

光触媒

光触媒是一种纳米级的金属氧化物材料（二氧化钛比较常用），它涂布于基材表面，在光线的作用下，产生强烈催化降解功能：能有效地降解空气中有毒有害气体；能有效杀灭多种细菌，并能将细菌或真菌释放出的毒素分解及无害化处理；同时还具备除臭、抗污等功能。

简介
光触媒是光+触媒（催化剂）的合成词。光触媒是一种以纳米级二氧化钛为代表的具有光催化功能的光半导体材料的总称，是当前国际上治理室内环境污染的最安全的材料之一。光触媒，是一个外来词，起源于日本，由于日本文字写成“光触媒”，所以中国人就直接把她命名为“光触媒”。其实日文“光触媒”翻译成中文应该叫“光催化剂”翻译成英文叫“photo catalyst”。顾名思义其为在光照环境下，介质材料产生正负电子荷，将空气分解为氢氧根离子，从而产生分解还原作用。其最具代表性材料为纳米级二氧化钛。

光触媒在光的照射下，会产生类似光合作用的光催化反应，产生出氧化能力极强的自由氢氧基和活性氧，具有很强的光氧化还原功能，可氧化分解各种有机化合物和部分无机物，能破坏细菌的细胞膜和固化病毒的蛋白质，可杀灭细菌和分解有机污染物，把有机污染物分解成无污染的水（H₂O）和二氧化碳（CO₂），因而具有极强的杀菌、除臭、防霉、防污自洁、净化空气功能。

光触媒作为新材料应用，在中国已有九年历史，最早应用于 2003 年非典时期，中国唯一一例光触媒灭活 sars 病毒实验由中国科学院生物物理研究所完成，灭活率为 100%。同时，在对各种空气污染物的净化上，对甲醛、苯、苯系物、硫化物、氨化物有明显的分解作用。

光触媒喷液的优劣鉴别
1、是否分层？用高速离心机旋转（转速 15000 转/秒）30 分钟，静止 60 分钟后观察液体，若出现分层的光触媒不含有分散剂，而未分层的光触媒一定含有分散剂。其原因是范德华力考证，光触媒经过球磨机球磨后，再添加分散剂，是无分层现象。

2、是否有残留物？盛少量光触媒到坩埚，用酒精灯进行充分加热，若残留物呈黑色灰烬状，则含黏结剂；否则无黏结剂。优质 光触媒 不含黏结剂。

3、是否有气味？如果打开光触媒包装的瓶盖，有酒精味、树脂味、或其它有机物气味，则为劣质光触媒。 优质 光触媒为无味的水溶液。

4、是否呈现中性？测酸碱度 PH 值。若光触媒 PH 值在 5 以下或者大于 9，腐蚀作用明显，可能使墙面或家具、织物表面变色。优质的光触媒产品是中性的，PH 值接近 7，一般 6-9 之内也可以，不会对物体产生腐蚀作用。

5、是否会变色？劣质 光触媒 在阳光的直射下几小时内变黑，这是因为二氧化钛在光照下会发生光催化反应，氧化了其溶液中的有机物成分。优质 光触媒在光照下不会变色。

6、是否有检测？选择光触媒产品之前必须要求光触媒生产厂家出具权威检测机构的三份检测报告，即灭菌效果检测报告、有害物质降解效果检测报告和产品无毒试验报告，而且，三份报告均必须印有 CMA 标志(国家计量认证单位标志)。

在这三份报告中，尤以无毒试验报告最为重要。如果消费者在选择光触媒产品时，生产商不能提供无毒试验报告，就说明其光触媒产品在加工过程中添加了其他有害物质，产品的无毒特性已经被破坏，劣质光触媒的使用存在环境和健康隐患。

7、浓度鉴定。常用的光触媒喷液浓度为 0.5-0.8%，有添加剂的光触媒可以达到 3% 以上，但是有添加剂的光触媒表面会被添加剂部分覆盖，影响光催化性。若无添加剂，光触媒浓度达到 1% 时，性能已经常优异。优质 光触媒 不含添加剂。

8、粒径鉴定。光触媒的性能与二氧化钛的颗粒大小有关，颗粒越小，光催化效果越

好。目前，国内已有生产厂家可以生产小于 5 纳米的光触媒。

9、附着鉴定。优质光触媒具有良好的附着力，喷涂凉干后即可形成一层牢固的薄膜。二氧化钛正是通过这一膜层吸收阳光中的紫外线，并产生光催化作用的。喷涂后能否形成薄膜，直接影响到降解效果，而膜层是否牢固又影响到产品能否持久地发挥效力。一类劣质光触媒喷涂后无法形成膜层，干燥后迅速粉化。而另一类光触媒喷涂后虽然可以成膜，但用湿布擦拭后立刻消失。这两类产品均无法正常发挥光触媒降解污染和灭菌作用。消费者在选择购买前可用手指沾少量光触媒在深色桌面均匀涂抹，待凉干后观察其成膜状态，并用湿布擦拭观察其附着力。如果产品粉化或者无法附着，即可断定产品质量不佳。

产品介绍

负离子光触媒系选用天然极性矿物材料、纳米材料、无机抗菌材料等材料复合而成的高性能、多功能空气净化产品。本产品可自行吸收自然环境中的光能、热能以及电磁波等各种能量，在产品表面产生具有强氧化能力的电子—空穴对，从而有效地分解消除室内甲醛、苯、氨等各种有害气体和致病菌，强大的微观电场可电离空气中的水分子产生大量的羟基负离子，对有害物质进行包裹沉降，达到彻底净化空气、有益人体健康的目的。

光触媒技术已经被应用到家具吸味剂这类产品中。目前，已经实现将高吸附效率的光触媒负载技术与精制竹炭的完美结合。这一技术具有超强活性，能高效吸附分解家具所释放的甲醛、苯系物及其它 VOC 物质。在太阳光（紫外线）的照射下，实现其再生。再生后仍具有很高的吸附效率，如此重复，一般情况可使用一年时间。

作用原理

光触媒在特定波长（388nm）的光照射下，会产生类似植物中叶绿素光合作用的一系列能量转化过程，把光能转化为化学能而赋予光触媒表面很强的氧化能力，可氧化分解各种有机化合物和矿化部分无机物，并具有抗菌的作用。在光照射下，光触媒能吸收相当于带隙能量以下的光能，使其表面发生激励而产生电子(e-)和空穴(h+)。这些电子和空穴具有很强的还原和氧化能力，能与水或容存的氧反应，产生氢氧根自由基(·OH)和超级阴氧离子(·O⁻)。如表 1 所示，这些空穴和氢氧根自由基的氧化能大于 120kcal/mol，具有很强的氧化能力，几乎能将所有构成有机物分子的化学键切断分解。因此可以将各种有害化学物质、恶臭物质分解或无害化处理，达到净化空气、抗污除臭的作用。

表 1: 各种化学键的氧化能

化学键	正孔和氢氧根自由基	碳-碳键	碳-氢键	碳-氮键	碳-氧键	氧-氢键	氮-氢键
氧化能 (kcal/mol)	>120	83	99	73	84	111	93

此外，如表 2 所示，氢氧根自由基比作为消毒杀菌剂被广泛使用的次氯酸、双氧水和臭氧等具有更强的氧化能力，二氧化钛通过这种氧化能力破坏了细胞内的辅酶 A 等辅酶和呼吸作用酶等发挥抗菌作用而使细菌或真菌的繁殖中止；同时当带正电荷的空穴接触到带负电荷的微生物细胞后，依据库伦引力，相互吸附，并有效地击穿细胞膜，使细胞蛋白质变性，无法再呼吸、代谢和繁殖，直至细胞死亡，完成灭菌；并能将细菌或真菌释放出的毒素分解。

分类

光触媒是一类特殊用途的催化剂，种类很多，包括氧化钛（TiO₂），氧化锌（ZnO），氧化锡（SnO₂），二氧化锆（ZrO₂），硫化镉（CdS）等多种氧化物硫化物半导体，他们通常是呈现粉末状固体或者是液溶胶。下面我们分别了解一下这些金属氧化物。

纳米二氧化钛（TiO₂）是一种半导体，分别具有锐钛矿（Anatase），金红石（Rutile）及板钛矿（Brookite）三种晶体结构，其中只有锐钛矿结构具有光催化特性。在化妆品、涂料、室内环保、食品添加剂等领域一般作为调色剂、物理防晒剂、光催化剂等使用。二氧化钛是地球上白度最高的物质，平均粒径 10nm 以下时，具有十分宝贵的光学性质。由于它的透明性和防紫外线能力高度统一，在防晒护肤、轿车面漆、高档涂料、油墨、塑料、精细陶

瓷等方面获得了广泛的应用。

纳米氧化锌（ZnO）粒径介于 1-100 nm 之间，是一种面向 21 世纪的新型高功能精细无机产品，表现出许多特殊的性质，如非迁移性、荧光性、压电性、吸收和散射紫外线能力等，利用其在光、电、磁、敏感等方面的奇妙性能，可制造气体传感器、荧光体、变阻器、紫外线遮蔽材料、图像记录材料、压电材料、压敏电阻、高效催化剂、磁性材料和塑料薄膜等。在橡胶、陶瓷、纺织、印染、国防工业领域具有广泛的应用。

纳米氧化锆（ZrO₂）呈高纯度白色粉末状，无臭、无味。低温时为单斜晶系，高温时为四方晶型。具有高的折射率（折射率 2.2）和耐高温性。有良好的热化学稳定性、高温导电性和较高的高温强度和韧性，具有良好的机械、热学、电学、光学性质。其中 HT-ZrO-01 为单斜晶型，HT-ZrO-02 为四方晶型。纳米氧化锆颗粒尺寸微小、是很稳定的氧化物，具有耐酸、耐碱、耐腐蚀、耐高温的性能，可用于功能陶瓷和结构陶瓷，以及宝石材料。

纳米硫化镉（CdS）黄色或微黄色，广泛用于太阳能电池，半导体材料，可见光波段光电器件，自动照相机控制照度计，光导鼓，激光调制池，可见光探测器，激光窗口材料，红外双色探测器，光致发光，电致发光，阴极射线发光材料和颜料等的制造。

具体特点

(1)全面性

光触媒可以有效地降解甲醛、苯、甲苯、二甲苯、氨、TVOC 等污染物，并具有高效广泛的消毒性能，能将细菌或真菌释放出的毒素分解及无害化处理。

(2)持续性

在反应过程中，光触媒本身不会发生变化和损耗，在光的照射下可以持续不断的净化污染物，具有时间持久、持续作用的优点。

(3)安全性

无毒、无害，对人体安全可靠；最终的反应产物为二氧化碳、水和其他无害物质，不会产生二次污染。

(4)高效性

光触媒利用取之不尽的太阳能等光能就能将扩散了的环境污染物在低浓度状态下清除净化。

具体作用

光触媒作为一种新兴的空气净化产品，主要有以下功能：

A.空气净化功能：对甲醛、苯、氨气、二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物等影响人类身体健康的有害有机物起到净化作用。

B.杀菌功能：对大肠杆菌、黄色葡萄球菌等具有杀菌功效。在杀菌的同时还能分解由细菌死体上释放出的有害复合物。

C.除臭功能：对香烟臭、厕所臭、垃圾臭、动物臭等具有除臭功效。

D.防污功能：防止油污、灰尘等产生。对浴室中的霉菌、水锈、便器的黄碱及铁锈和涂染面褪色等现象同样具有防止其产生的功效。

E.净化功能：具有水污染的净化及水中有机有害物质的净化功能，且表面具有超亲水性，有防雾、易洗、易干的效能。

应用领域

1.公共场所：学校（学校课室、集体宿舍、培训所、礼堂、饭堂、科学馆、图书馆、计算机房）、办公区域（办公室、会议室）、酒店、饭店、旅馆、网吧、电影院、KTV、演讲厅、宴会厅、公共卫生间等公共或人员密集场所；

2.个人居所：起居室、厨房、餐厅、书房、客厅、吸烟区、浴室、厕所、家具、玩具、餐具、梳理台、浴缸、马桶、垃圾桶；

- 3.医疗场所：门诊部、急救中心、候诊室、病房、生育保健中心、卫生所、保健院、防疫站、养老院、宠物医院；
- 4.特定场所：实验室、食品加工场、家禽家畜饲养场；
- 5.交通工具：汽车、火车、地铁、飞机、轮船、电梯等；
- 6.工业产品：以光触媒作为原料，结合其他工艺开发的新产品；
- 7.建筑材料：陶瓷、涂料、玻璃；
- 8.家用电器：空调、冰箱、电话机、洗衣机、照明用具、空气净化器等；
- 9.纺织工艺：窗帘、棉布面料、纤维、口罩、工艺品等。

相关比较

光触媒产品与传统空气净化产品比较

品名类别	挥发性有机物	微生物	异味	本身味道	本身毒性
空气清新剂	有一定作用	无作用	有掩盖气味作用	有各种人造气味	有低毒性
甲醛捕捉剂	只对甲醛有作用	无作用	只能对甲醛异味有作用	有异味	有低毒性
杀菌灯	无作用	有作用	无作用	有异味	毒性不大
氧负离子	无作用	无作用	可清新气味	但时间短暂	无气味 无毒
臭氧	有一定作用	浓度 0.1ppm 时 有作用	无作用	浓度 0.15ppm 时 有作用	长期使用可致癌
植物吸附	作用很小	无作用	有一定作用	气味宜人	无毒
竹炭	几乎无作用	无作用	有一定作用	无气味	有低毒性
光触媒	分解清除	杀菌率高达 99.9%	除臭	除异味功能超强	无气味 无任何毒性

具体应用

光触媒净化空气要点

1、光触媒产品是当今世界上最为有效的空气净化手段之一，其功能主要用于净化空气。光触媒产品在净化的空气的同时可以释放负离子，即在分解有毒有害气体过程中也同时增加负离子数量，使空气质量更好，令人在拥有安全洁净空气的同时更能享受大自然的清新。

2、光触媒就是光催化剂。光催化中，光触媒只是提供了反应的场所，而其本身在反应前后不发生变化的物质，其主要成分为二氧化钛。

3、光触媒在光照下，利用空气中的水蒸气和氧，去除污染物，具有杀菌、去味、防霉、自净、净化空气的作用。

光触媒在处理 tvoc 方面的应用

国内外空气品质的现状

IAQ (Indoor Air Quality) 是室内空气品质的英文缩写，是指在某个具体的环境内，环境要素对人群的工作、生活适宜程度，反映了人们的具体要求而形成的一种概念。III 在近二十年中，现代人因生活和工作形态的改变，在室内环境的时间日益延长，几乎 90% 以上的时间是在室内度过。于是因室内空气品质不好所导致大量“病态建筑”，以及患“建筑病综合症” (Sick Building Syndrome)， “大楼并发症” (Building Related Illness) 和“多种化学物过敏症” (Multi-chemical Sensitivity) 的人数不断增大。人们发现由于新型建筑材料特别是化学合成建材被广泛使用，高档家具、家用电器纷纷进入家庭和办公室，香料、化妆品、上光剂、空气清新剂、杀虫剂和洗涤剂等成为了人们生活中必不可少的用品，导致室内空气中有害物质无论从种类上或数量上都不断增加，从而导致室内空气质量严重下降。室内污染物的种类很多，其中室内挥发性有机物 (Volatile Organic Compound) 污染是非常重要的。挥发性有机物是指室温下饱和蒸汽压超过了 133. 32Pa 的有机物，沸点范围在 50~100℃ (2 到 240~260℃ 之间，它们中有些具有致癌、致畸、致突变毒性，其中至少有十几种被列入美国国家环境保护局 (EPA) 和我国国家环境保护总局确定的优先监测物质名录。

在非工业性室内环境中，可以见到 50~130 种挥发性有机化合物，尽管它们都以微量痕量水平出现，但对人体健康的影响却是不容忽视的。

对 VOC 处理设备的研究，主要是考虑光触媒氧化技术，它作为一种新的环境净化技术正在受到广泛的关注，针对影响光触媒反应的催化剂、反应影响因素等方面，国外也进行了大量的研究。目前以作为催化剂的 N 型半导体种类很多，如：TiO₂，ZnO，FeO₃，CdS 和 WO₃ 等，由于 TiO₂ 有较高的光稳定性和反应活性，且价廉无毒，所以大多采用其作为催化剂。在实验情况下得出很多影响因素的变化关系曲线，这些理论和实验研究结果为新的净化处理设备研制提供了理论的依据。

纳米材料光触媒反应处理室内 VOC

调查表明，新装修的房间内空气中有机物浓度高于室外，甚至高于工业区。对挥发性有机物研究那么多，最终都是为了控制室内空气 VOC 污染，创造舒适健康的生活、工作环境。控制 VOCs 污染源，防止室内污染物和室外污染物侵入是改善当前室内空气挥发性有机物污染的根本，因而各种不同处理技术也在不断发展之中，概括起来有三个方面：

①通风控制（Ventilation Control）

②污染源控制（Pollution Source Control）；

③净化处理（Removal Control）。通过室内空气净化器、空调系统过滤器等设备去除室内气态污染物。目前使用的空气净化器都不是采用单一技术手段而均采用复合式，常用的技术包括过滤、静电、吸附、催化、等离子体、负离子、增湿等技术，针对所需去除污染物的种类，将各种技术进行优化组合。但上面说的几方面中，许多方法的采用将引起建筑物能耗和初投资的增大，而且对室内有机污染物（VOC）没有进行根本的治理，净化器广泛采用的活性炭吸附法并不分解有机污染物，只是将污染物转移，并存在吸附饱和问题。纳米材料和纳米技术的逐步应用给我们解决问题带来了新的机会。

相关资料

光触媒技术原理及紫外线灯在此技术中采用

光触媒的作用原理主要体现在以下二方面

一：光触媒的有机污染物分解原理

纳米级的 TiO₂ 在紫外光的照射下，由于吸收了光能而产生电子空穴对。这些空穴对（光载流子）会迅速迁移至表面，并激活其表面附着的 H₂O 与 O₂ 而产生羟基（-OH）和活性氧（-O）。而这两种氧化性极强的物质会迅速与触媒表面附着的细菌、病毒及大分子量的碳氢化合物反应，生成无害的 CO₂ 和水。这一作用原理现正被广泛应用到空气净化和水消毒领域中。光触媒网与紫外线灯结合，可应用于新风或空调系统的净化，污水处理流程等。具有节能、长效、无二次污染的优点。

二：光触媒的亲水自洁净原理

如前我们讨论过光触媒在紫外光的作用下能有效地分解附着于上的污染物，而产生一个清洁的表面。同时生成的羟基（-OH）会与空气中的 H₂O 结合而使触媒表面产生亲水性。而采用了这种技术的建筑物墙面，由于具有亲水性，在雨水的冲洗下，其表面的灰尘等固态附着物能非常容易被清洗掉，而保持了建筑物外墙面的清洁，节约了大量的人工清洁成本。这类附着于建筑物墙面的光触媒材料可利用阳光中的紫外成分进行工作。但它被首次激发时所需的紫外能量较高，因此必须在出产前用高强度的紫外线灯管进行激发。

由此可见，作为紫外光的产生源——紫外线灯管对光触媒技术的应用是至关重要的。

影响光触媒性能、价格因素探讨

一、二氧化钛晶体类型

二氧化钛具有三种晶体结构：锐钛矿型、金红石型、板钛矿型，市场上常见的有锐钛矿型、和金红石型。锐钛矿型：用于光触媒技术的产品，氢氧自由基饱和度高，氧化分

解能力强；

金红石型：涂料级二氧化钛，氢氧自由基饱和度低，氧化分解能力弱。

二、二氧化钛晶体粒径大小

光触媒是在表面上进行作用，表面积越大，处理能力越强；同样的处理面，颗粒粒径越小，相对表面积越大（比表面积越大），氧化分解能力越强。有资料显示，粒径在 7 纳米以下，对细菌的破坏能力最大。

国际上通常将粒径 100 纳米以下的材料统称为纳米材料；不同的粒径所需要的生产工艺不同，粒径越小，工艺要求越复杂，生产成本越高。象 100 纳米左右的二氧化钛粉体一吨的价格也就是两、三万元钱。而粒径每下降一个数量级，价格就不是简单的一倍两倍的事情。但目前国内企业已经有将光触媒喷液的二氧化钛粒径做到了 1.0 纳米。

三、粘合技术

光触媒的关键技术之一。光触媒技术的关键特点之一就是长期有效性，如果粘合技术不过关，二氧化钛就容易脱落，就不可能具备长期有效性，并且将会对处理面的视觉产生不好的影响。譬如汽车仪表总成表面进行处理，部分脱落后，形成一块一块斑状。另外，粘合技术不过关，二氧化钛将会将粘合剂分解掉，而造成脱落。

四、分散技术

光触媒的专利技术之一。

二氧化钛粒子有一特性，存在于液体中时，粒子两端带酸碱性，如果分散技术不好，将会形成较大个体的二氧化钛颗粒，这与光触媒技术要求的纳米技术（大比表面积）相违背，处理能力急剧下降。编辑本段光触媒在涂料业的应用新进展 纳米技术的发现给特种涂料和功能性涂料的发展带来了全新的变革。尤其是纳米光催化技术的发展极大地促进了室内与室外用具有空气净化功能涂料革新。纳米光催化技术亦称光触媒技术发现于上世纪 60 年代后期，当时还是东京大学研究生的藤岛昭在一次实验中对放入水中的氧化钛单结晶进行了光线照射，结果发现水被分解成了氧和氢。这一效果作为“本多—藤岛效果”而闻名于世。由于这是借助光的力量促进氧化分解反应，因此后来将这一现象中的氧化钛称作“光触媒”。实际上，光触媒是也是一类化学物质，只是必须经过一定的光源照射，才能促进化学反应的进行，与普通触媒一样，反应前后自身性质不变。

作为光触媒材料，首要的材料本身须有半导体特性，其价电带和导电带的能量差要适当，其次应具有较大的内层空轨道，而纳米材料正具有这样的条件。几乎所有的纳米材料均是半导体性质，在光照射下，电子被激发由价电带跃迁至导电带，所产生的电位能足以使水电解产生 H₂ 和 O₂。常见的半导体光触媒材料有 TiO₂、ZnO、SnO₂ 及 CdS，其中 TiO₂ 因其强大的氧化还原能力、高化学稳定性及无毒的特性，已是公认的最佳光触媒材料。

1992 年后，纳米技术的发展及其对新型材料重要性认识，使人们开始重新重视这一光催化氧化分解效应。世界各国都投入了大量的人力和物力开展各类纳米材料的制备与应用研究。由于纳米 TiO₂ 光触媒材料具有优异的杀菌抗菌和降解有害气体等效能而位于其首，用其制作的光触媒喷液和光触媒涂料已成为室内环境治理的最行之有效的手段。用传统的化学消毒剂对环境治理均存在二次毒性和刺激性问题，且持续性差。经过近二十多年的研究与发展，此项技术的研究已经取得很大进展，并在环境净化方面得到应用。TiO₂ 光催化技术在空气净化、环境抗菌与除臭等领域的应用，将改变环境净化技术模式，产生一个全新的技术领域。我国光触媒技术研究起步虽晚，但在光催化效能方面及其应用方面均具国际领先水平。