纳米材料的性质与基于生物炭的纳米复合材料

纪新源

（英才实验学院, 电子科技大学, 成都 611730）

**摘 要**：本文从纳米材料的性质出发，介绍了纳米复合材料的一种——生物炭纳米复合材料的制备、研究进展及优势

**关键词**：纳米材料；生物炭纳米复合材料；

**中图分类号**: X142

1. 概述
   1. 纳米材料简介

纳米材料是晶粒尺寸小于100nm 的单晶体或多晶体，广义上讲，三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围或者由该尺度范围的物质为基本结构单元所构成的材料均可称为纳米材料。

按照结构，纳米材料可分为四类：晶粒尺寸至少在一个方向上在几个纳米范围内的称为三维纳米材料; 具有层状结构的称为二维纳米材料; 具有纤维结构的称为一维纳米材料; 具有原子簇和原子束结构的称为零维纳米材料。根据物理形态，纳米材料大致可分为纳米粉末（纳米颗粒）、纳米纤维（纳米管、纳米线）、纳米膜、纳米块体和纳米相分离液体等五类。

当前，只有纳米粉末实现了工业化生产（如碳酸钙、白炭黑、氧化锌等），其它纳米材料大都仍处于实验室研究阶段。

1.2 生物炭纳米复合材料简介

生物炭是生物质（包秸秆、木屑、牲畜粪便、污泥等农业废弃物）在限氧或者无氧条件下，经过低温热解（200℃-700℃）得到的固态多孔富碳产物。已应用于土壤改良、作物增产、环境修复、生态恢复和材料研发等多个领域。其成本低廉、原料广泛、环境友好，具有巨大的经济和环境效益。已有研究表明，将生物炭与纳米材料联合制备成持续高效的复合材料，其具有较大比表面积、丰富的孔隙结构和官能团、表面活性位点多和易分离等优点。在环境中性质稳定，对有机污染物的吸附效果优于原生生物炭，可同时作为催化剂和吸附剂氧化降解有机污染物。

根据复合方式或制备过程中添加改性剂的不同生物炭纳米材料可分为纳米金属氧化物生物碳复合材料、磁性生物碳复合材料、功能性纳米颗粒生物炭复合材料。

1. 纳米材料的性质

2.1 纳米材料的力学性能

纳米材料的表面积/体积比远高于一般材料，因而杂质在界面的浓度便大幅下降，纳米材料的力学性能也由此获得提升。由于晶粒减小到纳米量级, 纳米材料的强度和硬度比粗晶材料高出大约4-5倍。另外，纳米材料的韧性与塑性参数也十分优异。

2.2纳米材料的电学性质

由于晶界上原子体积分数的增大, 纳米材料的电阻高于同类粗晶材料，甚至发生尺寸诱导金属――绝缘体转变。利用纳米粒子的隧道量子效应和库仑堵塞效应制成的纳米电子器件具有超高速、超容量、超微型低能耗的特点，有可能在不久的将来全面取代目前的常规半导体器件。此外，纳米材料具有非常明显的GMR（巨磁阻效应）现象：磁场中粗晶材料的电阻仅下降1%-2%，但纳米材料可达50%-80%

2.3 纳米材料的磁学性质

纳米材料的一个重要磁学性质是具有磁致热效应，指的是如果在非磁或弱磁基体中包含很小的磁微粒, 当其处于磁场中时, 微粒的磁旋方向会与磁场相匹配, 因而增加了磁有序性, 降低了自旋系统的磁嫡, 如果此过程是绝热的, 自旋嫡将随晶格嫡的增加而减小, 且样品温度升高, 这是一个可逆过程。这表明纳米材料可以在制冷方面得到广泛应用.

2.4 纳米材料的热学性质

纳米材料的比热和热膨胀系数都大于同类粗晶材料和非晶体材料的值，一些材料的热膨胀系数能达到相应单晶的两倍。这是纳米材料界面原子排列较为混乱、原子密度低、界面原子耦合作用变弱的结果。因此纳米材料在储热材料、纳米复合材料的机械耦合性能应用方面有其广泛的应用前景。

2.5纳米材料的光学性质

小粒子对可见光具有低反射率和高吸收率，因而纳米材料具有特殊的光吸收特性。如Au等金属粒子尺寸小于光波波长时会失去原有金属光泽呈现黑色。半导体纳米颗粒还具有吸收蓝移（吸收光谱向高能方向移动）和吸收光谱结构化等吸收特性）；光发射特性方面，有些原来不发光的材料，其粒子小到纳米尺寸后会出现发光现象。

2.6 纳米材料的其他性质

纳米材料的弥散性要强于同类单晶或多晶材料, 这对诸如材料的蠕变、超塑性等一系列性质有着重要的影响。此外, 当材料为纳米态时, 有限固溶体的固溶性将增强。纳米材料还具有很高的化学活性

1. 生物炭纳米复合材料的制备及优势

3.1 生物炭纳米复合材料的制备方法

主要可以由慢速热解和水热谈话来制备生物炭。

慢速热解法是制备生物炭最常用的热解方式之一，热解温度一般在200 ～ 900 ℃，热解过程一般需要几个小时甚至几天的时间。研究表明，不同生物质原料和热解条件会影响生物炭的表面性质和孔隙结构分布，对环境中有机污染物的吸附能力亦会不同。热解温度是影响生物炭材料结构和性质主要因素之一。随着热解温度的升高，生物质中的有机质完全碳化，灰分含量增加，比表面积增大，孔隙减小，纳米孔逐渐形成。但生物炭中碳含量增加，氧含量降低，致使表面极性基团减少，疏水性增加。活性官能团种类和数量的减少导致生物炭表面主要吸附位点的减少，减弱了与有机污染物之间的相互作用。

水热炭化（HTC）通常是指生物质在180 ～ 300 ℃的溶液中炭化30 min ～ 16 h，产生36% ～ 72% 生物炭的过程［29－30］。与慢速热解相比，HTC 能耗更低。HTC产生的生物炭表面不规则、含氧量高、酸性基团较多，对污染物具有良好的吸附能力。

然而，HTC 制备的生物炭易于被生物降解，在环境中较不稳定。因此，大多学者将慢速热解和HTC 两种热解方式联合制备生物炭，既增加了生物炭表面的含氧官能团的数量和种类，又增加了生物炭在环境中的稳定性。Rattanachueskul 等将生物质原料在230 ℃低温下，通过一个简单的HTC 工艺，随后在400 ℃下经过1 h 的慢速热解制备磁性纳米复合材料，该磁性材料具有良好的孔隙结构、机械稳定性和磁性。HTC 工艺在生物炭表面产生了多种富电子基团( 含氧基团) ，并与Fe2+ 和Fe3+ 与紧密结合，提供了活性吸附点位。

3.2 生物炭纳米复合材料的优势

生物炭磁化之后比表面积和孔径增大,表面官能团增加,这些都是吸附污染物过程中的主要机制,因此磁性复合材料对污染物的去除能力显著提高,且吸附之后易于固液分离,只需外加磁场即可。在试验中，水中悬浮着的纳米磁性材料在磁场作用下都被移出了溶液，只剩下净化水，可以使饮用水中污染物含量降低到美国环保署要求的水平。

生物炭基纳米材料不仅具有大的比表面积可有效吸附各类污染物,而且其表面的化学官能团(羧基、羟基、胺基等)提供的高亲和性的吸附位点,能够增加纳米材料对污染物的结合能力。虽然纳米材料溶解性差,且在环境中容易团聚,但将其与富含亲水基团且价格低廉的生物炭复合,提高复合材料的性能,具有实际的环境意义。

**参 考 文 献**

[1]杨剑,滕凤恩.纳米材料综述[J].材料导报,1997(02):6-10.

[2]代文静,胡健,吴攀,刘涛泽,卢然.生物炭纳米复合材料去除环境中有机污染物研究进展[J].地球与环境,2020,48(03):395-403.

[3]吕宏虹,宫艳艳,唐景春,黄耀,高凯.生物炭及其复合材料的制备与应用研究进展[J].农业环境科学学报,2015,34(08):1429-1440.

[4]汪冰,丰伟悦,赵宇亮,邢更妹,柴之芳,王海芳,贾光.纳米材料生物效应及其毒理学研究进展[J].中国科学(B辑 化学),2005(01):1-10.

[5]张坤. 生物炭异质性及其纳米结构的环境风险[D].浙江大学,2019.

[6]李琪瑞,许晨阳,耿增超,王春丽,王强,李倩倩.纳米生物炭的制备方法比较及其特性研究[J/OL].中国环境科学:1-13[2020-06-15].https://doi.org/10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20200303.002.