

# 天然与人工合成雌激素及其去除途径

曾庆玲, 李咏梅, 赵俊明, 顾国维

( 同济大学污染控制与资源化国家重点实验室, 上海 200092)

**摘要:** 文章介绍了环境雌激素的种类及其危害。主要讨论了天然雌激素(雌酮、17 $\beta$ -雌二醇)与人工合成雌激素(17 $\beta$ -乙炔基雌二醇)的物化性质与结构、危害及其在污水处理中的去除途径。结合近期国内外对环境雌激素的研究, 指出污水处理中天然与人工合成雌激素主要通过吸附、生物降解和高级氧化去除。

**关键词:** 雌激素; 污水处理; 吸附; 降解; 高级氧化

**中图分类号:** X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6504(2007)10-0108-04

随着人口的迅速增长、工农业生产的迅猛发展和人民生活水平的不断提高, 人类对化学物质的依赖程度也越来越高。这些化学物质在造福人类的同时对环境和人类健康构成极大的危害。环境雌激素 (Environmental estrogens), 是进入环境的一类外源性化学物质, 它们进入生物体内后可以通过模拟或阻断天然激素, 刺激或抑制激素的生物效应, 干扰激素合成、转运及清除等生物过程, 或改变神经、免疫和内分泌系统的正常调控功能, 从而对野生动物和人类健康造成危害<sup>[1-3]</sup>。

环境雌激素主要通过人体和生物体以排泄的方式进入环境。它们在自然界中较为普遍, 危害也较大, 即使在极低浓度下(ng/L)也会对生物产生很大的影响<sup>[4]</sup>。环境雌激素对人类及动物内分泌系统的影响已越来越受到全世界的关注, 环境雌激素的存在及其对人和动物的危害性都已得到不同程度的证实。天然与人工合成雌激素作为环境中的两大类雌激素, 它们在城市污水处理中较为常见<sup>[5-6]</sup>。本文讨论天然与人工合成雌激素的种类、物化性质与结构、危害及其在污水处理中的去除途径。

## 1 雌激素种类

### 1.1 天然雌激素

天然雌激素主要是指雌二醇(Estradiol, E2), 雌三醇(Estriol, E3)和雌酮(Estrone, E1)等人和动物体内天然存在的雌激素, 其中又以雌二醇的雌激素作用最强。通常情况下主要由人或哺乳动物的卵泡颗粒细胞分泌, 此外肾上腺皮质和睾丸间质细胞也能分泌少量雌激素。无论雄性和雌性动物体内都存在一定比例的雌、雄激素, 它们都由胆固醇衍生而来, 可以互相转变<sup>[7]</sup>。

### 1.2 人工合成雌激素

人工合成雌激素既包括与雌二醇结构相似的类固醇衍生物, 也包括结构简单的同型物, 即非甾体雌激素, 它们常被作为药物使用。己烯雌酚(DES)是其代表, 还有己烷雌酚(hexestrol)、炔雌醇(ethinylestradiol, EE2)、炔雌醚(quinestrol)等口服避孕药和一些用于促进家畜生长的同化激素。人工合成雌激素还包括杀虫剂、日用品中的有机化合物、电子产品中的甲基苯、苯胺、酚、烷基类等物质。

## 2 物化性质与结构、危害

### 2.1 物化性质与结构

本文主要讨论天然雌激素雌酮、雌二醇与人工合成雌激素乙炔基雌二醇的去除途径。这几种雌激素是影响水生环境的主要内分泌干扰物, 而且它们结构极为相似, 在环境中较为常见, 有一定的雌激素效应, 具有一定的代表性。

雌酮, 又叫雌激素酮,  $C_{18}H_{22}O_2$ , 分子量 270.37。白色结晶, 无气味, 在空气中稳定。雌酮溶于乙醇、丙酮、二氧六环、苯、氯仿和氢氧化碱溶液, 微溶于乙醚和植物油, 几乎不溶于水。其熔点  $d_l$  251~254 $^{\circ}C$ ,  $d$  254.5~256 $^{\circ}C$ 。

通常讲的雌二醇是指 17 $\beta$ -羟基雌二醇, 即 $\beta$ -雌二醇,  $C_{18}H_{24}O_2$ , 分子量 272.39。棱柱体结晶, 无气味, 无味, 在空气中稳定。易溶于乙醇、溶于丙酮、二氧六环、其他有机溶剂和氢氧化碱溶液, 微溶于植物油, 几乎不溶于水。其熔点 173~179 $^{\circ}C$ 。最大吸收波长 225、280nm, 有致畸可能性。

17 $\beta$ -乙炔基雌二醇,  $C_{20}H_{24}O_2$ , 分子量 296.41。白色到奶白色结晶性粉末, 无气味, 无味。溶于乙醇、丙酮、氯仿、乙醚、二氧六环、植物油和氢氧化碱溶液, 几乎不溶于水。其熔点 141~146 $^{\circ}C$  (半水合物), 182~184 $^{\circ}C$  (无水品)<sup>[8]</sup>。

此三种化合物的结构式, 英文名称及英文缩写见图 1。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 50578114

作者简介: 曾庆玲 (1975-), 女, 在读博士生, 研究方向为水污染控制(手机) 13482455618(电子邮箱) Zerozql@163.com。

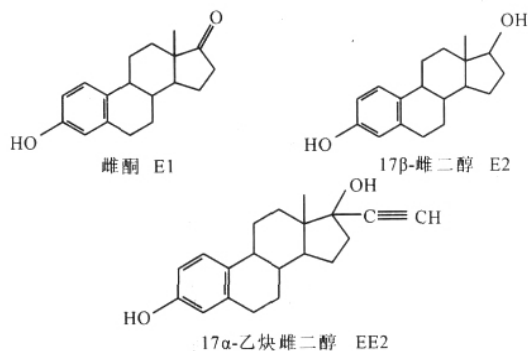


图1 雌酮、雌二醇和乙炔雌二醇的结构式、英文名称及英文缩写

## 2.2 雌激素危害

对人类的影响: 人类的生殖健康受到环境雌激素的威胁, 表现为男性精液质量下降、不育率增高、性腺发育不良、生殖器官肿瘤发病增加和先天性畸形增多, 还引起生殖解剖学结构的改变 如隐睾症、尿道下裂、子宫内膜异位、阴阳人、发育不全等)。环境雌激素还可能引起妇女子宫癌和乳腺癌的发病率增加、儿童性成熟年龄提前、新生儿免疫力下降, 一些神经系统的疾病也被证实与雌激素有关。

对动物的危害: 环境雌激素的污染使大量野生动物的繁殖能力下降而濒临灭绝。雌激素可引起动物界的雌性化现象, 如导致鱼类的雌性化, 雄鱼生殖腺退化、体内出现卵黄蛋白原, 同时在幼鱼中出现变态; 可以导致海豹和鲸鱼等哺乳动物生殖系统发生病变、免疫力下降。对鸟类的研究表明, 一些鸟类种群数量的减少, 与人工合成化学物质的污染有直接联系, 这些物质可以导致鸟类繁殖力下降, 具体表现为孵化率降低, 胚胎发育过程中出现变态等<sup>[9]</sup>。

## 3 去除途径

污染物进入环境中会通过各种途径发生迁移与转化。通常, 污染物可以通过水解、扩散、吸附、降解等过程在环境中迁移转化。由于雌激素的特殊性质, 即在自然条件下较难发生水解, 污水处理中雌激素主要通过吸附、生物降解和高级氧化去除。至于污水处理系统中雌激素的去除究竟基于什么机理, 不同国家的研究者对不同污水处理系统进行了研究, 由于各地原污水中雌激素含量与所考察的污水处理设施不同, 得到的研究结果不尽相同。下面结合最近国内外相关研究作重点性的介绍。

### 3.1 吸附

研究表明, 污水处理中, 环境雌激素可吸附在有机物、活性污泥或失活污泥上, 通过沉淀去除。在有的污水处理厂中, 吸附是去除环境雌激素的主要途径, 图1所示3种雌激素在有机物或污泥上的吸附亲和

力是  $E1 < E2 < EE2$ 。

Braga, Andersen 等人<sup>[10-11]</sup>研究了雌激素通过活性污泥吸附的去除情况, 他们的研究结论相似。研究表明, 污水初级处理中雌激素化合物主要通过活性污泥吸附去除, 其去除率为 50%~75%。雌酮、雌二醇与乙炔雌二醇的辛醇-水分配系数( $K_{ow}$ )为:  $E1(\log K_{ow} 3.4) < E2(\log K_{ow} 3.9) < EE2(\log K_{ow} 4.1)$ 。与活性污泥上吸附系数相对大小一致, 它们的水-活性污泥颗粒分配系数( $K_d$ )为:  $E1(402 \pm 126 \text{ L/kg}) < E2(476 \pm 192 \text{ L/kg}) < EE2(584 \pm 136 \text{ L/kg})$ 。 $K_d$ 值可用于预测典型污水处理厂分配达到平衡后雌激素被活性污泥吸附的程度。假定悬浮固体浓度为 4g/L, 那么 E1、E2 和 EE2 在活性污泥上的吸附率分别为:  $61 \pm 9\%$ 、 $66 \pm 13\%$  和  $70 \pm 6\%$ 。表明 EE2 比 E2 和 E1 在活性污泥颗粒上有更好的吸附性能。

Clara 等<sup>[12]</sup>不但研究了雌二醇与乙炔雌二醇在活性污泥上的吸附去除, 还研究了雌激素在失活污泥上的吸附行为。设计实验研究了吸附动力学, 建立了 Freundlich 吸附等温线。另外还计算了吸附系数  $K_D$ 、 $K_{QM}$  和  $K_{CO}$ 。结果表明, 实验中应用的雌激素在活泥上只要没达到饱和, 不管其浓度多高, 都对吸附剂有很高的吸附亲和力。24h 内, 活性污泥与失活污泥对雌激素的吸附没出现差别。进一步研究发现, 吸附行为与 pH 值有关。Strenn 等<sup>[13]</sup>也用 Freundlich 动力学研究了 E2 和 EE2 在活性污泥与失活污泥上的吸附行为, 研究在低负荷污水处理厂进行。研究结果与 Clara 等人的结果一致, 雌激素在污泥上的吸附与 pH 值有关, E2 和 EE2 对污泥吸附剂有高度亲和力。

### 3.2 生物降解

在污水处理系统中, 雌激素除了通过吸附去除以外, 更多的研究表明生物降解也是去除雌激素的主要途径。不少研究人员<sup>[14-16]</sup>研究了污水处理中雌激素的生物降解情况, 得到的研究结论相似, 雌激素生物降解主要在好氧条件下进行, 降解速率较慢。E2 一般是先降解为 E1, 降解率较高, 但要花几小时降解; E1 再降解也要花几小时; EE2 的降解情况不是很理想, 要花几天时间才开始降解, 且降解率低。雌激素生物降解的相关反应如下: (1) 结合态物质(主要是葡糖苷酸和硫酸盐)的分解; (2) E2 氧化成 E1; (3) 厌氧条件下, E1 还原成 E2; (4) E1 降解成一种未知物质; (5) EE2 降解成未知物质<sup>[14]</sup>。

Servos 等<sup>[15]</sup>研究了雌激素的好氧降解。在好氧间歇式反应器中, 24h 内 E2 和 E1 的降解率达到 95% 以上, 但 120h 后仍能检测出 E1。传统活性污泥法, 经过

二级处理,出水 E2 的降解率为 75%以上,甚至可高达 98%。此研究还表明,雌激素可通过硝化过程去除,且硝化的程度与雌激素去除率有关,很多因素影响硝化菌的增长,包括 pH 值、氧气与温度等。Weber 等人<sup>[16]</sup>通过序批式试验研究了天然雌激素 E2 与合成雌激素 EE2 的好氧降解。研究结果表明,活性污泥能很好的降解 E1 和 E2,但对 EE2 降解性能很差,即使通过驯化使污泥中降解雌激素的微生物增加,EE2 降解仍不太理想,说明 EE2 主要不是通过生物降解去除。

厌氧条件下,天然雌激素也有一定程度的降解率。Joss 等人<sup>[14]</sup>的研究显示,雌酮(E1)的降解在所有氧化还原条件下都以较高速率进行,在厌氧条件下也能降解,只是好氧与厌氧条件下降解速率不同。为了研究 E2 的厌氧降解情况,序批式试验前,将新鲜活性污泥放置于容器内足够长时间,使污泥中的  $O_2$  和硝酸盐都去除,厌氧条件下 E2 仍发生降解,其电子受体究竟是什么还不得而知,但污泥中存在毫克级的  $Fe^{3+}$  离子和数种有机氧化物,可能充当了电子受体。

### 3.3 高级氧化

高级氧化也是去除雌激素的一种有效途径。研究表明,高级氧化将成为污染物降解和废水处理的一种新型手段,环境雌激素污染物的光解与氧化研究也已成为热点。光解与氧化作用是环境雌激素污染物真正的分解过程,因为它不可逆地改变了反应分子,强烈地影响其在环境中的归趋。

Feng 等<sup>[17]</sup>研究了光-芬顿试剂法(photo-Fenton)降解水中的雌酮 E1。实验中以 250W 金属卤化物灯(313 nm)为辐射光源,结果表明, $H_2O_2$  浓度在 208~1664  $\mu\text{mol/L}$  范围内,E1 的降解率随  $H_2O_2$  浓度的增加而增加; $Fe^{3+}$  浓度在 5.2~41.6  $\mu\text{mol/L}$  范围内,E1 的降解率随  $Fe^{3+}$  浓度的增加而增加,最终的降解率高达 99%以上。UV- $Fe^{3+}/H_2O_2$  系统也能降解其他雌激素,可降解性顺序为  $E2 > EE2 > E1$ 。

Ohko 等<sup>[18]</sup>研究了  $TiO_2$  光催化降解水中雌二醇,通过试验与理论计算 E2 分子的前体电子密度,讨论了  $TiO_2$  光催化降解 E2 的机理。光催化反应的结果是 E2 完全被矿化,通过 GC/MS 分析推论出二羟基雌二烯酮(DEO)和甾酮(TS)类似物是反应的中间产物,其中间产物不具有潜在的雌激素活性。E2 分子苯环上的 1/2 键是与人类雌激素受体(hER)反应的基本官能团之一,是光催化降解 E2 的起始点。光催化降解其他雌激素与降解 E2 的机理类似。此试验在投加 1.0g/L 的  $TiO_2$  下,UV 照射 3h,  $10^{-6}\text{mol/L}$  的 E2 全部被矿化为  $CO_2$ 。光催化降解开始雌激素就失去了活性,以  $TiO_2$  作为光催化剂,UV 照射 30min 后,E2 降解了 99%以

上,反应遵循一级反应动力学。研究表明, $TiO_2$  光催化降解用于污水处理中,能有效去除天然与人工合成雌激素,且不产生任何具有雌激素活性的中间产物。

Huber 等<sup>[19]</sup>研究了臭氧( $O_3$ )对乙炔雌二醇 EE2 的氧化。氧化机理是  $O_3$  选择性的攻击官能团,EE2 分子苯环上的 1/2 键与  $O_3$  反应活性最高,反应速率快,第二活性高的是乙炔基,且降解反应产生的中间产物雌激素活性非常低,不及 EE2 雌激素活性的 0.5%。文中研究了  $O_3$  剂量对 EE2 降解的影响,低剂量时只有苯环上的 1/2 键断裂,高剂量时除了 1/2 键断裂,乙炔基也断裂。溶液中 pH 值对 EE2 的光降解存在明显影响,中性条件( $pH=7$ ),EE2 与  $O_3$  反应的二级反应速率常数( $K_{O_3}$ )很高, $K_{O_3}=3 \times 10^6 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ,pH8 比 pH7 的速率常数  $K_{O_3}$  高 10 倍。EE2 和臭氧反应,改变了分子结构,所以降低了雌激素活性。臭氧氧化是污水处理中控制 EE2 一种很有前景的方法。

### 4 结语

环境雌激素能对野生动物和人类健康造成危害,研究环境雌激素在环境中的迁移转化及降解已成为研究的热点。以上研究表明,污水处理系统雌激素主要通过吸附、生物降解和高级氧化去除。生物降解和吸附能较好去除 E2 和 E1,但 EE2 生物降解性较差,主要是通过吸附去除;高级氧化也是去除各种雌激素的有效途径。不同国家不同地区,应依据当地的雌激素来源与总量,污水处理设施水平,结合雌激素去除效率与成本、受纳水体要求、对环境的负面效应等全面考虑,采取适当的措施,最大限度去除雌激素,减少危害。

我国是一个人口和农业大国,由人体和动物产生的雌激素可能更多,存在的问题更大,应加大资金投入,对雌激素在环境中的存在、迁移、归趋和去除方法进行深入研究,以减轻或消除其对环境的污染和人体健康的影响。

#### [参考文献]

- [1] Zuo Y, Zhang K, Deng Y. Occurrence and photochemical degradation of 17 $\beta$ -ethinylestradiol in Acushnet River Estuary[J].Chemosphere, 2006, 63(9):1583- 1590.
- [2] Hu JY, Zhang HF, Chang H. Improved method for analyzing estrogens in water by liquid chromatography- electrospray mass spectrometry[J]. J Chromatogr A, 2005, 1070(1- 2): 221- 224.
- [3] Garcia -Reyero N, Raldua D, Quiros L, et al. Use of vitellogenin mRNA as a biomarker for endocrine disruption in feral and cultured fish [J]. Anal Bioanal Chem, 2004, 378 (3): 670- 675.



- [4] Khanal SK, Xie B, Thompson ML, et al. Fate, transport and biodegradation of natural estrogens in the environment and engineered systems[J]. *Environ Sci Technol*, 2006, 40(21): 6537- 6546.
- [5] Suzuki Y, Maruyama T. Fate of natural estrogens in batch mixing experiments using municipal sewage and activated sludge[J]. *Water Research*, 2006, 40(5): 1061- 1069.
- [6] Lyko S, Wintgens T, Melin T. Estrogenic trace contaminants in wastewater- possibilities of membrane bioreactor technology [J]. *Desalination*, 2005, 178(1- 3): 95- 105.
- [7] 刘先利, 刘彬, 邓南圣. 环境内分泌干扰物研究进展[J]. *上海环境科学*, 2003, 22(1): 57- 63.
- [8] 中国医药集团上海化学试剂公司. 试剂手册 (第三版)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002.
- [9] Gibson R, Smith MD, Spary CJ, et al. Mixtures of Estrogenic Contaminants in Bile of Fish Exposed to Wastewater Treatment Works Effluents [J]. *Environ Sci Technol*, 2005, 39(8): 2461- 2471.
- [10] Braga O, Smythe GA, Schafer AI, et al. Fate of Steroid Estrogens in Australian Inland and Coastal Wastewater Treatment Plants[J]. *Environ Sci Technol*, 2005, 39(9): 3351- 3358.
- [11] Andersen HR, Hansen M, Kjolholt J, et al. Assessment of the importance of sorption for steroid estrogens removal during activated sludge treatment[J]. *Chemosphere*, 2005, 61(1): 139- 146.
- [12] Clara M, Strenn B, Saracevic E, et al. Adsorption of bisphenol - A, 17 - estradiol and 17 - ethinylestradiol to sewage sludge[J]. *Chemosphere*, 2004, 56(9): 843- 851.
- [13] Strenn B, Clara M, Kreuzinger N. Degradation and adsorption to activated sludge of bisphenol - A, 17 - estradiol and 17 - ethinylestradiol[J]. Las Palmas, Spain: WIT Press, Southampton, United Kingdom, 2003, 237- 246.
- [14] Joss A, Andersen H, Ternes T, et al. Removal of Estrogens in Municipal Wastewater Treatment under Aerobic and Anaerobic Conditions: Consequences for Plant Optimization [J]. *Environ Sci Technol*, 2004, 38(11): 3047- 3055.
- [15] Servos MR, Bennie DT, Burnison BK, et al. Distribution of estrogens, 17 - estradiol and estrone, in Canadian municipal wastewater treatment plants[J]. *Sci Total Environ*, 2005, 336(1- 3): 155- 170.
- [16] Weber S, Leuschner P, Kampfer P, et al. Degradation of estradiol and ethinyl estradiol by activated sludge and by a defined mixed culture[J]. *Appl Microbiol Biot*, 2005, 67(1): 106- 112.
- [17] Feng XH, Ding SM, Tu JF, et al. Degradation of estrone in aqueous solution by photo- Fenton system[J]. *Sci Total Environ*, 2005, 345(1- 3): 229- 237.
- [18] Ohko Y, Iuchi Ki, Niwa C, et al. 17 - Estradiol Degradation by  $\text{TiO}_2$  Photocatalysis as a Means of Reducing Estrogenic Activity[J]. 2002, 4175- 4181.
- [19] Huber MM, Ternes TA, von Gunten U. Removal of estrogenic activity and formation of oxidation products during ozonation of 17 - ethinylestradiol[J]. *Environ Sci Technol*, 2004, 38(19): 5177- 5186.

(收稿 2006- 12- 20; 修回 2006- 12- 21)

(上接第 59 页)

功于武汉市近几年来对除尘技术改造和控制道路扬尘的重视, 使武汉市内粉尘排放量大幅降低。

### 3 结论

(1) 总的看来, 武汉市大部分地区的大气环境质量基本达到国家二级标准。PM<sub>10</sub> 趋于下降, SO<sub>2</sub> 浓度趋于上升, NO<sub>2</sub> 浓度有所控制, 这五年的大气环境综合质量略有改善。

(2) 由于石油燃料的增加和交通运输的发展, NO<sub>2</sub> 浓度显著升高, 且 NO<sub>2</sub> 因子所占的权重有上涨的趋势, 煤烟石油混合型的污染特征将越来越明显。

(3) 虽然武汉市大气的 PM<sub>10</sub> 有下降趋势, 但到目前为止 PM<sub>10</sub> 仍然是权重最大, 对大气污染贡献最大的污染物, 武汉市应进一步加强管理, 控制 PM<sub>10</sub> 的排放量。

(4) 随着武汉市的进一步发展, 石油的消耗量及

汽车的数量会不断上升, 氮氧化物及 PM<sub>10</sub> 污染会越来越严重, 政府应加强控制氮氧化物的浓度, 采取科学的措施, 如优化交通、推广新能源等<sup>[6]</sup>, 进一步改善武汉市大气环境质量。

### [参考文献]

- [1] 奚旦立, 刘秀英, 郭安然, 等. 环境监测(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [2] 洪松, 田献民. 武汉市城区大气环境质量现状及趋势研究[J]. *中国环境科学*, 1998, 18(1): 76- 82.
- [3] 陈清如. 我国燃煤大气污染的防治[J]. *苏州科技学院学报(工程技术版)*, 2003, 16(1): 1- 7.
- [4] 徐明德. 城市大气质量评价的灰色系统方法[J]. *太原工业大学学报*, 1996, 27(3): 13- 17.
- [5] 郝红伟. Matlab 6 实例教程[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [6] 陶宝先, 阎伍玖. 山东省淄博市城市大气质量评价与整治对策[J]. *国土与自然资源研究*, 2005, (3): 56- 5.

(收稿 2006- 07- 24; 修回 2007- 03- 20)

Changsha 410082; 2. Jiangsu Yihuan Co., Ltd., Yixing 214262)

Abstract ID:1003- 6504(2007)10- 0090- 04- EA

Abstract: The paper reviewed the literatures on the studies of toxaphene in terms of its measurement and biological degradation, focusing on the fast and accurate determination of its residues in the environment.

Key words: toxaphene; determination; degradation

#### Study on Biodegradation of Polychlorinated Biphenyls

ZHAO Xiao- xiang, REN Yu- zong, ZHUANG Hui- sheng

(School of Environment Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 201620)

Abstract ID:1003- 6504(2007)10- 0094- 04- EA

Abstract: Molecular oxygen was introduced at 2, 3 position of nonchlorinated or lesser chlorinated ring of PCB to form cis- dihydrodiol compounds by action of oxygenase. The complete degradation of PCBs requires various microbial strains with specific congener preference. In addition, the position and number of chlorines on molecule can affect the rate of the first oxygenase attack. UNTERMAN proposed a mechanism for oxidation of PCBs by *A. eutrophus* sp, *P. putida* and *Corynebacterium* sp. *Alcalegenes eutrophus* and *P. putida* sp strains degraded tetrachlorobiphenyl via 2, 3- attack while *Corynebacterium* degraded the compound via 3, 4- attack.

Key words: anaerobic dechlorination; aerobic biodegradation; enzyme; PCBs

#### Progress on Technology of Aeration in Composting

CHANG Qin- xue<sup>1,2</sup>, WEI Yuan- song<sup>2</sup>, XIA Shi- bin<sup>1</sup>

(1.School of Resource and Environment Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070; 2.Research Center for Eco- environment Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085)

Abstract ID:1003- 6504(2007)10- 0098- 07- EA

Abstract: Based on importance of aeration in composting process, the progress on aeration in composting including aeration mode, aeration control mode and aeration rate was reviewed. The passive aeration mode was feasibly applied for agricultural waste composting while forced aeration was the option for municipal solid waste composting. Aiming at optimizing composting process and improving composting quality, two aeration control modes including time control and time- temperature feedback were widely used in composting. Aeration rate was the key factor of energy consumption of composting, and energy consumption of composting with various kinds of waste showed big difference due to complex characteristics of waste and different aeration design methods. In addition, impacts of aeration on pile temperature and nutrients transformation were discussed, and there was a big difference of pile

temperature with different aeration mode. The aeration will affect nutrient transformation.

Key words: aeration; composting; organic solid waste

#### Recovery of Phosphorus from Wastewater: Method and Process

FANG Hai- feng, HUANG Ying, LIN Jin- qing

(College of Materials Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 32021)

Abstract ID:1003- 6504(2007)10- 0104- 04- EA

Abstract: This paper reviews the aspects of studies for recovering phosphorus in some municipal wastewater treatment plants and pig farms. Different processes are mentioned based on chemical precipitation with magnesium salt or calcium salt.

Key words: chemical precipitation; magnesium ammonium phosphate; phosphorus recovery

#### Natural and Synthetic Estrogens and Their Removal Pathways

ZENG Qing- ling, LI Yong- mei, ZHAO Jun- ming,

GU Guo- wei

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract ID: 1003- 6504(2007)10- 0108- 04- EA

Abstract: Characteristics of environmental estrogens and hazardousness assessment were described, with emphasis on removal pathways of natural estrogens including estrone and 17 - estradiol as well as synthetic estrogens including 17 - ethinyl estradiol from wastewater. Recent researches showed that the estrogens were removed by adsorption, biodegradation and advanced oxidation in wastewater treatment

Key words: estrogens; wastewater treatment; adsorption; degradation; advanced oxidation

#### Writing and Translation of Scientific Paper Abstracts

HU Chang

(Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475001)

Abstract ID: 1003- 6504(2007)10- 0112- 02- EA

Abstract: Scientific paper abstracts are important factors for inclusion, publishing and retrieving. The method of writing and translation as well as other issues were discussed in the aspect of writing style. It was proposed that the writing of abstract should follow international practice with accurate, full and lucid style. The paper will provide important pedagogic implication for writing scientific abstracts.

Key words: scientific paper abstracts; writing style; translation