

光触媒大全

1. 商品“光触媒”
2. 光催化（光触媒）概念
3. 光触媒外观
4. 光触媒功能
5. 光触媒功能机理
6. 光触媒标准与伪劣判断
7. 光触媒工业应用
8. 光触媒日常应用
9. 光触媒产品施工
10. 光触媒关联概念辨析

1、 商品“光触媒”

“触媒”是日语，翻译成中文是“催化剂”的意思，光触媒就是“光催化剂”，目前光触媒已约定俗成为一个商品名称。给出定义：“光触媒”是这样一种产品，它涂布于基材表面，在室内或车内可见光作用下，产生光催化作用，该作用效果包括降解空气中有毒有害气体；杀灭细菌、霉菌与病毒，并能将细菌或真菌释放出的毒素分解无害化；同时还可释放一定浓度的负氧离子。具备除臭、抗污、杀菌灭病毒、净化与清新空气等功能。它的成分是纳米二氧化钛与微量可见光活性修饰剂。

2、 光催化（光触媒）概念

这里介绍科学上纯粹的“光催化”（光触媒）的概念。

1967年，日本东京大学本多建一教授和他的博士学生藤岛昭发现，用紫外光照射二氧化钛电极可发生水的电解反应，产生氢气与氧气，这就是一种纳米二氧化钛的光催化现象。内在原因是纳米二氧化钛作一种半导体氧化物，当被高能量的紫外光光子轰击时，电子会从基态跃迁到激发态，产生高能量的自由电子（ e^- ）与空穴（ h^+ ），高能量自由电子与水或氧分子形成羟基自由基（ $\cdot OH$ ），以及其它一些氧活性基团（如： $O_2\cdot$ 、 $HO_2\cdot$ 与 H_2O_2 等），它们都具有极强的氧化能力，能降解有机污染物，杀灭细菌、霉菌与病毒，同时也会释放出负氧离子。具有光催化（触媒）活性的材料除了纳米 TiO_2 外，还有许多种，如：纳米 ZnO 、 CdS 、 WO_3 、 Fe_2O_3 、 PbS 、 SnO_2 、 ZnS 、 $SrTiO_3$ 等，但是只有纳米二氧化钛（ TiO_2 ）稳定无毒，并且具有良好的生物相容性，适合用于人们生活场所空气净化用光催化剂，其它纳米光催化剂有的本身有毒性，有的不稳定，都不适合作为“光触媒”商业产品原料应用。

二氧化钛（ TiO_2 ）有锐钛型（Anatase）、金红石型（Rutile）及板钛型（Brookite）三种晶体结构，其中只有锐钛型晶体具有强的光催化性能。

锐钛矿型纳米二氧化钛的形态有粉体形态与胶体形态，前者有一定的软或者硬团聚，后者有优异的单分散性，更适宜作为光触媒的原料。因此，光触媒原料应该是锐钛矿型纳米二氧化钛晶体胶体溶液，平常称为纳米二氧化钛胶体。

纳米二氧化钛的光催化活性与许多因素有关,如:表面态(表面羟基与缺陷)、晶型、粒径、结晶度等。这里特别指出并不是粒径越小光催化活性越好。

3、 光触媒外观

锐钛矿型纳米二氧化钛胶体晶体是颗粒状,如图 1 所示。在高分辨率电镜下面显示出晶体晶格距离是 0.351nm, 这个数据是锐钛矿型晶格特征之一。

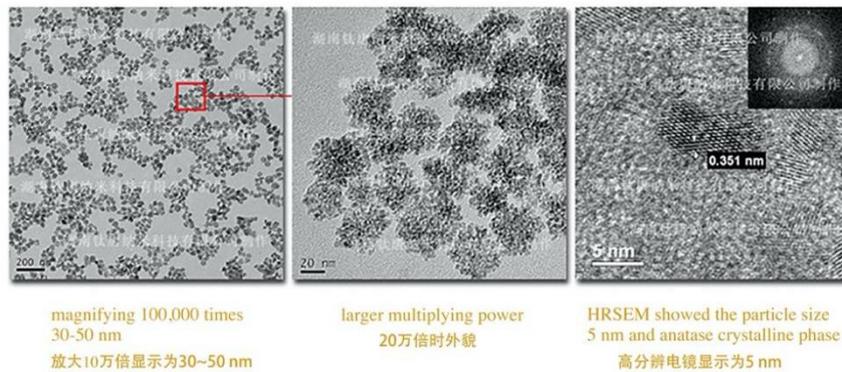


图 1 锐钛矿型纳米二氧化钛晶体颗粒电镜图

商品光触媒是什么外观呢? 首先, 我们要了解理论上光触媒浓度越高越好, 但是浓度过高没有办法施工, 难以形成看不见的纳米透明膜, 1%是允许的最高浓度。因此, 浓度 1%是优质光触媒的产品的重要指标。

1.0 %浓度的优质光触媒产品外观是乳白色的无气味液体, 如图 2 所示。纳米二氧化钛的浓度越低时, 颜色越淡, 当然光催化活性也会越低。将光触媒产品稀释到 0.3 %时, 颜色明显变淡, 当把光触媒产品稀释数十倍后会得到一种淡蓝色液体, 这种淡蓝色并不是发生了化学反应, 而是一种光的散射现象。纳米粒子稀溶液受到光线照射时会产生淡蓝色光, 这就是纳米稀溶液的光散射现象。



图 2 商品光触媒不同浓度时的外观

4、 光触媒功能

光触媒是一种多功能产品，可以无选择地降解几乎所有空气污染气体（包括甲醛）、杀死细菌霉菌与病毒，同时释放负氧离子。

光触媒喷涂在物体表面形成一层肉眼看不到的纳米薄膜，膜中的无数纳米二氧化钛粒子，在可见光的作用下产生羟基自由基与其它活性氧基团，这些基团与纳米晶体表面空穴光催化氧化还原降解有机污染物，破坏细胞壁杀灭细菌、霉菌与病毒，同时产生对人体有益的负氧离子。这三种功能是孪生的，必然同时存在，缺一不可！缺少其中某个功能都不可能是真正的光触媒。

因此，只有同时具备上述 3 个功能的光触媒才是真正的光触媒产品。

5、 光触媒作用机理

光触媒在物体表面喷洒后，经自然干燥形成一层透明的纳米二氧化钛膜，这一层纳米膜同时具有三个方面的功能：降解有毒污染物（除甲醛去异味）；抗菌防霉杀病毒；释放负离子。由于这三个功能的作用达到净化清新空气的目的，这一过程用图 3 表达。

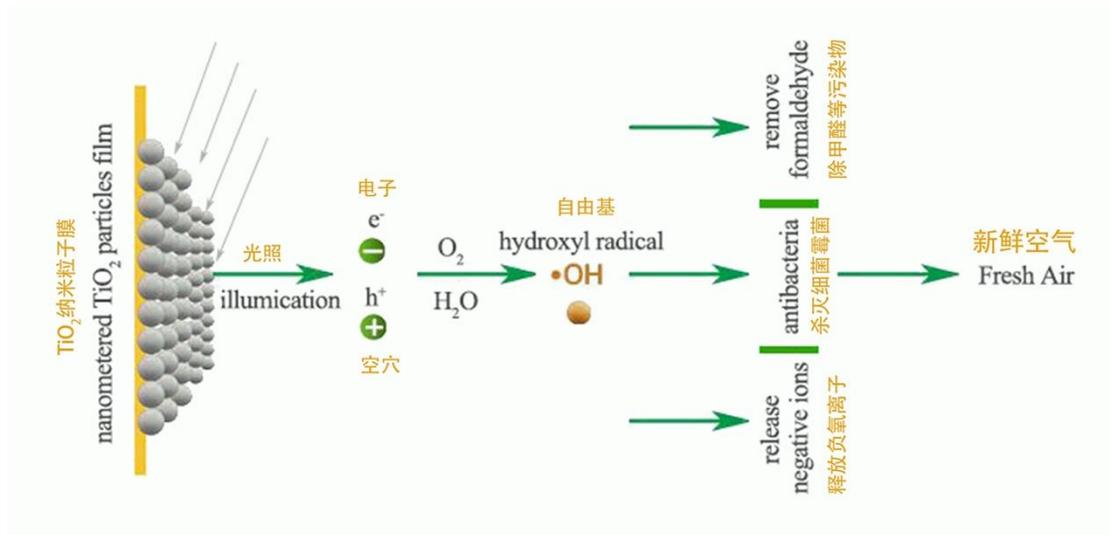
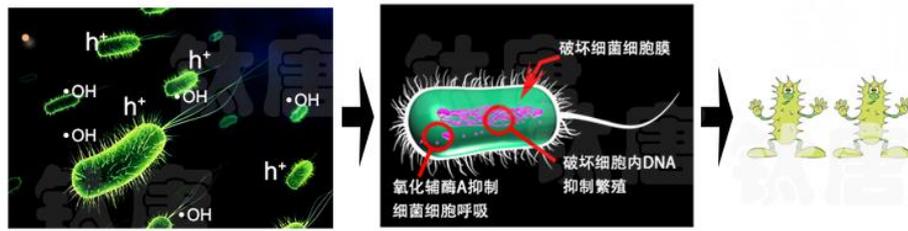


图 3 光触媒净化清新空气的过程示意图

从图 3 可以看出，光触媒产品的三种功能很大程度上均来自一个强氧化性物种“羟基自由基（·OH）”。纳米二氧化钛是一种半导体氧化物，钛元素外层电子存在激发态空轨道，当具有高能量的紫外光照射晶体表面时，基态电子吸收光子能量跃迁到激发态，成为高能量自由电子，作用于水与氧分子就会形成强氧化性的羟基自由基，该自由基降解有机污染物杀灭细菌霉菌与病毒，或者转化为负氧离子，负氧离子另一个重要来源是高能量自由电子直接与氧气分子结合。当然，纳米二氧化钛晶体表面受光激发后产生自由电子，原位上会形成一个带正电荷的空穴（h⁺），它们也可以直接作用有机污染物，在杀灭细菌霉菌与病毒时也会起到作用。如图 4 所示，羟基自由基与空穴杀灭细菌霉菌与病毒时有三种途径（1）穿透细胞膜，漏液死亡；（2）氧化辅酶不能呼吸死亡；（3）破坏细菌 DNA 死亡。



进攻 破坏 死亡

钛唐 纳米光触媒在光作用下产生羟基自由基 $\cdot\text{OH}$ 与空穴 h^+ ，都猛烈进攻细菌细胞。

- 三个途径杀死细菌：
 (1) 穿透细胞膜，漏液死亡
 (2) 氧化辅酶不能呼吸死亡
 (3) 破坏细菌DNA死亡

图 4 羟基自由基与空穴杀灭细菌霉菌与病毒时有三种途径

当光子轰击纳米二氧化钛晶体表面时，激发出来的高能自由电子可以与氧分子直接结合形成负氧离子，这也是光催化生成负氧离子的主要形成机理。如图 5 所示。

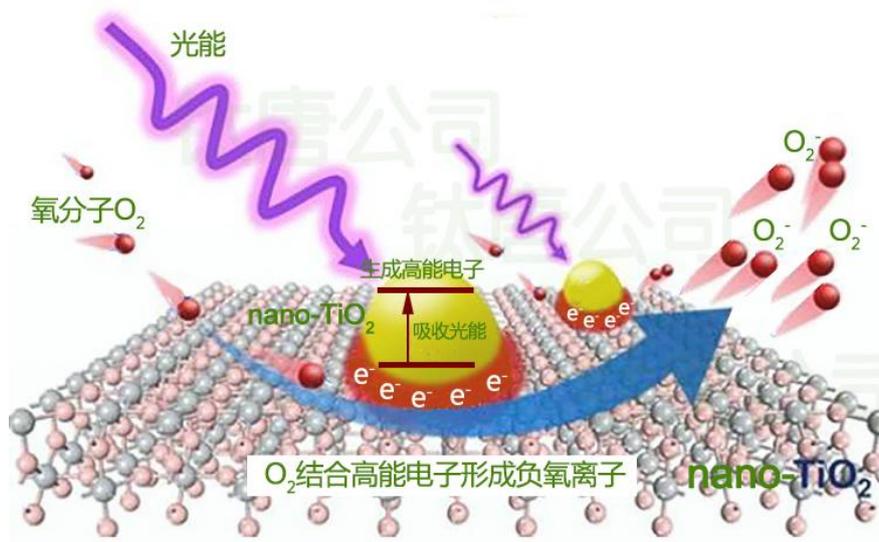


图 5 光触媒光照下释放负氧离子过程示意图

6、 光触媒标准与伪劣判断

◆ 光触媒的质量标准

1) 光触媒溶液酸碱度

广泛 pH 试纸光触媒产品的 pH 值，pH = 4-6 为合格产品。因为纳米二氧化钛

胶体粒子等电点约为 6.25，稳定体系的 pH 值必须小于等电点数据，理论上越低越稳定，但是 pH 太低，意味酸度增高，产品的腐蚀性增大。一般来说 pH 小于 3 的光触媒产品不建议使用。

2) 冷冻稳定性

将光触媒溶液放入冰箱冰冻 24 小时，取出室温放置，融化后得到的溶液仍然均匀，无分层现象为合格。

3) 附着力检测

取深色人造板 3 块，大小约 30*30 厘米，将光触媒分别在上面喷洒。一块正常喷洒处理；一块稍过量，产生大的液滴；第三块过量产生流挂。放置自然凉干，观察三块板表面情况，正常处理木板表面外观没有变化；稍过量的第二块有痕迹并且不能擦去；第三块表面有粉末出现。如果第二块木板痕迹能轻易擦去为不合格。

4) 光触媒粒径检测

要观察光触媒产品中粒子的粒径要专门的设备，电子显微镜（TEM、SEM 或者 AFM）。高校测试中心或者纳米材料研究室会有这种设备，可以联系检测，这里不详细说明。如果光触媒产品稳定性合格，并且具有好的可见光光催化活性，基本上可以判断会是纳米材料，这一项可以不送检。

5) 纳米二氧化钛光触媒晶型检测

光触媒原料是锐钛矿型纳米二氧化钛，要确定产品是否属于该晶型，方法是做 XRD 测定。将一定量的光触媒液体产品中的水蒸发，105 度烘干粉体。将所得到的粉体样品送相关检测中心的 XRD 检测室。如果产品有良好的光触媒活性，基本上可以判断是锐钛矿型纳米二氧化钛，这一项也可不送检。如果要排除纳米氧化锌的存在就要送检。当然在光触媒溶液中加入一些盐酸，如果溶液变清，说明是纳米氧化锌。纳米氧化锌不能用来制作光触媒产品，因为它非常不稳定甚至可以与空气中的二氧化碳反应。

6) 光触媒可见光活性功能检测

光触媒产品在室内或者车内光线下应该具有良好的光催化活性，即具有“可见光光催化活性”。当然在太阳光下会具有更高的光催化活性，因为太阳光中含有约 3% 的高能量紫外光。

光催化剂的光催化活性实验需要专门的仪器设备，但是我们也可以用简便的方法进行科学的定性评定。可用可见光光催化剂（光触媒）产品除甲醛演示检测系统，检测除甲醛效率判断产品的可见光光催化活性。

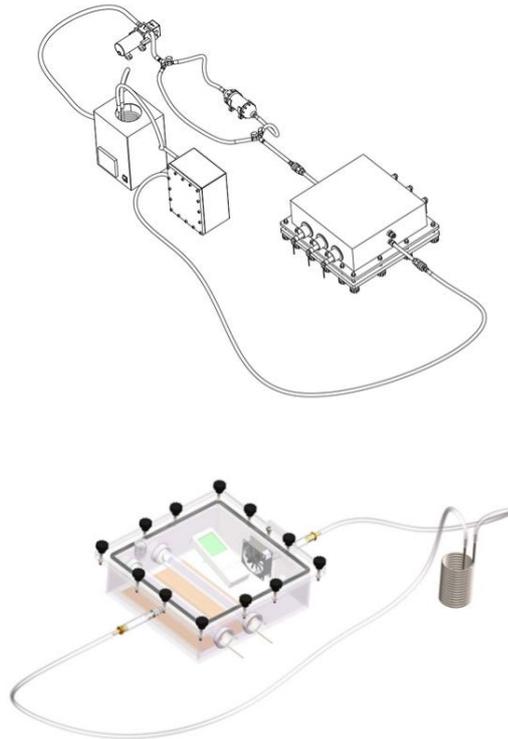


图 6 可见光光催化剂（光触媒）产品除甲醛演示检测系统

◆ 光触媒产品伪劣判断

空气中的异味污染气体都是有机物气体，肉眼看不见，它们浓度的变化无法直接观察到。但是有一类有机物是看得见的，那就是有机染料分子，因此我们可以用染料分子光催化褪色来检验光触媒的功效。具体操作如下：

(1) 取二只透明容器，可以是玻璃杯、玻璃试管、一次性透明水杯等。

(2) 在其中一只中倒入光触媒溶液至 2/3 处，滴入 1-2 滴红墨水(最容易得到的染料溶液)，混合均匀。也可是其它有颜色的有机物，如：亚甲基蓝、罗丹明等，咖啡水溶液也可以。不要用茶水，因为里面有茶碱会破坏光触媒稳定性。

(3) 把带色的光触媒溶液倾到一半至另一只透明容器中。

(4) 一只避光保存，一只放置室内有光亮处。注意不要让窗外太阳光照射到。

数小时后或第二天观察颜色的变化，有光照的红色会逐渐变淡，直至全部褪去；如果在太阳光下暴晒，数十分钟就会看到褪色效果。而没有光照容器中的红色没有什么变化。颜色褪色越快光触媒的质量越好。

试验样品结果判断：

(1) 如果数天后颜色都没有变化或只有微弱的变化，则该光触媒产品属于伪劣产品。

(2) 如果加入红墨水马上褪色，或褪色数小时或隔天后又恢复颜色，则该产品可能是强氧化剂溶液，而非光触媒产品。置于暗处的另一半也发生褪色也说明是氧化剂或者加入了氧化剂。

(3) 光触媒产品可以数次重复光照褪色实验。

由于光触媒是目前最为优异的室内车内空气污染治理产品，市面涌现众多假冒伪劣产品，弄出很多的所谓“褪色”实验。但是有的不科学，有的完全是骗人的把戏。图 6 的表格总结了常见的各种证明光触媒效果的方法正误比较，有兴趣可以细心查自，此处不作更多的文字描述。

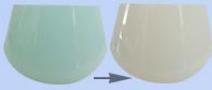
方法 PK		证明光触媒方法 PK	
方法名称	推荐强弱	理由	
 <p>碘酞（伏）褪色</p>		非常多物质轻易让碘酞（伏）褪色如：维生素C、二氧化硫、氯气、亚磷酸等。	
 <p>亚甲基蓝褪色</p>		亚甲基蓝虽然可光触媒催化褪色，但葡萄糖、双氧水、二氧化氯等都容易使其褪色。	
 <p>甲醛检测盒</p>		甲醛清除剂或有害的氧化剂快速除甲醛，检测盒测出明显效果，但不是多功能的光触媒。	
 <p>红墨水褪色</p>		红墨水制造特意选择难褪色有机染料如：曙红光A、一品红、酸性大红G等，即使强氧化剂也难轻易氧化。 强烈推荐！	

图 6 常见证明光触媒效果的方法正误比较

7、 光触媒工业应用

光触媒在工业产品上的应用非常广泛，并且在日益增多，目前已经有的应用主要归纳如下。

- ◆ 面料光触媒：面料专用光触媒可以赋予面料净化甲醛、抗菌与释放负氧离子的功能。
- ◆ 陶瓷光触媒：陶瓷专用光触媒可以赋予瓷砖表面净化甲醛、抗菌与释放负氧离子的功能，并且瓷砖表面具有自洁净，不会附着有机污垢，长久不用清洁或容易清洁。
- ◆ 板材光触媒：板材专用光触媒可以赋予板材表面净化甲醛、抗菌与释放负氧

离子的功能。

- ◆ 纸用光触媒：经光触媒涂布处理的纸非常适合用于儿童读物的印制，因为它会具有良好的抗菌功能。墙纸经光触媒处理会具有净化室内空气的能力。
- ◆ 外墙自洁净光触媒：外墙经光触媒处理会持久保持洁清与颜色艳丽。

8、 光触媒日常应用

光触媒是最为优异的室内车内空气治理产品，持久多功能，安全无毒。即使不是新装修的人们活动空间也可以做光触媒喷洒处理，因为它会让处理过的空间持久维持 2000 左右的负氧离子浓度，负氧离子有『长寿素』之称，可以提高人体免疫力，有利健康。光触媒的应用范围总结如下：

- ◆ 人居环境：居室、别墅、酒店、旅馆等
- ◆ 工作环境：办公室、会议室、写字楼、实验室等
- ◆ 交通运输：汽车站、飞机场、高铁站、地铁站等
- ◆ 交通工具：车辆、飞机、火车、高铁、船舶等
- ◆ 娱乐环境：网吧、电影院、歌舞厅、KTV 厅等
- ◆ 医疗系统：医院、卫生所、保健院、门诊部、急救中心、防疫站等
- ◆ 教育系统：学校教室、宿舍、礼堂、食堂、图书馆等。

在装修空气污染治理时，光触媒应用有一定的局限性。光触媒作为居屋与车内空气净化产品，具有安全、持久与多功能的特点，但是污染物浓度太高，又希望尽快体现治理效果，建议治理施工时，有必要与其它手段结合。例如**对于刚装修完成的新房，先用高温蒸汽处理所有异味重的物体表面，再进行光触媒施工；新车座椅先高温蒸汽表面薰蒸，再全车内表面仔细喷洒车用光触媒。**另外，有些光照不到的家具表面，往往又是甲醛重要挥发源，如内表面、背面、底部与顶部（也是甲醛重要挥发源）要用专门甲醛净产品处理。

如果有长时间存在油漆异味，建议油漆表面使用钛唐油漆异味清除剂，或者使用甲醛异味二合一清除剂。

9、 光触媒施工

光触媒应用时要在物体表面形成纳米膜，为了不影响物体的外观与颜色，光触媒纳米膜的厚度不能大于 400nm，因此施工喷枪喷嘴的口径不要大于 1.0mm，最好小于 0.5mm。如果是手动瓶要选用雾化好的喷头。车用光触媒可以使用钛唐新推出的纳米喷涂器，纳米喷涂器如图 7 所示。



图 7 钛唐纳米喷涂器（雾化优异，可以施工 1%高浓度优质光触媒产品）

光触媒施工时，不要形成大的液滴，更不要产生流挂，不小心过量，在它完全干透前擦拭即可。如果不小心过量使用，在物体表面产生了痕迹，由于纳米材料好的附着力，不能轻易擦掉，也不用担心，建议用拧干的湿毛巾沾牙膏耐心擦拭干净。

10、 光触媒相关概念解析

1) 无光触媒或暗触媒

近来市面上出现“无光触媒”或『暗触媒』名字，并说明是光触媒的升级替代品，是室内空气污染治理技术的又一次突破，是日本唯一特许专利，主要成分是磷酸二氧化钛化合物。事实果真会是这样吗？

“触媒”日语，中文意思是“催化剂”，光触媒即光催化剂，它的主要功能是在光作用下降解甲醛、苯系物与 TVOC 等室内与车内污染物，抗菌防霉，同时释放负氧离子，是最为优异的室内车内空气污染治理产品。“无光触媒”翻

译成中文就是“无光催化剂”，科学逻辑不通，为杜撰的名称。

那么所谓的“无光触媒”的可能会是什么物质？

光触媒是目前最优异的室内车内污染治理产品，但是它在没有光的情况下不会起作用，这一点让客户担心，因此有商家利用人们这种心理，杜撰出一个“无光触媒”产品，满足这一部分客户的心理。这些“无光触媒”常常会氧化剂，或者是价格相对低的专门除甲醛产品，如果是后者是可以用的，但是如果是氧化剂就不建议使用，因为它对人与物都有危害。

没有光的地方光触媒效果确实是会有限的，并且这些地方往往又是甲醛的重要挥发源，但是没有关系，我们可以用专门除甲醛产品处理好，如：特效甲醛净。所有的外表面用光触媒处理好，注意要用“可见光”光触媒，它在灯光下与室内自然光下都有非常优异的效果。

另外，“磷酸二氧化钛”不符合化合物命名规则，因此，不存在这种物质，如果是指磷酸与钛的化合物，应该称为“磷酸钛”或者“磷酸氧钛”，但是它们只是普通的盐类化合物，没有任何光催化活性，也不能在没有光的情况下除甲醛。

2) 氧化锌

近来市面上出现名为“二氧化钛光触媒”，实则是纳米氧化锌的产品，那么纳米氧化锌能否适合做光触媒的原料呢？

纳米氧化锌便宜，水溶性好，室内光下红墨水或亚甲基蓝褪色明显。但它不能作为光触媒使用，因为不稳定，施工几天后就会失去光催化功能。

那么如何判断采购到的“可见光光触媒”是否是纳米氧化锌呢？以下提供两个方法。

方法一：把粉体少许加热，高温下纳米氧化锌会变成明显的黄色，冷却到室温又会恢复到白色，这个是纳米氧化锌的特性。

方法二：模拟实际应用，把液体产品喷在一张 A4 纸上（如果是粉体先配制成 1% 浓度液体），24 小时晾干。分别检测放置 1、3、10 天后的纸样光催化除甲醛效果。结果如表 1 所示，检测设备：可见光光催化剂（光触媒）与产品除甲醛演示检测系统。也可以送专业机构检测。

表 1 纳米二氧化钛与纳米氧化锌除甲醛速度常数 ($\times 10^4$)

编 号	放置 时间	第 1 天	第 3 天	第 10 天
		纳米二氧化钛	2.4	2.2
纳米氧化锌-1 (样品标签“二氧化钛光触媒”，粉体)		2	0	0
纳米氧化锌-2 (样品标签“二氧化钛光触媒”，液体)		2.5	1.8	0

结论：二个纳米氧化锌样品分别在 3 天与 10 天后失去光催化功能，纳米二氧化钛光催化活性基本没有变化。

3) 氮化钛 (g-C₃N₄)

氮化钛 (g-C₃N₄) 众多地方出现它可以作为可见光光触媒原料，我们也不用做多的理论你分析，这里记录一个 g-C₃N₄ 光催化活性实验结果供参考。当然也只能算是一家之言。

- ◆ 从阿里采购 g-C₃N₄ 样品，外观为淡黄色粉体，无味。
- ◆ 配制 1% 溶液，粉体不溶于水，不太稳定，放置一段时间会发生沉降。
- ◆ 取一次性塑料杯，装三分之二杯 g-C₃N₄ 分散液，加入数滴罗丹明染料溶液，搅拌成均匀红色分散液。
- ◆ 将红色溶液一分为二，一半置于桌面见光，一半置于冰箱避光。
- ◆ 二天后，比较二个溶液，颜色没有变化，表明没有发生光催化反应。如图 8 所示。

结论：采购到的 g-C₃N₄ 粉体没有可见光光催化活性，不能用于光触媒原料。



图8 g-C₃N₄可见光光催化活性实验结果图示

4) 甲醛溶解酶

没有甲醛溶解酶或者甲醛分解酶这种物质，即使有也不能用于室内车内除甲醛。生物酶就是一种蛋白质分子，其实大家对于蛋白质分子一点也不生疏，我们平常吃的鱼肉蛋就是富含蛋白质的物质，这一些物质容易发臭变质，原因就是其中的蛋白质分子引起的。如果人们在物体表面到处喷洒蛋白质溶液，就会发臭生霉，因此说即使有甲醛溶解酶也不能随意喷洒。另外，生物酶催化剂非常贵，会按克来销售，并且它们具有生物活性，实验室的酶制剂一般会在冰箱保存。市面上标上甲醛溶解酶标签的商品，如果是没有腐蚀性的甲醛清除剂，是可以使用的，如果是氧化剂不建议使用，因为对人与物均有危害。氧化剂也可以除甲醛，常会要求使用时封闭门窗。