

填料类型对 MBBR 启动及运行效能的影响

李艳 徐瑞捷

中国市政工程华北设计研究总院有限公司 天津 300000

【摘要】 MBBR 全称为移动床生物膜反应器，它有效克服了传统固定床反应器存在的缺点，且这种技术处理效率较高、抗冲击能力强、不容易出现堵塞，也不需要污泥回流，在多种污水废水处理中均可发挥出较强的适应性。因此，本文主要针对填料类型对 MBBR 启动及运行效能的影响展开分析，借助对比试验的方式，明确不同填料类型下出水水质情况，以此进一步找到最优的 MBBR 启动方案，切实提高废水处理质量。

【关键词】 填料类型；MBBR 启动；运行效能；废水处理

引言

MBBR 作为一种新型生物膜反应器，相较于传统的反应器而言，灵活性更高，而且其采用的生物填料优势更大，实用性更强，可以处理多种不同类型的废水。生物膜反应器，填料的选择关系到最终的处理效果、效率等多方面内容，而且合理的填料类型也可以演变成机械使用寿命。因此，针对填料类型对 MBBR 启动及运行效能的影响展开分析，选择出最合适的填料类型，保证反应器工作的稳定性和有效性，具有至关重要的现实意义。

1 试验材料和方法

1.1 前期准备

为了验证填料类型对 MBBR 启动及运行效能的影响，对其展开相应的实验，选择两个移动床生物膜反应器，分别放置不同类型的填料，两种填料填充比均按照 30% 放入，同时为了保证试验数据不会受到其他因素的影响，选择规格一致的填料，均为 $\Phi 25\text{mm} \times 10\text{mm}$ 。两个反应器分别为 R1、R2，加入 A、B 两种柱形 HDPE 悬浮填料。其中填料 A 的密度和空隙率分别为 1.00 和 92%，填料 B 的密度和空隙率分别为 0.96 和 90%。为了保证反应充分，将反应周期控制在 100 天左右，根据 COD 浓度划分试验阶段，以 500mg/L 和 750mg/L 为两个节点，前者为第一阶段，周期为 40 天左右，后者为第二阶段，周期在 60 天左右。除了上述内容之外，反应器的 HRT 控制在 12h，DO 控制在 $(4.0 \pm 2.0)\text{mg/L}$ ，pH 值、温度则控制在 7.0 和 25℃。因此，在试验过程中，需要准备曝气装置以及相应的模拟废水，废水主体用葡萄糖代替，同时为了更好地观测试验效果，在其中加入了一部分微量元素，表 1 为模拟废水的具体组成成分。

表 1 模拟进水组成成分 (单位: mg/L)

项目	第一阶段	第二阶段
COD (葡萄糖)	500	750
NH ₄ Cl	101.75	152.625
KH ₂ PO ₄	23.25	34.875
Na ₂ SO ₄	15.0	22.5
KCl	100	150
CaCl ₂	15	22.5
Na ₂ CO ₃	0.03	0.04

1.2 方法确定

根据过往的 MBBR 启动以及运行效能的检测情况来看，主要以 COD、NH₄⁺-N、TN、DO 和 pH 值这几个指标为主，其中前三者可以按照国家标准方法进行分析，后两者则可以借助溶氧仪以及 pH 计进行测定，而生物膜的形貌、粗糙度、厚度分别采用原子力显微镜以及 Nikon SMZ1000 光学显微镜测定，在此基础上还需要对一些生理生化特征指标进行测试，包括：生物膜胞外聚合物 (EPS) 含量、脱氢酶活性 (DHA)、粘附力等。因此，除了上述检测方法之外，还会采用到热碱法、硫酸-苯酚法、考马斯亮蓝法、TTC-DHA 等方法，对 COD、NH₄⁺-N、TN、DO 和 pH 值这几个指标进行复测，确保所有数据的准确性，展开全面的分析判断，以提高分析结果的准确性。

2 结果与讨论

2.1 COD 去除率

由上可知，试验的第一阶段进水 COD 值为 500mg/L，随着时间的增长，去除能力也会随之提高，达到一定数值后，就会逐渐趋于稳定。考虑到两个反应器内的填料类型不同，因此主要观察的是不同填料类型下 COD 的去除率，以此判断去除能力。从具体的数据来看，R1 反应器中填料 A 在前期会呈现出持续上升的状态，最高

去除率为 99.2%，而后逐渐下降，第 25 天稳定在 94% 左右，R2 反应器中填料 B 在前期虽然会呈现出上升状态，但只有 3 天，而后则处于波动状态，在 40 天中最高去除率为 98.7%，最低去除率为 84.3%。试验第二阶段中，进水 COD 值为 750mg/L，随着试验时长的推移，去除率会出现不同程度的下降问题，这是生物膜的正常变化，无法避免。因此，在这一阶段主要测试的是反应器的工作负荷，找到去除能力更高，处理效果更优的填料。根据具体的数据情况来看，R1 反应器中的运行效果更优，在第二阶段去除率保持在 92.2%，但 R2 反应器中的去除率始终存在波动。

从 COD 的去除情况来看，R1 反应器中的填料 A 稳定性和抗冲击能力较强，在整个过程中填料 A 也表现出了优于填料 B 的流化效果，填料 B 在反应器内流动不畅，甚至出现了死水区。从 A、B 之间的情况来看，填料 A 的密度更接近水，而且表面积更大，在试验中表现出了较强的性能。由此可知，填料的表面粗糙度、孔隙率会对 MBBR 启动以及运行效能产生直接影响，三者之间成正比关系。这其中主要的原理在于，填料密度无限接近水的密度，且空隙率较大，那么过水性能就相对较高，为生物膜的成长创造了一个良好的条件，反应器内自然不会出现堵塞问题，进而随着生物膜的生长、代谢，数据也会逐渐趋于稳定。图 1 为不同填料下 MBBR 对 COD 的去除效果。

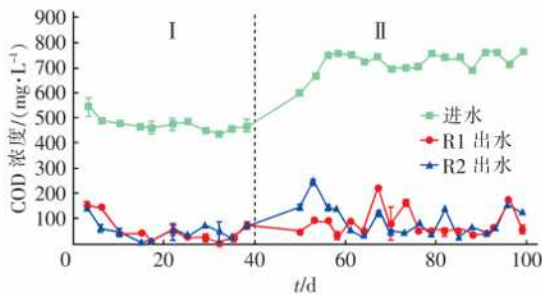


图 1 COD 的去除效果

2.2 NH₄⁺-N、TN 去除率

第一阶段进水反应至第 3 天时，反应器 R1、R2 中 NH₄⁺-N 去除率分别为 41.4%、40.6%，TN 的去除率分别为 47.9%、35.9%。随着时间的推移，在生物膜趋于稳定后，去除能力得到了提高，从第 22 天开始，R1 反应器中的 NH₄⁺-N 去除率明显提高，TN 去除率虽然也有提高但并不明显。第二阶段进水浓度增高，但 R1 反应器的处理效果始终优于 R2，稳定性也相对较高。需要注意的是，随着试验时间的延长，在第二阶段 50 天开始，生物膜会出现脱落、重新生长的情况，此时，R1、R2 反应器中的去除率均出现了一定的波动。根据前文可知，填料 A 的过水性能、流动性较强，因此，生物膜的生长状态较优，在去除 NH₄⁺-N、TN 上更具优势。

虽然进入到后期两个反应器之间并没有出现较大差距，但是在生物膜出现变化后，R1 反应器中的抗冲击性明显优于 R2，波动相对较小。由此可知，相比较而言，填料 A 的投加能够让 MBBR 启动和运行效能更优，在处理 NH₄⁺-N、TN 上稳定性更强，可以在高负荷状态下工作。

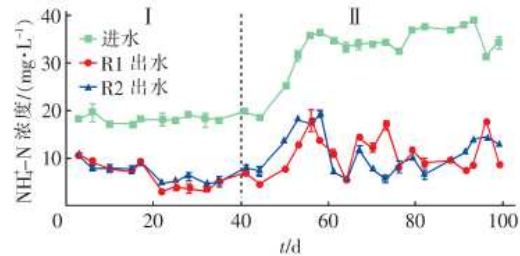


图 2 NH₄⁺-N 去除效果

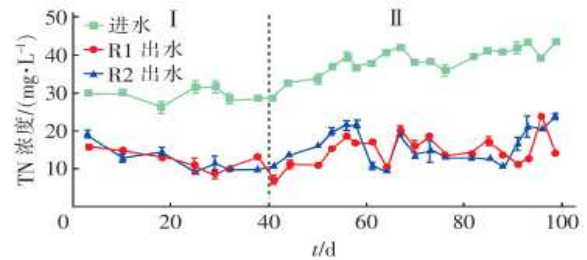


图 3 TN 去除效果

2.3 其他方面

除了上述两点内容之外，在生物膜厚度、形貌差异、粘附力、粗糙度、活性等方面，R1 反应器也表现出了极大的优势，生物膜的更新速度较快，包括蛋白质、多糖、脱氢酶活性等方面都表现出更好的状态。需要注意的是，R1 和 R2 两种多糖含量没有较大差别，但填料 B 具有一定的滞后性，因此，从生物膜的各方面性能来看，填料 A 更适合 MBBR 启动，可以有效提高运行效能。

总结

综上所述，在利用 MBBR 进行废水处理的过程中，需要慎重的选择填料，综合判断分析填料的各方面性能，重点针对填料的孔隙率、密度、表面积等数据信息进行判断，以此为生物膜的生长创造良好的条件，产生较高的分解污染物能力。

【参考文献】

- [1] 朱点钰, 陈年浩, 朱津苇等. 填料类型对 MBBR 启动及运行效能的影响 [J]. 中国给水排水, 2018, 034(021): 1-6.
- [2] 刘辉. 填料类型对 MBBR 启动及运行效能的影响 [J]. 科技创新与应用, 2019, 000(021): 69-70, 75.
- [3] 李亚峰, 李旭光, 单连斌等. 不同填料对 AA-MBBR 系统处理效果及菌群多样性影响 [J]. 工业水处理, 2019, 39(001): 73-77.