

催化材料对病毒的吸附和灭活作用及对哺乳动物细胞的毒性

刘中民¹, 张卓然², 许国旺¹, 杨 凌¹, 马 磊¹, 孙承林¹, 许 磊¹, 齐 越¹,
赵春霞¹, 明平文¹, 陈 严¹, 郑丛龙², 杜逊甫¹, 韩秀文¹, 张 涛¹, 黄向阳¹,
包信和¹, 刘 波¹, 刘守新¹, 王爱琴¹, 曲振平¹, 缪少军¹, 胡 刚¹, 刘 页¹

(1 中国科学院大连化学物理研究所, 辽宁大连 116023; 2 大连医科大学附属第二医院, 辽宁大连 116023)

摘要: 提出了以吸附和催化原理灭活病毒的设想,旨在开发出对病毒有过滤、吸附及灭活作用的高效非特异性催化材料,应用于各种防护设施,有效控制非典型肺炎(SARS)的传播. 采用与 SARS 病毒相似的副流感病毒作为模拟对象,进行了吸附及灭活该病毒的催化材料研究,并考察了催化材料对哺乳动物细胞的毒性. 结果表明,病毒气溶胶的阻留及吸附结果与基于 DNA 吸附的色谱分析结果相一致;部分材料可以强烈地吸附病毒(100%),甚至在强烈振荡下并洗脱至第 3 次,病毒也不能脱附;一些材料不仅可以吸附病毒,而且强烈振荡后的洗脱液虽然表现出一定的血凝效价,但接种鸡胚后,病毒并不增殖,说明材料具有明显的催化病毒灭活性能;对细胞毒性极低的材料可以用在与人体接触的防护材料和设施中. 筛选出的性能优异的催化材料,拟进一步考察其对 SARS 病毒的灭活作用.

关键词: 催化材料, 副流感病毒, 吸附, 灭活, 严重急性呼吸系统综合症

中图分类号: O643

文献标识码: A

Catalytic Materials Evaluated by Adsorption and Inactivation of Parainfluenza Virus and Cytotoxicity of Mammalian Cells

LIU Zhongmin^{1*}, ZHANG Zhuoran², XU Guowang¹, YANG Ling¹, MA Lei¹, SUN Chenglin¹,
XU Lei¹, QI Yue¹, ZHAO Chunxia¹, MING Pingwen¹, CHEN Yan¹, ZHENG Conglong²,
DU Xunfu¹, HAN Xiuwen¹, ZHANG Tao¹, HUANG Xiangyang¹, BAO Xinhe¹, LIU Bo¹,
LIU Shouxin¹, WANG Aiqin¹, QU Zhenping¹, MIAO Shaojun¹, HU Gang¹, LIU Ye¹

(1 Dalian Institute of Chemical Physics, The Chinese Academy of Sciences, Dalian 116023, Liaoning, China;
2 Second Attached-Teaching Hospital, Dalian Medical University, Dalian 116023, Liaoning, China)

Abstract: A novel method for inactivating viruses based on adsorption and catalysis principles with the goal of developing non-specialized materials to filtrate, adsorb and catalyze viruses is proposed. These materials would be useful to more effectively control severe acute respiratory syndrome (SARS) in China. The parainfluenza virus (PIV), which is very similar to SARS coronavirus (SARS-CoV), was used in the adsorption and inactivation experiments, and the cytotoxic effects of the catalytic materials to mammalian cells were also investigated. The results of retardation and adsorption experiments on aerosol-type viruses are in agreement with those of DNA adsorption and capillary electrophoresis tests. Some materials could strongly adsorb the virus with 100% efficiency even after the third acute vibration in physiological saline. Some materials exhibit an interesting effect to inactivate the virus in eluates when the latter occurred positive in hemagglutination test and negative in detection of viable virus with inoculation to chicken embryo. These results suggested that the viruses were inactivated or decomposed by the catalytic effects. The cell virulence evaluation suggested that the very low toxicity of some materials is helpful for their application in protective garments. The materials with the highest performance will be tested with SARS-CoV, and the results are expected soon.

收稿日期: 2003-05-25. 第一作者: 刘中民, 男, 1964 年生, 博士, 研究员.

联系人: 刘中民. Tel: (0411)4685510, 13309859569; E-mail: zml@dicp.ac.cn.

Key words : catalytic materials , parainfluenza virus , adsorption , inactivation , severe acute respiratory syndrome

非典型性肺炎又称严重急性呼吸系统综合症 (severe acute respiratory syndrome, SARS)^[1~7]。自 2002 年 11 月 26 日我国广州出现第一例患者后,至 2003 年 4 月达到流行高峰并蔓延至全国多个省市,确诊病人达 5000 余,世界上其他国家也有病例报道。全世界的科学家迅速行动,以极大的热情投入到相关的研究中。目前,SARS 病毒(SARS-CoV)的基因测序已经完成^[4,5],SARS 病毒的结构模型已经得出^[8],抗 SARS 药物和疫苗的研制也在加紧进行中。但是,根据药物和疫苗研制的规律,短时间内相关产品恐难以进入临床实用阶段。为了防止病毒传播,迫切需要长期高效的病毒清除剂和灭活剂,用于医院、大型公共场所、家庭及个人的防护。

从化学的观点看,病毒是脆弱的,其所包含的蛋白质、糖和核糖核酸(RNA)等大分子远没有一般有机物小分子稳定,完全可基于无机固体材料的酸碱性质、氧化还原性质、吸附性质和催化性质等特性,开发出新型高效、具有吸附和/或催化性能的病毒灭活剂。在众多固体材料中,纳米催化材料因其独特的性能当属首选之一。为此,中国科学院大连化学物理研究所与大连医科大学病原学教研室合作成立了“抗病毒纳米催化材料研究”攻关小组,开展“用于呼吸道病毒阻隔、吸附及灭活的纳米催化材料及相关作用机制研究”。利用副流感病毒(PIV),流感病毒(IV),呼吸道合胞病毒(RSV)和腺病毒(AdV)等进行催化材料吸附与灭活病毒的实验研究,以期尽快开发出有效的催化材料,应用于口罩、防护服、空调、墙面涂料等各种医用防护及其设施,为早日控制 SARS 病毒的传播,为抗击“非典”的胜利做出贡献。本文报道了研究工作的阶段总结,与本研究相关的部分分析和评价结果详见文献[9]。

1 实验部分

1.1 试剂和仪器

副流感病毒、鸡胚(9~11日龄)和鸡红细胞(0.5%)由大连医科大学提供和制备。病毒喷雾及滤过效果评价系统装置由大连化学物理研究所色谱分析中心提供。

1.2 催化剂制备

在本研究开展的第一阶段,为了尽快对催化灭活病毒进行原理性证实,广泛探索了各种类型的催

化剂。因此,催化剂制备方法是多样的,主要可归结为如下几类。

(1)离子交换法。对于具有离子交换性能的催化剂(如分子筛),采用此方法在分子筛中引入酸性或金属离子。其操作步骤与常规分子筛交换基本相同^[10],只是根据所用分子筛的性质,在交换时适当控制交换溶液的 pH 值。

(2)浸渍法。对于不具有离子交换能力的多孔载体(如多孔硅胶和活性炭等),用金属或第二种氧化物改性时采用浸渍法,其原理同文献[11]。以改性硅胶催化剂为例,其制备方法为:取 40~60 目硅胶 4 g,浸入适宜浓度的 $Ti(SO_4)_2$ 溶液中,水浴蒸干液体,100 °C 烘干,然后 450 °C 焙烧 3 h 即得。

(3)沉淀法。部分氧化物或复合氧化物催化剂的制备采用沉淀或共沉淀法。以 ZrO_2 催化剂为例,其制备步骤如下:将 $ZrOCl_2 \cdot H_2O$ 溶解在适量水中,搅拌下滴加 $NH_3 \cdot H_2O$ 至 pH = 9,固体经离心分离、洗涤后,100 °C 烘干,450 °C 焙烧 3 h 即得。

(4)喷雾干燥法。某些氧化物催化剂的制备采用喷雾干燥法,如硅胶催化剂的制备步骤如下:将硅溶胶-去离子水-5%造孔剂混合物搅拌均匀,喷雾干燥制备成微球,550 °C 焙烧 3 h 即得。

(5)溶胶-凝胶法。借鉴催化剂制备中的一些其他特殊方法,如 SiO_2-ZrO_2 催化剂的制备采用了溶胶-凝胶-共沉淀的复合方法。其制备步骤为,将 78.4 g 的 $ZrOCl_2 \cdot H_2O$ 溶解在 150 ml 去离子水中,然后缓慢加入到 688 g 硅溶胶中,搅拌均匀后,滴加 $NH_3 \cdot H_2O$ 至 pH = 7,将固体离心分离、洗涤、烘干、焙烧后即制得样品。

本阶段共制备了 101 种催化材料样品,供病毒吸附和灭活实验研究。这些催化材料包括各种改性的分子筛、活性炭,二氧化钛和硅胶等。这些材料具有纳米的粒度或具有纳米级孔道结构,部分催化剂负载了不同的金属。

1.3 病毒气溶胶的阻留与吸附实验

取副流感病毒(1:1280)0.1 ml 置于气溶胶发生器内,以 1 次/s 的频率按开关进行喷雾,共喷雾 120 次,形成的病毒气溶胶通过两层 200 目的不锈钢网(两层不锈钢网之间加催化材料 2 g,铺平,厚为 4.5~5.0 mm)后,收集在 2.0 ml 生理盐水中,立即测试病毒的血凝效价。

1.4 催化材料吸附与灭活病毒实验

称取催化材料 1 g 于无菌瓶中,加病毒液(1 1280)0.1 ml,于室温下混合作用 30 min(每 10 min 振荡 2 min,共操作 3 次),加入 2 ml 无菌生理盐水,立即混匀振荡 2 min,离心分离(1 000 r/min)5 min. 吸取洗脱病毒液进行血凝试验,同时吸取 0.1 ml 稀释 100 倍后接种 9~11 日龄鸡胚 0.1 ml(尿囊腔接种),置于 37℃ 的孵箱中孵育 72 h 收集尿液测病毒血凝效价,并与培养前的血凝效价进行比较^[10~12]. 此实验设病毒液对照,并以 5A 分子筛和玻璃球作为对照.

1.5 催化材料吸附病毒洗脱后的病毒灭活实验

1 g 催化材料吸附 0.1 ml 病毒液后,用 2 ml 生理盐水洗脱,再加入 3 ml 生理盐水并轻轻摇动以洗脱游离的病毒颗粒,离心分离(1 000 r/min)5 min 后尽量吸干洗液于另一试管内保存. 然后加入 2 ml 无菌生理盐水,强烈振荡混悬液 3 min,静置,每隔 10 min 强振荡 1 次,30 min 后于室温下离心分离(1 000 r/min)5 min,吸取上清洗液,如前述方法测血凝,并适当稀释后接种 9~11 日龄鸡胚,3 天后收获病毒液再测血凝进行比较. 余液冻存待进行其他项目检测. 血凝试验(V 型微孔板法)依照文献^[10~12]操作,起始病毒液稀释倍数为 1 20,终止病毒液稀释倍数为 1 2 560.

1.6 接种鸡胚检测病毒增殖活性

将催化材料吸附病毒后,先后 3 次洗脱所得病毒洗脱液经 100 倍稀释后接种于 9~11 日龄鸡胚(尿囊腔),置于 37℃ 孵育 72 h,取出鸡胚置于 4℃ 下过夜,次日收获尿液测病毒血凝效价,并与接种前的血凝效价进行比较,判定病毒是否被灭活^[12~14].

1.7 催化剂对细胞的毒性检测实验

将白血病耐药细胞株(K562/R)和白血病敏感细胞株(K562/S)分别制成 2×10^5 和 1×10^5 的细胞悬液. 催化剂样品预先制成 3 个浓度梯度:原液(1 000 $\mu\text{g}/\text{ml}$),1/10 原液(100 $\mu\text{g}/\text{ml}$)和 1/100 原液(10 $\mu\text{g}/\text{ml}$). 取各催化剂样品 100 μl 和细胞悬液 100 μl 分别加入 96 孔细胞培养板,放入 CO_2 孵箱孵育 24 h,显微镜下观察细胞学形态. 利用催化剂的三个剂量(绝对量)100,10 和 1 μg 确定催化剂对细胞的毒性范围.

2 结果与讨论

催化剂要灭活病毒,首先要吸附病毒. 为此,本

研究首先使用核酸作探针考察了催化剂的吸附性能和抗水性能,在此基础上筛选出不怕水且有较好吸附性能的催化剂.

2.1 气溶胶的阻留与吸附

气溶胶的阻留与吸附实验结果表明,催化材料滤膜对流感病毒气溶胶具有一定的吸附阻留作用^[9]. 此实验模式比较接近于空调机滤板的结构或模拟口罩的夹层.

2.2 催化材料吸附病毒的筛选

我们选用常见的流感病毒、副流感病毒、呼吸道合胞病毒及腺病毒进行实验. 副流感病毒与冠状病毒及 SARS 病毒比较接近,其性状比较列于表 1.

表 1 副流感病毒、冠状病毒及 SARS 冠状病毒的部分生物学性状

Table 1 Some biological characteristics of parainfluenza virus (PIV), corona virus (CoV) and SARS corona virus

Virus	PIV	CoV	SARS-CoV
Size (nm)	150~180	120~160	80~140
Nucleic acid	ss-RNA	ss+RNA	ss+RNA
Envelope	+	+	+
	two kinds of protein projections on the surface	distant projections on the surface	complex surface projections (20~40 nm)

用催化材料吸附病毒后的洗脱液进行血凝实验,以血凝效价的大小将催化材料的吸附能力区分为强、中、弱三级. 强吸附力催化材料(血凝效价 < 1 20, 吸附率 > 98.0%)有 19 种,占被检催化材料的 21.3%; 中等吸附力催化材料(血凝效价 1 20~1 160, 吸附率为 87.5%~98.0%)有 39 种,占 43.8%; 弱吸附力催化材料(血凝效价 1 320~1 1 280, 吸附率为 0~75%)有 31 种,占 34.8%. 对照组血凝效价: PIV 1 1 280, 活性炭 1 20(吸附率 98.0%), 5A 分子筛 1 40(吸附率 96.9%), 玻璃微球 1 640(吸附率 50.0%). 这些结果与气溶胶的阻留及吸附实验结果^[9]相一致. 另外,不排除部分固体材料在气相条件下具有吸附能力,而在液相条件下吸附能力受到影响.

2.3 强吸附力催化材料对 PIV 的吸附与灭活

催化材料吸附病毒液 30 min 后,用 2 ml 生理盐水振荡 2 min 洗脱病毒,离心后收集洗脱液(Eluate 1); 然后加 3 ml 生理盐水轻微摇动以洗脱游离的病毒,离心后收集洗脱液(Eluate 2); 最后加 2 ml 生理盐水,混匀后,每隔 10 min 振荡 1 次,每次 2 min,30 min 后离心分离收集洗脱液(Eluate 3). 三

次洗脱液的血凝效价测定结果列于表 2。可以看出,所选的固体材料对副流感病毒具有明显的吸附作用。特别是 ASC-28, AB-2-1, AB-5, DSA-2 和 DSA-4 样品,经振荡后对病毒的吸附率仍达到 96% 以上; AB-2-1 和 DSA-2 样品的洗脱液的血凝效价甚至呈阴性(吸附率 100%)。这些结果表明,适当制备的催化材料可以强烈地吸附病毒,从而达到隔离病毒的效果。

表 2 催化材料吸附副流感病毒后 3 次洗脱液的血凝效价

Table 2 Hemagglutination (HA) evaluation of eluates after adsorption of PIV on catalytic materials

Material	Eluate 1	Eluate 2	Eluate 3
ASC-24	1 40 (96.9 %)	1 160 (87.5 %)	1 1280 (0 %)
ASC-28	< 1 20 (> 98.4 %)	—	—
ASC-29	1 80 (93.8 %)	1 320 (75 %)	1 160 (87.5 %)
ASC-32	1 160 (87.5 %)	—	—
AB-2-1	negative (100 %)	negative (100 %)	negative (100 %)
AB-5	< 1 20 (> 98.4 %)	1 20 (98.4 %)	1 40 (96.9 %)
DSA-2	negative (100 %)	negative (100 %)	negative (100 %)
DSA-4	1 40 (96.9 %)	—	—
K2-J09-1A	1 80 (93.8 %)	1 80 (93.8 %)	1 160 (87.5 %)
—	1 1280 (0)	1 1280 (0)	1 1280 (0)

Eluate 1 — 2 ml, vibration; Eluate 2 — 3ml, mild vibration; Eluate 3 — 2 ml, strong vibration

The value in parentheses is adsorption efficiency.

用洗脱液 1 和洗脱液 3 分别接种 9~11 日龄鸡胚,进行病毒增殖,3 天后收获尿囊液测病毒血凝效价,部分结果列于表 3。表中结果可分为三种类型。第一类,AB-2-1 样品,接种前后洗脱液的血凝效价均呈阴性,催化材料可 100% 地灭活病毒。对比表 2 的结果可知,该类材料在吸附病毒的同时直接对其灭活。第二类,ASC-24, DSA-2, DSA-4 和 K2-J09-1A 样品,其洗脱液接种鸡胚后病毒有所增殖,说明这些材料对病毒虽有强的吸附能力,但并未灭活或

表 3 洗脱液接种鸡胚前后的血凝效价

Table 3 HA evaluation of eluates before and after inoculation to chicken embryo

Material	Eluate 1		Eluate 3	
	Before	After	Before	After
ASC-24	1 40	—	1 1280	1 80
ASC-28	< 1 20	negative	—	—
ASC-29	1 80	—	1 160	1 40
ASC-32	1 160	1 1280	—	—
AB-2-1	negative	negative	negative	negative
AB-5	< 1 20	negative	1 40	negative
DSA-2	negative	negative	negative	1 1280
DSA-4	1 40	1 1280	—	—
K2-J09-1A	1 80	—	1 160	1 1280
PIV	1 1280	1 1280	1 1280	1 1280

未完全灭活病毒。最令人感兴趣的是第三类,ASC-24, ASC-28, ASC-29 和 AB-5 等材料,该类材料接种前的血凝效价高于接种后的血凝效价,接种鸡胚后病毒并不增殖,说明虽然病毒吸附后可通过振荡使其脱落,但病毒的结构和性质已发生了变化,大部分病毒已被灭活。这些材料体现了催化的特点,既可以吸附病毒,又可以灭活病毒(改变病毒分子的结构和性质),并且灭活后的病毒可以脱离固体材料。利用第三类材料可以发展出具有长效的可以反复再使用的病毒催化灭活剂。实际上,环境中病毒的浓度远低于本实验所用病毒的浓度,适当改变催化材料的用量可以达到完全催化灭活病毒。

2.4 催化剂对细胞的毒性

本研究的目的是开发研制具有灭活病毒作用的催化材料,除用于大型防护设施外,也希望可用在与人体接触的防护材料(如口罩,防护服等)上,故需要确定材料对细胞的毒性。本阶段已对全部 101 种固体催化材料进行了细胞毒性实验。部分吸附能力强的催化材料对细胞的毒性结果列于表 4。可以看出,在所研究的催化材料中,部分材料的毒性很弱,如

表 4 某些催化材料对细胞的毒性检测结果

Table 4 Cytotoxic assay and evaluation of some catalytic materials

Material	Cell death rate (%)					
	100 µg		10 µg		1 µg	
	K562/ R	K562/ S	K562/ R	K562/ S	K562/ R	K562/ S
ASC-14	10	10	0	0	0	0
ASC-16	30	60	0	0	0	0
ASC-19	10	10	0	0	0	0
ASC-24	10	10	0	0	0	0
ASC-25	100	100	100	100	0	0
ASC-26	10	10	0	0	0	0
ASC-28	10	10	0	0	0	0
ASC-29	10	10	0	0	0	0
ASC-31	100	100	90	80	0	0
ASC-32	10	10	0	0	0	0
AB-1	100	100	95	95	10	85
AB-2-1	100	100	100	100	5	5
AB-3	100	100	80	90	0	0
AB-4	100	100	40	40	0	0
AB-5	100	100	30	30	0	0
AB-6	100	100	30	30	0	0
DSA-1	10	10	0	0	0	0
DSA-2	10	10	0	0	0	0
LPI	10	10	0	0	0	0
QA-1	100	100	40	40	0	0
QA-2	100	100	100	100	0	0
MA-1	100	100	30	10	0	0
MA-2	10	10	0	0	0	0

K562/ S and K562/ R are human erythroleukemia cell lines sensitive and resistant to doxorubicin, respectively.

ASC-14, ASC-19, ASC-24, ASC-26, ASC-28, ASC-29, ASC-32, DAS-1, DSA-2, LP1 和 MA-2 等, 催化剂量为 100 μg 时细胞死亡率为 10%, 50 μg 以下剂量时, 没有发现细胞死亡. 这些材料若经证实可以灭活病毒, 均可以用在与人体接触的防护材料中. 部分材料的毒性中等, 如 AB-3, AB-4, AB-5 和 AB-6 等, 催化剂量为 10 μg 时细胞即有明显死亡, 1 μg 剂量时细胞存活正常. 另有部分材料的毒性较强, 如 AB-1 和 AB-2-1 等, 催化剂量为 1 μg 时细胞即有明显死亡. 中等毒性的材料可用于非人体接触的防护设施, 毒性较强的材料可用于特殊场合的防护. 当然, 既没有细胞毒性又可以灭活病毒的材料具有更广的应用范围.

目前, 对所有 101 种催化材料的病毒灭活实验仍在进行中. 从本阶段试验的催化材料中已经可以选出几种(AB-5 和 ASC-28 等)进行 SARS 病毒的灭活实验. 这些材料的制备均立足于具有立即进行规模生产的可能性, 若经证实具有灭活 SARS 病毒的性能, 可直接转入应用阶段.

参 考 文 献

- Poutanen S M, Low D E, Henry B *et al.* *New Engl J Med*, 2003, **348**(20): 1995
- Lee N, Hui D, Wu A, *et al.* *New Engl J Med*, 2003, **348**(20): 1986
- Tsang K W, Ho P L, Ooi G C *et al.* *New Engl J Med*, 2003, **348**(20): 1977
- Rota P A, Oberste M S, Monroe S S *et al.* *Science*, <http://scienceexpress.org/>. May 1, 2003
- Marra M A, Jones S J M, Astell C R *et al.* *Science*, <http://scienceexpress.org/>. May 1, 2003
- Drosten C, Gunther S, Preiser W *et al.* *New Engl J Med*, 2003, **348**(20): 1967
- Holmes K V. *New Engl J Med*, 2003, **348**(20): 1948
- Ksiazek T G, Erdman D, Goldsmith C S *et al.* *New Engl J Med*, 2003, **348**(20): 1953
- 赵春霞, 明平文, 杨凌等. 色谱(Zhao Ch X, Ming P W, Yang L *et al.* *Chin J Chromatogr*), 2003, **21**(3): 222
- 中国科学院大连化学物理研究所分子筛组. 沸石分子筛. 北京: 科学出版社(CAS, DICP, Molecular Sieves Group. Zeolite Molecular Sieves. Beijing: Sci Press), 1978
- 白崎高保, 藤堂尚之. 催化剂制造. 《催化剂制造》翻译组译. 北京: 石油工业出版社(Shirazaki T, Fujidou N. Preparation of Catalysts. "Preparation of Catalyst" transl group transl. Beijing: Petrol Ind Press), 1981
- 张卓然. 临床微生物学和微生物检验. 第 3 版. 北京: 人民卫生出版社(Zhang Zh R. Clinical Microbiology and Micro-organism Examination. 3rd Ed. Beijing: People's Medical Press), 2003. 351
- 杜平. 医用实验病毒学. 北京: 人民军医出版社(Du P. Medical Experimental Viruology. Beijing: People Mil Med Press), 1985. 63
- 戴华生等. 新实验病毒学. 北京: 中国学术出版社(Dai H Sh *et al.* Novel Experimental Viruology. China Acad Press), 1983. 751

(Ed WGZh)

编者按: SARS 这场突如其来的生物灾难对人类健康造成了严重的威胁. 近年来, 我国广大科技人员响应国家“万众一心, 众志成城, 科学防治, 战胜非典”的号召, 积极投身到这场科学攻坚战中. 催化工作者也不例外, 他们急抗病之所急, 想中央之所想, 充分发挥催化科学和技术的优势, 积极主动地投入到这场斗争中, 取得了一些重要的结果. 本期《催化学报》刊发了刘中民等同志的论文. 这是中科院大连化物所与大连医科大学协作攻关组在预防 SARS 病毒攻关中的阶段报告. 尽管这篇论文报道的还只是初步的结果, 尚有待进行详细、深入的研究, 但他们在筛选催化材料方面提出一个很好的思路: (1) 筛选对病毒吸附性强的, (2) 筛选对病毒有灭活作用的, (3) 筛选对人体细胞无毒性的催化材料. 希望广大催化工作者以此为借鉴, 广开思路, 大胆创新, 在抗击 SARS 工作中多出成果, 多做贡献. 为了准确、迅速地报道这方面的研究进展, 《催化学报》本期起将按快讯及时刊登利用催化技术抗击 SARS 的相关研究论文.