

汪多仁 主编 汪熙赫 副主编

电子化学品 清洁生产工艺



Chemical Industry Press



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

电子化学品清洁生产工艺

汪多仁 主 编

汪熙赫 副主编



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

电子化学品清洁生产工艺/汪多仁, 汪熙赫编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 11
ISBN 7-5025-6336-9

I. 电… II. ①汪…②汪… III. 电子材料-化工产品-无污染工艺 IV. TQ072

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 120403 号

电子化学品清洁生产工艺

汪多仁 主 编

汪熙赫 副主编

责任编辑: 刘俊之 王秀鸾

文字编辑: 刘志茹

责任校对: 吴桂萍

封面设计: 于剑凝

*

化学工业出版社 出版发行

环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 17 字数 459 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6336-9/TQ·2116

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

电子化学品，国际上没做过严格的定义，通常是指为电子信息产业配套的专用化工材料。它主要包括集成电路、光电子器件、印制电路板、液晶显示器件、电阻、电容、显像管、电视机、计算机、收录机、摄像机、激光唱片机、音响、通讯机、传真机等和整机与组装用的各种化工材料。在化工行业中，它属于精细化工、化工新材料的范畴；在电子行业，它是电子材料的一个重要分支。此外，因涉及电子产业、冶金等领域而属于边缘学科。

电子化学品也称为电子化工材料，其特点是品种繁多，质量要求严，对环境、包装、运输、贮存的洁净度要求苛刻，产品更新换代快，开发资金投入大，研制难度大，产品附加值高，用量相对较小等。

近年来，电子信息产业是目前发展最为迅速的高新技术产业，已跃居世界第一大产业，成为推动全球经济增长的主要动力，电子信息产业水平已成为衡量一个国家综合发展水平的重要标志之一。

电子化学品与重化工、轻化工相比，虽然其产量在数值上较小，但对电子信息产业来说，却是不可缺少的基础支撑产业，发挥着举足轻重的作用。任何电子信息新产品的问世，都少不了电子化学品的贡献。没有电子专用新材料的发展和技术突破，就不可能有电子产品的更新换代和新产品的不断涌现。

在 21 世纪头 10 年内，中国电信业将继续保持高速增长态势；固定电话网会有很大发展，其用户数可达 2 亿~3 亿，向农村和边远地区提供普通服务和国际互联网接入服务将是其主要的增长领域；移动电话将持续高速增长，用户预计可达两亿，利用移动电话获取互联网信息将成为下一个热点业务；互联网及其相关服务迅猛

发展，以 IP 技术为基础的新一代宽带高速公共信息网络将在不断演变中迅速发展成熟；电子商务、远程教育及其他各种基于网络的数字化经济与社会活动方式将得到推广和应用；电子信息产品制造业、通信与信息服务业及软件业将继续以明显高于 GDP 增长速度增长，信息产业作为国家经济主导产业的作用将更为明显。在新的一年里，信息产业将加大结构调整力度，扩大消费，增加出口，推进信息资源的开发利用，实现全行业快速发展。

随着电子产业的快速发展，我国电子化学品需求旺盛，不仅国内市场存在巨大需求，而且国际市场同样蕴藏着较大商机。目前我国电子化学品大多为中低档产品，总体水平与国外先进水平相比尚有 10~15 年的差距，高精尖材料大多要靠进口，每年仅元件及电子材料进口额就达 60 亿美元以上。电子化学品这种供需现状，与我国电子信息产业已升居世界第七，成为半导体大国的地位极不相称。

因此，加速开发现代电子化学品已是势在必行。

作为一个行业、一种产品是不是“绿色的、环保的”，不仅要看在消费过程中是否安全，在使用后是否给环境带来危害，而且还应强调在生产过程中，在产品制造过程中对操作人员的健康、对自然环境有无危害，还必须强调在消费或使用后，这种产品能否作为一种资源得以再生，重新成为可为人类社会服务的财富。因此“绿色”的概念应当包含在生产中、使用中及使用后三方面都有利于人的健康和自然环境。

目前，以微电子、通讯、信息技术等为代表的电子电气工业正迅猛发展，已成为衡量社会经济和科技发展水平的重要标志之一。塑料在电子电气工业中的广泛应用对电子电气工业的发展起着十分重要的作用。由于塑料具有优异的电绝缘性能，以及质轻、物理化学性质稳定、易成型加工、成本低等特点，因此被广泛用作电子电气设备及其元器件的壳体材料、包覆材料、基质材料、介电绝缘层材料等。

此外，近年来随着科技的发展，具有导电、导磁、电磁波屏蔽

等功能的塑料及其复合材料也正逐渐取代一些传统的电子电气材料，以满足这一领域不断增长的需求，进一步拓宽了塑料在电子电气行业中的应用范围，并创造出巨大的经济和社会效益。

参加本书编写的还有汪多辉、张新、周伟、王非、王洋、宋勇、张久智、王野、徐晶、纪宏宇、陆伟东、陆军、汪驰宇等。由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 6 月

目 录

01 功能复合材料	1
011 纳米复合材料	1
01101 纳米聚烯烃	1
01102 纳米聚甲基丙烯酸甲酯	12
01103 纳米环氧树脂	23
01104 纳米磁性新型材料	35
01105 纳米软磁材料	43
01106 纳米粒子与光电材料	55
01107 纳米发光材料	64
01108 纳米二氧化钛复合材料	76
01109 纳米聚苯乙烯	84
01110 纳米粉体复合材料	92
01111 纳米铁氧体功能材料	110
012 稀土材料	118
01201 纳米稀土永磁材料	118
01202 稀土纳米复合材料	131
013 复合材料	143
01301 聚吡咯复合材料	143
01302 改性聚苯硫醚	152
01303 改性聚苯胺	162
01304 抗菌塑料	180
01305 芳香族聚碳酸酯	191
01306 改性聚缩醛	207
01307 聚酰亚胺复合材料	225
01308 高纯粉末酚醛树脂复合材料	237
014 功能材料	251
01401 聚磷腈	251

01402	聚萘二甲酸乙二醇酯	258
01403	新型氟树脂	267
01404	聚砒	276
01405	聚芳醚酮	280
01406	聚芳醚腈	284
01407	聚对亚苯基苯并二噻唑	287
01408	聚对苯二甲酸环己二酯	291
01409	尼龙 46	295
01410	聚苯并双噻唑	301
01411	聚对亚苯基	305
01412	改性聚对亚苯基二噻唑	308
01413	半导体光催化材料	314
015	磁性材料	323
01501	环保型电磁屏蔽材料	323
01502	磁致变液智能材料	331
01503	电磁屏蔽涂料	334
02	纳米粒子	339
02001	纳米氧化锌	339
02002	纳米氢氧化铝	347
03	专用化学品	353
03001	二甲基亚砒	353
03002	纳米液晶	357
03003	双氧水	364
03004	光刻胶	374
03005	聚硅烷	387
04	特殊纤维材料	395
04001	光导纤维	395
04002	碳化硅纤维	398
04003	磁性纤维	402
04004	纳米导电、抗静电纤维	405
04005	功能智能型纤维	410
04006	光子晶体光纤	415
05	涂料	422
05001	氟涂料	422

05002	导电涂料	425
05003	磁性涂料	429
05004	阻燃涂料	441
06	增塑剂	451
06001	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	451
06002	邻苯二甲酸二异癸酯	462
06003	邻苯二甲酸二(12~13)酯	464
06004	新型聚酯增塑剂	467
07	功能精细化学品	472
07001	改性松香	472
07002	抛光粉	480
07003	γ -丁内酯	483
08	其他	490
08001	碳纳米管	490
08002	纳米陶瓷	503
08003	功能微晶玻璃	518
08004	纳米荧光粉	524

01 功能复合材料

011 纳米复合材料

01101 纳米聚烯烃

纳米塑料可分为两种：第一种是把高分子材料制成纳米结构单元，再用它合成塑料，这种塑料正处在基础研究阶段；另一种就是常说的纳米塑料，指无机填充物以纳米尺寸分散在有机聚合物基体中形成的复合材料，其制品称为纳米塑料制品。聚合物/层状无机纳米复合材料，由于插层技术的突破而获得迅速发展，部分研究成果已开始进入产业化，并已在微电子、电子、核技术、航天等领域中获得广泛的应用，因有极大的产业化发展前景而备受关注。近年来将纳米粉末材料分散于聚合物中以提高高分子材料性能的研究也日益活跃，并取得了许多成果。

1 理化性能

纳米粉末材料是指平均粒径在 100nm 以下的材料，其中平均粒径为 20~100nm 的称为超细粉。纳米粉末材料具有相当大的相界面面积，它具有许多宏观物体所不具备的物理、化学特性，它既是一种多组分物质的分散体系，又是一种新型的材料，在塑料中的作用不仅仅是补强，还能赋予基体材料新的功能。

2 工艺开发

通讯用改性塑料，一般制备方法是：首先选择好基础树脂和改性树脂；然后选择好添加剂，如抗氧剂和各种加工助剂等，再进行技术性能配方筛选，确定各种树脂、添加剂和加工助剂（如纳米粒子等）的适当比例；最后通过计量、共混、熔融挤出和冷却造

粒制成改性塑料。技术关键是配方的筛选和共混熔融挤出造粒的控制。

通讯电缆和光缆对改性塑料的技术性能有极其严格的要求，这也是通用塑料不能直接应用于通讯电缆和光缆制造的主要原因。为了确保通讯电缆的质量，原国家邮电部对通讯电缆和光缆用改性塑料的性能要求制定了严格的技术标准，所有改性塑料都必须满足标准，才能在通讯电缆和光缆上应用。纳米材料为传统塑料制品拓宽应用领域，增加新品种，开发新型塑料制品奠定了良好的基础。

市话电缆绝缘芯线的高速挤出与一般导线的挤出工艺相似，即预热的导线以一定的速度进入并通过挤塑机机头，来自挤出机的熔体包覆在导线上，所不同的是一般的导线挤包绝缘的生产速度为200m/min以下，而高速市话电缆绝缘芯线挤出速度高达1500~2400m/min，如此高的线速度势必对材料及挤出工艺提出更苛刻的要求。

为了降低成本、提高劳动生产率，市话电缆高速挤制用聚乙烯特别是纳米聚烯烃已成为市话电缆厂家的首选绝缘材料。

纳米聚烯烃复合材料的制备方法如下。

2.1 液-固混合分散法

将纳米组分首先制成有机悬浮体，再将这种悬浮体与固相高分子材料混合，经充分分散制备纳米复合材料。将高密度聚烯烃加到纳米银/甲苯的悬浮体中，经减压脱气，热熔至均匀溶液，再铸模或者熔融挤出或者固相拉伸可得到一维取向的纳米复合材料。

这种方法是对固-固混合分散法的改进，基本上能达到纳米颗粒以纳米量级分散于聚合物基质中。

与单一相纳米结晶材料和纳米相材料不同，复合纳米材料是由两种或两种以上的固相至少在一个方向上以纳米级大小（1~100nm）复合而成的材料。这些固相可以是非晶质、半晶质、晶质或者兼而有之，而且可以是无机、有机或两者都有。塑料质量轻、易加工，但在光照下容易变脆，在受热和一些极端环境下易老化，

从而限制了其发展和应用。

2.2 单体熔体插层原位本体聚合

单体熔体插层原位本体聚合过程分为两个步骤：单体熔体插层和原位本体聚合。对于原位本体聚合反应，在等温等压下，该聚合反应释放出的能量以有用功的形式反抗有机物片层间的吸引力而做功，使层间距大幅度增加，形成解离型纳米复合材料，温度升高既不利于单体插层又不利于聚合反应。

2.3 单体溶液插层原位溶液聚合

聚烯烃复合材料具有良好的综合力学性能和加工性能。单体溶液插层原位溶液聚合也分为两个步骤：溶剂分子和单体分子插层以及原位溶液聚合。溶剂的作用就是通过对层间有机阳离子和单体两者产生作用，使单体插入层间。所以，溶剂的选择至关重要，它要求自身能插层且与单体的溶剂化作用要大于与有机阳离子的溶剂化作用，还应是聚合反应生成高分子的溶剂。至于第二步原位溶液聚合反应的热力学分析与原位本体聚合的分析相似，只是溶剂的存在使聚合反应放出的热量迅速散失，起不到促进层间膨胀的作用，所以一般难以得到解离型纳米复合材料。

2.4 溶液中聚合物插层复合

溶液中聚合物插层复合是聚合物单分子链在溶液中借助于溶剂而插层进入蒙脱土的硅酸盐片层间，然后再挥发掉溶剂，形成纳米复合材料。将聚烯烃与不同交换性阳离子的蒙脱土溶液混合搅拌，可制得具有二维结构的有机纳米复合材料，这种材料经不同的溶液处理后，其聚烯烃含量保持不变，显示了这种复合材料的稳定性。这种方法制备条件比熔体插层温和，但溶剂的使用不利于环境保护。

在纳米聚乙烯复合材料中，粒子分散得很好。可将纳米粒子均匀地分布在聚乙烯中，而在乙烯摩尔分数为 80% 的共聚物中进行共混效果就好些，这是因为共聚物与改性黏土的物理作用强些。因此，通过溶液插层法制备完全剥离的聚合物/无机纳米复合材料有一定的难度。

2.5 聚合物熔融插层复合

Col-Gel (熔融插层) 法有: ①把前驱物溶解在预形成的聚合物溶液中, 在酸、碱或某些催化剂作用下让前驱化合物水解, 形成半互穿网络; ②把前驱物和聚合物单体溶解在溶剂中, 让水解和单体聚合同时进行, 这样使一些完全不溶的聚合物均匀地嵌入无机网络中。若单体交联则形成互穿网络, 若单体未交联则成半互穿网络。聚合物或单体可以引入能与无机组分形成化学键基团, 增加有机组分与无机组分之间的相互作用。

在充分搅拌下, 将粒子在溶液中分散均匀, 纳米 $\text{SiC}/\text{Si}_3\text{N}_4$ 粒子用钛酸酯改性后填充低密度聚乙烯 (LDPE) 后, 纳米 $\text{SiC}/\text{Si}_3\text{N}_4$ 对 LDPE (低密度聚乙烯) 有较大的增强增韧作用, 在 5% (质量分数) 时冲击强度出现最大值, 55.7kJ/m^2 , 为纯 LDPE 的 203%; 伸长率为 625% 时仍未断裂, 为纯 LDPE 的 500%。

插层复合法可以看作是一种特殊的原位聚合方法, 包括聚合物插层法和插层聚合法两种方式。聚合物插层法是将聚合物插入填料层间, 可分为剥离吸附、熔融插层和溶液插层。插层聚合法是将单体插入填料层间后再进行聚合, 聚合场所为填料层间。

聚合物熔体插层分两步进行: 聚合物分子链扩散进入初级粒子聚集体和扩散进入硅酸盐层间域, 而熔体插层的关键步骤在于高分子链扩散进入初级粒子的质量传递过程。在此基础上, 聚合物的极化度越大或亲水性越强, 有机化层状硅酸盐的功能化基团越短, 越有利于减小插层剂烷基链与聚合物之间不利的相互作用, 即越有利于插层。

蒙脱土纳米复合材料形成的活化能与纯聚合物熔体的分子链扩散活化能相近, 高分子链在硅酸盐片层间的扩散行为至少与其在本体熔体中相当。因此, 复合材料在加工成型后就已经形成, 可利用与常规聚合物相同的工艺条件, 如挤出进行加工, 不需要额外的热处理时间。高分子量聚乙烯的耐磨、耐冲击、耐腐蚀、自润滑、冲击性能为现有塑料中最好的, 但由于其黏度极高, 成型加工困难, 超高分子量聚乙烯/黏土纳米复合材料可以解决高分子量聚乙烯在

加工中的难题。

聚烯烃蒙脱土插层聚合，大多选用的是茂金属催化体系，这和蒙脱土的亲水性与茂金属催化体系的助催化剂 MAO 和蒙脱土具有适当的相容性有关，其容易插入蒙脱土层间。制备时，首先从黏土悬浮液中浮选出层状硅酸盐蒙脱土或富镁皂土，使用插层剂改性或进一步冻干脱出水分，降低其亲水性，然后将蓬松的层状硅酸盐均匀分散于非极性溶剂甲苯或庚烷中，再加入 MAO 对硅酸盐进行处理，用茂金属接触陈化后形成活性中心，最后通过聚烯烃进行聚合。如果茂金属呈非离子状态，则无需进行离子交换。聚烯烃硅铝酸盐纳米塑料由于材料的特殊插层结构而阻燃性得到大幅度的提高，同时其热稳定温度和气体阻隔性都有不同程度的提高。

2.6 熔融共混法

用熔融共混法制备的工艺过程是将纳米粒子进行表面处理以防止团聚，再加入聚合物中，在熔融状态下共混。此法必须注意不使其团聚。用这种方法制得的聚合物，较其他改性方法简单，并且易于实现工业化生产。可以使用双辊开炼与压膜制得碳化硅、四氮化三硅、LDPE 复合材料。这种含 5% 碳化硅/四氮化三硅的复合材料较普通 LDPE 的拉伸强度高 112%，拉伸断裂伸长率高 25%，缺口冲击强度高 103%。

这是由于纳米粒子的比表面积大，可以充分地与聚合物吸附、键合，从而提高力学性能。共混法将纳米粒子与材料的合成分步进行，由此控制粒子的尺寸与状态，其难点在于粒子的分散问题。纳米粒子的比表面积较大，比表面能也极大，因此极易发生团聚，从而失去纳米粒子的特殊性能，控制粒子微区相尺寸及其分布是其成败的关键。

2.7 纳米 SiO_2 改性

纳米粒子分散性质对复合材料性能影响很大，选择最佳分散方法是纳米材料应用的关键。对于纳米粒子 SiO_2 改性聚烯烃有如下三种分散方法。

① 聚烯烃中加入纳米 SiO_2 ，其含量在 2% 时性能最佳。

② 使用振动磨进行分散，作为一种新的分散方法，对纳米粒子的分散非常有效。

③ 振动磨的使用时间参数非常重要，对本体系而言，以 1h 为最佳，此时有最高拉伸强度。

2.8 纳米 CaCO_3 改性

微米级 CaCO_3 只有经过表面处理后才能对 HDPE 起到增韧作用，而纳米 CaCO_3 不经过表面处理时对聚烯烃具有一定的增韧作用，在经过表面处理后其增韧效果十分明显，原本不相容的两个物质在纳米尺寸下具有一定的相容性，纳米级 CaCO_3 的加入，能够起到应力集中点的作用，受外力作用时，颗粒周围的剪切应力迁移，使与之相连的基体产生局部屈服，吸收更多的能量，从而可大大提高体系的断裂韧性。分散相粒子尺寸的减小及分散性的提高，可以提高材料的冲击强度，采用纳米级 CaCO_3 改性复合材料时，体系拉伸强度的降低幅度明显平缓，在纳米级 CaCO_3 填充 HDPE 体系中，脆韧转变点消失，但冲击强度在纳米级 CaCO_3 含量为 20%~25% 之间有最大值，材料综合性能的提高是由于纳米粒子比表面积大、表面层原子数量大，可以充分地与聚合物吸附、键合，从而对力学性能有所改善。

采用纳米与微米级 CaCO_3 粒子填充聚丙烯，纳米级 CaCO_3 对 PP（聚丙烯）的改性效果较为明显，当纳米粒子含量为 4% 时，冲击强度达最大值，增韧作用十分明显。若采用低分子偶联剂对纳米粒子进行表面改性，可强化填充剂与共聚物的界面。纳米级的超细轻质 CaCO_3 填充 HDPE，在配比 HDPE/ CaCO_3 为 80/20 的条件下所得试样的缺口冲击强度、拉伸强度和断裂伸长率均优于重质和普通轻质，其中以天然油脂衍生物为分散剂的效果最为显著。

纳米材料与 HDPE 能进行熔融插合，在配方中加适量的插合剂、加工助剂等，使纳米材料和 HDPE 经熔融插合能有机地结合在一起，形成新的塑料合金材料，可以改善材料的加工性能。

用纳米级粒子的增强聚烯烃，具有良好的加工工艺性能和优良的综合性能。碳酸钙经过表面处理后对 HDPE 具有增韧作用，而

不经过表面处理时对 HDPE 具有一定的增韧作用, 经过表面处理
后纳米碳酸钙增韧效果十分明显。

由此制得的聚烯烃纳米合金系列材料具有优良的耐磨、耐腐蚀、高强度、无毒等特性, 是用得最多的工程塑料。由于其具有优良的物理力学性能, 在电子电气零部件等领域得到广泛应用。

2.9 聚合物-黏土矿物纳米复合材料

采用天然黏土矿物——蒙脱土作为分散相, 利用插层聚合复合、共混插层复合等方法可以很方便地制备一系列高性能聚合物。

将纳米组分首先制成有机悬浮体, 再将这种悬浮体与固相高分子材料混合, 经充分分散后制备纳米复合材料。

聚烯烃-黏土矿物纳米复合材料的制备可以通过以下三种方法来实现: ①将聚合物单体嵌入到黏土矿物的层间域, 接着在层间域进行原位聚合; ②将聚烯烃直接嵌入到黏土矿物的层间域; ③将黏土矿物晶层均匀地分散到聚烯烃基质中。例如, 利用具有纳米结构的天然矿物(如层状硅酸盐黏土), 用化学方法把它与聚烯烃混合, 有机黏土片层就能分解成纳米片层, 均匀分布到聚合物中间形成纳米塑料。温度升高有利于高分子插层而不利于溶剂分子插层, 所以, 最好在溶剂分子插层步骤选择较低温度, 而在高分子插层步骤选择较高温度并同时把溶剂蒸发出去。

2.10 复合法

复合法是用具有疏水端与亲水端的亲性分子, 在侧向施加一定压力时, 形成紧密定向排列的单分子膜, 再通过一定的挂膜方式均匀地转移到固定衬基上, 制备出纳米微粒与超薄的有机膜形成的有机-无机层交替的复合材料。

目前有以下三种方法可以采用。

①先形成复合有金属离子的单层或多层 LB 膜, 再通过与 H_2S 进行化学反应形成硫化物等纳米微粒而得到复合膜。

②以纳米微粒的水溶胶为亚相, 以静电吸附在界面形成复合膜。

③在分散表面活性剂作用下与稳定的纳米微粒直接成膜, 生

成单层膜。此技术制成的复合材料具有量子尺寸效应、分子层次性，膜厚可以控制，易于组装，但分子量较低、膜的稳定性较差。采用与纳米微粒具有相反电荷的双离子或多聚物，与纳米微粒进行交替沉积生产，可制备复合膜，其结构生长有序。

其生产设备为振动磨和超细粉碎机。振动磨是微米级粉体高效粉碎机，是通过电机带动偏心块，在弹性支撑系统的支撑下，做高频率的连续振动。筒体内的物料在大容量研磨介质强烈的冲击、剪切、研磨下细化。

超细振动磨是在高频振动下使物料产生疲劳，使晶体微裂纹扩大变为裂缝导致破碎。这一超细振动设备，可以达到 $10\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 粉碎，有加工量大、研磨细度小、加工效率高、加工能耗省、设备造价低等优点。

在振动磨工作时，物料随着研磨介质一起运动，在研磨介质强烈的冲击、剪切、研磨等力的作用下不断细化。同时在振频和振幅下产生自转和公转，不断沿圆周做螺旋运动使物料位移直到出口。这个过程中物料不仅产生分布混合，还产生分散混合。它可以对于多种物料进行振动磨加工，具有良好的混合效果，是一种均化机。

振动磨同时又是改性机。在对非金属粉体进行粉碎加工时，可以同时向振动磨筒内加入改性剂，结果一方面非金属物料不断细化，同时表面改性也不断结合在非金属矿粉料的表面上。随着被加工的非金属矿粉体不断细化，不断产生新鲜的界面，这些新鲜的界面上的羟基与表面改性剂中的羧基发生酯化反应，产生良好的结合，使得加工后粉体成为“改性粉”或“活性粉”。

在塑料改性技术中，无机粉体加入到塑料高分子材料中称为塑料的填充改性，一方面要求粉体不断地细化，从 400 目到 $10\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ ，直至达到纳米级。但是大量的无机粉体进入高分子材料，由于两者性质差别极大，存在大量的界面，不加处理，不能直接加入使用，这种处理主要是分散和改性。如何使大