

# 膜曝气生物膜反应器地表 水体净化技术规程

Technical specification of membrane aerated biofilm reactor for  
surface water purification

# 目次

1	总则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符号 .....	3
3	基本规定 .....	4
4	工程设计 .....	5
4.1	一般规定 .....	5
4.2	系统组成 .....	6
4.3	MABR 系统工艺设计 .....	7
4.4	配套设施 .....	10
5	施工与验收 .....	12
5.1	施工前准备 .....	12
5.2	施工 .....	12
5.3	调试 .....	14
5.4	验收 .....	15
6	运行与维护 .....	17
6.1	运行 .....	17
6.2	维护 .....	18
	本规程用词说明 .....	19
	引用标准名录 .....	20
	附：条文说明 .....	(21)

# 1 总则

1.0.1 为规范地表水体净化使用膜曝气生物膜反应器的工艺设计、施工与验收、运行与维护管理，做到安全可靠、技术先进、经济合理、管理方便，制定本规程。

## 【条文说明】

目前，MABR 技术已广泛应用于地表水体净化处理中，相关产品的国家标准《膜曝气生物膜反应器（MABR）膜组件》GB/T42281 已发布实施，为了更好地规范 MABR 技术在地表水体净化处理中的工艺设计、施工与验收、运行与维护管理，需要制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用膜曝气生物膜反应器及其组合工艺对地表水体进行净化处理的系统工程。

## 【条文说明】

本规程只适用于河道、湖泊、水库、坑塘等地表水体采用膜曝气生物膜反应器或组合工艺进行净化处理的工程，可与膜曝气生物膜反应器组合的措施包括截污纳管、清淤、人工湿地、纳米增氧、喷泉曝气、水生动植物修复、一体化旁路处理设备、快速治理等。

1.0.3 地表水体净化使用膜曝气生物膜反应器的工艺设计、施工与验收、运行与维护管理，除应按本规程执行外，尚应符合国家现行相关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

## 【条文说明】

本条规定本规程与现行的国家其他相关标准的关系。

有关规范和标准有：《地表水环境质量标准》GB3838、《室外排水设计标准》GB 50014、《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918、《城乡排水工程项目规范》GB 55027 等。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 膜曝气生物膜反应器 membrane aerated biofilm reactor, MABR

以透氧膜为微生物载体并为其表面的生物膜无泡传输氧气,氧气和污染物分别从生物膜两侧扩散进入生物膜被逐渐消耗的生物膜法污水处理系统。

#### 2.1.2 膜面积 membrane area

中空纤维膜组件可有效利用的膜外表面积之和。

#### 2.1.3 透氧通量 oxygen flux

在规定的温度、供气压力、水深等测试条件下,在单位时间内透过单位膜面积的氧气总量。

#### 2.1.4 膜组件 membrane module

由 MABR 中空纤维膜丝、集气管、浇铸槽及封端用树脂或其它材料浇铸而组成的帘式器件。

#### 2.1.5 膜处理单元 membrane treatment unit

由多个膜组件、尾气增氧设备、膜组件架、供气支管道、阀门等连接而成的水体净化单元。

#### 2.1.6 膜更换 membrane replacement

将损坏失去使用功能的膜组件更换成新膜组件的操作。

#### 2.1.7 膜曝气生物膜反应器处理系统 membrane aeration biofilm reactor treatment system; MABR 系统(缩写)

由膜处理单元、供气设备、供气管、阀门以及配套设施等组成的水体净化处理工艺系统。

## 2.2 符号

$A_0$ ——单套膜组件面积 ( $\text{m}^2$ );

$C_1$ ——污染水体的氨氮浓度 ( $\text{mg/L}$ );

$C_2$ ——设计净化后水体的氨氮浓度 ( $\text{mg/L}$ );

$C_3$ ——污染水体的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  浓度 ( $\text{mg/L}$ );

$C_4$ ——设计净化后水体的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  浓度 ( $\text{mg/L}$ );

$N$ ——膜组件数量 (个);

$N_1$ ——膜组件校核数量 (个);

$Q$ ——设计处理水量 ( $\text{m}^3$ );

$Q_{\text{风}}$ ——MABR系统的风机供气量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ );

$Q_{\text{气}}$ ——MABR系统的供氧通量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$k$ ——安全系数。

$q_1$ ——氨氮负荷 [ $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ];

$q_2$ —— $\text{COD}_{\text{Cr}}$  负荷 [ $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ];

$q_{\text{气}}$ ——单套膜组件透氧通量 [ $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ];

$t$ ——停留时间 (h);

$v$ ——流速 ( $\text{m/s}$ );

### 3 基本规定

3.0.1 MABR 系统及其组合工艺的选择应根据地表水体的原有水质、处理要求、设计规模、用地条件、运行经验等因素，通过技术经济比较后确定。

#### 【条文说明】

地表水体涉及不同城市，根据河长制、地域性等划分，以及地表水体的主要水质指标、处理要求、安装条件等进行设计，实现“一水一策”，工艺选择过程中进行技术经济比较。

在与 MABR 系统进行组合的工艺中，MABR 系统一般放置在人工湿地前端，作为预处理系统；MABR 系统与水生动植物、纳米增氧、喷泉曝气组合时可以同时间隔布设在地表水体内部；旁路处理设置在地表水体的岸边侧，与 MABR 系统共同发挥作用；快速处理包括化学药剂快速处理法、物理换水法、投加微生物菌剂等可以与 MABR 系统同时使用。

3.0.2 MABR 系统的主要工艺设计参数应通过试验或根据相似工程的运行经验确定。

3.0.3 MABR 系统的安装、调试及运行管理人员应经技术培训，并应熟悉工艺系统与设备的工作原理、熟练操作运行管理系统。

3.0.4 MABR 系统中设备产生的噪声应符合国家现行标准《声环境质量标准》GB3096 的有关规定。

## 4 工程设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 地表水体的不同深度时，MABR 系统工艺选择应符合下列规定：

- 1 水深小于 0.8 m 时，宜增加水深措施后安装或旁路治理。
- 2 水深大于等于 0.8 m 且小于等于 4.0 m 时，应在地表水体内安装。
- 3 水深大于 4.0 m 时，宜在地表水体内浮岛式安装。

#### 【条文说明】

MABR 系统的 MABR 膜组件需要完全浸没在地表水体中，水深要求不能满足时，可采用挖深河床或设拦截坝蓄水增加水深，或地理条件允许条件下可在待治理的地表水体周边采用旁路治理措施，设置坑塘增加水深利用 MABR 系统进行治理。

4.1.2 地表水体的流速  $v$  不同时，MABR 系统工艺选择应符合下列规定：

- 1 流速  $v$  小于等于 0.5 m/s 时，应在地表水体内安装。
- 2 流速  $v$  大于 0.5 m/s 且小于等于 1 m/s 时，宜采用固定桩、固定网等措施加固或外侧引流措施降速后安装。
- 3 流速  $v$  大于 1 m/s 时，宜采取旁路治理或拦截坝、消能坎等减速措施后安装。
- 4 对于风险较大的行洪河道，宜采用旁路治理。

#### 【条文说明】

加固措施可在地表水体内部进行打桩固定、MABR 膜系统安装固定网，或对地表水体进行外侧引流降速运行，对于行洪流速大、悬浮物多、冲刷比较大的河道，宜采用旁路治理。

4.1.3 采用 MABR 系统净化处理的地表水体水质含盐量不应大于 30 g/L。

#### 【条文说明】

由于 MABR 系统需要安装在地表水体内部，为避免影响 MABR 系统的安装和使用效果，对地表水体的含盐量做进一步的规定。

4.1.4 采用 MABR 系统及其组合工艺对地表水体进行净化处理时，当底泥厚度大于 0.5m，宜采用清淤或改良措施对地表水体底泥进行治理。

**【条文说明】**

底泥属于内源污染物，底泥清淤的目的是为了减少内源污染对地表水体水质的影响。

4.1.5 膜处理单元的选择应符合下列要求：

- 1 膜处理单元长度方向最长不宜超过 50 m。
- 2 膜处理单元宽度不宜超过 2.0 m。
- 3 膜处理单元组间距不宜小于 2 m。
- 4 膜处理单元原位治理区域内，其中水力停留时间不宜小于 24 h。

**【条文说明】**

MABR 系统内供气设备向膜处理单元供气，在长度方向上进行限定的原因是由于管线过长，沿程气量损失增加、供气压力降低对末端膜处理单元内膜组件的气体通量影响较大，膜处理单元长度方向最长不应超过 50 m。

大多地表水体具有一定的流动性，MABR 膜对地表水体的污染物进行降解需要有一定的水力停留时间，而且由于治理区域一般呈不规则形状，水体无法均匀流动，水力停留时间短不利于污染物的有效降解。

## 4.2 系统组成

4.2.1 MABR 系统的组成宜符合下列要求：

- 1 膜处理单元长度宜根据设计计算确定，同一地表水体内膜处理单元长度可不同。

2 供气设备根据设计及环境要求，可选用沉水风机、罗茨风机，宜优选沉水风机。

3 供气管为供给膜处理单元的供气管路，供给每个膜处理单元的供气管宜管径相同，膜处理单元通过供气管连接形成整体。

#### 4.2.2 膜处理单元组成宜符合下列要求：

1 膜组件宜选用帘式中空纤维膜组件，膜组件性能参数符合国家相关标准规定，每个膜处理单元内膜组件数量根据设计计算得出，同一地表水体中不同膜处理单元内膜组件数量可不相同。

2 尾气增氧设备宜选用微曝气中空纤维膜组件或纳米曝气管。

3 膜组件架应固定膜处理单元中的每个膜组件，选用与微曝气中空纤维膜组件结合时，宜将两种膜组件按设计要求均固定在膜组件架上。

4 供气管道包括供气主管和供气支管，膜组件之间应采用供气支管连接，膜处理单元之间应采用供气主管连接。

### 4.3 MABR 系统工艺设计

4.3.1 设计处理水量，根据治理要求涉及的地表水体净化体积进行确定。

4.3.2 膜组件数量，根据地表水体治理要求和地表水体污染物浓度，通过污染物降解负荷、停留时间计算出膜组件数量，膜组件间距不宜小于 300 mm。

4.3.3 膜处理单元根据地表水体治理长度和宽度设计，膜处理单元可进行串联或并联设计。

4.3.3 MABR 系统的主要设计参数，宜根据试验资料确定；无试验资料时，可按表 4.3.3 的规定取值。

表 4.3.3 MABR 系统地表水体净化得常用参数及取值范围

名称	符号	单位	典型值或范围
单套膜组件面积	$A_0$	$m^2$	$\geq 3.5$

停留时间	$t$	h	$\geq 24$
氨氮负荷	$q_1$	$g/(m^2 \cdot d)$	0.4 ~ 2.0
COD <sub>Cr</sub> 负荷	$q_2$	$g/(m^2 \cdot d)$	4 ~ 20
透氧通量	$q_{气}$	$L/(m^2 \cdot h)$	$\geq 10$

4.3.4 MABR 系统设计时氨氮负荷和 COD<sub>Cr</sub> 负荷根据地表水体的污染物氨氮浓度进行选取，可按表 4.3.4-1 和 4.3.4-2 进行取值。

表 4.3.4-1 膜组件氨氮负荷取值范围

名称	符号	单位	范围			
氨氮浓度	$C_1$	mg/L	<5	5 ~ 10	10 ~ 20	>20
氨氮负荷	$q_1$	$g/(m^2 \cdot d)$	0.4 ~ 0.8	0.8 ~ 1.2	1.2 ~ 1.6	1.6 ~ 2.0

表 4.3.4-2 膜组件 COD<sub>Cr</sub> 负荷取值范围

名称	符号	单位	范围		
COD <sub>Cr</sub> 浓度	$C_3$	mg/L	<50	50 ~ 150	>150
COD <sub>Cr</sub> 负荷	$q_2$	$g/(m^2 \cdot d)$	4 ~ 8	8 ~ 15	15 ~ 20

4.3.5 膜组件数量应按照单位膜组件单位时间内氨氮污染物的量来计算，按下式计算：

$$N = k \frac{24Q(C_1 - C_2)}{A_0 q_1 t} \quad (4.3.5)$$

式中： $N$ ——膜组件数量（个）；

$Q$ ——设计处理水量（ $m^3$ ）；

$C_1$ ——污染水体的氨氮浓度（mg/L）；

$C_2$ ——设计净化后水体的氨氮浓度（mg/L）；

$A_0$ ——单套膜组件面积（ $m^2$ ）；

$q_1$ ——氨氮负荷 [ $g/(m^2 \cdot d)$ ]，一般可取  $0.4 g/(m^2 \cdot d) \sim 2 g/(m^2 \cdot d)$ ；

$t$ ——停留时间（h）；

$k$ ——安全系数， $k=1.1 \sim 1.3$ ；

24——时间换算系数。

4.3.6 膜组件数量应按下式校核：

$$N_1 = k \frac{24Q(C_3 - C_4)}{A_0 q_2 t} \quad (4.3.6)$$

式中： $N_1$ ——膜组件校核数量（个）；  
 $Q$ ——设计处理水量（ $m^3$ ）；  
 $C_3$ ——污染水体的  $COD_{Cr}$  浓度（ $mg/L$ ）；  
 $C_4$ ——设计净化后水体的  $COD_{Cr}$  浓度（ $mg/L$ ）；  
 $A_0$ ——单套膜组件面积（ $m^2$ ）；  
 $q_2$ —— $COD_{Cr}$  负荷 [ $g/(m^2 \cdot d)$ ]，一般可取  $4 g/(m^2 \cdot d) \sim 20 g/(m^2 \cdot d)$ ；  
 $t$ ——停留时间（ $h$ ）；  
 $k$ ——安全系数， $k=1.1 \sim 1.3$ ；  
 $24$ ——时间换算系数。

膜组件数量取  $N$  和  $N_1$  中的大者。

4.3.7 MABR 系统供氧通量应按下式计算：

$$Q_{气} = q_{气} A_0 N \times 10^{-3} \quad (4.3.7)$$

式中： $Q_{气}$ ——MABR 系统的供氧通量（ $m^3/h$ ）；  
 $q_{气}$ ——单套膜组件透氧通量 [ $L/(m^2 \cdot h)$ ]；  
 $A_0$ ——单套膜组件面积（ $m^2$ ）；  
 $N$ ——膜组件总数（个）。

#### 【条文说明】

公式 4.3.7 中的膜组件总数  $N$  选用公式 4.3.5 和 4.3.6 中膜组件数量的大值，即供氧通量应该根据上述降解  $COD_{Cr}$  和氨氮所需气量进行校核。

4.3.8 MABR 系统鼓风机的供气量应按下式计算：

$$Q_{风} = \frac{Q_{气}}{21\% \times 60} \quad (4.3.8)$$

式中： $Q_{风}$ ——MABR 系统的风机供气量（ $m^3/min$ ）；  
 $Q_{气}$ ——MABR 系统的供氧通量（ $m^3/h$ ）；  
 $21\%$ ——氧气在空气中所占比例系数；  
 $60$ ——时间换算系数。

4.3.9 膜处理单元设计时，根据膜组件数量，结合地表水体的水文地质情况，设

计每组膜处理单元得结构形式及膜处理单元内部的结构形式，不同膜处理单元间可进行串联或并联设计。

#### 【条文说明】

根据地表水体长度、宽度和深度进行膜处理单元的设计，一个项目内可以存在不同类型的膜处理单元，如第一种膜处理单元由 10 个膜组件、膜架及附属设施构成，第二种膜处理单元可由 16 个膜组件、膜架及附属设施构成，以此类推。

## 4.4 配套设施

4.4.1 配套设施主要包括 MABR 系统中的各供气管道、阀门、膜组件架和供气设备等。

4.4.2 配套设施设计宜符合以下规定：

1 供气设备出口压力宜选用 0.04 MPa~0.05 MPa，最大供气压力不宜超过 0.085 MPa。

2 供气设备接出的供气主管道宜布置成环形。

3 每个膜处理单元与总供气管道之间设置阀门。

4 膜处理单元内膜组件间连接供气管道的管径宜与膜组件端部连接口径相同。

5 原位治理时，膜组件架的长度、高度及层数宜根据地表水体的水深和底泥厚度进行设计。

6 原位治理时，膜组件架支腿的高度不宜小于 150 mm。

#### 【条文说明】

当 MABR 系统才采用双层设计，膜组件架的高度应满足膜组件安装要求，且层数一般不大于 2 层。

当不采用浮岛式原位安装时，膜组件架支腿在地表水体底部应固定牢固，不能满足要求时需进行加固。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/966012031212010152>