效捕集,形成微小絮团; 2) 然后混合废水进入磁混凝池,通过投加磁种和高效助凝剂,使污水中的颗粒态及胶体态有机物与微小絮团凝聚成以磁种作为“核”的悬浮物混合体,碳源混合体在高效助凝剂的作用下进一步结合增大并提高絮团结合力和密实度; 3) 磁性絮团混合液进入磁分离装置,利用磁分离装置高磁场永磁体磁盘的强磁力吸附作用,实现碳源絮体高效固液分离; 4) 磁性絮团进入磁种回收系统,经高速分散机将絮团打散,再利用磁辊筛出磁种实现磁种回收,再通过磁种投加装置实现磁粉利用; 5) 污水混凝浓缩碳源进入厌氧反应器进行厌氧消化处理,以实现碳源资源化利用。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于磁分离体系使得本方法水力停留时间极短,有效抑制了好氧微生物过程,可以有效抑制城镇污水碳源由于微生物新陈代谢活动所导致碳源的矿化流失,从而最大限度将碳源收集在浓缩液中而实现厌氧途径回收处理,提高了可回收碳源的比率。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于本方法将生物吸附和磁混凝相结合,在实现悬浮颗粒态有机物聚集高效分离的同时也实现溶解性有机物吸附去除,有效地解决了普通磁混凝碳源浓缩溶解性有机物难以富集的瓶颈问题,并且由于本方法采用吸附和混凝两种富集手段,碳源未进入微生物体内,因此可以有效避免浓缩碳源厌氧消化所遇到的细胞破壁问题,从而实现高效低耗的污水碳源浓缩及资源化。

6. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述的生物吸附系统中水力停留时间为10-30 min,污泥负荷达 $4.0-6.0 \text{ kgBOD}_5/\text{kgMLSS} \cdot \text{d}$ ,溶解氧为 $0.5-1.5 \text{ mg/L}$ 。

7. 如权利要求3所述的方法,其特征在于投加高效助凝剂用于取代普通混凝剂和助凝剂,如纳米絮凝剂,因其具有比表面积大、比表能高等优点,使得投药量小且絮凝效果显著。

8. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述步骤2)中的磁种和高效助凝剂投加点在空间上需要进行分离,避免磁种被高效助凝剂团聚在一起,而没有有效地与污水中微小絮体进行碰撞,形成含“磁”核心的磁性絮团,磁种投加浓度为SS浓度的1-1.5倍,高效助凝剂的投加浓度为 $30-50 \text{ } \mu\text{g/L}$ ,磁混凝搅拌箱的水力停留时间为3.5 min。

9. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述步骤3)中的磁分离装置由强磁力稀土磁盘和外套于磁盘的铁壳组成,磁盘中 $3/4$ 部位具有强磁力用于吸附磁性絮团, $1/4$ 部位没有磁力使磁性絮团脱附,在其下方有收集槽收集磁性絮团。

10. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述步骤5)中的污水混凝浓缩碳源使用

CSTR或UASB反应器进行厌氧消化处理,在实现大幅节省处理单元占地的基础上,最大限度将碳源收集在浓缩液中进行厌氧途径回收处理,获得的沼气通过原位热电联产提供系统正常运转的能源与热源。

## 一种生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于水处理技术领域,具体涉及一种生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法。

### 背景技术

[0002] 在生态文明理念下,改变传统污水处理高能耗、高资源消耗劣势,推动污水全面资源化,将污水厂转变为资源和能源的供给者是今后污水处理的重要发展方向,以高效低碳、高水平资源化的模式开发利用城市污水是实现水资源可持续发展目标的重要途径。其中一个重要模式是以厌氧为核心的新途径污水资源化处理模式。然而受限于我国污水有机物浓度较低,城市污水厌氧途径资源化技术优势难以发挥,因此污水碳源的前端高效预浓缩是实现碳源厌氧途径高效能源化的关键。

[0003] 然而当前碳源浓缩技术存在效率较低、成本较高的问题。针对该技术问题,本项目通过耦合生物吸附与超磁分离技术,将生物吸附过程对溶解态有机物的有效捕集作用和超磁分离技术高效低碳的固液分离特性进行有机结合,从而实现生化途径与物化途径的优势互补,进而解决碳源浓缩中浓缩效率与浓缩成本的矛盾问题,研发更符合可持续发展理念的新型污水处理技术,为城市污水能量流高效资源化生产性验证提供理论依据和技术支撑。

[0004] 目前国内外使用污水预浓缩的手段主要包括生物吸附法、化学强化混凝方法、物化强化法。生物吸附法是通过生物的絮凝及吸附功能从而实现有机物的富集,如AB工艺中的A段,利用短污泥龄下微生物絮体的吸附作用富集污水中的有机物,继而通过中间沉淀池以污泥沉淀的方式得到浓缩碳源。但生物吸附工艺由于中间沉淀池的存在,使得其仍具有较大的占地,且有机物截留效率有限。化学强化混凝方法是通过投加混凝剂和助凝剂使污水中的颗粒态和胶体态有机物得到富集,但此方法具有药耗高、溶解性有机物难以富集的缺点。物化强化法包含膜分离和磁分离等高效分离技术,其中膜分离利用膜特征孔径小于待截留物质而实现选择性分离浓缩,但膜分离的膜污染问题使得其处理成本成为主要限制因素;磁分离利用磁种成核形成磁性絮团,强化重力沉淀分离效率,但溶解性有机物的富集以及固液分离效率仍有较大提升空间。同时,传统污水厂的高占地和邻避问题,在对土地资源、环境质量要求较高的城市中较为突出,因此亟需高效节地污水处理技术的研发和应用。因此高效低耗的节地型城镇污水碳源浓缩技术是近期关注的研究热点。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为弥补碳源浓缩中生化途径效率较低、而物化途径成本较高的问题并满足高效低碳污水资源化处理研发的需求,提供一种生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法,通过耦合生物吸附与磁分离技术,将生物吸附过程对溶解态有机物的有效捕集作用和磁分离技术高效低碳的固液分离特性进行有机结合,实现生化途径与物化途径的优势互补,结合厌氧消化手段,研发更符合可持续发展理念的新型污水处理技术。

[0006] 为了达到上述目的,本发明提供的技术方案如下:

本发明提出的一种生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法,用于城镇污水高效低耗资源化处理,其特征在于:

污水进入生物吸附池与活性污泥进行快速混合并反应,利用活性污泥表面产生的胞外聚合物(EPS)的吸附性和絮凝性,将污水中的有机物进行有效富集,使水中颗粒态、胶体态有机污染物以及溶解态有机物能够得以聚集形成易于固液分离的絮体形态。

[0007] 之后污水混合液流入磁混凝池,采用空间分离差异化投加方式避免磁种在高效助凝剂条件下易产生磁种聚集问题。投加磁种和高效助凝剂在慢速搅拌下形成强化絮凝,使生物絮体进一步结合增大并形成以磁为核心的磁性絮团,并提高絮团结合力和密实度,促进固液分离后浓缩碳源回收的便利性。

[0008] 污水混合液流入磁分离系统,磁分离装置由强磁力稀土磁盘和外套于磁盘的铁壳组成,磁盘中3/4部位具有强磁力用于吸附磁性絮团,1/4部位没有磁力使磁性絮团脱附,在其下方有收集槽收集磁性絮团。利用强磁力稀土磁盘产生的强磁力,将水中磁性絮体快速吸附到铁壳上,被吸附在铁壳上的磁性碳源絮团随装置主轴转动而带出水面,当转至磁盘中1/4没有磁力的位置时,磁性絮团脱附落入磁性絮团收集槽,再经螺旋输送装置,进而运送到下一单元,从而实现磁性碳源絮团与水的快速分离,达到了污水中碳源的高效浓缩和分离。

[0009] 磁性碳源絮团进入磁种回收系统,通过高速分散机打散后流经磁分离磁辊,利用磁辊的强磁场力将磁种筛选出来,从而实现磁种分离回收。将筛出的磁种流入磁种加药搅拌箱,再通过磁种投加装置实现磁种再利用,排出的浓缩碳源进行后续的厌氧消化处理。

[0010] 上述系统产生的浓缩碳源进入CSTR或UASB厌氧反应器进行厌氧发酵产沼气,由于浓缩过程水力停留时间极短,并尽力抑制了好氧微生物过程,且采取了生物吸附方式对溶解性有机物进行了针对性的富集,因此可以有效抑制城镇污水碳源的矿化流失,且尽可能多的将废水中各种形态的有机碳源进行富集,从而最大限度将碳源收集在浓缩液中而实现厌氧途径回收处理,提高了可回收碳源的比率。并且由于本方法采用吸附和混凝两种富集手段,碳源未进入微生物体内,因此可以有效避免浓缩碳源厌氧消化所遇到的细胞破壁问题,从而提高厌氧产气。获得的沼气通过原位热电联产提供系统正常运转的能源与热源。

[0011] 所述第一步骤是污水进入生物吸附池与活性污泥进行快速混合并反应,生物吸附系统中水力停留时间为10-30 min,污泥负荷达4.0-6.0 kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS · d,溶解氧为0.5-1.5 mg/L。在此步骤中,利用活性污泥表面产生的胞外聚合物(EPS)的吸附性和絮凝性,将污水中的有机物进行有效富集,使水中颗粒态、胶体态有机污染物以及溶解态有机物能够得以聚集形成易于固液分离的絮体形态。生物吸附方法使得污水中溶解性有机物进入EPS吸附剂可以进一步减少液态中的有机物含量,而增加了可分离浓缩的碳源总量,利于最大化实现利用厌氧技术完成的碳源回收,通过增加产品产出的手段实现本方法的低耗目标。

[0012] 所述第二步骤是生物吸附系统流出的污水混合液进入磁混凝系统,采用空间分离差异化投加方式投加磁种和高效助凝剂,以使磁种和高效助凝剂更均匀地参与混凝反应,避免磁种被高效助凝剂团聚在一起,而没有有效地与污水中微小絮体进行碰撞,形成含“磁”核心的磁性絮团,以及高效助凝剂提前消耗问题。磁种投加浓度为SS浓度的1-1.5倍。高效助凝剂的投加浓度为30-50 μg/L,磁混凝搅拌箱的水力停留时间为3.5 min,搅拌桨转

速为70 r/min。在此步骤中,通过投加磁种和高效助凝剂在慢速搅拌下形成的二级强化絮凝,使生物絮体进一步结合增大并形成以磁为核心的磁性絮团,并提高絮团结合力和密实度,促进固液分离后浓缩碳源回收的便利性。

[0013] 所述第三步骤是将所述第二步骤得到的污水混合液送入磁分离系统进行磁分离,磁分离装置由强磁力稀土磁盘和外套于磁盘的铁壳组成,磁盘中3/4部位具有强磁力用于吸附磁性絮团,1/4部位没有磁力使磁性絮团脱附,在其下方有收集槽收集磁性絮团。利用强磁力稀土磁盘产生的高强磁力,将水中磁性絮体快速吸附到铁壳上,被吸附在铁壳上的磁性碳源絮团随装置主轴转动而带出水面,当转至磁盘中1/4没有磁力的位置时,磁性絮团脱附落入磁性絮团收集槽,再经螺旋输送装置,进而运送到下一单元,从而实现磁性碳源絮团与水的快速分离,达到了污水中碳源的高效浓缩和分离。通过观察出水情况来调节铁壳转速,如若出水中含有絮体则应适当降低铁壳转速,增加水流与铁壳的接触时间。工艺可以实现城镇污水原水中COD约70%的回收率,TP去除90%以上,SS去除90%以上,出水中的COD、TP、SS指标能够达到国家污水排放一级B标准。

[0014] 所述第四步骤是将所述第三步骤中产生的磁性碳源絮团排入磁种回收系统,通过高速分散机打散后流经磁分离磁辊,利用磁辊的强磁场力将磁种筛选出来,从而实现磁种分离回收。将筛出的磁种流入磁种加药搅拌箱,再通过磁种投加装置实现磁种再利用,排出的浓缩碳源进行后续的厌氧消化处理。

[0015] 所述第五步骤是将所述第四步骤产生的浓缩碳源送入CSTR或UASB厌氧反应器进行厌氧消化处理,由于浓缩过程水力停留时间极短,并尽力抑制了好氧微生物过程,且采取了生物吸附方式对溶解性有机物进行了针对性的富集,因此可以有效抑制城镇污水碳源的矿化流失,且尽可能多的将废水中各种形态的有机碳源进行富集,从而最大限度将碳源收集在浓缩液中而实现厌氧途径回收处理,提高了可回收碳源的比率。并且由于本方法采用吸附和混凝两种富集手段,碳源未进入微生物体内,因此可以有效避免浓缩碳源厌氧消化所遇到的细胞破壁问题,从而提高厌氧产气。获得的沼气通过原位热电联产提供系统正常运转的能源与热源。

[0016] 与现有技术相比,本发明具有以下特点和有益效果:

本方法开发了生化途径耦合物化途径实现各自优势互补的工艺,将针对富集溶解性有机物的生物吸附过程与快速高效分离颗粒胶体态有机物的磁分离技术结合,通过采用廉价易得活性污泥吸附溶解性有机物,结合磁场作用实现泥水快速高效分离,解决现有碳源浓缩工艺中低碳高效的矛盾问题,达到污水高效低耗预浓缩目的,实现城市污水能量流高效资源化利用。

[0017] 将磁种加入混凝系统中,形成含“磁”核心从而使絮团带有磁性,因此可以利用磁场力进行快速固液分离,将传统的“生物吸附-沉淀”变为“磁生物吸附-磁盘分离”,大大缩短了固液分离时间,提高处理效率,同时磁盘分离系统取代了二沉池,大大减少了设备占地面积,且添加的磁种可回收,从而共同实现了低耗型污水资源化处理系统。

[0018] 磁种回收系统中的磁分离装置由强磁力稀土磁盘和外套于磁盘的铁壳组成,避免了传统“磁盘-刮条”形式产生的污泥残留及设备损耗问题,使得出水端水质稳定,且不用经常性更换刮条,节约运行成本。

[0019] 本方法尽可能多的将废水中各种形态的有机碳源进行富集,从而最大限度将碳源

收集在浓缩液中。由于水力停留时间短,因而污水中大部分有机物没有发生显著矿化而进入浓缩液,提高了可回收碳源的比率。并且由于本方法采用吸附和混凝两种富集手段,碳源未进入微生物体内,因此可以有效避免浓缩碳源厌氧消化所遇到的细胞破壁问题,从而提高污水有机物厌氧产能的效率。本方法全流程实现了污水变废为宝,获得产品,这样既使出水有机物含量达到排放标准,又使污水中的有机物及营养物质能够得以资源化利用。

[0020] 本方法廉价实用、先进,流程简单,占地少,无二次污染,运行简便、可靠,具有明显的环境效益、社会效益和经济效益。

[0021] 下面结合附图作进一步说明。

## 附图说明

[0022] 图1是本发明生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法的流程示意图;

图2是本发明实施例的空间分离差异化投加方式的结构示意图。

## 具体实施方式

[0023] 本发明提出的一种生物吸附强化磁分离污水碳源浓缩资源化系统及方法,如图1所示,该污水处理系统包括生物吸附池、磁混凝池、磁分离装置、磁粉回收装置、厌氧反应器,以及用于连接各设备的管道,其连接关系为:生物吸附池与磁混凝池共用一壁,隔板上方开口供水流进入磁混凝池、磁混凝池与磁分离装置通过管道相连、磁分离装置一端直接出水,设在其装置旁路的污泥出口与磁粉回收装置的污泥进口相连,磁粉回收装置污泥出口与厌氧反应器相连。

[0024] 利用该系统的水处理方法包括如下步骤:

1) 污水进入生物吸附池与活性污泥进行快速混合并反应,生物吸附系统中水力停留时间为10-30 min,污泥负荷达4.0-6.0 kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS·d,溶解氧为0.5-1.5 mg/L。在此步骤中,利用活性污泥表面产生的胞外聚合物(EPS)的吸附性和絮凝性,将污水中的有机物进行有效富集,使水中颗粒态、胶体态有机污染物以及溶解态有机物能够得以聚集形成易于固液分离的絮体形态。

[0025] 2) 生物吸附系统流出的污水混合液进入磁混凝系统,采用空间分离差异化投加方式投加磁种和高效助凝剂,使其有效地与污水中微小絮体进行碰撞,形成含“磁”核心的磁性絮团。磁种投加浓度为SS浓度的1-1.5倍。高效助凝剂的投加浓度为30-50μg/L,磁混凝搅拌箱的水力停留时间为3.5 min,搅拌桨转速为70 r/min。

[0026] 3) 将第二步骤得到的污水混合液送入磁分离系统进行磁分离,利用强磁力稀土磁盘产生的高强磁力,将水中磁性絮体快速吸附到铁壳上,在磁盘脱附区磁性絮团脱附落入磁性絮团收集槽,实现磁性碳源絮团与水的快速分离,达到了污水中碳源的高效浓缩和分离。

[0027] 4) 将第三步骤中产生的磁性碳源絮团排入磁种回收系统,通过高速分散机打散后流经磁分离磁辊,利用磁辊的强磁场力将磁种筛选出来,从而实现磁种分离回收。将筛出的磁种流入磁种加药搅拌箱,再通过磁种投加装置实现磁种再利用,排出的浓缩碳源进行后续的厌氧消化处理。

[0028] 5)将第四步骤产生的浓缩碳源送入CSTR或UASB厌氧反应器进行厌氧消化处理,获得的沼气通过原位热电联产提供系统正常运转的能源与热源。下面例举实施例予以进一步说明。

[0029] 下面结合图1和图2对本发明实施例进一步说明。

### 实施例

[0030] 某城镇污水处理厂细格栅后的污水,其COD为186-394 mg/L,pH为7.21-7.44,TP为5.37-7.79 mg/L,固体悬浮物SS浓度为86-107 g/L。

[0031] 本试验采用工况为:磁种投加浓度为SS浓度的1倍,高效助凝剂的投加浓度为30μg/L,污泥负荷为5 gCOD/g·MLSS·d,搅拌桨转速为70 r/min。试验结果得出生物吸附强化磁分离COD去除率约为70%。可见,相较于普通生物吸附2-2.5 h处理时间内COD去除率最大60%,生物吸附强化超磁分离污水碳源浓缩工艺在碳源浓缩效果方面有较大的优势。



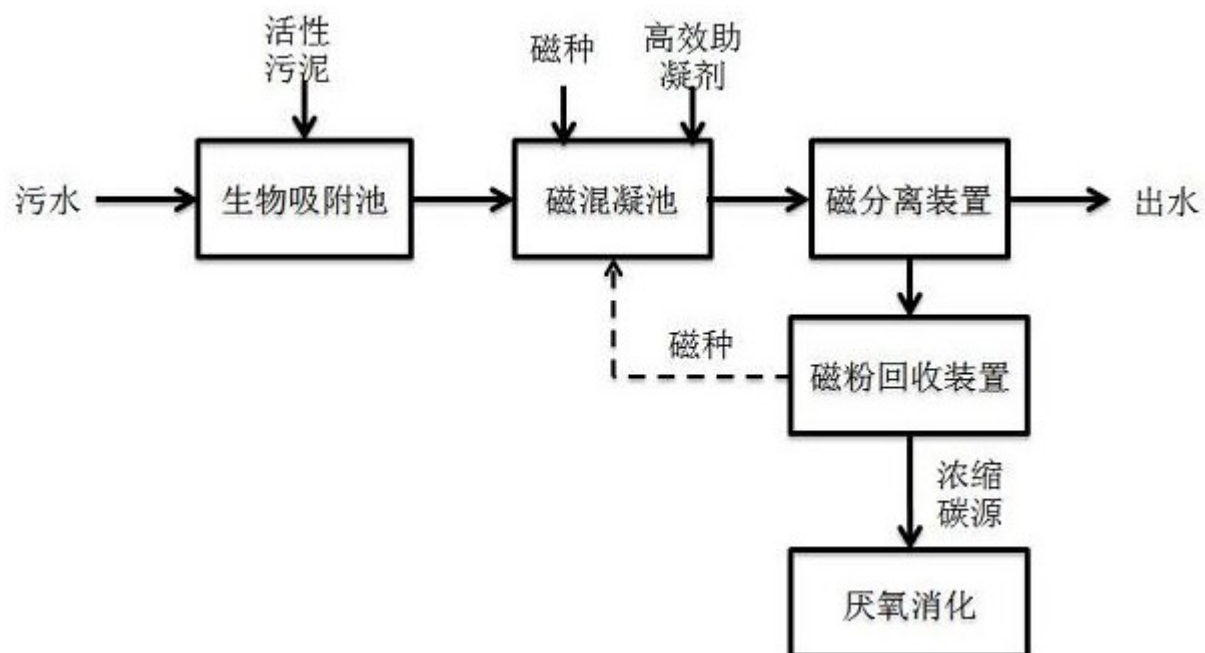


图1

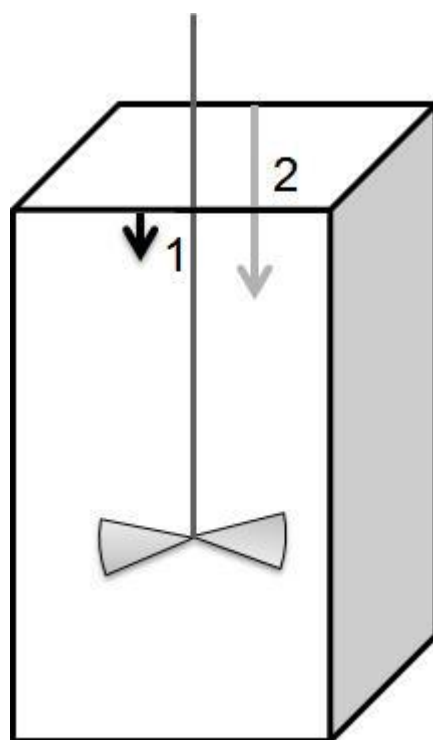


图2