

宁波材料所在碳化硅复合材料绿色低碳低成本技术研发方面取得进展

先驱体转化碳化硅陶瓷基复合材料（CMCs）主要应用于制备具有耐高温、抗氧化、耐磨性好、热膨胀率小、导电导热性好、硬度高和耐腐蚀等优异性能的，并可近净尺寸成型的高性能陶瓷材料和纤维增强陶瓷基复合材料；目前已被广泛应用于高端科技与国防军事领域，如空间遥感成像光学系统轻量化支撑结构件、航空航天发动机热端部件、可重复使用的航天运载器热防护材料、高超音速运输推进系统等。在民用领域，先驱体转化结构材料也逐步体现其巨大经济价值和不可替代的作用，如飞机、高铁、汽车等现代运输系统刹车盘、高温燃气轮机热端部件、高温气体余热回收、工业粉尘过滤、耐腐蚀可再生催化剂载体、大型高温系统加热部件、冶金高温炉用碳套等。随着军民融合工作的深入推进，先驱体转化高性能结构陶瓷材料制备技术将会更趋绿色化、低成本化，其产品将会更加广泛渗透到经济社会体系的各个方面，对经济发展的推动作用将越来越大。

制备CMCs基体的先驱体至关重要，从工艺流程看出，理想的先驱体应兼具“三低”（低粘度、低温交联、低收缩），“二无”（无杂质、无发泡），“一高”（高陶瓷收率）的特点。目前，CMCs中以Cf/SiC和SiCf/SiC体系发展最快，国内主要以固态聚碳硅烷（PCS）作为SiC的先驱体，存在的不足是：需要溶解于有机溶剂，降低了浸渍效率，带来了污染；PCS本身不能交联，热解后发泡；PCS陶瓷收率不高，约55%；价格较为昂贵，3000~4000元/公斤。同时，SiC基复合材料的最佳服役温度在1600左右，对于服役温度为1000~1300的构件，材料虽然能很好地满足使用要求，但会造成性能冗余。过高的制备成本限制了其应用范围的拓展和批量生产，例如高温结构、防热部件、高温化学泵、阀门应用等领域，急需找到高性价比的替代品。通过LC3计划，美国最先开展了CMCs低成本化的研究，确定了适用于1300以下的SiOC基体系，并开发了适用于PIP工艺的先驱体产品。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所核能材料工程实验室在“十二五”期间承担了中科院核能先导专项任务，并对高性能碳化硅先驱体材料开展了深入研究。在制备前期聚碳硅烷的研究工作中，发现常规合成过程中会产生大量的小分子液态副产物。近日，在绿色制造和低成本化研究思路的指导下，团队对上述液态副产物开展再利用的研究。在该研究中，实验室科研人员对液态副产物的组成结构进行分析，确定其为重均分子量在200~800之间、主链为Si-C结构的液态低分子量PCS。进一步，向其中引入“C=C”活性基团，制备了可转化为SiOC陶瓷的液态先驱体（LC-PCS）。LC-PCS具有如下特征：室温粘度约30mPa·s；在400以下可充分交联；陶瓷收率大于70%。最后，分别以LC-PCS和PCS为先驱体，通过PIP工艺制备CMCs。结果表明，得到致密样品所需的“浸渍-裂解”周期从14个降低到10个。可见，新的合成路径从先驱体本身和复材制备过程两个环节降低了CMCs的成本，制备了可在1000~1300服役的高性价比CMCs。液态副产物的再利用也实现了PCS的绿色合成，体现了环境效益。该项研究成果对于军用和核用高端材料进入民用领域铺平了道路。

宁波材料所对该绿色低碳低成本化技术已经进行了专利保护（201810433805.3），并积极推进下游产品的对接。以上工作得到了国家自然科学基金（91426304）以及中科院战略先导科技专项（XDA03010305）的资助支持。

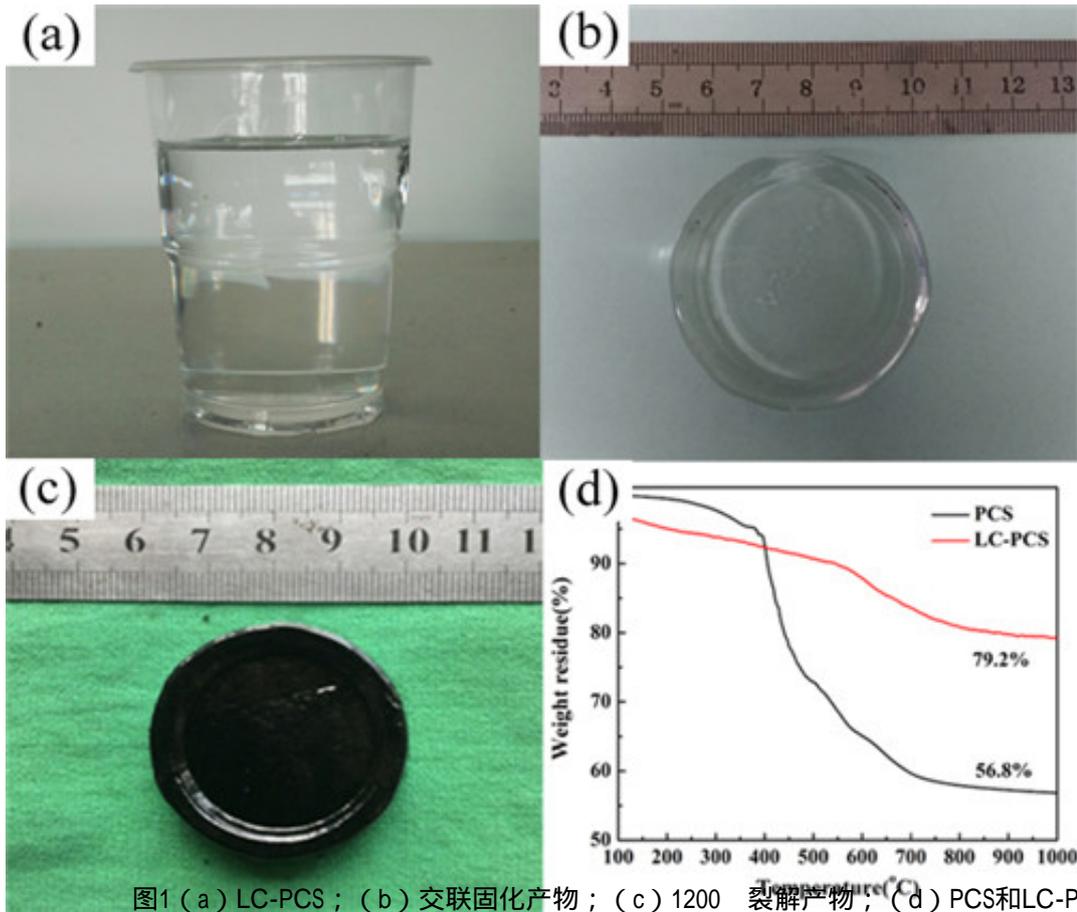


图1 (a) LC-PCS；(b) 交联固化产物；(c) 1200 裂解产物，(d) PCS和LC-PCS的TG曲线

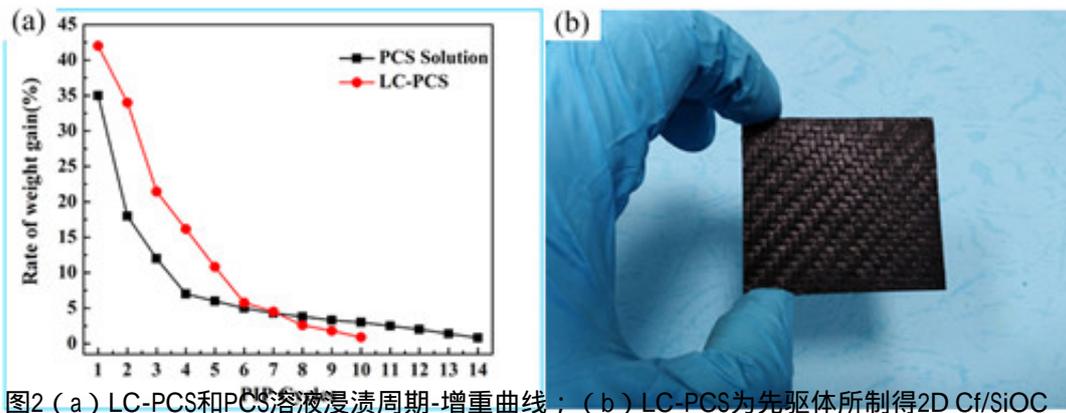


图2 (a) LC-PCS和PCS溶液浸渍周期-增重曲线；(b) LC-PCS为先驱体所制得2D Cf/SiOC

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/124560.html>