

聚吡咯/CaSnO₃锂电池负极材料的研制和应用^{*}

张治红 李彦山 闫福丰 彭东来 李 超

(河南省表界面重点实验室, 郑州轻工业学院, 郑州 450002)

摘要 采用软化学方法制备出CaSnO₃立方晶体,接着将其放入等离子体增强化学气相沉积仪(PECVD)进行吡咯气体辉光放电,使等离子体聚吡咯(PPy)沉积在CaSnO₃表面上,获得PPy/CaSnO₃复合材料。采用傅里叶转换红外光谱对其化学结构进行表征;利用X射线衍射仪和场发射扫描电子显微镜对CaSnO₃改性前后的晶格结构和几何形状进行比较;采用热重分析法考察了复合材料的热稳定性。在此基础上,同时将CaSnO₃和PPy/CaSnO₃作为锂离子电池的负极材料,制作成双极扣式电池,采用电池充放电仪考察它们的充放电性能,结果显示PPy/CaSnO₃的充放电容量都比CaSnO₃提高一倍多。

关键词 聚吡咯 CaSnO₃ 等离子体聚合 充放电容量

近年来,聚吡咯(PPy)与无机微纳米材料的复合材料以其优异的物理、化学性能和广阔的应用前景越来越引起科学家和工程师们的广泛兴趣^[1-3]。如利用对甲基苯磺酸作为掺杂剂、三氯化铁(FeCl₃·6H₂O)作为氧化剂、吡咯在纳米石墨微片上原位聚合制得的PPy/纳米石墨微片复合材料,其热稳定性和电导率均高于纯PPy^[4]。采用连续化学浸渍法制备的PPy包覆石墨纤维复合材料可用于高级电容器的能量存储装置^[5]。PPy/纳米SiO₂复合材料是在本征导电聚合物中引入纳米尺寸的无机粒子,在一定程度上改善了聚合物的力学性能,而且使得这种复合材料易于冷压成型,在保证PPy一定电导率的情况下,改变了PPy硬而脆等难于加工的缺点^[6]。磁性纳米粒子Fe₃O₄经乙醇处理后,采用乳液聚合的方法制得的PPy/Fe₃O₄复合材料具有较好的电性能和磁性能,其环境稳定性也明显优于PPy^[7]。不难看出,PPy经过和无机纳米材料复合后,其力学性能、环境稳定性、可加工性都得到了提高,导电性、导磁性、微波吸收性也都有明显改善,拓展了PPy在导电、电磁波屏蔽、吸波材料等^[8]方面的深度应用。

然而,绝大多数的科研工作者采用化学法来制备PPy/无机微纳米复合材料,由这种方法合成得到的复合材料之间存在内应力,界面结合力弱,容易造成聚合物和纳米材料之间的分离;而且无论在溶液中是原位聚合还是乳液聚合,都不容易控制无机微纳米粒子表面上聚合物的厚度,无法起到对无机微纳米粒子表面改性的作用。采用等离子体聚合方法则能使PPy和纳米材料之间在产生物理包覆的同时还产生化学键合作用;既能控制无机微纳米粒子表

面聚合物层的厚度,又能得到结构和性能都很稳定的复合材料。因此,笔者根据无机纳米立方晶体材料CaSnO₃易于合成、高度的耐酸耐碱性、优异的热稳定性,以及其作为二次锂离子电池的负极材料、在恒定电流充放电实验中具有较高的可逆容量等特点^[9],采用等离子体增强化学气相沉积仪(PECVD)制备了PPy/CaSnO₃复合材料,研究了其基本性能。

1 实验部分

1.1 原料及试剂

结晶四氯化锡(SnCl₄·5H₂O):分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

无水氯化钙(CaCl₂):分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;

氢氧化钠(NaOH):分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;

无水乙醇(C₂H₅OH):分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;

盐酸(HCl):分析纯,开封市芳晶化学试剂有限公司;

吡咯(C₄H₅N):分析纯,美国Aladdin Chemistry公司;

FeCl₃·6H₂O:分析纯,天津市天大化学试剂厂;
去离子水:电阻率大于18.2 MΩ·cm,自制。

1.2 仪器及设备

PECVD:HQ-2型,中国科学院微电子研究所;

^{*} 国家自然科学基金项目(20704039)、河南省高校科技创新人才支持计划项目(2010HASTIT023)、河南省国际科技合作计划项目(094300510078)

电池测试仪:CT-30088型,深圳新威尔电子有限公司;

手套箱:ZKY-2型,南京九门自控仪器厂;

傅里叶转换红外光谱 (FTIR) 仪: TENSOR27型,德国 Bruker 仪器公司;

X射线衍射 (XRD) 仪: Bruker D8型,德国 Bruker 仪器公司;

场发射扫描电子显微镜 (FE-SEM): JSM-6490型,日本电子株式会社;

热重分析仪: ZRY-1型,上海精密科学仪器天平仪器厂。

1.3 试样制备

(1) CaSnO_3 的软化学合成^[10]

室温下,将一定浓度的 SnCl_4 溶液 (0.1~0.4 mol/L) 加入一定量、相等浓度的 CaCl_2 溶液中混合均匀,并且 CaCl_2 溶液过量 10%, 向此混合溶液中缓慢滴加一定量的 NaOH 溶液 (1.0~4.0 mol/L) 至微碱性。继续搅拌 2 h, 静置 24 h, 减压抽滤, 将沉淀物经去离子水洗涤 10 次后于 80℃ 真空干燥 24 h, 得到白色粉末状 CaSnO_3 前驱体。在马弗炉中以 3℃/min 的升温速率升温至 700℃, 恒温烧结 5 h 后得到 CaSnO_3 。

(2) $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 复合材料的合成

将上述制得的 CaSnO_3 用无水乙醇进行超声振荡、表面修饰后, 均匀涂布于硅片表面, 置于 PECVD 中反应腔室的接地电极的台基上。PECVD 直径 18 cm 的电极相距 6 cm, 辉光放电频率为 13.56 MHz。当内腔室真空度达到 1.0×10^{-2} Pa 时, 先用氩气等离子体对样品表面活化 5 min, 接着以氩气为载体, 把吡咯输入内腔室, 并维持内腔室压力为 2.3×10^{-2} Pa, 辉光放电 20 min。为防止 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 复合材料的表面被空气中的氧气在高温下氧化, 10 min 后再取出样品。

1.4 性能测试

电池的装配及充放电测试: 分别以合成的 CaSnO_3 和 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 复合材料为活性物质, 将活性物质、导电剂乙炔黑 (SP)、粘结剂聚偏二氟乙烯 (PVDF) 按质量比 72:20:8 在溶剂 *N*-甲基吡咯烷酮 (NMP) 中混合均匀成浆料, 然后将其均匀涂布在集流体铜箔上, 制成研究电极。以金属锂 (99.9%) 为负极、1 mol/L 的 LiPF_6 的 EC+DEC+EMC (体积比为 1:1:1) 溶液为电解液, 在氩气氛的手套箱中装配成 2016 型双极扣式电池。装配好的电池于室温条

件下贮存 80 d 后, 在电池测试仪上进行恒流充放电测试, 其中恒流充放电倍率为 0.2 C, 充电限制电压为 1.5 V, 放电终止电压为 0.01 V。

FTIR 分析: 分辨率 $0.5 \sim 1 \text{ cm}^{-1}$, 扫描光谱范围 $4000 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$, KBr 压片。

XRD 分析: $\text{Cu K}\alpha$ 射线作为辐射源, KBr 为滤波片, 波长 $\lambda = 0.15418 \text{ nm}$, 管电压 40 kV, 管电流 20 mA, 扫描范围 $5 \sim 90^\circ$, 步长 $0.04^\circ/\text{s}$, 扫描速度 $4^\circ/\text{min}$ 。

SEM 分析: 分辨率 3 nm, 加速电压 0.3~30 kV, 放大倍数 5~300 000。

2 结果与讨论

2.1 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 和 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 的化学结构分析

图 1 为 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 和 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 复合材料的 FTIR 谱图。由图 1 可以看出, 在 PPy 的谱图中, 3397 cm^{-1} 处为 N—H 伸缩振动峰, 1625 cm^{-1} 处为 N—H 的面内弯曲振动吸收峰, 1427 cm^{-1} 处是吡咯环中 C=C 伸缩振动吸收峰。而 1381.46 、 1091.48 、 1050.10 、 878.73 、 742.36 cm^{-1} 等处也符合吡咯环的特征, 2928 cm^{-1} 处为 CH_3 、 CH_2 等的 C—H 键的伸缩振动吸收峰, 2359 、 22169 cm^{-1} 处为 C=C、C=N 键的伸缩振动吸收峰, 表明在 PECVD 中, 吡咯单体在辉光放电的作用下合成的 PPy 中形成了 C=C、C=N 等新类型的化学键和 CH_3 、 CH_2 等新的基团; 这是辉光放电条件下形成等离子体之后, 再反应生成高分子聚合物的特点。在 CaSnO_3 的谱图中, 3421 、 1495 、 647 cm^{-1} 处出现明显的吸收峰。根据文献^[11]报道, 3421 、 1495 cm^{-1} 两个吸收峰应该是样品 CaSnO_3 吸附的水的吸收峰, 因为碱土金属的锡酸盐在空气中极易吸收水分子; 647 cm^{-1} 处的吸收峰应该是 CaSnO_3 中的 Sn—O 键的振动吸收峰。在 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 的谱图中, 651 cm^{-1} 处对应 CaSnO_3 中 Sn—O 键的振动吸收峰, 1631 、 3425 cm^{-1} 处为等离子体 PPy 中的 N—H 键的振动吸收

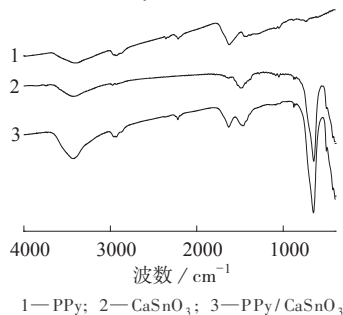


图1 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 和 $\text{PPy}/\text{CaSnO}_3$ 复合材料的 FTIR 谱图

峰, 1487 cm^{-1} 处的吸收峰对应于 CaSnO_3 吸附的水分; 1089 、 877 、 858 cm^{-1} 等处的吸收峰属于吡咯环的特征吸收峰, 而 2959 、 2933 、 2219 cm^{-1} 处分别对应于 PPy 的 CH_3 、 CH_2 基团中的 C-H 键以及 $\text{C}=\text{C}$ 、 $\text{C}=\text{N}$ 键的振动吸收峰。

从 PPy 到 PPy/ CaSnO_3 , N-H 键的伸缩振动吸收峰的强度有所增强, PPy/ CaSnO_3 中 N-H 键的伸缩振动吸收峰发生蓝移、弯曲振动吸收峰发生红移; PPy/ CaSnO_3 中吡咯环的一些特征峰, 如 1089 、 877 、 858 cm^{-1} 等也发生了一定程度的红移。这主要是由于 CaSnO_3 纳米立方晶体的小尺寸效应和量子尺寸效应导致的。在吡咯与 CaSnO_3 纳米立方晶体的复合过程中, 它们之间有化学键的结合, 会影响与之结合的原子的振动频率, 而 PPy 具有一种全共轭的分子结构, 这种影响会随着大 π 键而影响整个分子链的振动频率, 导致蓝移或红移。这些现象表明 PPy 并不是对 CaSnO_3 纳米立方晶体的简单物理包覆, 而是发生了一定的物理和化学相互作用。

2.2 晶体结构和几何尺寸分析

图 2 为 PPy、 CaSnO_3 、PPy/ CaSnO_3 的 XRD 谱图。PPy 只是在 10° 处有一个比较宽的峰, 可以说明 PPy 是一种非晶体粉末。 CaSnO_3 立方晶体的 XRD 谱图与 31-312 号 JCPDS 卡片相符合。对于 PPy/ CaSnO_3 复合材料, 2θ 值为 22.52° 、 32.03° 、 45.97° 、 51.84° 、 57.71° 、 67.14° 处的衍射峰分别对应 (002)、

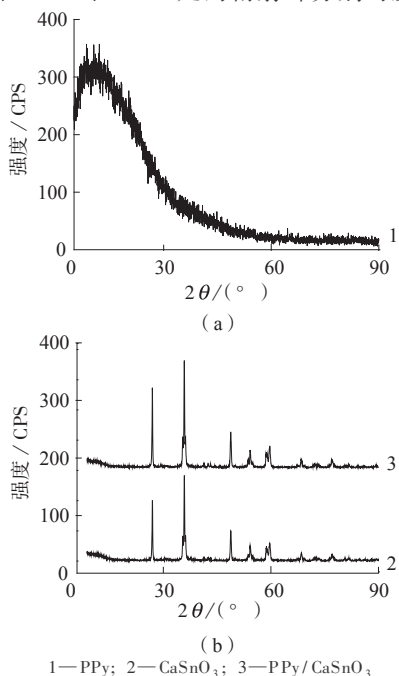


图 2 PPy、 CaSnO_3 及 PPy/ CaSnO_3 的 XRD 谱图

(112)、(004)、(114)、(312)、(224) 衍射面。与 31-312 号 JCPDS 卡片相比较, 峰的横坐标位置相同, 区别之处在于 PPy/ CaSnO_3 复合材料的几个主要峰的强度比较大。在 PECVD 的条件下, 吡咯在 CaSnO_3 立方晶体的表面发生聚合, 没有改变 CaSnO_3 立方晶体的几何结构, 只是增大了其几何尺寸, 也就是使 CaSnO_3 立方晶体的某些晶面增大。

笔者合成的 CaSnO_3 样品为立方晶体, 粒径在 $500 \sim 1000\text{ nm}$, 分布均匀。图 3 为 CaSnO_3 和 PPy/ CaSnO_3 复合材料的 SEM 照片。如上述 XRD 分析, 复合材料的几何结构未有变化, 只是在尺寸上有所增大。而且在 PECVD 的内腔室中的不同位置上, CaSnO_3 晶体上聚合得到的 PPy 膜的厚度存在差别, 从而导致照片上 PPy/ CaSnO_3 复合材料晶体的大小有了一些差距。

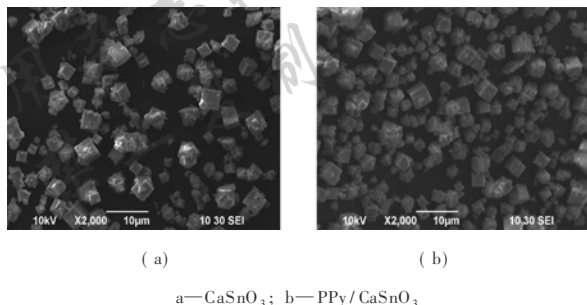


图 3 CaSnO_3 和 PPy/ CaSnO_3 复合材料的 SEM 照片

2.3 热稳定性分析

一般情况下, 无机-有机纳米/微米复合材料可以提高聚合物的热稳定性^[12]。图 4 为 CaSnO_3 、PPy 和 PPy/ CaSnO_3 的 TG 曲线。由图 4 可看出, CaSnO_3 具有良好的热稳定性, 在温度高达 500°C 之上时不存在明显的失重现象。在温度低于 60°C 时, PPy 受热失去其吸附的空气中的水分; 温度在 $60 \sim 380^\circ\text{C}$ 时, PPy 的 TG 曲线呈上凸形, 趋势较缓; 而温度在 $380 \sim 500^\circ\text{C}$ 时, 曲线呈上凹形, 失重很快; 高于 500°C 以后, PPy 的热失重趋于平缓。此情形类似于文献^[13]的结论。而对于 PPy/ CaSnO_3 , 在 $380 \sim 780^\circ\text{C}$ 范围内呈缓慢失重, 而在 $780 \sim 880^\circ\text{C}$ 区间内复合材料于 N_2 中迅速降解。PPy/ CaSnO_3 复合材料的热稳定性远远高于 PPy 的热稳定性。这也可以说明, 在 PECVD 中合成的 PPy/ CaSnO_3 复合材料并非 PPy 对 CaSnO_3 的物理掺杂或简单的物理包覆, 而是在形成等离子体复合材料的过程中, 无机微米/纳米材料与有机聚合物之间发生了一定程度上的物理化学作用, 形成了新的化学键。

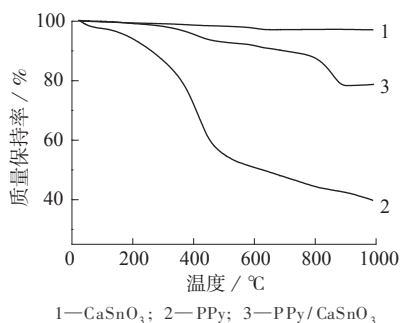


图4 CaSnO_3 、PPy、PPy/ CaSnO_3 在 N_2 中的 TG 曲线

2.4 电池充放电实验

图5为 CaSnO_3 和 PPy/ CaSnO_3 复合材料分别装配成电池的充放电曲线图。在相同条件下,这两种材料具有基本相同的充电平台和放电平台;而用 PPy/ CaSnO_3 复合材料作锂离子电池的正极时,其充电容量和放电容量均比 CaSnO_3 的高出一倍多。文献[9]分析了 CaSnO_3 作为锂离子电池正极材料的充放电机理。化学氧化法合成的 PPy 制成锂离子电池的正极材料,其充放电机理可见文献[1],因为含有掺杂离子,其充放电机理与笔者在 PECVD 条件下合成的等离子体 PPy 存在区别。

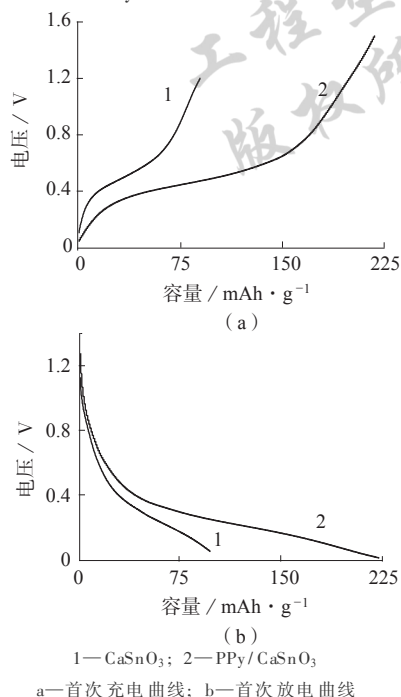


图5 CaSnO_3 和 PPy/ CaSnO_3 复合材料的首次充电及放电曲线

在锂离子电池的充放电过程中,发生了如下的化学反应^[14]:



由于锂离子(Li^+)的嵌入和脱出,引起 CaSnO_3

中锡元素在游离态与化合态之间的转变,造成 CaSnO_3 晶体容易发生塌陷,缩短了电池的使用寿命。PPy/ CaSnO_3 复合材料在电池充放电过程中,PPy 一方面可以对 CaSnO_3 晶体起到支撑保护作用;另一方面,电解质溶液中的阴离子和阳离子在 PPy 膜中有一个扩散过程,此过程也有助于增大电池的充放电容量。

3 结论

通过等离子体改性法对无机纳米晶体 CaSnO_3 进行表面改性,发现在 PPy/ CaSnO_3 复合材料中, CaSnO_3 与 PPy 之间并非只是物理包覆,两者之间还发生了一定程度的化学键合; CaSnO_3 立方晶体在复合材料中仍然保持其晶体结构,控制较薄的 PPy 膜层厚度, CaSnO_3 仍可显现其完好的晶体外形;由于 CaSnO_3 的作用,PPy/ CaSnO_3 复合材料的热稳定性远远好于 PPy;在充放电实验中,PPy/ CaSnO_3 复合材料的充放电容量比 CaSnO_3 提高一倍多。

参考文献

- [1] Wang J, Wang C Y, Too C O, et al. Highly-flexible fibre battery incorporating polypyrrole cathode and carbon nanotubes anode[J]. Power Sources, 2006, 161: 1458 - 1462.
- [2] 张治红,梁燕,闫福丰,等.无标记 DNA 在氨基改性导电聚吡咯表面的固定/杂交[J].化学学报,2010,68: 833 - 838.
- [3] 郭洪范,朱红,林海燕,等.聚吡咯- Fe_3O_4 纳米复合材料的制备与表征及性能[J].北京交通大学学报,2007,31: 38 - 41.
- [4] 贺捷,齐暑华,段国晨,等.聚吡咯/纳米石墨微片复合材料的研究进展[J].中国塑料,2009,23(12): 12 - 17.
- [5] Jong H P, Jang M K, Park O O, et al. Capacitance properties of graphite/polypyrrole composite electrode prepared by chemical polymerization of pyrrole on graphite fiber[J]. Power Sources, 2002, 105: 20 - 25.
- [6] 王立新,张福强,姜云鹏,等.PPy/ SiO_2 纳米复合材料导电机理的研究[J].功能材料,1999,30(3): 302 - 303.
- [7] 陈爱华,王海桥,赵彬,等. Fe_3O_4 /聚吡咯复合材料的制备及表征[J].复合材料学报,2004(2): 157 - 160.
- [8] 李良超,郝斌,向晨,等.聚吡咯/Gd-掺杂铜锌铁氧体复合物的制备及电/磁性能[J].化学学报,2010,68: 583 - 589.
- [9] Zhao S, Bai Y, Zhang W F. Electrochemical performance of flow-erlike CaSnO_3 as high capacity anode material for lithium-ion batteries[J]. Electrochimica Acta, 2010, 55: 3891 - 3896.
- [10] 蒋剑波,熊利芝,何则强. CaSnO_3 的软化学制备与表征[J].实验室研究与探索,2006,25: 1350 - 1351.
- [11] Hiratsuka R S, Pulcinelli S H, Santilli C V. Formation of SnO_2 gels from dispersed sol in aqueous colloidal solutions[J]. Non-Crystalline Solids, 1990, 121: 76 - 83.
- [12] Yuan L, Wang J, Chew S Y. Synthesis and characterization of SnO_2 polypyrrole composite for lithium-ion battery[J]. Power

Sources, 2007, 174: 1183 – 1187.

[13] Cruz G J, Morales J, Olayo R. Films obtained by plasma poly-
merization of pyrrole[J] . Thin Solid Films, 1999, 342: 119 –
126.

[14] Shama N, Shaju K M, Subba Rao G V, et al. Sol gel derived
nano-crystalline CaSnO₃ as high capacity anode material for Li-
ion batteries[J] . Electrochemistry Communications, 2002 (4) :
947 – 952.

PREPARATION AND APPLICATION OF PPY/CaSnO₃ Li-ION BATTERY ANODE MATERIALS

Zhang Zhihong, Li Yanshan, Yan Fufeng, Peng Donglai, Li Chao

(Henan Provincial Key Laboratory of Surface & Interface Science, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT The CaSnO₃ cubic crystal prepared using a soft chemistry method was modified by the glue discharge of pyrrole va-
por in the plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD) to form the composite of polypyrrole(PPY) /CaSnO₃. The chemical
structure of PPY/CaSnO₃ was characterized by Fourier transform infrared spectroscopy. The lattice structure and geometric shape of
CaSnO₃ before and after being modified were investigated by X – ray diffraction spectroscopy and scanning electron microscope, respec-
tively. Moreover, thermal gravity analyzer was used to analyze the thermo – stability of PPY/CaSnO₃. Based on these investigations,
CaSnO₃ and PPY/CaSnO₃ were applied simultaneously as the battery anode material to prepare the bipolar button cell. Charge – dis-
charge test showed that the capacity of the battery assembled with PPY/CaSnO₃ composite was 100 percent higher than that of the batter-
y assembled with CaSnO₃.

KEYWORDS polypyrrole, CaSnO₃, plasma polymerization, charge and discharge capacity

卡博特在华新建色母料工厂

卡博特公司在天津的生产基地动工新建一座色母料工
厂。这座投资 2000 万美元的色母料工厂将与该厂现有的炭
黑生产业务完全整合。新厂年产能约为 45000 t,最大可扩
能至 8 万 t,在 2011 年中期投产后将成为世界首座完全整合
的黑色色母料生产厂。

卡博特公司高性能业务副总裁兼总经理 Sean Keohane
认为,中国和整个亚太地区对色母料的需求正在快速增长。
天津色母料新厂将向各类市场供应产品,包括管道和线缆等
重要的基础设施应用以及快速发展的汽车市场。

卡博特公司还在比利时、意大利、香港和迪拜建有黑色
色母料工厂。

(塑料新闻)

中国复材致力打造百亿级复合材料企业

中国建材集团旗下的中国复合材料集团有限公司在京
宣布,5 年间其资产总额增长 5.6 倍,营业收入增长 9 倍,利
润总额增长 11 倍,实现了“十一五”规划预定目标。“十二
五”期间,该公司将在中国建材资本运营、联合重组、集成创
新的特色发展战略统领下,打造百亿级复合材料企业。

作为中国民用复合材料领军企业,中国复材的风机叶
片、碳纤维、优质塑胶地板、玻纤薄毡制品、船艇及风力发电
机组机舱罩等项目建设全面铺开,渐入佳境:国内外五大基
地建设基本完成,兆瓦级风力叶片年总产能 1 万片,产量和
装机量位居全国第一;从 1.5 MW 到 5 MW 等每个系列的国
内首创叶片产品均出自中国复材。T300 以上碳纤维系列产
品规模化生产能力(原丝及碳丝)达 5000 t,成为全国最大供
应商,工艺、生产设备和产品实现了真正意义的国产化;6K
×T800 原丝已形成批量生产,碳化后产品强度达 5.0 GPa;
国内目前处于实验室水平的 T700 干喷湿纺核心技术已有重大
突破。高压管道产品中标核电项目和全球最大海水淡化

项目;创造全球单台容积最大玻璃钢贮罐新纪录;在国内玻
璃钢造船界首次应用真空树脂导入成型先进工艺技术,自主
创新成功建造 34.46 m 渔政船体。

(范)

国内首套 1.5 MW 垂直轴风力发电叶片下线

国内首套 1.5 MW 垂直轴风力发电叶片于近日在嵩明
杨林工业园区下线。

该产品由昆明理工峰潮与云南魅力欧亚两个校企科技
公司自主研发生产,将启运汉唐公司所属烟台风场运行发
电。昆明理工峰潮科技有限公司自主研发了 π 型结构蜂窝
板、蜂窝板组装式风力机叶片、多 C 型风电叶片和垂直轴式
叶轮等。

用 π 型蜂窝板技术生产的风机叶片具有轻质高强度高
刚度特点,质量仅为相同尺寸玻璃钢叶片的 1/3 左右,制造
成本约为 1/2。叶片质量减轻不仅可提升风力发电机组的
发电容量,也大幅降低叶片悬臂、支撑塔筒质量及整机制造
成本,全铝结构的蜂窝板式叶片还可循环回收利用。企业设
计的 C 翼型叶片,兼具升力和阻力复合驱动,使风能转换率
高,任意风向均可工作。

(中聚)

九江玻纤及复合材料基地晋级国家队

江西省九江玻璃纤维及复合材料高新技术产业化基地
日前晋升为国家级高新技术产业化基地,实现了九江市国家
级高新技术产业化基地“零”的突破。

九江是我国中部地区最大的玻纤集聚地,玻纤产品在
全国占有的市场份额及产业规模不断提升。目前,九江市从
事玻纤加工并具有一定加工规模的企业达 40 余家,总资产 110
亿元。其中玻纤拉丝企业 20 余家,玻纤复合材料及制品企
业 20 余家,巨石集团九江公司、长江玻璃纤维有限公司、江
西长江化工有限责任公司等 7 家龙头企业通过 ISO9001 :
2000 国际质量管理体系认证。

(中聚网)