

MBBR 法在工业废水处理中的应用

范懋功

(中国航空工业规划设计研究院, 北京 100011)

摘要: 采用流动床生物膜法 (MBBR) 处理食品、造纸、化工、炼油厂生产废水, 在欧美已广泛应用。许多工程实例表明该法有很好的处理效果。文中介绍了 MBBR 法在欧美的应用情况。

关键词: MBBR 法; 流动床; 生物膜; 工业废水; 废水处理; 工程实例

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-2455 (2003) 03-0009-03

1 MBBR 法的特点

流动床生物膜法 (Moving Bed Biofilm Reactor Process 简称 MBBR 法) 是生长生物膜的载体层在废水中不断流动的生物接触氧化法。载体是聚乙烯中空圆柱体, 长 5~7 mm, 直径 10 mm, 内部有十字支撑, 外部有翅片, 密度 0.95 g/cm^3 , 空隙率 88%, 可供生物膜附着的比表面积约 $400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 。这种载体的特殊形状使微生物在有保护的载体内表面生长而去除废水中的 BOD_5 。MBBR 法先在北欧挪威和瑞典应用然后推广到欧美。笔者根据掌握的一些国外公司的资料, 对 MBBR 法在国外的应用情况作以下介绍。此法具有下列特点:

① 空间小: MBBR 反应器能处理与普通氧化池相同的负荷但只要 20% 的空间。

② 能扩容: 由于 MBBR 法设计的灵活性, 所提供的反应器以后扩容方便。

③ 操作管理简单: 附着生长生物膜的载体在反应器内流动不需要活性污泥回流或循环反冲洗。

④ 不会堵塞: 载体生物 (Biomass) 在紊流中不断脱落, 避免堵塞。

⑤ 生物易恢复活力: 生物在改变温度和 pH 值, 超负荷或受毒害作用下也能很快恢复活力, 使处理效果稳定。

⑥ 池型和构造与普通接触氧化池一样。为了防止载体流失, 在出水口处安装格网。

⑦ 适宜用于改造工程: 现有废水处理池或不用水池改成 MBBR 反应池最方便, 安装维护简便。

⑧ MBBR 法的不足之处是载体价格比国内采用的组合填料或弹性填料贵, 但该法优点所带来的经济效益足以补偿。

2 MBBR 法的各种配置形式

MBBR 法的灵活性使其能根据处理要求和空间大小而采用不同的配置方式, 例如:

① 当废水要求去除 BOD_5 和脱氮时可在格栅和气浮池 (或沉淀池) 之间配置 2 个串联的 MBBR 反应器。

② 用多个厌氧和好氧反应器串联使废水完全脱氮。厌氧池中装潜水搅拌机和载体。

③ 改造部分活性污泥池或其他水池使成为复合 (HYBRID) 生物处理法, 增加处理容量。

3 工程实例

3.1 处理食品工业废水

3.1.1 奶制品厂废水

挪威 KMT 公司早在 1989 年已对奶制品厂废水进行小规模试验后, 在挪威南部奥斯陆一奶制品厂建试验处理厂。废水水质: $\text{pH} = 5 \sim 10$, $\rho(\text{COD}) = 3\,190 \text{ mg/L}$, $\rho(\text{BOD}_5) = 1\,050 \text{ mg/L}$, 总磷 $\rho(\text{P}) = 6.7 \text{ mg/L}$, 总氮 $\rho(\text{N}) = 43 \text{ mg/L}$ 。处理流程: 废水 → 第一反应器 → 第二反应器 → 沉淀池 → 排放。当反应器停留时间为 7 h 时, COD 去除率为 85%, 停留时间为 8 h 时, COD 去除率可达 90%。当废水进水 pH 值达 11 时, 经第一反应器生物处理后 pH 值下降到 7 左右。试验成功后该奶制品厂于 1993 年建成处理厂, 处理冲洗容器产生的废水,

收稿日期: 2002 - 11 - 11; 修回日期: 2002 - 12 - 20

废水量平均 90 m³/d，最大 125 m³/d。用泵把废水送到沉砂池再流入原有调节池，在池中进行预曝气。用 2 台潜水泵(1 用 1 备)从调节池抽水经除油(脂肪)池流入 3 个串联的 MBBR 反应器，反应器的容积分别为 33，16，16 m³，总容积 65 m³。池深 3.0 m。总停留时间为 17.3 h。载体填充率为水容积的 53%。反应器中用不锈钢多孔管布气系统，由 2 台 450 m³/h 的鼓风机供气。处理后废水排入城市污水管。处理厂 1993 年 4 月以后运行一直稳定，耗能量平均 4.8 kW·h/kg [BOD₅]。处理结果见表 1。

表 1 奶制品废水处理结果

	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
进水	2 500	1 264
出水	400	45
去除率/%	84	96.4

3.1.2 薯条厂废水

挪威一薯条厂废水处理采用 MBBR 法进行好氧处理。小部分废水先经厌氧预处理，大部分废水没有预处理。MBBR 由 3 个串联的反应器组成。生物处理后的废水在进入最终沉淀池之前进行加药混凝。载体的比表面积为 450 m²/m³，填充率为

表 2 薯条生产废水处理结果

项目	进水 COD 负荷/ (kg·d ⁻¹)	出水 COD 负荷/ (kg·d ⁻¹)	去除率/ %	进水 $\rho(\text{COD})$ / (mg·L ⁻¹)	出水 $\rho(\text{COD})$ / (mg·L ⁻¹)
1	443 ± 140	20.3 ± 10.8	95.3	1 512 ± 393	54.9 ± 28.2
2	845 ± 465	21.5 ± 7.9	97.5	2 394 ± 1 106	63.0 ± 16.5

留时间= 2 × 0.5 = 1 h。载体填充率为 67%。采用 3 台 780 m³/h 鼓风机(2 用 1 备)，曝气耗电量 0.1 kW·h/kg[COD]。处理流程：废水进入集水池后经热交换器冷却到 30~35 ℃，再用计量泵投加 N，P 后流入 MBBR 反应器进行生物处理，废水量约为 80~100 m³/h，与 100~200 m³/h 的冷却水混合后加聚合氯化铝 200 mg/L 进行化学沉淀，处理水排入湖中。处理结果：进水 COD 和 BOD₅ 的质量浓度分别为 1 000、326 mg/L，处理后 COD 和 BOD₅ 的质量浓度分别为 160、51 mg/L，出水总磷的质量浓度小于 0.1 mg/L。

3.3 化工废水

美国一化工废水处理厂扩建工程，用 MBBR 法代替老的滴滤池。新建 MBBR 废水设施占地面积仅为 223 m²。MBBR 出水直接流入纯氧活性污泥

50%。测定结果见表 2。

3.2 造纸工业废水

3.2.1 再生纸厂废水

美国某一新建再生纸厂，最大处理量为 1 325 m³/d。BOD₅ 的质量浓度为 350 mg/L。经过一系列小规模试验后，安装 2 个串联的 MBBR 反应池，每池容积 81.7 m³，总池容为 163.4 m³。载体填充率为 60%，总用气量为 1 700 m³/h。处理流程见图 1。浮渣用压滤机脱水。此系统 BOD₅ 去除率达 95%。MBBR 反应器后续气浮池出水排入附近河流。

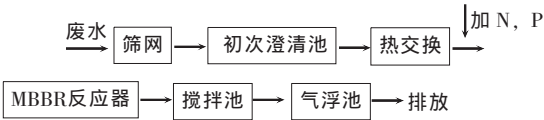


图 1 再生纸厂废水处理流程

3.2.2 铜板纸厂废水

瑞典北部 STORA PAPYRUS GRYSKSD 造纸厂生产铜板纸，1993 年建 MBBR 法废水处理厂。设计流量 3 120 m³/d。废水的最高水温 37 ℃， $\rho(\text{SS}) = 1 500 \text{ mg/L}$ 。采用 2 个串联的 MBBR 反应器，每个反应器容积 65 m³，总容积 130 m³，水深 3.4 m，总停

系统。处理流程见图 2。



图 2 化工厂废气处理流程

MBBR 技术参数：设计流量 20 715 m³/d，最高日流量 32 700 m³/d，容积负荷 12.5 kg(BOD₅)/(m³·d)，去除率大于 60%。反应器数量 2，处理池总容积 2 007 m³，停留时间 2.5 h，载体填充率 50%，需用空气量 22 425 m³/h，由 3 台鼓风机(2 用 1 备)供应。每天可去除 BOD₅ 16.360 kg，有机物的去降率大于 60%。如果将来废水中有机物浓度增加还可增填 30%的载体。

3.4 炼油厂废水

美国菲力普石油公司有一每天提炼 11 万桶原油的炼油厂，一每天 9.5 桶液化天然气分馏加工

和一化工厂。废水排放量平均 19 684 m³/d，最高 28 388 m³/d，原活性污泥法废水处理厂为适应有机负荷的增加和提高硝化能力进行改造。将原初沉池改为 MBBR 系统，在池中填加流动层载体，填充率 30%，池容 1 927 m³，供气量 15 463 m³/h。改造后的 MBBR 和原有的活性污泥处理系统组合成 HYBRID 系统。改造后的处理流程见图 3。

1999 年 4 月开始运行，处理结果见表 3：



图 3 炼油厂废水处理流程

表 3 炼油厂废水处理结果

测试项目		测试时间		
		1999-04	1999-05	1999-06
水量 (m ³ ·h ⁻¹)		22 483	23 051	20 288
原水	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	386	386	283
	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	12.4	8.1	13.3
MBBR 出水				
砂滤出水	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	157	133	100
	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	58	50	46
	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	1.1	0.6	0.7

出水浊度从 30~40NTU 降低到小于 15 NTU。用处理后水每天反冲洗滤池一次。该系统能去除 80% 的有机负荷。

4 结语

从上述工程实例可见，用 MBBR 法处理工业废水有突出的优点。MBBR 可处理高浓度的废水，也特别适用于改造工程，可不加处理池提高处理容量；或与原有生物处理系统组合成 HYBRID 系统，改进处理效果。

作者简介：范懋功(1927-)，男，江苏吴江人，研究员，北京新外大街甲 8 号 22-4-8 号。

论文摘要的编写要求

摘要 是科技论文的重要组成部分。摘要 是以提供文献内容梗概为目的，不加评论和补充解释，简明、确切地记述文献重要内容的短文。摘要 应具有独立性和自明性，并拥有与文献同等量的主要信息，即不阅读全文，就能获得必要的信息。

摘要 可分为报道性摘要和指示性摘要。

报道性摘要 是指明一次文献的主题范围及内容梗概的简明摘要，相当于简介。报道性摘要 一般用来反映科技论文的目的、方法及主要结果与结论，在有限的字数内向读者提供尽可能多的定性或定量的信息，充分反映该研究的创新之处。建议学术性论文多选用报道性摘要。篇幅以 300 字为宜。

指示性摘要 是指明一次文献的论题及取得的成果的性质和水平的摘要，其目的是使读者对该研究的主要内容（即作者做了什么工作）有一个轮廓性的了解。创新内容较少的论文，其摘要可写成指示性摘要，建设技术性论文采用指示性摘要。篇幅以 100 字为宜。

编写摘要的注意事项

1、摘要中应排除本学科领域已成为常识的内容；切忌把应在引言中出现的内容写入摘要；一般也不要对论文内容作诠释和评论（尤其是自我评价）。

2、不得简单重复题名中已有的信息。比如一篇文章的题名是《几种中国兰种子试管培养根状茎发生的研究》，摘要的开头就不要再写：“为了……，对几种中国兰种子试管培养根状茎的发生进行了研究”。

3、结构严谨，表达简明，语义确切。摘要先写什么，后写什么，要按逻辑顺序来安排。句子之间要上下连贯，互相呼应。摘要慎用长句，句型应力求简单。每句话要表意明白，无空泛、笼统、含混之词，但摘要毕竟是一篇完整的短文，电报式的写法亦不足取。摘要不分段。

4、用第三人称。建议采用“对……进行了研究”、“报告了……现状”、“进行了……调查”等记述方法标明一次文献的性质和文献主题，不必使用“本文”、“作者”等作为主语。

5、要使用规范化的名词术语，不用非公知公用的符号和术语。新术语或尚无合适汉文术语的，可用原文或译出后加括号注明原文。

6、除了实在无法变通以外，一般不用数学公式和化学结构式，不出现插图、表格。

7、不用引文，除非该文献证实或否定了他人已出版的著作。

8、缩略语、略称、代号，除了相邻专业的读者也能清楚理解的以外，在首次出现时必须加以说明。