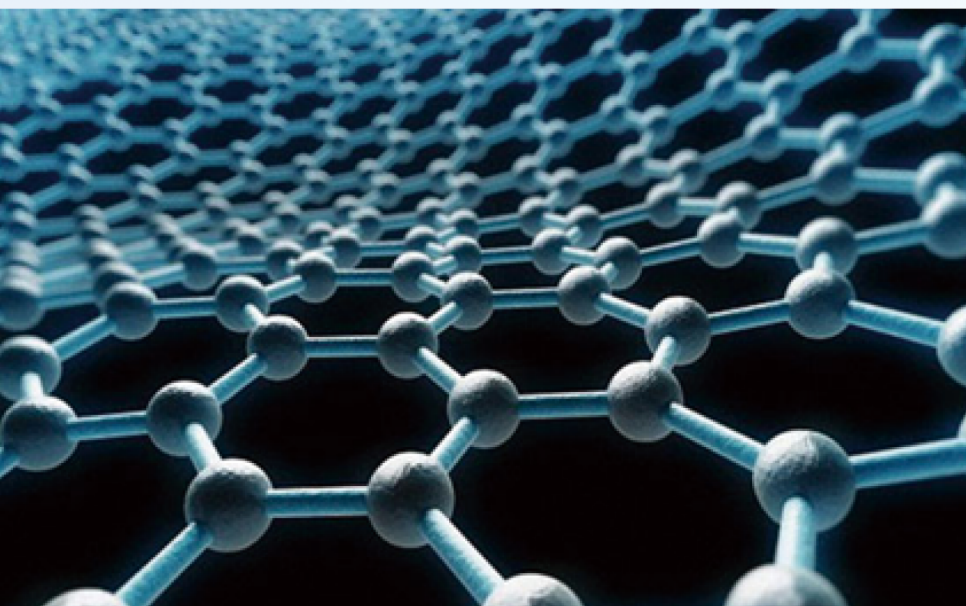




中国科学院
过程工程研究所

Institute of Process Engineering
Chinese Academy of Sciences



科技开发项目手册

防腐新材料



中国科学院过程工程研究所简介

中国科学院过程工程研究所前身是1958年成立的中国科学院化工冶金研究所。50多年来，研究范围逐步扩展到能源化工、生化工程、材料化工、资源/环境工程等领域，学科方向由“化工冶金”发展为“过程工程”。2001年更为现名。

在国家“十二五”时期和中国科学院“创新2020”实施过程中，过程工程所进一步明确“引领过程工程科学前沿，支撑过程工业技术创新”的发展目标，瞄准国家战略需求和世界科技前沿，针对当前制约过程工程跨越发展的突出问题，制定并实施“一三五”战略规划和科技布局：

“一个定位”是定位于大规模资源转化利用及替代的绿色过程的基础与应用研究，突破过程工程的共性理论、关键技术、关键装备及系统集成，建立资源高效转化或替代的过程工程研究平台，为国家过程工业发展提供强有力的科技支撑；着力实现的“三项突破”是多尺度放大调控及其重大应用、矿产资源高效清洁转化利用技术、生物过程关键技术与装备；重点部署的“五大方向”是煤热解及油气综合利用、生物过程强化与集成、绿色化工及污染控制技术、非常规介质催化与过程节能、功能材料化工及太阳能利用。围绕重大突破和产出，探索适应过程工程跨越发展的体制机制，提出了创新科研组织模式和完善成果转化链两项重大改革举措，形成符合过程工程学科发展规律的科研创新体系。


过程工程所现有生化工程国家重点实验室和国家生化工程技术研究中心（北京）、多相复杂系统国家重点实验室、湿法冶金清洁生产国家工程实验室、中国科学院绿色过程与工程重点实验室、离子液体清洁过程北京市重点实验室以及过程工程研发中心、生物质研究中心、循环经济技术研究中心、过程污染控制环境工程研究中心、太阳能研究中心、过程工程中关村开放实验室等科研机构。中国颗粒学会及中国化工学会离子液体专业委员会挂靠过程工程所，所内主办《过程工程学报》、PARTICULOLOGY（颗粒学报）和《计算机与应用化学》三个学术期刊。



腐蚀的代价： 经济损失，环境污染以及安全隐患

金属材料制造的交通工具、生产厂房、国防设施、船舶、桥梁等设施在环境中与腐蚀介质长期接触，易发生局部或大面积的化学、电化学反应，引起材料的腐蚀和破损，消耗资源、造成环境污染，可能造成工业事故，危及人民健康。



根据世界腐蚀组织（WCO）在《对于材料破坏和腐蚀控制世界必须进行知识传播与研究发展》的《白皮书》中指出：“在全世界，腐蚀对经济和环境的破坏方面（包括公路、桥梁、油气设施、建筑、水系统等）。目前，世界年腐蚀损失可达1.8万亿美元”，约合人民币11万亿元。根据2003年出版的《中国腐蚀调查报告》中指出：中国的腐蚀损失占GDP的5%，2016年我国GDP为67.67万亿人民币，以此计算腐蚀造成的损失33,835亿元人民币。

由此可见我国由于腐蚀造成的损失巨大，问题十分突出。因此，开发高效的防腐技术，加强腐蚀监控和管理，对延长材料使用寿命，降低灾难事故和经济损失具有重要意义。并且，随着人类向海洋，太空等领域的持续探索，防腐材料对人类的安全和发展至关重要。

涂料涂装是最常见和操作最简单的防腐方式，其中有机涂层被广泛的应用到建筑、市政桥梁、海洋船舶、电力、石油化工、轨道交通、汽车、家具家电、国防军工领域。但是，有机涂料在实用过程中会释放出VOC，对人体健康造成威胁，因此越来越受到了人们的重视。开发绿色环保智能化的涂层涂装体系是未来涂料行业发展的趋势，如能适应高度腐蚀环境的防腐涂料、具有阻燃及耐核辐射等特定性能的防腐涂料、具有自修复功能的智能防腐涂料等都是今后重点发展的领域。

为贯彻落实《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》，引导全社会资源投向，2月4日，国家发改委公布了《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》2016版，引导全社会资源投向的具体举措进一步细化各个产业中具有市场需求和价值的产品和服务，为企业制定战略方针提供支持。防腐材料、石墨烯材料、表面功能材料、新型功能陶瓷材料等入选新材料产业目录。

过程工程所一直致力于金属冶炼及新材料的开发。目前，研究所拥有高分子自修复涂层关键技术、海洋环境智能防护涂料、石墨烯防腐、纳米陶瓷涂料、生物防腐等一系列高精尖、高效益的防腐材料和技术，可应用于海上风电、船舶、航空、汽车、手机外壳、家电等表面防腐。

我们满怀真诚，期待与您携手合作，共创防腐领域美好未来。



目录

CONTENT

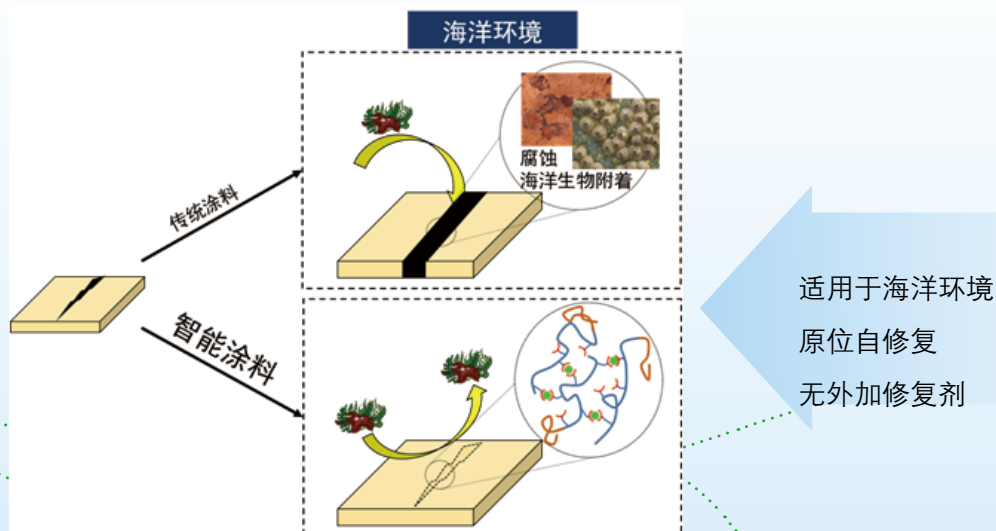
- 01 海洋环境智能防护涂料系统产业化
- 03 高分子自修复涂层关键技术及产业化
- 05 基于离子液体的绿色电镀技术
- 07 基于石墨烯、氮化硼等二维材料的防腐应用
- 09 金属表面预处理技术
- 11 基于地质聚合物的环保型无机涂料
- 13 金属微生物防腐
- 15 可常温固化氟碳涂料
- 17 纳米陶瓷涂料



海洋环境智能防护涂料系统产业化

背景介绍：随着全球陆上油气和矿产资源储量的逐渐减少，海洋资源开发越来越成为各国关注的焦点，海工装备和船舶制造已上升我国国家战略发展的重要组成部分。海洋工程科技已被列入国家中长期科学和技术发展规划。但是复杂的海洋环境，对船舶、海上石油钻井平台、跨海大桥、海洋运输、发电设备与输配电铁塔等海洋工程钢结构的腐蚀防护严重，因而对海洋装备提出了更高和更为苛刻的技术与性能要求。据不完全统计，海洋工程材料的腐蚀和生物污损每年给我国造成的直接经济损失近万亿元，海工装备及船舶的腐蚀防护与防污已成为严重制约我国海洋强国战略的技术瓶颈之一。目前海洋环境下最有效的防护方法是有机涂层防护技术，应用率超过80%。但我国海洋环境防护技术仍处在起步阶段，与发达国家相比有明显的差距，涉海高端防腐涂料基本上被IP、Jotun、关西、PPG等国外大公司垄断。因而，开发出具有自主知识产权的海洋环境防护涂装体系，有利于我国维护海洋安全和推进海洋战略。海洋环境是一个严酷的腐蚀环境口，在海洋大气区，由于大气中湿度大、盐分高，在钢铁表面容易形成含有强电解质溶液，有利于电化学腐蚀的进行；在潮差浪溅区，氧供应最为充分，氧的去极化作用促进了钢结构的腐蚀；同时在海水中及海水中夹杂的泥沙的冲刷下对腐蚀产物及防护层进行冲刷造成破坏，从而加速了腐蚀；在浸没区，由于钢结构长期浸泡在海水中，钢铁在海水中的腐蚀速度会受海水的温度、溶解氧含量、盐度、污染物、海生物等多方面因素影响。对于海洋环境中的结构物来说，涂层防护是最为经济有效的手段。但传统的有机高分子涂料很容易在海水的冲刷和严酷的污损环境中被水汽侵蚀，或破损，由于海洋结构物所处的腐蚀环境极为严苛，与传统涂料不同，需要对涂料进行加强级设计。

中科院过程工程所研发的智能防护涂料，在有外界刺激时，可自发在金属表面形成防护涂层，同时进行涂层表面裂痕的自修复，可以大幅提高海工装备和船舶的防腐和耐磨性能，延长服役年限，具有重要的经济价值和巨大的社会效益。





市场分析：随着全球造船和修船工业已经完成了向东亚地区的转移，相应的船舶涂料生产也逐步地向东亚地区转移，尤其是向中国市场转移。2010年，中国取代韩国成为世界上最大的造船国，全球造船占有率达到了34.7%。另外，全球的商船也都到了更新期，1980年全球平均船龄为12.8年，1995年已达到18.5年，而国际船级社协会规定，满15年的船舶为老龄船，必须进行检修。到目前为止，已经有不少商船的船龄已超过了20年，特别是油船更是如此。20世纪70年代全球建造的300多艘大型油轮急需更新，此外还有新建造的油轮，每年将增加油轮35—40艘。随着船舶工业的兴旺，船舶漆的市场需求也在迅速的增加。由于各国的工业结构不同，造成船舶漆在涂料中所占的比例有很大的差异。按经验及平均计算，新船每万吨需消耗涂料50吨，维修旧船每万吨需涂料30吨。经过慧聪网简略的计算可以预测出到2016年，我国船舶涂料总需求量应该达到144万吨。加之近几年，我国海工装备得到了快速的发展，在国际市场的地位逐步提升，所以预计2016年，我国海洋环境防护涂料的总需求量应接近160万吨，约600亿元人民币。

示范与应用：该技术可应用于海洋船舶及海洋工程设施，如防锈底漆、船壳漆、甲板漆、内舱漆、集装箱涂料、油罐涂料、及海上输油管道用涂料。



合作方式：技术转让，共同开发。

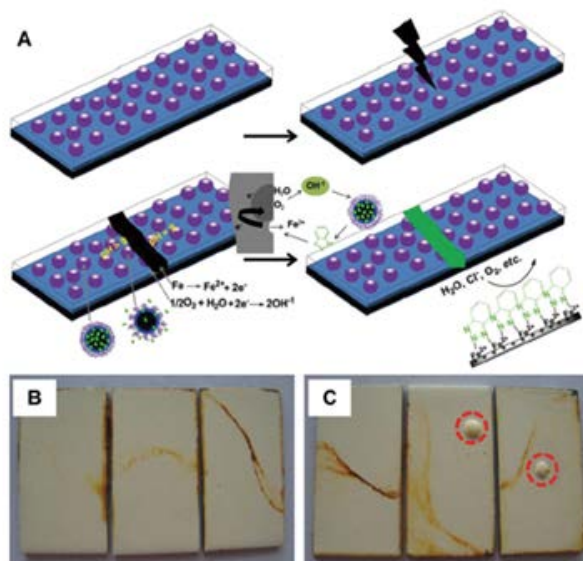
产业化所需条件：资金投入。



高分子自修复涂层关键技术及产业化

背景及概况：金属材料因其制备工艺成熟和机械性能优良，在现代工业生产和生活中得到广泛应用。但由其制造的交通工具、生产厂房、国防设施、船舶、桥梁等设施在环境中与腐蚀介质长期接触，易发生局部或大面积的化学、电化学反应，引起材料的腐蚀和破损。材料腐蚀不仅消耗资源、造成环境污染，而且可能造成工业事故，危及人民健康。为减缓和阻止金属腐蚀反应，延长金属产品的生命周期，金属设备在制造过程中通常需要在其表面添加防腐涂料。该技术既能保持金属材料原有的物理和力学性能，又具有良好的防腐效果和较高的经济效益。

智能自修复防腐涂料通过先进的方法，将封装缓蚀剂的纳米容器均匀分散至传统涂层中，一方面解决缓蚀剂与涂层的相容性问题，同时在涂层发生异常变化(破损,过度挤压,酸碱刺激)时，纳米容器中封装的缓蚀剂迅速被释放，附着在金属材料表面，有效抑制这些位置腐蚀的发生。这是个智能保护系统，腐蚀发生时，它可以在特定的时间和位置自动释放腐蚀抑制剂。而当该位置腐蚀停止时，纳米容器的释放也自动终止。



A) 作用机制示意图；B) 添加智能纳米容器；
C) 商业化环氧树脂涂层（红圈标记为点腐蚀）

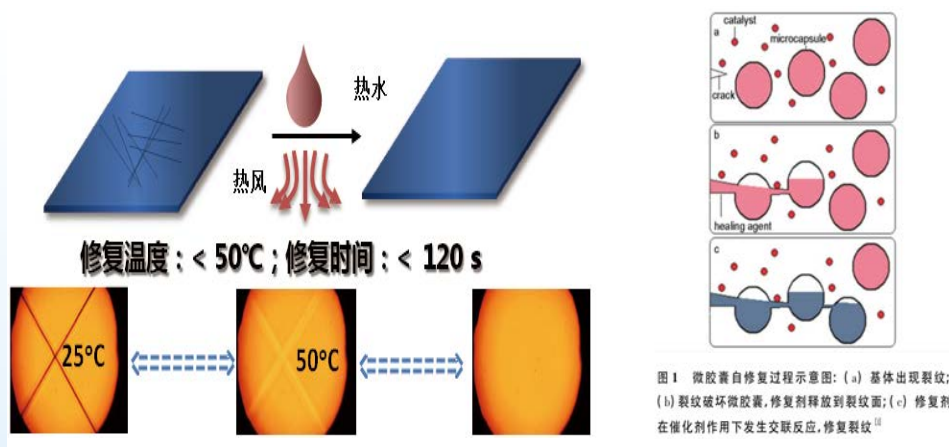


图1 微胶囊自修复过程示意图：(a) 基体出现裂纹；
(b) 裂纹破坏微胶囊，修复剂释放到裂纹面；(c) 修复剂在催化剂作用下发生交联反应，修复裂纹^[1]

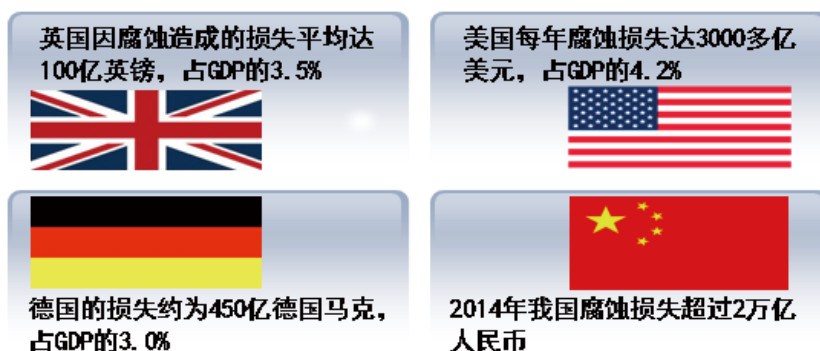
技术特点：易加工成型，水性体系更加环保，可同时实现快速、低温、多次三大功能。

产品的合成方法低成本、易放大、可用于工业化应用，具有广阔的前景！

专利和获奖情况：该技术具有我国独立知识产权，已经获得国家发明专利。



市场分析：据2016年市场研究机构Global Market Insights发布的一项研究报告显示，全球防腐蚀涂料发展迅速，市场规模到2024年将达到202.1亿美元，年复合增长率约5%。



防腐涂层-市场分析

示范与应用：该技术可应用于海洋船舶、航空、石油管道防腐蚀涂层；手机外壳及贴膜防划；家用电器外壳防腐蚀涂层以及汽车防划涂层，成为汽车的隐形外衣。



汽车领域



家用电器



手机膜



轮船

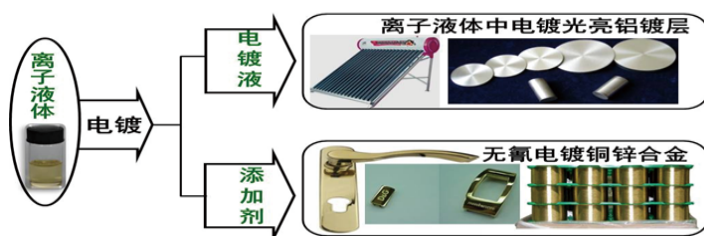
合作方式：技术转让，共同开发。

产业化所需条件：资金投入。



基于离子液体的绿色电镀技术

背景及概况：金属防腐常用方法有：结构改变法、保护层法和电化学保护法。电镀技术属于保护层法，因其所得镀层与基底结合牢固、镀层厚度可调控等优势而受到青睐。离子液体的蒸汽压极低，电导率较高，液程长等性能优势给电镀行业带来了契机。因此，我们开展了基于离子液体的绿色电镀技术，主要有完全以离子液体做镀液的电镀光亮铝（Al）技术和以离子做添加剂的电镀黄铜（Cu-Zn合金）技术，如下图所示。



基于离子液体的绿色电镀技术分类

技术特点：1 离子液体中电镀光亮铝镀层

铝质轻无毒，抗腐蚀，耐氧化是优良的防腐镀层，传统上常用热浸镀、真空蒸镀、磁控溅射等工艺来获得，但这些工艺较高的操作温度不仅需要消耗大量的能源，而且还会影响基底性能。相比之下，电镀工艺所需仪器设备简单，操作温度可以调节，工业化应用优势明显。然而，铝是活泼金属，无法从水溶液中沉积得到。工业上用于电镀铝的介质有两大类：有机溶剂体系和无机熔盐体系，但前者的挥发性强，电导率低，后者又需要较高的操作温度，能源消耗和设备腐蚀严重。而离子液体是一种完全由阴阳离子组成的新介质，在室温或接近室温时即为液体，电导率高，是电镀铝的优选电解质体系。在可大规模制备的氯铝酸离子液体体系中，通过加入添加剂可得到镜面光亮铝镀层。该镀层除了防腐之外，还是优良的装饰镀层，可用作汽车的反光镜；加之，光亮铝镀层发射率低，还常被用作太阳能选择性吸收涂层的保温层，在太阳能热利用方面应用前景广阔。



铜基底

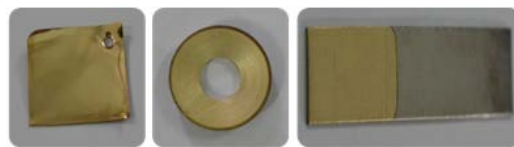
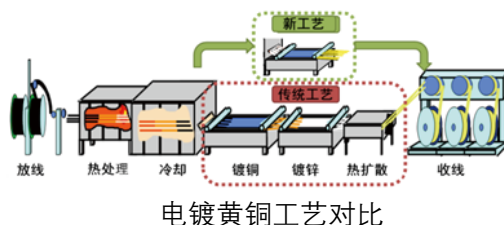


不锈钢基底

不同基底上沉积得到的光亮Al镀层

2. 无氰电镀Cu-Zn合金

钢帘线电镀黄铜（Cu-Zn合金）常采用先镀铜再镀锌后加热的热扩散法（下图传统工艺）和氰化法。热扩散法能耗较大，而氰化法使用剧毒的氰化物，污染严重。针对此类问题，我们开发了基于离子液体添加剂的无氰电镀液，该镀液可一步实现黄铜镀层的制备，且不含剧毒氰化物，清洁绿色，所得镀层质量可与氰化物体系相媲美。前期，我们将此无氰镀液用于低碳钢基底上装饰性镀层的制备，得到了色泽良好的仿金镀层；作为功能性镀层将其用于钢帘线上，得到了铜的质量分数在65%左右、厚度为1~3 μm均匀连续的黄铜镀层。该镀液还可用于铜、镍、不锈钢等基体。



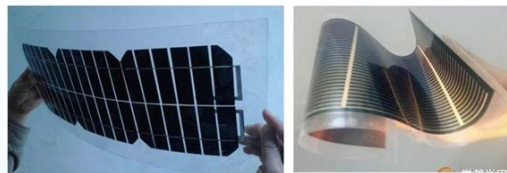
不同基底在无氰镀液中得到的黄铜镀层

离子液体复配添加剂体系无须添加剧毒络合剂-氰化物，环境更加友好；离子液体结构多样、性质可调，可实现按镀件的特定需求对添加剂进行可控制备；电镀液稳定、寿命长，环境友好，成本低廉。

专利和获奖情况：以上两种镀种技术均具有我国独立知识产权并获得国家发明专利，其中，光亮铝入选“T100新技术新产品创新力行动”百强技术。

市场分析：2014年中国电镀行业市场规模达到289亿元，比2013年增长9.57%，自2012年市场发展减缓以来，行业发展较为平稳，市场规模稳步上升中。电镀行业的发展也很不平衡，东南沿海一带经济发达地区的电镀发展较快，其技术水平、经济效益都较好，而内地相当一部分电镀企业处于半停产状态，只能是在求生存中发展。随着全球制造业和贸易的复苏，汽车和飞行器特别是电子行业强劲需求将推动全球电镀行业的增长，预计到2020年全球电镀行业市场规模将达到1000亿元。

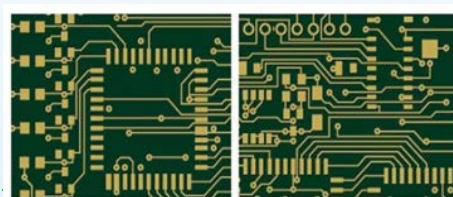
示范与应用：电镀技术在现代工业中的应用极其广泛，在国民经济中占有重要地位。主要应用于机械、电子、信息、航空航天、能源及国



太阳能集热板



汽车配件



太阳能集热板



基于石墨烯、氮化硼等二维材料的防腐应用

背景及概况：现代生活中腐蚀生锈造成了大量的资源和能源浪费，每年都会形成巨额的经济损失，由此也刺激着市场对防腐涂料需求的增长。石墨烯由于其独特的二维纳米结构，且具有高强度、高热稳定性、高化学稳定性以及优良的导热性等特性，在防腐涂料领域具有广阔的应用前景。石墨烯、氮化硼等二维材料由于其特殊的结构使其具有不透过性，作为金属基底与腐蚀环境的阻隔层而保护基底不被自然环境所腐蚀。通过化学气相沉积法及块体剥离法可分别制备直接生长于金属表面的大面积石墨烯、氮化硼薄膜，或粉状的石墨烯、氮化硼纳米片。通过化学气相沉淀法，二维材料可以在任意形状的金属基底的所有暴露面上生长，实现对金属表面的全面保护。

化学气相沉积法是一种高温化学方法，在高温下（800–1000℃）目标原子在金属表面的重排而使二维材料紧密的、不存在任何空隙的生长于金属衬底表面，从而确保涂层不会从金属基底上剥离。同时，由于原料气体分子可以不受限制的与金属基底在各个方向接触并生长，二维材料可以在任意形状的金属基底的所有暴露面上生长，实现对金属表面的全面保护。右图为生长有石墨烯的铜片及裸铜片经过20小时盐雾实验后的照片，可以看出，在腐蚀环境中裸铜片发生了严重的腐蚀，而经过石墨烯的保护，这种腐蚀会被大大减轻。



石墨烯/铜片



裸铜片



普通防腐漆



石墨烯防腐漆

本实验室在高质量、大面积石墨烯薄膜生长方面有多年的研究经验，并自行研发了全球第一台石墨烯连续化生长的中试系统，可实现石墨烯的大面积、连续化制备。原位生长的高质量石墨烯薄膜由于其对基底形貌的普适性，非常适合于精细部件的防腐应用。

除了直接生长的石墨烯薄膜，以石墨粉为原料制备的石墨烯纳米片亦可作为防腐涂料的添加剂用于提高涂层的防腐能力。当将石墨烯复合涂料涂覆于基底表面时，由于石墨烯的不透过性，每个纳米片都将成为 O_2 、 Cl^- 等腐蚀剂接触金属基底的额外屏障，大大增加腐蚀剂接触基底的扩散距离，从而提高涂层的抗腐蚀能力。本实验室具备先进的石墨烯纳米粉体制备技术，已在国内完成中试并实现量产。所制备的石墨烯纳米粉体层数少（小于10层）、尺寸均匀，并具有超大的比表面积，非常适合作为防腐涂料的添加剂。石墨烯纳米片具有超大的比表面积，这使其在加入防腐涂料后可以充分伸展成网状结构，起到阻挡腐蚀剂的作用。



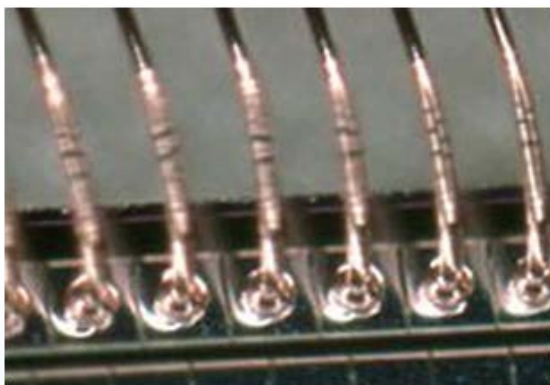
技术特点：高附着力，高强度，低收缩率;高防腐性，优良的柔韧性；高效防腐耐盐雾

石墨烯薄膜防腐 石墨烯粉体防腐

专利获奖情况：该技术具有独立知识产权，已经获得国家发明专利。

市场分析：我国石墨烯新型防腐涂料，已于2015年3月20日在江苏道森新材料有限公司成功研发，不仅填补了国内外将石墨烯运用于防腐领域的空白，还打破洋品牌对我国风电涂料市场的长期垄断。近来已有很多企业均开发出相关产品并在各类防腐领域应用。2015年我国防腐涂料产量约为508.29万吨(常规防腐涂料和重防腐涂料)，占全国总产量比例为29.59%，重防腐涂料产量居世界首位。我国重防腐涂料需求主要集中在船舶、石油化工、桥梁、集装箱等领域。未来石油化工、铁路交通、新能源、基础设施建设等更是蓬勃发展，为重防腐涂料提供了广阔的市场空间。由于重防腐涂料应用面广，行业地位极其重要，对节能减排也有重要意义，国家鼓励并支持重防腐涂料技术研发、生产，因此预计未来5年部分常规防腐涂料生产能力将转向重防腐涂料。中投顾问产业研究中心预测，未来五年常规防腐涂料产量增长速度将下降至10%，而重防腐涂料产量增长速度将保持在10%–15%左右，保守估计行业整体复合增速保持在10%左右，2020年中国防腐涂料产量有望上升至820万吨。

示范与应用：该技术可应用于精细元器件金属表面防腐，特别是对导电性有较高要求的领域，如半导体元器件基板、电极、连接线等。



合作方式：共同开发。

产业化所需条件：资金投入。

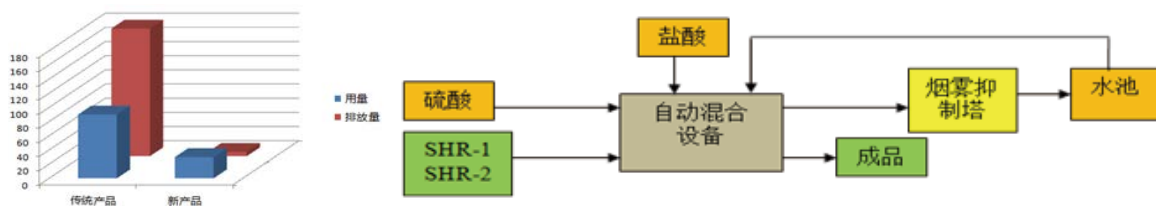


金属表面预处理技术

背景及概况：金属表面酸洗预处理行业在全国已形成万亿产业规模，但现有技术仍远远落后于发达国家，存在环境污染严重、危害人体健康的重大技术弊端，行业整体装备技术、污染治理和内部环保管理水平亟待提升。特别是在国家相关环保法律法规越来越严格苛刻的形势下，部分酸洗企业已经面临着生死存亡的紧急态势。

本技术完成核心技术突破，形成了高效环保系列产品，全流程无废综合利用，且对施工人员无危害；打破了现有技术影响人体健康并造成大量废酸排放的技术弊端。本技术相关产品主要包括：金属表面处理剂、除油除污剂及清洗剂等，可用于金属制品酸洗预处理、五金件清洗、压滤陶瓷板清洗及日常油污清除等行业。

技术特点：本技术采用强酸络合缓释基本原理，利用专用缓冲介质对基体酸进行包覆、吸附或交联，使产品具备有效抑烟效果，减轻对人体和环境的伤害与污染。由于缓冲释放使得处理效率显著提高，降低成本提高生产效率的同时，大大减少了废液（渣）排放量。

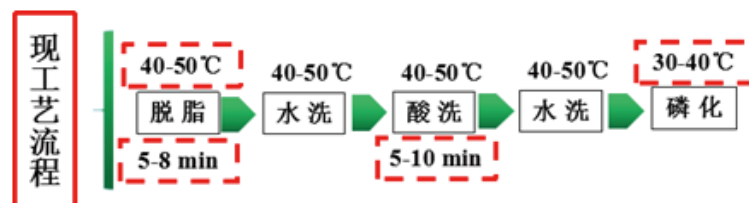


新产品用量是传统产品1/3，1吨传统产品约排放2吨废液（渣），而1吨新产品的废液（渣）排放量仅为1/5吨（如图所示）。综合对比，洗同等规模的部件，新产品终端排放量约为传统产品的1/30。因而，新产品减排效果尤为明显。

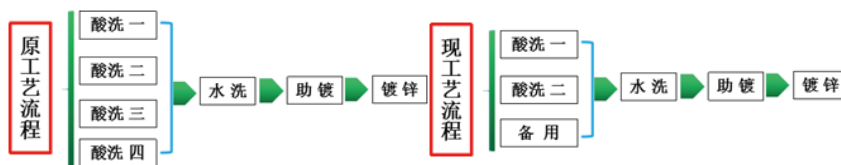
专利获奖情况：该技术具有我国独立知识产权，已经获得授权国家发明专利2项。

市场分析：每公斤本产品可处理80平方米左右钢铁平板部件，按平均成本3500元/吨计算，相当于3.5元/公斤。成本核算， $3.5\text{元/公斤} \div 80\text{m}^2/\text{公斤} = 0.04375\text{元}/\text{m}^2$ ，而传统酸洗工艺每平方米综合成本是1.0元/ m^2 ，成本大为缩减。且本产品处理的部件表面质量显著提高，洗后金属收得率增加。传统酸洗清洗一吨钢铁材料综合需水3吨，采用本产品需水1吨，可节水2/3。传统酸洗法需加热到40–60℃，本产品常温使用，能源消耗大为节省，且废液、渣总排放量可降低80%。综合经济效益极其显著。本技术与传统技术效果对比明显，经济效益显著，特别是终端排放量大大降低，可有效解决困扰酸洗行业的废液（渣）排放难题。金属表面酸洗预处理行业在全国已形成万亿产业规模，产品已经过上百家现场试验，市场需求迫切，具备产业化推广基础，一旦技术得以在业内推广，其经济、环保及社会效益巨大。

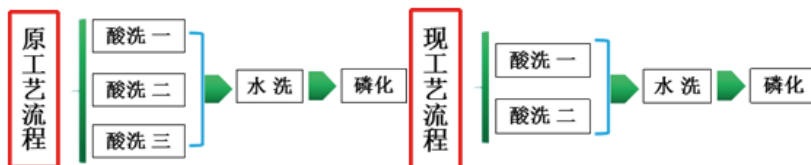
示范与应用：（1）童车部件表面预处理:童车部件预处理采用新产品后，生产效率可提高一倍，废酸可减排70-80%，综合成本可降低30-40%。关键操作步骤：酸度8%以下时，需更换酸洗液，可转移至沉淀池，沉淀24小时后，上清液可循环使用。



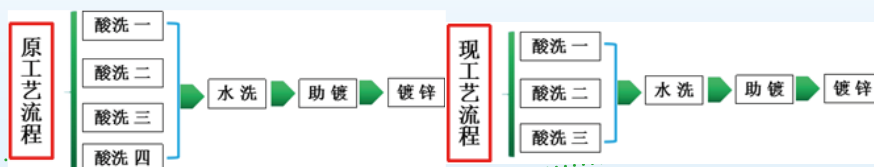
（2）普通管材表面预处理:普通管材采用新产品后，生产效率可提高1.2-1.5倍，废酸可减排70-80%，综合成本可降低40-50%。关键操作步骤：酸度8%以下时，需更换酸洗液，可转移至沉淀池，沉淀24小时后，上清液可循环使用。



（3）盘圆材料表面预处理:采用新产品后，生产效率可提高1.2-1.5倍，废酸可减排70-80%，综合成本可降低40-50%。关键操作步骤：酸度8%以下时，需更换酸洗液，可转移至沉淀池，沉淀24小时后，上清液可循环使用。



（4）轮毂材料表面预处理:采用新产品后，生产效率可提高1.2-1.5倍；提高成材率，一吨工件清洗完毕后，比原工艺重10-20公斤；废酸可减排70-80%，显著改善操作环境。关键操作步骤：酸度8%以下时，需更换酸洗液，可转移至沉淀池，沉淀24小时后，上清液可循环使用。



合作方式：技术委托，合作开发。

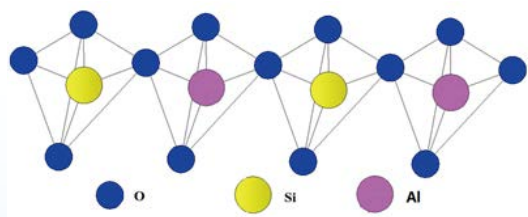
产业化所需条件：资金投入，成熟市场运作方案。



基于地质聚合物的环保型无机涂料

背景及概况：传统意义上的涂料主要是通过保护和装饰物体，来提高基体的功效并延长其使用寿命。但功能性涂料不仅具有保护和装饰两项基本功能，涂膜还能利用各物理化学或者生物化学作用，以及其他的形式进行能量的相互转换从而产生某种特殊功效。功能性涂料是社会需求和科技发展的必然产物，是伴随着现代技术及涂料的发展而得以逐步应用发展的，已成为现代涂料不可或缺的部分。但是，随着工业的发展，环境污染也日益严重，其中挥发性有机物(VOC)的影响更引起人们的高度重视。在人类生产生活所排放的VOC中，涂料的生产加工和应用所排放的VOC则居第二位。因此，涂料中排放出来的VOC被视为污染大气的重要来源。涂料中的VOC，不仅威胁着生产及使用过程中工作人员的安全和健康，其施工后残留的液态有机溶剂也对环境造成危害。

本项目采用一种新型材料地质聚合物（简称地聚物）为成膜物质。地质聚合物是指通过地球化学作用或人工模仿地质合成作用而形成的一种硅铝酸盐类的土壤聚合物，由硅氧四面体与铝氧四面体聚合而成的具有非晶态或准晶态特征的三维网状结构的凝胶材料。地质聚合物是一种早强、快硬的无机材料，具有高强度、耐高温、耐腐蚀、易施工等诸多优点。地聚物的界面结合能力强，形成的膜结构紧密，将地聚物引入涂料中制备地聚物基无机涂料，其涂膜具有地聚物的诸多优点。地聚物无机涂料原料广泛、成本低廉、制备工艺简单、生产过程中不放出任何有毒气体，不会对环境造成任何污染，因而在建筑、水泥、金属基材等的表面保护装饰和防腐方面，具有非常广阔的应用前景。通过在地聚物基料中添加适当的填料，可以制备多功能的特种涂料，如建筑涂料、防腐涂料、功能涂料，隔热涂料等。

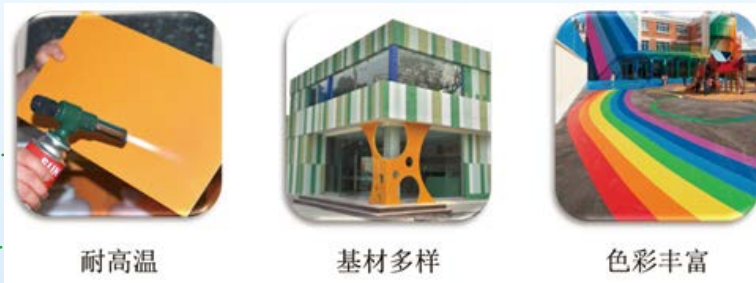


地质聚合物的结构



多功能特种涂料

技术特点：水性体系绿色环保；高强耐磨；产品的合成方法低成本、易放大、可用于工业化应用，具有广阔的前景。





市场分析：在欧美发达国家涂料产品是无机涂料占主流市场，达93%的市场占有量。而国内市场无机涂料市场占有率<5%,21世纪，装饰材料的发展已涉入多元化，时尚化，个性化、最重要的是健康化。从我国目前家居墙面装饰材料不仅价格高，在理化性能方面也存在着极大的不足，有接缝、易开裂，易污染，易受潮、发霉等。面对低档产品失去的巨大空白市场，面对人们对墙面装修风格个性化，尤其是对环保健康的特殊需求。无机涂料的功能化发展是时代潮流，制备多功能、高性能、绿色环保的涂料是涂料未来发展的必然方向。

示范与应用：建筑领域，市政、桥梁、隧道领域；海洋、船舶领域；电力应用领域；石油化工领域；轨道交通领域；汽车应用领域；家居、家电、厨具等领域。



合作方式：技术转让，共同开发。

产业化所需条件：资金投入



金属微生物防腐

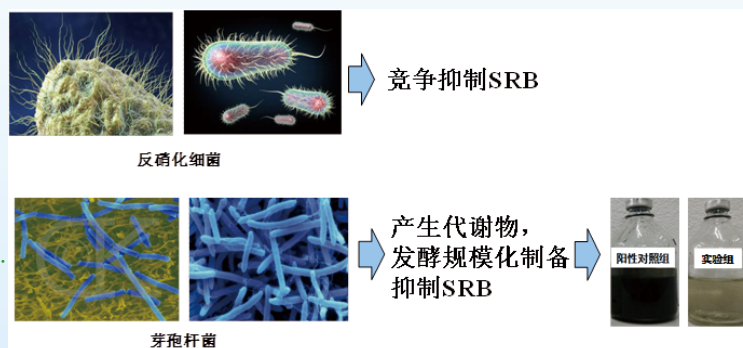
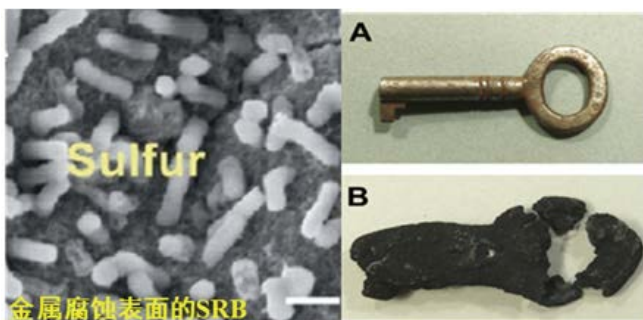
背景及概况：微生物腐蚀是指微生物引起的腐蚀或受微生物影响的腐蚀（Microbiologically Influenced Corrosion）。微生物腐蚀在自然界中广泛存在，各种材料都可能遭受微生物的侵蚀。有关金属腐蚀的微生物范围相当广，而厌氧微生物腐蚀硫酸

盐还原菌（Sulphate Reducing Bacteria, SRB）在水中、土壤中广泛存在，凡是在土壤中埋设的管道、地下油井、深水泵、水电站，地面同水接触的如冷却系统，油箱、油库输水管道都不例外会受到它的危害，成为金属腐蚀微生物中最普遍的、腐蚀最严重的菌类。研究发现SRB在厌氧条件下大量繁殖，产生粘液物质，加速垢的形成、

造成注水管道的堵塞，且管道设施在SRB菌落下发生局部腐蚀，以致出现穿孔，造成巨大的经济损失。微生物腐蚀并非是其本身对金属的侵蚀作用，而是微生物生命活动的结果间接地对金属腐蚀的电化学过程产生影响，其关键在于生物膜内及其与金属基体间的相互作用。生物膜是环境中的微生物附着在物体表面，并以非常复杂的方式相互作用而形成的，从而在生物膜/金属界面上产生一个不同于本体溶液的特殊环境。在这种特殊环境中各种微生物与金属进行着大量复杂的化学反应，从而导致腐蚀。在金属表面生物膜中也存在其它生物如硅藻类，也能加速金属腐蚀。MIC 是金属表面、非生物腐蚀产物和细菌细胞及它们的代谢产物之间相互促进的结果。

目前主要采用化学试剂抑制微生物引起的金属腐蚀，不仅成本高，也会引起环境污染。而利用微生物间的竞争排斥，筛选竞争性微生物抑制硫酸盐还原菌的生长，开发新型杀菌剂助剂，可以有效抑制硫酸盐还原菌的生长及其在金属表面的附着。

技术特点：高效、环保、经济





专利和获奖情况：该技术具有我国独立知识产权，已经申请国家发明专利。

市场分析：微生物造成的腐蚀损失是惊人的，1985年在华盛顿召开的国际生物腐蚀会议上，Kammer指出，美国现在每年因腐蚀而损失约1670亿美元，其中80%是由微生物腐蚀造成的。据统计，微生物腐蚀在金属建筑材料的腐蚀破坏中占20%，由微生物腐蚀直接造成的损失估计每年约300~500亿美元，而在美国工业生产中每年花费12亿美元用化学杀菌剂来抑制微生物腐蚀，仅在天然气工业中，与管道相关的腐蚀损失占15%~30%。我国由于微生物腐蚀造成的年损失就达100~200亿元。据中国石油天然气总公司1992年的统计显示：每年由于腐蚀给油田造成的损失约2亿元，而且正在逐年上升，其中SRB腐蚀占相当大部分。SRB腐蚀造成的危害越来越受到世界各国的重视。

示范及应用：实验室开发了环境友好、清洁的微生物源性微生物腐蚀抑制剂，构建了能够高效合成金属腐蚀抑制剂的菌株，实现了该生物活性抑制剂的规模化发酵生产，应用于石油管道和采油设施的防腐。



微生物腐蚀抑制剂应用于石油管道和采油设施的防腐

合作方式：技术转让、共同开发

产业化所需条件：资金投入

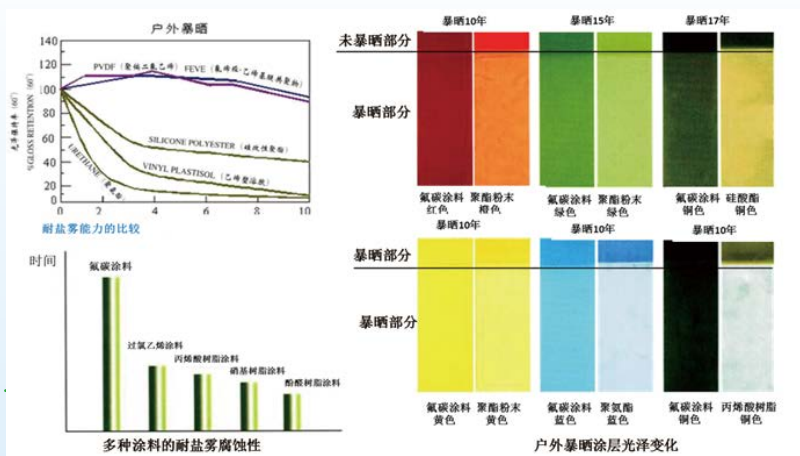


可常温固化氟碳涂料

背景及概况：涂料是涂于物体表面能形成具有保护、装饰或特殊性能(如绝缘、防腐、标志等)的固态涂膜的一类液体或固体材料之总称。在众多涂料品种中，氟碳涂料以本身卓越的性能，展现出王者风范。在受热、光（包括紫外线）的作用下，F-C难以断裂，显示出超长的耐候性及耐化学介质腐蚀，其稳定性是所有树脂涂料中最好的。我国是氟碳涂料原料资源大国，基础原料氟化钙和氟化氢产量排名世界第一位，因此我国发展氟材料和氟涂料，具有独厚的优势，中国氟碳涂料起步较晚，至目前发展历史仅15年左右。目前主要有高温烘烤固化PTFE涂料，热熔型PVDF涂料和常温交联固化FEVE涂料三大类。

氟烯烃-乙烯基醚共聚物(FEVE)系列氟碳涂料在保持氟碳涂料极其优异的使用性能基础上，可以常温固化。可应用于几乎所有的材料表面，是一种超耐候性涂料，并且具有优异的耐酸、耐碱、耐化学品腐蚀性。是由以氟烯烃-乙烯基醚共聚物树脂、耐候颜料，添加各种改性组分，经研磨、分散而得的可常温固化溶剂型涂料。经户外长期使用和人工加速老化试验表明，氟树脂分子链上的氟碳键能够抵抗紫外线的降解作用，具有和高温固化聚偏二氟乙烯氟碳涂料想俊美的超耐候性，户外使用寿命二十年以上；涂布于铝合金上可通过3000小时中性盐雾试验，涂布于镀锌钢上可通过1000小时试验。涂料的耐酸性与高温固化聚偏二氟乙烯氟碳涂料一样优异，耐碱性则超过高温固化聚偏二氟乙烯氟碳涂料；通过多层次涂装，利用各涂层的装饰作用、屏蔽作用、缓蚀作用和阴极保护作用，达到对底材数十年以上的防腐装饰目的；具有表面光滑、粘附性小、不易被污染的特点，即使被污染也非常容易清洗；实现施工现场涂装氟碳涂层；可以喷涂、辊涂、刷涂，具有优异的附着力和硬度，能在几乎所有的材质上良好紧密的附着；氟碳涂料的长寿命，使涂一次可以维持许多年，维修工程简单，省去大量维修费和脚手架搭拆费。即使需重涂，也只需用水清洗表面后，再涂上一层面漆即可；可调配出实体色、金属色、珠光色、特殊色等各种色彩和低、中、高等各种光泽，为设计师和业主提供了丰富的想象空间和奇异的装饰效果。

技术特点：具有超耐候性、耐腐蚀和耐化学品性、耐污染性、高装饰性、耐温性。



多种涂料的耐盐雾腐蚀性

户外暴晒涂层光泽变化

市场分析：在行业利益驱动下，近几年有更多的企业进入氟涂料行业。数据统计显示，2012年氟碳涂料总产量约30万吨。建筑业是涂料应用最大的领域，也是氟碳涂料最大的市场。建筑涂料在外墙装饰中应用占到60%左右；钢结构工程是氟碳漆第二大应用领域，氟碳漆在钢结构领域中应用显示出良好的发展态势；氟碳涂料在家用电器、医疗器材等领域也已形成独特的成熟市场；此外风电领域是近年来新开发的氟碳涂料领域，未来将会有更大的发展。近5年来国内氟碳涂料产业持续高速发展，在以三氟氯乙烯和四氟乙烯为主要原料合成常温固化FEVE 氟树脂及其涂料的应用开发和市场推广方面，呈现出了爆发式的增长态势。预计今后几年氟碳涂料仍将呈现较快的发展速度，年均复合增长率将保持在10%左右。

示范与应用：氟碳涂料在不粘炊具、金属幕墙板、铝合金型材、卷港涂料、建筑外墙装修、钢结构防腐等领域均有应用，已经得到了市场的认可。



建筑室内走廊钢结构防腐装饰输气管道重防腐氟碳工程涂装

合作方式：针对有市场开发能力的团队、合作方提供系统涂装施工技术方案、提供配方、生产技术等；下游用户涂装施工设计、调色等全方面支持。

产业化所需条件：资金投入



纳米陶瓷涂料

背景及概况：纳米耐高温陶瓷粉涂层材料是一种通过化学反应而形成耐高温陶瓷涂层的材料，纳米材料有着神奇的功效，例如：提高强度、增强耐热性、抗菌性、耐候性等，纳米材料的有效使用可以彻底改变人们传统的衣、食、住、行习惯。但是其应用必须是科学和严肃的。近一段时间国内出现了很多纳米材料生产厂家，推出了“纳米”材料，如填料、颜料、助剂等。而纳米陶瓷涂料是在多年开发超耐候涂料的基础上，采用纳米氧化物为成膜物技术，开发成功的新一代超长寿命户外功能涂料。纳米陶瓷涂料为单组份烤漆产品，由配套的面漆、罩光漆和稀释剂组成。应用于铝板幕墙和铝型材表面，不仅可以大大提高图层的寿命，还可以彻底解决幕墙使用中的表面污染问题；作为自清洁罩光漆，应用于各种有机涂层的表面，提高涂层自清洁性和寿命。

技术工艺及特点：

方案①：一涂层体系

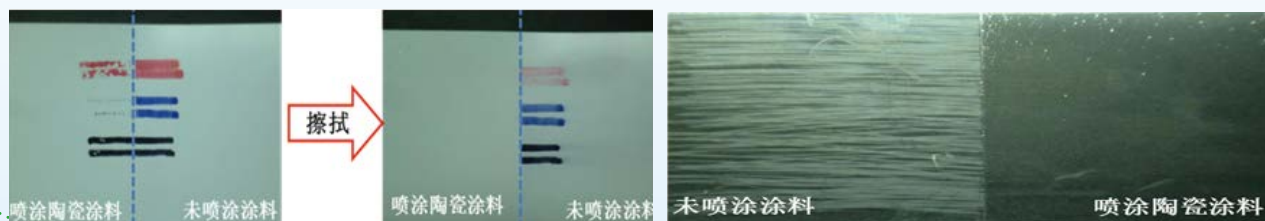
基材（金属基材）→表面前处理→喷涂 面漆（ $25\mu\text{m}$ ）→晾干→烘干（ 220°C 20–30min）基材（不锈钢、铝合金）→表面前处理→喷涂NC-H850面漆（ $5\mu\text{m}$ ）→晾干→烘干（ 220°C 20–30min）。

方案②：二涂层体系，二涂一烘

基材→表面前处理→喷涂 面漆（ $25\mu\text{m}$ ）→晾干→涂NC-H850罩光漆（ $10\mu\text{m}$ ）→晾干→烘干（ 220°C 20–30min）。

方案③：二涂一烘工艺 用于有机涂层面的自清洁罩面层基材→表面前处理→喷涂FC-S300A氟碳面漆（ $30\mu\text{m}$ ）→晾干→涂NC-H850罩光漆（ $10\mu\text{m}$ ）→晾干→烘干（ 180°C 20–30min）。

(1)超耐候性:全氧化物的成膜主体具有20年以上的户外光泽保持性、不会粉化、不会降解、(2)优异的附着力:附着力非常好，能附着于各种有机、无机和金属材质表面；(3)优异的表面硬度: 纳米氧化物的涂膜，表面硬度可达6—9H;(4)高耐温性: 涂膜可在高达 300°C 以上的环境条件下长期使用(5)自清洁性：涂膜中具有光催化活性的氧化物，在阳光的作用下，能分解附着于涂层表面的有机物，使之分解、粉化，从而使油性污染物不会在表面堆集；(6)高装饰性：可以制成实体色、金属色和珠光色的各种色彩。

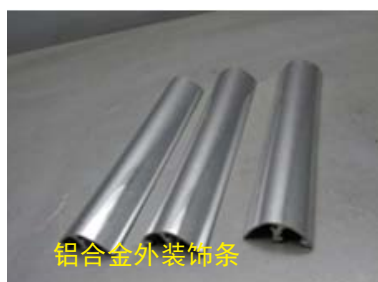
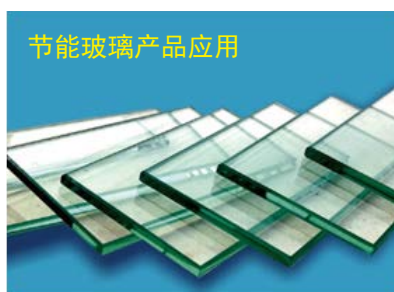


PC板抗划痕效果实验

PET板清洁效果实验

市场分析：纳米陶瓷涂料呈现较快的发展速度，2012–2016年均复合增长率超过 10%左右，预计2020年市场需求容量超过100万吨。其中包括：汽车（车灯市场需求:8–10亿元）塑料装饰及功能薄膜（需满足10万吨产品需求）建筑幕墙（满足20亿平方米需求）节能玻璃（满足20亿平方米需求，成本降低40–50%）家电、炊具（年需10万吨）工业及化工防腐（年需求20万吨）。

示范与应用：应用于铝板幕墙和铝型材表面；作为自清洁罩光漆，各种有机涂层的表面，提高涂层自清洁性和寿命。



合作方式：技术转让，共同开发。市场应用开发：提供系统涂装施工技术方案、提供配方、生产技术等；下游用户涂装施工设计、调色等全方面支持。

产业化所需条件：资金投入。



地址：北京市海淀区中关村北二街1号

网址：www.ipe.cas.cn

电话：010-62554257/82544871