

# 脱气塔在STRO膜产水pH回调中的应用

孙铭健

重庆市涪陵区三峰环保发电有限公司

**摘要:** 目前渗滤液STRO膜处理工艺中,为预防STRO膜结垢,其进水需加酸先调节为酸性水体,STRO膜产水必然也为酸性水体,为达到国家排放标准pH值相关要求,就需加碱对膜产水进行再调节达标后排放到自然水体中。针对目前STRO膜产水加碱pH回调工艺存在的各种问题,本文进行了系统分析并研究脱气塔在膜产水pH回调中的工艺设计及应用效果。

**关键词:** 脱气塔;膜产水;pH回调;渗滤液

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.17.117

## 一、引言<sup>[1-4]</sup>

生活垃圾焚烧系统渗滤液包含垃圾渗滤液、地面冲洗废水和化验排水,因垃圾来源复杂,所产生的渗滤液成分也极其复杂,其特征为高COD、高NH<sub>3</sub>-N、高SS、高含盐量,处理难度大。渗滤液处理工艺不仅要考虑有效和稳定性,还要考虑经济合理性,目前较常用的处理工艺有“预处理→UASB→A/O工艺和MBR膜系统→STRO膜系统→达标排放”,该工艺中渗滤液经MBR处理后的出水已无无菌体和悬浮物,氨氮指标已经基本达标,但部分难降解COD、重金属及高价离子还不能去除,需通过STRO膜系统处理后才能达标排放。作为渗滤液处理工艺的最后一道处理工序,STRO膜系统运行的好坏将直接影响整个渗滤液处理系统的最终出水水质。

为防止STRO膜系统运行过程产生无机结垢,STRO膜进水设置有酸液投加设施,调节进水pH值为酸性,这就必然导致STRO膜产水也为酸性,而国家排放标准要求排放水体pH值为6-9,STRO膜产水就必须加碱再回调pH值达标,即“A/O工艺和MBR膜系统→加酸→STRO膜系统→加碱→达标排放”。而加碱投加系统存在人工加药灼烧皮肤、碱液晶体堵塞管道等安全隐患和运行风险,同时碱液投加也增加物料消耗,提高了渗滤液处理成本。

## 二、STRO膜及产水pH研究与分析

### (一) STRO膜研究与分析

STRO膜是一种卷式反渗透有机复合膜,结构如图1所示,利用半透膜性质特点,当外部施加压力高于自

身渗透压,使得进水侧水分子化学位超过产水侧水分子化学电位,水逆向透过STRO膜到达产水侧从而形成膜产水,进水侧的可溶性固体物质以及细菌、胶体等非可溶性固体物质形成高浓缩废水通过浓液排除,从而去除进水中99.9%含盐物质和95%的COD、氨氮和总氮物质,当生物脱氮不完全时膜分离系统,STRO膜可作为保障出水水质尤其是总氮达标的“第二道防线”,确保出水达标。

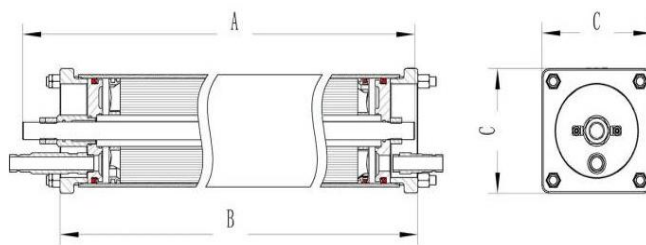


图1 STRO膜结构示意图

STRO膜结合了卷式膜组件(Spiralwound)和开放式流道(openChannel)两方面设计的优势,具有狭窄且全开放的流道,克服了其他常规反渗透膜组件的缺点,使得流体动力学性能大大优化,相同运行工况下,STRO单支膜的产水量也会更大,常规反渗透膜与STRO膜的对比如图2所示<sup>[5]</sup>。

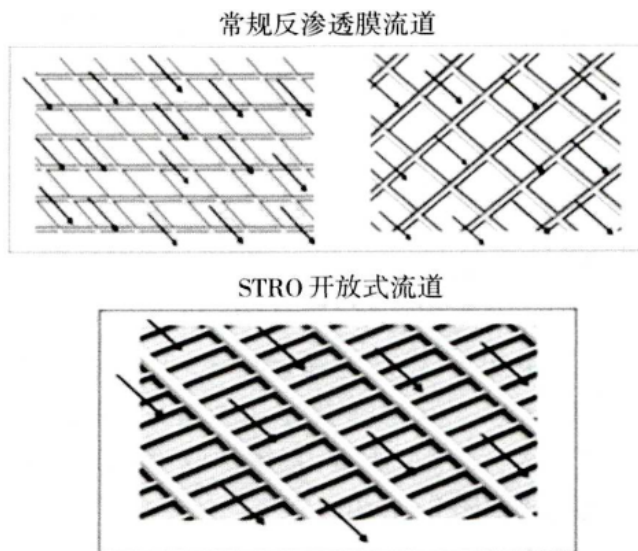


图2 常规反渗透膜流道与STRO开放式流道对比

在STRO系统高压环境下,STRO膜进水中微难溶离子

的离子积大于相应条件溶度积时，STRO膜表面就会沉积微量难溶盐，溶解在进水中的阳离子（如Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>等）和阴离子（如CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、OH<sup>-</sup>等）易结合生成碳酸盐、碳酸氢盐、硫酸盐、磷酸盐等难溶物质，STRO设备生产运行中，在系统外加压力条件下，随着进水侧的水分子不断通过STRO膜形成产水外排，进水侧离子浓度不断升高，从而导致进水中碳酸氢盐平衡被打破，Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>与CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>结合形成CaCO<sub>3</sub>、MgCO<sub>3</sub>等结晶体沉积在STRO膜表面，最终成型结垢，阻塞STRO膜通道，使得STRO膜通量变小，STRO膜局部膜压增大和水力负荷增加，进水压力升高，膜前膜后压差变大，最终导致STRO膜产水量和脱盐率降低，直至完全瘫痪。

### （二）STRO膜产水pH研究与分析

通过对STRO膜产水水质取样分析，发现水中溶解有大量游离CO<sub>2</sub>。STRO膜分离技术对于水中游离CO<sub>2</sub>似乎无能为力，根据LSI（即朗格利尔饱和指数）值（图3），当STRO膜进水pH值为酸性时，则STRO膜不容易结垢；当进水pH值为碱性，则STRO膜就容易结垢，所以在STRO膜进水管道上设置有酸液投加设施，调节进水pH值为酸性，预防STRO膜结垢。当水的pH值为酸性时，存在以下化学反应：

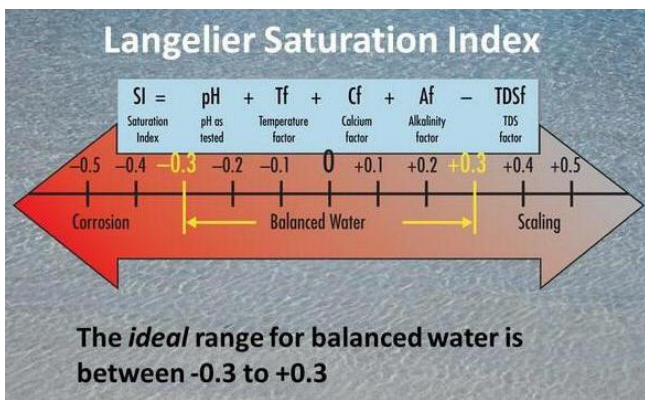
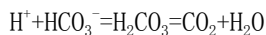


图3 朗格利尔饱和指数

当H<sup>+</sup>增加，即pH越低时，上述反应就向右进行，当水的pH值小于4.3时，水中碳酸几乎完全以二氧化碳的形式存在，同理，当CO<sub>2</sub>被不断去除时，上述反应也向右进行，有利于水中H<sup>+</sup>的消耗，即通过去除水中的CO<sub>2</sub>，可以提高STRO膜产水的pH值。

此时，用一个装置水从上喷淋而下，空气从下鼓风而上，使空气流与水滴充分接触，由于空气中的二氧化碳量很小，分压很低，只占大气压力的0.03%，根据亨利定律，经过加酸处理后的水，由于二氧化碳分压高，逸入分压低的空气流中而被带走，从而除去了水中的二氧化碳，也即除去了水中大量的HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>和H<sup>+</sup>，膜产水pH值上升。

### （三）脱气塔结构及脱气原理分析

脱气塔又叫除碳器，多为圆柱型塔式结构，其作用原理是通过风机的风力来吹脱水中游离CO<sub>2</sub>的设备。脱气塔由进水装置、填料、风机和水箱组成（如图4所示），工作时，塔顶喷头自上而下的水流喷淋在塔中的填料上，填料多为多面空心球，将水流分解分化成一层薄薄的水膜；由塔底鼓风机鼓入的空气自下而上，将填料表面水膜中的二氧化碳吹脱析出从顶部排除。

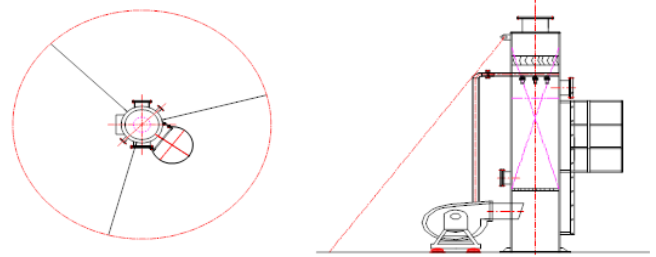


图4 脱气塔结构示意图

## 三、脱气塔工艺设计及pH回调效果

### （一）脱气塔工艺设计及选型

通过对STRO结构、结垢原因及产水水质分析，在STRO产水罐和排放口之间安装一座脱气塔，STRO产水通过产水罐水泵直接打入脱气塔上方，通过鼓风喷淋方式去除水中CO<sub>2</sub>，底部集水排入排放口，其工艺设计示意图如图5所示：

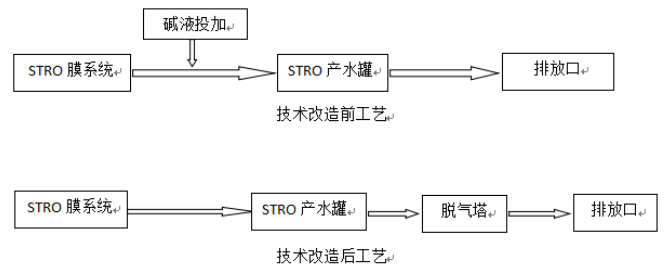


图5 脱气塔工艺设计示意图

按照STRO膜日处理水量500m<sup>3</sup>计算，脱气塔选型如表1所示：

表1 脱气塔选型表

序号	名称	数量	参数
1	脱气塔	1台	水处理量: 25m <sup>3</sup> /h 功率: 2.2kw

(二) 脱气塔pH回调效果

脱气塔安装和调试后, 对STRO膜产水pH值提升效果

表2 脱气塔对STRO膜产水pH提升效果对比表

日期	9月23日	9月26日	9月27日	9月28日	9月29日	10月5日	10月6日	10月7日	10月9日	10月10日
STRO膜产水pH值	6.1	6.3	4.7	6.2	6.4	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
STRO膜产水经脱气塔后pH值	8.2	8.6	7.6	8.1	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.5
吹脱后pH提升值	2.1	2.3	2.9	1.9	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9

从表2可以明显看出, STRO膜产水经脱气塔吹脱后pH均大于6.5, 满足排水pH值为6-9的环保排放要求, 且pH提升值达到1.8-2.9, 吹脱后pH值提升效果十分明显。

2. 脱气塔安装后和原加碱工艺经济效益分析比较

(1) STRO膜系统新增脱气塔投资成本

STRO膜系统新增脱气塔技术改造及安装调试成本共计50000.00元。

(2) 脱气塔运行成本

脱气塔风机功率2.2Kw, 运行电耗52.8度/天, 单价按0.65元/度计算, 合计9672.32元/年(按年月均运行23天计算)。

(3) 原加碱工艺碱液消耗量及费用计算

经查询, 2021年至2022年一年中, STRO膜系统pH回调氢氧化钠消耗量及消耗金额见表3

表3 2021-2022氢氧化钠消耗量及消耗金额

年消耗量 (kg)	年消费金额 (元)
14500	55130.53

STRO膜系统新增脱气塔后, STRO膜产水pH提升效果十分理想, 无须进行碱液投加调节pH值, 所以碱液消耗为零, 故年节约费用55130.53元。

(4) 经济性分析

从经济角度分析, 即使原加碱工艺加碱泵电耗及设备维护成本不计算的情况下, 脱气塔pH回调工艺第一年节约费用也可达45658.21元, 后续每年只需要运行电费和每四年进行一次廉价填料维护。

四、结论

通过研究和分析STRO膜结构及运行原理、STRO进水

和原加碱工艺经济效益进行对比分析。

1. 脱气塔安装后STRO膜产水pH值提升效果分析比较

项目实施后, 对STRO膜产水pH值进行了统计, 对pH值提升效果进行对比分析如表2所示:

渗滤液水质特征及结垢原理、脱气塔结构及运行原理, 并将脱气塔在STRO膜产水pH回调工艺实际应用, 得出以下结论:

(1) 经脱气塔吹脱后pH值均大于6小于9, pH提升值达到1.8-2.9, 提升效果十分明显, 完全满足设计及生产需求。

(2) STRO膜产水脱气塔pH回调工艺与原加碱回调工艺相比较, 消除了加碱回调存在灼烧皮肤、碱液晶体堵塞管道等安全隐患和运行风险, 该工艺运行更加安全和稳定。

(3) STRO膜产水脱气塔pH回调工艺与原加碱回调工艺相比较, 停止了氢氧化钠投加, 节约了物料消耗, 也更加经济, 降低了渗滤液处理成本。

参考文献

[1] 沈源源. 垃圾渗滤液处理技术[J]. 环境与发展, 2017(3).

[2] 赵珊, 池勇志, 费学宁. 垃圾渗滤液处理技术研究进展[J]. 天津建设科技, 2004, 14(6): 4.

[3] 聂旭, 赵非超. 浅析垃圾渗滤液处理技术[J]. 广西轻工业, 2010(3): 4.

[4] 张宏忠, 松全元, 王淀佐. 垃圾渗滤液膜处理技术[J]. 膜科学与技术, 2004, 24(5): 5.

[5] 付江涛, 王黎等. STRO膜在垃圾焚烧电厂渗滤液减量化的中试探索[J]. 膜科学与技术, 2017, 37(2): 120-123

作者简介: 孙铭健(1987.01-), 男, 四川巴中人, 大学本科, 研究方向: 给水排水。