

低温等离子体处理废液技术研究概述

陈军海

(江阴市环境保护局, 江苏 江阴 214431)

摘 要: 低温等离子体技术包括热等离子体技术和冷等离子体技术。该技术处理废液具有范围广、快速、高效、无二次污染等优点, 尤其对难降解有毒废液的处理, 其先进性和优越性更为突出, 被认为是21世纪环境污染物处理领域中最有发展前途的新技术之一。综述了低温等离子体处理废液技术的研究和进展, 重点分析了冷等离子体技术处理难降解有机废液的作用机理, 探讨了其现存的主要问题, 并指出了今后需要研究的方向。

关键词: 等离子体; 低温等离子体; 废液处理

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

An Overview on Low Temperature Plasma Technology Applied in Liquid Waste Treatment

CHEN Jun-hai

(Jiangyin Environmental Protection Bureau, Jiangyin, Jiangsu 214431, China)

Abstract: Low temperature plasma technology consists of hot plasma technology and cold plasma technology. This technology is useful and valuable on the treatment of liquid wastes, especially for refractory and toxic liquid wastes, and has a lot of advantages, its wide application, high speed, good efficiency and no second pollution. It is considered as one of the most promising environmental pollution control technologies in the 21st century. This study makes an overview on the application of low temperature plasma technology to the treatment of liquid wastes and focuses on the degradation principle of refractory organic liquid wastes. The problems on liquid waste treatment using low temperature plasma technology are also discussed and the future research needs are presented.

Key words: plasma; low temperature plasma; liquid waste treatment

随着现代工业的迅猛发展,大量有害、有毒物质进入水体之中,使水资源受到严重污染和破坏,并日益威胁着人类的生存和发展,因此保护水资源不受污染,已成为世界性的课题。尽管已有不少成熟的工业废水治理技术,但探索更有效的和成本更低的治理技术仍是当今环保领域的研究热点。通常废水的毒性成分有重金属离子和毒性有机物等,重金属离子可通过电沉积法有效回收,而废水中溶解性毒性有机物如苯酚,用常规工艺如生物处理法,已难以将其有效降解。在难降解有机废水处理技术中,近年来发展较快、以产生氧化自由基为主的高级氧化技术,利用高活性自由基进攻有机物分子,破坏其结构从而去除有机物。根据产生自由基的方式和反应条件的不同,高级氧化技术可分为湿式空气(催化)氧化法、超临界水(催化)氧化法、光化学(催化)氧化法、低温等离子体氧化法等^[1-3],文中将讨论等离子体降解含苯环有机物。液电脉

冲等离子体降解法是一门涉及等离子体物理、等离子体化学、流体力学、热力学、电工技术和环境保护等知识的前沿交叉性课题,例如高压脉冲电晕放电冷等离子体处理废水过程中^[4,5]将产生高温热解、光化学氧化降解和超临界水氧化等传统水处理法的综合效应。

1 低温等离子体的分类、特点及产生方法

在绝对温度不为零的任何气体中,总存在一定数量的原子电离,即除中性粒子外,还有大量的带电粒子即电子和离子的存在。随着带电粒子浓度的增大,其对气体性质的影响也越来越大。只有当带电粒子的浓度达到其建立的空间电荷无法限制

收稿日期: 2011-02-25

作者简介: 陈军海(1981—),男,江苏江阴人,助理工程师,学士学位,主要从事环境应急与事故调查及水污染防治工作。

带电粒子运动时,带电粒子才对气体的性质产生显著的影响,浓度越大,影响也越显著。当浓度足够大时,正负带电粒子之间的相互作用,使得在与气体体积线度可相比拟的体积内始终维持宏观上的电中性,即空间电荷为零。若有偶然因素使电中性破坏,造成正负电荷分离,引起形成强电场,而在强电场作用下正负电荷又快速运动立刻恢复电中性,在这种浓度状态下的电离气体称为等离子体。因此,等离子体就是大量具有相互作用的带电粒子组成的有宏观时空尺度的体系,它实际上就是电离率足够大时的一种电离气体,其系统的性质受带电粒子的支配,但整个系统又是电中性的,被称为物质第四态。它是气体在加热或强电磁场作用下电离而产生的,主要由电子、正负离子、原子、分子、活性自由基以及射线等组成,具有宏观尺度的电中性和高导电性。

按照带电粒子温度的相对高低,等离子体分为两类:高温等离子体和低温等离子体。带电粒子温度为 $0.1 \sim 10 \text{ KeV}$ (1 eV 相当于 $11\,600 \text{ K}$) 的称为高温等离子体;带电粒子温度为 $1 \sim 10 \text{ eV}$ 的称为低温等离子体。

根据热力学状态的不同和粒子温度的相对高低,低温等离子体可分为热平衡等离子体(或称热等离子体)和非热平衡等离子体(或称冷等离子体)。当重粒子(包括分子、离子和原子等)的温度接近或等于电子的温度时称为热等离子体;当重粒子温度低于电子温度时称为冷等离子体。冷等离子体的特点是它的能量密度较低,重粒子温度接近室温而电子温度却很高,整个系统的宏观温度不高,其电子与离子有很高的反应活性;热等离子体的特点是它的能量密度很高,重粒子温度与电子温度相近,通常为 $10\,000 \sim 20\,000 \text{ K}$,各种粒子的反应活性都很高。热等离子体的产生方法主要有大气压下电极间的交流(AC)与直流(DC)放电、电感耦合(ICP)、常压微波放电等。冷等离子体的产生方法主要包括电晕放电(Corona Discharge)、辉光放电(Glow Discharge)、低压射频放电等。

2 低温等离子体处理废液技术

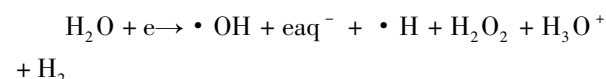
低温等离子体不同于一般中性气体,其基本特点是系统主要由带电粒子支配,受外部电场、磁场和电磁场的影响,存在多种基元过程和等离子体与固、液体表面的相互作用过程,具有独特的光、热、电等物理性质,可以产生多种物理过程和化学反

应。目前低温等离子体已发展形成了多种技术,包括涂镀技术、微细粉末合成、废物处理、提取冶金技术等。其中低温等离子体废液处理技术已引起了人们的极大兴趣,但其研究起步较晚,目前基础研究和应用研究都还较少。

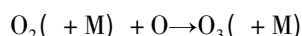
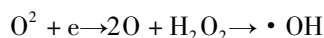
2.1 冷等离子体技术处理废水

冷等离子体处理废水技术是一种兼具高能电子辐射、臭氧氧化和紫外光解等 3 种作用于一体的全新的废水处理技术,能将含苯环有机物破坏。研究表明^[4] 3 种方法协同作用时,对难降解有机废水的处理效果优于各方法单独使用。关于冷等离子体处理难降解有机废水的作用机理的研究较少,比较一致的观点为:

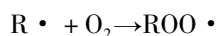
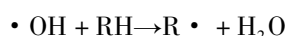
(1) 高能电子作用机理。冷等离子体内的高能电子轰击水溶液,首先是水分子发生电离与激发,生成离子、激发分子与次级电子等反应能力极强的物质。



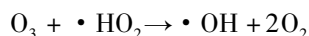
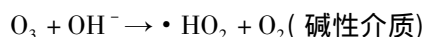
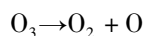
并能发生下列反应,生成游离氧、臭氧和自由基。



$\cdot\text{OH}$ 是常用氧化剂中最强的氧化剂,它容易攻击有机分子的高电子云部位,形成易氧化的中间产物;能脱去有机分子上的一个氢,形成 $\text{R}\cdot$ 自由基,自由基能被水中溶解氧进一步氧化成 $\text{ROO}\cdot$, $\text{ROO}\cdot$ 再发生一系列反应,分解为小分子,即



(2) 臭氧作用机理。臭氧易溶于水,本身就是强氧化剂,能直接氧化某些有机物,也可由其分解产生的 $\cdot\text{OH}$ 来氧化有机物:



(3) 紫外光解机理。在放电过程中会产生紫外光,它一方面能单独分解有毒有害物质,另一方面和臭氧联合作用分解有害物质。其单独作用原理是:有害物分子吸收光子后进入激发态,激发态分子返回基态时所放出的能量使其分子键断裂,生

(下转第 48 页)

4.2 经验型报道。要让读者喜闻乐见,要让自己言之有物

各地的环保工作典型经验报道可以为地方环保部门和企业提供借鉴,用来指导工作,启发思路。经验型报道如果写不好,容易流为单一的、静态的工作经验总结,人为归纳概括多,揭示规律本质的少。因此,经验型报道重要的是真正深刻揭示出事物的规律性和趋势性,使读者读后有所思、有所取、有所获。

4.3 产业型报道。要让读者获得实惠,要让自己成为专家

环保产业是巨大的产业,是朝阳产业,有很大的新闻报道空间,可以做得很有影响力。在产业型报道上,要做专家型记者,需要知识的积累,要善于利用别人的知识来补充自己,在采访中学习,在采访中提高。一个优秀的专家型记者的工作历程就是一个不断专业化的学习过程。此外,专家型记者也需要人脉的积累,要搞清楚哪个专家最熟悉哪一行,哪个专家能帮你迅速找到你需要的资料,哪个专家对哪个问题最有发言权,这样在采访中就能驾轻就熟。

4.4 评论型报道。要让读者叹为观止,要让自己

(上接第 45 页)

成相应的游离基或离子,再与 O_2 或 H_2O 反应生成新的物质。有机物分子可否被光解取决于其键能和光子的能量。对于大多数有机物来说,光解的有效波长应小于 300 nm,如氯苯只吸收 264 ~ 297 nm 的中紫外光,因此紫外光解有机物存在局限性。但和臭氧联合使用时,无论在氧化能力还是氧化速度上,都远远超过紫外光解或臭氧单独使用所达到的效果。例如:多氯联苯、六氯苯等难降解的有机物和五氯酚、DDT、Vapam 等农药不与臭氧反应,而在 $UV - O_3$ 联合作用下都可被迅速分解。

因此冷等离子体处理废水具有净化彻底、处理范围广、效果好、无二次污染等优点,特别是在处理难降解有毒废水方面有明显的优越性,被认为是 21 世纪废水处理的最有发展前途的新技术之一。

2.2 冷等离子体处理技术存在的主要问题

(1) 作用机理以及各种因素对处理效果的影响规律有待进一步研究;

(2) 设计高性能的放电等离子体水处理装置和研究等离子体产生的放电方式及有关参数并优化工艺,以获取尽可能大的空间利用率、等离子体

切中要害

环境新闻报道除了要提供准确丰富的信息,还要有对信息深化的独家言论,以言论来影响受众,以独特视角提供独到观点。受众接受信息的同时,也需要了解社会对信息价值和指向的评价,尤其是在重大的、和生活息息相关的信息面前。评论型文章要站在环境新闻事件的制高点上,评判优劣,区分良莠,引导人们透过纷繁复杂的现象看本质,透过层层迷雾见真知,并且在这一过程中,将看问题的立场、方法、观点逐步潜移默化地渗透到受众之中。

[参考文献]

- [1] 柳博. 浅议环境新闻报道如何推动地方经济发展[J]. 环境教育杂志, 2008(9): x.
- [2] 刘力敏, 谢剑峰. 环境新闻报道中的环境文化[J]. 绿色视野, 2008(6): x.
- [3] 张威. 环境新闻学的发展及其概念初探[J]. 新闻记者, 2004(9): x.
- [4] 黄翼军. 专业性是安身立命之所在[C]. 请给出一个问题, 2010: 29.
- [5] 蔡方. 如何使报纸更有特色? [C]. 请给出一个问题, 2010: 19.

与水的接触面积及解决连续流动废水的处理等是今后急待研究解决的课题。

3 结 论

难降解有毒废液的处理问题已引起各国政府的重视,并纷纷投入巨资发展处理新技术,该领域已成为环境科学的一个研究热点。低温等离子体处理废液技术尤其是冷等离子体处理技术以其独特的优点被认为是目前处理难降解有毒废液的最佳方法之一,具有广阔的应用前景。

[参考文献]

- [1] 齐军, 顾温国, 李劲. 水中难降解有机物氧化处理技术的研究现状和发展趋势[J]. 环境保护, 2000, 3: 17 - 19.
- [2] 韦朝海, 侯轶. 难降解毒性有机污染物废水高级氧化技术[J]. 环境保护, 1998, 11: 29 - 31.
- [3] 徐中其, 戴航, 陆晓华. 难降解有机废水处理新技术[J]. 江苏环境科技, 2000, 13(1): 32 - 35.
- [4] 李胜利, 李劲, 王泽文, 等. 用高压脉冲放电等离子体处理印染废水的研究[J]. 中国环境科学, 1996, 16(1): 73 - 76.
- [5] 文岳中, 姜玄珍, 吴墨. 高压脉冲放电降解水中苯乙酮的研究[J]. 中国环境科学, 1999, 19(5): 406 - 409.