

污水的超深度处理方法及装置

技术领域

本发明涉及一种污水的超深度处理方法及装置，尤其涉及一种基于污水内源的电渗透离子交换方法超深度净化污水，属于污水资源化技术领域。

背景技术

通常城市污水排放量为用量的75-85%，工业污水排放量约为用量的80-90%。实际被生物或化学过程利用和汽化损失低于25%。由于我国污水处理率不高，导致多数地表和地下水资源受到不同程度的污染，加剧了水资源短缺对经济和社会的健康持续发展的压力。实施污水资源化不仅有利于企业开源节流与减耗增效，也是增加城市水供给能力的必然选择。更重要意义在于改善水生态系统的休养生息环境，是利在当代、功在千秋之举。污水深度处理是指城市污水或工业废水经常规处理后，为了达到一定的回用水标准并回用于生产或生活而增加的处理单元、旨在进一步去除常规处理单元不能去除的污染物如重金属、COD、TN、TP、TDS等。电化学过程在去除水中污染物方面具有广谱、清洁和易于控制等鲜明特点。离子交换与电化学结合技术的研究，从离子交换膜开始即电渗析技术，填充床电渗析（简称EDI）和电化学离子交换（EIX）等均同时使用了具有离子导电能力的离子交换剂和选择性离子交换膜来克服电解过程中需投加电解质和离子交换过程需要化学再生的弊端。但由于膜面和流场与电场垂直导致的极化和渗透现象及其影响却依然存在，成为制约其运行效率提高和应

用范围拓宽的重要因素。

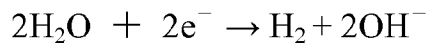
发明内容

本发明的目的在于提供一种基于内源的污水资源化新技术。尤其是指将污水中的污染物COD和盐分TN、TP、TDS同步去除，并杀死病原微生物的多种污水超深度净化技术。对于高盐分有机废水则具有显著改善其可生化性的功效。本发明的技术方案是这样实现的：

一种污水的超深度处理方法，其特征在于电化学技术与离子交换技术的巧妙结合，其过程包括下述步骤：

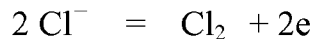
采用泵驱动将污水由施加一定直流电压的电解槽底部单股输入，通过滤芯电极分流为阴极出水和阳极出水；并分别进入填充有氢型和钠型的阳离子交换剂的交换柱，得到超深度处理部分脱盐水和具有杀菌消毒功能的消毒液；倒极操作实现控制电极结垢和后续离子交换剂的交替再生与运行。

本发明中电渗透离子交换过程机制如下：在电渗透离子交换过程中，水合程度高的阳离子在直流电场作用下，带着其水合层向阴极方向运动，在穿过电极之间的阴离子交换树脂时，并可拖动树脂微孔表面的部分扩散层（水合层）一起运动。为使电渗透得以进行，阴极放电反应：



而 Na^+ 和 Ca^{2+} 等阳离子并不电解，在压力驱动下流过阴极，并带出阴极反应产生的 OH^- 和 H_2 ，避免了电解过程中产生气体覆盖在电极表面导致电流降低和传质阻碍。因此阴极出水具有的pH值和 Na^+ 高于原水。

为了维持电荷平衡，首先通过交换或吸附富集在阴离子交换树脂上带负电荷的 Cl^- 及有机污染物在直流电场作用下向阳极方向运动并发生氧化反应，或直接将有机污染物氧化成 CO_2 或是在阳极表面生成寿命短、氧化性极强的活性中间物质如溶剂化电子、 $\text{OH}^\cdot$ 等自由基，以及 Cl^- 氧化生成的 Cl_2 及衍生物 HClO ，主要反应：

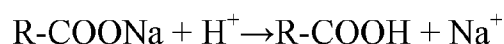


同样，这些生成物在压力驱动下流过阳极，不仅避免了电解过程中产生中间物脱离电极时导致电流降低和传质阻碍，并完全消除其被阴极还原的不利反应，使这些中间物的间接氧化作用在阳极滤芯内部及后续应用中得到充分发挥。因此，阳极出水的pH值低于原水， Cl^- 和 HClO 浓度显著高于原水及通常的流经式电化学装置，使其具有持续杀菌消毒功能和较高的利用价值。

本发明中阴阳极出水的离子交换过程机制如下：阴极出水导入填充H型树脂的交换柱，主要发生如下中和反应，阴极出水中的 NaOH 得以去除，得到超深度净化的部分脱盐水。



阳极出水导入填充Na型树脂的交换柱，由于阳极出水具有强酸性，与树脂的主要反应如下：



上述交换过程将电极反应产生酸性产物转化中性盐即 NaCl, 在提高其 pH 值同时完成了树脂再生。由于阴阳极出水的主要交换反应互为逆反应, 通过倒操作即可完成切换, 实现连续运行。

本发明与现有技术相比的积极效果在于:

1、电渗透离子交换法在污水超深度净化方面具有广谱性能, 无需任何化学药剂, 不产生任何二次污染。

2、电渗透单元无任何隔膜, 采用阴阳极等同微孔钛滤芯电极及流场与电场平行的设计, 避免了阳极反应与阴极反应的相互干扰, 并降低了电解过程中产生气体覆盖而导致的电阻增加和传质阻碍。并且便于倒极操作消除电极结垢和后续离子交换树脂的再生与持续运行。

3、电极之间的填充树脂具有支持电解质作用, 避开了对进水导电度的限制。处理低导电度的污水时, 无需添加电解质。

4、本发明为污染控制和资源回收提供了一种新的途径, H_2 的回收利用是另一个经济增长点, 是极具发展前途的技术, 也将使离子交换应用技术在污水资源化中焕发光彩。

5、多样性的商品离子交换剂为电渗透离子交换方法的应用开发提供了广阔的空间。

附图说明

图 1 是电渗透单元结构示意图;

图 2 是电渗透离子交换工艺流程示意图;

图 3 是污水中各组分富集转化机制示意图;

图 4 是实施例的物料平衡图;

图 1 中: 1—阳极、2—阴极、3—有机玻璃外壳、4—进水口。

具体实施方式

如图 1~4 所示的一种污水的超深度处理方法及装置。处理过程包括下述步骤: (1) 采用泵驱动将污水由施加一定直流电压的电解槽底部单股输入, 通过滤芯电极分流为阴极出水和阳极出水, 并分别进入填充有氢型和钠型的阳离子交换剂的交换柱, 得到超深度处理部分脱盐水和具有杀菌消毒功能的消毒液, 倒

极操作实现控制电极结垢和后续离子交换剂的交替再生与运行。在实施本法的电解槽中有面积为 0.0113 m^2 的三阳三阴等同的微孔钛滤芯电极，呈正六边形均匀排布，相邻正负极中心间距为 25mm 。电极之间填充 201×7 强碱性苯乙烯系阴离子交换树脂。供电电压 25V ，进水流量 7.5L/h ，阴阳极出水比例 $1:1$ 。在此操作条件下的模拟水样（表 1）经电渗透离子交换过程的试验结果如表 2：

表 1 模拟水样参数

电导率/ ($\mu\text{s/cm}$)	COD/ (mg/L)	Cl 浓度/ (mg/L)	pH
2100	426	689.79	7.28

表 2 电渗透离子交换过程阴阳极出水参数

	Cl 浓度 (mg/L)	pH	电导率 ($\mu\text{s/cm}$)
阳极出水	2899.10	2.24	---
阴极出水	120.00	12.36	4500

表 3 超深度净化水的参数

电导率/ ($\mu\text{s/cm}$)	COD/ (mg/L)	Cl 浓度/ (mg/L)	pH
350	32. 6	120	7.28

阴极出水导入填充 H 型树脂的交换柱，主要发生如下中和反应，阴极出水中的 NaOH 得以去除，得到脱盐率达 83% 、COD 去除率 92% 的超深度净化水。表 3 为阴极出水交换后的水质参数。实验条件下，模拟水样经电渗透离子交换过程的物料平衡如图 4。

权 利 要 求 书

1、一种污水的超深度处理方法，其特征在于：处理过程包括采用泵驱动将污水由施加一定直流电压的电解槽底部单股输入，通过滤芯电极分流为阴极出水和阳极出水的步骤；并分别进入填充有氢型和钠型的阳离子交换剂的交换柱，得到超深度处理的脱盐水和具有杀菌消毒功能的消毒液的步骤；以及倒极操作实现控制电极结垢和后续离子交换剂的交替再生与运行的步骤。

2、根据权利要求 1 所述污水的超深度处理方法，其特征在于：处理阴极出水和处理阳极出水所用的阳离子交换剂是等同的，阴极出水与阳离子交换剂发生碱中和反应，并优先去除水中高价阳离子得到部分脱盐的软化水；阳极出水与阳离子交换剂发生再生反应，得到具有杀菌消毒功能的酸性氧化电位水。

3、一种实施权利要求 1 所述方法的电解槽，其特征在于：（1）采用阴、阳极等同的微孔钛滤芯电极阵列并使流场与电场平行，无需隔膜；（2）阴、阳电极之间填充强碱性阴离子交换树脂；确保滤芯电极外部压力大于内部压力，使流过阴极的出水带出还原反应产生的 OH^- 和 H_2 及钠离子；流过阳极的出水带出氧化反应产生的 Cl_2 、 CO_2 、 O_2 及氯离子。

4、根据权利要求 3 所述的电解槽，其特征在于：电场强度 1-3V/mm，平均电流密度 100-500A/m²。

5、根据权利要求 4 所述的电解槽，其特征在于：所述等同微孔钛滤芯电极阵列为单极式结构，能通过倒极操作控制电极结垢并实现阳离子交换剂的交替再生与运行。