

DB4401

广 州 市 地 方 标 准

DB4401/T 288—2024

城镇污水处理厂膜生物反应器 运营管理技术规范

Technical specification for membrane bioreactor operation and management in
municipal wastewater treatment plant

2024-10-15 发布

2024-11-15 实施

广州市市场监督管理局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 预处理和消毒	3
4.1 进水水质	3
4.2 格栅	3
4.3 沉砂池	3
4.4 消毒	3
5 MBR 运行	4
5.1 一般规定	4
5.2 膜系统综述	4
5.3 MBR 膜进水要求	4
5.4 MBR 活性污泥的培养驯化	4
5.5 混合液回流单元	5
5.6 污泥回流单元	6
5.7 膜产水单元	6
5.8 膜池曝气单元	7
5.9 剩余污泥排放单元	7
6 膜组件物理清洗	7
6.1 一般规定	8
6.2 停歇曝气	8
6.3 水反冲洗	8
6.4 膜组件离线时水冲洗	8
6.5 MBR 综合分析的监测项目	8
6.6 MBR 运行过程自动控制参数	8
7 膜组件化学清洗	8
7.1 一般规定	8
7.2 维护性清洗	9
7.3 恢复性清洗	10
7.4 膜池的池体防腐	11
8 膜组件安装与调试	11
8.1 安装	12
8.2 调试	12

9	膜系统检验与维护	13
9.1	检验	13
9.2	膜分离系统的完整性检测	13
9.3	膜组件修补	14
9.4	膜组件更换	15
9.5	膜材质的检测	15
9.6	膜丝性能检测	15
10	停运保护	15
10.1	一般规定	16
10.2	短期停运	16
10.3	长期停运	16
11	MBR 自动控制与运行水质监测	16
11.1	自动控制	16
11.2	运行过程中主要水质监测项目	17
12	臭气和污泥处理	17
12.1	臭气处理	17
12.2	剩余污泥处理	18
13	MBR 系统日常检查与管理要求	18
13.1	一般规定	18
13.2	膜系统运行工况监测项目及日常检查	18
14	膜车间安全生产	18
14.1	一般规定	18
14.2	膜车间的出入安全	19
14.3	膜车间的安全巡检	19
14.4	膜车间消毒剂的使用安全	19
14.5	膜车间危险化学品的使用安全	19
	参考文献	21

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广州市水务局提出并归口。

本文件起草单位：广州市净水有限公司、广东工业大学。

本文件主要起草人：匡科、常颖、谭小萍、孙伟、李子逵、王志红、杜星、陈泽滨、宋伟、严兴、关宇霆、刘健、刘志明、张红要、李碧清、黄晓玲、蔡芸、李洁、叶军威、林达超、李贤辉、王子源、胡丽娅、冯珊、王伟国、李伟斌、徐道金、陈约瑟、洪涛、黄文勇、廖颖哲、张楠、柯瑞琛、陈嘉琦、何森。

城镇污水处理厂膜生物反应器运营管理技术规范

1 范围

本文件界定了城镇污水处理厂膜生物反应器运营管理技术规范的术语和定义,规定了城镇污水处理厂膜生物反应器运营管理技术中预处理和消毒、膜生物反应器运行、膜组件物理清洗、膜组件化学清洗、膜组件安装与调试、膜系统检验与维护、停运保护、膜生物反应器自动控制与运行水质监测、臭气和污泥处理、膜生物反应器系统日常检查与管理要求、膜车间安全生产等要求。

本文件适用于城镇污水处理厂膜生物反应器的运营管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3797 电气控制设备

GB/T 25279 中空纤维帘式膜组件

GB 50014 室外排水设计标准

GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范

GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范

GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范

GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范

GB 50334 城镇污水处理厂工程质量验收规范

CJJ 60 城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程

HJ 353 水污染源在线监测系统(COD_{Cr}、NH₃-N等)安装技术规范

HJ 354 水污染源在线监测系统(COD_{Cr}、NH₃-N等)验收技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生物反应池 biological process tank

污水处理工程中,主要承载生化处理功能的构筑物。

3.2

膜池 membrane tank

放置膜组件及固定装置的构筑物。

3.3

膜生物反应器 membrane bioreactor, MBR

把生物反应(作用)和膜分离相结合的水处理设备或系统。

3.4

膜分离系统 membrane separation system

由膜组件、膜池、进水单元、产水单元、曝气单元、反冲洗单元、混合液回流单元、剩余污泥排放单元、清洗单元、起吊装置和自控与检测装置等组成，用于固液分离的系统。

3.5

膜产水系统 membrane water production system

由膜装置、产水泵、止回阀、产水气动阀门、电磁流量计、压力变送器和控制检测系统等组成。

3.6

抽真空系统 vacuum-pumping system

主要由真空阀、真空发生器或抽真空成套设备等组成。

3.7

膜组件 membrane module

按一定的技术要求，由膜（中空纤维式膜）组成的分离元件。

3.8

膜污染 membrane fouling

料液中的某些组分在膜表面或膜孔中沉积导致膜滤性能下降的过程。

3.9

污泥回流 sludge reflux

膜池中混合液回流到生化系统好氧池的过程。

3.10

设计通量 design flux

设计水温条件下，系统内所有膜组（膜池）均处于过滤状态时的膜通量。

3.11

跨膜压差 trans-membrane pressure, TMP

膜进水侧与产水侧之间的压力差值。

3.12

完整性检测 integrity test

用于判断膜组件、膜分离系统有无渗漏的检测过程。

3.13

反冲洗 backwashing

用流体对膜进行反向冲洗的过程。

3.14

化学清洗 chemical cleaning

利用化学药剂去除膜的污染物的过程。

3.15

物理清洗 physical cleaning

利用机械方法（曝气等）来清除膜表面污染物的过程。

3.16

离线清洗 off line cleaning

在MBR某一组件出水泵停止运行后，在膜池内或吊出至其他空池内利用清洗装置投加化学药剂对膜组件进行清洗的过程。

3.17

维护性清洗 maintenance cleaning, MC

为减缓膜污染，使用低浓度化学药剂进行膜组件清洗的过程。

3.18

恢复性清洗 restorative cleaning

为恢复膜性能，使用较高浓度化学药剂进行膜组件清洗的过程。

4 预处理和消毒

4.1 进水水质

污水在进入膜生物反应器（MBR）之前应进行预处理，预处理设施包括格栅、沉砂池等预处理流程视水厂进水水质情况确定。

4.2 格栅

4.2.1 对 MBR 膜池进水悬浮固体（SS）要求严格，根据 GB 50014 要求，进水应经粗格栅、细格栅、沉砂池和超细格栅处理，超细格栅栅距为 0.5 mm~1.5 mm，应重点清洗维护，防止堵塞。

4.2.2 应定期对格栅链条进行校正，校正耙壁两端齿轮与轨道，当汛期及进水量增加时，应加强巡视，增加清污次数。

4.2.3 格栅运行中应定时巡检，发现设备异常应立即停机检修。

4.3 沉砂池

4.3.1 MBR 膜池进水前设置的相关沉砂池应根据 CJJ 60 相关规定进行清洗维护。

4.3.2 曝气沉砂池的空气量宜根据进水量、水质的变化进行调节。

4.3.3 沉砂池的排砂时间和排砂频率应根据沉砂池类别、污水中含砂量及含砂量变化情况设定。

4.3.4 沉砂量应有记录统计，宜定期对沉砂颗粒进行有机物含量分析。

4.3.5 沉砂池除砂宜采用机械除砂，沉砂经分离后排至砂斗，后外运处理或处置。

4.3.6 当采用机械除砂时，应符合下列规定：

- a) 除砂机械应每日至少运行 1 次；运行人员应加强现场监控，发现故障，及时处理；
- b) 应每日检查吸砂机的液压装置油位，并应每月检查除砂机的限位装置；
- c) 吸砂机在运行时，同时在桥架上的人数，不应超过允许的重量荷载。

4.3.7 对沉砂池排出的砂粒和清捞出的浮渣应及时处理或处置。

4.3.8 沉砂池在清砂时产生的水应回流至细格栅前进行再处理。

4.4 消毒

4.4.1 当污水处理厂作为生态补水时，MBR 出水宜采用紫外消毒方式；当作为再生水回用时，宜采用紫外+次氯酸钠组合消毒方式。

4.4.2 采用紫外消毒时，应注意以下事项：

- a) 无论紫外系统是否具备自动清洗装置，都应根据污水水质和现场污水实际处理情况定期对玻璃套管进行人工清洗；
- b) 应定期更换紫外灯、玻璃套管、玻璃套管清洗圈及光强传感器；
- c) 应定期清除溢流堰前的渠内淤泥；
- d) 应满足溢流堰前有效水位，保证紫外灯管的淹没深度为紫外线辐射范围；
- e) 在紫外线消毒工艺系统上工作或参观的人员应做好防护，非工作人员严禁在消毒工作区内停留；
- f) 设备灯源模块和控制柜应严格接地，避免发生触电事故；

- g) 人工清洗玻璃套管时，应戴橡胶手套和防护眼镜；
- h) 采用紫外线消毒的污水，其透射率应大于 30%；
- i) 露天紫外消毒池宜加盖，注意防止运行初期消毒池内藻类生长。

5 MBR 运行

5.1 一般规定

MBR出水以间歇周期运行较好，运行时间宜占总时间的80%~90%，以达到延长清洗周期的目的。为保证处理效果，出水泵宜根据进水量和工艺运行情况调节水量。

5.2 膜系统综述

5.2.1 膜系统结构由膜池区、膜设备区、加药区和鼓风机房等组成。

5.2.2 MBR膜功能单元主要有仪表风系统、曝气系统、产水系统、抽真空系统、清洗系统、污泥回流系统、剩余污泥排放系统、自控系统等。

5.2.3 膜设备间主要设备有产水泵、反洗泵、排空泵、真空泵装置、污泥回流泵、泵坑排空泵、空压机及冷干机和管道仪表辅助设备等。

5.2.4 MBR系统启动和运行模式宜包括以下几个步骤：

- a) 通过启动仪表风系统（包括空压机和冷干机），向系统供仪表控制用气；
- b) 开启进出水闸门，使膜池液位达到开启要求；
- c) 启动曝气系统供气，并使风量达到膜池运行要求；
- d) 开启混合液回流泵使生化池、膜池及回流渠液位达到循环要求；
- e) 逐个对膜池产水管路进行抽真空处理，使产水管真空度达到出水要求；
- f) 逐个开启膜池产水泵使膜产水，并使流量达到产水通量的要求；
- g) 适时开启剩余污泥排放系统，使生化池和膜池污泥浓度达到生产要求；
- h) 按要求定时进行维护性清洗程序，对曝气池和膜丝进行保养；
- i) 按时间控制或视透水率下降情况对膜进行恢复性清洗；
- j) 不定时对膜池曝气情况进行检查和调整，不定时对膜组件进行吊出检查和清洗。

5.3 MBR膜进水要求

5.3.1 MBR进水水温宜保持在 10℃~40℃。

5.3.2 MBR中污水 pH 值宜保持在 6.0~9.0。当进水 pH 值低于 6.0 或高于 9.0 时，应根据出水水质情况加强工艺调控。

5.3.3 MBR系统中进水生化需氧量（BOD₅）与化学需氧量（COD）间比值 BOD₅/COD 宜控制在 0.3 以上。当 MBR生化池进水 BOD₅/COD 比值低于 0.3 时，污水的可生化性较差，宜进行强化处理。当 C/N 比低于 3.5 时，宜通过投加碳源提高污水的脱氮效能。

5.3.4 生化系统可结合污水水质特征，采用厌氧、缺氧、后缺氧池多点进水，进行回流液和回流污泥调配，实现脱氮除磷的目的。

5.3.5 膜分离系统进水可采用重力自流进水，进水宜均匀分配至各个膜池，宜采用自动闸门或自动阀门调节水量。

5.4 MBR活性污泥的培养驯化

5.4.1 MBR中活性污泥的培养和驯化，可分为间歇式和连续式两阶段进行。

5.4.2 间歇培养时，在反应器内接种一定量的活性污泥，开启鼓风机曝气，控制溶解氧在 1 mg/L~2 mg/L，定期检测溶解氧、pH 值、MLSS 并观察生物相变化，间歇培养数日。

5.4.3 当生物反应池内有一定量的活性污泥时可连续培养，通过鼓风机曝气连续培养数日，监测生物反应池中活性污泥浓度达到 3000 mg/L~5000 mg/L 后可转入正常运行。

5.5 混合液回流单元

5.5.1 混合液回流单元采用以下方式进行调节：

- 混合液污泥回流比应根据膜池混合液污泥浓度、工艺脱氮除磷要求确定；
- 采用离心泵、混流泵、潜水泵或螺旋泵等调节流量的措施；
- 混合液回流渠或回流管的流量通过回流泵进行调节；
- 膜池混合液应部分回流至前段的生化反应池，结合 A^2O A-MBR 和 A^2O -MBR 两种模式，工艺流程图分别见图 1 和图 2，回流至 0 池（好氧池）、部分作为剩余污泥定期排放；
- 如图 1 中 A^2O -MBR 模式，膜池至好氧池的回流比 R_1 宜为 300%~500%，好氧池至缺氧池的回流比 R_2 宜为 200%~300%，缺氧池至厌氧池的回流比 R_3 宜为 100%~200%；
- 如图 2 中 A^2O A-MBR 模式，膜池至好氧池的回流比 R_1 宜为 300%~500%，好氧池至缺氧 1 池的回流比 R_2 宜为 200%~300%，缺氧 2 池至厌氧池的回流比 R_3 宜为 100%~200%。

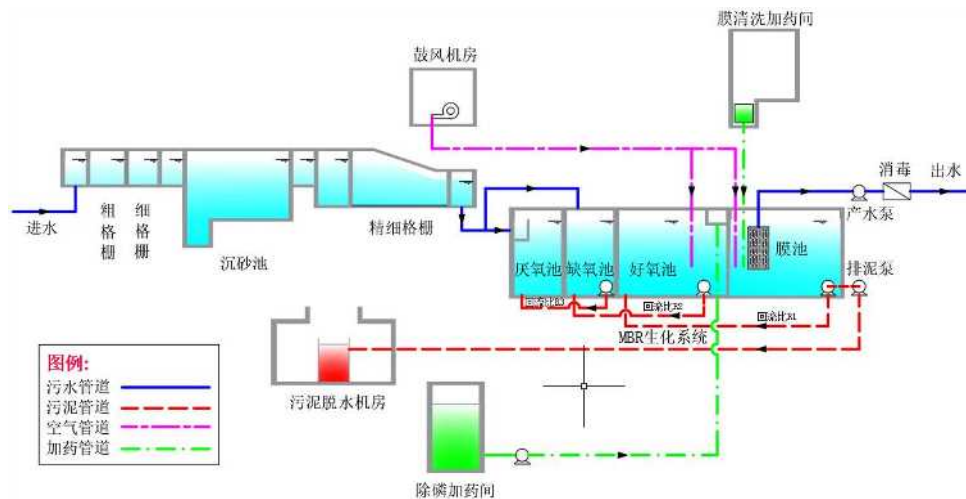


图 1 A^2O -MBR 工艺流程图

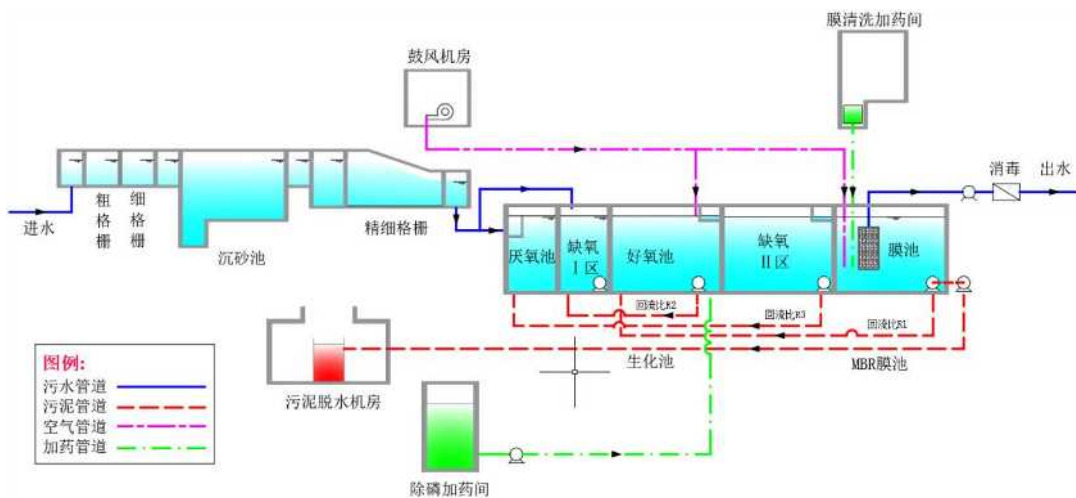


图 2 A^2O A-MBR 工艺流程图

- 5.5.2 缺氧池溶解氧 (DO) 浓度应控制在 0.5 mg/L 以下。
- 5.5.3 厌氧池 DO 浓度应控制在 0.2 mg/L 以下。
- 5.5.4 可在 MBR 膜池进水前设置混合搅拌装置投加铝盐, 混合水力条件根据膜池进水段空间进行实际调控, 提升整体 MBR 系统除磷效果。
- 5.5.5 定期定点巡检 MBR 系统每个膜池 DO 含量, 并定期校正 DO 探头。
- 5.5.6 运行时维持 MBR 中的混合液悬浮固体浓度 (MLSS) 宜保持在一定范围内。生化池中 MLSS 的浓度以 4000 mg/L~6000 mg/L 为宜; 膜池中 MLSS 一般需控制在 4000 mg/L~20000 mg/L 之间, 以 6000 mg/L~8000 mg/L 为宜, 最高不应超过 20000 mg/L。
- 5.5.7 A²O-MBR 模式和 A²OA-MBR 模式的 MBR 膜池混合液回流过程中应结合前期 A²O 脱氮效能和 MBR 膜污染情况综合考虑来调节回流比和 MLSS 浓度。

5.6 污泥回流单元

- 5.6.1 MBR 应通过调节污泥负荷、污泥龄或污泥浓度等方式进行工艺控制。宜每年放空并清理生物处理池 1 次, 清通曝气管, 检修各种装置。
- 5.6.2 污泥回流系统是保证 MBR 系统长期稳定运行的重要组成部分, 主要由回流泵、阀门等组成。根据工艺需求, 污泥回流比一般为 300%~500%, 且应确保各个膜池回流量均匀。
- 5.6.3 回流污泥和 MBR 进水混合后, 膜池日常应加强对混合液污泥浓度、污泥指数等指标的检测。
- 5.6.4 MBR 中污泥负荷 (BOD₅/MLSS) 宜保持在 0.03 kgBOD₅/(kgMLSS·d)~0.1 kgBOD₅/(kgMLSS·d) 范围内。
- 5.6.5 膜池内的混合液污泥浓度宜维持在 6000 mg/L~8000 mg/L。若生产过程产生短期膜池污泥浓度较高, 导致膜组件跨膜压差过高, 可通过加大膜组件曝气量、提高回流量、加大反洗频次来调控。
- 5.6.6 膜池水力停留时间宜为 0.5 h~1.2 h。
- 5.6.7 膜池污泥回流泵与膜池产水联动控制, 确保污泥回流泵全部停止时膜池不能产水。

5.7 膜产水单元

- 5.7.1 MBR 运行时实际通量一般宜控制在 15 L/(m²·h)~25 L/(m²·h), 同时结合膜池混合液中 MLSS 的浓度, 宜采用变频控制产水泵控制通量, 产水泵应考虑备用。MBR 膜池产水浊度应小于 1 NTU。
- 5.7.2 当膜组件恒流运行时, 跨膜压差不宜大于 30 kPa, 压力超过限值时宜进行物理反冲洗; 运行时应通过监测膜池跨膜压差、透水率确定反洗频次及产水流量。
- 5.7.3 抽真空系统主要由真空阀、真空发生器或抽真空成套设备等组成, 在膜组首次投用和长时间停用时, 或在运行过程中产水管里有空气影响产水效率的情况下, 应进行抽真空操作。
- 5.7.4 集水总管应采用可调节的控制阀门, 抽真空节点应设在各组集水总管最高点处, 通过抽真空系统定期抽吸管路中的气体, 控制调整合适抽吸周期, 同时保证抽真空过程中排出的水能够及时收集并排放。
- 5.7.5 定期检查集水管路, 应保证连接的密封可靠性, 应满足使用时的压力和耐化学清洗剂的腐蚀等要求。
- 5.7.6 膜车间集水总管不同铺设位置需分别注意:
 - a) 当地面铺设时, 注意控制各个膜池至集水总管出水阀启闭, 及其集水总管出水用于反冲洗水供给时的控制;
 - b) 当悬空架设时, 除考虑产水阀和反冲洗阀门启闭, 注意监测温度变化导致的热胀冷缩引发管路衔接问题。
- 5.7.7 膜池运行出现以下情况后停止产水, 并分析原因:
 - a) 膜池液位到达低液位保护停止产水后, 液位低于膜池启动液位;

- b) 膜池曝气风机停止运行或膜池曝气总风量达不到设定要求;
- c) 各膜组出水浊度超过 1 NTU 时;
- d) 膜回流渠混合液回流泵全部停止运行;
- e) 产水压力保护;
- f) 空压机储气罐低压报警;
- g) 曝气吹扫阀、产水阀、产水泵异常。

5.8 膜池曝气单元

5.8.1 MBR 工艺中厌氧区、缺氧区、好氧区等均应合理控制 DO。以脱氮除磷为目的的 MBR 工艺中存在厌氧区、缺氧区、好氧区，由于回流或者进水问题，当反应区的厌氧区 DO 超过 0.2 mg/L，缺氧区 DO 高于 0.5 mg/L，好氧区出水端 DO 低于 1.0 mg/L 时，应采取控制措施调控溶解氧。

5.8.2 厌氧区和缺氧区的控制可采用氧化还原电位仪或溶解氧仪监测控制。

5.8.3 针对 A²O-MBR 系统，若设计好氧段独立设置两个曝气区，前端通过控制管路电磁阀曝气产生好氧段，后端在必要时产生缺氧段，必要时以 A²OA 方式运行。

5.8.4 针对 A²OA-MBR 系统，采用多段进气管路，根据需求灵活调控 A²OA 各个生化池沿程曝气量，可提升脱氮效果。

5.8.5 膜池曝气单元由膜组件曝气设备、鼓风机、空气管路及附件等组成。管路包括供气总管和每个膜池设置的独立的供气管，供气管连接应方便、可靠。

5.8.6 膜池中膜组件放置无论为单层或双层，在膜组件底部设置一套曝气系统即可，根据膜污染情况，可通过电磁阀控制启闭各层独立曝气管，通过调控合适的曝气量来抖动两层膜组件膜丝控制膜污染；同时在膜池底部总体设置一套曝气系统，通过调控合适曝气量用于搅拌活性污泥和搅拌化学清洗药剂。

5.8.7 当多个膜池采用统一供气系统同时曝气时，宜合理调控膜池平衡液位系统，应通过联通膜池进水管使各个膜池液位保持平衡，保证不同膜池均匀进气，进而保证清洗效果。

5.8.8 当鼓风机长期不使用时，应关闭进、出气闸阀和冷却系统，并将系统内存水放空。鼓风机的冷却、润滑系统应定期检修与清洗。

5.8.9 MBR 系统的仪表风系统宜使空压机能根据供气压力自动启停。

5.8.10 宜通过膜池曝气系统清洗膜生物反应池内的膜丝，减缓膜丝污染和为微生物生长代谢提供氧气。

5.8.11 膜池曝气同时满足生物处理需氧量和膜丝抖动需气量的要求，不应造成浪费及膜损坏，平均曝气强度应按膜池内膜面积计算，宜控制在 $0.1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 (\text{膜面积}) \cdot \text{h}) \sim 0.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 (\text{膜面积}) \cdot \text{h})$ ，膜池曝气单元可采用连续曝气、交替曝气、脉冲曝气等方式。

5.8.12 应定期检查膜池曝气风量、风压、风机运行状态等监控系统，保障膜池曝气系统与膜产水系统的联动控制，防止出现膜池曝气系统故障或风量过低的情况。

5.9 剩余污泥排放单元

5.9.1 由于 MBR 工艺的污泥负荷较低和污泥龄较长，可按照去除每公斤 BOD₅ 产生 0.2 kgVSS ~ 0.4 kgVSS 计算去除有机物时产生的污泥。

5.9.2 剩余污泥系统主要由剩余污泥泵、阀门等组成。设备、阀门的开启应根据工艺运行需求进行。

5.9.3 MBR 系统的污泥浓度、污泥龄应通过控制剩余污泥排放流量而实现，宜适当控制剩余污泥泵开启台数和运行频率的方式进行。

5.9.4 膜池排放的剩余污泥应进行合理处理处置。

5.9.5 膜池排水的去向应明确。

6 膜组件物理清洗

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/438111037025007005>