

有机废气的等离子体协同光催化净化技术

黄海保, 叶代启

(华南理工大学环境科学与工程学院, 广州 510640)

摘要: 低温等离子体光催化协同净化技术集成了低温等离子体和光催化的优势, 两者相互协同, 优势互补, 是一种非常高效、节能的降解有机废气的方法。介绍等离子体光催化协同净化有机废气国内外研究进展, 从作用机理、等离子体光谱、影响因素、协同等方面进行了阐述, 并指出了今后研究的方向。

关键词: 光催化; 低温等离子体; 等离子体光催化; 协同; 有机废气

中图分类号: X701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6504(2007)08-0095-04

近年来, 为了开发更加有效和低成本的有毒 VOC 去除方法, 研究人员进行了大量的研究。在众多开发出来的有机废气治理技术中, 紫外光催化技术获得了人们很大的关注, 研究者利用紫外光催化净化有机废气进行了大量的研究。相比传统的废气治理方法, 紫外光催化具有能耗低、副产物少、反应条件温和、过程简单等优点, 是一种环境友好型催化反应过程^[1]。然而紫外光催化也存在一些缺点, 包括光催化反应器结构和光源限制、电子与空穴复合、处理效率不高、能量利用率低、光催化性能太低, 不能处理高浓度、大流量废气, 而且能量产量低^[1-3]。Lixin Cao^[4]也指出了紫外光催化的应用必须解决电子与空穴对的复合; 水蒸汽对催化剂催化性能的毒害; 光催化剂的失活; 有毒副产物的产生等问题。这些缺点严重限制了它的实际应用。

等离子体被成为除固体、液体、气体之外的第四种物质存在形态。20 世纪 80 年代以来利用低温等离子体治理环境污染成为国内外研究热点之一, 被誉为最具前景的有毒废气污染治理技术之一。但是单纯等离子体处理废气存在许多缺点, 例如会产生一氧化碳、臭氧、气溶胶颗粒等副产物, 废气分解不完全, 二次污染物多, 而且去除效率低、能耗高, 不适合工业应用^[5-8]。

许多研究表明等离子体不仅能够代替紫外光作为光催化剂的驱动源, 而且能够克服紫外光催化存在的许多缺点; 而在低温等离子体中加入光催化剂能够提高污染物的去除效率, 大大降低能耗和副产物的产生^[9,11-17]。低温等离子体光催化协同净化技术集成了低温等离子体和光催化的优势, 两者相互协同, 优势互补, 而且充分利用了等离子体场中产生的紫外光, 是一种非常高效、节能的降解有机废气的方法, 已成为

国内外的研究热点之一。本文主要介绍等离子体光催化协同净化有机废气国内外研究进展, 并指出了今后研究的方向。

1 低温等离子体-光催化净化有机废气原理

有机物在等离子体光催化中的氧化降解主要有以下几个过程: (1) 高能电子的作用下了产生氧化性极强的自由基 $\cdot\text{O}$ 、 $\cdot\text{OH}$ 、 HO_2 ; (2) 有机物分子受到高能电子碰撞, 被激发及原子键断裂形成小碎片基团或原子; (3) $\cdot\text{O}$ 、 $\cdot\text{OH}$ 、 HO_2 与激发原子有机物分子、破碎的分子基团、自由基等一系列自由基反应。等离子体中的离子、电子、激发态原子、分子及自由基都是极活泼的反应性物种, 使通常条件下难以进行或速度很慢的反应变得快速, 它们再进一步与污染物分子、离子反应, 从而使污染物得到降解, 尤其有利于难降解污染物的处理。另外, 由于活性离子和自由基气体放电时一些高能激发粒子向下跃迁能产生紫外光线, 当光子或电子的能量大于半导体禁带宽度时, 就会激发半导体内的电子, 使电子从价带跃迁至导带, 形成具有很强活性的电子空穴对, 并进一步诱导一系列氧化还原反应的进行。光生空穴具有很强的获得电子能力, 可与催化剂表面吸附的 O_2 和 H_2O 发生反应生成羟基自由基, 从而进一步氧化污染物。由于等离子体放电光催化过程有大量高能电子冲击、活性粒子、紫外线辐射等综合因素的协同作用, 因而可以更快地有效地分解空气中有害物质和灭菌除臭^[9]。

2 低温等离子体-光催化降解有机物研究进展

挥发性有机物(VOCs)是一类比较难降解的气体, 尤其是苯系物, 传统的方法不但降解率较低而且极易产生二次污染。许多研究证明利用等离子体光催化技术处理后则能使之迅速降解, 并且基本无二次污染, 处理效率比单一的等离子体技术和光催化技术都有明显的提高^[11-12,14]。

目前, 等离子体光催化体系净化技术的研究尚处

基金项目: 国家自然科学基金(20577011)

作者简介: 黄海保(1979), 男, 博士研究生, 主要从事废气治理技术的研究。(电话) 020-87111279 (电子信箱) seabao@126.com。

在实验室探索阶段,也有少数工程应用实例。近年来,国内外科研工作者利用该技术在实验室中对空气中难降解的 VOCs 进行了一系列探索性研究。研究结果初步表明,该技术在 VOCs 方面具有较好的性能,比单一的等离子体技术和光催化技术都有明显的提高,更是传统的空气净化技术所无法比拟的。目前等离子体光催化的研究主要集中在等离子体作用机理、等离子体内产生的紫外光及其贡献、去除效果影响因素、协同研究、副产物、催化剂等。

Hyun-Ha Kim 等^[10]指出 Ag/TiO₂ 等离子体系统对处理低浓度有机废气非常有吸引力。催化剂为 1.0wt%Ag/TiO₂ 的等离子体光催化系统对降解低浓度有机物非常有效。当苯入口浓度为 110mg/m³、输入能量密度为 130J/L 时,苯去除率和碳平衡达到 100%。

Hyun-Ha Kim 等^[11]还通过对比等离子体光催化和传统的等离子体反应器(脉冲、介质阻挡、表面放电、填充床)降解气相苯的效果,研究表明等离子体光催化反应器的去除效率、能量效率、碳平衡均最高,而且产生的气溶胶最少。

Atsushi Ogata 等^[12]应用表面放电等离子体光催化降解碳氟化合物进行研究,当等离子体反应器内加入光催化剂 TiO₂ 后,碳氟化合物去除速率大大加强。

Jae Ou Chae 等^[13]研究了等离子体催化协同系统去除室内污染物的研究,利用该系统能有效去除室内空气中的氨、有机物;结果表明只有等离子体会产生大量的臭氧和一氧化碳,对人体非常有害,而当加入催化剂后臭氧出口浓度下降了 10 倍,CO 出口浓度下降 5 倍。等离子体催化是一种非常好的去除室内空气中的污染物、增加空气离子的方法。

梁亚红等^[14]将气体放电等离子体填充床反应器与纳米 TiO₂ 光催化剂相结合,以气体在介质表面放电产生的紫外线为光催化材料的驱动力,将等离子体与光催化两种处理 VOCs 技术相结合来提高反应器的去除效率。实验证明这种气体放电光催化处理 VOCs 的效果是明显的,较无纳米 TiO₂ 光催化涂层提高去除效率 10%~17%。

2.1.1 作用机理研究

目前关于等离子体光催化的作用机理研究不多,研究不系统,研究者大都只研究某一因素对反应的影响,因而得出的不完整甚至片面。目前得到等离子体光催化净化有机废气的机理也是从等离子体催化和紫外光催化类推过来,合理性有待验证。

Hyun-Ha Kim 等^[10]进行了等离子体光催化降解苯的研究,指出苯的降解效果归功于臭氧在 Ag/TiO₂ 的原位分解和高能量密度下的等离子体催化作用。等

离子体光催化和多相催化动力方程类似,这有力证明了等离子体光催化中等离子体驱动的催化反应占主导地位。

Atsushi Ogata 等^[12]进行了等离子体光催化降解碳氟化合物的研究,进气中没有氧元素的情况下通过质谱图观察到氧活性粒子,如 O·, O⁻, O²⁻ 的存在。这些氧活性粒子必定由于等离子体的激发,使催化剂中的晶格氧释放出来。因此二氧化钛光催化剂不仅能被紫外光辐射激发和温度加热活化,而且能在常温下被等离子体激发活化。

Shigeru Futamura 等^[16]指出无声放电等离子体 TiO₂ 光催化反应器中,通过反应前后二氧化钛表面 FT-IR 分析表明二氧化钛的催化效果归功于二氧化钛表面产生的氧活性粒子。有无 TiO₂ 出口处 O₃ 浓度没有变化表明无声放电中产生的 O₃ 不参与苯的降解。并指出提高催化剂表面和气相中活性氧粒子能大大提高 VOC 降解效果。通过对比无声放电等离子体/TiO₂ 系统反应前后 TiO₂ 的 FT-IR 谱图,发现催化剂表面的羟基基团在反应过程中被转化为活性·OH 粒子,·OH 粒子对降解有机物起到了非常重要的作用。

Misook Kang 等^[2]指出等离子体代替了紫外光激发二氧化钛而在表面产生光催化作用,原理由于等离子体能量比紫外光大,因而具有更好的 VOC 去除效果。

2.1.2 等离子体内光源光谱及其作用的研究

许多研究都表明等离子体中产生丰富的紫外线,波长在 250~450nm 之间。但是基本没有对紫外线的强度进行测量。对于紫外线在等离子体光催化中的作用结论不统一,研究方法也欠合理。

Taizo Sano 等^[1]用光谱仪测量了等离子体放电产生的光,测得等离子体放电产生光的波长位于 290~400nm 之间。当在反应器中放置光催化剂时,没有观察到紫外光,说明等离子体放电产生的紫外光被光催化剂吸收。他们考察了等离子体产生紫外光的强度,对比了等离子体产生的污染物光催化降解效果和外加紫外光源的污染物光催化降解效果,发现等离子体产生的污染物光催化降解效果非常微弱,大大小于等离子体驱动光催化剂产生的污染物降解效果。等离子体放电产生紫外光所贡献的光催化降解作用在整个等离子体光催化体系里面占的比重仅为 0.2%。但作者没有研究等离子体放电产生紫外光对等离子体光催化内部性能作用的研究,也没有研究等离子体驱动光催化在整个等离子体光催化系统占主导地位的机理。

Hyun-Ha Kim^[10]分别以 N₂ 和 Ar 作为背景气氛考察等离子体光催化中苯降解,发现两者间处理效果没有显著差别,由于 N₂ 在等离子体中发出紫外光,而

Ar 在等离子体中产生可见光,得出结论:等离子体中紫外光的作用可以忽略。但并没有测量等离子体产生紫外光的光谱和光强,没有考虑到 N_2 和 Ar 背景气氛差异,Ar 是亚稳态气体,能够降低放电电压,提高降解效率;还没有考虑到光催化剂在等离子体中的催化性能的改性,改性后在可见光中也具有催化效果。

Misook Kang 等^[19]和 Byung-Yong Lee 等^[3]分别测量了等离子体产生的紫外线,发现其光谱与 365nm 的紫外光的光谱类似。等离子体产生的紫外线对应的能量在 3~4eV,可以代替紫外灯作为光催化剂的光源。

2.1.3 等离子体光催化之间协同研究

纵观目前国内研究成果,等离子体-光催化协同净化有机废气的研究基本上都只是考察影响某种废气(比如甲苯)去除率的影响因素,证明等离子体和催化两者结合有协同效用,从某种角度上来推测反应机理。

Isao Nakamura 等^[18]进行了等离子体对光催化的改性研究,把 TiO_2 放置于等离子场,分别处理 0min, 10min, 30min 和 60min,通过测量它们的 UV-VIS 光谱发现经过处理后的 TiO_2 不仅保留了原有的紫外光催化性能,而且具有可见光的催化性能。原因是在导带和价带之间形成了新的氧空穴态,改变了光激发过程,从而使经过等离子体处理过的光催化剂具有了可见光的催化性能。

陈刚等^[19]利用等离子体-光催化复合技术净化污水处理泵站臭气,研究表明,该种复合技术具有较显著的协同促进效应,但发现正、负离子可能与光催化剂表面具有光催化活性的光生电子及空穴作用,从而影响光催化剂的降解效率。通过改变等离子体发生单元与光催化单元的距离以及在两者之间放置去静电网,可消除等离子体单元产生的负电荷对光催化单元的不利影响,进一步提高其复合效应。

2.1.4 影响 VOC 去除效率的因素研究

影响等离子体光催化净化效率的因素很多,主要包括气体能量密度、催化剂组成、载体、添加剂、反应器形式等。

Hyun-Ha Kim 等^[12]研究并评估了五种不同形式的等离子体反应器(脉冲、介质阻挡、表面放电、填充床以及等离子体催化)降解气相苯的效果,研究发现在不同反应器中苯的降解效果接近,说明等离子体反应器的形式不起决定性作用。在 Ag/TiO_2 等离子体催化中,水蒸汽的存在降低了苯的去除效果,这表明羟基活性粒子在降解苯时的作用不起不重要作用。

Atsushi Ogata 等^[13]应用表面放电等离子体光催化降解碳氟化合物进行了研究,通过改变反应器的结构、材料和电极,发现污染物的去除效果在相同的能

量密度和风速下变化不大,说明等离子体光催化与停留时间、反应器结构无关,只与输入能量密度有关。Atsushi Ogata 等通过添加水蒸汽、氧气和氢气来研究添加剂对 $CClF_3$ 去除效果的影响,研究表明添加水蒸汽、氧气和氢气能够不同程度提高 $CClF_3$ 去除率,其中氢气效果最为明显。

Tetsuji. Oda 等^[21]利用 plasma/ TiO_2 降解三氯乙烯,结果表明催化剂的添加对于提高能量效率非常有效,但是会导致产生一些副产物。催化剂颗粒大小和表面状况对于放电模式、能量效率、去除效果有非常重要的作用。在 400℃ 焙烧得到的光催化剂显示最好的催化性能,这可能由于其具有较大的比表面积和放电模式的改变。

Tetsuji Oda 等^[22]利用低温等离子体协同催化去除三氯乙烯(TCE)进行研究,浓度为 100~1000mg/m³。实验中用了两种催化剂,三种不同的反应器。催化剂为 Cu-ZSM-5(沸石)和 V_2O_5/TiO_2 。实验得到以下结论:(1)等离子体与催化剂协同作用需要准确地区分催化剂化学吸收去除的 TCE,还是等离子体催化去除的 TCE。(2)催化剂 Cu-ZSM-5 的对 TCE 的吸附能力非常强,饱和时间很长,因而低温等离子体去除 TCE 的效果不明显。 V_2O_5/TiO_2 催化剂对于 1000mg/m³ TCE 的饱和时间为 6min, 100mg/m³ TCE 的饱和时间为 40min。等离子体去除 <10mg/m³ 的 TCE 时效果不明显。40J/L 是最为经济的能量耗率,这时 TCE 的转化率可达 90% 以上。

梁亚红等^[23]在反应体系中使用多孔性的陶瓷材料作为光催化剂载体后,即使在处理浓度高达 1000mg/m³ 的苯时,其效率仍高达 94.9%,系统效率相当高。梁亚红等^[16]还通过试验发现等离子体光催化中去除效率的主要因素是电压、入口浓度、气体流量以及反应器的线圈匝数,其中电压的影响最为显著。当电压升高至 27.5kV 以上时,有纳米 TiO_2 涂层填料的反应器苯的去除效率提高很快。

张增凤等^[24]利用介质阻挡放电与光催化相结合的方法来去除室内 VOC 中的甲醛。研究了以不同介质作为填充物时甲醛的去除率与电压的关系。实验发现,填充具有较大比表面积的介质小球有利于甲醛的脱除,同时,填充二氧化钛催化剂时甲醛去除率高于填充 $-Al_2O_3$ 小球时甲醛的脱除率。

3 展望

等离子体光催化它集合了等离子和光催化的优点,优势互补,而且两者之间能够起到协同作用,克服双方存在的缺点,相互促进,因而对空气污染物具有优良的去效果。研究表明等离子体光催化技术具有

净化效率高、能耗低、适应性广、光催化剂自动活化等优点,在去除有机废气中显示非常好的效果,是一项非常值得研究和具有广泛应用前景的技术。

然而等离子体光催化协同净化技术的研究刚刚起步,研究成果不多。纵观目前国内研究成果,等离子体-光催化协同净化有机废气的研究基本上都只是考察影响某种废气(比如甲苯)去除率的影响因素,证明等离子体和催化两者结合有协同效用,从某种角度上来推测反应机理,而对反应中的各种产物没有进行定性及定量的研究,对反应过程的和反应机理缺乏深入系统研究;对光催化剂如何在等离子体场下起重要作用等机理性的研究甚少。不十分清楚等离子体与光催化反应的协同关系,这也就障碍了我们进一步了解等离子光催化,限制了更加有效地利用等离子体光催化来优化反应过程。因此今后必须加强等离子体光催化的作用机理研究。

[参考文献]

- [1] Taizo Sano, Nobuaki Negishi, Emiko Sakai, et al. Contributions of photocatalytic/catalytic activities of TiO_2 and Al_2O_3 in nonthermal plasma on oxidation of acetaldehyde and CO[J]. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2006, 245, 235-241.
- [2] Misook Kang, Bum-Joon Kim, Sung M Cho¹, et al. Decomposition of toluene using an atmospheric pressure plasma/ TiO_2 catalytic system[J]. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2002, 180, 125-132.
- [3] Byung-Yong Lee, Sang-Hyuk Park, Sung-Chul Lee, et al. Decomposition of benzene by using a discharge plasma-photocatalyst hybrid system[J]. *Catalysis Today*, 2004, 93-95, 769-776.
- [4] Lixin Cao. Photocatalytic degradation of air contaminants [D]. University of Connecticut, 2001.
- [5] T Oda, T Takahashi, K Yamaji. Nonthermal plasma processing for dilute VOC's decomposition[J]. *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, 2002, 5/6(38):873-878.
- [6] T Oda. Non-thermal plasma processing for environmental protection: Decomposition of dilute VOCs in air[J]. *J. Electrostatics*, 2003, 57, 293-311.
- [7] K Urashima, J-S Chang. Removal of volatile organic compounds from air streams and industrial flue gases by non-thermal plasma technology[J]. *IEEE Trans. Dielect. Elect. Insulation*, 2000, 10(7):602-614.
- [8] V Demidiouk, S I Moon, J O Chae. Toluene and butyl acetate removal from air by plasma-catalytic system[J]. *Catalysis Commun*, 2003, 4, 51-56.
- [9] 张晓明,黄碧纯,叶代启. 低温等离子体光催化净化空气污染物技术研究进展[J]. *化工进展*, 2005, 24(9):964-967.
- [10] Hyun-Ha Kim, Seung-Min Oh, Atsushi Ogata, et al. Decomposition of gas-phase benzene using plasma-driven catalyst (PDC) reactor packed with Ag/TiO_2 catalyst[J]. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2005, 56:213-220.
- [11] Hyun-Ha Kim, Hitomi Kobara, Atsushi Ogata, et al. Comparative Assessment of Different Nonthermal Plasma Reactors on Energy Efficiency and Aerosol Formation from the Decomposition of Gas-Phase Benzene[J]. *IEEE*, 2005, (1): 206-214.
- [12] Atsushi Ogata, Hyun-Ha Kim, Shigeru Futamura, et al. Effects of catalysts and additives on fluorocarbon removal with surface discharge plasma[J]. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2004, 53:175-180.
- [13] Jae Ou Chae, Vladimir Demidiouk, Mikolay Yeulash, et al. Experimental Study for Indoor Air Control by Plasma-Catalyst Hybrid System[J]. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 2004, 32, (2):493.
- [14] 梁亚红,张鹏,马广大. 气体放电光催化去除 VOCs 的实验研究[J]. *环境工程*, 2004, 22(2):46-49.
- [15] 陈刚,牛炳晔,刘伟,等. 等离子体催化氧化恶臭污染物的试验[J]. *环境工程*, 2006, 24(1):49-53.
- [16] Shigeru Futamura, Hisahiro Einaga, Hajime Kabashima, et al. Synergistic effect of silent discharge plasma and catalysts on benzene decomposition[J]. *Catalysis Today*, 2004, 89-95.
- [17] Hyun-Ha Kim, Seung-Min Oh, Atsushi Ogata, et al. Plasma-driven Catalyst Process for the Decomposition of VOCs [J]. *IEEE*, 2004(5):561-565.
- [18] Isao Nakamura, Nobuaki Negishi, Shuzo Kutsuna, et al. Role of oxygen vacancy in the plasma-treated TiO_2 photocatalyst with visible light activity for NO removal[J]. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 161, 2000, 205-212.
- [19] Misook Kang, Yu-Ri Ko, Min-Kyu Jeon, et al. Characterization of Bi- TiO_2 nanometer sized particle synthesized by solvothermal method and CH_3CHO decomposition in a plasma-photocatalytic system[J]. *IEEE*, 2005, 2.
- [20] Tetsuji Oda, Tadashi Takahashi, Kei Yamaji. Non-thermal plasma processing for environmental protection: decomposition of dilute VOCs in air[J]. *IEEE*, 2002, (3):873-878.
- [21] Tetsuji Oda, Tadashi Takahashi, Shutaro Kohzuma. Decomposition of trichloroethylene by non-thermal plasma with catalyst[J]. *IEEE*, 1999, 1489-1494.
- [22] Tetsuji Oda, Tadashi Takahashi, Kei Yamaji. TCE decomposition by the non-thermal plasma process concerning ozone effect[J]. *IEEE*, 2002, 1822-1828.
- [23] 梁亚红,张鹏,党小庆,等. 气体放电条件下负载光催化剂陶瓷的实验研究[J]. *西安建筑科技大学学报*, 2004, 36(2): 179-182.
- [24] 张增凤, 丁慧贤. 低温等离子体-催化脱除室内 VOC 中的甲醛[J]. *黑龙江科技学院学报*, 2004, 14(1):15-18.

(收稿 2006-10-20; 修回 2006-12-29)

studied to investigate the impact of Fe^{2+} /Coke ratio, Fe^{2+} /Coke dosage, H_2O_2 dosage, pH in wastewater and reaction time on treatment efficiency. Results showed that comparing with traditional internal electrolysis, treatment of coking wastewater with Fe^{2+} /Coke/ H_2O_2 can greatly improve the efficiency and shorten the reaction time. Under the optimal conditions of Fe^{2+} /Coke ratio 4, Fe^{2+} /Coke dosage of 300mg/L, Fe^{2+} plus 75mg/L Coke, H_2O_2 dosage of 1000mg/L, pH in wastewater of 3 and reaction time of 20min, the removal efficiency of COD, color, $\text{NH}_3\text{-N}$ and CN^- was up to 61.2%, 74.0%, 56.2% and 74.3% respectively, and B/C improving from 0.189 to 0.387, with quite good biochemical property of treated water.

Key words: coking wastewater; Fe^{2+} ; H_2O_2 ; internal electrolysis; Fenton; reagent

Research on Degradation of VOCs by Nano-Coating Materials

HE Jian-yun, SUN Fang

(Lab of High Performance UV Materials, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029)

Abstract ID:1003-6504(2007)08-0093-03-EA

Abstract: Sol-gel process was applied to preparing Ce-doped nano-coating materials with the method of dip-drawing. Comparative study is conducted for doped and un-doped TiO_2 using XRD, and morphology of nano-materials surface was observed using TEM. Degradation experiment was carried out on acetone and showed that Ce-modified TiO_2 nano-coating can enhance degradation of acetone with irradiation of visible light.

Key words: sol-gel method; doped TiO_2 ; nano-coating; degradation of acetone

Synergetic Decomposition of VOCs using Plasma/Photocatalysis System

HUANG Hai-bao, YE Dai-qi

(School of Environment Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640)

Abstract ID:1003-6504(2007)08-0095-04-EA

Abstract: Plasma/photocatalysis system which combines the advantage of non-thermal plasma with that of photocatalysis with synergetic effect is a high effective technology for decomposition of VOCs with low energy consumption. The advances on plasma/photocatalysis including mechanism, spectrum, removal influence factors and synergy were introduced, and further development of technology was also presented.

Key words: photocatalysis; non-thermal plasma; plasma/photocatalysis; synergy; VOCs

Remediation Technology and Development Tendency for Water Quality of Urban Rivers

ZOU Cong-yang, ZHANG Wei-jia, LI Xin-hua, LI Da-peng

(Suzhou Science and Technology Institute, Suzhou 215011)

Abstract ID: 1003-6504(2007)08-0099-04-EA

Abstract: Based on the analysis of the existing pollution status of urban rivers, the remediation technology including physical, chemical and bioecological technology were introduced, with analysis of their advantage, disadvantage and applicability. The developmental tendency was also predicted.

Key words: urban river; pollution; remediation technology; developmental tendency

Pollution Control of Highway Runoff

ZHAO Jin-hui^{1,2}, WANG Yan-xia¹

(1.School of Environment Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098; 2.Nanjing University of Technology, Nanjing 210009)

Abstract ID: 1003-6504(2007)08-0103-04-EA

Abstract: With rapid development of highway in China, more attentions are paid to highway runoff pollution. Based on progress on road runoff control measure, a summary was made on characteristics and application condition of highway runoff control measure from point of non-engineering and engineering measures. Future study was proposed to give a reference for related study and engineering practice.

Key words: highway; rainfall runoff pollution; control measure

Air Pollution Control by Plasma-photocatalyst Hybrid System

ZHANG Shao-jun¹, WANG You-jun¹, Hou Li-an²

(1.Second Artillery Engineering Institute, Xi'an 710025;

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

Abstract ID: 1003-6504(2007)08-0107-05-EA

Abstract: Mechanism of air pollution control by utilizing plasma-photocatalyst hybrid system was analyzed synthetically. Influencing factors to plasma-photocatalyst hybrid system was discussed, and method to remove ozone was described. The studies on the technology to remove VOCs, NO_x as well as sterilization were reviewed. Future development was also proposed.

Key words: plasma; photocatalysis; hybrid; air pollution

Transformation of Wastewater Quality in Municipal Sewer

ZHANG Tao, ZHOU Dan

(School of Architectural and Surveying Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000)

Abstract ID:1003-6504(2007)08-0112-04-EA

Abstract: The opinion of sewer as a reactor is being taken into consideration. The impact of sewer on wastewater treatment plant as well as biological transformation process in the sewer and dynamic model of transformation of wastewater quality were illustrated.

Key words: sewer; pipe; water quality