生态环境 2008, 17(1): 216-220

Ecology and Environment

类Fenton氧化在污染土壤修复中的应用

燕启社 1，孙红文 2，周长波 3，徐晓阳 2

1. 郑州大学化学系/环境科学研究院，河南 郑州 450052；2. 南开大学环境科学与工程学院，天津 300071；3. 中国环境科学研究院，北京 100012 摘要：传统的 Fenton 氧化要在酸性条件下进行，使用传统的方法处理污染土壤会造成土壤生态环境的破坏。为了保护生态 环境，在不改变土壤 pH 值的条件下，利用铁盐和铁的氧化物矿石作催化剂催化 H2O2 氧化去除土壤中的污染物。研究结果 表明：不同的催化剂催化氧化去除污染物的能力不同，可溶态的亚铁盐和铁盐催化效果比不可溶的固态铁矿石要好，其中可 溶态的硫酸亚铁催化反应的效果最好，反应60 min后，污染物的最大去除率能达到65%以上；不可溶的铁矿石中磁铁矿的 催化效果比赤铁矿要好些，污染物的去除率能达到 55%以上。

关键词：类 Fenton 氧化；污染土壤；修复；芘

中图分类号：X131.3 文献标识码：A 文章编号：1672-2175(2008)01-0216-05

自从 1894 年法国科学家 Fenton［1］ 发现 Fenton 试剂后，直到上个世纪70年代人们开始应用 Fenton 试剂去除废水中微生物难以降解的有机污染物，目 前此方法已经进行了广泛的研究和应用。随着研究 的深入，除了传统的Fenton试剂外，人们又发现改 进型的 Fenton 试剂——类 Fenton 试剂，也可用于 有机污染物的氧化去除，而这方面的研究还比较 少，有待于开展更广泛的研究。

传统Fenton试剂指的是Fe2 +阳2。2体系，其中 Fe2 +主要是作为反应的催化剂，而H2O2通过在酸性 条件下反应产生的・OH则起到氧化作用，其反应如 下［2］:

Fe2++H2O2—Fe3++HO+OH (1)

Fe3++H2O2—Fe2++HO2・+H+ (2)

2H2O2^^OH+HO2^+H2O (3)

上述反应中，反应(1)速度较快，Fe2+与H2O2 迅速反应生成・OH,而反应(2)速度较慢,Fe3+与H2O2 缓慢反应生成Fe2+，这样通过Fe2+与Fe3+的不断转 换，使反应得以顺利进行。因此该反应的控制步骤 为反应(2)，若要提高反应速率，需将Fe3+快速还原 成Fe2+。另外，由于产生的Fe3+不能被及时还原成 Fe2+，从而会造成Fe3+的积累，使处理后的水带有 颜色。反应(1)与反应(2)加和可得到反应(3)，由此 可见，两个H2O2才产生一个・OH，说明H2O2的利 用率比较低。

反应产生的・OH氧化能力极强，能在短时间内 将废水中的有毒有害生物难以降解的有机物氧化 分解或使其发生氧化偶合，从而提高废水的可生化 性［3］。传统 Fenton 试剂的不足之处是主要有：反 应过程需要酸性环境条件，这就对生态环境的危害

基金项目：国家973项目(2004CB418504)

作者简介：燕启社(1970―)男，博士。E-mail: [yanqishe@yahoo.com.cn](mailto:yanqishe@yahoo.com.cn) 收稿日期：2007-08-16

比较大；另外H2O2的利用率低，有机物矿化不充 分；处理后的水可能带有颜色，较难应用于饮用水 的处理。

随着环境科学技术的发展，近二十年来， Fenton 试剂派生出很多分支，人们把紫外光［4］、臭 氧［5］等引入 Fenton 试剂，增强了 Fenton 试剂的氧 化能力，节约了过氧化氢的用量。由于它们过氧化 氢分解机理极其相似，均产生羟基自由基，因此， 从一定意义上讲，可以把除传统 Fenton 试剂以外 的通过催化H2O2产生羟基自由基的反应统称为类 -Fenton反应［6］，这种反应试剂也被称为类-Fenton 试剂。类-Fenton试剂法处理有机污染物已成为目前 环境科学工作者又一研究的热点。有研究发现在中 性条件下类-Fenton反应不如在酸性条件下有效，但 是由于其在中性自然条件下就能发生反应，对土壤 生态环境危害较小，所以有潜在的应用价值。在处 理污染土壤时，由于土壤中的污染物和水中的污染 物相比，土壤中的有机污染物常常吸附在土壤中或 者以非水溶相液体(NAPLs)的形式存在，这就影 响 Fenton 氧化反应去除污染物的效率。因此在实际 操作中由于要氧化去除吸附态的有机污染物常常 加入大量的氧化剂(H2O2)，氧化剂的摩尔数常常 是污染物摩尔数的好多倍。利用类-Fenton试剂修复 多环芳烃污染土壤的研究还少见报道。

为了考察类-Fenton氧化修复污染土壤的可行 性，本章分别考察了四种铁的化合物(硫酸亚铁、 硝酸铁、赤铁矿、磁铁矿)催化双氧水分解产生羟 基自由基的类-Fenton试剂氧化处理多环芳烃污染 土壤的效果，在不改变土壤酸碱性的条件下，考察 了氧化剂量对去除率的影响；最后又对在不加催化

剂的条件下处理染毒石英砂、染毒废水和染毒土壤 进行了对比研究。

1. 实验材料和方法
   1. 化学药品

硫酸亚铁（FeSO^HzO ）、硝酸铁 （FeNO3・9H2。），分析纯，天津市大茂化学试剂厂；

磁铁矿和赤铁矿为矿物质，天津市开发区乐泰 化工有限公司；

氧化剂双氧水（H2O2）,分析纯，购自天津市大 茂化学试剂厂；

二氯甲烷和己烷，分析纯，购自天津市北方天 医化学试剂厂；

甲醇，色谱纯，购自天津市康科德科技有限 公司；

石英砂，分析纯，天津市石英钟厂霸州分厂； 多环芳烃（芘）购自Aldrich Chemical Company, Inc. 纯度在98%以上；

配制芘贮备液0.1 g/L的甲醇溶剂，为色谱纯； 液相色谱流动相乙腈为色谱纯；

高效液相色谱仪：SCL-10AVP型，日本岛津 公司；

荧光检测器：SCL-10AVP型，日本岛津公司； 反相色谱柱：VP-ODS （Kromasil C18 5 gm, 4.6 mmx150 mm.），日本岛津公司；

* 1. 土壤样品部分性质的测定 土壤样品分别取自河南商丘、天津西青和南开 大学花园，编号为Soil 1、Soil 2和Soil 3。土壤样 品采集后自然风干、研碎过筛后待用；分别用电极 法、重铬酸钾外加热氧化法、分光光度法分别测定 土壤中pH值、有机质含量（SOM）、土壤中全铁 和有效铁的含量［7］见（表 1），土壤的其他性质的 见表 3。

表1 土壤的部分物化性质

Table 1 Selected properties of the tested soils

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土壤 | Soil 1 | Soil 2 | Soil 3 |
| pH | 7.46 | 7.72 | 7.66 |
| SOM（%） | 1.55 | 1.86 | 5.20 |
| 全铁（%） | 2.79 | 2.98 | 2.60 |
| 二价铁（%） | 2.07 | 2.21 | 2.01 |
| 三价铁（%） | 0.72 | 0.77 | 0.59 |

1.3 土壤样品的染毒

准确称取10.00 g 土壤放入100 ml烧杯中，土壤 样品中加入一定量0.1 g・L-1芘/甲醇储备液，使土壤 染毒质量分数达到40 mg・kg-1 土壤干质量，烧杯放入 通风橱中4 h，每隔30 min振动样品一次，甲醇完全 挥发的同时使芘与土壤混合均匀。为了控制微生物 的影响，加入芘/甲醇溶液的同时加入200 mg・L-1的 NaN3水溶液。将土壤样品放入培养箱中静置24 h得 到染毒土壤样品。

1.4类-Fento n氧化处理

准确称取染毒土壤2 g，加10 mL蒸馏水制成 泥浆，测定显示土壤溶液的 pH 值基本保持不变， 然后加入一定量的不同催化剂，在搅拌浆的搅拌下 缓慢加入氧化剂（H2O2）。氧化处理结束后，把处理 后的土壤泥浆滤干、碾碎待测。

1.5 氧化去除率的测定

有机污染物进入土壤后与土壤成份相互作用， 吸附在土壤不同的吸附点位，部分污染物可能进入 不可逆吸附室，很难再被提取或者被生物利用。 Ravelet 等［8］的实验结果表明，分别用二氯甲烷、己 烷、乙酸乙酯对土壤中的芘进行索氏萃取，在不同 的操作条件下，不同性质的污染物萃取率有所差 别，综合考虑各方面的因素后，我们选定（体积比

1. : 1）的二氯甲烷和己烷为萃取剂。

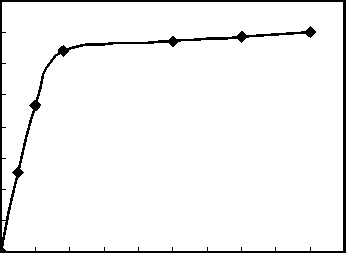
滤干碾碎后的土壤样品1 g与质量相等的无水 硫酸钠混合后，放入索氏萃取器中，用70 mL 二氯 甲烷和己烷在75 °C水浴下萃取24 h，提取液用微弱 氮气流吹至10 mL，根据土壤初始染毒质量分数不 同取1 mL或10 mL萃取液转移到10 mL试管中吹干， 用10mL乙腈定容，过0.45 gm滤膜去除颗粒物后直 接用HPLC测定乙腈溶液芘浓度，每个样品测试两 次，我们使用二氯甲烷和己烷为萃取剂进行索氏萃 取，提取土壤中的芘。从而确定氧化处理后土壤中 芘的总量，然后根据加入的总量和测出的土壤中的 量计算出氧化去除率。

1. 结果和讨论

2.1 氧化剂浓度对氧化去除率的影响

由于土壤中含有多种腐殖质，要消耗一定的氧 化剂［9,10,11］，所以在土壤处理中常常加入过量的氧化 剂。本章首先考察了催化剂硫酸亚铁的浓度为 0.05 mol・L-1时，不同剂量的氧化剂对*Soil* 1 土壤中污染 物去除率的影响，结果如图 1 所示。

从图中可以看出有机污染物的降解率随着氧 化剂量增加而增加；当氧化剂的浓度增加到 0.50 mol・L-1时，去除率可以达到67.04%，再增加氧化 剂的浓度到0.9 mol・L-1,污染物的去除率增加不明 显。因此实验选定氧化剂的浓度为0.50 mol・L-1为适 宜的浓度。污染物的去除率不随氧化剂量的增加而 一直升高，这可能是由于土壤中的有机污染物与土 壤结合的形态有关，有的可能进入到土壤颗粒的内 部，被土壤颗粒“锁定”，不能再被氧化的缘故；另 外也可能是由于随着反应的进行，二价铁被氧化成 三价铁，又由于在中性的环境中，三价铁也可能以 氢氧化铁的形式沉淀下来，催化作用降低，氧化能

图1 污染物的去除率随氧化剂浓度的变化

10

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1

氏。2浓度/mol・L-1

00

87

00

65

00

43

-槪進也

Fig. 1 Effect of oxidant concentration on treatment efficiency

力下降所致。

在用类-Fenton试剂处理污染土壤时，加入氧化 剂常常采用逐步加入的方式,Kong等和Chu等[12，13] 采用连续加入氧化剂的方法，而不是一次性的把氧 化剂加进去，结果发现，在氧化剂的总量相同的条 件下，分批加入比一次性的加入的氧化效果要好。 这样可以防止局部氧化剂的浓度过高，引起其他的 反应；又由于土壤中的污染物常常和土壤颗粒吸附 在一起，因此需要具有更剧烈的氧化条件才能够有 效的氧化降解。为了保持反应体系具有更强烈的氧 化效果，常常采用加入过量的氧化剂来促进吸附态 的污染物降解。

* 1. 反应时间对氧化去除率的影响

反应时间对 3 种染毒土壤氧化去除率的影响 如图 2 所示。从图上可以看出随着反应时间的进 行，氧化去除率是增加的。反应达到平衡的时间很 快， 10 分钟后，反应就基本结束，在继续增加反 应时间，去除率增加不大。这是由于刚开始加入氧 化剂 H2O2 时, 由于催化剂的存在，能使氧化剂

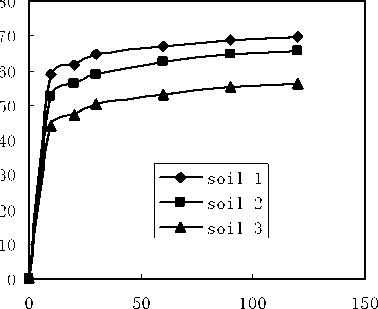


图2 污染物的去除率随反应时间的变化

Fig. 2 Effect of reaction time on treatment efficiency

H2O2 催化分解产生具有强氧化性的羟基自由基，

所以反应刚开始时，去除率增加很快，随着反应的 进行，催化剂逐渐失去催化能力，此时虽然有少量 的氧化剂存在，但由于其氧化能力有限，所以氧化 降解污染物的的速度效果很差，污染物的去除率基 本维持稳定，这种情况的出现常常被认为是动力学 上反应速度的降低或产生了难以被羟基自由基氧 化的一些中间体。

比较三种污染土壤的去除率发现，在相同的氧 化条件下(0.5 mol・L-1 H2O2， 0.05 mol/L FeSO4)， *Soil* 1 染毒土壤的去除率最大， Soil 3染毒土壤的去 除率最小，由于类-Fenton氧化的氧化能力有限，很 难把染毒土壤中的污染物完全去除，去除率可以达 到 65%~70%。

* 1. 不同种类催化剂催化氧化效果的比较 本文比较了不同催化剂催化 H2O2 氧化降解

Soil 1染毒土壤中污染物的去除率，H2O2质量浓度 为0.5 mol・L-1，分别加入不同种类的催化剂，质量 浓度都为0.05 mol<L-1其结果如图3所示。从图上可 以看出，不同的催化剂催化氧化污染物的能力不 同，可溶态的亚铁盐和铁盐催化效果比不可溶的固 态铁矿石要好，其中水溶态的硫酸亚铁催化反应的 速度最快，氧化效果最好，反应 60 min 后，污染物 的去除率能达到 65%以上。推测天然矿物质催化双 氧水的反应机理为：

H2O2+S ► S++・OH+OH- (4)

式中S是天然铁矿石的表面,S+是已被氧化的部分。 由于这些天然铁矿石能催化双氧水产生羟基自由 基，因此也常常被用来做为催化剂催化双氧水的反 应。随着研究的进一步深入，人们研究发现在Fenton 反应中如果以三价铁离子取代二价铁离子，双氧水

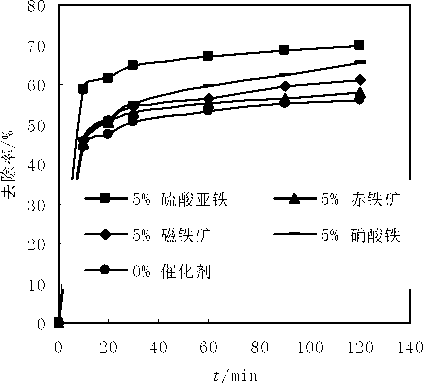


图 3 不同催化剂下芘的去除率随不同催化剂的变化

Fig. 3 Effect of different catalyst on treatment efficiency

的分解反应仍然可以进行，只是分解反应速度以及 对有机污染物的氧化分解速度变得缓慢。

从图上可以看出水溶态的硝酸铁中的三价铁 也能催化 H2O2 氧化污染物。人们对三价铁离子对 双氧水的催化分解的机理进行了长时间的研究，逐 步了解清楚其反应过程中的一系列反应过程。以色 列科学家Kremer[14]运用滴定和光谱的方法研究了 过氧化氢被高氯酸铁分解的过程，结果发现在过氧 化氢的分解过程中有三价铁与过氧化氢生成的过 氧化物生成，其反应步骤可表示为：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Fe3++HO-2 | ——► Fe3+HO-( I ) | (5) |
| Fe3+HO-(I ) | ► Fe(HO2)2+(II) | (6) |
| Fe(HO2)2+(II)+ H2O2 ► | |  |
| product(Fe2+ | ,OH-,H2O,O2) | (7) |

(I)为离子对配合物，(II)为络离子，当氧化剂和催 化剂的比例H2O2/Fe3+=300~10，分解动力学以复合 物(I)的机理表示，在较低的比例之下(4~0.2)，

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 复合物(II)在动力学也是很重要的，目前， | | 研究结 |
| 果表明，在该体系中可能有以下反应发生： | |  |
| Fe3++H2O | > [FeOH]2++H+ | (8) |
| Fe3++2H2O —— | -► [Fe(OH)2]++2H+ | (9) |
| 2Fe3++2H2O 一 | —► [Fe2(OH)]4++2H+ | (10) |
| Fe3++H2O2 —— | -> [Fe(HO2)]2++H+ | (11) |
| [FeOH]2++H2O2 | ► [Fe(OH)(HO2)]++2H+ | |
|  |  | (12) |
| [Fe(HO2)]2+ 一 | —► Fe2++HO2' | (13) |
| [Fe(OH)(HO2)]+ | Fe2++HO2'+OH' | (14) |

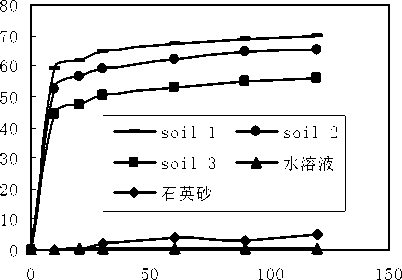
根据以上反应历程，在三价铁离子作用下双氧 水的分解机理起源于Fe3+与HO?，的复合物 [Fe(HO2)]2+和[Fe(OH)(HO2)]+的分解，这些配合物的 生成速度非常快，在三价铁离子与双氧水混合后数 秒之内即达到平衡，这些配合物进一步分解为亚铁 离子和HO?，，生成的HO?•具有一定的氧化性，因 而Fe3+/ H2O2体系也可降解有机物，但HO2•电极电 位小于・OH的，故催化氧化效果不如亚铁离子。 Kang and Hua[15]在用 Fe3+/ H2O2 和 Fe2+/ H2O2 处理 甲苯时也曾得出相同的结论。

对于磁铁矿和赤铁矿来说，由于它们都不能够 在水中溶解，以一种复合态的金属矿物存在，其催 化作用受金属的自然状态影响。因此催化效果没有 可溶的催化剂的效果好。比较不溶于水的磁铁矿和 赤铁矿发现，磁铁矿石的催化效果比赤铁矿石的催 化效果好，这是由于磁铁矿中既含有三价铁也含有 二价铁，它们可以共同催化 H2O2 的氧化反应。这 种结果也曾被 Barbeni 等[16]证实，它们研究发现在 去除水中的氯酚时，二价和三价铁离子的存在能催 化 H2O2 的氧化反应，促进氯酚的氧化去除；而对 于赤铁矿来说，由于只含有三价铁，又是以复合态 的形式存在，所以其催化氧化效果比较差。

* 1. 不同介质中氧化去除率的比较

为了考察土壤中的铁矿石对氧化剂的催化效 果，我们分别测定了污染物在水溶液、土壤和石英 砂不同介质中的氧化去除率，氧化去除结果见图4。

从图上可以看出，土壤中由于含有一定的铁矿 石物质(表1)，加入氧化剂H2O2后，在铁矿石的 表面能够发生催化反应，产生具有强氧化性的羟基 自由基，它能氧化降解有机污染物芘，污染物的去 除率能达到 50%以上；而对于染毒石英砂来说虽然 无机成分和土壤中的硅酸盐很接近，但是由于它不 含有铁矿石等矿物质，不能催化氧化剂分解产生具 有强氧化性的羟基自由基；又由于双氧水的氧化能 力有限，所以芘的氧化去除率极低，芘在石英砂中 的浓度几乎保持不变；而对于水溶液中的有机污染 物芘，虽然其以自由态的形式存在，但是由于 H2O2 的氧化能力不如羟基自由基强，水溶液中没有催化 剂的存在，不能催化分解 H2O2 产生氧化能力更强 的羟基自由基，所以氧化降解多环芳烃芘的能力很 差，水溶液中芘的氧化去除率也很低，污染物的浓 度基本保持不变。



*t*/min

图 4 污染物在不同介质中的去除率

Fig. 4 Effect of different medium on treatment efficiency

2.5类-Fenton氧化和Fenton氧化效果的比较 在一定的氧化条件下(pH为3,氧化剂和催化 剂的摩尔比为 10:1)，传统的 Fenton 氧化处理有机 污染物芘，三种土壤的氧化去除率可分别达到 88.97, 79.43和65.44%；而用类Fenton氧化在适宜 的条件下处理其氧化去除率只能达到 67.04， 62.31 和 53.24%。由此可以看出本试验条件下，类 Fenton 氧化处理污染土壤时，其氧化去除效率还比较低， 尽管其对土壤的环境生态破坏性比较小，但是实际 应用起来还不能满足实际的需要，还需要进一步的

研究开发新型的氧化剂和催化剂来提高其氧化去 除的效率，弥补去除率较低这一不足之处，以满足 污染土壤治理的实际需要。

1. 结论

类-Fenton氧化能去除土壤中的有机污染物，其 氧化去除率不仅与氧化剂的量有关，还与催化剂的 种类有关。加入不同的催化剂其氧化去除效果有一 定的区别，比较可溶性的亚铁和铁盐与不可溶的铁 的化合物可以发现，可溶性的硫酸亚铁和硝酸铁的 催化效果较好；不可溶的两种铁矿石磁铁矿和赤铁 矿相比，磁铁矿的催化效果比赤铁矿的催化效果 好。

比较染毒土壤、染毒石英砂（不含三价铁和二 价铁）和水溶液中的有机污染物的氧化去除率发 现，染毒石英砂和水溶中的有机污染物的氧化去除 率很低，污染物的浓度基本保持不变，而染毒土壤 由于其自身含有的铁氧化物，可以起到催化剂的效 果，芘的去除率能达到 50%以上。

参考文献：

1. FENTON H J H. Oxidation of tartaric acid in the presence of iron [J].

Journal of Chemical Society, 1894, 65: 899-910.

1. TYRE B W, Watts R J, Miller G C. Treatment of four biorefractory contaminants in soils using catalyzed hydrogen peroxide [J]. Journal of Environmental Quality, 1991, 20: 832-844.
2. CHAMARRO E, MARCO A, ESPLUGAS S. Use of Fenton reagent to improve organic chemical biodegradability [J]. Water Research, 2001, 35（4）: 1047-1051.
3. GOI A, TRAPIDOo M. Hydrogen peroxide photolysis, Fenton reagent and photo-Fenton for the degradation of nitrophenols: a comparative study [J]. Chemosphere, 2002, 46: 913-922.
4. 谢银德，陈锋，何建军等. Photo-Fenton反应研究进展J].感光科学 与光化学, 2002, 18: 357-365.

Xie Yinde; Chen Feng; He Jianjun et al. Recent Advance in Photo-Fenton Reaction[J]. Photographic Science and Photochemistry, 2002, 18: 357-365.

1. WATTS R J, UDELL M D, KONG S. Fenton-like soil remediation catalyzed by naturally occurring iron minerals[J]. Environtal English Science, 1999, 16: 93-103.
2. 刘光松. 土壤理化分析与剖面描述. 北京：中国标准出版社，1996: 31-37.

Liu Guangsong. Soil physical and chemical analysis description of soil profiles[M], China Standard Methods Press, Beijing, China. 1996: 31-37.

1. WALLING C, GOOSEN A. Mechanism of the ferric ion catalyzed decomposition of hydrogen peroxide. Effect of organic substrates [J]. Journal of American Chemistry Society, 1973, 95: 2987-2991.
2. BOGAN B W, TRBOVIC V. Effect of sequestration on PAH degradability with Fenton's reagent: roles of total organic carbon, humin, and soil porosity[ J]. Journal of Hazardous Material.,2003,B 100, 285-300.
3. 燕启社，孙红文.Fenton氧化对土壤有机质及其吸附性能的影响[J]. 农业环境科学学报,2006,2:412-417.

Yan Qishe, Sun Hongwen. Influence of Fenton Oxidation on Soil Or­ganic Matter and Its Sorption Characteristics[J]. Journal of Agro-Environment Scienc e, 2006, 2:412-417.

1. SUN Hongwen, YAN Qishe. Influence of Fenton oxidation on soil organic matter and its sorption and desorption characteristics. Journal of Hazardous materials, 2007, 144: 164-170.
2. KONG S H, WATTS R J, CHOI J H. Treatment of petro­leum-contaminated soil using iron mineral catalyzed hydrogen perox­ide [J]. Chemosphere, 1998, 37: 1473-1482.
3. CHU W, CHAN K H, KWAN C.Y., et al. Degradation of atrazine by modified stepwise-Fenton's processes[J]. Chemosphere, 2007, 67: 755-761.
4. KREMER M L, STEIN G. The catalytic decomposition of hydrogen peroxide by ferric perchlorate[J]. Trans. Faraday Soc, 1959, 55: 95978-85973.
5. KANG Y W, HWANG K Y, Effects of reaction conditions on the oxidation efficiency in the Fenton process [J]. Water Research, 2000, 34: 278678-852790.
6. LIOU R M, CHEN S H, HUNG M Y, et al. Fe (III) supported on resin as effective catalyst for the heterogeneous oxidation of phenol in aqueous solution [J]. Chemosphere, 2005, 59: 11778-85125.

Applitation of Like-Fenton oxidation on remediation of contaminated soil

Yan Qishe1, Sun Hongwen2, Zhou Changbo3, Xu Xiaoyang2

1. Department of Chemistry Research Institute of Environmental Sciences, Zhengzou University, Zhengzhou 450052, China; 2. College of Environmental  
Science and Engineering, Nankai University,Tianjin 300071,China; 3. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012,China.

**Abstract:** Acidic pH was often used to optimize Fenton oxidation efficiency. However, acidic soil environments might cause dra­matic ecological impacts. In order to protect the soil econological environment like-Fenton oxidation at natural soil pH has been car­ried out. The rusult shows that dissolved iron compounds were more effective than un-dissolved minerals and the like-Fenton oxida­tion reaction catalyzed by ferrous sulfate is the best，after reaction 6o minutes the removal of pllutant can reach 65%. magnetite was more effective than hematite Among the un-dissolved iron compounds and the removal of pollutant can reach 55%.

**Key word:** Like-Fenton Oxidation, Contaminated Soil，Remediation，Pyrene.