



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115947450 A

(43) 申请公布日 2023.04.11

(21) 申请号 202211699159.8

(22) 申请日 2022.12.28

(71) 申请人 西安建筑科技大学

地址 710055 陕西省西安市碑林区雁塔路中段13号

(72) 发明人 雷振 陈荣 郑家乐 罗鸿

(74) 专利代理机构 北京鑫瑞森知识产权代理有限公司 11961

专利代理师 王钟楠

(51) Int. Cl.

C02F 3/28 (2023.01)

C02F 101/30 (2006.01)

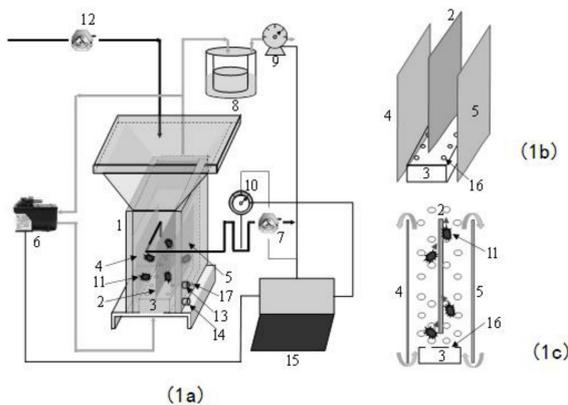
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种生物质炭-厌氧膜生物处理系统与工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种生物质炭-厌氧膜生物处理系统与工艺,包括反应池、膜组件、大孔布气装置、轻质低温热解生物质炭、动力以及控制系统。工艺用于市政污水处理结果表明:在水力停留时间3.2-7.2h、膜通量12.0-17.8L/m<sup>2</sup>/h与污泥浓度7.2-15.6g/L的条件下,该系统同时实现了促进有机微量污染物(OMP)生物降解、加速低温下挥发性脂肪酸产甲烷及强化膜污染控制等多重目标。常温条件下OMP去除效率提高20%以上;温度低至10℃时有机物去除效率超过86%,甲烷产率超过0.28LCH<sub>4</sub>/gCOD<sub>去除</sub>,膜污染速率降低50%。此系统与工艺解决了厌氧膜生物处理系统OMP去除效率差、膜污染严重、低温时甲烷产率低的问题,可有力推动厌氧膜生物处理技术升级与工程化应用。



1. 一种生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:包括反应池(1)、设置在所述反应池(1)内的膜组件(2)、位于所述反应池(1)底部的布气装置(3)、为所述反应池(1)供水的进水泵(12)和管件、用于所述膜组件(2)处理后水排出的出水泵(7)、用于将所述反应池(1)内的生物气导入所述布气装置(3)内的生物气循环泵(6);

其中在所述反应池(1)的底部设置有排泥口(14);

在所述反应池(1)内还设置有温度计(17);在所述出水泵(7)与所述膜组件(2)之间的管道设置有压力变送器(10);其中所述温度计(17)与所述压力变送器(10)分别连接有控制系统(15)。

2. 根据权利要求1所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:在所述反应池(1)内且位于所述膜组件(2)的两侧分别设置有挡板,在所述膜组件(2)的底部设置有所述布气装置(3)。

3. 根据权利要求2所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:所述膜组件(2)的底部与所述布气装置(3)的顶部之间预留有10-30mm的水流通道,以便污泥混合液与生物质炭(11)随气流循环,避免生物质炭(11)沉积导致堵塞,实现更好的膜污染控制效果。

4. 根据权利要求2所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:所述布气装置(3)的上布气孔直径为1-2mm的大孔。

5. 根据权利要求3所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:所述生物质炭(11)为基于轻质原料所制备的小颗粒轻质生物质炭,其吸水后悬浮于所述反应池(1)中,随反应池中污泥循环流动;所述生物质炭(11)的投加量为2.0-5.0g/L。

6. 根据权利要求1所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:所述反应池(1)内产生的生物气通过管道并由水封装置(8)进行干燥后收集在处理;并在其生物气输送管道上设置有气体流量计(9),所述气体流量计(9)连接有控制系统(15)。

7. 根据权利要求1所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:所述进水泵(12)的输送管道上设置有液体流量计,在所述反应池(1)的侧壁设置有用于安装温度计(17)的温度计插口(13)。

8. 根据权利要求1所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:所述膜组件(2)采用平板膜或帘式空中纤维膜,使生物质炭(11)与膜表面充分接触,实现更好的膜污染控制效果。

9. 根据权利要求1所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统,其特征在于:所述反应池(1)的水力停留时间应控制在3.2-7.2h,膜通量为12.0-17.8L/m<sup>2</sup>/h。

10. 一种生物质炭-厌氧膜生物处理工艺,根据如权利要求1-9任一所述的生物质炭-厌氧膜生物处理系统;其特征在于:

在反应池(1)中加入玉米芯低温热解制备的轻质生物质炭,在反应器运行过程中,一方面,低温热解制备的生物质炭表面含有醌类有机官能团,可以提升产甲烷过程不同功能菌群间的电子传递效率,强化厌氧中间代谢产物丙酸与乙酸产甲烷。另一方面,生物质炭对OMP<sub>s</sub>具有良好的吸附特性,在其表面形成局部OMP<sub>s</sub>高浓度区域,富集能够降解OMP<sub>s</sub>的特定微生物种群,强化OMP<sub>s</sub>的生物降解。基于以上过程,在反应池中实现了良好的污染物去除与高效产甲烷过程。

在上述处理过程中,生物气以1.75-2.7m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h强度冲刷膜表面控制膜污染,污泥混合

液在出水泵的作用下经膜分离后得到的处理水沿出水管路排出。在生物气循环冲刷膜表面过程中污泥混合液与生物质炭一起随气流循环,颗粒状的生物质炭强化了气流对膜表面的冲刷强度,抑制了污泥絮体在膜表面的粘附-沉积,从而有效缓解膜污染。

## 一种生物质炭-厌氧膜生物处理系统与工艺

### 技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理技术领域,尤其涉及一种生物质炭-厌氧膜生物处理系统与工艺。

### 背景技术

[0002] 水资源短缺与能源危机已成为人类繁荣发展面临的重大挑战。传统好氧污水处理“以能耗换水质”的技术理念导致污水处理过程能耗高、碳排放量大,与当前所倡导的可持续发展理念相悖。开发集“污染物去除-能源再生-资源回收”等特点为一体的新技术已成为污水处理革新的新趋势。在此背景下,厌氧生物处理技术受到污水处理领域工作者的广泛关注。

[0003] 污水中蕴藏着丰富的能源,通过厌氧生物技术将污水中的有机物转化为甲烷是实现污水处理能量收支平衡的重要方法。然而,传统厌氧处理技术受制于厌氧微生物增殖速率慢、污泥流失量大的限制,能源回收效率低,严重制约厌氧技术的应用。近年来,一些研究者提出将厌氧处理技术与膜分离技术结合,开发出厌氧膜生物反应器(AnMBR)技术。AnMBR通过膜截留使固体停留时间与水力停留时间分离,维持反应器内较长的污泥龄与较高的有机负荷,增加产甲烷微生物量,改善产甲烷效果。

[0004] 虽然AnMBR较传统厌氧处理技术可显著提升有机物去除与有机物甲烷化效率,但长生物固体停留时间下高污泥浓度会引起膜污染加剧,TMP快速增加,运行能耗增加、膜污染控制试剂消耗量增大,严重制约AnMBR的大规模应用。此外,由于市政污水水温季节性变化的特征,在冬季低温条件下厌氧微生物活性低,即使维持较高污泥浓度有机物去除与产甲烷效率仍难以达到期望值。更为重要的是,厌氧条件下氧化还原电位较低、微生物多样性差,污水中药物、个人护理品中所含的多种有机微量污染物(OMP<sub>s</sub>)的生物转化慢,去除效率显著低于好氧处理工艺,这类污染物排放进入水体会引起严重的生态与人类健康问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种生物质炭-厌氧膜生物处理系统与工艺,提升低温条件下微生物活性,改善污染物去除效率,强化多种OMP<sub>s</sub>的生物降解,提高OMP<sub>s</sub>去除效率。此外,生物质炭也可有效强化膜污染控制效果、缓解膜污染问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0007] 本发明提供了一种生物质炭-厌氧膜生物处理系统与工艺,包括反应池、设置在所述反应池内的膜组件、位于所述反应池底部的布气装置、为所述反应池供水的进水泵和管件、用于所述膜组件处理后水排出的出水泵、用于将所述反应池内的生物气导入所述布气装置内的生物气循环泵;

[0008] 其中在所述反应池的底部设置有排泥口;

[0009] 在所述反应池内还设置有温度计;在所述出水泵与所述膜组件之间的管道设置有压力变送器;其中所述温度计与所述压力变送器分别连接有控制系统。

[0010] 进一步的,在所述反应池内且位于所述膜组件的两侧分别设置有挡板,在所述膜组件的底部设置有所述布气装置。

[0011] 再进一步的,所述膜组件的底部与所述布气装置的顶部之间预留有10-30mm的水流通道,以便污泥混合液与生物质炭随气流循环,避免生物质炭沉积导致堵塞,实现更好的膜污染控制效果。

[0012] 再进一步的,所述布气装置的上布气孔直径为1-2mm的大孔。

[0013] 再进一步的,所述生物质炭为基于轻质原料所制备的小颗粒轻质生物质炭,其吸水后悬浮于所述反应池中,随反应池中污泥循环流动;所述生物质炭的投加量为2.0-5.0g/L。

[0014] 再进一步的,所述反应池内产生的生物气通过管道并由水封装置进行干燥后收集在处理;并在其生物气输送管道上设置有气体流量计,所述气体流量计连接有控制系统。

[0015] 再进一步的,所述进水泵的输送管道上设置有液体流量计,在所述反应池的侧壁设置有用于安装温度计的就温度计插口。

[0016] 再进一步的,所述膜组件采用平板膜或帘式空中纤维膜,使生物质炭与膜表面充分接触,实现更好的膜污染控制效果。

[0017] 再进一步的,所述反应池的水力停留时间应控制在3.2-7.2h,膜通量为12.0-17.8L/m<sup>2</sup>/h。

[0018] 本实施例中公开了一种生物质炭-厌氧膜生物处理工艺;

[0019] 在反应池中加入玉米芯低温热解制备的轻质生物质炭,在反应器运行过程中,一方面,低温热解制备的生物质炭表面含有醌类有机官能团,可以提升产甲烷过程不同功能菌群间的电子传递效率,强化厌氧中间代谢产物丙酸与乙酸产甲烷。另一方面,生物质炭对OMP<sub>s</sub>具有良好的吸附特性,在其表面形成局部OMP<sub>s</sub>高浓度区域,富集能够降解OMP<sub>s</sub>的特定微生物种群,强化OMP<sub>s</sub>的生物降解。基于以上过程,在反应池中实现了良好的污染物去除与高效产甲烷过程。在上述处理过程中,生物气以1.75-2.7m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h强度冲刷膜表面控制膜污染,污泥混合液在出水泵的作用下经膜分离后得到的处理水沿出水管路排出。在生物气循环冲刷膜表面过程中污泥混合液与生物质炭一起随气流循环,颗粒状的生物质炭强化了气流对膜表面的冲刷强度,抑制了污泥絮体在膜表面的粘附-沉积,从而有效缓解膜污染。

[0020] 与现有技术相比,本发明的有益技术效果:

[0021] 本发明采用玉米芯为原料在低温条件下制备了生物质炭,用于污废水处理,践行了废弃物资源化利用的理念,并实现了良好的处理效果。所述工艺在低投入条件下实现了强化厌氧产甲烷、提升OMP<sub>s</sub>处理效果与缓解膜污染,解决了当前研究中强化OMP<sub>s</sub>去除、提升产甲烷与控制膜污染各类方法之间各自独立、难以兼容的问题,是一种新型多功能厌氧膜处理系统与工艺,具有广阔的应用前景。

## 附图说明

[0022] 下面结合附图说明对本发明作进一步说明。

[0023] 图1为本发明生物质炭-厌氧膜生物处理系统;

[0024] 图2为本发明生物质炭提升低温下AnMBR去除污染物与产甲烷效能示意图;

[0025] 图3为本发明生物质炭强化AnMBR膜污染控制效果示意图;

[0026] 图4为本发明生物质炭提升AnMBR降解OMPs效果示意图。

### 具体实施方式

[0027] 本实施例中公开了一种生物质炭-厌氧膜生物处理系统,包括反应池1、安装在所述反应池1内的膜组件2、位于所述反应池1底部的布气装置3、为所述反应池1供水的进水泵12和管件、用于所述膜组件2处理后水排出的出水泵7、用于将所述反应池1内的生物气导入所述布气装置3内的生物气循环泵6;

[0028] 其中在所述反应池1的底部预留有排泥口14;

[0029] 在所述反应池1内还安装有温度计17;在所述出水泵7与所述膜组件2之间的管道安装有压力变送器10;其中所述温度计17与所述压力变送器10分别连接有控制系统15。

[0030] 本实施例中,在所述反应池1内且位于所述膜组件2的两侧分别安装有挡板,在所述膜组件2的底部安装有所述布气装置3。

[0031] 本实施例中,所述膜组件2的底部与所述布气装置3的顶部之间预留有10-30mm的水流通道,以便污泥混合液与生物质炭11随气流循环,避免生物质炭11沉积导致堵塞,实现更好的膜污染控制效果。

[0032] 本实施例中,所述布气装置3上布气孔为直径1-2mm的大孔,生物气通过此装置可产生大气泡,膜污染控制效果较微孔曝气效果更好。

[0033] 所述生物质炭11为基于轻质原料(玉米芯颗粒)所制备的小颗粒轻质生物质炭(密度 $0.65\text{t}/\text{m}^3$ ,直径2-3mm),吸水后悬浮于反应池1中,随反应池中污泥循环流动。

[0034] 本实施例中,所述反应池1内产生的生物气通过管道并由水封装置8进行干燥后收集在处理;并在其生物气输送管道上安装有气体流量计9,所述气体流量计9连接有控制系统15。

[0035] 本实施例中,所述进水泵12的输送管道上安装有液体流量计,在所述反应池1的侧壁安装有用于安装温度计17的就温度计插口13。

[0036] 本实施例中,所述膜组件2可采用平板膜或帘式空中纤维膜(膜孔径为 $0.1-0.2\mu\text{m}$ ),使生物质炭11与膜表面充分接触,实现更好的膜污染控制效果。

[0037] 本实施例中,所述反应池1的水力停留时间应控制在3.2-7.2h,膜通量为 $12.0-17.8\text{L}/\text{m}^2/\text{h}$ 。

[0038] 实施例1

[0039] 将本发明用于低温条件下的城市污水处理,取得了良好效果。温度从 $18^\circ\text{C}$ 降低至 $10^\circ\text{C}$ 时AnMBR中出现丙酸和乙酸积累,出水COD浓度增大,产甲烷效率降低;与此同时,低温导致膜污染问题加剧,AnMBR难以连续稳定运行。采用本发明方提升AnMBR处理效能,具体步骤如下:

[0040] 制备轻质生物质炭:采用管式气氛炉,以氮气作为保护气,采用3-5mm的干燥玉米芯颗粒作为原料,设置升温条件为 $15^\circ\text{C}/\text{min}$ ,升温至 $500^\circ\text{C}$ 之后恒温90min,之后自然冷却,得到低温热解制备的轻质生物质炭。

[0041] 使用图1所示的AnMBR系统处理城市污水,设置初始温度为 $18^\circ\text{C}$ ,运行一段时间至TMP达到30kPa,换新膜的同时向反应池中投加 $2.0\text{g}/\text{L}$ 的生物质炭,运行与之前相同的时间,换膜并过滤掉污泥中的生物质炭。

[0042] 将AnMBR的运行温度从18℃阶梯降至10℃,在10℃运行至TMP达到30kPa后换新膜,重新运行至TMP达到30kPa;再换新膜并向AnMBR中加入2.0g/L的生物质炭,重新运行至TMP达到30kPa。

[0043] 在AnMBR运行过程中监测生物气产量、生物气中甲烷含量、进出水COD浓度、出水挥发性脂肪酸浓度以及TMP。

[0044] 从图2可以看出,10℃投加生物质炭后出水COD与挥发性脂肪酸浓度显著降低,COD去除效率与甲烷产率显著增加。

[0045] 由图3可以看出,无论是18℃还是10℃,投加生物质炭后TMP的增加速度均显著降低(超过50%),膜污染控制效果显著。

[0046] 实施例2

[0047] 将本发明用于强化厌氧膜系统处理城市污水中OMP<sub>s</sub>的去除效果。在25℃条件下处理城市污水时AnMBR对22种OMP<sub>s</sub>的去除效率较低,仅有76.5%,多种OMP<sub>s</sub>的去除效率不足50%。采用本发明改善OMP<sub>s</sub>的去除效率,具体步骤如下:

[0048] 使用图1所示的AnMBR系统处理城市污水,污水中加入22种浓度均为2.0μg/L的有OMP<sub>s</sub>,设置运行温度为25℃,HRT为3.2-5.5h,在系统运行稳定后一段时间后每隔3天测定一次进出水OMP<sub>s</sub>浓度,共测定10次。此外,在第1次和第10次测样的同时测定反应池中污泥上吸附的OMP<sub>s</sub>浓度。

[0049] 以上运行结束后换新膜,在反应池中加入5.0g/L同实例1中相同的生物质炭,继续运行反应器,每隔3天测定一次进出水OMP<sub>s</sub>浓度,共测定10次。此外,在第1次和第10次测样的同时测定反应池污泥上吸附的OMP<sub>s</sub>浓度。

[0050] 从图4可以看出,未投加生物质炭前AnMBR对22种OMP<sub>s</sub>的去除效率仅有76.8%,对酪洛芬、布洛芬、萨利麝香与卡马西平等4种OMP<sub>s</sub>的去除效率不足40%。投加生物质炭后22种OMP<sub>s</sub>平均去除效率达到88.7%,所有OMP<sub>s</sub>的去除效率均超过80%。投加生物质炭后生物降解在15种OMP<sub>s</sub>去除路径中的占比显著增加,仅有4种OMP<sub>s</sub>的吸附去除贡献增加,表明生物质炭主要是通过强化OMP<sub>s</sub>的生物降解强去除效果。

[0051] 注:(ATE:阿替洛尔;AVB:阿伏苯宗;BPA:双酚A;CBZ:卡马西平;CLT:萨利麝香;DCF:双氯芬酸;E3:雌三醇;E2:雌二醇;EE2:炔雌醇;I BP:布洛芬;KP:酪洛芬;MBC:3-(4-甲基苯亚甲基)樟脑;NPX:萘普生;BP3:氧苯酮;P4:黄体酮;BP4:2-羟基-4-甲氧基-5-磺酸二苯甲酮;SMX:磺胺甲恶唑;TC:四环素;TCC:三氯卡班;TCS:三氯生;TMP:甲氧苄氨嘧啶;TT:睾酮)。

[0052] 在本发明创造的描述中,需要理解的是,术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0053] 以上实施例仅是对本发明创造的优选方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

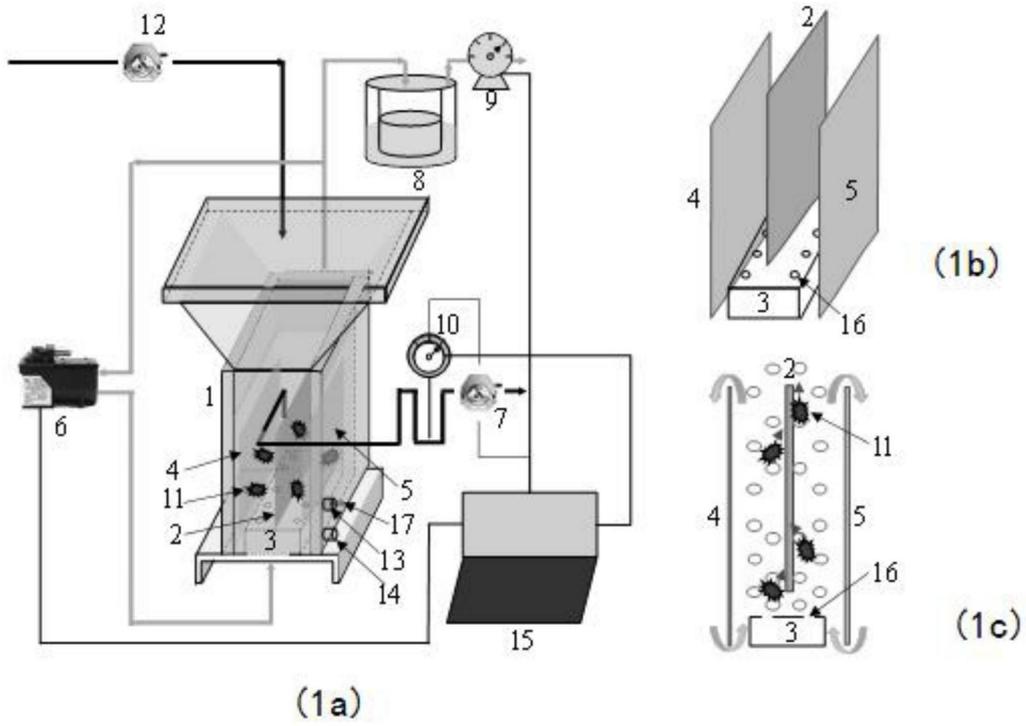


图1

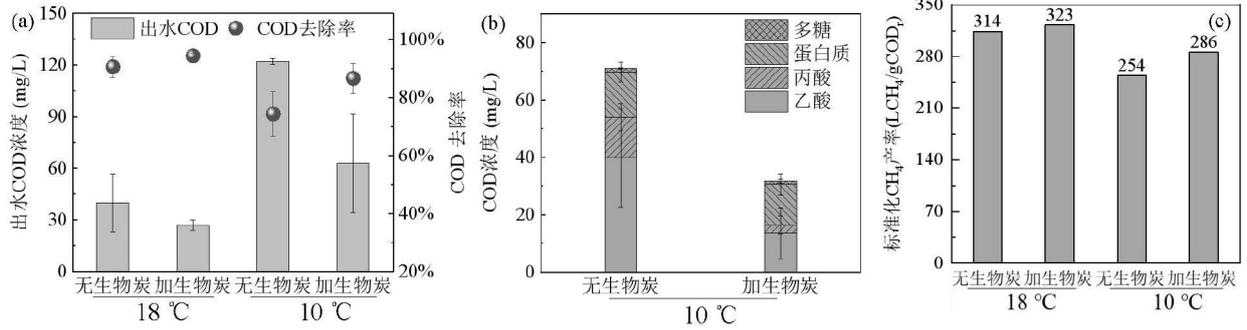


图2

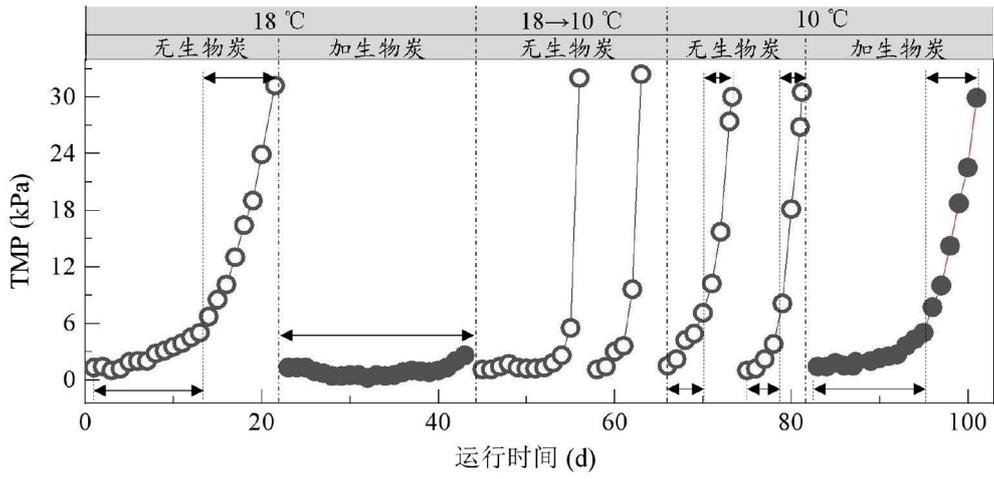


图3

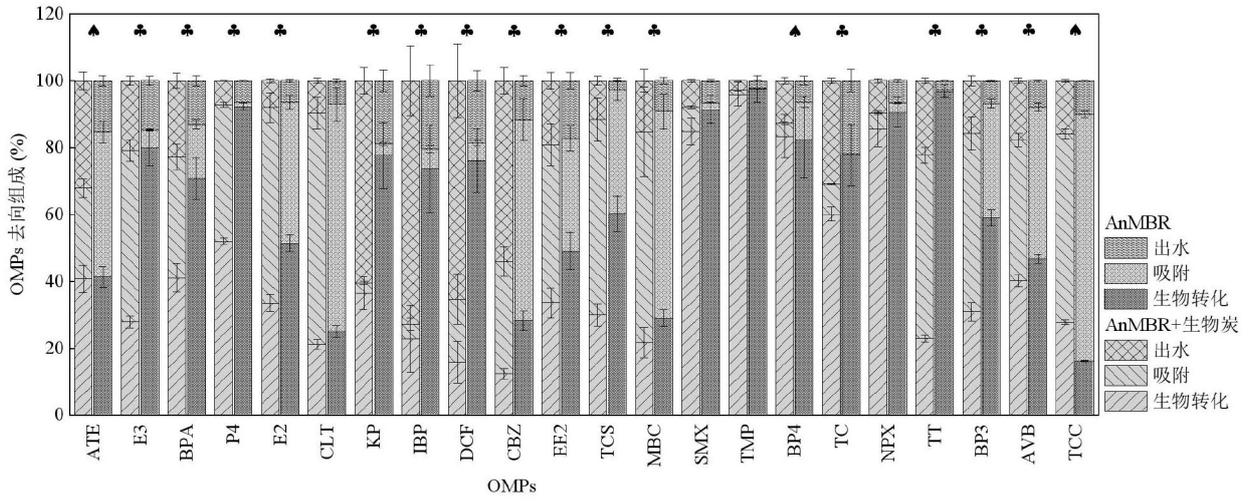


图4