

影响MBR跨膜压差的因素分析

苗子昂 徐剑

株洲市水务投资集团有限公司

摘要: 以某污水处理厂的实际运行情况对影响MBR跨膜压差的因素进行分析, 寻找最关键的影响因子, 为提高MBR工艺的运行效果提供依据。

关键词: MBR; 跨膜压差

膜生物反应器 (Membrane Bio-Reactor) 是把膜技术与污水处理中的生化反应结合起来的一门新兴技术, 也称作膜分离活性污泥法, 最早出现在20世纪70年代, 目前在世界范围内得到广泛应用。

膜生物反应器 (MBR) 利用膜对活性污泥混合液进行过滤, 达到固液分离的效果。由于MBR的过滤精度高, 可以得到比常规活性污泥工艺出水质量更好的产水。此外, MBR的高效截留作用使得污泥浓度 (MLSS) 可以达到8 g/L以上, 比常规活性污泥工艺大幅减少占地面积, 同时不受污泥膨胀的影响。

一、项目简介

株洲某污水处理厂采用AAO+MBR工艺, 设计处理水量为10万吨/天, 设计进水水质与出水水质 (《城镇污水处理厂污染物排放标准》<GB18918-2002>一级A标准) 如表1所示:

表1 设计进水水质与出水水质

名称	COD (mg/L)	BOD5 (mg/L)	NH3-N (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	SS (mg/L)
进水值	250	120	20	4.0	35	150
出水值	50	10	5 (8)	0.5	15	10

所用MBR膜为中空纤维帘式膜, 材质是聚偏氟乙烯 (PVDF), 膜架为上下两层, 其主要参数如表2所示:

表2 MBR膜主要参数

序号	参数名称	内容
1	过滤公称孔径	< 0.1微米
2	单帘膜的面积	25 m ²
3	膜通量	15~20 L/(m ² ·h)
4	跨膜压差	< 60 kPa
5	风量需求	单帘膜2-2.5 m ³ /h, 总量22500-28000 m ³ /h
6	运行周期	产水8分钟, 间歇2分钟

在MBR系统运行中, 膜的污染程度具体表现在跨膜压差的高低。跨膜压差 (Trans-membrane Pressure) 简称 TMP, 是驱使水透过MBR膜所需的压力, 为膜外侧 (进水侧) 与内侧 (出水侧) 压力差值, 即跨膜压差=进水侧压力-过滤液侧压力^[2]。在该污水处理厂中, 产水离心泵的泵前安装有压力计, 通过计算间歇时与产水时的压力差值, 即可得到TMP值。

二、影响因素分析

(一) 水温

理论而言, 温度降低会使水分子的活性降低, 粘滞性加大, 导致产水量降低, 温度升高则产水量提高。现选择该污水处理厂两条膜池在不同水温时的运行状况进行比较分析。

(1) 1号膜池

1号膜池不同水温时的运行状况如表3和表4所示, 其TMP变化状况如图1所示。

表3 1号膜池高温期间运行状况

时间	第1天	第8天	第15天	第22天
TMP (kPa)	47	47.4	50.8	54.5
风量 (m ³ /h)	24500	25700	23900	24400
水温	24-28度			
MLSS (mg/L)	3684	3890	3931	3693

表4 1号膜池低温期间运行状况

时间	第1天	第8天	第15天	第22天
TMP (kPa)	45.6	46.7	51.4	58.7
风量 (m ³ /h)	26500	26600	27300	28000
水温	12-17度			
MLSS (mg/L)	3080	2784	3618	2974

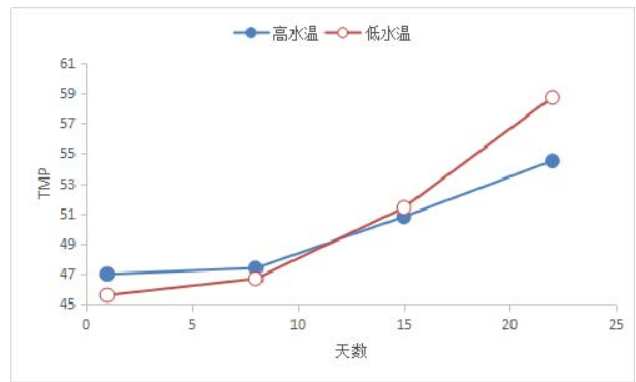


图1 1号膜池不同水温期间TMP变化状况

由图1可知, 在水温24~28度的夏秋季节, TMP日均增加0.36 kPa; 而在水温12~17度的冬季, 在产水量减小、风量更大、MLSS基本不变的情况下, TMP日均增加0.62 kPa, 远高于夏秋季的增速。

(2) 2号膜池

2号膜池不同水温时的运行状况如表5和表6所示, 其TMP变化状况如图2所示。

表5 2号膜池高温期间运行状况

时间	第1天	第8天	第15天
TMP (kPa)	45.5	47.1	50.1
风量 (m ³ /h)	25000	24700	25300
水温	25-29度		
MLSS (mg/L)	4188	3759	4235

表6 2号膜池低温期间运行状况

时间	第1天	第8天	第15天
TMP (kPa)	43.7	49.8	54.4
风量 (m ³ /h)	27900	26500	26600
水温	15-19度		
MLSS (mg/L)	4104	4383	4459

由图2可知, 两个阶段产水量相同, MLSS相差较小, 第二阶段风量更高, 但由于水温相差了10度, 第一阶段TMP日均仅增加

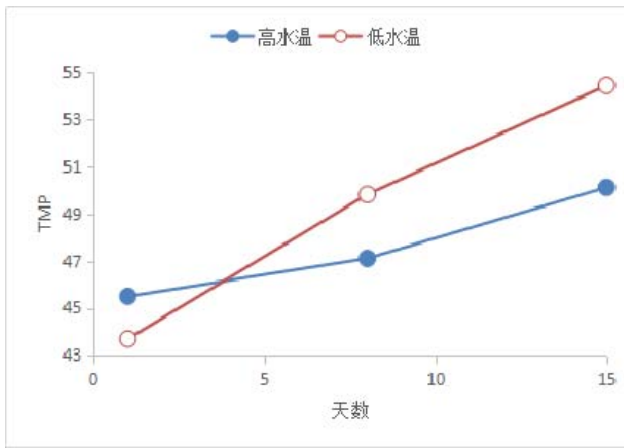


图2 2号膜池不同水温期间TMP变化状况

0.33kPa, 第二阶段TMP日均增加0.75kPa, 其增加的速度翻了一倍。

(二) 化学增强反洗 (CEB反洗)

一般的原位清洗与离线清洗以清洗膜丝外部的污染物为主, 而CEB反洗可以清洗膜丝内部的污染物, 有无CEB反洗对TMP的影响较为明显。现选择一条膜池在无CEB和有CEB期间进行比较分析, 其运行状况如表7和图3所示:

表7 无CEB和有CEB期间运行状况对比

时间	第1天	第8天	第15天	第22天	第29天	第36天
TMP (kPa)	34.3	43.2	52	47.8	48.6	52.8
风量 (m ³ /h)	25600	26000	27900	26500	26600	27300
水温	20-21度		12-18度			
MLSS (mg/L)	3644	3836	4104	4383	4459	4755
CEB反洗	无		每周一次, 300 ppm			

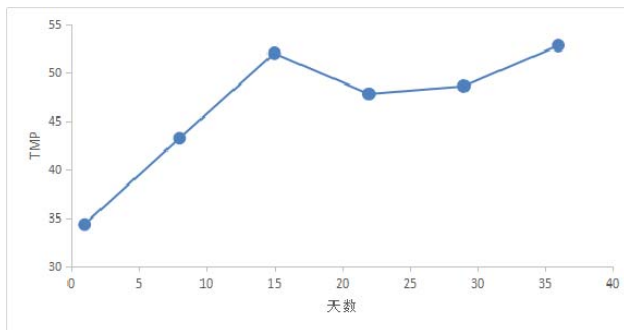


图3 无CEB和有CEB期间TMP变化状况

由图3可知, 在没有CEB反洗时, TMP增加的速度非常快; 在第一次进行CEB反洗后TMP就有明显下降, 此后的运行中虽然水温相对较低, 但TMP的增速明显变慢。

(三) 风量

理论上, 在一定的限值内, 风量越大, 膜丝的抖动越剧烈, 膜丝受污染物堵塞的影响越小。但风量超过一定限值时, 不仅增加电耗, 还容易造成膜丝断裂, 影响出水水质, 对于无内衬的膜丝尤为明显。该污水处理厂曾将膜池平均风量由25500m³/h提升至30000m³/h以上, 现选择一条膜池在不同风量而其他影响因素相差较小时的运行状况进行比较分析, 其运行状况如表8和表9所示。

表8 风量提升前运行状况

时间	第1天	第8天	第15天
TMP (kPa)	48.2	47.1	42.1
风量 (m ³ /h)	25600	26000	25900
水温	20-21度		
MLSS (mg/L)	3644	3836	4104

表9 风量提升后运行状况

时间	第1天	第8天	第15天	第22天
TMP (kPa)	45	47.2	47.7	51.2
风量 (m ³ /h)	29500	29900	30300	30000
水温	12-18度			
MLSS (mg/L)	4383	4459	4755	4312

在低风量时, 由于CEB反洗的作用, TMP未出现上升, 甚至略微有所下降; 而在高风量阶段, TMP呈现缓慢上升的趋势, 其原因除与相差约5度的水温有关以外, 同时可能在过高的风量下产生了较多的胞外聚合物 (EPS) 与溶解性有机物产物 (SMP), 反而加剧了膜污染。

(四) 污泥浓度 (MLSS)

理论而言, 在一定范围内, 污泥浓度越高, 积累的SMP越多, 跨膜压差增加越快。但MLSS过低时污泥活性通常较差, 对出水水质影响较大, 特别是出水总氮 (TN)。过低的MLSS还可能加快凝胶层的形成, 反而降低膜的过水能力。现选择一条膜池在不同污泥浓度期间进行比较分析, 其运行状况如表10与表11所示。

表10 污泥浓度在4000 mg/L时运行状况

时间	第1天	第8天	第15天	第22天
TMP (kPa)	37.4	40.8	44.5	48.4
风量 (m ³ /h)	24000-25000			
水温	20-25度			
TN去除率 (%)	76	75	77	76

表11 污泥浓度在2000 mg/L时运行状况

时间	第1天	第8天	第15天	第22天
TMP (kPa)	37.1	40.1	43.7	47.6
风量 (m ³ /h)	24000-25000			
水温	20-25度			
TN去除率 (%)	63	65	61	62

由表10与表11可以得知, 在不同污泥浓度时TMP的变化差距很小, 但总氮的去除率由75%以上降至了65%以下。

(五) 进水水质

在第二和第三季度, 该污水处理厂多次发现进水含油。油类物质对MBR膜的危害较大, 影响时间长, 有可能造成不可逆的影响。在近期的离线清洗时已发现膜丝上附着有疑似油类物质。此外, 膜丝上还缠绕着较多棉纱, 难以除去, 对膜通量必然也造成较大影响。现选择一条在进油前后产水量相同的膜池进行比较分析, 其运行状况如表12和图4所示:

表12 进油前后运行状况对比

时间	进油前			进油后		
	第1天	第8天	第15天	第1天	第8天	第15天
TMP (kPa)	24.8	29.7	35	27.2	42.6	55.1
风量 (m ³ /h)	25600	26000	25900	26500	26600	26300
水温	7-8度			14-17度		
MLSS (mg/L)	3944	3836	4104	4083	4159	4055

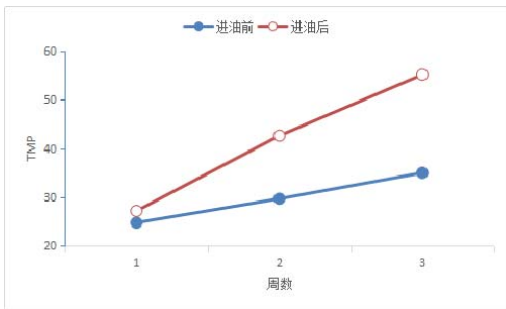


图4 进油前后TMP变化状况

由图表可以看出，进油后两周内运行水温高于进油前，但TMP的增速明显高于进油前。

三、总结

(一) 水温

当水温低于20度时，TMP的上升速度显著加快，其影响作用大于风量和MLSS的影响。

(二) 化学增强反洗 (CEB反洗)

CEB反洗对TMP的影响同样非常明显，定期的CEB反洗能稳定维持TMP值，一定程度上可以减少恢复性清洗的频率。

(三) 风量

提升风量后，TMP的增速未发现有减慢的趋势，其原因可能

在于产生了较多的EPS和SMP。

(四) 污泥浓度 (MLSS)

该污水处理厂MLSS一般在3000~5000 mg/L之间，相较于水温，MLSS对TMP的影响相对较小，但过低的MLSS会降低出水TN的去除率。

(五) 进水水质

进水中的棉纱和油类物质对膜丝的影响较大，其附着在膜丝上会堵塞膜孔，影响膜通量，需要加强预处理段工艺的处理效率。

综上所述，水温、CEB反洗、进水水质是较为关键的影响因素。由于水温难以控制，故需在低温期间适当增加CEB反洗的频率或浓度，可通过自控系统实现。对于进水水质，则需保证前端的预处理设施（如超细格栅或气浮系统等）运转良好，避免棉纱、油类等物质进入膜池。对于风量和MLSS，不论是过高还是过低均会对膜本身和出水水质产生不利影响，需要根据进水情况、外界环境、实际运行条件等来确定一个适宜的范围。

参考文献

[1] 柴佳, 师乐乐, 王晓毛, 等. 浸没式MBR法处理乳化废水的应用分析[J]. 化工管理, 2014, 000 (018): 206-207.
 [2] 康新春. MBR工艺在燃料乙醇生产废水处理中的应用[D]. 2016.

(上接第301页)

到应有的作用，就小区空间结构分配来划分决策植被的栽种。

第一植被种类的选取，尽可能的都选择一些较好存活，价格不是特别昂贵的本地物种。这既可以增加植被的生存概率，还能打造出一种当地的特色风景。第二点是应该遵守自然规律不要一味地选择形式化，杜绝单一的绿色格式化。片状植被以及点状绿植的交替投用可以让空间变得有层次感，呈现出特有的节奏感。第三点是合理的布局，将公共的桌椅板凳摆放在树荫下面，将较高绿植下的空地合理的利用起来，将空间的实用性提升上去。同时还应该把绿植与小径融合在一起，让居民眼睛放松的同时也锻炼了身体，采取开阔的设计，杜绝幽闭环境带来不必要的危害。最后应该重视的是绿植的结合栽种，结合生物特设科学的运用垂直结构。按照生物特性，科学的对乔木、灌木、藤本以及草本类植物进行栽种，落实“四季常青”这一具体工作。

五、结论与展望

综上所述，随着社会经济与科学技术的不断更新发展，越来越多的居民对自己所生活的居住环境重视起来，对于环境的舒适度、实用性的要求也逐渐提高，对于生活的质量追求也持续提

升。所以，加强安置房的各方面软硬件建设设施，构建出一种具有优良、适宜的居住环境，是吸引住户的主要任务，同时还可以在很大程度上降低拆迁户与政府之间的矛盾概率，树立政府部门为民服务的光荣形象，以此来带动社会的和谐稳定发展，有助于实现社会主义特色发展。

参考文献

[1] 梁思成. 中国建筑史[M]. 百花文艺出版社.
 [2] 沈克宁. 建筑现象学理论概述[J]. 建筑师, 1996.
 [3] 彭一刚. 中国古典园林分析[M]. 中国建筑工业出版社.
 [4] 彭一刚. 建筑空间组合论[M]. 中国建筑工业出版社.
 [5] 吴家骅. 环境设计史纲[M]. 重庆大学出版社.
 [6] 盖尔 J. 交往与空间(第四版)何人可译[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
 [7] 弗朗西斯·D.K. 钦. 建筑:形式·空间和秩序. 邹德依译[M]. 中国建筑工业出版社.
 [8] 周武忠. 寻求伊甸园——中西古典园林艺术比较[M]. 东南大学出版社.