

ICS 03.080

CCS A 12

团 体 标 准

T/CI XXX-2022

基于改性玄武岩纤维填料的生物处理

技术规范-生物巢法

Specifications of biological treatment based on modified
basalt fiber carrier - bio-nest method

(征求意见稿)

2022-X-X 发布

2023-X-X 实施

中国国际科技促进会 发布

目 次

前 言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 改性玄武岩纤维填料要求	5
5 生物巢培养	7
6 生物巢法	8
7 管理与维护	11
附录 A	13
附录 B	15

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，规范改性玄武岩纤维生物巢法在污/废水处理中的实施，规范技术的使用方法，制定本标准。

本文件规定了采用改性玄武岩纤维规格、布置方式、生物巢培养、技术要求、管理与控制等。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件的主要起草单位：江苏绿材谷新材料科技发展有限公司，江苏大学，东南大学，江苏科技大学，苏州科技大学(江苏水处理技术与材料协同创新中心)，安徽大学，青岛理工大学，江苏艾特克控股集团股份有限公司，南京江宁水务集团有限公司，江苏省建筑工程集团有限公司，江苏彦钦环保工程有限公司，四川炬原玄武岩纤维科技有限公司，江苏英睿恩环保科技有限公司，日本エコシステム株式会社，日本 JCK 株式会社。

本文件主要起草人：吴智仁、周向同、梁止水、倪慧成、魏星、徐畅、黄娟、刘志刚、蒋素英、韦静、王晓春、李姗蔚、李大鹏、齐元峰、张波、肖翔、朱中国、加松岛 穰，杉浦 岳人 稻垣 廣人等。

本文件为首次发布。

基于改性玄武岩纤维填料的生物处理技术规范-生物巢法

1 适用范围

本文件规定了采用改性玄武岩纤维填料的生物巢法在污/废水处理中的应用技术规范，包括改性玄武岩纤维材料(MBF)规格和性能、MBF 填料布置方式、生物巢培养与检测、技术要求、管理与控制等。

本文件适用于采用生物巢法及其组合工艺的各种污/废水处理工程，可作为环境影响评价、工艺设计、施工、环境保护验收及设施运行、维护的技术依据。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

- GB 12801-2008 生产过程安全卫生要求总则
- GB 18918-2002 城镇污水处理厂污染物排放标准
- GB 50014-2021 室外排水设计标准
- GB 50015-2019 建筑给水排水设计标准
- GB 50016-2014 建筑设计防火规范
- GB 50053-2013 20kV 及以下变电所设计规范
- GB 50087-2013 工业企业噪声控制设计规范
- GB 50141-2008 给水排水构筑物工程施工及验收规范
- GB 50187-2012 工业企业总平面设计规范
- GB 50268-2008 给水排水管道工程施工及验收规范
- GB 50334-2017 城镇污水处理厂工程质量验收规范
- GB/T 25045-2010 玄武岩纤维无捻粗纱
- GB/T 38111-2019 玄武岩纤维分类分级及代号
- GH/T 37528-2019 脱氮生物滤池通用技术规范
- GBZ 1-2010 工业企业设计卫生标准
- GBZ 2-2002 工作场所所有害因素职业接触限值

- DB51/T 2321-2017 玄武岩纤维单丝拉伸性能检验方法
- HJ 2009-2011 生物接触氧化法污水处理工程技术规范
- HJ 576-2010 厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范
- HJ 2014-2012 生物滤池法污水处理工程技术规范
- HJ 2047-2015 水解酸化反应器污水处理工程技术规范
- HJ 2527-2012 环境保护产品技术要求 膜生物反应器
- HJ/T 91-2002 地表水和污水监测技术规范
- HJ/T 96-2003 pH 水质自动分析仪技术要求
- HJ/T 101-2003 氨氮水质自动分析仪技术要求
- HJ/T 103-2003 总磷水质自动分析仪技术要求
- HJ/T 245-2006 环境保护产品技术要求 悬挂式填料
- HJ/T 251-2006 环境保护产品技术要求 罗茨鼓风机
- HJ/T 252-2006 环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器
- HJ/T 263-2006 环境保护产品技术要求 射流曝气器
- HJ/T 278-2006 环境保护产品技术要求 单级高速曝气离心鼓风
- HJ/T 279-2006 环境保护产品技术要求 推流式潜水搅拌机
- HJ/T 353-2007 水污染源在线监测系统安装技术规范
- HJ/T 335-2006 环境保护产品技术要求 污泥浓缩带式脱水一体
- CJJ 60-2011 城镇污水处理厂运行、维护及其安全技术规程
- CJ/T 51-2018 城镇污水水质标准检验方法

《生态环境部建设项目竣工环境保护验收效果评估技术指南》(生态环境部, 2018年)

《中华人民共和国水污染防治法》(2017年修订)

3 术语和定义

下列属于和定义适用于本标准。

3.1

玄武岩纤维 Basalt fiber(BF)

以一种或多种火山岩为主要原料，高温熔融后经漏板拉丝制备的微米级连续纤维，具有一定拉伸强度、拉伸弹性模量、耐腐蚀和耐高温等特征。(GB/T 38111-2019)。

3.2

改性玄武岩纤维 Modified basalt fiber(MBF)

由玄武岩纤维表面经物理涂覆、化学接枝和液相沉积等方法改性修饰制备而成，其具有表面弱正电位、亲水性、生物亲和性等特性。

3.3

改性玄武岩纤维填料 Modified basalt fiber carrier

改性玄武岩纤维经剪裁、机械绞缠后制造的伞状、星状等结构的生物载体，布置在生物反应池/槽内，能快速吸附聚集大量微生物和截留悬浮固体，为生物提供空间结构多样、种群丰富的栖息和生长场所。

3.4

填料单元 Carrier unit

由一定长度和数量的改性玄武岩纤维制造而成的伞状、星状等形状独立结构个体。

3.5

单元间距 Carrier spacing

指填料单元与填料单元之间的水平距离或垂直距离。

3.6

改性玄武岩纤维生物巢 Modified basalt fiber bio-nest

指改性玄武岩纤维填料单元在水力作用下分散、泳动、缠绕，并快速吸附、聚集水中的悬浮活性污泥，经过适应期、成型期、成熟期和稳定期后形成球形巢状结构的生物聚集体。生物巢孔隙通道丰富，传质效果好，具有厌氧-兼氧-好氧的三种微环境，微生物种群丰富，形成了包含原生动动物、后生动动物的完整生物链，整体结构稳定、不脱落。

3.7

生物巢法 Bio-nest technology

指一种能够兼具好氧/缺氧/厌氧的污/废水生物处理方法，该系统由浸没于污/废水中的生物巢、混合系统和池/槽体构成。在好氧/厌氧条件下，污/废水与生物巢充分接触，通过生物降解作用去除污/废水中的有机物、营养盐等，使污/废水得到净化。

3.8

曝气推流系统 Blending plugflow system

指为生物反应池/槽输送压缩空气，或向污/废水充氧的系统，并形成推流/循环流，使生物反应池/槽中的污/废水与生物巢/悬浮活性污泥充分混合接触。

3.9

填料区 Carrier media zone

指生物反应池/槽中部用于布置 MBF 填料的区域。

3.10

填充比 Filling ratio

指好氧/厌氧反应池/槽中 MBF 填料体积与池体有效容积的比值，通常是经验值。

4 改性玄武岩纤维填料要求

4.1 MBF 性能指标

4.1.1 MBF 的单丝直径宜为 7-19 μm ，线密度为 200-4800 tex。

4.1.2 MBF 表面为弱正电荷，Zeta 电位宜为 0-30 mV。

4.1.3 MBF 断裂强度 ≥ 0.50 N/tex。

4.2 MBF 填料规格

4.2.1 MBF 填料是一种悬挂式的填料，其中填料的单元结构宜为伞状，外形如图 1a 所示，通过编织技术可制造出由多个单元结构形成的填料制品(图 1b)。

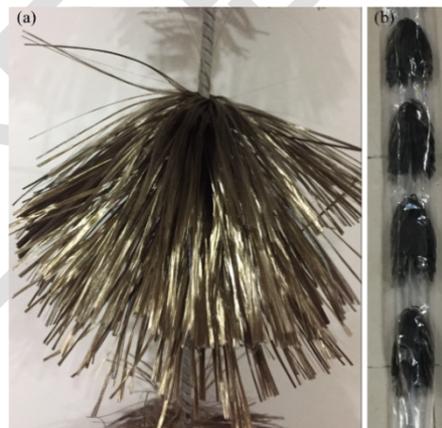


图 1 伞状 MBF 填料单元结构及其制品，(a)单元结构，(b)填料制品

4.2.2 MBF 填料的单元尺寸图 2 所示，横向半径 R(MBF 的长度)和纵向距离 H，R 宜为 5-10 cm，填料单元中 MBF 重量宜为 10-20 g，H 应不大于 5 cm。

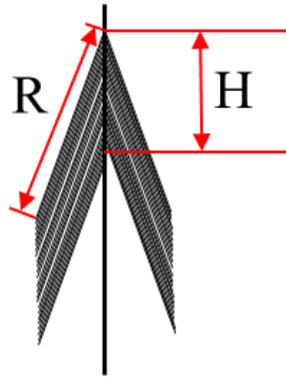


图 2 伞状 MBF 填料的单元尺寸

4.2.3 MBF 填料制品长度宜采用 0.5-3 m，其是由若干填料单元结构串联而成，其中单元结构为均匀布置，其中心间距应根据单位结构的尺寸为 L_1 ，如图所示， L_1 不小于 $(R+H+4)$ cm，不大于 $(R+H+6)$ cm 的而定，两个单元之间的最短距离 L_2 不小于 $(R+4)$ cm，不大于 $(R+6)$ cm。

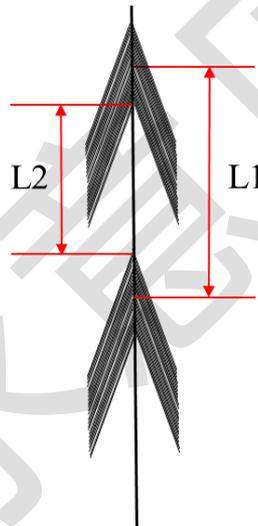


图 3 伞状 MBF 填料制品间距示意图

4.3 MBF 填料布置方式

4.3.1 MBF 填料布置方式主要包括平行式和平行交叉式 2 种（图 4），制品之间水平间距不小于 $(1.6R+5)$ cm，不大于 $(1.6R+7.5)$ cm，池/槽中 MBF 填料的填充比宜为 30%-50%。

4.3.2 对于厌氧生物滤池，布置方式应为上下交叉式（图 4），制品之间水平间距宜为 $1.6R$ ，池/槽中 MBF 填料的填充比宜大于 80%。

4.3.3 填料布置过程中，上部距水面宜预留 30-50 cm，下部距池底宜预留 50-80 cm。

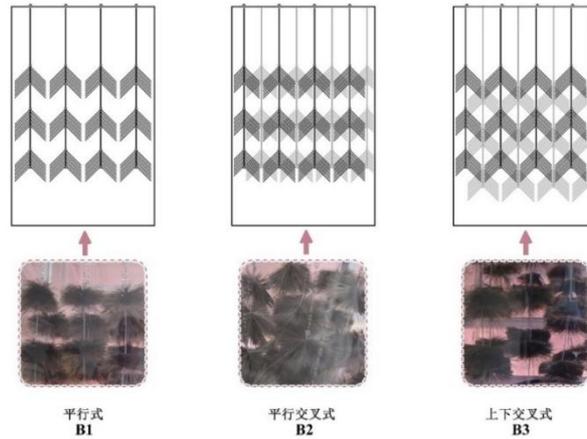


图 4 MBF 填料的 3 种布置方式

5 生物巢培养

采用污/废水处理厂的活性污泥作为种泥和原水(或稀释原水)来培养生物巢, 在好氧环境下采用连续曝气推流方式运行, 期间维持培养环境的 MLSS 浓度 3000-4000 mg/L, pH 值和温度宜控制在 7.5 ± 0.5 和 25 ± 5 °C, 在连续运行 28 日后, 经历适应期、成型期、成熟期和稳定期(出水中 COD 和 TN 指标稳定), 形成球形巢状结构的生物聚集体, 具体过程如图 5 所示。

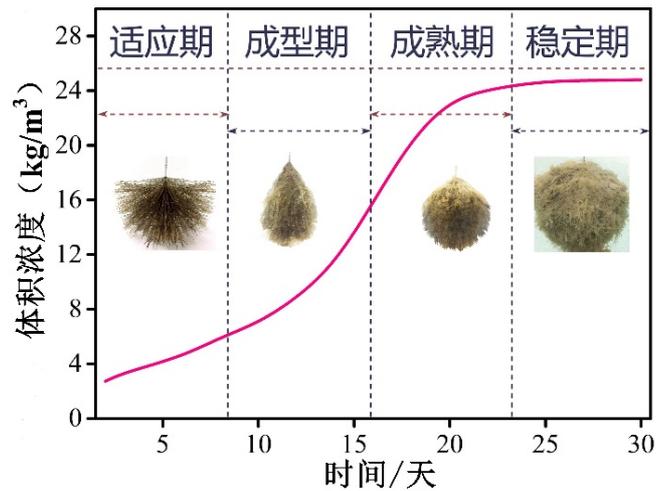


图 5 MBF 生物巢生长与形成过程

其中, 生物巢的形成及活性宜采用生物反应池中的生物量及生物巢内部生物活性两个指标进行评价, 具体见附录 A 和 B。

6 生物巢法

6.1 好氧反应池/槽

6.1.1 基本工艺流程

好氧反应池/槽中可以单独采用生物巢法进行处理，实现好氧-缺氧-厌氧处理的功能，具体工艺如下：

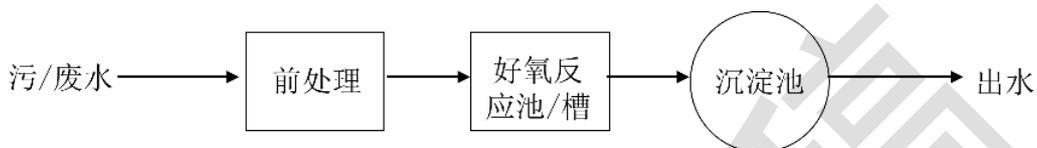


图 6 好氧反应的生物巢法工艺流程图

6.1.2 好氧反应池/槽设计

6.1.2.1 MBF 填料可采用平行式和平行交叉式的布置方式。

6.1.2.2 池/槽内曝气推流方式可采用单向循环(如示意图 7a 所示)和双向循环(如示意图 7b 所示)，其中单向循环中曝气装置贴在池/槽壁一侧，双向循环中曝气装置在两个填料区中间。

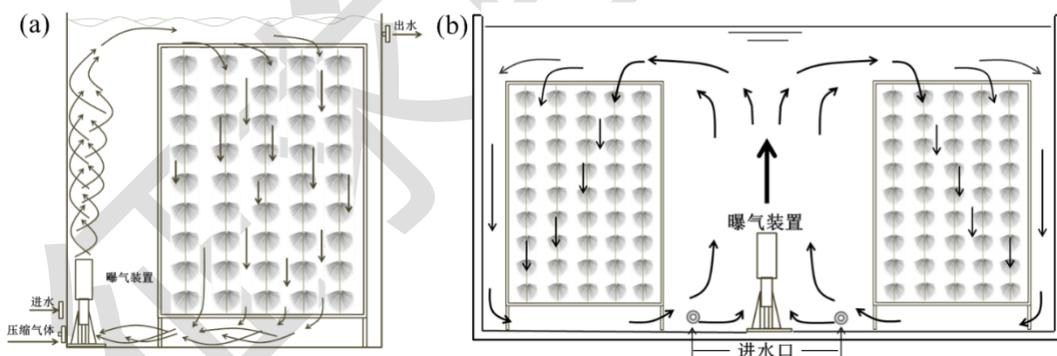


图 7 好氧反应池/槽结构及填料布置示意图，(a)单向流循环，(b)双向循环流

6.1.3 前处理和后处理

具体请参考标准 HJ 2009-2011 中的 6.2.1 和 6.2.2 规定。

6.1.4 进水要求

6.1.4.1 进水 pH 值宜为 6.0-9.0，水温宜为 15-35 °C。

6.1.4.2 适合所有的生活污水/城镇污水，水力停留时间宜为 4-6 小时。

6.1.4.3 工业废水 COD 容积负荷可设计为 5.0 kg/(m³·d)以上，总氮应不超过 200

mg/L，停留时间宜为 8-18 小时。

6.2 厌氧生物滤池/槽

6.2.1 基本工艺流程

厌氧生物滤池/槽中可以生物膜法对总氮(主要为硝态氮)进行处理，不仅可以高效去除硝态氮，而且还具有过滤功能，并通过生物膜分解难降解有机物，为反硝化菌提供碳源，可以实现不加或者少加碳源的目的。具体工艺如下：

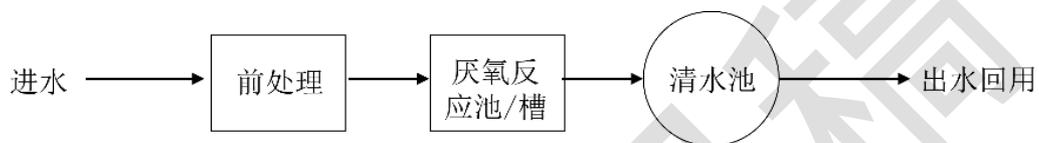


图 8 厌氧生物滤池/槽的生物膜法工艺流程图

6.2.2 厌氧生物滤池/槽设计

6.2.2.1 MBF 填料采用上下交错式的布置方式。

6.2.2.2 池/槽内水流为上向流生物滤池，如图 9 所示。

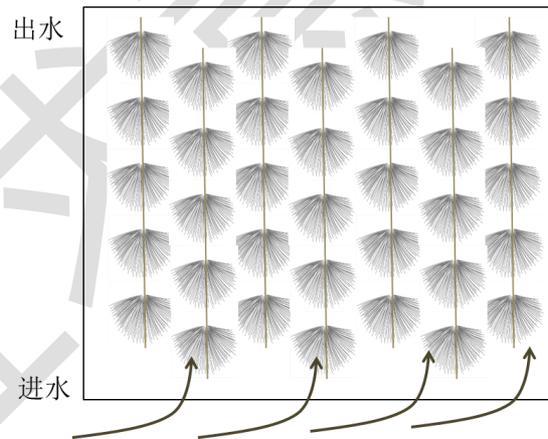


图 9 上向流生物滤池/槽结构及填料布置示意图

6.2.3 前处理和进水要求

6.2.3.1 前处理具体请参考标准 HJ 2009-2011 中的 6.2.1，同时须满足以下进水要求要求。

6.2.3.2 进水 pH 值宜为 6.5-9.0，水温宜为 15-30 °C。

6.2.3.3 进水 COD 浓度应小于 100 mg/L，总氮应小于 50 mg/L，水力停留时间应小于 1 小时。

6.2.3.4 进水总固体含量宜小于 60 mg/L。

6.2.3.5 进水溶解氧浓度应小于 2 mg/L。

6.3 好氧-厌氧生物池/槽

6.3.1 基本工艺流程

好氧-厌氧反应池/槽中采用生物巢法进行处理时，可以通过对池/槽体结构和水流形式的控制实现池/槽内不同区域的好氧和厌氧功能，具体工艺如下：

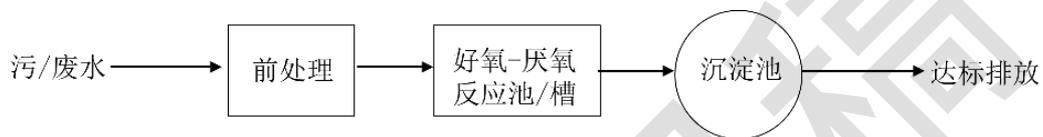


图 10 好氧-厌氧生物池/槽的生物巢法工艺流程

6.3.2 好氧-厌氧生物池/槽设计

6.3.2.1 该池/槽主要有两种设计方式，分别为水平折流式好氧-厌氧生物池/槽和竖直折流式好氧-厌氧生物池/槽。

6.3.2.2 水平折流式好氧-厌氧生物池/槽结构上分为三个区域，中间为曝气区，两侧分别为好氧区和厌氧，其中好氧区由(短)垂直隔板、池壁构成(如图 11a 所示)。

6.3.2.3 竖直折流式好氧-厌氧生物滤池/槽主要由池体、隔室、填料及其支架、隔片与托架、曝气装置等部分组成(如图 11b 所示)。

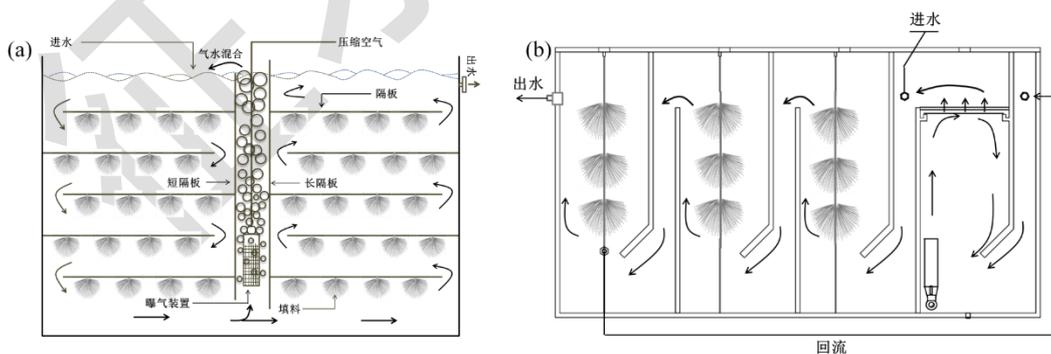


图 11 好氧-厌氧反应池/槽结构及填料布置示意图，(a)水平折流式，(b)竖直折流式

6.3.3 前处理、后处理和进水要求

与 6.1.3 和 6.1.4 要求一致。

7 管理与维护

7.1 主要辅助工程

7.1.1 构筑物的设计、建设、运行过程中应执行 GBZ 1-2010、GBZ 2-2002 和 GB 12801-2008 的规定，其中小于等于 500 m³/d 的污/废水处理宜设备化，宜采用不锈钢结构或其他结构的一体化设备。

7.1.2 曝气系统宜采用鼓风式穿孔曝气管、中孔曝气器、OHR 旋流曝气器等。

7.1.3 电气系统的电压等级与用电负荷，高、低压电压等级应与其供电的电网电压等级相一致。接地系统宜采用三相五线制系统(TN-S)。用电负荷为二级负荷；配电设备布置，中央控制室的仪表电源应配备在线式不间断供电电源设备(UPS)。变电所低压配电室的配电设备布置，应符合 GB 50053-2013 的规定。

7.2 施工与验收

7.2.1 施工应按工程设计图纸、设备图纸等技术文件要求，编制施工方案。须进行施工组织设计，明确施工质量负责人和施工安全负责人，经批准后实施。其中，工程建设、施工安装和调试，应符合《建设工程质量管理条例》的要求，水质在线监测系统的安装应符合 HJ/T 353-2007 的规定。工程竣工后，建设单位应将有关设计、施工和验收的文件立卷归档。

7.2.2 MBF 生物巢法的污水处理工程竣工验收应执行《建设项目(工程)竣工验收办法》。环境保护验收应按照《建设项目竣工环境保护验收管理办法》和工程环境影响评价报告的批复进行。

7.3 运行与维护

7.3.1 MBF 生物巢法在处理城镇污水时，污水处理设施的运行、维护及安全管理参照 CJJ 60-2011 执行。污水处理工程在运行前应制订设备台账、运行记录、定期巡视、交接班、安全检查等管理制度，以及各岗位的工艺系统图、操作手册和维护规程等技术文件。

7.3.2 MBF 生物巢法的污水处理工程应设水质检验室，配备检验人员和仪器。检验人员应经培训后持证上岗，并应定期进行考核和抽检。检验方法应符合 CJ/T 51-2018

的规定，污水正常运行检验项目与周期，应符合 CJJ 60-2011 的规定。

7.3.3 日常维护中应将生物池/槽的维护保养作为全厂(站)维护的重点。操作人员应严格执行设备操作规程，定时巡视设备运转是否正常，包括温升、响声、振动、电压、电流等，发现问题应尽快检查排除。

征求意见稿

附录 A

(资料性附录)

生物反应池中生物量的测定

A.1 总生物量的定义

生物反应池中的总生物量A由固定生物量B和悬浮生物量C两部分组成。其中固定生物量是生长在生物膜上的微生物量。悬浮生物量是在生物反应池混合液中呈悬浮状态的微生物量。正常情况下固定生物量B远大于悬浮生物量C。

$$\text{总生物量A} = \text{固定生物量B} + \text{悬浮生物量C} \dots\dots\dots (1)$$

A.2 悬浮生物量的测定

悬浮生物浓度D的测定可采用活性污泥法的混合液悬浮固体(MLSS)浓度的测定方法。测定步骤如下:

- 1、将称量瓶和滤纸在105 °C的烘箱中烘干称重，用天平称量，并记录重量为W1;
- 2、取一定体积V的生物反应池的混合液，用烘干衡重的定量滤纸过滤;
- 3、过滤完成后将带污泥的定量滤纸置于称量瓶中，并放在105 °C的烘箱中烘干称重，用天平称量，并记录重量为W2;

$$\text{悬浮生物浓度D} = (W2 - W1)/V(\text{单位: g/m}^3)\dots\dots\dots (2)$$

$$\text{悬浮生物量C} = (1 - \eta) \times [D \times V(\text{池容积})]/1000(\text{单位: kg}) \dots (3)$$

上式中的 η 是MBF填料的填充率，单位：%。

A.3 平均固定生物量的测定

生物反应池中不同位置MBF填料上固定生物量的分布具有不均匀性，应对池中具有一定代表性的点位进行采样，测出平均的固定生物量。测定步骤如下:

- 1、确定生物接触氧化池中具有一定代表性的点位(n处)，如图A所示。
- 2、在每一取样点取等量G的生物膜。
- 3、不同深度填料上生长的生物量具有一定差异，宜依据不同深度进行填料的采样。

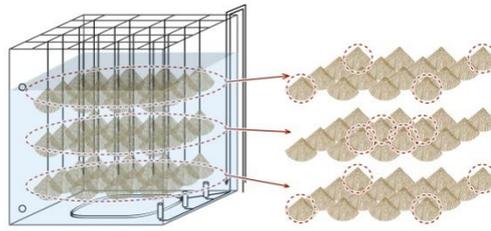


图 A 生物填料采样点位的布设(n=12)

- 4、将采集的生物巢样品置于乙醇溶液中，轻轻搓洗将微生物洗脱下来。
- 5、将洗脱后的微生物/乙醇混合液放置在蒸发皿中在105 °C的烘箱中烘干称重，并用天平称，得重量W3。
- 6、单个生物巢的平均生物量W4。

$$W4 = [W3_1+W3_2+\dots+W3_{n-1}+W3_n]/(G \times n) \text{ (单位: g)} \dots\dots\dots(4)$$

式中的下角标1,2.....n-1,n表示不同的采样点。

平均固定生物量是生物接触氧化池的固定生物总量：

$$W5 = [W4 \times N]/1000 \text{ (单位: kg)} \dots\dots\dots(5)$$

式中N为生物反应池中MBF填料单元的总数(个)。

附录 B

(资料性附录)

生物巢内部生物活性的测定

B.1 原理

在激光扫描共聚焦显微镜(CLSM)的油镜下,采用核酸染料染色后观察样品的生物活性。

B.2 试剂

所用试剂不低于分析纯。SYTO 9和碘化丙啶(PI)的BacLight™核酸染料试剂盒。所用水应符合GB/T 6682-2008中规定的三级水要求。

B.3 操作步骤

- B.2.1 按A.3中进行生物巢的取样后,将生物巢样品依次标记为 S_1 、 S_2 、 S_3 S_{n-1} 和 S_n 。
- B.2.2 将尽可能减少对生物巢扰动的前提下,将每个生物巢样品转移到一个矩形容器中(25 cm × 25 cm × 34 cm)。
- B.2.3 将矩形容器整个放入-40 °C的冷冻室中急速冷冻72 h。
- B.2.4 将冷冻后的MBF生物巢沿着核心切成两部分,然后分别沿垂直于切片平面的轴线进一步切成冷冻块(1.0 cm × 1.0 cm × 6.0 cm),最后靠近生物巢核心的一侧被均匀地切成六个立方体,依次标记为样本a、b、c、d、e、f,如下图所示。

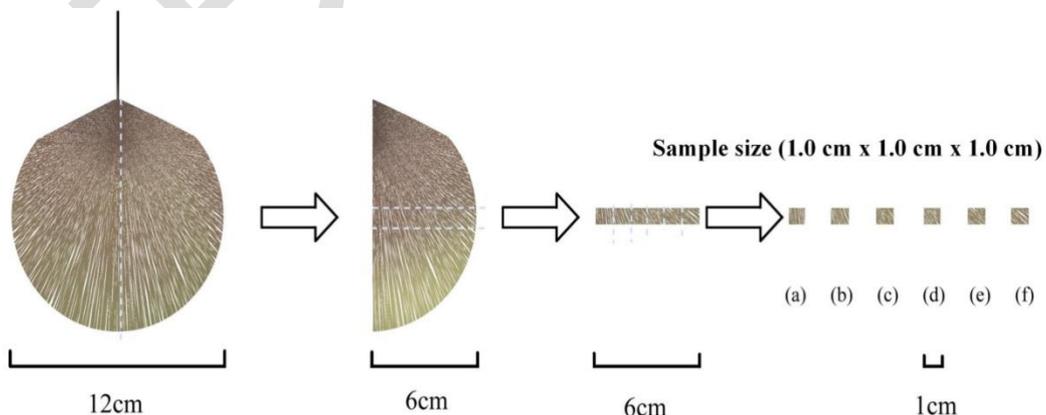


图2 冷冻生物巢切割样本分布示意图

- B.2.5 向样本a-f滴加两种核酸染料(SYTO 9和PI的BacLight™细菌活力试剂),核酸染料以1: 1配比。

- B.2.6 避光保存15 mins后将培养皿固定在激光扫描共聚焦显微镜(CLSM)的固定台上，选择合适的位置后设置间隔2 μm 进行样品层扫。
- B.2.7 染料SYTO 9的激发/发射波长为480/500 nm，染料PI的激发/发射波长为490/635 nm，双通道成像分别显示绿色和红色荧光。
- B.2.8 使用Leica LAS X软件以1024 \times 1024像素的分辨率获取每个样品的CLSM图像并进行后期图像的三维成像。
- B.2.9 对Leica LAS X软件获取的每个样本的所有图像进行荧光强度分析，进而计算其微生物活性。
- B.2.10 将所有生物巢样品中的样本a-f的生物活性取平均值，得到生物反应池中生物巢的平均生物活性。
-