

台达机电产品在一体化超声波膜反应器上的整合应用

The Incorporation of Delta Electromechanical Products into Integrated Ultrasonic Membrane Reactor

台达集团-中达电通股份有限公司 李铁成

【摘要】 本文介绍了一体化超声波膜反应器的原理及系统构成，重点突出了台达机电产品在一体化超声波膜反应器上的整合应用。

【Abstract】 This paper introduces the system principle and structure of integral ultrasonic membrane reactor.

【关键词】 一体化超声波膜反应器；PLC；人机界面

【Keywords】 integral ultrasonic membrane reactor; PLC; interface

“一体化超声波膜生物反应器”是超声波污水处理设备，是水源保护、城镇节水、中水回用和水污染防治工程的理想环保装备，主要适用于普通有机废水产业，如市镇生活废水、机关院校、车站码、食品业、医院、油田、屠宰业、机械电子加工、造纸印刷业、石化行业、旅游度假风景区、宾馆饭店业与生活小区等；COD 值高的废水处理行业，如垃圾渗透液、印染、乳化油废水、轮渡码头油污水；特性多变废水之处理行业，制药行业、化工生产行业。

1 一体化设备工艺原理

一体化超声波膜生物反应器是利用化学沉淀（氢氧化钠沉淀铁和锌等）和膜分离技术，并采用中空纤维膜（hollow fiber membrane）取代活性污泥法中的二沉池，进行固液分离，有效地达到了泥水分离的目的。中空纤维膜是一种外形象纤维状，具有自支撑作用的膜，是非对称膜的一种，其致密层可位于纤维的外表面，如反渗透膜，也可位于纤维的内表面，如微滤膜，纳滤膜和超滤膜。对气体分离膜来说，致密层位于内表面或外表面均可。

一体化超声波膜生物反应器（LC-CMBR）是在普通 MBR 技术的基础上，首创性地与超声波清洗技术相结合，利用超声波清洗技术对 MBR 的膜组件进行在线清洗，减少膜的反冲洗频率和清洗药剂的用量，从而大大延长了膜组件的寿命，并降低了运行成本。

2 设备工艺流程

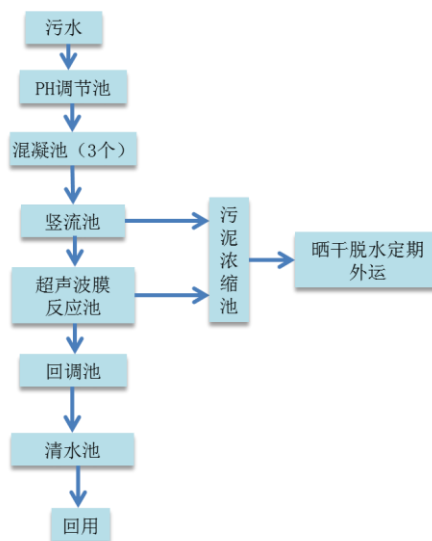


图 1 工艺流程图

3 设备工艺说明

某公司切割车间的污水由总管汇集后，经初沉淀，去除大的固体悬浮物后，再通过调节池调节每小时变化的水量均匀水质，以保护后续的污水处理设备处于安全运转状态，避免管道泵阀堵塞。

客户调节池的污水通过污水提升泵，进入一体化超声波膜生物反应器的碱性沉淀池，该池安装有 PH 仪表控制蠕动泵向槽内加碱（蠕动泵的工作原理好比用手指夹挤一根充满流体的软管，随着手指向前滑动，管内流体向前移动，蠕动泵由滚轮取代了手指，通过对泵的弹性输送软管交替进行挤压和释放来泵送流体），并且该槽底部有气流搅拌。

然后，流到 PAC（聚氯化铝）槽进一步沉淀，该槽底部有气流搅拌，并有蠕动泵向槽内加 PAC（聚合氯化铝）。再流入 PAM 槽，该槽底部也有气流搅拌，并由蠕动泵向槽内加 PAM（聚丙烯酰胺）。

接下来，污水流经一个缓冲槽，让絮体成型，再流到竖流沉淀池。

从竖流沉淀池流到膜池，污水通过自吸泵、膜组件的超滤作用后，清水流入澄清水槽（即中水槽），清水槽的清水可以回用（多余的中水达标排放），其中回用水槽的一部分清水可用作膜组件反冲洗过程中的反冲洗备用水。

膜生物反应槽上的膜组件的上端安装有总吸水口和总曝气口。总曝气口沿曝气总管通到各分支曝气膜束内下部，保证曝气膜束可鼓形张开，在用于膜生物反应器时可提高溶氧效率，有利于好氧菌（亦称需氧菌、需氧微生物。在有氧环境中生长繁殖，氧化有机物或无机物的产能代谢过程，以分子氧为最终电子受体，进行有氧呼吸，包括大多数细菌、放线菌和真菌）吸附膜丝消化分解有机物。膜组件经约 15~40min 过滤后，会有小部分活性污泥、细菌分泌物和胶体堵塞膜组件上的微孔，使真空压力表压力升高，当压力升高到 0.06~0.08MPa 时，需对膜丝进行超声波在线清洗和反冲洗。

本机设计了 40kHz/100W 和 122kHz/100W 双频超声波定时清洗控制系统，并使振板按 50~150mm/s 的速度进行超声波上下定时扫描清洗。先用 40kHz/100W 超声波通过空化作用清洗膜丝，去除、粉碎、分散膜丝表面和微孔外表面的胶体和较小颗粒堵塞物，然后再用 120kHz 高频超声波的热解和自由基（·OH）效应及传质触变效应，氧化、分解去除微孔内的胶体和细菌分泌物，使膜丝恢复膜通量。另外由于将振板设计为“V”型装置，通过超声波的振动传质作用将微气泡聚焦于膜丝，进一步提高了空气中的曝气溶氧率，使超声波膜生物反应器提高消化有机物的效率；此外，由于超声波膜生物反应器时间愈长活性污泥浓度 MLSS 越来越大，处理的负荷减小，而污泥龄很长（污泥龄是指在反应系统内，微生物从其生成到排出系统的平均停留时间，也就是反应系统内的微生物全部更新一次所需的时间），从而大大降低了设备的运行费用，并节省占地面积。

4 结构配置设计参数

该设备是一台全自动处理切割废水的一体化设备，主要由化学处理单元、液体输送系统、膜处理系统、超声波扫描机构、超声波在线清洗装置，以及各种传感器和自动控制系统组成。其中，化学处理单元由空气搅拌，蠕动泵加药；PH 调节由 PH 仪表监测；液体输送全部为 SUS304 不锈钢泵。

膜处理系统采用欧梅塞尔 FLEXELL-20 膜组件 3 套，并且具有曝气装置，自动抽吸和反冲洗装置，抽吸压力和反冲洗压力监测装置。

超声波扫描机构扫描顺畅，速度可以调整，轨道为不锈钢。

超声波发生器，工作稳定，有功率指示。

表 1 控制系统电气设备清单

名称	料号	数量
人机界面	DOP-AS57BSTD	1
PLC	DVP-60ES00R2	1

5 设备操作原理

一体化超音波膜生物反应器采用三相五线 380V 电源输入。接好电源并有良好接地保护后，打开电箱空气开关，再用钥匙打开界面右方旋钮，启动电源；旋钮下方红色按钮为急停按钮，用于机器故障急停。

上电后，点击欢迎画面，输入正确密码；

进入选择画面，有自动画面、手动画面、报警画面、监视画面，时间设定和功能选择六个按钮，点击相应的按钮可进入相应画面。

点击“自动画面”进入，如图 2 所示，画面除有自动运行启动、停止外，还有“监控画面”按钮，点击可进入整机监控画面对机器运行进行实时监控。



图 2 自动操作界面

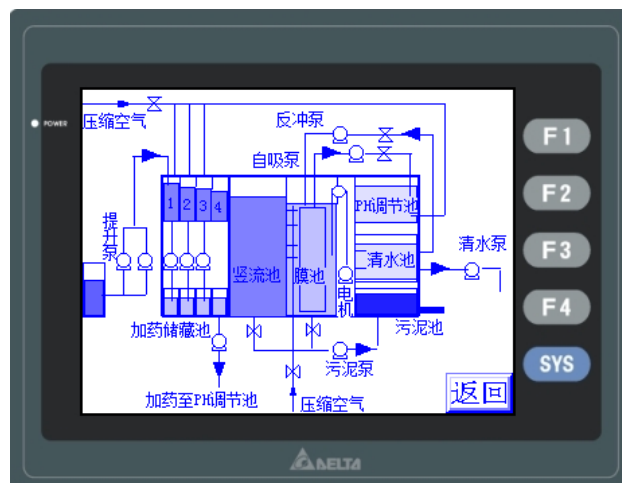


图 3 整机监控界面

手动画面可以实现机器的手动操作；为安全考虑，机器动作有诸多保护，在允许的正确状态下按各按钮才有效。如自吸泵必须在自吸阀打开的前提下才能打开，关闭自吸阀前

必须先关自吸泵。反冲泵、反冲阀和污泥泵、污泥阀也是一样。其他可单独启动。另还有一个“查看运行”按钮，点击也可进入整机监控画面对机器运行进行实时监控。



图 4 手动操作界面

报警画面在机器报警时可查看详细当前报警信息，按报警信息进行相应的处理。



图 5 报警信息界面

点击“时间设定”按钮进入时间设定画面，可对各个时间根据工艺要求进入设定。



图 6 时间设定界面

通过“功能选择”可对两提升泵进行选择，机器默认状态是提升泵 1，说明机器在自动运行过程中是提升泵 1 在工作，可在提升泵 1 和提升泵 2 之间进行选择；手动状态不受这个选择控制。

点击密码修改按钮进行密码修改画面，如图 7 所示。

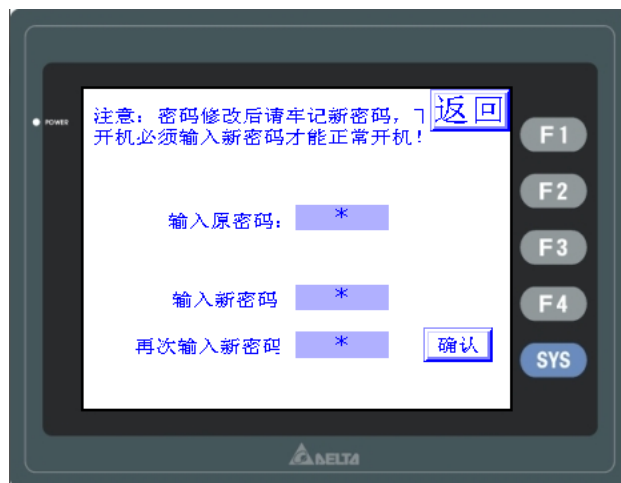


图 7 密码修改界面

6 配电系统供电设计

该项目中，配电系统的供电电源为功率小于等于 10kW ($P \leq 10\text{kW}$) / $\sim 380\text{V}/50\text{Hz}$ ，由建设单位低压配电所引至污水处理站配电柜，负荷等级为三级；污水处理站的配电系统采用三相五线制，电缆采用防水电缆穿管敷设。

动力配电及电缆敷设：污水处理设施设配电柜分别给各动力设备供电；电力控制电缆选用 BVV 型防水电缆（BVV 电缆全称铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套圆型护套线，又称轻型聚氯乙烯护套电缆，俗称硬护套线，是护套线的一种）；控制电缆选用 KVV 型，KVV 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套（铜芯）控制电缆，K 控制之意，适应于交流额定电压 450/750 及以下的控制、监控回路、保护线路等场所。KVV 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套（铜芯）控制电缆：使用导体长期允许温度 70°C ，使用交流电压 450/750V。BVV：聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套固定布线用电线，额定电压 450/750V，导体长期运行使用温度为 70°C ，从电缆的制造角度来说，两种电缆的材料选用是一样的，因此，KVV 电缆的规格与 BVV 是一样的，完全可以替代。但是，BVV 是 3C 产品是国家强制性认证的，虽然从使用角度来看 KVV 是完全可以替代的，但对于某些场合下，用 KVV 代替 BVV 不符合要求。此外，电缆经 PVC 软套管穿管敷设。振板采用 PVC 履带软套管防水电缆。

接地与防雷：利用建筑物的基础钢筋作自然接地体，或安装人工接地极，接地电阻应小于 10 欧姆；建筑物用避雷带和短避雷针作防雷保护。

测量及自动控制系统：利用液位控制器控制各池泵的运行。采用手动及自动两档控制系统，膜池和调节池安装液位控制器，液位过低和过满的控制均接入 PLC，异常情况实现紧急停车并报警；利用 PLC 可编程控制器控制曝气系统，控制各反应池的运行以及全操作过程，既可全自动操作，也可手动操作；所有超声波系统、泵电机、风机、气动阀、曝气系统、污泥循环、过滤系统可单独控制，并有状态显示；配有独立的配电箱，电路方面进行功能分块，强电、弱电分块，以便于维护；排水口采用水表监视排水量。

7 总结

该一体化超声波膜反应器污水处理设备具有友好的人机界面，达到了用户应用要求，也在实践中切实解决了用户的问题，总体实施效果满意。

作者简介：



李铁成，男，1974 年 4 月出生，毕业于哈尔滨工程大学，工业自动化专业，现任中达电通股份有限公司工业控制系统产品开发处任高级应用工程师，负责台达机电产品的系统方案整合，具有 9 年台达机电自动化行业应用经验。