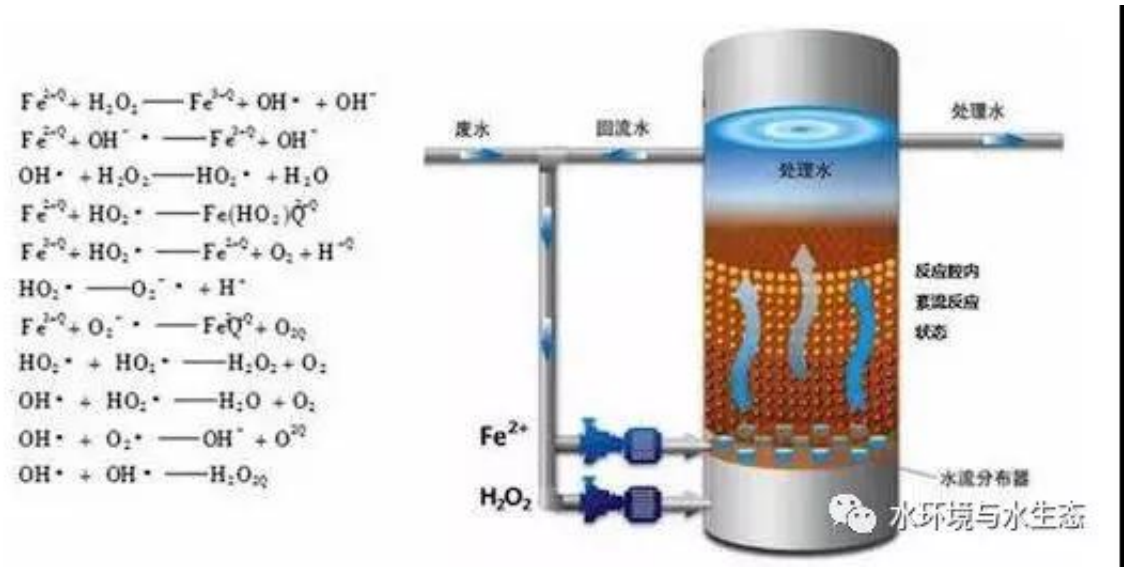
芬顿法Fenton处理难降解污水原理及案例分析

芬顿的实质是二价铁离子和双氧水之间的链反应催化生成羟基自由基。羟基自由基具有较强的氧化能力，其氧化电位仅次于氟，高达2.80V。另外,羟基自由基具有很高的电负性或亲电性，其电子亲和能高达 569.3kJ，具有很强的加成反应特性，因而Fenton试剂可无选择氧化水中的大多数有机物，特别适用于生物难降解或一般化学氧化难以凑效的有机废水的氧化处理。



一、氧化机理

由于在催化剂的存在下，能高效率地分解生成具有强氧化能力和高电负性或亲电子性(电子亲和能力569.3KJ的羟基自由基，可以氧化降解水体中的有机污染物，使其最终矿化为，及无机盐类等小分子物质。

据计算在pH=3的溶液中，的氧化电位高达2.73 V，其氧化能力在溶液中仅次于氢氟酸。因此，芬顿试剂对绝大部分的有机物都可以氧化降解。Fenton试剂具有很强的氧化性，而且其氧化性没有选择性，能适应各种废水的处理。

二、Fenton工艺具有如下特点：

2.1氧化能力强。

羟基自由基的氧化还原电位为2.8V，仅次于氟（2.87V），这意味着其氧化能力远远超过普通的化学氧化剂，能够氧化绝大多数有机物，而且可以引发后面的链反应，使反应能够顺利进行。

2.2氧化速率快

过氧化氢分解成羟基自由基的速度很快，氧化速率也较高。羟基自由基与不同有机物的反应速率常数相差很小，反应异常迅速。另一方面也表明羟基自由基对有机物氧化的选择性很小，一般的有机物都可氧化。

2.3适用范围广

羟基自由基具有很高的电负性或亲电性。很容易进攻高电子云密度点，这决定了Fenton试剂在处理含硝基、磺酸基、氯基等电子密度高的有机物的氧化方面具有独特优势。而这些物质的B/C的值小，生物化学方法很难将其降解，一般化学氧化法也难以凑效。因此 Fenton试剂弥补了这个方面的不足，具有很大的潜力。

对废水中干扰物质的承受能力较强，既可以单独使用，也可以与其他工艺联合使用，以降低成本，提高处理效果。

胶体能在低pH值范围内使用，而在低pH值范围内有机物大多以分子态存在，比较容易去除，这也提高了有机物的去除效率。

三、反应机理

氧化反应采用Fenton试剂，其基本组成是与，其实质为亚铁离子和双氧水之间的链式反应催化生成高活性的自由基与难降解有机物反应，使之发生部分氧化、耦合或氧化，形成分子量较小的中间产物，从而改变它们的可生化性、溶解性和混凝沉淀性。络合物属于难降解的一类污染物，采用Fenton试剂进行氧化是比较好的废水处理方法，可以达到很好的出水效果，其反应机理如下：

其生成机理如下：

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{2+} + \bullet OH + \bullet OH$$

$$Fe^{2+} + \bullet OH \rightarrow Fe^{3+}OH^{-}$$

$$Fe^{3+}H_2O_2 \rightarrow Fe^{2+} + H^{+} + HO_2$$

$$HO_2 + H_2O_2 \rightarrow O_2 + H_2O + \bullet OH$$

$$\mathrm{RH} + \mathrm{OH} \rightarrow \mathrm{R} + H_2O$$

$$\mathrm{R} + Fe^{3+} \rightarrow R^{+} + Fe^{2+}$$

$$R^{+} + O_2 \rightarrow ROO^{+} \rightarrow \cdots \rightarrow CO_2 + H_2O$$

水环境与水生态

四、案例

某PCB 络合废水处理量：1000m3/d，进水pH:8-10,1000mg/l，出水COD浓度：500mg/l。

4.1药剂计算

1、第一步，计算 pH 调整所需的H_2SO_4加药量

H_2SO_4浓度		θ	10.00%	
H_2SO_4比重		r	1.4	kg/L
	处理水量	Qa	1000.00	m^3/d
	进水 pH	pHi	10	
	出水 pH	pHo	2	
	每天药剂量	$G_1=Qa[10^{(pHi-14)}+10^{(-pHo)}]\times 49$	494.90	kg
	每天药剂量	V=G1/θ/r/1000	3.535	m^3

水环境与水生态

2、第二步，计算H_2O_2加药量

H_2O_2浓度		θ	30.00%	
H_2O_2比重		r	1.10	kg/L
	处理水量	Q	1000.00	m^3/d
	进水 COD	C_i	1000.00	mg/L
	出水 COD	C_0	500.00	mg/L
	H_2O_2加药量	$G_{H2O2}=2*(C_i-C_0)/1000$	1.00	kg/m^3
	每天耗药量	$G_1=Q\times G_{H2O2}$	1000.00	kg

水环境与水生态

3、第三步计算$FeSO_4$药剂量

$FeSO_4$配药浓度		θ	10.00%	
$FeSO_4$比重		r	1.10	kg/L
	处理水量	Q	1000.00	m^3/d
	H_2O_2与$FeSO_4$摩尔比	R	8	
	$FeSO_4$加药量	$G_{Fe}=278*G_{H2O2}/R/34$	1.02	mg/L
	每天耗药量	$G_1=Q\times\theta_{Fe}$	1022.06	kg/m^3
	每天耗药量	$V=G_1/\theta/r/1000$	9.291	kg

水环境与水生态

4.2说明

1、芬顿反应pH控制在2-4之间；

2、HRT不小于2H；

3、ORP=250-300mv；

4、双氧水与硫酸亚铁的摩尔比，建议以小试确定。

4.3成本计算

的药剂成本：以98%的硫酸计，495kg*900元/吨=44.55元

的药剂成本：以30%双氧水计，3.03m3*3000元/m3=9090元

药剂成本：1002kg*250元/吨=250元

小计：44.55+9090+250=9384.55元，吨水药剂 ：9.38元/吨水，后续工艺首先需要回调pH,此处未考虑内。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/150157.html