



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 121020715 A

(43) 申请公布日 2025. 11. 28

(21) 申请号 202511250346.1

(22) 申请日 2025.09.03

(71) 申请人 中国人民解放军北部战区总医院
地址 110801 辽宁省沈阳市沈河区文化路
83号

(72) 发明人 刘颖 金红旭 王子丰 许宇静

(74) 专利代理机构 北京上璟知识产权代理事务
所(普通合伙) 16213
专利代理师 周智博

(51) Int. Cl .
C02F 1/30 (2023.01)
C02F 1/68 (2023.01)

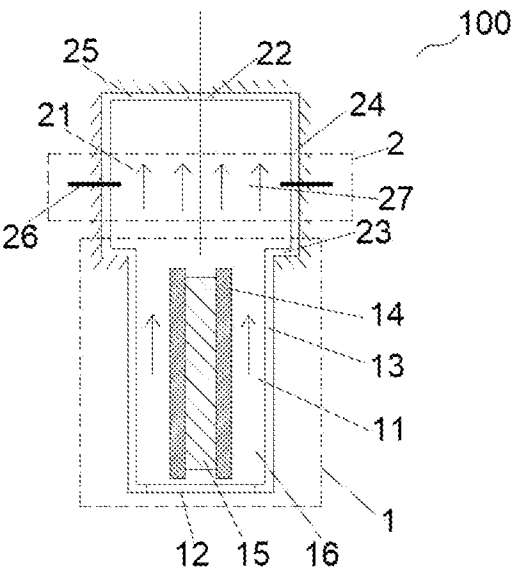
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

等离子体反应器、等离子活化水的制备装置
及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及等离子体设备技术领域,具体涉
及一种等离子体反应器、等离子活化水的制备装
置及其制备方法,包括介质阻挡放电单元和脉冲
放电单元。脉冲放电单元设置于介质阻挡放电单
元的上方,介质阻挡放电单元的底部设置有混合
流体进液口。脉冲放电区的顶部具有混合流体出
液口。一是利用介质阻挡放电单元的放电和脉冲
放电单元的脉冲放电分别提供大量活性氧和活
性氮,一个等离子体反应器中集成两个放电单
元,实现活性氧和活性氮相互促溶;二是多级等
离子体反应器串联,根据水量需求增加级数,确
保等离子体剂量,实现非循环流通式制备等离子
体活化水;三是等离子活化水的制备装置内的气
液混合流体混合时间长,能够防止活性粒子浪
费。



1. 一种等离子体反应器,其特征在于:包括介质阻挡放电单元(1)和脉冲放电单元(2);

所述脉冲放电单元(2)设置于所述介质阻挡放电单元(1)的上方,所述介质阻挡放电单元(1)具有介质阻挡区(11),所述介质阻挡放电单元(1)的底部设置有混合流体进液口(12),所述介质阻挡放电单元(1)用于在所述介质阻挡区(11)产生活性氧;

所述脉冲放电单元(2)具有与所述介质阻挡放电单元(1)相连通的脉冲放电区(21),所述脉冲放电单元(2)用于在所述脉冲放电区(21)产生活性氮,所述脉冲放电区(21)的顶部具有混合流体出液口(22);

其中,混合流体流经所述介质阻挡放电单元(1)的介质阻挡区(11)接受非热等离子体处理,以使混合流体产生活性氧;随后具有活性氧的混合流体流经所述脉冲放电单元(2)的脉冲放电区(21)并在气液界面处接受热等离子体处理,以使混合流体产生活性氮形成具有活性氧和活性氮的混合流体。

2. 如权利要求1所述的等离子体反应器,其特征在于:所述介质阻挡放电单元(1)包括筒状的外壁电极(13)、石英管(14)和柱状的内壁电极(15),且所述外壁电极(13)、石英管(14)和内壁电极(15)三者同轴设置;

所述内壁电极(15)设置于所述石英管(14)的内腔,且所述内壁电极(15)的外壁与所述石英管(14)的内壁相抵,所述外壁电极(13)套装于所述石英管(14)的外部,所述外壁电极(13)的内壁与所述石英管(14)的外壁之间具有间隙(16),所述间隙(16)用于供所述混合流体通过,且所述环形间隙(16)为所述介质阻挡区(11)。

3. 如权利要求2所述的等离子体反应器,其特征在于:所述间隙(16)大小为1mm-5mm。

4. 如权利要求1所述的等离子体反应器,其特征在于:所述脉冲放电单元(2)包括一体成型的环状连接壁(23)、筒状结构件(24)和顶盖(25);

所述环状连接壁(23)、所述筒状结构件(24)和所述顶盖(25)围合形成所述脉冲放电区(21),且所述混合流体出液口(22)开设于所述顶盖(25)上;

所述脉冲放电单元(2)还包括两个高压电极(26),两个所述高压电极(26)设置于所述脉冲放电区(21)内混合流体的下方,且两个所述高压电极(26)相对于所述脉冲放电区(21)的纵向中心轴线对称设置,两个所述高压电极(26)均伸入所述脉冲放电区(21)并且两个所述高压电极(26)之间具有电极间距(27),所述电极间距(27)形成所述脉冲放电区(21)。

5. 如权利要求4所述的等离子体反应器,其特征在于:所述电极间距(27)大小为5mm-15mm。

6. 一种等离子体活化水的制备装置,其特征在于:包括权利要求1-5任一项所述的多级等离子体反应器(100)、流体供应器(200)和控制单元;

多级所述等离子体反应器(100)依次首位相连,第一级所述等离子体反应器(100)的混合流体进液口(12)与所述流体供应器(200)的出液口相连通,第一级所述等离子体反应器(100)的混合流体出液口(22)与第二级所述等离子体反应器(100)的混合流体进液口(12)相连通,每个所述等离子体反应器(100)的混合流体进液口(12)、介质阻挡区(11)、脉冲放电区(21)和混合流体出液口(22)之间均相连通且形成流体通道;

所述流体供应器(200)用于接收压缩空气和水,以将压缩空气和水混合形成混合流体,并将所述混合流体通入第一级所述等离子体反应器(100);

所述控制单元用于独立调节每个等离子体反应器(100)的介质阻挡放电单元(1)的电

源电压,还用于独立调节每个等离子体反应器(100)的脉冲放电单元(2)的脉冲能量,以及监测每个等离子体反应器(100)中的混合流体的温度。

7.如权利要求6所述的等离子活化水的制备装置,其特征在于:相邻的所述等离子体反应器(100)之间设有气液混合腔(300),所述气液混合腔(300)内设置有超声发生器,所述超声发生器通过超声振荡击碎混合流体中的气泡。

8.如权利要求7所述的等离子活化水的制备装置,其特征在于:所述控制单元根据前级的所述等离子体反应器(100)的出水pH值,动态调节后的所述等离子体反应器(100)的介质阻挡放电单元(1)的电压和脉冲放电单元(2)的脉冲频率,若pH过高,则增加后级的所述等离子体反应器(100)的介质阻挡放电单元(1)的电压和脉冲放电单元(2)的脉冲频率;

末级的所述等离子体反应器(100)的混合流体出液口(22)处连通有气液分离器(400),所述气液分离器(400)内设置有疏水滤膜,以将气体分离得到等离子活化水,所述气液分离器(400)的气体出口连通有活性炭吸收器(500),所述活性炭吸收器(500)用于吸附气体中的活性粒子。

9.如权利要求8所述的等离子活化水的制备装置,其特征在于:所述等离子活化水的出口处设有在线检测模块,所述在线检测模块能够实时监测所述等离子活化水的氮氧活性粒子的浓度作为在线检测的数据,并将在线检测的数据反馈至所述控制单元,所述控制单元能够根据氮氧活性粒子的浓度调整所述等离子体反应器(100)的介质阻挡放电单元(1)的电压和脉冲放电单元(2)的脉冲频率。

10.一种等离子活化水的制备方法,其特征在于:所述方法采用权利要求9任一项所述的等离子活化水的制备装置,所述方法包括以下步骤:

S1、所述流体供应器(200)向所述等离子体反应器(100)的介质阻挡放电单元(1)的介质阻挡区(11)内通入混合流体,并通过所述控制单元朝向所述等离子体反应器(100)的介质阻挡放电单元(1)施加放电电压,使所述介质阻挡放电单元(1)的内部产生丝状放电,活化处理水溶液得到气液混合流体;

S2、将S1中的气液混合流体流经所述等离子体反应器(100)的脉冲放电单元(2)的脉冲放电区(21),高电压击穿气液混合流体内部气泡,得到具有活性氧和活性氮的混合流体;

S3、将S2中的混合流体以恒定流速流经多级等离子体反应器(100);

S4、所述控制单元根据在线检测模块的在线检测的数据,调整所述等离子体反应器(100)的介质阻挡放电单元(1)的电压和脉冲放电单元(2)的脉冲频率;

S5、采用气液分离器(400)分离末级的所述等离子体反应器(100)的混合流体的气体,并经活性炭吸收器(500)过滤后排放,同时收集等离子体活化水。

等离子体反应器、等离子活化水的制备装置及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及等离子体设备技术领域,尤其涉及一种等离子体反应器、等离子活化水的制备装置及其制备方法。

背景技术

[0002] 等离子体活化水因含有丰富的氮氧活性粒子而具备抗菌、促进植物生长等功能。近年来在农业消毒杀菌、医疗器械清洁和食品保鲜等领域备受关注。现有等离子体活化水制备技术主要通过介质阻挡放电反应装置在液面以上的位置进行气相放电反应,使空气电离形成等离子体,该等离子体与液面附近的水混合并反应,形成等离子体活化水。例如,一般通过单一等离子体源(如介质阻挡放电、射流放电)结合循环或批次处理,即反复处理固定体积的水以提高氮氧活性粒子浓度。但等离子体活化水的制备方式每批次能够处理2-20L的固定体积的水,导致现有的等离子体活化水的处理量有限,且能耗较高。此外,循环过程中关键活性粒子的衰减可能影响活化水生物功效的有效性,而且活性粒子的酸性的积累还会影响活化水生物功效的安全性。

[0003] 因此,现有的等离子活化水的制备技术存在以下瓶颈:第一,单一的反应器导致等离子活化水的制备效率不足,具体在于一的等离子体源对应单一的单反应器,单一等离子体源(如纯介质阻挡放电或热等离子体)生成的活性粒子种类有限,且活性粒子溶解效率低,难以在单次通过中达到所需浓度;第二,多级串联协调困难,具体在于若简单级联多个同构的反应器,流动路径设计不当,导致只能够处理离电极较近的一块,从而导致气体与液体没有充分接触,进而导致处理不均匀,后级反应器可能因前级残留气体干扰而效率下降;第三,能耗与稳定性存在矛盾,具体在于高功率非热等离子体虽能提高活性粒子产率,但易引起混合流体的温度升高,而热等离子体需复杂冷却系统,两者结合时控制难度大。

发明内容

[0004] 鉴于现有技术的上述缺点、不足,本发明提供一种等离子体反应器、等离子活化水的制备装置及其制备方法,其解决了单一的反应器导致等离子活化水的制备效率不足、多级串联协调困难以及能耗与稳定性存在矛盾的技术问题。

[0005] 为了达到上述目的,本发明采用的主要技术方案包括:

[0006] 第一方面,本发明实施例提供一种等离子体反应器,包括介质阻挡放电单元和脉冲放电单元;

[0007] 所述脉冲放电单元设置于所述介质阻挡放电单元的上方,所述介质阻挡放电单元具有介质阻挡区,所述介质阻挡放电单元的底部设置有混合流体进液口,所述介质阻挡放电单元用于在所述介质阻挡区产生活性氧;

[0008] 所述脉冲放电单元具有与所述介质阻挡放电单元相连通的脉冲放电区,所述脉冲放电单元用于在所述脉冲放电区产生活性氮,所述脉冲放电区的顶部具有混合流体出液口;

[0009] 其中,混合流体流经所述介质阻挡放电单元的介质阻挡区接受非热等离子体处理,以使混合流体产生活性氧;随后具有活性氧的混合流体流经所述脉冲放电单元的脉冲放电区并在气液界面处接受热等离子体处理,以使混合流体产生活性氮形成具有活性氧和活性氮的混合流体。

[0010] 可选地,所述介质阻挡放电单元包括筒状的外壁电极、石英管和柱状的内壁电极,且所述外壁电极、石英管和内壁电极三者同轴设置;

[0011] 所述内壁电极设置于所述石英管的内腔,且所述内壁电极的外壁与所述石英管的内壁相抵,所述外壁电极套装于所述石英管的外部,所述外壁电极的内壁与所述石英管的外壁之间具有间隙,所述间隙用于供所述混合流体通过,且所述环形间隙为所述介质阻挡区。

[0012] 可选地,所述间隙大小为1mm-5mm。

[0013] 可选地,所述脉冲放电单元包括一体成型的环状连接壁、筒状结构件和顶盖;

[0014] 所述环状连接壁、所述筒状结构件和所述顶盖围合形成所述脉冲放电区,且所述混合流体出液口开设于所述顶盖上;

[0015] 所述脉冲放电单元还包括两个高压电极,两个所述高压电极设置于所述脉冲放电区内混合流体的下方,且两个所述高压电极相对于所述脉冲放电区的纵向中心轴线对称设置,两个所述高压电极均伸入所述脉冲放电区并且两个所述高压电极之间具有电极间距,所述电极间距形成所述脉冲放电区。

[0016] 可选地,所述电极间距大小为5mm-15mm。

[0017] 第二方面,一种等离子活化水的制备装置,包括所述的多级等离子体反应器、流体供应器和控制单元;

[0018] 多级所述等离子体反应器依次首位相连,第一级所述等离子体反应器的混合流体进液口与所述流体供应器的出液口相连通,第一级所述等离子体反应器的混合流体出液口与第二级所述等离子体反应器的混合流体进液口相连通,每个所述等离子体反应器的混合流体进液口、介质阻挡区、脉冲放电区和混合流体出液口之间均相连通且形成流体通道;

[0019] 所述流体供应器用于接收压缩空气和水,以将压缩空气和水混合形成混合流体,并将所述混合流体通入第一级所述等离子体反应器;

[0020] 所述控制单元用于独立调节每个等离子体反应器的介质阻挡放电单元的电源电压,还用于独立调节每个等离子体反应器的脉冲放电单元的脉冲能量,以及监测每个等离子体反应器中的混合流体的温度。

[0021] 可选地,相邻的所述等离子体反应器之间设有气液混合腔,所述气液混合腔内设置有超声发生器,所述超声发生器通过超声振荡击碎混合流体中的气泡。

[0022] 可选地,所述控制单元根据前级的所述等离子体反应器的出水pH值,动态调节后的所述等离子体反应器的介质阻挡放电单元的电压和脉冲放电单元的脉冲频率,若pH过高,则增加后级的所述等离子体反应器的介质阻挡放电单元的电压和脉冲放电单元的脉冲频率;

[0023] 末级的所述等离子体反应器的混合流体出液口处连通有气液分离器,所述气液分离器内设置有疏水滤膜,以将气体分离得到等离子活化水,所述气液分离器的气体出口连通有活性炭吸收器,所述活性炭吸收器用于吸附气体中的活性粒子。

[0024] 可选地,所述等离子活化水的出口处设有在线检测模块,所述在线检测模块能够实时监测所述等离子活化水的氮氧活性粒子的浓度作为在线检测的数据,并将在线检测的数据反馈至所述控制单元,所述控制单元能够根据氮氧活性粒子的浓度调整所述等离子体反应器的介质阻挡放电单元的电压和脉冲放电单元的脉冲频率。

[0025] 第三方面,一种等离子活化水的制备方法,所述方法采用所述的等离子活化水的制备装置,所述方法包括以下步骤:

[0026] S1、所述流体供应器向所述等离子体反应器的介质阻挡放电单元的介质阻挡区内通入混合流体,并通过所述控制单元朝向所述等离子体反应器的介质阻挡放电单元施加放电电压,使所述介质阻挡放电单元的内部产生丝状放电,活化处理水溶液得到气液混合流体;

[0027] S2、将S1中的气液混合流体流经所述等离子体反应器的脉冲放电单元的脉冲放电区,高电压击穿气液混合流体内部气泡,得到具有活性氧和活性氮的混合流体;

[0028] S3、将S2中的混合流体以恒定流速流经多级等离子体反应器;

[0029] S4、所述控制单元根据在线检测模块的在线检测的数据,调整所述等离子体反应器的介质阻挡放电单元的电压和脉冲放电单元的脉冲频率;

[0030] S5、采用气液分离器分离末级的所述等离子体反应器的混合流体的气体,并经活性炭吸收器过滤后排放,同时收集等离子体活化水。

[0031] 本发明的有益效果是:本发明的一种等离子体反应器、等离子活化水的制备装置及其制备方法,该等离子反应器通过设置介质阻挡放电单元和脉冲放电单元形成混合等离子体源,实现多种活性粒子协同生成和加载,且介质阻挡放电单元用于在介质阻挡区产生活性氧,脉冲放电单元用于在脉冲放电区产生活性氮,活性氧和活性氮相互促溶使混合流体的液相中活性粒子浓度得到提升。在等离子活化水的制备装置制备方法中包括多级串联的等离子体反应器,且多级串联的等离子体反应器能够提升等离子活化水的制备的效率,产能可达100-500L/h,单次通过即可达到高活性等离子体活化水标准,即实现高效连续的生产,避免了现有技术中为了确保等离子活化水的制备效率需要长时间停留的问题。确保制备效果的同时,实现了即开即用。且压缩空气和水,在流体供应器的混合流体中形成致密稳定气泡,并且多级串联的等离子体反应器以使混合流体的气液接触时间很长,防止接触时间过短导致溶解率低,提升活性粒子加载效率,即活性粒子利用率优化。且气液分离器减少活性粒子污染空气,并且只需一路流体供应器,较传统循环模式节能30%以上。

附图说明

[0032] 图1为本发明的等离子体反应器的结构示意图;

[0033] 图2为图1中的等离子体反应器的结构示意图。

[0034] 附图标记说明:介质阻挡放电单元;11、介质阻挡区;12、混合流体进液口;13、外壁电极;14、石英管;15、内壁电极;16、间隙;2、脉冲放电单元;21、脉冲放电区;22、混合流体出液口;23、环状连接壁;24、筒状结构件;25、顶盖;26、高压电极;27、电极间距;100、等离子体反应器;200、流体供应器;300、气液混合腔;400、气液分离器;500、活性炭吸收器。

具体实施方式

[0035] 为了更好的解释本发明,以便于理解,下面结合附图,通过具体实施方式,对本发明作详细描述。

[0036] 参见图1-图2所示,本发明实施例提出的一种等离子活化水的制备装置,包括多级等离子体反应器100、流体供应器200和控制单元。多级等离子体反应器100依次首位相连,第一级等离子体反应器100的混合流体进液口12与流体供应器200的出液口相连通,第一级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第二级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通,每个等离子体反应器100的混合流体进液口12、介质阻挡区11、脉冲放电区21和混合流体出液口22之间均相连通且形成流体通道。在本实施例中,流体供应器200用于接收压缩空气和水,以将压缩空气和水混合形成混合流体,并将混合流体通入第一级等离子体反应器100。控制单元用于独立调节每个等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电源电压,还用于独立调节每个等离子体反应器100的脉冲放电单元2的脉冲能量,以及监测每个等离子体反应器100中的混合流体的温度和pH值,以确保混合流体的温度在40℃以下,pH值在2-3。还需要说明的是,介质阻挡放电单元1的外壁集成水冷循环管路,维持反应器温度低于40℃,以防止介质阻挡放电单元1的混合流体的温度过高,会造成活性粒子衰减。

[0037] 其中,一种等离子体反应器,包括介质阻挡放电单元1和脉冲放电单元2。脉冲放电单元2设置于介质阻挡放电单元1的上方,介质阻挡放电单元1具有介质阻挡区11,介质阻挡放电单元1的底部设置有混合流体进液口12,介质阻挡放电单元1用于在介质阻挡区11产生活性氧。脉冲放电单元2具有与介质阻挡放电单元1相连通的脉冲放电区21,脉冲放电单元2用于在脉冲放电区21产生活性氮,脉冲放电区21的顶部具有混合流体出液口22。其中,混合流体流经介质阻挡放电单元1的介质阻挡区11接受非热等离子体处理,以使混合流体产生活性氧;随后具有活性氧的混合流体流经脉冲放电单元2的脉冲放电区21并在气液界面处接受热等离子体处理,以使混合流体产生活性氮形成具有活性氧和活性氮的混合流体。

[0038] 在此需要说明的是,本实施例中的气液截面处指的是由于气体和液体一起通入的,因此气液界面就是液体中的气泡壁。

[0039] 在本实施例中,热等离子体是指温度高于室温,一般有几百或者上千度的等离子;非热等离子体就是指温度在室温左右范围的等离子。

[0040] 在本实施例中,该等离子反应器通过设置介质阻挡放电单元1和脉冲放电单元2形成混合等离子体源,实现多种活性粒子协同生成和加载,且介质阻挡放电单元1用于在介质阻挡区11产生活性氧,脉冲放电单元2用于在脉冲放电区21产生活性氮,活性氧和活性氮相互促溶使混合流体中活性粒子浓度得到提升。单次通过即可达到高活性等离子体活化水标准,在等离子活化水的制备装置制备方法中包括多级串联的等离子体反应器100,且多级串联的等离子体反应器100能够提升等离子活化水的制备的效率,产能可达100-500L/h,即实现高效连续的生产。且压缩空气和水,在流体供应器200的混合流体中形成致密稳定气泡,并且多级串联的等离子体反应器100以使混合流体的气液接触时间很长,防止接触时间过短导致溶解率低,提升活性粒子加载效率,即活性粒子利用率优化。且气液分离器400减少活性粒子污染空气,并且只需一路流体供应器200,较传统循环模式节能30%以上。即一是利用介质阻挡放电单元1的放电和脉冲放电单元2的脉冲放电分别提供大量活性氧和活性氮,一个等离子体反应器100中集成两个放电单元,实现活性氧和活性氮相互促溶;二是多

级等离子体反应器100串联,根据水量需求增加级数,确保等离子体剂量,实现非循环流通式制备等离子体活化水;三是等离子体活化水的制备装置内的气液混合流体混合时间长,能够防止活性粒子浪费,提升活性粒子利用效率和能效。

[0041] 进一步地,介质阻挡放电单元1包括筒状的外壁电极13、石英管14和柱状的内壁电极15,且外壁电极13、石英管14和内壁电极15三者同轴设置。内壁电极15设置于石英管14的内腔,且内壁电极15的外壁与石英管14的内壁相抵,外壁电极13套装于石英管14的外部,外壁电极13的内壁与石英管14的外壁之间具有间隙16,间隙16用于供混合流体通过,且环形间隙16为介质阻挡区11。

[0042] 进一步地,间隙16大小为1mm-5mm。

[0043] 进一步地,脉冲放电单元2包括一体成型的环状连接壁23、筒状结构件24和顶盖25。环状连接壁23、筒状结构件24和顶盖25围合形成脉冲放电区21,且混合流体出液口22开设于顶盖25上。脉冲放电单元2还包括两个高压电极26,两个高压电极26设置于脉冲放电区21内混合流体的下方,且两个高压电极26相对于脉冲放电区21的纵向中心轴线对称设置,两个高压电极26均伸入脉冲放电区21并且两个高压电极26之间具有电极间距27,电极间距27形成脉冲放电区21。

[0044] 进一步地,电极间距27大小为5mm-15mm。

[0045] 进一步地,相邻的等离子体反应器100之间设有气液混合腔300,气液混合腔300内设置有超声发生器,超声发生器通过超声振荡击碎混合流体中的气泡。超声发生器的振荡频率为40kHz-80kHz,以击碎混合流体中的气泡,并促进残余臭氧与氮氧化物的溶解。

[0046] 进一步地,首级的等离子体反应器100的脉冲放电单元2进气中添加1-5%体积比的氩气,以增强初始放电稳定性。

[0047] 进一步地,控制单元根据前级的等离子体反应器100的出水pH值,动态调节后的等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压和脉冲放电单元2的脉冲频率,若pH过高,则增加后级的等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压和脉冲放电单元2的脉冲频率。末级的等离子体反应器100的混合流体出液口22处连通有气液分离器400,气液分离器400内设置有疏水滤膜,以将气体分离得到等离子活化水,气液分离器400的气体出口连通有活性炭吸收器500,活性炭吸收器500用于吸附气体中的活性粒子。

[0048] 进一步地,等离子活化水的出口处设有在线检测模块,在线检测模块能够实时监测等离子活化水的氮氧活性粒子的浓度作为在线检测的数据,并将在线检测的数据反馈至控制单元,控制单元能够根据氮氧活性粒子的浓度调整等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压和脉冲放电单元2的脉冲频率。

[0049] 一种等离子活化水的制备方法,方法采用等离子活化水的制备装置,方法包括以下步骤:

[0050] S1、流体供应器200向等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的介质阻挡区11内通入混合流体,并通过控制单元朝向等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1施加放电电压,使介质阻挡放电单元1的内部产生丝状放电,活化处理水溶液得到气液混合流体。

[0051] S2、将S1中的气液混合流体流经等离子体反应器100的脉冲放电单元2的脉冲放电区21,高电压击穿气液混合流体内部气泡,得到具有活性氧和活性氮的混合流体,实现进一步活化。

[0052] S3、将S2中的混合流体以恒定流速流经多级等离子体反应器100,以实现多级活化。

[0053] S4、控制单元根据在线检测模块的在线检测的数据,调整等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压(5kV-20kV)和脉冲放电单元2的脉冲频率(50Hz-1000Hz),使末级出水pH稳定在2-3,硝酸根离子浓度 $\geq 150\text{mg/L}$ 。

[0054] S5、采用气液分离器400分离末级的等离子体反应器100的混合流体的气体,并经活性炭吸收器500过滤后排放,同时收集等离子体活化水。具体地,分离臭氧等未溶解气体并经活性炭吸收器500过滤后排放,收集等离子体活化水。

[0055] 实施例1:

[0056] 一种等离子活化水的制备装置,包括3级等离子体反应器100串联构成,在处理自来水的过程中,(初始pH7.0,流量2L/min)。首先控制单元用于独立调节每个等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电源电压,具体地,通过控制单元调节每级的等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压均为15kV、频率为18kHz,脉冲放电单元2的脉冲放电能量为0.5J/脉冲,频率为200Hz。流体供应器200用于接收压缩空气和水,以将压缩空气和水混合形成混合流体,并将混合流体通入第一级等离子体反应器100。控制单元还用于独立调节每个等离子体反应器100的脉冲放电单元2的脉冲能量,以及监测每个等离子体反应器100中的混合流体的温度作为在线检测的数据。

[0057] 具体地,3级等离子体反应器100依次首位相连,第一级等离子体反应器100的混合流体进液口12与流体供应器200的出液口相连通,第一级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第二级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第二级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第三级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。每个等离子体反应器100的混合流体进液口12、介质阻挡区11、脉冲放电区21和混合流体出液口22之间均相连通且形成流体通道。最后经过控制单元检测第三级出水pH2.5,硝酸根浓度182mg/L,杀菌率(大肠杆菌)高达99.9%。

[0058] 在本实施例中,采用以下方法:

[0059] S1、流体供应器200向等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的介质阻挡区11内通入混合流体,并通过控制单元朝向等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1施加放电电压15kV、频率为18kHz,使介质阻挡放电单元1的内部产生丝状放电,活化处理水溶液得到气液混合流体。

[0060] S2、将S1中的气液混合流体流经等离子体反应器100的脉冲放电单元2的脉冲放电区21,脉冲放电能量为0.5J/脉冲,频率200Hz。高电压击穿气液混合流体内部气泡,得到具有活性氧和活性氮的混合流体。

[0061] S3、将S2中的混合流体以恒定流速流经3级等离子体反应器100。

[0062] S4、控制单元根据在线检测模块的在线检测的数据,调整等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压(5-20kV)和脉冲放电单元2的脉冲频率(50Hz-1000Hz),使第三级出水pH稳定在2.5,硝酸根离子浓度182mg/L。

[0063] S5、采用气液分离器400分离末级的等离子体反应器100的混合流体的气体,并经活性炭吸收器500过滤后排放,同时收集等离子体活化水。等离子体活化水的杀菌率(大肠杆菌)高达99.9%。

[0064] 实施例2:

[0065] 一种等离子活化水的制备装置,包括5级等离子体反应器100串联构成,在处理自来水的过程中,(初始pH7.0,流量2L/min)。首先控制单元用于独立调节每个等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电源电压,具体地,通过控制单元调节每级的等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压均为15kV、频率为18kHz,脉冲放电单元2的脉冲放电能量为0.5J/脉冲,频率为200Hz。流体供应器200用于接收压缩空气和水,以将压缩空气和水混合形成混合流体,并将混合流体通入第一级等离子体反应器100。控制单元还用于独立调节每个等离子体反应器100的脉冲放电单元2的脉冲能量,以及监测每个等离子体反应器100中的混合流体的温度作为在线检测的数据。

[0066] 具体地,5级等离子体反应器100依次首位相连,第一级等离子体反应器100的混合流体进液口12与流体供应器200的出液口相连通,第一级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第二级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第二级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第三级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第三级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第四级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第四级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第五级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。每个等离子体反应器100的混合流体进液口12、介质阻挡区11、脉冲放电区21和混合流体出液口22之间均相连通且形成流体通道。最后经过控制单元检测第五级出水pH2.0,硝酸根浓度198mg/L,杀菌率(大肠杆菌)高达99.97%。

[0067] 在本实施例中,采用以下方法:

[0068] S1、流体供应器200向等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的介质阻挡区11内通入混合流体,并通过控制单元朝向等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1施加放电电压15kV、频率为18kHz,使介质阻挡放电单元1的内部产生丝状放电,活化处理水溶液得到气液混合流体。

[0069] S2、将S1中的气液混合流体流经等离子体反应器100的脉冲放电单元2的脉冲放电区21,脉冲放电能量为0.5J/脉冲,频率200Hz。高电压击穿气液混合流体内部气泡,得到具有活性氧和活性氮的混合流体。

[0070] S3、将S2中的混合流体以恒定流速流经5级等离子体反应器100。

[0071] S4、控制单元根据在线检测模块的在线检测的数据,调整等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压(5-20kV)和脉冲放电单元2的脉冲频率(50Hz-1000Hz),使第五级出水pH稳定在2.0,硝酸根离子浓度198mg/L。

[0072] S5、采用气液分离器400分离末级的等离子体反应器100的混合流体的气体,并经活性炭吸收器500过滤后排放,同时收集等离子体活化水。等离子体活化水的杀菌率(大肠杆菌)高达99.97%。

[0073] 实施例3:

[0074] 一种等离子活化水的制备装置,包括7级等离子体反应器100串联构成,在处理自来水的过程中,(初始pH7.0,流量2L/min)。首先控制单元用于独立调节每个等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电源电压,具体地,通过控制单元调节每级的等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压均为15kV、频率为18kHz,脉冲放电单元2的脉冲放电能量为0.5J/脉冲,频率为200Hz。流体供应器200用于接收压缩空气和水,以将压缩空气和水

混合形成混合流体,并将混合流体通入第一级等离子体反应器100。控制单元还用于独立调节每个等离子体反应器100的脉冲放电单元2的脉冲能量,以及监测每个等离子体反应器100中的混合流体的温度作为在线检测的数据。

[0075] 具体地,7级等离子体反应器100依次首位相连,第一级等离子体反应器100的混合流体进液口12与流体供应器200的出液口相连通,第一级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第二级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第二级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第三级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第三级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第四级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第四级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第五级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第五级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第六级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。第六级等离子体反应器100的混合流体出液口22与第七级等离子体反应器100的混合流体进液口12相连通。每个等离子体反应器100的混合流体进液口12、介质阻挡区11、脉冲放电区21和混合流体出液口22之间均相连通且形成流体通道。最后经过控制单元检测第七级出水pH3.0,硝酸根浓度198mg/L,杀菌率(大肠杆菌)高达99.97%。

[0076] 在本实施例中,采用以下方法:

[0077] S1、流体供应器200向等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的介质阻挡区11内通入混合流体,并通过控制单元朝向等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1施加放电电压15kV、频率为18kHz,使介质阻挡放电单元1的内部产生丝状放电,活化处理水溶液得到气液混合流体。

[0078] S2、将S1中的气液混合流体流经等离子体反应器100的脉冲放电单元2的脉冲放电区21,脉冲放电能量为0.5J/脉冲,频率200Hz。高电压击穿气液混合流体内部气泡,得到具有活性氧和活性氮的混合流体。

[0079] S3、将S2中的混合流体以恒定流速流经7级等离子体反应器100。

[0080] S4、控制单元根据在线检测模块的在线检测的数据,调整等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压(5-20kV)和脉冲放电单元2的脉冲频率(50Hz-1000Hz),使第七级出水pH稳定在3.0,硝酸根离子浓度198mg/L。

[0081] S5、采用气液分离器400分离末级的等离子体反应器100的混合流体的气体,并经活性炭吸收器500过滤后排放,同时收集等离子体活化水。等离子体活化水的杀菌率(大肠杆菌)高达99.97%。

[0082] 实施例4:

[0083] 与实施例1不同的是,在首级的脉冲放电单元2进气中添加3%氙气,介质阻挡放电单元1启用水冷系统(循环水温25℃)。相同参数下,硝酸根浓度提升至210mg/L,能耗降低15%,等离子体活化水的杀菌率(大肠杆菌)高达99.97%。

[0084] 对比例1:

[0085] 一种等离子活化水的制备装置,包括1级等离子体反应器100,在处理自来水的过程中,(初始pH7.0,流量2L/min)。首先通过控制单元调节等离子体反应器100的介质阻挡放电单元1的电压为15kV、频率为18kHz。流体供应器200用于接收压缩空气和水,以将压缩空气和水混合形成混合流体,并将混合流体通入一级等离子体反应器100。最后经过检测1级

等离子体反应器100的出水pH1.5,硝酸根浓度150mg/L,杀菌率(大肠杆菌)高达97.5%。

[0086] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0087] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连;可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0088] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”,可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”,可以是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”,可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度低于第二特征。

[0089] 在本说明书的描述中,术语“一个实施例”、“一些实施例”、“实施例”、“示例”、“具体示例”或“一些示例”等的描述,是指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0090] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行改动、修改、替换和变型。

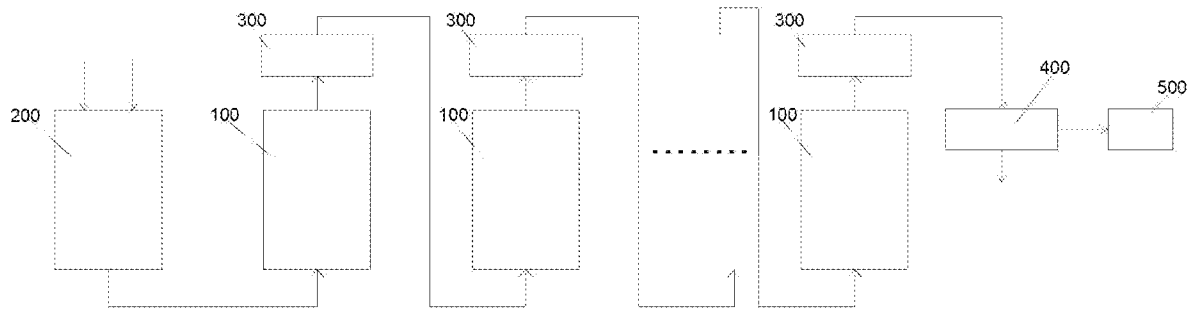


图1

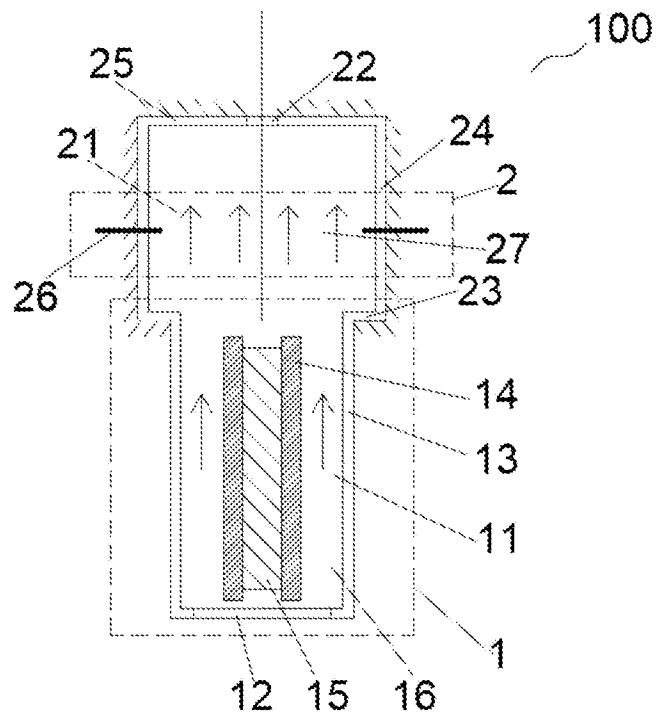


图2