

造纸废水 MBR 解决方案



目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 一：造纸废水简介及水质特征..... | 1 |
| (a) 造纸废水简介..... | 1 |
| (b) 制浆造纸废水排放标准..... | 3 |
| 二：传统处理工艺及面临的问题..... | 4 |
| (a) 制浆造纸废水传统处理工艺..... | 4 |
| (b) 传统工艺面临的问题..... | 5 |
| 三：MBR 在处理制浆造纸废水中的优势..... | 5 |
| (a) MBR 在处理制浆造纸废水中的优势..... | 5 |
| (1) 出水水质优质稳定..... | 5 |
| (2) 剩余污泥产量少..... | 6 |
| (3) 占地面积小，不受设置场合限制..... | 6 |
| (4) 可去除氨氮及难降解有机物..... | 6 |
| (5) 操作管理方便，易于实现自动控制..... | 6 |
| (6) 易于从传统工艺进行改造..... | 7 |
| (b) 平板膜与中空纤维膜的比较..... | 7 |
| 四：MBR 设计要点..... | 7 |
| 五：MBR 在线清洗及维护..... | 10 |
| (a) 在线化学清洗..... | 11 |
| (b) 物理清洗..... | 11 |

一：造纸废水简介及水质特征

(a) 造纸废水简介

据 1995 年统计，中国造纸工业总排水量为 23.9 亿 m^3/a ，仅次于化学工业及钢铁工业的年排水量，居第三位；化学耗氧量物质排放量为 321.4 万 t/a ，占全国工业排放量的 1/3；据 1994 年统计，中国造纸工业排水中，悬浮物总排放量为 128.4 万 t/a 。造纸工业水污染治理已经成为造纸行业乃至全社会关注的热点，也是造纸企业生存与发展的关键。

造纸工业是能耗、物耗高，对环境污染严重的行业之一，其污染特性是废水排放量大，其中 COD、悬浮物（SS）含量高，色度严重。

造纸工业使用木材、稻草、芦苇、破布等为原料，经高温高压蒸煮而分离出纤维素，制成纸浆。在生产过程中，最后排出原料中的非纤维素部分成为造纸黑液。黑液中含有木质素、纤维素、挥发性有机酸等，有臭味，污染性很强。

造纸废水主要来自造纸工业生产中的制浆和抄纸两个生产过程。制浆是把植物原料中的纤维分离出来，制成浆料，再经漂白，这个过程会产生大量的造纸废水；抄纸是把浆料稀释、成型、压榨、烘干，制成纸张，这个过程也容易产生造纸废水。

制浆产生的造纸废水，污染最为严重。洗浆时排出废水呈黑褐色，称为黑水，黑水中污染物浓度很高，BOD 高达 5—40 g/L ，含有大量

纤维、无机盐和色素。漂白工序排出的造纸废水也含有大量的酸碱物质。抄纸机排出的造纸废水，称为白水，其中含有大量纤维和在生产过程中添加的填料和胶料。

造纸中段废水是指浆料经蒸煮、黑液提取后在筛选、洗涤和漂白过程中排出的废水、其排放量大，溶出的木质素及其衍生物使废水具有一系列从浅棕到深褐的颜色。由于这些化合物的生物降解很慢，生化处理效果较差，据文献报道，二级生化法中最多可去除废水中 30% 的色度，也有一些生物处理法实际上还会增大废水的色度。有色废水给人以不愉快感，色度成分表明废水中含有许多溶解成分，排出环境后又使天然水着色，减弱水体的透光性，影响水底植物的光合作用和水生动物的生长繁殖，因而有效地进行脱色处理是造纸废水达标排放的关键之一。从目前应用的废水处理技术上看，能有效去除造纸中段废水色度的方法有吸附法、混凝法、生物法、化学氧化法、电絮凝法、以及膜分离法等。

造纸废水处理应着重于提高循环用水率，减少用水量和废水排放量，同时也应积极探索各种可靠、经济和能够充分利用废水中有效资源的废水处理方法。例如：浮选废水处理法可回收白水中纤维性固体物质，回收率可达 95%，澄清水可回用；燃烧废水处理法可回收黑水中氢氧化钠、硫化钠、硫酸钠以及同有机物结合的其他钠盐。中和废水处理法调节废水 pH 值；混凝沉淀或浮选法可去除废水中悬浮固体；化学沉淀法可脱色；生物处理法可去除有机物，对牛皮纸废水较有效；

随着污水排放标准的日益严格以及膜产品技术的日趋成熟和广泛应

用，近几年国内外陆续出现采用 MBR 工艺进行深度处理的应用。

某造纸厂水质参数如下表 1.1 所示：

表 1.1 某造纸厂水质参数表

| 检测项 | PH | COD _{cr} (mg/L) | BOD ₅ (mg/L) | 悬浮物(mg/L) |
|-----|-----|--------------------------|-------------------------|-----------|
| 数值 | 6-9 | ≤2000 | ≤580 | ≤1000 |

(b) 制浆造纸废水排放标准

自 2009 年 5 月 1 日起至 2011 年 6 月 30 日现有制浆造纸企业执行表 1.2 规定的水污染物排放限值。

表 1.2: 制浆造纸工业水污染物排放标准 (GB3544-2008)

| 企业生产类型 | 制浆企业 | 制浆和造纸联合生产企业 | | 造纸企业 | 污染物排放监控位置 |
|--------|--------------------------|-------------|-----------|------|---------------------|
| | | 废纸制浆和造纸企业 | 其它制浆和造纸企业 | | |
| 1 | PH 值 | 6~9 | 6~9 | 6~9 | 企业废水总排放口 |
| 2 | 悬浮物(mg/L) | 70 | 50 | 50 | 企业废水总排放口 |
| 3 | COD _{cr} (mg/L) | 200 | 120 | 100 | 企业废水总排放口 |
| 4 | BOD ₅ (mg/L) | 50 | 30 | 30 | 企业废水总排放口 |
| 5 | 氨氮 | 15 | 10 | 10 | 企业废水总排放口 |
| 6 | 总氮 | 18 | 15 | 15 | 企业废水总排放口 |
| 7 | 总磷 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 企业废水总排放口 |
| | 单位产品基准排水量, 吨/吨 (浆) | 80 | 20 | 20 | 排水量计量位置与污染物排放监控位置一致 |

自 2011 年 7 月 1 日起，现有制浆造纸企业执行表 1.3 规定的水污染物排放限值。

自 2008 年 8 月 1 日起，新建制浆造纸企业执行表 1.3 规定的水污染物排放限值。

表 1.3: 新建企业水污染物排放标准 (GB3544-2008) 一般地区标准

| 企业生产类型 | | 制浆企业 | 制浆和造纸联合生产企业 | 造纸企业 | 污染物排放监控位置 |
|-------------------|--------------------------|------|-------------|------|---------------------|
| 1 | PH 值 | 6~9 | 6~9 | 6~9 | 企业废水总排放口 |
| 2 | 悬浮物(mg/L) | 50 | 30 | 30 | 企业废水总排放口 |
| 3 | COD _{cr} (mg/L) | 100 | 90 | 80 | 企业废水总排放口 |
| 4 | BOD ₅ (mg/L) | 20 | 20 | 20 | 企业废水总排放口 |
| 5 | 氨氮 | 12 | 8 | 8 | 企业废水总排放口 |
| 6 | 总氮 | 15 | 12 | 12 | 企业废水总排放口 |
| 7 | 总磷 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 企业废水总排放口 |
| 单位产品基准排水量, 吨/吨(浆) | | 50 | 40 | 20 | 排水量计量位置与污染物排放监控位置一致 |

二：传统处理工艺及面临的问题

(a) 制浆造纸废水传统处理工艺

传统工艺一般采用物化预处理+生化处理+化学药剂处理的组合工艺，典型的工艺如图 2.1 所示：

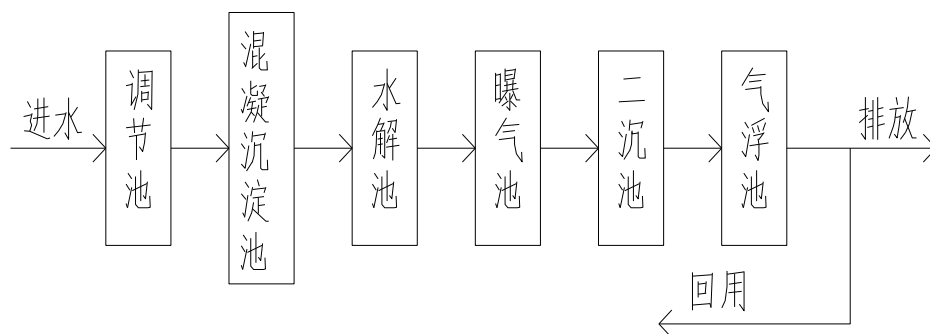


图 2.1: 造纸废水传统处理工艺

(b) 传统工艺面临的问题

制浆造纸废水是世界上公认的污染威胁大、性质复杂、难于处理的高浓度有机废水，尤其是高浓度的有机物和氨氮，在当今越来越重视环境，排放标准越来越严格的情况下，传统工艺就越来越显得有待改进。目前逐步采用 MBR 技术部分或完全取代传统好氧工艺，无论从运行稳定性，还是出水指标，均能满足国家环保要求。

三：MBR 在处理制浆造纸废水中的优势

(a) MBR 在处理制浆造纸废水中的优势

膜生物反应器（MBR）是一种由膜分离单元与生物处理单元相结合的新型水处理技术，以膜组件取代二沉池在生物反应器中保持高活性污泥浓度减少污水处理设施占地，并通过保持低污泥负荷减少污泥量。与传统的生化水处理技术相比，MBR 具有以下主要特点：

(1) 出水水质优质稳定

由于膜的高效分离作用，分离效果远好于传统沉淀池，处理出水极其清澈，悬浮物和浊度接近于零，细菌和病毒被大幅去除，同时膜分离也使微生物被完全截流在 MBR 池内，使得系统内能够维持较高的微生物浓度，不但提高了反应装置对污染物的整体去除效率，保证了良好的出水水质，同时反应器对进水负荷（水质及水量）的各种变化具有很好的适应性，耐冲击负荷，能够稳定获得优质的出水水质。

(2) 剩余污泥产量少

该工艺可以在高容积负荷、低污泥负荷下运行，剩余污泥产量低，降低了污泥处理费用。

(3) 占地面积小，不受设置场合限制

生物反应器内能维持高浓度的微生物量，处理装置容积负荷高，占地面积大大节省；该工艺流程简单、结构紧凑、占地面积省，不受设置场所限制，适合于任何场合，可做成地面式、半地下式和地下式。

(4) 可去除氨氮及难降解有机物

由于微生物被完全截流在 MBR 池内，从而有利于增殖缓慢的微生物如硝化细菌的截留生长，系统硝化效率得以提高。同时，可增长一些难降解的有机物在系统中的水力停留时间，有利于难降解有机物降解效率的提高。

(5) 操作管理方便，易于实现自动控制

该工艺实现了水力停留时间（HRT）与污泥停留时间（SRT）的完全分离，运行控制更加灵活稳定，是污水处理中容易实现装备化的新技术，可实现微机自动控制，从而使操作管理更为方便。

(6) 易于从传统工艺进行改造

该工艺可以作为传统污水处理工艺的深度处理单元，在污水处理厂出水深度处理及老厂提标改造等领域有着广阔的应用前景。

(b) 平板膜与中空纤维膜的比较

平板膜与中空纤维膜的比较如表 3.1 所示：

表 3.1：平板膜与中空纤维膜的比较

| 项目名称 | 瑞洁特平板膜 | 中空膜 |
|-------|--------------------|---------------------------|
| 膜孔径 | 微滤膜 0.1um | 微滤或超滤 |
| 放置形式 | 浸没式 | 浸没式 |
| 填充密度 | 低 | 高 |
| 运行成本 | 低 | 高 |
| 投资成本 | 中 | 低 |
| 过滤机理 | 主要生物膜，其次物理过滤 | 主要物理过滤 |
| 污泥浓度 | 8000~15000mg/L | 4000~8000mg/L |
| 生物池容积 | 小 | 大 |
| 膜设备体积 | 大 | 小 |
| 跨膜压差 | 小，抽吸能耗小 | 大，抽吸能耗大 |
| 耐久性 | 5~10 年，单张膜更换，更换成本低 | 3~5 年，更换面积较大，更换成本较高 |
| 清洗方式 | 重力加药清洗，方便 | 在线药洗，反冲洗，离线清洗，清洗程序较多，清洗麻烦 |
| 清洗周期 | 长 | 短 |

四：MBR 设计要点

MBR 工艺对传统工艺的优化主要体现在 MBR 池替代传统好氧

池，并可省略二沉池，优化后的流程图如图 4.1 所示：

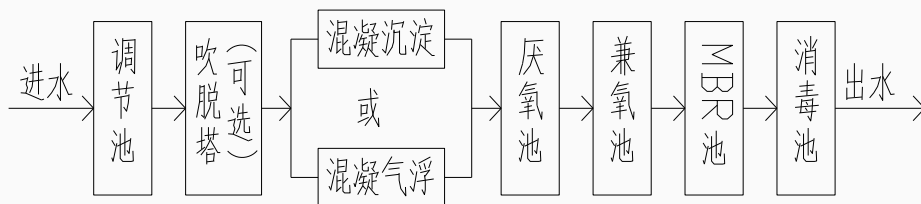


图 4.1：垃圾渗滤液 MBR 优化处理工艺

MBR 的设计分五部分：

第一步：考察项目水质水量，核定项目的水质类型及参数，核算日产水量；

第二步：咨询我公司专业技术人员，了解我公司针对该类废水的成功案例经验，选择最优平板膜通量。如该项目属于新开发的种类废水，建议与我公司协力开展前期试验研究，获取珍贵的现场资料。

标准通量：市政生活类废水取值 400-600L/m² d，工业类可生化性废水在无试验条件下取值 200-300L/m² d。

第三步：平板膜及膜组件数量计算

$$N=Q_{\max} \div (F \times S)$$

N：膜片张数；

Q_{max}：日最大污水量（单位：m³）；

F：设计膜平均通量（单位：L/m² d）；

S：使用单片平板膜面积（单位：m²），（RGE150 型单片膜 1.5m²；RGE100 型单片膜 1.0m²；RGE10 型单片膜 0.1m²；）。

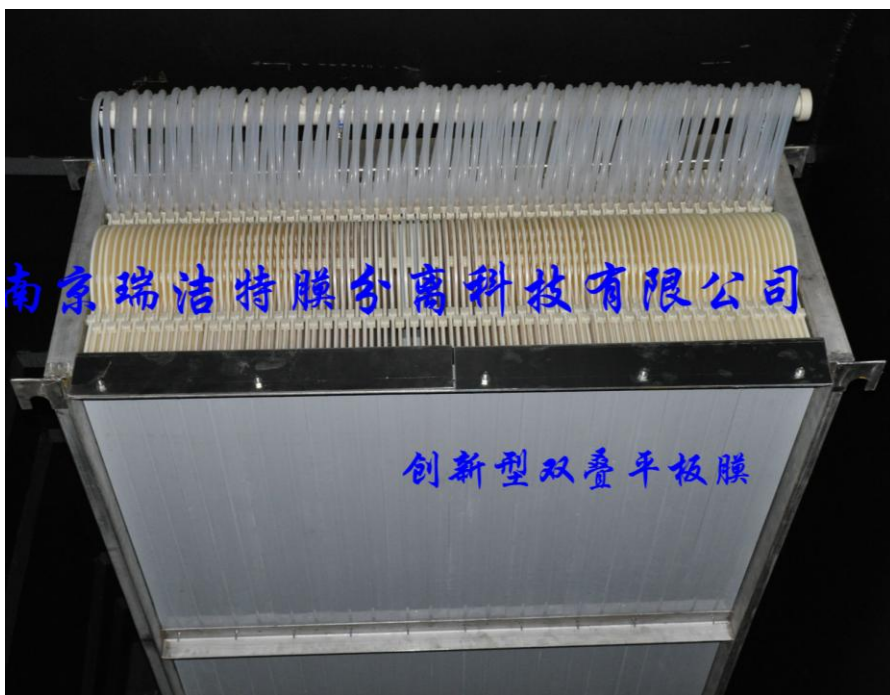
$$M=N \div P$$

M: 膜组件数量 (必须为偶数组)

P: 每组膜组件膜片数 (标准膜组件数量为 50,100,150,200; 如需另选装填膜片数量, 只需保证每组膜组件装填偶数膜, 且为 10 的倍数即可)。

第四步: 膜组件布置

确保膜组件在生化池内位置行列方向满足 400-500mm 间距, 保证膜组件能与周围泥水混合物形成循环对流, 微生物与有机污



染物最大化的接触。膜组件与池壁间距控制在 500mm, 保证日常维护以及管道安装。确保每列膜组件的数量一致, 每列膜组件集水管和曝气管的计算压力损失值尽可能的相等, 以保证膜系统长期稳定地运行。

第五步: 主要配套设备的选型

➤ 自吸泵

流量: 按日均处理水量的 1.25 倍选型 (泵每开 8 分钟就停 2 分钟);

扬程: 视具体情况而定;

吸程: 一般取 6m 的吸程, 如泵高度低于 MBR 池液位, 需注意停泵

时的虹吸问题。

➤ 风机

风量：

| 型号 | RGE-150 | RGE-100 | RGE-10 |
|-----------------------|---------|---------|--------|
| 有效面积(m ²) | 1.5 | 1.0 | 0.1 |
| 曝气量 (L/片 min) | ≥11 | ≥11 | ≥6 |

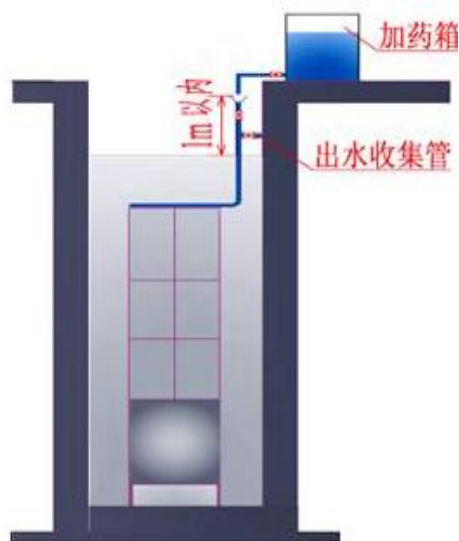
风压：视具体情况而定

*膜组件更详细的设计思路请查看安装使用说明书，具体项目可咨询我公司专业技术工程师。

五：MBR 在线清洗及维护

RGE 平板膜组件的安装需配置在线清洗设备，主要包含自动加药系统：加药罐、计量泵以及管道或手动加药系统：高位加药槽（高位加药槽药液水位高于水平面至少 1m）

膜面上发生了污染，就会使抽吸压力上升，如果不采取措施继续运行会使产水



量下跌，因此必须进行清洗使膜性能恢复。

(a) 在线化学清洗

碱洗：配制 2000~5000mg/L 次氯酸钠和 1000mg/L 氢氧化钠混合水溶液，用高位水箱静水压头灌入抽吸管路至膜元件，水量为 2~3 升/片，浸泡 2 小时以上或浸泡过夜。

酸洗：配制 1000mg/L 草酸溶液，在线清洗，水量同上，浸泡 1 小时。

*以上在线清洗功能在低于 1m 的重力水头下进行平板膜内部在线浸泡，压力水头过高易导致化学药剂溢流出膜外侧，对生化系统产生不良影响。

(b) 物理清洗

为保证平板膜组件长期稳定运行，待污水处理厂大修之际，务必对系统平板膜也经行一次维护性膜表面物理清洗，可根据具体情况采用单片膜表面压力水头进行清洗，或海绵、软布表面擦洗。

*关于详细的清洗步骤及条件，请咨询本公司的专业技术工程师。