

利用 CT 扫描仪分析不同类型 BaSO₄ 对 X 射线的衰减规律^{*}

刘吉华 许东彬 辛寅昌^{**}

(山东师范大学化学化工与材料科学学院, 250014 济南 // 第一作者 26 岁, 女, 硕士生)

摘要 提出了一种利用 CT 扫描仪分析不同类型、不同细度的硫酸钡对 X 射线的衰减能力的新方法, 分析讨论了不同类型、不同细度的硫酸钡对 X 射线的衰减规律和衰减原因, 为检测筛选高效能的新型医用硫酸钡提供了一种更加科学、简便的方法.

关键词 硫酸钡; CT 扫描仪; X 射线; 衰减

中图分类号 O 641.4

硫酸钡作为一种介质在胃肠检查中应用, 其效能的好坏除了对人体无毒害以外, 主要通过对其 X 射线的衰减能力来确定^[1], 但是各种类型硫酸钡对 X 射线的衰减能力、衰减规律以及衰减原因的分析未见相关报道^[2].

本文提出了一种利用 CT 扫描仪分析不同类型的硫酸钡对 X 射线的衰减能力的新方法, 通过深入讨论 CT 扫描下不同含量的树脂纳米硫酸钡和普通硫酸钡的衰减特性来研究其对 X 射线的衰减规律和原因, 为医疗机构选择高效能、无污染、使用量少、便于服用的医用硫酸钡提供了一种科学、简便的方法.

本文中所说的不同类型的硫酸钡指的是我们实验室制备的树脂纳米硫酸钡(所选用的树脂为 732 型阳离子交换树脂, 其中硫酸钡的平均粒度在 20~40 nm 之间, 均匀分布在树脂中)^[3]; 普通医用硫酸钡粉体(硫酸钡粒径 10 μm 左右).

1 实 验

- 1.1 实验仪器 美国 GE 公司生产的 Sencer 十六层 CT 扫描仪.
- 1.2 实验样品 普通硫酸钡粉体: 硫酸钡含量分别是 6.83%、10%、15%、18.5%、20%; 树脂纳米硫酸钡: 硫酸钡含量分别是 4.46%、6.83%、12.02%、14.04%、20.21%和 21.88%.

2 实验和结果讨论

- 2.1 实验方法选择的依据 对物质 X 射线衰减的检测方法很多, 其原理都遵循 X 射线衰减公式

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-\mu x), \tag{1}$$

I_0 —X 射线的入射光强, I —X 射线的出射光强, x —被测物厚度, μ —衰减系数(cm^{-1}).

由公式(1)可知, 衰减系数不仅和 I_0 、 I 有关, 还和所测物的厚度 x 有关^[4]. 选用 CT 扫描仪可以对所测物用 X 射线进行 360° 旋转扫描, 所得数据由计算机处理形成 μ 值和 CT 值, 消除了所测物厚度的影响, 以及不同射线方向和容器带来的误差^[5].

另外, 在胃肠透视时, 为了人体安全, 只能用低能 X 射线检查, 所以分析作为介质的硫酸钡衰减能力的好坏, 使用具有中等强度 X 射线的 CT 扫描仪符合我们的实验要求, CT 所能检测的最大 CT 值在 3 000 左右, 所以实验选用的样品都是低含量的, 不超过它的检测范围. 本实验采用体模的方法.

- 2.2 不同类型的不同含量的硫酸钡的 CT 值与 μ 值 本实验利用的 CT 扫描仪, 阳极加速电压是 120 kV, 扫描层厚为 8 mm. 衰减实验测定结果见表 1, 表 2(空白样的数值已扣除), 每个样品均取上中下 3 点, 取平均, 由表 1 和表 2, 分别作出不同含量普通硫酸钡和不同含量树脂纳米硫酸钡与衰减系数 μ 的曲线, 如图 1.

| 表 1 不同含量的普通硫酸钡的 CT 值与 μ 值 | | | 表 2 不同含量的树脂纳米硫酸钡 CT 值与 μ 值 | | |
|-------------------------------|--------|---------|--------------------------------|--------|---------|
| BaSO ₄ / % | CT 平均值 | μ 值 | 纳米 BaSO ₄ / % | CT 平均值 | μ 值 |
| 6.83 | 702 | 0.357 | 4.46 | 2 183 | 0.668 |
| 10 | 974 | 0.415 | 6.83 | 2 213 | 0.675 |
| 15 | 1 508 | 0.527 | 12.02 | 2 369 | 0.707 |
| 18.5 | 1 806 | 0.589 | 14.04 | 2 566 | 0.749 |
| 20 | 2 485 | 0.731 | 20.21 | 2 729 | 0.783 |
| | | | 21.88 | 2 983 | 0.836 |

^{*} 国家科技部创新基金资助项目(01C26213700899)
^{**} 联系人
收稿日期: 2006—12—15

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

由表 1、表 2 的数据和图 1 可知, 用 CT 扫描仪检测的普通硫酸钡和树脂纳米硫酸钡对 X 射线的衰减系数与硫酸钡的含量 x 成线性关系, 服从方程 $\mu=kx+b$ (式中 x 为硫酸钡含量, 取值范围为 4%~20%)。曲线 A 的截矩比曲线 B 的截矩要大的多, 这说明在同样含量下比较, 纳米硫酸钡比普通硫酸钡对 X 射线的衰减要大的多。含量越低这种差别就越大。

2.3 树脂纳米硫酸钡与普通硫酸钡对 X 射线衰减的强弱不同的原因

CT 扫描仪的 X 射线通过物质时 X 射线的衰减主要是因为光电吸收和康普顿散射, 二者的作用是同时进行的。康普顿散射受原子序数大小的影响, 原子序数大散射能力强, 对 X 射线衰减能力也强; 而光电吸收的强弱主要与物质表面积有关, 表面积越大对 X 射线衰减能力越强^[9]。对于同一种物质来说, 其颗粒为纳米级比普通级时对 X 射线的衰减能力要强。这是由于纳米颗粒的小尺寸效应和表面效应的特殊作用^[7~8]。

按公式(1), 设定 CT 扫描仪发出的 X 射线强度不变, 即 I_0 相同。取 X 线穿过的物质厚度 $x=1$, 则得

$$\frac{I_{\text{普}}}{I_{\text{纳}}}=\exp(\mu_{\text{纳}}-\mu_{\text{普}})$$

(2)

$I_{\text{普}}$ —X 射线通过普通硫酸钡的出射光强, $I_{\text{纳}}$ —X 射线通过纳米硫酸钡的出射光强, $\mu_{\text{普}}$ —普通硫酸钡对 X 射线的衰减系数, $\mu_{\text{纳}}$ —纳米硫酸钡对 X 射线的衰减系数。

根据以上 CT 值与 μ 值的实验数据, 分别计算出普通硫酸钡和树脂纳米硫酸钡衰减系数 μ 和含量关系式如下

普通硫酸钡公式

$$\mu_{\text{普}}=1.99x_2+0.221$$

(3)

树脂纳米硫酸钡公式

$$\mu_{\text{纳}}=0.760x_1+0.629(x \text{ 为硫酸钡的百分含量})$$

(4)

由以上公式得出以下普通硫酸钡和树脂纳米硫酸钡衰减系数的关系式

$$\mu_{\text{纳}}=0.382\mu_{\text{普}}+0.545$$

(5)

由式(2)和(5)得出

$$\frac{I_{\text{普}}}{I_{\text{纳}}}=\exp(0.545-0.618\mu_{\text{普}})$$

(6)

由表 3 可知, 在同一含量时, $I_{\text{普}}/I_{\text{纳}}>1$, 说明树脂纳米硫酸钡比普通硫酸钡对 X 射线的衰减能力要强, 但 $I_{\text{普}}/I_{\text{纳}}$ 并不是一个不变的值, 而是随着硫酸钡含量的增大, 略有减小, 原因是在树脂纳米硫酸钡中, 随着硫酸钡含量的增加, 纳米粒子间发生团聚的机会增大, 降低了它的表面效应^[9], 对 X 射线的衰减能力也略有下降。

3 结 论

- 1) 使用 CT 扫描仪分析不同类型硫酸钡对 X 射线衰减能力的方法是可行的。
- 2) 树脂纳米硫酸钡和普通硫酸钡对 X 射线的衰减系数都随硫酸钡质量百分含量(取值为 4%~20%)的增加呈线性增加, 服从 $y(\mu)=kx(c)+b$ 的线性规律。
- 3) 对于树脂纳米硫酸钡, 由于其中硫酸钡是纳米级, 所以在同含量下比普通硫酸钡对射线衰减能力强得多。

4 参考文献

[1] 陈培生. 硫酸钡在胸部 CT 扫描中的应用[J]. 医用放射技术杂志, 2004, (9): 22

[2] 霍 红, 欧阳朝斌, 刘有智. 纳米硫酸钡的制备工艺及其应用[J]. 山东化工, 2004, (33): 23~25

[3] 辛寅昌, 周同娜, 安 骏. 衰减 X 射线的树脂纳米硫酸钡的研究[J]. 精细与专业化学品, 2004, 12(20): 14~17

[4] 刘来保, 赵 久. 应用 X 射线定向仪的晶体快速定向法[M]. 合肥: 中国科技大学出版社, 2001, 46~47

[5] 罗时傑. CT 技术[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1985. 10~15

[6] 哈洪飞, 吴季兰. 高分子辐射化学原理与应用[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002. 3~10

[7] 张立德, 牟季美. 纳米材料和纳米结构[M]. 北京: 北京科学出版社, 2001. 65

[8] 黄惠中. 纳米材料分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003. 1 292

[9] Ishii T, Nozawa H, Tamamura T. Nano-composite resist system; a new approach to nanometer pattern fabrication[J]. Microelectronic Engineering 1997 (35): 113~116

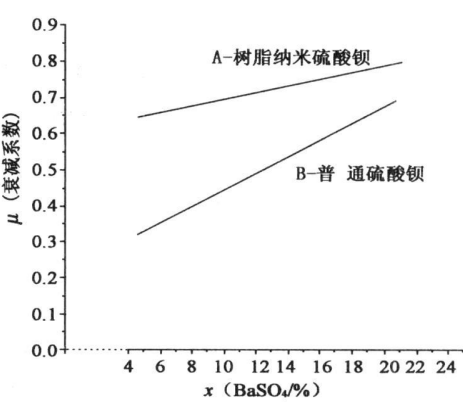


图 1 不同含量的普通硫酸钡和纳米硫酸钡与衰减系数 μ 的关系曲线

| 表 3 $\mu_{\text{普}}$ 与 $I_{\text{普}}/I_{\text{纳}}$ 在硫酸钡同一含量的数值 | | |
|--|------------------|-----------------------------|
| 硫酸钡/% | $\mu_{\text{普}}$ | $I_{\text{普}}/I_{\text{纳}}$ |
| 5 | 0.321 | 10.414 |
| 10 | 0.420 | 1.330 |
| 15 | 0.520 | 1.251 |

STUDY ON DIFFERENT TYPES OF BARIUM SULFATE ATTENUATION TO X—RAY BY CT SCANNER

Liu Jihua Xu Dongbin Xin Yinchang^{* *}

(College of Chemistry, Chemical Engineering and Materials Science, Shandong Normal University, 250014, Jinan, China)

Abstract A new method was put forward that can examine different types and different particle sizes of Barium sulfate's attenuation to X—ray by CT scanner. The attenuation law and reason on different types and different particle sizes of Barium sulfate were studied and discussed. A scientific and simple method to select iatrical Barium sulfate was developed.

Key words Barium sulfate; CT scanner; X—ray; attenuation

(上接第 65 页)

- [6] Sbbodan V, Jovanovic S, Steenken. M T, et al. Flavonoids as antioxidants[J]. J Am Chem Soc, 1994, 116(11): 4 846 ~ 4 851
- [7] Hansch C, Leo A, Taft R W. A Survey of hammet substituent constants and resonance and field parameters[J]. Chem Rev 1991, 91: 165 ~ 195
- [8] 张 军, 陈德展. 橄榄油中两种酚类化合物的抗氧化性理论研究[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2005, 20(4): 36 ~ 37

DFT STUDY ON A NEW CLASS OF ANTIOXIDANTS

Guo Weiling Chen Dezhan

(College of Chemistry, Chemical Engineering and Material Science, Shandong Normal University, 250014, Jinan, China)

Abstract A new class of antioxidants 4, 5—dihydroxyisoquinolines (DHIQS) is designed theoretically and the structure—activity relationship of them is investigated by density functional theory (DFT) at the (RO)B3LYP/6—311+G (2d, 2p) //B3lyp/6—31G (d) level. Study shows that the reactivity of 4, 5—dihydroxyisoquinoline is similar to that of the active antioxidant 1, 8—naphthalenediol (DIOL), but the former has greater gas stability than that of the latter. Furthermore, the E_{BDE} of DHIQS are roughly 2 ~ 2. 5 kcal °mol⁻¹ higher than those of the 1, 8—naphthalenediols (DIOLS) counterparts, while the E_{IP} values are about 8 ~ 9 kcal °mol⁻¹ higher than those of the latter. This means that DHIQS possess similar reactivity toward chain—carrying peroxy radicals as equivalently substituted phenols DIOLS, but greater stability to oxygen. Consequently, DHIQS are a new class of efficient antioxidants.

Key words density functional theory; O—H E_{BDE} ; E_{IP} ; gas stability; antioxidant