

## 加碱中和法制备纳米氧化铁粉体的实验研究

樊亮, 彭同江

(西南科技大学 材料科学与工程学院, 四川 绵阳 621010)

**摘要:**为了获得物相稳定、分散均匀的氧化铁纳米粉体, 本文中对加碱中和法制备纳米氧化铁进行了系列实验研究。通过不同条件下的实验对比, 最终获得了实验制备纳米氧化铁粉体的最佳技术参数; XRD、SEM 分析、观测发现, 60、100 °C 热处理可得到氧化铁黄粉体, 其中 60 °C 处理得到的铁黄为  $\beta$ -FeO(OH) 相; 650 °C 热处理形成氧化铁红粉体, 为单一的  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 相, 颗粒为类球形, 粒径为 50~100 nm, 大小均匀, 分散性好。

**关键词:**加碱中和法; 氧化铁; 纳米粉体

中图分类号: TB383, TQ138.1\*1 文献标识码: A

文章编号: 1008-5548(2005)05-0011-05

## Preparation of Nano-sized Iron Oxide Powder with Neutralization by Alkali Method

FAN Liang, PENG Tong-jiang

(School of Material Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

**Abstract:** A Series of experimental researches of preparing iron oxide nano-particles by the method of neutralization by alkali were carried out in order to obtain the nano-sized iron oxide powder with mono-phase and good dispersion was prepared successfully with the method of neutralization by alkali, and the best preparation parameters was obtained through series of contrastive experiments. The product particles were characterized by XRD and SEM techniques. The results showed that they were spherical and purely  $\beta$ -FeO(OH) and  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> phase after baked in 60 and 650 °C. They also have good dispersion and the average particle size of range from 50 nm to 100 nm.

**Key words:** neutralization by alkali; iron oxide; nano-sized powder

文献已报道过多种纳米氧化铁粉体的制备方法, 主要分为干法和湿法。干法多以羰基铁[Fe(CO)<sub>5</sub>]或二茂铁(FeC<sub>2</sub>P<sub>2</sub>)为原料, 通过火焰或激光热分解、气相沉积、低温等离子体等途径, 使原料分解形成 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉体<sup>[1]</sup>。Narasimhan 等<sup>[2]</sup>利用直接热分解碳酸亚

铁技术获得了  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉体; Morjan 等<sup>[3]</sup>对 Fe(CO)<sub>5</sub> 激光热分解获得了平均粒径为 3~7 nm 的  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉体; Othmer 等<sup>[4]</sup>也使用激光分解方法成功制备了粒径小于 10 nm 的氧化铁粉体。这些方法工艺流程短、操作简单、产品颗粒细、均匀、分散性好, 但技术难度大, 设备要求高。而湿法是一种在溶液中制备纳米氧化铁颗粒的方法, 其成核容易控制, 可进行微量成分的调整, 且分布均匀, 可以得到高纯度、颗粒均匀的纳米氧化铁粉体, 而且原料易得。目前在氧化铁粉体的研究和生产中, 主要采用湿法制备技术, 主要有水解法<sup>[5-7]</sup>、溶胶-凝胶法<sup>[8-9]</sup>、水热法、微乳液法<sup>[10]</sup>等。

本文在制备纳米氧化铁粉体的实验中, 采用了加碱中和法制备技术。该法工艺流程简单, 实验条件易于控制, 生成的粉体粒子粒径小、分布均匀, 实验结果重复性好。

## 1 实验

## 1.1 实验原料、装置

原料: 氯化铁、十二烷基苯磺酸钠(SDBS)、酒石酸、NaOH、盐酸均为化学纯)

装置: 酸式滴定管、磁力加热搅拌器、pH 酸度数字仪、马弗炉、干燥箱等。

## 1.2 实验原理、流程

主要化学反应式为:



在 3 价铁离子的水解过程中, 形成 Fe(OH)<sub>3</sub> 溶胶, 由于该反应会使溶液 H<sup>+</sup> 增多, pH 值降低, 进而影响到铁离子的稳定水解, 需要加入稀 NaOH 溶液中和一部分 H<sup>+</sup> 来控制水解 pH 值。对新鲜沉淀进行低温、高温热处理, 即可得到铁黄、铁红氧化铁粉体。工艺流程如图 1。



图 1 加碱中和法制备纳米氧化铁粉体工艺流程图

收稿日期: 2004-06-25, 修回日期: 2004-12-17

基金项目: 中国高技术研究发展计划(“863”计划)项目, 编号: 2004A A 302032。

第一作者简介: 樊亮(1981-), 男, 硕士。现工作单位为山东省交通科学研究所。

其中  $\text{FeCl}_3$  溶液通过酸式滴定管适当速度滴入蒸馏水底液,在体系环境 pH、(温度)稳定情况下发生水解沉淀;实验使用 SDBS 和酒石酸作分散剂,稀 NaOH 溶液做 pH 控制剂,pH 酸度数字仪检测 pH 值;整个水解过程在磁力加热搅拌器上加热搅拌,维持反应体系的温度于一窄温度段。

### 1.3 样品制备过程

为使  $\text{FeCl}_3$  原料水解生成微细沉淀,最终获得纳米氧化铁粒子,并寻找到最佳实验制备条件,实验重点对滴定水解过程做了大量对比实验,以研究原料浓度、温度、pH 值对反应过程和结果的影响。在这些方案中,选择具有代表性的 5 个方案(见表 1)做具体的讨论和分析,同时对该条件下所得样品进行了 XRD 和 SEM 检测分析。实验均以 70 mL 氯化铁溶液为原料,氢氧化钠溶液和稀盐酸为 pH 值控制剂,并使用一定配比的酒石酸和 SDBS 混合液做分散剂。

表 1 不同实验制备参数对实验反应的影响

方案	$c(\text{FeCl}_3)$ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	滴定速度 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$	水解温度 /C	溶液 pH 值	反应现象
A	0.1	0.778~1.167	60~70	4~5	反应速度慢、滤液黄色、沉淀物细腻不易过滤且为橙红色
B	0.1	0.778~1.167	80~85	3.5~4	反应速度慢、滤液发黄、沉淀鲜红
C	0.1	0.778~1.167	80~85	4~5	反应速度快、易过滤、滤液无色、沉淀鲜红
D	0.1	0.778~1.167	80~85	8~9	反应速度快、有大片絮状沉淀、易过滤、滤液无色、沉淀暗红
E	0.2	0.778~1.167	80~85	4~5	反应速度快、有大片絮状沉淀、易过滤、滤液无色、沉淀暗红

所得新鲜沉淀经过  $650^\circ\text{C}$  焙烧 2 h 后,于玛瑙乳钵中研磨,得到 5 组鲜红色粉体样品。同时为了研究热处理温度对氧化铁晶型的影响,又对 C 方案得到的新鲜沉淀物进行  $60^\circ\text{C}$ 、 $100^\circ\text{C}$ 、 $650^\circ\text{C}$  的热处理,得到了 C-1、C-2、C-3 样品(表 2)。

表 2 不同热处理温度得到的氧化铁粉体

样品	热处理温度 / $^\circ\text{C}$	处理时间 /h	物相	颜色
C-1	60	1	$\beta$ - $\text{FeO}(\text{OH})$ 、铁黄	鲜黄色
C-2	100	1	铁黄	黄色
C-3	650	2	$\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、铁红	鲜红色

### 1.4 样品分析

#### 1.4.1 X 射线衍射分析

利用 Dmax-III A 型 X 射线衍射仪对氧化铁粉体样品进行了物相分析。测试条件:Cu 靶,石墨弯晶单色器;管压:40 kV,管流:30 mA。扫描方式:步进扫描;步宽: $2\theta=0.01^\circ$ ,狭缝:SS $1^\circ$ ,DS $1^\circ$ ,RS 0.15 mm;走纸速度:0.1 mm/步;时间常数:0.2 s。使

用铝制平板样品架制取粉末样,所获代表性样品 C-3 的衍射数据列于表 3 中,衍射图谱如图 2。

表 3  $650^\circ\text{C}$  煅烧氧化铁 C-3 样品的部分 X-射线衍射分析数据

hkl	$d/\text{\AA}$	$l/l_0$	hkl	$d/\text{\AA}$	$l/l_0$
012	3.682	4	024	1.839	4.5
104	2.698	10	116	1.693	5
110	2.515	8	018	1.598	1
006	2.288	0.5	214	1.484	3
113	2.204	2	300	1.452	3
202	2.078	0.5			

经过对比,A、B、D、E 4 种方案获得的新鲜沉淀经  $650^\circ\text{C}$  焙烧 2 h 形成的氧化铁粉体样品,其 XRD 图与 C-3 样品 XRD 图谱相同,衍射特征峰相同,成分均为纯正  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  相。

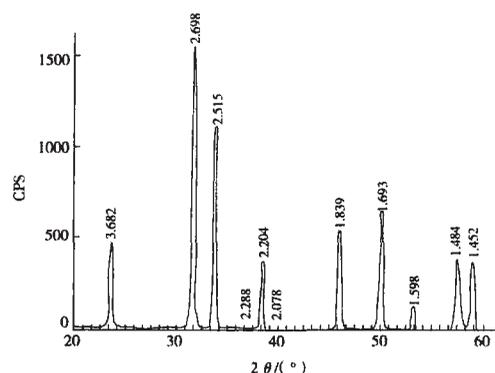
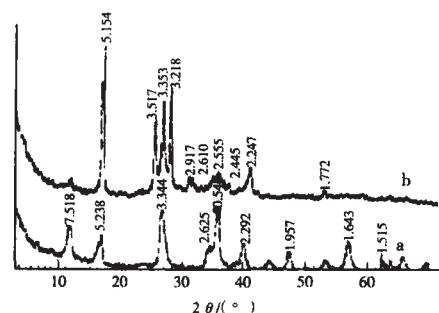


图 2  $650^\circ\text{C}$  热处理后样品 C-3 的 XRD 图



(a)  $60^\circ\text{C}$  热处理 1 h; (b)  $100^\circ\text{C}$  热处理 1 h

图 3  $60^\circ\text{C}$ 、 $100^\circ\text{C}$  热处理后样品 C-1、C-2 的 XRD 图

但是,在不同温度热处理得到的氧化铁样品在颜色和物相上却发生了变化(见表 2),XRD 图谱上,C-1、C-2 和 C-3 样品的衍射特征峰明显不同。其中, $100^\circ\text{C}$  热处理得到的 C-2 样品颜色也表现为黄色,但晶型已不是 C-1 样品的  $\beta$ - $\text{FeO}(\text{OH})$ (见图 3); $650^\circ\text{C}$  煅烧 2 h 后得到的氧化铁呈鲜红色,为  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  相,衍射峰形尖锐,为结晶状态,在  $2\theta=33^\circ$  和  $35.5^\circ$  形成两最强峰(见图 2)

### 1.4.2 扫描电镜分析

采用英国 Leica Cambridge LTD 公司产的 S440 型扫描电镜对部分氧化铁样品进行微形貌分析, 所获图像如图 4 所示。

由于实验条件的不同, 由 5 个实验方案所得样品在粒度、分散性、均匀性等方面均表现出一定差异。扫描电镜观察发现, pH 值为 4~5 时, 样品颗粒均匀, 呈类球形, 分散性好, 粒径为 50~100 nm (见图 4-a); pH 值为 8~9 时, 样品颗粒大而不均匀, 团聚现象严重, 有板柱状晶体出现 (见图 4-b)。



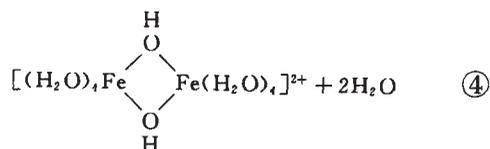
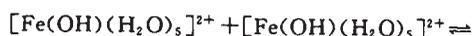
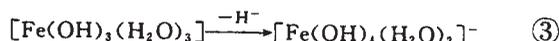
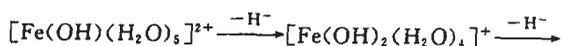
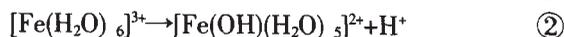
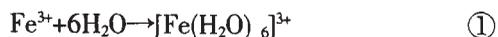
(a) C 方案获得氧化铁粉体 C-3 样品 (b) 加分散剂得到的氧化铁粉体扫描

图 4 不同 pH 值条件下形成的氧化铁粉体样品 SEM 图

## 2 结果讨论

### 2.1 加碱中和法与 Fe<sup>3+</sup> 的水解过程

加碱中和法原理是和 3 价铁离子的水解过程紧紧相关的。金属离子在水溶液中通常会发生溶剂化反应, 形成以水为配位体的单核络离子状态, 温度增加更会加快这种过程<sup>[6]</sup>。同样, Fe<sup>3+</sup> 发生溶剂化反应生成单核络离子 [Fe(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup> (式①); 由于电荷的迁移, 该单元容易失去质子 (H<sup>+</sup>) 而变成含有羟基 (—OH) 的羟基络合离子 [Fe(OH)(H<sub>2</sub>O)<sub>5</sub>]<sup>2+</sup>; 依次逐级转化<sup>[7]</sup>, 将形成以 Fe<sup>3+</sup> 为核心、不同数目羟基和水配位的单核络合物或离子 (式②③); 同时, 这些单核络合物或离子又可以羟基 (—OH) 为中间体, 形成羟桥 (Fe—OH—Fe) 进行彼此聚合, 形成二聚体 (式④); 二聚体、单聚体可继续聚合形成三聚体, 如此不断聚合成粒径更大的多核络和体, 直至凝聚铁的多核物粒度达到一定大小时, 就开始以沉淀形式析出。



从结晶化学的角度来讲, Fe<sup>3+</sup> 的水解沉淀过程可认为经历了如下几个阶段:

单一运动单元 → 多核体 → 晶胚 → 晶核 → 晶体 (沉淀)

起初, 单一的运动单元 [Fe(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup> 经过一系列的聚合作用, 形成一系列多核体, 当多核体所含单元数较小时, 多核体并不能形成新物相的粒子; 只有当其所含单元数增加到某一数目时才能形成晶胚; 当所含单元数进一步增大, 晶胚继续生长到某一定大小时, 多核体就形成了晶核。晶核作为一种不稳定的平衡状态, 若失去一些运动单元则降为晶胚, 甚至溶解; 若得到一些运动单元则生长为稳定的晶体, 形成沉淀。

由此过程可以看出, 要得到微细沉淀粒子, 须使 Fe<sup>3+</sup> 水解过程停留在晶核阶段, 此阶段铁离子多核体刚刚形成沉淀形式, 颗粒微小, 可使最终得到的氧化铁颗粒粒径达到纳米级。但由于实际滴定过程中, 铁离子始终处于过量状态, 如果不加控制, 在滴定开始, 易使 Fe<sup>3+</sup> 水解很快进入晶体阶段, 使沉淀出的颗粒大而不均, 且容易团聚成大片絮状沉淀, 而达不到实验的最终目的; 同时由于滴定的进行, 整个溶液环境酸性不断增强, pH 值降低, 富余的 H<sup>+</sup> 抑制了沉淀过程的正向进行, 使溶液中晶核量减少, 降低了水解反应速度, 这就是加碱中和法实验技术的关键所在, 即怎样维持 Fe<sup>3+</sup> 水解在晶核阶段的动态平衡, 使生成晶核不会迅速、过快地向晶体阶段转化, 同时也不会大量被溶解。

对此, 加碱中和法采用稀碱液做 pH 值控制剂以中和反应生成的富余 H<sup>+</sup>, 以维持溶液 pH 值的稳定, 防止晶核的溶解, 并诱使反应的正向进行, 以形成更多的晶核; 同时, 温度保持稳定在某范围内, 一同保证了水解过程在晶核阶段的动态平衡。因此, 利用加碱中和法可以制备纳米级的氧化铁粉体。

### 2.2 实验条件及影响

#### 2.2.1 FeCl<sub>3</sub> 溶液浓度与滴定速度

一般的, Fe<sup>3+</sup> 浓度越小, 所产生沉淀颗粒的粒径越小。实验使用 0.1、0.2 mol/L 两种浓度配置的 FeCl<sub>3</sub> 溶液做反应液, 结果表明, 在相同实验条件下, 前者

制备样品鲜红,疏松易研磨,后者制出样品结块,质硬。另外, $\text{FeCl}_3$ 溶液的滴定速度要适当,滴速过快,沉淀生成速度过快,反应体系会很快出现大量絮状沉淀,粒子团聚容易;而滴速过慢,影响制备效率,不宜向工业生产转化。实验对  $0.1 \text{ mol/L}$  的  $\text{FeCl}_3$  溶液滴速控制在  $0.778\sim 1.167 \text{ mL/min}$ , 即  $\text{Fe}^{3+}$  滴定速度为:  $0.778 \times 10^{-4} \sim 1.167 \times 10^{-4} \text{ mol/min}$ , 制备出纳米氧化铁粉体样品。

### 2.2.2 水解温度

$\text{Fe}^{3+}$  水解是一个吸热过程,在适当较高温度下反应可促进水解。实验选择  $60\sim 70^\circ\text{C}$  和  $80\sim 85^\circ\text{C}$  两个温度段进行了对比,发现在相应 pH 环境下都可保证铁盐的充分水解。若考虑减少能耗,应选用较低的温度。但实验观察,温度过低, $\text{Fe}^{3+}$  水解速度慢,过滤时滤液呈黄色,说明  $\text{Fe}^{3+}$  水解不充分;而温度过高,水解环境不易控制,体系中容易形成大量絮状沉淀,影响产品粒度和分散性。实验采用  $80\sim 85^\circ\text{C}$  的水解温度, pH 值为  $4\sim 5$ , 最终得到了颗粒明显,粒径均匀的纳米氧化铁粉体样品。

### 2.2.3 水解 pH 值

pH 值是加碱中和法制备纳米氧化铁粉体中的最关键因素。在稳定温度下, pH 值过低,水解速度慢或不水解,溶液中生成晶核量少;而 pH 值过高,又易形成过量晶核,团聚生长,析出大颗粒沉淀,使最终得到的氧化铁粒子粒径大,分散性差。对比实验(见表 1)发现, pH 值低时,水解反应不完全,生成沉淀颜色浅,颗粒细腻,所形成的颗粒细小,过滤时,湿滤饼胶状明显,过滤困难; pH 值高时,铁盐水解完全且速度快,生成颗粒大,过滤速度快,氧化铁体系颜色深暗。SEM 电镜分析表明,在 C 方案实验条件下,沉淀物经  $650^\circ\text{C}$  焙烧形成的氧化铁粉体样品颗粒均匀,呈类球形,分散性好,粒径为  $50\sim 100 \text{ nm}$ 。

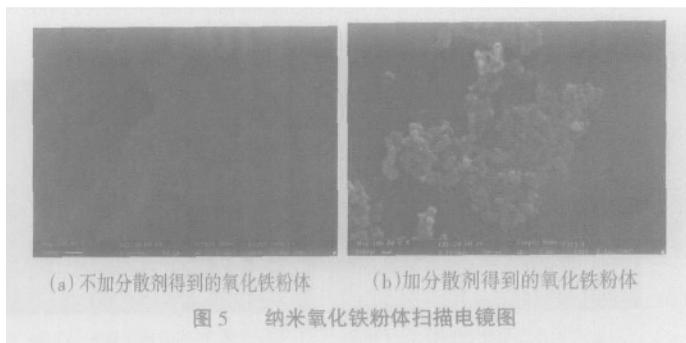
### 2.2.4 热处理

实验观察到随处理温度的增高,热处理得到的氧化铁粉体样品颜色将从不稳定渐变为稳定色相,温度较低时(小于  $500^\circ\text{C}$ ),颜色有黄色、红、深红、红褐、黑红、黑等变化,当温度超过  $600^\circ\text{C}$  时,颜色皆为稳定红色。这是因为随着温度变化,氧化铁的晶体类型也随之改变,不同类型的氧化铁带来不同的颜色。有学者研究<sup>[1]</sup>表明,  $80^\circ\text{C}$  条件下干燥时,氢氧化铁沉淀就会有  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  (棕色、红色等颜色)生成,经  $270^\circ\text{C}$  煅烧只剩  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  (红色)和  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , 到  $700^\circ\text{C}$  则全部转化为单相的  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  (红色)。本实

验中对样品 C-1、C-2、C-3 进行了 XRD 分析,表明了低温下 ( $\leq 100^\circ\text{C}$ ) 可生成  $\beta\text{-FeO}(\text{OH})$  相铁黄粉体,  $650^\circ\text{C}$  处理即能得到单相  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  铁红粉体。

### 2.2.5 分散剂

实验使用酒石酸和 SDBS 的混合液做分散剂,以一定配比加入底液,使最终获得的纳米氧化铁粉体样品具有良好的分散效果。图 5 中 SEM 图表明了加入分散剂前后氧化铁粉体样品不同的分散情况。



## 3 结 论

(1) 加碱中和法制备纳米氧化铁粉体的最佳工艺条件: $\text{Fe}^{3+}$  的浓度为  $0.1 \text{ mol/L}$ , 酒石酸和 SDBS 联合做分散剂,稀碱溶液做 pH 值控制剂, pH 控制在  $4\sim 5$ , 温度控制在  $80\sim 85^\circ\text{C}$ , 经过  $650^\circ\text{C}$  热处理  $2 \text{ h}$  可获得纳米氧化铁红粉体。

(2) XRD 和 SEM 分析表明,  $60$ 、 $100^\circ\text{C}$  热处理可得到氧化铁黄粉体, 其中  $60^\circ\text{C}$  处理得到的铁黄为  $\beta\text{-FeO}(\text{OH})$  相; 样品在  $650^\circ\text{C}$  热处理形成氧化铁红粉体, 为单一  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  相, 颗粒为类球形, 粒度均匀, 粒径在  $50\sim 100 \text{ nm}$  之间, 分散性良好, 属纳米氧化铁粉体。

### 参考文献 (References):

- [1] 胡鸿飞, 李大成, 吉红兵. 纳米氧化铁的制备方法及其进展[J]. 四川有色金属. 2001, (1): 15-20.  
HU Hong-fei, LI Da-cheng, JI Hong-bing. Development and method of nano-meter iron oxide particles[J]. Sichuan Nonferrous Metals, 2001, (1): 15-20. (in Chinese)
- [2] Narasimhan B R V, Prabhakar S, Manohar P, et al. Synthesis of gamma ferric oxide by direct thermal decomposition of ferrous carbonate[J]. Material Letters. 2002, 52(4-5): 295-300.
- [3] Morjan I, Alexandrescu R, Soarea I, et al. Nanoscale powders of different iron oxide phases prepared by continuous laser irradiation of iron pentacarbonyl-containing gas precursors[J]. Materials Science and Engineering(C), 2003, 23(1-2): 211-216.
- [4] Orthner H R, Roth P. Formation of iron oxide powder in a hot-wall flow reactor - effect of process conditions on powder characteristics[J]. Materials Chemistry and Physics, 2003, 78(2): 453-458.

- [5] Kan S, Zhang X, Yu S, et al. Formation process of nanometer-sized cubic ferric oxide single crystals[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 1996, 178(2): 673-680.
- [6] Raming T P, Winnubst A J A, van Kats C M, et al. The synthesis and magnetic properties of nanosized hematite ( $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) particles[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2002, 249(2): 346-350.
- [7] 汤勇铮, 张文敏. 微波水解法制备均分散  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  纳米粒子的初步研究[J]. 化学研究与应用, 1998, 10(4): 419-422.  
TANG Yong-zheng, ZHANG Wen-min. Study on preparation of mono-disperse  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nanoparticles by microwave-hydrolysis[J]. Chemical Research and Application, 1998, 10(4): 419-423. (in Chinese)
- [8] 李大成, 付云德, 胡鸿飞, 等. 胶溶相转移法制备超微细透明氧化铁颜料的研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2000, 32(1): 38-40.  
LI Da-cheng, FU Yun-de, HU Hong-fei, et al. Study on the preparation of transparent ultra-fine iron(III) oxide pigment by the colloidal chemical method[J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2000, 32(1): 37-40. (in Chinese)
- [9] 牛新书, 徐荭. 溶胶-凝胶法制备  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  纳米晶[J]. 应用化学, 2000, 17(6): 611-614.  
NIU Xin-shu, XU Hong. Preparation of nanocrystal  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  by sol-gel method[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2000, 17(6): 611-614. (in Chinese)
- [10] 徐如人, 庞文琴. 无机合成与制备化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. 43-46.  
XU Ru-ren, PANG Wen-qin. Inorganic Synthesis and Preparation Chemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2001. 43-46. (in Chinese)
- [11] 曹维良, 张敬畅, 石锦华, 等. 超微粒子氧化铁的制备研究[J]. 应用科学学报, 2000, 18(2): 171-174.  
CAO Wei-liang, ZHANG Jing-chang, SHI Jin-hua, et al. Study on the preparation of nanometer ferric oxide in terms of SCFD technique[J]. Journal of Applied Sciences, 2000, 18(2): 171-174. (in Chinese)

## 欢迎订阅 2006 年《硫磷设计与粉体工程》

《硫磷设计与粉体工程》由南化集团设计院等主办, 标准 16 开, 双月刊, 单月底出版, 国内统一刊号: CN 32-1590/TQ, 国际标准刊号: ISSN 1009-1904, 邮发代号: 28-290, 国外发行代号: DK 32015. 本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》, 获第五届全国石油和化工行业优秀期刊二等奖、首届《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊。

办刊宗旨: 求实创新、发展增效, 推动硫磷与粉体工程的设计技术和工业技术的科技进步。常设主要栏目: 专题论述、设计技术、工业技术、试验研究、节能环保、腐蚀防腐、贮运工艺、仓储设备、起运机械、气力输送、电算技术等。主要涉及硫酸和硫化工、磷肥(含复合肥、混肥和各种专用肥)和磷化工、黄磷及磷制品等化工产品的工艺、设备、自控等各专, 以及化工固体物料机械化贮运及加工系统等领域的设计、科研、技改成果和科技进展。

本刊注重行业科技动态和实用技术, 内容丰富, 信息反映快捷, 在同行业中享有较高的声誉, 对从事化工行业各专和其他相关专的设计、科研、生产人员和大专院校师生, 具有实用参考价值。本刊定价 7.00 元/册, 全年 42.00 元/份(含邮费), 全年合订本定价 60.00 元/本(含邮费)。国外订户按美元订(含邮费)。订户可通过各地邮局订阅, 也可随时与本刊编辑部联系, 索取订单。  
地址: 南京市大厂葛关路 268 号 邮编: 210048  
E-mail: spbmh@263.net 电话: (025) 57023618 57915029  
传真: (025) 57915028

## 欢迎订阅 2006 年《中国非金属矿工业导刊》

邮发代号: 82-319

◆全国性非金属矿行业期刊, 《中国科学引文数据库》来源期刊, 中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊, 中国期刊全文数据库全文收录期刊, 中国核心期刊数据库全文收录期刊。

◆国内外公开发, 国际标准刊号: ISSN 1007-9386; 国内统一刊号: CN 11-3924/TD

全国各地邮局订阅, 邮发代号: 82-319。订户可通过当地邮局订阅或直接向本刊编辑部订阅

◆本刊为双月刊, 逢双月 25 日出版, 大 16 开, 每期正文 64 页, 约 13 万字, 平装胶订。每期定价 8 元, 全年 48 元

◆本刊兼营广告业务, 广告经营许可证: 京东工商广字第 0016 号  
主办单位: 中国非金属矿工业(集团)总公司、中国建筑材料工业地质勘查中心、中国非金属矿工业协会

主要内容: 主要报道我国非金属矿行业产业政策、行业发展及动态、非金属矿产应用与开发、矿产品加工及与利用、矿产资源、选矿工艺与技术、加工设备、测试技术、环境保护与评价、市场信息及动态、企业管理与企业介绍。本刊融政策、技术、信息于一体, 内容丰富、信息量大。

读者对象: 从事建材、非金属矿及其相关行业的生产、科研、设计、设备制造单位、管理部门及大专院校的科研人员、生产技术人员、管理人员等。

### 欢迎订阅! 欢迎投稿! 欢迎刊登广告!

地址: 北京市西直门内北顺城街 11 号 邮编: 100035  
电话/传真: 010-62259367 广告联系: 13901215508  
Http://lgfk.chinajournal.net.cn E-mail: lgfk@chinajournal.net.cn

## 《无机盐工业》2006 年征订启事

《无机盐工业》(月刊)是国家科委批准的无机化工行业公开发行的科技刊物, 1960 年创刊, 国内外公开发, 主要报道国内外无机化工行业最新科技成果与技术进展, 以及新技术、新工艺、新设备、新产品、新用途方面的动态及商品信息、市场行情等。内设综述与专论、研究与开发、经验交流、应用技术、综合利用、化工设备、化工分析与测试、综合信息等栏目, 是无机化工行业必不可少的良师益友。

本刊印刷精美、质量上乘、影响面广, 是您无机化工行业扩大产品影响的最佳选择。欢迎来函来电洽谈广告业务。同时, 热诚欢迎您在本刊刊登新产品、新技术广告及企业、公司形象宣传广告。

《无机盐工业》为月刊, 64 页, 单价 8.00 元, 全年共 96.00 元, 邮发代号: 6-23。全国各地邮局均可订阅, 也可直接与编辑部联系。

地址: 天津市红桥区丁字沽三号路 85 号

《无机盐工业》杂志社

电话: 022-26658343 26689297 邮编: 300131

传真: 022-26658343 E-mail: book@wjygy.com.cn

http://www.wjygy.com.cn