

· 研究报告 ·

等离子体汽车尾气治理技术

龚大国¹, 袁宗宣¹, 谢春梅¹, 赵君科¹, 贺克斌²

(1. 中国工程物理研究院环保工程研究中心, 四川绵阳 621900; 2. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘 要: 等离子体技术应用于环境污染防治领域具有处理效率高、投资省、运行成本低、不产生二次污染等优点, 已成功运用于固体废物、废水和废气的治理, 并成为近年来全世界广泛研究的课题。本文概述了汽车尾气治理技术的现状, 探讨了等离子体处理废气的作用机理及其在汽车尾气治理中的应用, 最后提出了等离子体处理汽车尾气技术在工业应用中尚需解决的问题。

关键词: 汽车尾气治理; 催化转化; 还原; 等离子体技术

中图分类号: X511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2141(2003)02-0028-05

我国国民经济的持续增长, 促进了我国交通事业的迅速发展。进入 90 年代以来, 我国汽车保有量以 13%~15% 的同比增长率在迅速增加, 到目前全国汽车保有量已超过 2000 万辆。由于我国汽车增长相对集中在城市, 且单车排放因子高, 故汽车排放的黑烟(颗粒物)、NO_x、CO 和 HC 等, 已成为城市地区的主要大气污染物^[1]。研究表明, 我国少数大城市城区大气污染正由煤烟型污染向汽车尾气型污染发展; 汽车排放的 NO_x、CO 和 HC 等污染物严重超标, 由此产生的二次污染物 O₃ 超标问题, 已在少数特大城市(如北京、上海等)呈现出光化学烟雾污染的先兆^[2]。因此, 控制汽车排放污染, 加强汽车尾气污染防治技术研究, 成为城市环境保护迫在眉睫的工作。

1 汽车尾气治理技术现状

汽车尾气对大气环境的污染是一个全球性的环境问题。为了控制和防治汽车尾气污染, 世界各国的科技工作者作了大量的研究工作^[3-6], 可归纳为三个发展阶段:

第一阶段: 强调机内净化的初期污控技术, 如燃油品质改善, 曲轴箱强制通风系统, 燃油蒸发回收系统, 燃烧系统、供油系统和点火系统的改造, 废气再循环, 排气管内喷射二次空气, 高能点火与稀薄燃烧等;

第二阶段: 氧化催化技术, 即除了上述的一些行之有效的办法而外, 采取机外净化技术, 在汽车排气系统上安装氧化型催化转化器, 用以氧化净化排气中的

CO 和 HC 等;

第三阶段: 氧化还原催化技术与电控技术相结合, 即将电喷技术与三元催化转化技术相结合, 同时去除汽车排气中的 HC、CO 和 NO_x 等。

我国开展汽车尾气净化方法与技术的研究起步较晚, 从仿制、技术引进到自主开发, 大致也经历了上述相同的发展阶段。80 年代中期以后, 开始有以氧化铝为载体的球形氧化型催化净化器生产, 并陆续研制了曲轴箱强制通风系统、燃油蒸发控制装置、强力点火器、汽油添加剂、磁化节油器等相关产品。90 年代后, 由于蜂窝陶瓷材料研究取得快速进步及汽车污染程度日趋加重, 我国加强了对磁化材料、净化器总装配技术等方面的研究开发工作, 推出了一批适合我国国情的稀土金属复合催化器。1995 年前后, 我国的氧化还原型三元催化转化器产品已具备产业化规模。

三元催化转化器是目前国际公认的能高效大幅度削减汽油车排放污染物的主流技术。通常应用的三元催化转化器, 是将催化元素钯(Pd)、铂(Pt)、铑(Rh)等贵金属(或是这些贵金属与稀土金属元素的复合体)负载于蜂窝状陶瓷载体, 制成具有不锈钢外壳的罐状物安装在车辆排气管上^[3]。当车辆排放尾气通过三元催化转化器时, 由于催化载体具有较大的表面积, 将尾气中的 HC、CO 和 NO_x 等污染物通过氧化还原反应转换成 N₂、H₂O、CO₂ 等无害或低害物质。但是, 使用三元催化转化器需有两个必要条件: (1) 使用无铅汽油; (2) 实现发动机闭环控制, 精确控制空燃比在理论值 14.7:1 附近。虽然采用闭环多点电子喷射控制系统加三元催化转化器, 有利于发挥催化剂最佳催化转化效率, 但就我国来说, 使用催化转化器还存在诸多不足之处: 首先, 催化剂活性组分贵金属价格昂贵, 而我国贵

收稿日期: 2002-01-09

作者简介: 龚大国(1969-), 男, 四川遂宁人, 工程师, 主要从事环境科学与环保工程等方面的科研与生产管理。

金属资源又相当匮乏,即使近年来出现了稀土金属复合型催化转化器,但其主催化组分仍需添加贵金属,而且,如何在稀土金属中使用最少量的贵金属达到最佳的催化反应效果等关键技术尚未解决;其次,尾气致使催化剂活性组分中毒失活的问题仍未得到较好解决;由于车辆振动和运行状况的突变致使催化转化器的使用寿命普遍较短的问题仍然十分突出;另外,目前的催化转化器还不适用于柴油发动机和正在兴起的稀燃发动机。

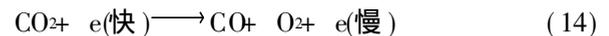
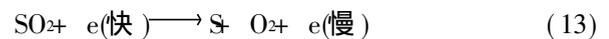
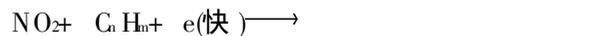
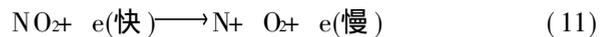
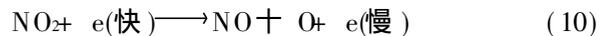
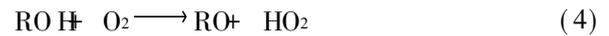
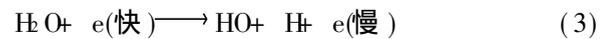
对柴油机而言,由于工作过程和燃烧方式与汽油机大不相同,其排气成分和浓度与汽油机差别较大。柴油机由于燃烧完全,排放的CO和HC相对较少;NO_x的排放量总体上略低于汽油机的水平;而柴油机排放的颗粒物(黑烟)和SO₂则是汽油机的几十倍。因此,现阶段控制柴油机尾气污染的重点是脱除SO₂和颗粒物(黑烟)以及日益受到重视的NO_x。由于柴油车尾气含有许多能使催化剂失活的物质,使用催化转化器不能有效处理柴油机尾气。对颗粒物(黑烟)的处理,国际上已有商业化的产品,如美国康宁(Corning)公司和日本NGK公司生产的壁流式蜂窝陶瓷微粒捕集器,其对颗粒物的过滤效率在60%~90%以上^[5]。但捕集器存在再生与失活的问题,它直接影响到机动车的动力性能和燃油经济性。目前,柴油机的排放控制基本上依靠机内净化技术,如EM(engine modification)或EM+EGR等,切实有效的机外净化技术尚在进一步研究开发之中^[5]。

2 等离子体处理废气的作用机理

等离子体用于净化处理的物理和化学过程,已有大量的研究报道^[6-10],通常应用于环境保护领域的属于低温等离子体(又称非平衡态等离子体)。低温等离子体技术具有处理效率高、投资少、运行成本低、不产生二次污染等优点,已成功应用于固体废物、废水和废气的治理,并成为近年来全世界广泛研究的课题^[11-15]。低温等离子体具有以下特点:①等离子体中的电子具有较中性粒子大得多的能量或更高的温度;②带电粒子的数密度远远小于中性粒子总的数密度(即电离度小);③该等离子体为准电中性的,即正电荷载流子密度总体上等于负电荷载流子密度。根据放电机制(气体)压强范围和电极结构的不同,产生低温等离子体通常有以下方法:a)辉光放电;b)介电势垒放电;c)电晕放电;d)沿面放电;e)射频放电;f)微波放电等。其中,辉光放电虽能产生典型的大体积强激发低温等离子体,但工作气压太低;射频放电和微波放电等离

子体反应器件复杂、功率和成本高,所以这几种放电方式很难实际工业应用。只有介电势垒放电、电晕放电、沿面放电等方式可工作于常压环境下,反应器设计方便,电极与电源成本相对较为低廉而更适用于工业应用^[10]。

在介电势垒放电、电晕放电以及沿面放电等离子体中,高速电子通过碰撞作用将其在电场中获得的能量传递给周围的原子或分子,使其激发离解或产生活性基团。由此,在低温等离子体体系中含有大量的高能电子、离子、激发态粒子和具有很强氧化还原性能的自由基等活性物种。在气相化学过程中,这些活性物种跟尾气中的CO、HC、NO_x、SO_x等污染物作用,可能发生如下化学反应:



在上述等离子体化学反应中,电子仅在反应开始起到激发作用。而在真正的放电化学中,离子的化学反应也起着非常重要的作用,一方面是放电增强了物(粒)种的活性引发了化学反应(甚至一些常温常压下没有催化剂很难或根本就不能发生的化学过程);另一方面是离子诱发了悬浮微粒(气溶胶粒子)的形成,使其沉降速度较中性粒子快几倍甚至几十倍,气体粒子表面间多相异质反应增强,提高了有害气体脱除效率和副产物的收集效率。

3 等离子体技术在汽车尾气治理中的应用研究

3.1 机内净化中的等离子体处理技术

用于机内净化处理的低温等离子体技术,其基本

原理是将空气离子化,即将空气送入内燃机之前,利用低温等离子体将空气中的氧转化为臭氧^[16]。该技术的主要部件是一台电晕放电式臭氧发生器,由管道与发动机进气装置相连接。臭氧发生器产生的臭氧进入燃烧室便分解为氧负离子,使火焰膨胀,促进燃烧,从而提高了反应速率。处理结果节能效率 20%,污染物减排约 50%。

3.2 机外净化中的等离子体处理技术

机外净化中所用的等离子体技术主要有电晕放电、介电体垒放电、沿面放电等方式,利用等离子体体系中的活性物种强化(催化)氧化-还原反应,将汽车尾气中的有害物质通过氧化、还原或离解而转化为无害或低害物质以达到降低环境污染的目的。根据工艺和反应机制的不同,又分别有等离子体氧化兼催化还原法、等离子体氧化兼非催化还原法、等离子体直接还原法等。

3.2.1 等离子体氧化兼催化还原法

等离子体氧化兼催化还原法^[17-20]的作用机理分为两个步骤:第一步以等离子体氧化为主,即利用等离子体发生器产生的低温等离子体,在氧(O_2)和碳氢化合物(HC)存在的条件下,将汽车尾气中的NO氧化为 NO_2 ;随后,第二步为催化还原阶段,即将第一步经等离子体氧化并激活的含有 NO_2 中间体与HC的混合体系,借助催化剂的作用,选择性还原 NO_2 得到 N_2 、 CO_2 和 H_2O 等。该方法可将等离子体处理与催化还原工艺合并在一个反应器;也可以先让尾气经过等离子体反应器预处理,紧接着进入与等离子体反应器串联的催化还原阶段。该方法还能有效处理含有20ppm甚至50ppm(以重量计)二氧化硫的柴油发动机尾气。Balmer M. lou等^[21]利用等离子体强化催化还原处理含 NO_x 的模拟稀燃尾气,对各种催化剂材料进行了系统的研究,结果表明, $\alpha-Al_2O_3$ 、 TiO_2 、 $Cu-ZSM-5$ 、 $Na-ZSM-5$ 等催化剂结合等离子体技术可显著去除 NO_x 。其中,活性 $\alpha-Al_2O_3$ (表面积 $75m^2/g$)在 $180^\circ C$ 时能除去40%的 NO_x ,在 $400^\circ C$ 时可去除80%的 NO_x 。等离子体氧化兼催化还原法能经济有效地降低 NO_x 和 SO_2 的排放,提高了催化还原阶段催化剂的性能、操作温度和使用寿命。

3.2.2 等离子体氧化兼非催化还原法

等离子体氧化兼非催化还原法即是在还原剂存在的条件下^[22],通过等离子体放电反应,去除尾气中的有害物质。借助反应器独特的电极结构,在电极尖端处产生局部间歇性放大电场,当尾气在反应器里反复接触还原剂时,由于等离子体的作用, NO_x 和 SO_2 等污

染物被还原去除。这种借助等离子体放电反应和间歇性电场放大,配合使用还原剂,克服了使用催化剂的不足;可以显著增强具有临界状态或低于1eV激发能量的反应;同时,等离子体放电有助于还原剂表面上发生的多相还原反应和表面吸附作用。

3.2.3 直接还原法

该方法的反应器由一个外加等离子体发生装置改造的微粒捕集器^[23],其工作原理是利用等离子体发生器产生低温等离子体,尾气中的HC和黑烟粒子直接作为还原剂,在等离子体区域里, NO_2 、HC和黑烟被转化为 N_2 、 CO_2 和 H_2O 等。Fujii K.和Higashi M.等^[24]还报道了在等离子体反应器里喷油的柴油机尾气直接还原处理技术,雾化的油膜有利于捕集黑烟和改善等离子体的均匀性,在转速1200rpm,负载70kg-m时,黑烟去除率几乎达100%;在脱除黑烟的同时,对 NO_x 、 CO_x 和 SO_x 的脱除率达70%以上;大卡车和小型货车上的路面负载试验,也取得了较好的实验结果。该项技术对柴油机无需使用废气循环系统,对阀门、活塞和油缸壁不会造成损害,适用于多种燃料类型。

借助等离子体辅助工艺的直接还原法,可同时去除颗粒物、 NO_x 和低浓度的 SO_2 ,无需催化工艺,成本低廉,运行稳定,是汽车尾气治理的新兴发展领域。

3.3 反应器技术

3.3.1 介电体垒放电反应器

介电体垒放电反应器具有两个电极(类似电容器形状)^{[6][25]},电极与电极之间至少有一层绝缘材料做的介电层,介电层物质一般为硬质钢化玻璃或陶瓷,反应器的几何形状分为平板型或圆柱(筒)形。当产生放电时,会将电荷输送到介电层的表面,表面电荷积累到一定程度时,会产生阻抗宏观电场的局域电场导致放电熄灭。在某些具有特殊几何形状的反应器里,这种放电现象只存在几十纳秒的时间,每个放电周期会发生许多这样的微放电现象。

介电体垒放电可在低温条件下实现HG、CO、 NO_x 和 SO_2 的氧化,可捕集颗粒物,是处理汽车尾气的一项新颖技术,但这种系统尚在开发研究阶段,还需在工作原理、系统参数的优化等方面进行深入的研究。

3.3.2 电晕放电反应器

电晕放电反应器通常做成圆柱(筒)形状,放电电极分为内电极和外电极^[26,27]。内电极可以是直导线,也可以是小直径绝缘筒上缠绕导线,或者是在中心轴上安装针状、丝状或片状金属,一般置于大口径中空管的中央部位;外电极大多是在陶瓷管或硬质玻管的外表面包覆一层铝箔。当在内外电极间施加高压电源时,

这种圆筒形的反应器,能产生非均匀电场,以便于在中心电极线附近产生放电。某些特殊几何形状的反应器还能产生直流放电现象,以用作静电除尘器或臭氧发生器。电源一般选择脉冲电源或交流电源。在介电势垒放电还未应用以前,必须控制电晕放电反应器的几何形状或电压的波形以避免产生弧光放电。如果放电流到达导电电极表面,电流便会在电阻很小的情况下穿透电极间的气体空间,致使电极表面的反应远比电极之间的气体空间反应更剧烈。

电晕放电可工作于常温常压,电极不需封装屏蔽,功率及能耗较低,已成功地运用于烟道气的处理中。如果解决了电源及反应器匹配问题,将在工业废气治理领域中发挥重要的作用。

3.3.3 填充床反应器

填充床反应器的外形跟电晕放电反应器差不多,是在陶瓷或玻璃做成的特定管子里,填充微小的玻璃球(珠),填料的表面通常涂有一层催化剂材料^[28]。填充床管子的轴向装有高压电极(内电极),管子外壁同样包覆一层金属(铝箔)并接地用作外电极。当电极间施加交流电源时,由于填料的介电阻碍在其表面产生电荷积聚(电场集中),在这些玻璃球相互接触的地方就会产生放电。

填充床反应器技术是一种等离子体强化催化法,由于等离子体的作用,大大提高了催化效率,促进了某些反应过程的发生,但由于填料和催化剂需要定期更换,使用中存在一定的局限。

3.3.4 电子束反应器

在电子束反应器中,从尾气流经管道的侧面引入高能电子束^[27],利用电子束激发产生的等离子体将气体污染物氧化或离解,达到降低污染的目的。由外部装置获得的电子束,比常压下气体放电产生的电子具有更高的能量,更容易引发污染物的氧化或离解。但是,这种电子束是由外部装置(电子加速器)产生,一方面电子加速器的能耗较高,另一方面,产生的电子束流经管壁进入待处理气体时,往往有大量的损失,利用率不高。

3.3.5 电晕簇射反应技术

电晕簇射反应技术亦即是电晕放电自由基喷射技术,基本方法类似于电子束反应器^[29]。它是将气体添加剂(混有 N_2 、 Ar 的 NH_3 或 CH_4)通过电晕放电产生自由基,然后喷入待处理气体。喷射装置的喷嘴装上高压电源,气体添加剂通过喷嘴喷射时,在喷嘴处产生等离子体放电形成富含自由基的气流。

研究表明,该方法有利于待处理气体中气溶胶粒

子的形成;有利于 SO_2 在催化剂表面的吸附催化反应;对 NO_x 的催化脱除可在常温下进行;脱除 $45gSO_2$ 和 $21gNO_x$ 只消耗约 $1kWh$ 的电能。电晕簇射反应技术相对于在待处理气体直接放电来说,能够降低能量损失,其可用于机内净化,又可用于机外净化处理,是一项实用性很强的等离子体反应技术。

4 结束语

目前的汽车尾气治理主要依靠单一催化转化技术,它虽然能够去除尾气中的大部分的 HC 和 CO ,但仍有相当部分 NO_x 和 SO_2 的排放。随着人们环境意识的日益增强,汽车尾气排放标准也将愈来愈严格,单一的催化技术已不能适应未来高标准的要求。低温等离子体技术对其中的颗粒物、氮氧化物、二氧化硫等具有显著的去除作用,是治理汽车尾气的新颖技术,具有广阔的发展前景。不少研究者已在等离子体技术运用于汽车尾气治理方面作了大量的研究工作,在理论和应用研究上都取得了很大的成就,但要想实现工业应用和商业生产,还有许多工作要做。

4.1 对所发生的等离子体物理与化学反应,如激发态粒子、离子、自由基的反应过程动力学,多相复杂体系的异质反应,气溶胶的形成及其对等离子体反应速率的影响等,还应从理论上进行深入的研究。

4.2 实际应用中,怎样控制放电参数,进而控制电子的温度、能量和密度,以达到对污染物最佳去除或离解作用;如何适应反应条件如气压、温度、湿度、气体污染物浓度等的随机变化;副产物的堆积效应及收集技术,反应器匹配技术等,都还需要做大量的研究工作,以获得工业应用的技术和实验数据,解决工业应用中的认识和技术问题。

4.3 商业化过程中,还需降低装置的能耗,控制在发动机功率的 5% 以内;优化反应器结构,减小反应器体积,便于安装与维修;降低生产成本和运行费用。

5 参考文献

- 1 郝吉明,傅立新,贾克斌等.城市机动车排放污染控制:国际经验分析与中国的研究成果[M].北京:中国环境科学出版社,2001
- 2 谢绍东,张远航,唐孝炎.我国城市地区机动车污染现状与趋势[J].环境科学研究,2000,13(4): 22~ 25
- 3 姜鹏明.我国汽车污染控制技术对策概述[J].中国环保产业,2001,(2): 30~ 33
- 4 肖霞,何新秀.我国汽车尾气的催化净化[J].环境科学研究,1998,11(5): 45~ 46
- 5 王建昕,傅立新,黎维彬.汽车排气污染治理及催化转化器[M].北京:化学工业出版社,2000,5.
- 6 J.W. Hoard, L. Worsley and W. C. Follmer. Electrical characterization

- of a dielectric barrier discharge plasma device[J]. SAE paper SP-1483, 1999- 01- 3635 23- 36, 1999
- 7 J J Hill, I Rahm in and R G Rinker. Experimental study of the production of NO_x, N₂O and O₃ in a simulated atmospheric corona [J]. *Ind Eng Chem Res*, Vol 27 1264- 1269, 1988.
- 8 J J Lowke and R morrow. Theoretical analysis of removal of oxides of sulphur and nitrogen in pulse operation of electrostatic precipitators [J]. *IEEE Trans Plasma Sci*, Vol 23 661- 671, 1995
- 9 B Pashaie S K Dhali and F I Honea. Electrical characteristics of a coaxial dielectric barrier discharge [J]. *Phys D Appl Phys*, Vol 27 2107- 2110, 1994
- 10 B Eliasson and U Kogelschatz. Nonequilibrium volume plasma chemical processing [J]. *IEEE Trans Plasma Sci*, Vol 19 1063- 1076, 1991
- 11 T Hammer and B Stefan. Plasma enhanced selective catalytic reduction of NO_x for diesel cars [J]. SAE paper No. 98248, 1998
- 12 M A Jani, K Takaki and T Fujiwara. Low-voltage operation of a plasma reactor for exhaust gas treatment by dielectric barrier discharge [J]. *Rev Sci Instru*, Vol. 69 No. 4 1847- 1849, 1998.
- 13 K Urashima and J S Chang. Removal of volatile organic compounds from air streams and industrial flue gases by non-thermal plasma technology [J]. *IEEE Trans on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol 7 No. 5 602- 614, 2000
- 14 A Tata and s Manni. Environmental conservation by radiation technology. A new Italian multipurpose demonstration center [J]. *Radiat Phys Chem*. Vol 42 No. 4- 6 701- 710, 1993.
- 15 赵君科,王保健,任先文等.脉冲电晕法烟气脱硫脱硝中试装置 [J]. *环境工程*, 2001, (6): 43- 46.
- 16 S Masuda, S Hosokawa and X L Tu *et al*. Destruction of gaseous pollutants by surface-induced plasma chemical process (SPCS) [J]. *IEEE Tans Indu Appl*. Vol 29 No. 4 781- 786, 1993
- 17 JP 1019431
- 18 US 6038853
- 19 EP 1017477 DE 69800838
- 20 WO 9809699
- 21 M L Balmer, R Tonkyn and J hoard *et al*. NO_x demonstration behavior of selective materials when combined with a non-thermal plasma [J]. SAE papers, SP- 1482, 1999- 01- 3640 67- 73, 1999
- 22 EP 921849 DE 19635232 WO 9808592
- 23 US 6308854
- 24 K Fuj, M Hgashi and N Suzuki. Simultaneous removal of NO_x, CO_x, SO_x and soot in diesel engine exhaust [J]. *NATO AST series*, Vol G34, Part B 257- 279, 1993
- 25 B M Penetrante and C R Mclarnon. Effect of gas composition on the NO_x conversion chemistry in a plasma [J]. SAE paper No. 982433, 1998
- 26 J W Hoard. Plasma aftertreatment technology review [s]. Presentation to SAE Exhaust aftertreatment TOPTEC September 17- 18, 1997
- 27 B M Penetrante, M C Hsciao and J N Bardsley *et al*. Electron beam and pulse corona processing of volatile organic compounds in gas streams [s]. Proceedings of the 12th international symposium on plasma chemistry. Vol II, August 21- 25 663- 664, 1995
- 28 R Tonkyn, S E Barlow and M L Balmer *et al*. Vehicle exhaust treatment using electrical discharge methods [J]. SAE papers, No. 971716, 1997
- 29 K Urashima, X Tong and J S Chang *et al*. Acid gas removal characteristics of corona discharge methane radical shower-catalyst hybrid system for treatment of jet engine test cell flue gas [J]. SAE paper, SP- 1482, 1999- 01- 3634 15- 21, 1999

(上接第 27页)

由最大隶属原则可知,固化级别为III级,即该酸化废水经固化处理后,固化块可现场填埋或装桶贮存。

3 结论

- 3.1 本文探讨的模糊综合评价法可以较为系统、全面、简单、合理地反映抗压强度、毒性浸出超标物种类、固化时间、固化剂成本几个评价因子对固化结果的影响,避免了单一指标评估可能带来的偏差和片面性
- 3.2 该评价法随处理方案的不同,采用的权重偏差也较大,但对评定结果不会产生较大的影响
- 3.3 在固化方案中除上述四个主要指标外,还有许多次要因素未纳入分析范围,如不同 pH值条件下的浸泡实验、毒性超标倍数、除固化剂成本外的其它处理费用,这些都有待进一步深入分析。

4 参考文献

- 1 四川石油管理局.油气井酸化读本.北京:石油工业出版社,1976
- 2 贾金平,杨骥,孟超.电镀重金属污泥的水泥固化/稳定化处理.上海环境科学,1999,18(5): 229- 232
- 3 石太宏,汤兵.印刷线路板厂含铜污泥固化处理工艺研究.环境工程,2000,18(3): 47- 49
- 4 李晓全.石油环保技术的一些发展状况.国外油气信息,1989,9 54 ~ 57
- 5 钱学玲等.模糊综合评价法判别堆肥腐熟度研究.上海环境科学,2001,20(2): 85- 87
- 6 娄性义.固体废物处理与利用.北京:冶金工业出版社,1996
- 7 工业固体废物有害特性试验与监测分析方法(试行)编写组.工业固体废物有害特性试验与监测分析方法(试行).北京:中国环境科学出版社,1986
- 8 刘育冀,耿新宇.石油工程模糊数学.成都科技大学出版社,1994
- 9 冯保成.模糊数学实用集粹.北京:中国建筑工业出版社,1991

Method Research of Environmental Risk Assessment(ERA) in Destroying Abandoned Chemical Weapons

Gao Chen, Tian Rensheng, Luan Shengji

(1. Environmental Science Centre

of Beijing University, Beijing 100871;

2. Chinese Environment Planning Institute, Beijing 100012)

Abstract In order to carry out “The Chemical Weapons Convention”, each contracting party has begun to destroy his chemical weapons. According to the situation of destroying chemical weapons in the world and the character of chemical weapons abandoned in China in World War II, a series of methods and techniques of ERA for the course of destroying chemical weapons have been given in the article. The article will be significant in ERA for the work of destroying abandoned chemical weapons in China.

Key words Abandoned chemical weapons, Environmental risk assessment, Risk measurement.

Evaluation of Estrogenic Activity of Octylphenol in Vivo

Zhu Yi, Shu Weiqun, Tian Huaijun, Zhuo Jianbo, Li Xiang

(Department of Environmental Hygiene of the Third

Military Medical University, Chongqing 400038)

Abstract To evaluate the estrogenic activity of octylphenol(OP) by uterus weight increase test in vivo. The results showed The uterus weights of all the test groups were higher than the control group. The uterine endothelia cells of all the test group were thicker than the control group. The amount and volume of uterine glands increased significantly in the entire test group. The result suggested OP could stimulate the growth and maturing of uterus. By all the three administration way could induce the estrogenic activity, but their sensitivity were different, peritoneal injection > subderman injection > stomach gavage.

Key words Environmental estrogen (EE); Octylphenol (OP); Uterus weight increase test.

Classifying Degree of Solidification of Acidulated Waste Water in Oil Field Using Fuzzy Comprehensive Assessment

Wan Liping, Zhao Lizhi

(Southwest Petroleum Institute, Nanchong 671000)

Abstract The result of solidification of acidulated waste water in oil field was analysed, which was first based on fuzzy mathematics and several assessment factors including compression strength, the kinds of toxic ions whose concentration exceeded standard in extract liquid, solidification time and the cost of treatment. The results showed that this method was comprehensive, convenient and effective in measuring the degree of solidification.

Key words Fuzzy mathematics, Assessment factor. Acidulated waste water, Degree of solidification.

Plasma Technology for Purification of Vehicle Exhaust

Gong Daguo, Yuan Zongxuan, Xie Chunmei,

Zhao Yunke, He Keping

(1. Environmental Protection Engineering Research Centre of Chinese Engineering Physics Institute, Mianyang 621900;

2. Environmental Science and Engineering Department,

Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract Plasma technology has been successfully applied in the field of solid waste disposal, wastewater treatment and flue gas purification due to its high removal efficiency, low capital and low operating cost requirements as well as no secondary pollution, which has gained worldwide attention in environmental pollution prevention and control. This paper reviewed the status quo of vehicle exhaust purification, discussed the mechanism of flue gas purification by plasma technology as well as its application in vehicle exhaust, thus proposed the problems of commercializing plasma technology for vehicle exhaust purification.

Key words Vehicle exhaust purification, Catalysis conversion, Reduction, Plasma technology.

Fermentation Type and Climax Community Controlled by pH ORP

Zhao Dan, Ren Nanqi, Wang Aijie

(Research Center of Environment and Bio-technology,

Harbin Institute of Technology, Harbin 150090)

Abstract The different utilizing rate of the different fermentation production of acidogenic phase, as the substrates of methanogenic bacteria, will affect the stability and efficiency on the whole two-phase anaerobic bio-treatment. pH ORP, as the non-biological factors to the operation of the acidogenic