

高压脉冲等离子体水处理装置的研制

袁长安¹, 王佑君¹, 侯立安²

(1.第二炮兵工程学院, 陕西 西安 710025; 2.第二炮兵工程设计研究院, 北京 100011)

摘要: 研制了一种新型水净化处理装置, 以取代氯气消毒工艺。装置利用高压脉冲在水雾中介质阻挡放电产生低温等离子体, 综合了高能电子辐射、臭氧氧化、紫外光照射等多因素的协同降解作用, 使出水达到国家饮用水标准。另外对装置的高压脉冲电源、等离子体发生器的研制提出了新的设计思路。

关键词: 脉冲; 等离子体; 水处理

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1002-6673(2006)02-056-02

0 引言

在众多的处理废水的高新技术中, 被国际上称做“21 世纪环境科学的关键技术”之一的等离子体技术是集物理学、化学、生物学和环境科学于一体的全新技术, 其特点是对污染物兼具物理作用、化学作用和生物作用, 具有费用低、处理效果好、无二次污染等优点, 并以杀菌彻底、治理小污染效果显著等特点受到各国环境保护工作者的青睐。等离子体技术作为一种环保新技术, 已成为近年来研究的热点。

1 等离子体水处理的作用机理

等离子体技术应用于水处理的基本原理是利用高压脉冲放电产生低温等离子体并释放于水雾中, 同时引起物理和化学 4 种效应: 放电产生的高能电子携带放电电场的能量, 高速同废水中分子(原子)发生非弹性碰撞, 将能量转化为基态分子的内能, 发生激发、离解和电离等一系列过程, 使废水中的有机物分子断链, 离解成小分子; 放电过程中产生的紫外光一方面可单独分解有毒有害物质, 另一方面和臭氧联合作用分解有毒有害物质; 放电过程中产生大量臭氧与水雾混合, 充分溶于水对水起强氧化作用; 放电产生的自由基溶于水后, 与某些有机物反应或促进反应。

产生等离子体过程中物理效应形成紫外光和冲击波, 化学效应主要是促使 $\text{OH}\cdot$ 、 $\text{O}\cdot$ 、 $\text{HO}\cdot$ 、 O 等, 从而形成高能电子辐射、臭氧氧化、紫外光照射等多因素的协同降解作用, 大大增强水处理效果。

收稿日期: 2005-12-23

作者简介: 袁长安(1981-), 男, 硕士研究生。主要研究方向: 阵地环境工程及技术。

2 高压脉冲等离子体水处理装置的研制

根据等离子体水处理的作用机理, 我们和北京一家环保设备有限公司共同开发研制了一套“高压脉冲等离子体水处理装置”。

(1) 装置的系统组成。该装置示意图如图 1 所示。主要由预处理系统、气液相放电脉冲水处理系统和辅助处理系统组成。预处理系统主要由过滤网组成, 采用物理方法除去污泥和大颗粒的杂物, 为下一步的放电脉冲产生等离子体处理创造条件。气液相放电脉冲水处理系统主要包括: 冲击电磁激励器、射流喷雾器、冷却塔、等离子体发生器、箱式反应器等, 此过程是废水处理的关键环节, 在这个过程中发生一系列复杂的化学过程, 将水中的有毒物质、难降解有机物质和细菌等达到高效处理。辅助处理系统包括控制台、脉冲电源系统、过滤器、管路设施、净水存储箱、排水泵和流量计等。

其工艺流程

是: 原水经过预处理除去淤泥和大颗粒杂物后, 经射流喷雾器转变成水雾, 水雾中容易氧化的杂质在充气室中被空气氧化; 再通过水雾-空气介质中的臭氧发生器产生的臭氧、活性物质和紫外光对水进行同步

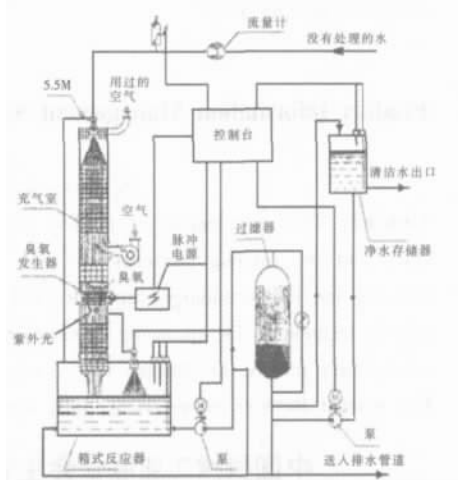


图 1 “脉冲等离子体”水处理装置

处理;最后将已经处理过的水通过砂滤器进行过滤,过滤之后就可以得到洁净的饮用水了。

(2) 脉冲电源的研制。脉冲电源是该装置的关键设备,其性能和参数将直接决定反应器内等离子体的状态,从而影响水处理的效果。为了持续稳定地生成和维持低温等离子体,高压脉冲必须具有脉冲前沿陡峭、脉冲宽度窄的特点,以得到强电场并达到节能的目的。该装置采用空载峰值 30kV、上升时间 100ns,满载峰值 25kV、30A、脉宽<300ns,脉冲频率 1~10kHz 可调的快脉冲电源,置于放电室附近,尽量短地以同轴线连接到放电器上;电源设有良好的过流保护;在控制台上控制电源的开关,电压的调节,峰值电压和电流的显示等。

脉冲电源原理如图 2 所示。具有限流和倍压功能的前置电源提供给以氢闸流管为核心的主电路电源,恒流热丝电源实现氢闸流管的平缓启动,以利于其使用寿命延长。快脉冲触发电源提供纳秒级的触发脉冲。主电路由储能、倍压、脉冲磁压缩及输出匹配电路组成,实现一般电子电路难以获得数十纳秒级的高压脉冲。

研究发现:一方面提高脉冲电压幅值,可以增强电极间的电场强度和自由电子的能量和速度,引起电子轰击产生的各种自由基和臭氧等氧化性粒子的增加以及紫外光强度的增强,从而强化处理效果。另一方面,

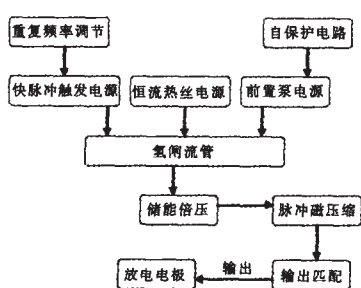


图2 高压快脉冲电源原理图

提高脉冲放电频率使单位时间内产生的高能电子数量增加,从而也能使产生的氢氧自由基、活性氧、臭氧等氧化剂的数量增加。在一定范围内放电频率升高时,高压脉冲放电等离子体通道内的高温高压和由此产生的紫外光也会得到相应的加强,这些都将有利于提高处理效果。

(3) 等离子体发生器的设计。等离子体发生器原理是利用高压脉冲在水雾中放电产生高密度等离子体。其中放电室采用有机玻璃或陶瓷制造,便于观察放电状态;内装若干层棒-棒型介质阻挡放电器,每个放电电极用不

锈钢棒或铜棒,介质外套用石英管制成;电极在 220mm 的长度范围内弯曲误差<0.1mm,保证棒-棒间距 7mm,误差<0.2mm。放电室做成整体结构,不可拆卸。

(4) 箱式反应器。使用不锈钢板制成,容积大于 1m³;置于主塔下,用相同孔径与主塔连接密封,防止臭氧泄漏;箱顶设有用过的臭氧气体出口,并连接到充气室上端的气液分离室,经用过的气体出口排出;箱底设有废水出口,可排出废水。实际操作中发现,当系统工作一段时间后,箱式反应器中会储满水,操作人员必须及时打开阀门将水排出。因此,对该系统作出修改,设计一个自动监测装置,当箱式反应器中的水达到一定量时,自动打开阀门,排水到一定量时,能自动关闭阀门。

3 效果实验

通过利用该装置对一些模拟的废水进行了效果实验。可以看出,“高压脉冲等离子体水处理装置”具有良好的处理效果,它可对废水进行杀菌消毒、除味除藻、分解有机物,去除水中超标重金属,使出水达到国家饮用水标准,并且不改变饮用水中盐的成分。另外,更重要的是该装置还可以保留水中对人体健康有益的微量元素和矿物质。

4 结论

“高压脉冲等离子体水处理装置”利用高压脉冲在水雾中放电产生等离子体,同时伴随物理、化学效应,形成高能电子辐射、臭氧氧化、紫外光照射等多因素的协同降解作用,大大增强了水处理效果。

所研制的“高压脉冲等离子体水处理装置”具有良好的处理效果,能够对水中一些难降解的有机物进行降解,处理之后的水达到了国家饮用水标准。

参考文献:

- [1] 朱元右,等.离子体技术在废水处理中的应用[J].工业水处理, 2004,24(9):13~16.
- [2] 袁外,等.高压脉冲放电等离子体处理特定环境饮用水研究[J].机电产品开发与创新, 2003, 4(1):41~43.
- [3] 李胜利,向浩,李劲.实验用 ns 级脉冲高压电源的研制[J].高电压技术, 2000,26(1):14~15.
- [4] 王怡德.脉冲等离子体饮用水处理设备设计定型试验大纲.未发表.

Develop a Equipment for Water Treatment by High Voltage Pulse Plasma

YUAN Chang-An¹, WANG You-Jun¹, HOU Li-An²

(1.The Second Artillery Engineering College, Xi'an Shaanxi 710025, China;

2.Engineering Design & Research Institute of the Second Artillery Corps Beijing 100011, China)

Abstract: A new equipment for water treatment is developed, it replaced chlorine disinfect technics. The equipment utilized high voltage pulse discharge in water to produce cold plasma, combined the collective effect of high energy electron, ozone and ultraviolet radiation together, made the water to be drinkable. In addition, the designing method of high voltage pulse power supply and the producing device of plasma were recommend.

Key words: Pulse; Plasma; Water Treatment