

2016年

碳材料市场研究报告

简版

FREE

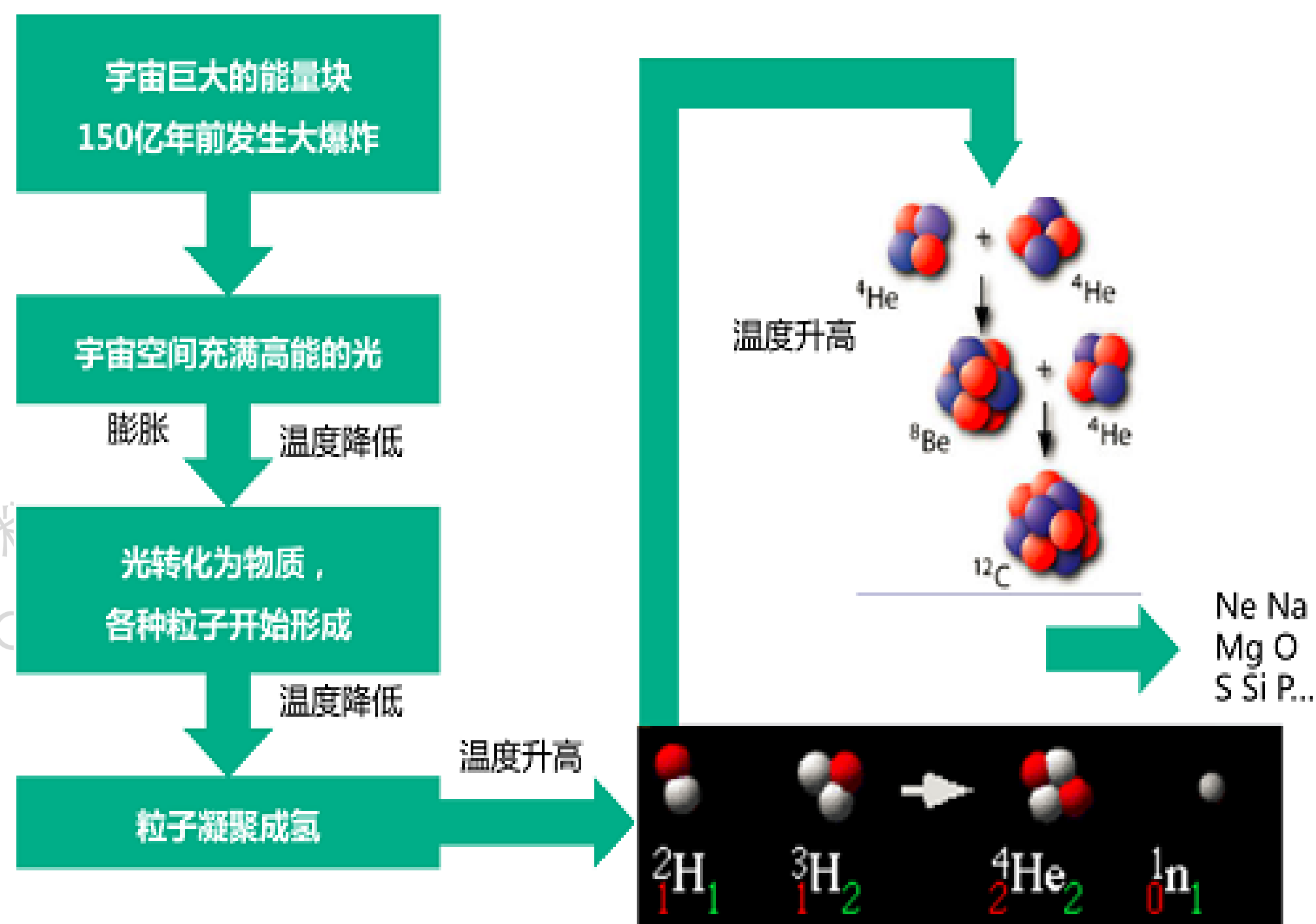
碳材料定义及起源

◆ 碳材料定义

碳材料是主要以煤、石油或它们的加工产物等有机物质作为主要原料经过一系列加工处理过程得到的一种非金属材料，其主要成分是碳。金刚石、石墨、呔宾、石墨烯、碳纳米管、炭/炭复合材料都属于碳材料。

碳材料在某种意义上可以认为是一种高级耐火材料，它在3000°C以上也不会融化，在常压在，没有熔点，只有在3500°C以上升华，作为耐火材料是其它材料无法比拟的，但它的致命弱点在于易氧化。

◆ 碳材料来源



碳材料的各种综合性能十分优良，它有金属和陶瓷的性能，能起到单一的金属，陶瓷起不到的作用。

- ◆ **良好的导电导热性能：**碳可以认为是共价半导体和金属的中间物——半金属，导电，导热性能好，同时膨胀系数低，既可作为金属也可作为陶瓷使用。
- ◆ **润滑性：**c轴方向的层间的结合力很弱，稍受力就能使石墨层间产生移动，作为抗磨材料使用。注意：在有水份的条件下才有此功能。
- ◆ **高的抗热震性：**熔点高。热膨胀系数低，热导率高，温度梯度小，同事强度随温度增加而增加，20Mpa-40Mpa。
- ◆ **化学稳定性：**在非氧化性气氛下是化学惰性，可作为耐腐蚀材料。
- ◆ **良好的核物理性能：**作为核反应堆材料

碳材料的发展历程



碳材料的发展历程

碳材料分类及应用

◆ 第一代炭材料（5千-1万年前）——木炭

木炭（charcoal）是木材或木质原料经过不完全燃烧，或者在隔绝空气的条件下热解，所残留的深褐色或黑色多孔固体燃料。利用炭的化学性质，作燃料和还原剂炼铜和炼铁。

应用领域：燃料、炼钢、炼铁。

◆ 第二代炭材料（十九世纪）

1、**烧结型利用炭的物理性质**（导电、耐热、耐腐蚀、耐摩擦等），用于炭砖、炼钢、炼铝等（电极、电刷、各种机械、化工用炭、原子反应堆用炭等）。

应用领域：炭砖、炼钢、炼铝等

2、**炭黑、炭材料（人造石墨）**

应用领域：墨的原料、橡胶工业的轮胎、塑料、化妆品等

◆ 第三代炭材料（第二次世界大战后）

1、**金刚石**

性能：高热传导率，低热膨胀系数，低摩擦系数，高硬度，在可见光和红外光下高透明性，高折射系数，化学和放射性惰性。

应用领域：珠宝首饰、切割工具、研磨料、不利环境中的热探头、放射性检测仪、压力传感器、荧光显增器、光学窗、微型机械元件，以及高密度、高能量电子元件等

2、线型碳（卡宾）

性能：高热力学稳定性、生物体的高亲和性等

应用领域：常温超导材料、外科手术的缝合线及动物硬组织材料、隐型眼镜外框、合成金刚石。

3、碳纤维

性能：与钛、钢、铝等金属材料相比，碳纤维强度大、模量高、密度低、线膨胀系数小；

应用领域：航天、航空、汽车、电子、机械、化工、轻纺、运动器材和休闲用品。

4、活性炭纤维

性能：比表面积大、吸附性能好

应用领域：环保、储能材料、隐身材料、核防护材料、催化剂载体、生理除味保健、防毒防化、血液净化、人工肝脏和肾脏、水果储存保鲜、除臭除湿、高能电极及双层电容。

5、玻璃炭

性能：耐3000°C的高温，低密度，高透气性，高耐酸碱性以及优良的生物相容性

应用领域：实验室分析器皿、化学分析电极、温度计的保护管、电池电极隔板、半导体器件。

6、金刚石薄膜

性能：透光、发光性，硬度高、耐磨、高膜量，光交换性；

应用领域：高温晶体管、激光器件、绝缘材料等

7、石墨层间化合物（可膨胀石墨）

性能：轻、高导电性、电化学性，反应性等；

应用领域：高导电材料、电池活性物质、催化剂等

8、气相生长碳纤维

性能：极细、比表面积大、中空、结晶性好

应用领域：增强材料、催化材料、导电材料等

9、中间相沥青基碳纤维

性能：原料便宜、碳收率高、易制得超高模型碳纤维

应用领域：航天、航空及高级运动器材；民用工业领域的隔热材料、磨耗制动材料、耐腐蚀材料、导电和屏蔽材料、音响材料；建筑材料的水泥增强材料

10、碳化硅晶体

性能：化学性能稳定、导热系数高、热膨胀系数小、耐磨性能好

应用领域：磨料、高级耐火材料、脱氧剂、电热元件硅碳棒、半导体、用于水轮机叶轮或汽缸体的内壁的碳化硅粉末涂布

11、炭/炭复合材料

性能：低密度($<2.0\text{g/cm}^3$)、高强度、高比模量、高导热性、低膨胀系数、摩擦性能好，以及抗热冲击性能好、尺寸稳定性高

应用领域：火箭发动机喷管及其喉衬、航天飞机端头帽和机翼前缘的热防护系统、飞机刹车盘等

◆ 第四代炭材料——新型炭材料

1、富勒烯

性能：具有线性和非线性光学特性，碱金属富勒烯超导性等

应用领域：非线性光学器件、光导体、超导材料、护肤品、有机太阳能电池、催化剂、抗癌药物、CVD金刚石膜、高强度碳纤维、高能轰击粒子

2、碳纳米管

性能：高电导率、高热导率、高弹性模量、高抗拉强度等

应用领域：纳米复合材料、新能源，传感器，超级电容器，场发射管

3、石墨烯

性能：非同寻常的导电性能、极低的电阻率极低和极快的电子迁移的速度、超出钢铁数十倍的强度和极好的透光性

应用领域：光电显示、半导体、触摸屏、电子器件、储能电池、显示器、传感器、航天、军工、复合材料、生物医药等领域。

4、碳纳米洋葱

性能：高硬度

应用领域：金属复合镀层、抛光液、润滑油、烧结体、磁性记录系统、医学等。

5、碳包覆纳米金属颗粒

性能：可避免环境对纳米金属材料的影响；可提高某些金属与生物体之间的相容性

应用领域：磁记录材料、锂离子二次电池负极材料、电波屏蔽材料、氧化还原催化剂、核废料处理材料、精细陶瓷材料和抗菌材料。

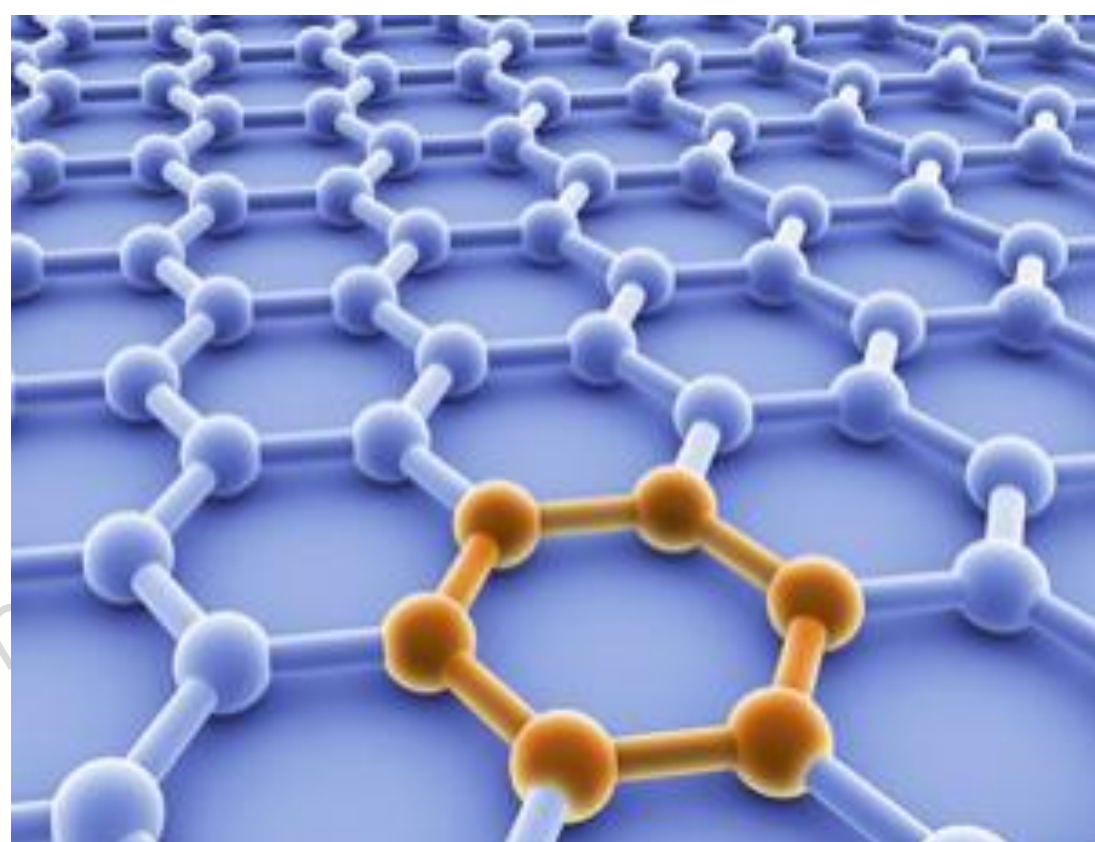
6、碳气凝胶

性能：高弹性、强吸附

应用领域：海水淡化、相变储能保温材料、催化载体、吸音材料以及高效复合材料。

本文涉及先进碳材料

本文将从碳材料家族众多成员中挑选出石墨烯、碳纤维、碳碳复合材料、富勒烯、碳纳米管，分别对这些材料的性能，工艺、应用、市场以及企业进行介绍。



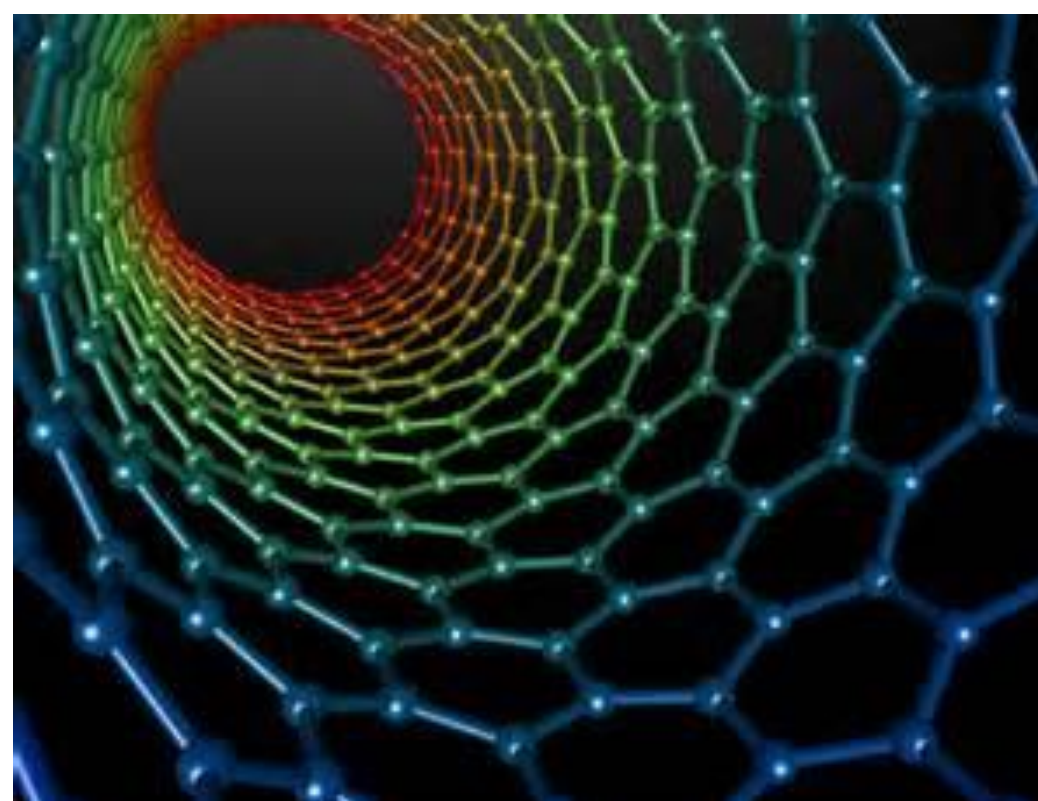
石墨烯（二维）



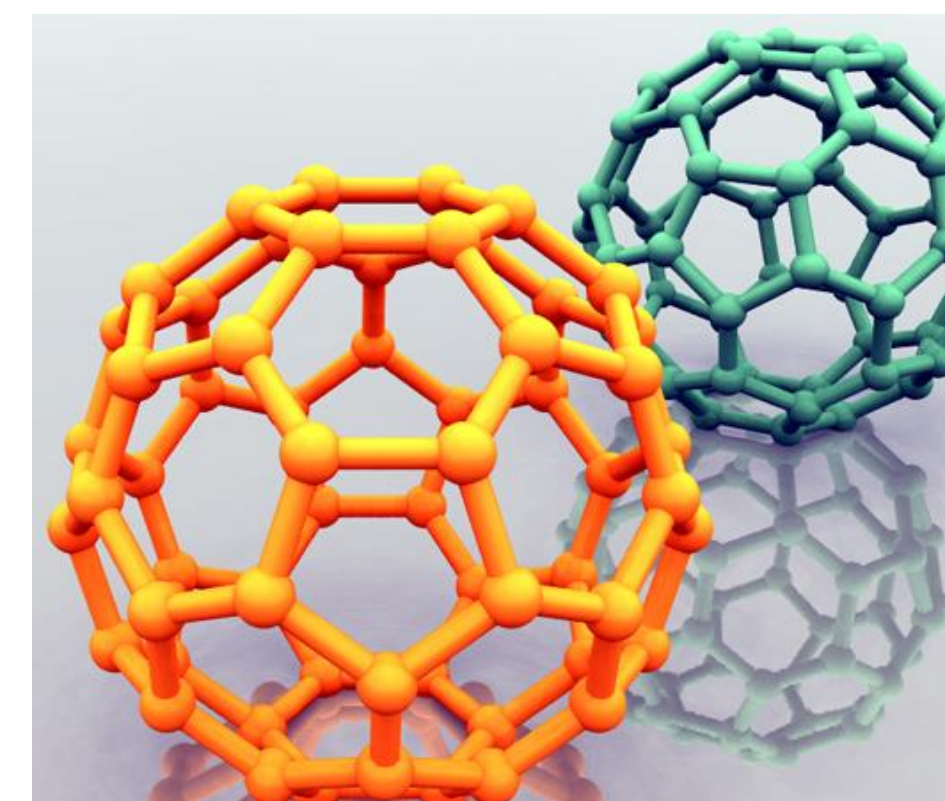
碳纤维



碳碳复合材料



碳纳米管（一维）



富勒烯（三维）

石墨烯市场研究报告

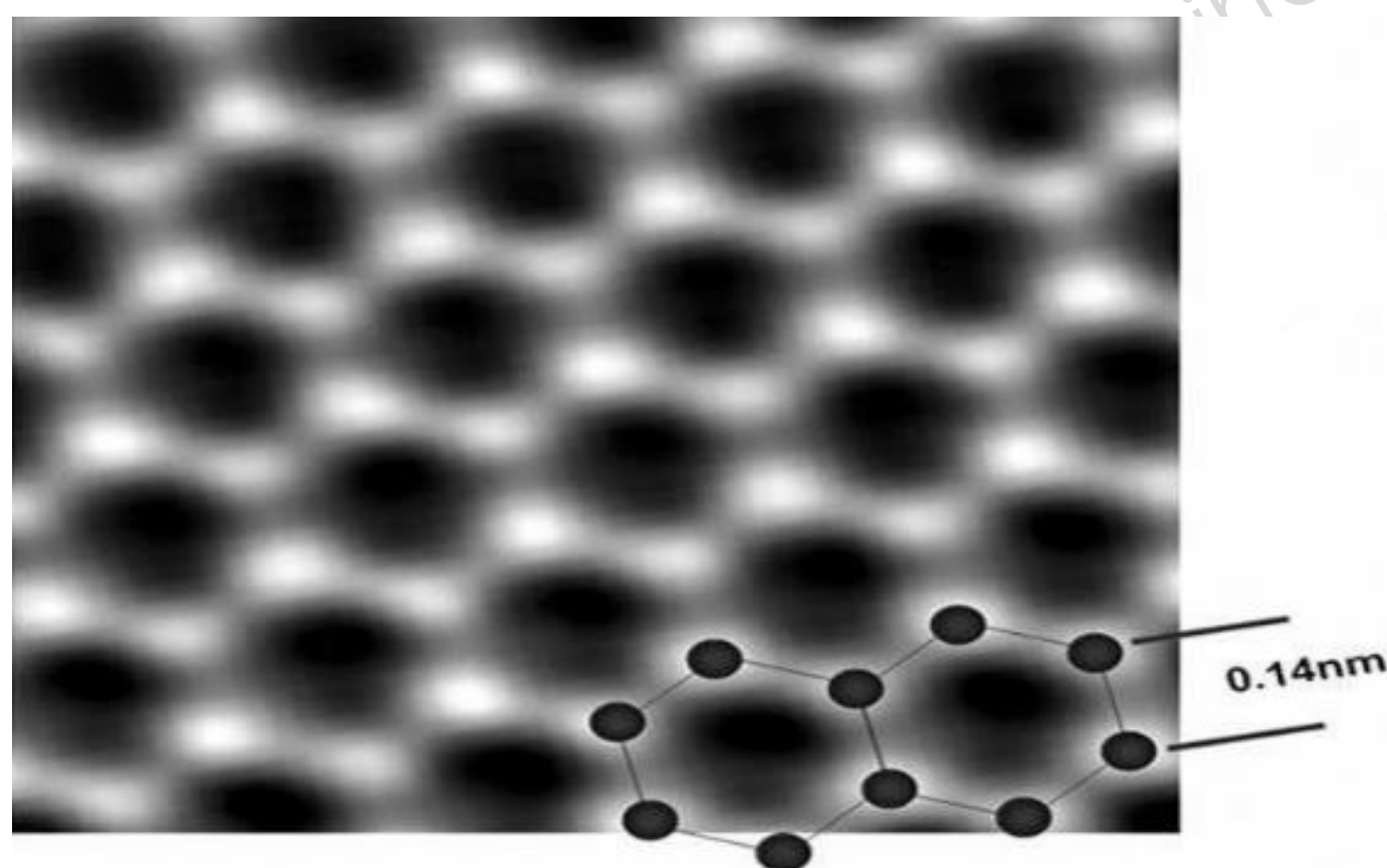
新材料在线©
xincailliao.com

新材料在线©
xincailliao.com

新材料在线©
xincailliao.com

什么是石墨烯?

- ◆ 石墨烯(Graphene)是一种由碳原子构成的单层片状结构的新材料, 碳原子之间相互连接成六角网格。铅笔里用的石墨就相当于无数层石墨烯叠在一起。
- ◆ 2004年, 英国曼彻斯特大学物理学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫, 在实验中成功地从石墨中分离出石墨烯, 因此共同获得2010年诺贝尔物理学奖。



电子显微镜下观测的石墨烯片, 其碳原子间距仅0.14nm



安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫

石墨烯的特性

“最强”性能

最薄最轻

厚0.34nm, 比表面积为2630m²/g

载流子迁移率最高

室温下为20万cm²/Vs, 硅的140倍

电流密度最大

有望达到2亿A/cm² (Cu的100倍)

强度刚度韧性最强

强度约180Gpa, 是普钢钢材100倍

导热率最高

5300W/mK (超过碳纳米管)

独特性质

高性能传感器性能

可检测单个有机分子

类似催化剂功能

制作复合材料可强化其电子运输能力

吸氧功能

低温下具备吸氧功能

无散射运输

常温下实现无散射运输, 用于激光元件

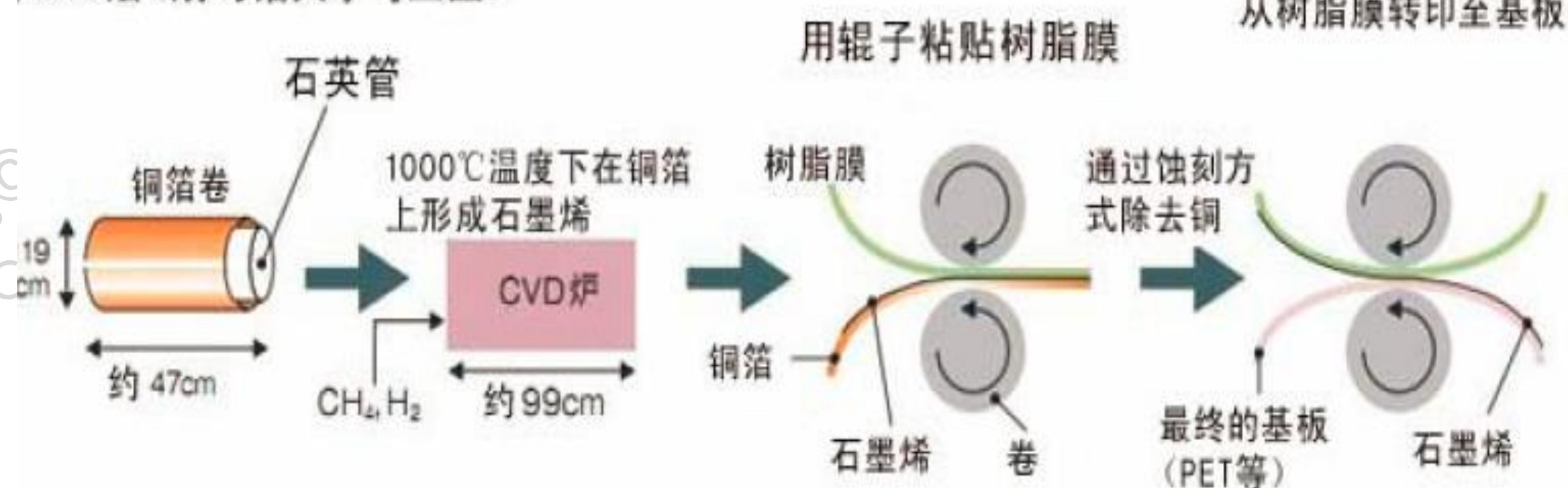
应力传感器功能

变形即可有预知强磁场的电子能量效果

石墨烯的制备

- ◆ 目前主要制备方法有四种：机械剥离法、化学气相沉积法、外延生长法、氧化还原法。其中，**最有可能率先突破产业化瓶颈的是化学气相沉积法（CVD法）。**
- ◆ 石墨烯层数越少，性能越独特，相应的制备难度越大，成本越高。

1) CVD法 (成均馆大学与三星)



来源：国金证券研究所

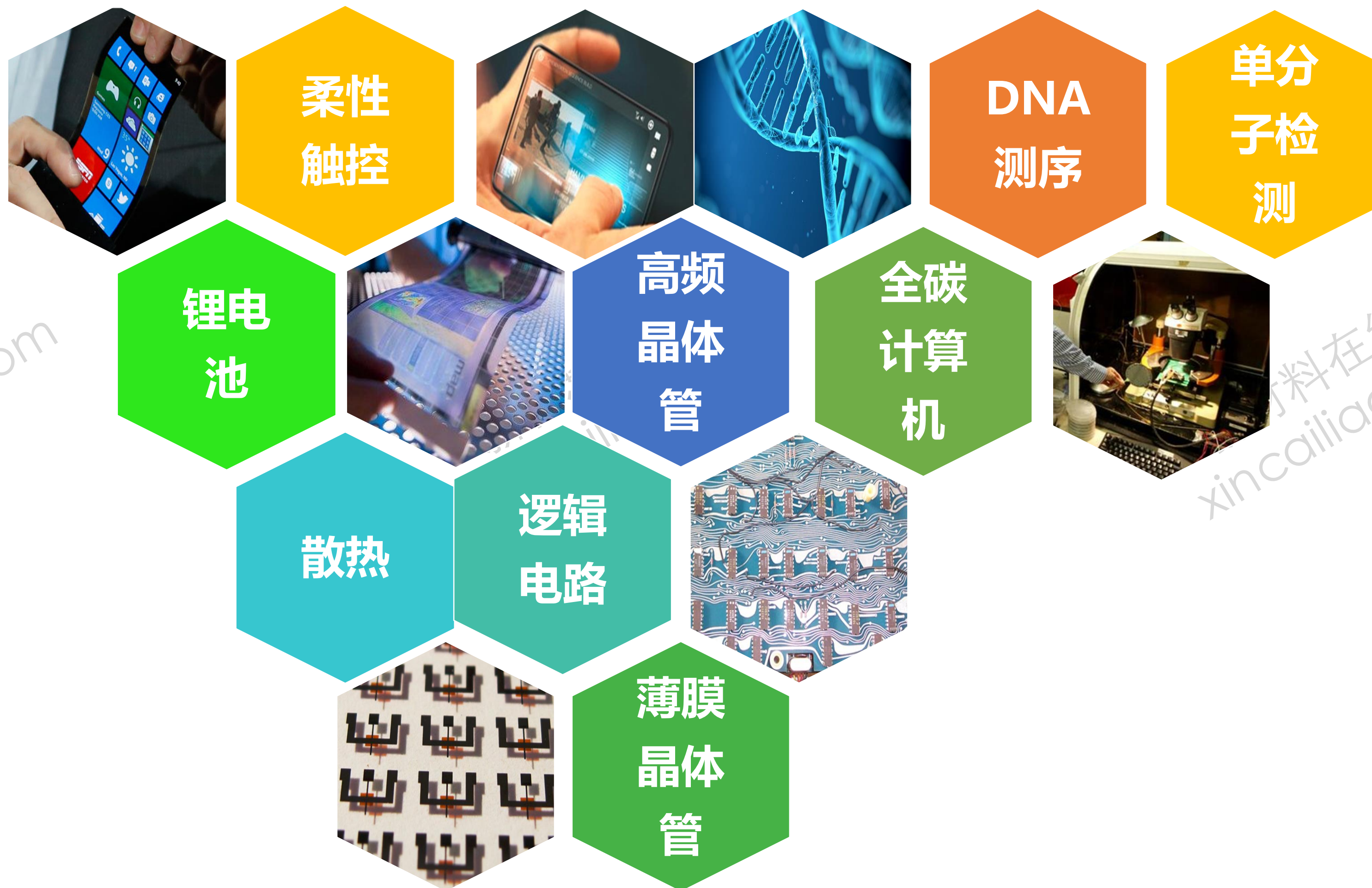
制备方法	产品尺寸	产品质量	制造成本	是否适合产业化
微机械剥离法	中小尺寸	分子结构较为完整	较低	不易形成量产
外延生长法	大尺寸	薄片不易与SiC分离	较高	适合小批量生产
氧化石墨还原法	大尺寸	分子结构较易被破坏	较低	可以大规模生产
CVD法	大尺寸	结构完整，质量较好	较高	可以大规模生产

海外CVD法制备薄膜进展

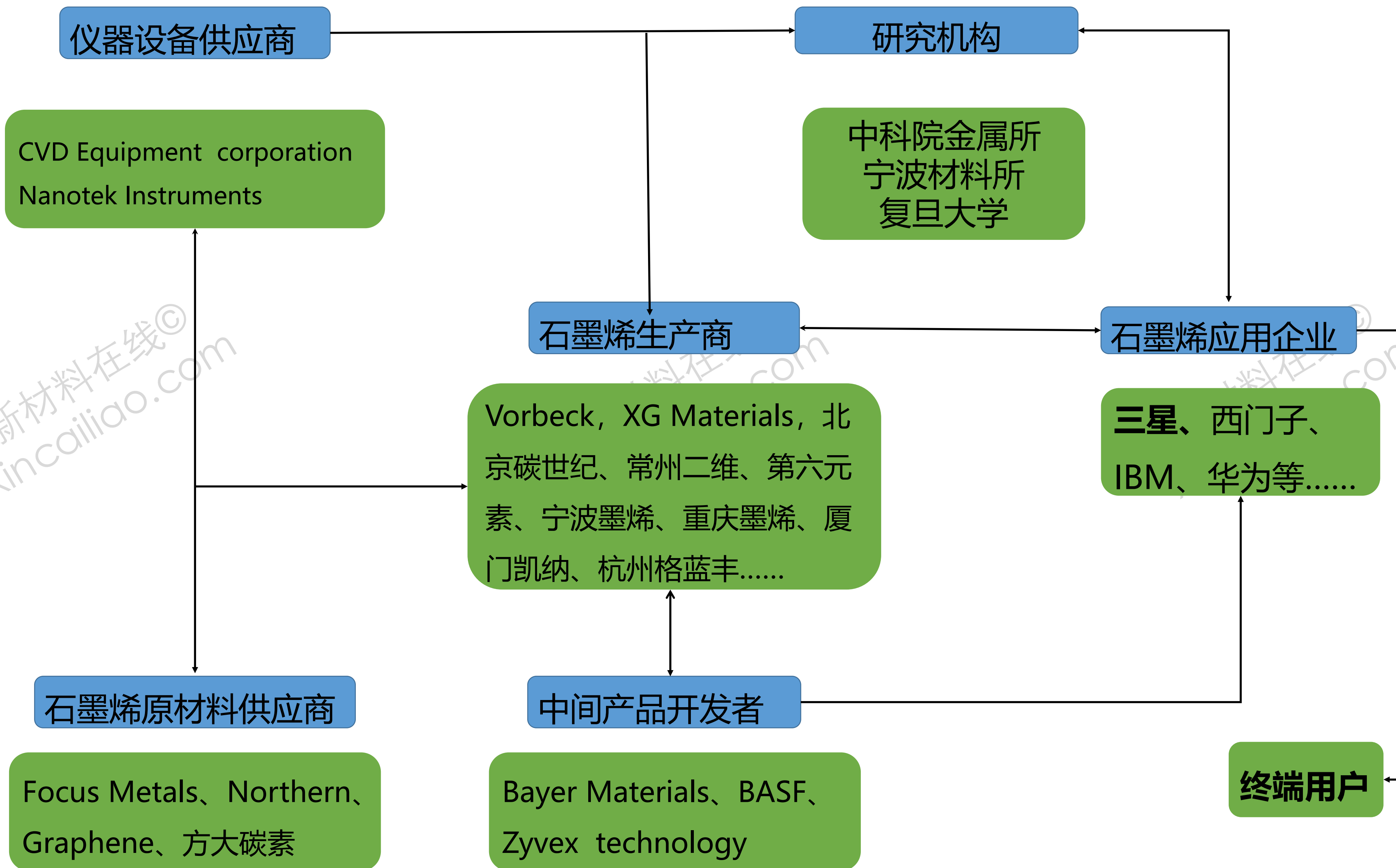
国家	进展
日本	索尼公司制备出120mm x 230mm的大面积石墨烯薄膜，方块电阻低至150Ω/sq
韩国	韩国三星电子在2010年与韩国成均馆大学共同宣布，采用CVD法。制备出30英寸的单层石墨烯薄膜。
美国	美国的Carbom Science 公司与美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校合作，研发了低成本CVD法生产高质量石墨烯的生产工艺。
欧盟	欧盟GRAFOL项目团队研发出一种低成本卷对卷生产设备，可生产工业级大面积石墨烯片。此外，西班牙Graphene公司是该项目的石墨烯制造商。
英国	牛津大学的研究人员发明了快速生成石墨烯晶体方法。研究团队可在15min内，生成尺寸约为2-3mm的较大石墨烯晶体。

来源：申万宏源研究

石墨烯的应用



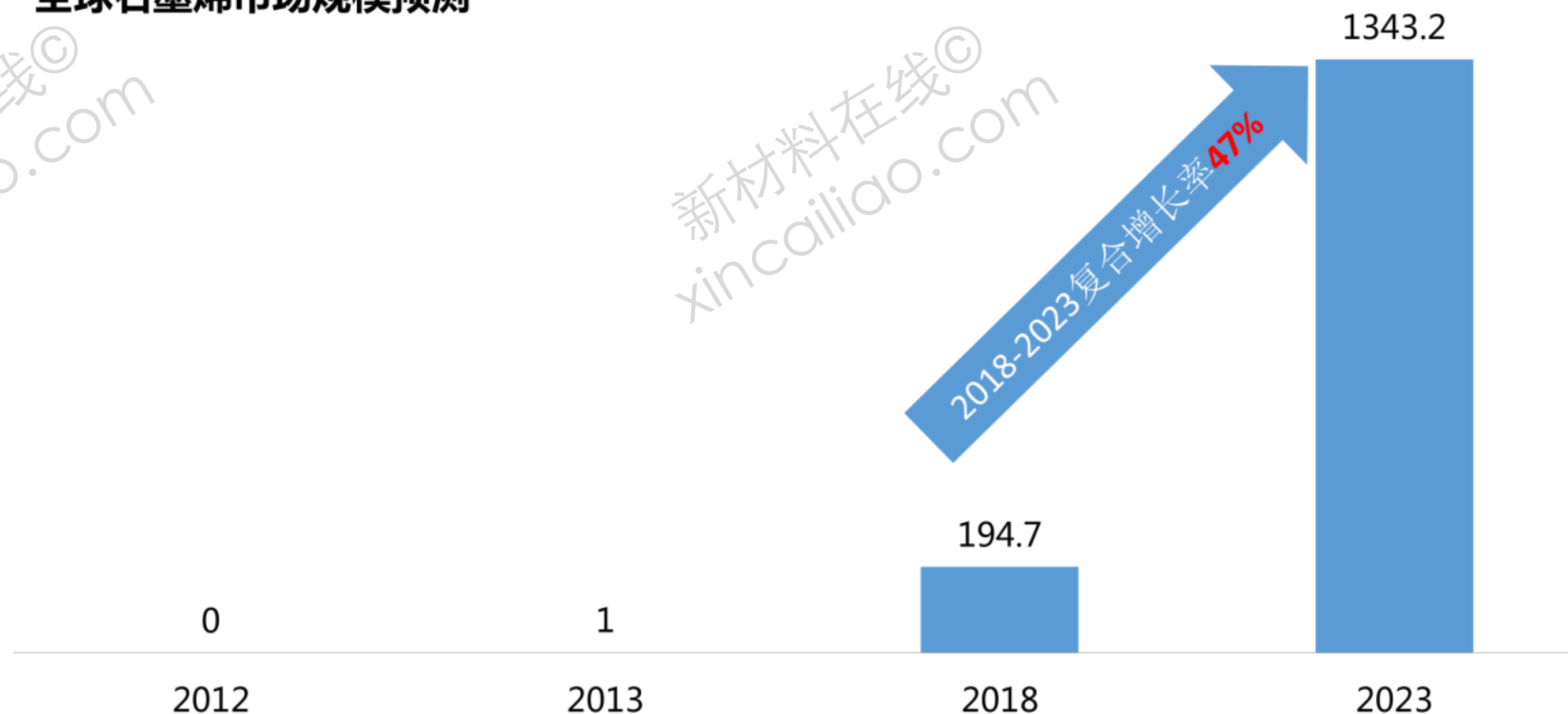
石墨烯的产业链



全球石墨烯市场状况分析

- ◆ 石墨烯技术的商业市场在2012年至2013年实际上是零。预计第一个石墨烯产品的商业上重要的销售将出现在2013年到2018年这段时间，到2018年可能高达1.95亿美元。
- ◆ 石墨烯市场在2018年后应该加速发展，在2023年超过13亿美元。

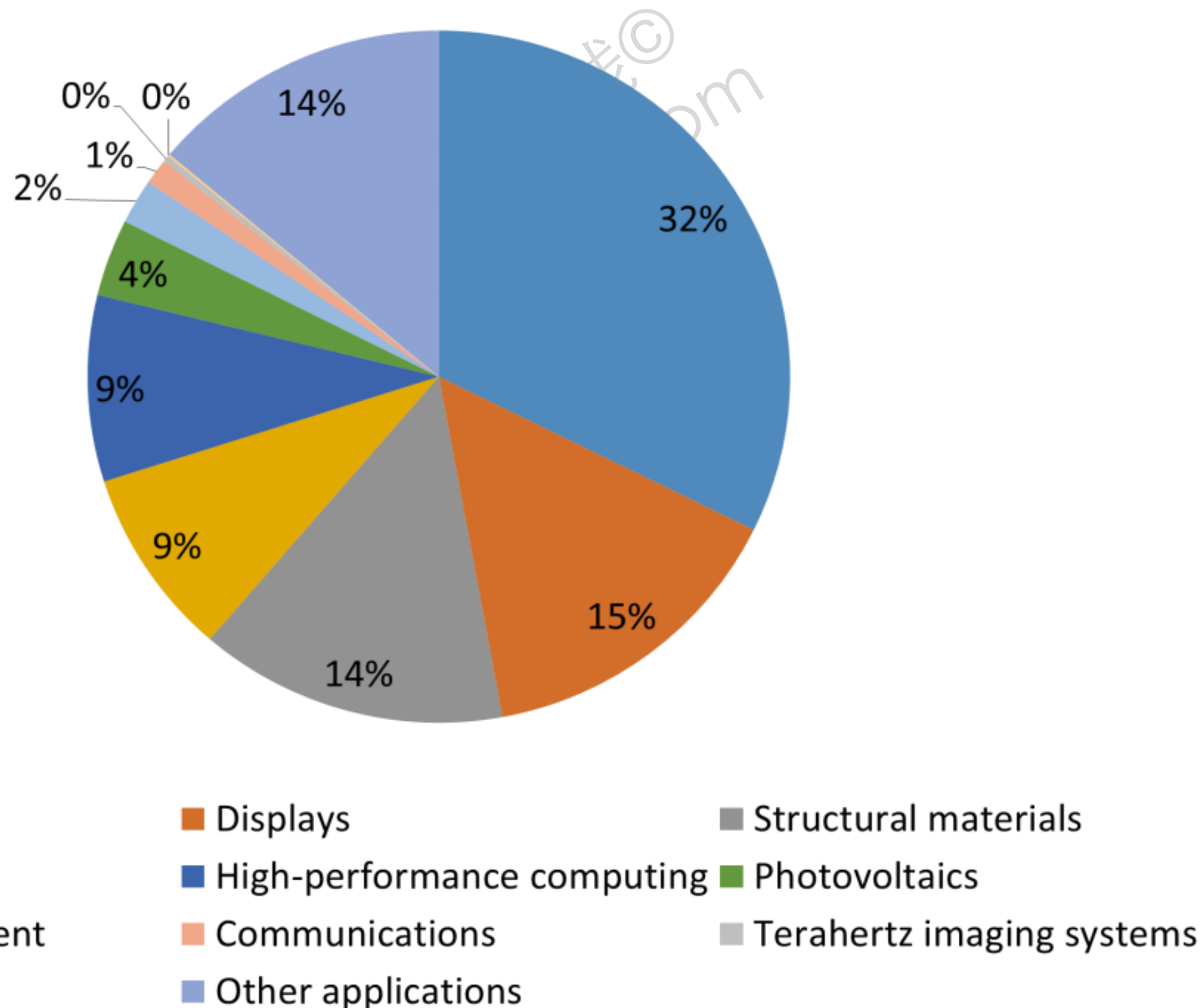
全球石墨烯市场规模预测



数据来源：赛瑞产业研究院

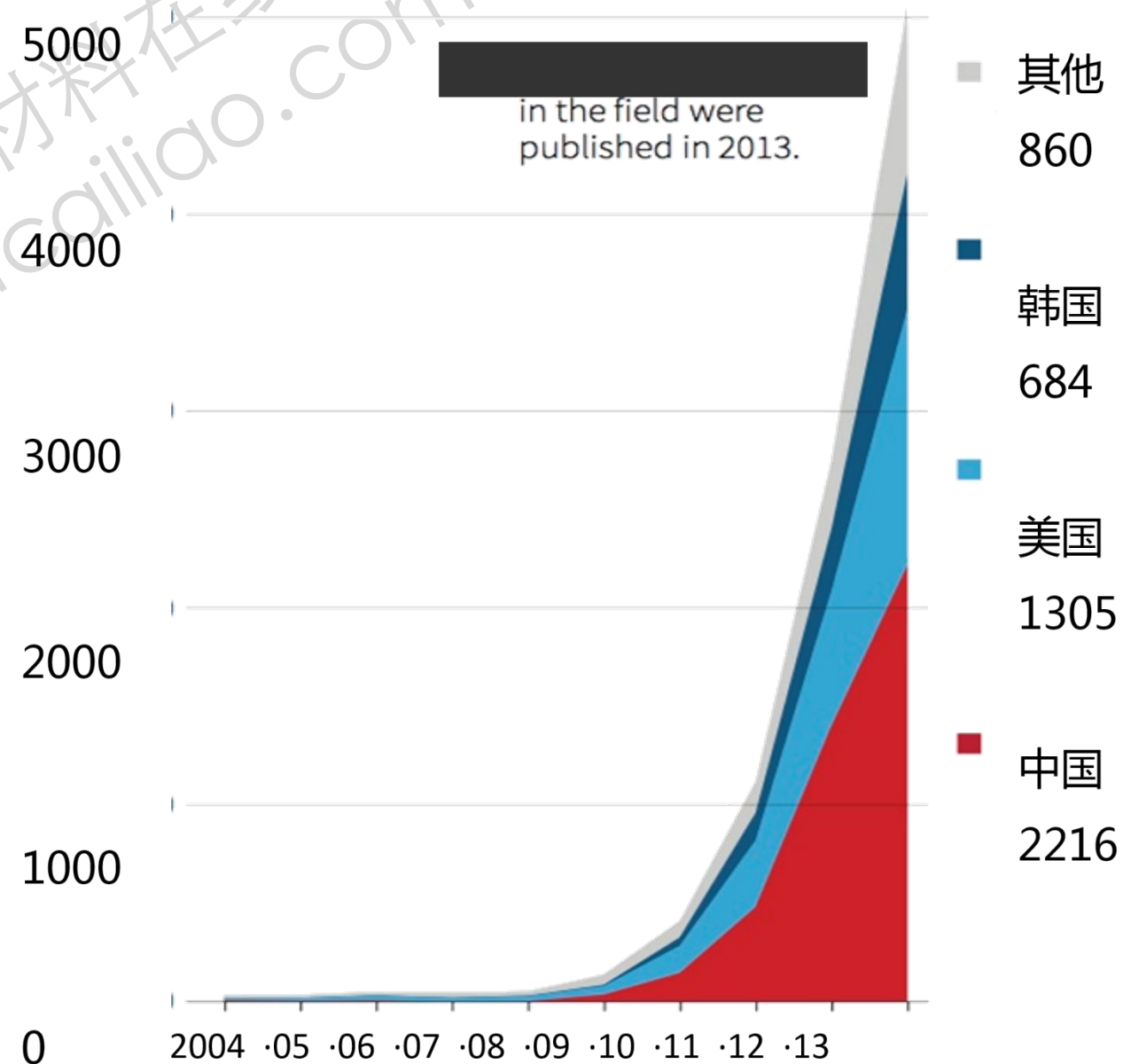
全球石墨烯市场行业分析

- ◆ 石墨烯结构材料几乎占据了目前所有的（非常小）石墨烯技术市场。截至2018年，结构材料将仍然占市场的领先地位（25.9%市场份额），接着是显示器（25.7%），石墨烯电容器（18.0%），高性能计算应用（13.4%）。
- ◆ 到2023年，电容器预计将占有石墨烯技术市场的最大份额（32.4%）。接着是显示器（14.9%），结构材料（14.2%）和传感器（8.8%），和电容器的有一定的差距。



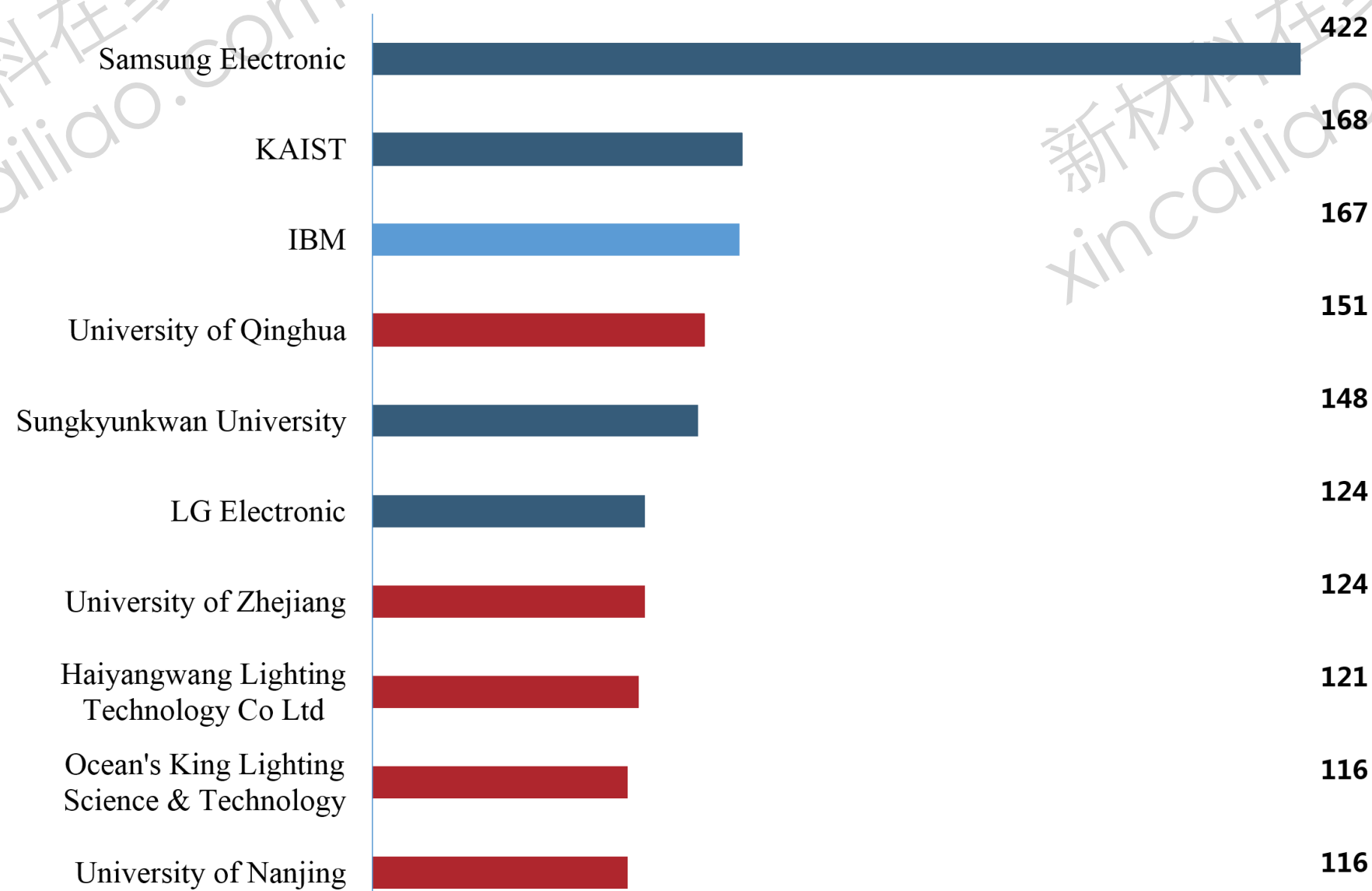
石墨烯专利分析

◆ 自2011年起，全球石墨烯申请呈爆发式增长：2004年关于全球石墨烯的制造与应用的发明只有33项，而截至2013年则超过5000项。



Source: Reuters, 新材料在线

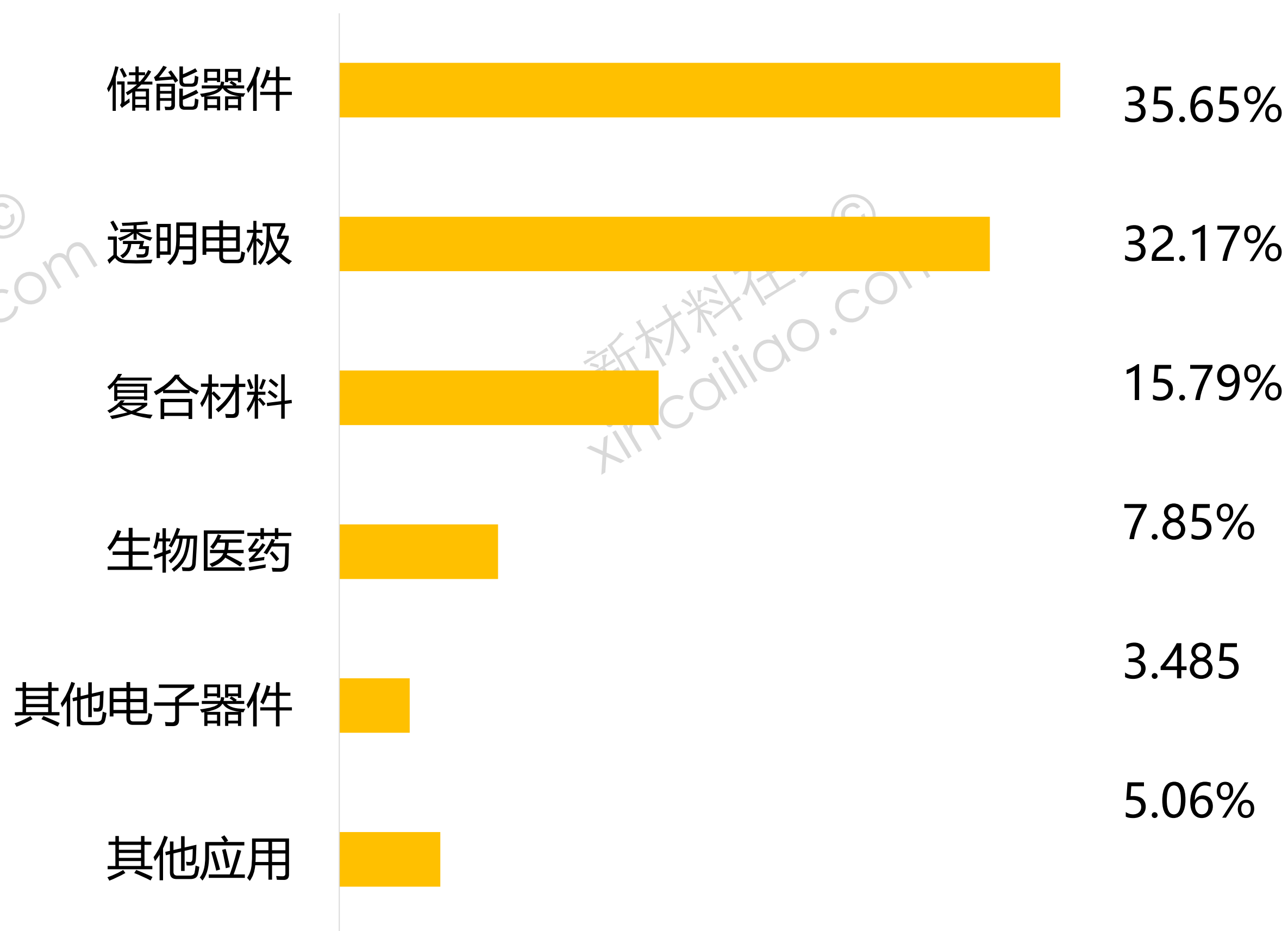
◆ 石墨烯的制造与应用相关专利申请量TOP10的公司集中在美国、韩国、中国，三国申请量占全球申请总量约85%。



Source: Reuters, 新材料在线

石墨烯各应用领域专利分析

中国石墨烯相关专利主要集中在以下五个应用领域：**储能器件、透明电极、复合材料、生物医药和其他电子器件**领域。



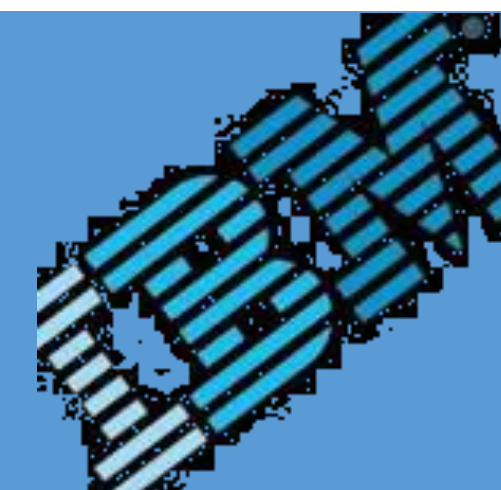
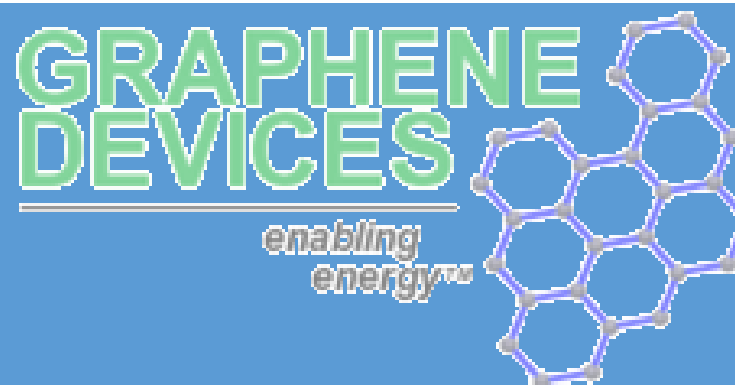
Source: www.cnipr.com, 截止至2012年6月

石墨烯制备企业

企业名称	国家	下游应用
Angstrom Materials	美	高性能石墨烯复合材料
Bluestone Global Tech	美	柔性触摸屏等
Graphene Square	韩	移动设备触摸屏
Graphene Technologies	美	3D打印材料
Graphenea	西班牙	电池电极、触摸屏、太阳能电池板、电子数码产品等
NanoIntegris	美	研发企业和科研院所
Ningbo Morsh Technology	中	电池电容、涂料油墨、塑料橡胶、导热材料、复合材料
Power Booster	中	触摸屏等
Shanghai SIMBATT Energy Technology	中	锂电池、超级电容、散热薄膜、导电油墨、生物材料、催化吸附材料、复合材料等
XG Sciences	美	导电油墨、膜材料、造纸、涂料以及塑料等
2D Carbon Tech	中	触摸屏、透明电极、储能、其他电子器件
.....	

石墨烯器件加工企业

企业名称	国家	主要产品
Graphene Devices	美	能量存储设备、可印刷电子、新型复合材料
Graphensic AB	瑞典	半导体能源、环保材料
IBM	美	晶体管、集成电路等
Nanotak Instruments	美	超级电容器
Nokia	芬兰	光传感器
Samsung Electronics	韩国	触摸屏、晶体管等
Sony	日本	透明导电膜、触摸屏等
Vorbeck Materials	美国	锂离子电池
2D Carbon Tech	中	触摸屏
BTR	中	锂离子电池
.....

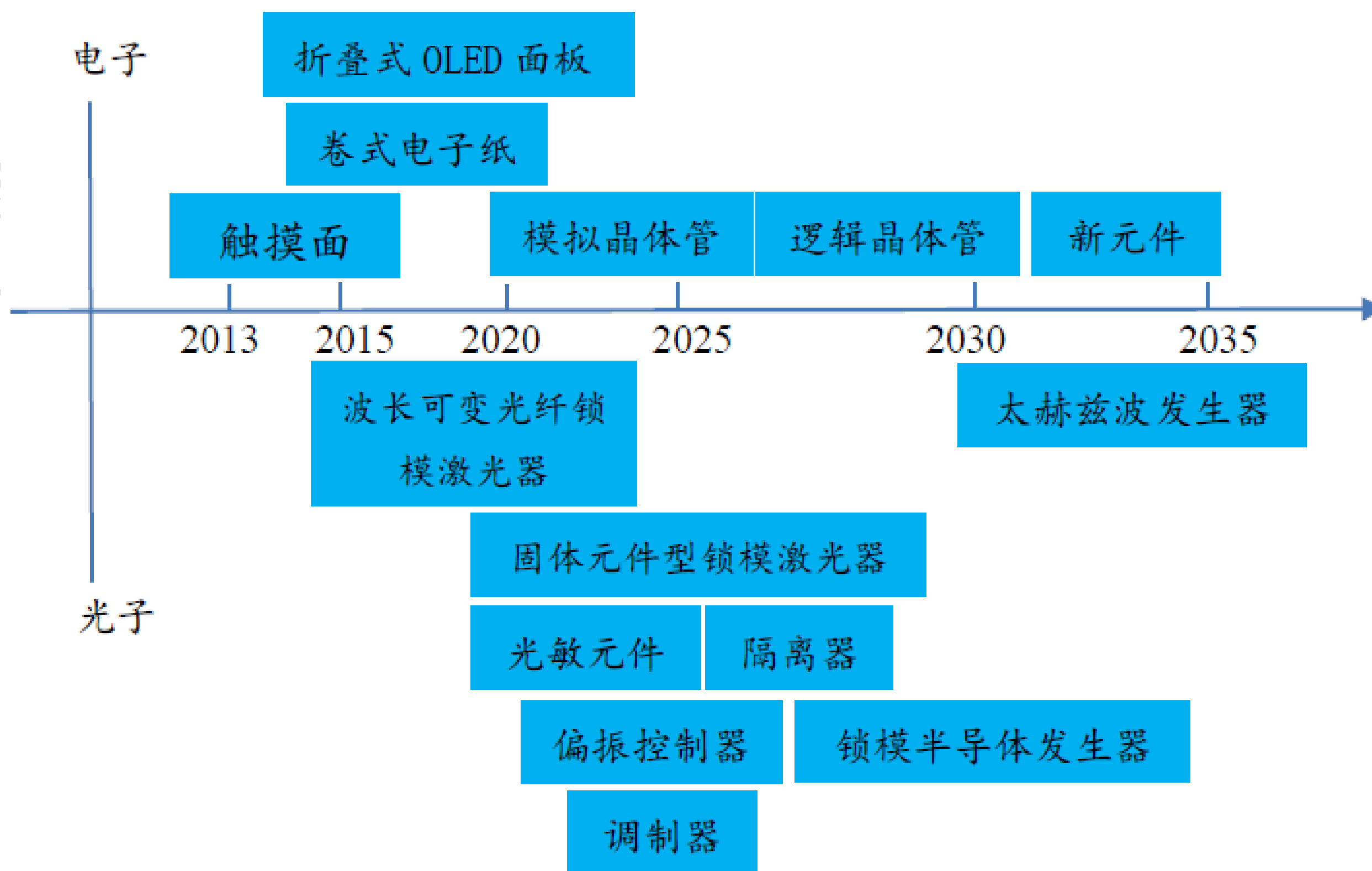


石墨烯产品的终端用户

应用领域	石墨烯产品	终端用户
高性能计算系统	晶体管集成电路	政府、生命科学工程、军事、地质、气象、金融与经济学
数据存储/记忆	自旋纳米电缆、 石墨烯纳米带氧化物	航空航天、军事
通信	光电探测器、放大器、频率倍频器/混合器、接收机、天线	通讯、家用电子产品
热管理	导热片、散热品、 热界面材料	电子产品、光电工程
太阳能电池	太阳能光电板	军事、民用
传感器	化学和气体传感器、生物传感器、辐射传感器、图像传感器	汽车能源、环境取证、国土安全、生命科学、制造业、石油加工
太赫兹成像设备	倍频器、等离子体放大器、石墨烯激光、 超级隐形眼镜	制造业、国土安全、军事、生命科学
平面显示/触摸屏	透明电极	消费电子等
储能	电极	汽车、消费电子、工业生产、能源
结构材料	石墨烯-聚合物 复合材料	汽车、电子产品、消费性产品
.....

石墨烯产业化蓝图

欧盟就石墨烯在光子和电子领域的项目开发提出了未来的蓝图，其预计**透明导电膜**应用将最先实现产业化。



石墨烯产业化障碍

技术问题

- ◆ 目前没有找到获得大面积单晶石墨烯的工业合成法；
- ◆ 未确立获得带隙的方法。

市场问题

- ◆ 下游产业链尚未形成，目前还处于前期专利布局期；
- ◆ 目前石墨烯产量、质量及成本问题并未获得下游应用市场的认可。

价格问题

- ◆ 由于无法量产，石墨烯制备成本一直居高不下。

碳纤维及复合材料研究报告

新材料在线©
xincailliao.com

新材料在线©
xincailliao.com

新材料在线©
xincailliao.com

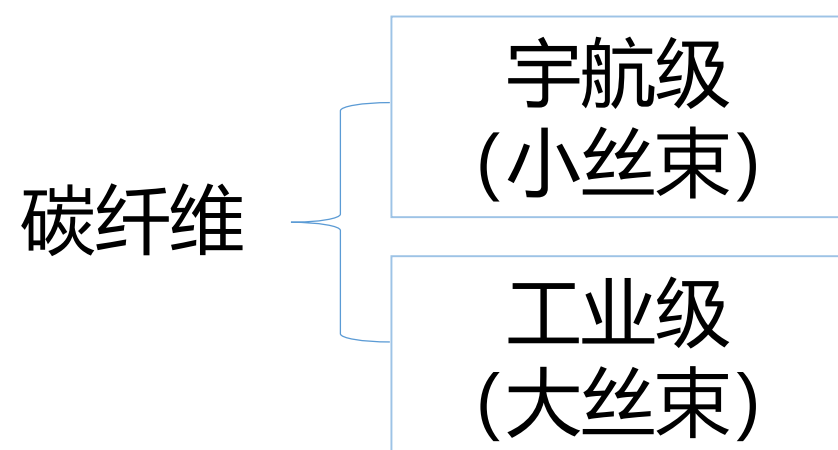
碳纤维简介

碳纤维 (carbon fiber, 简称CF) , 是一种含碳量在95%以上的高强度、高模量纤维的新型纤维材料。可分为PAN基, 沥青基, 粘胶基碳纤维, PAN基是当今世界碳纤维发展的主流, 占碳纤维市场的90%以上。

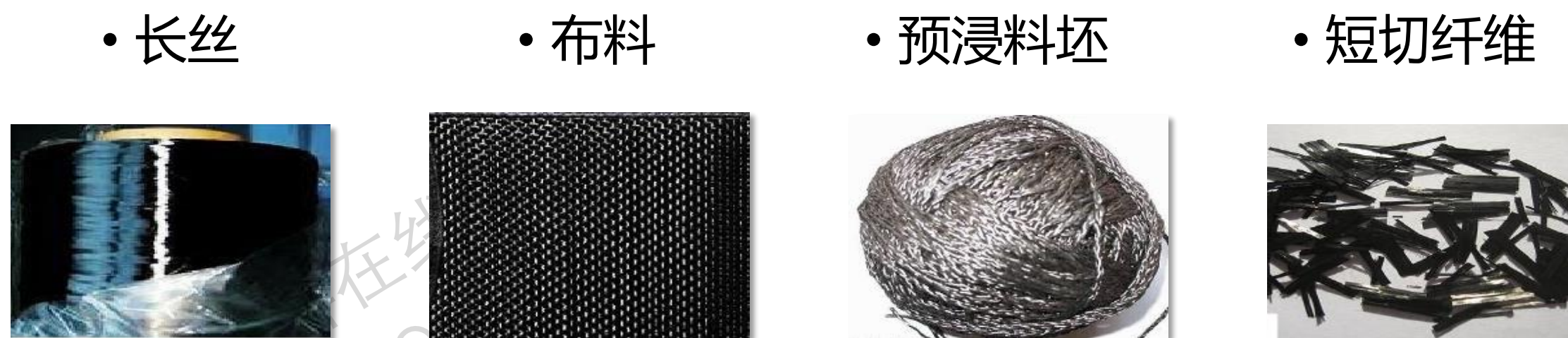
1 性能特点

- 比强度高、比模量高
- 质轻、耐腐蚀、耐疲劳
- 热膨胀系数小、摩擦系数低、耐高低温

2 分类



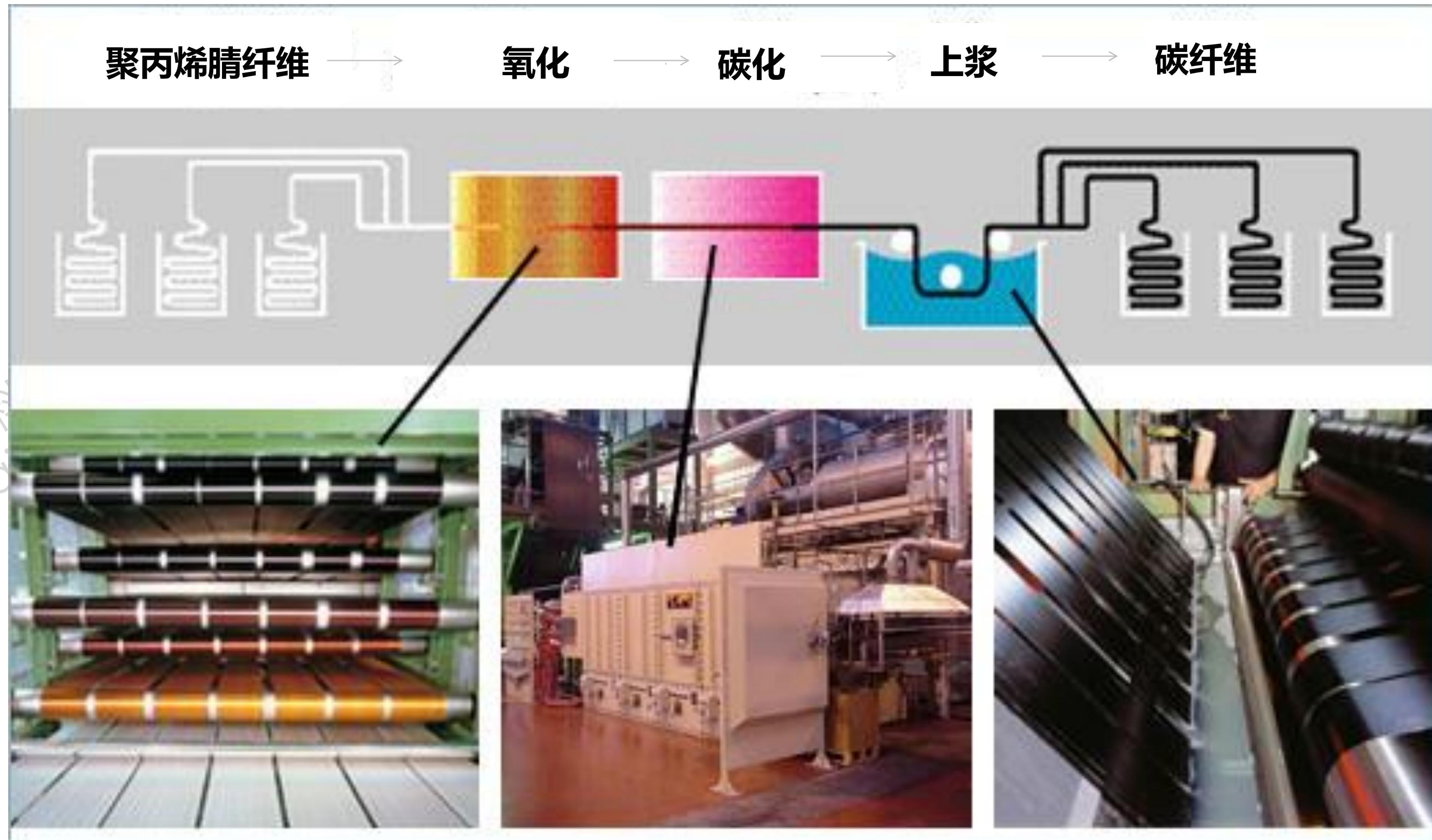
3 碳纤维主要产品形式



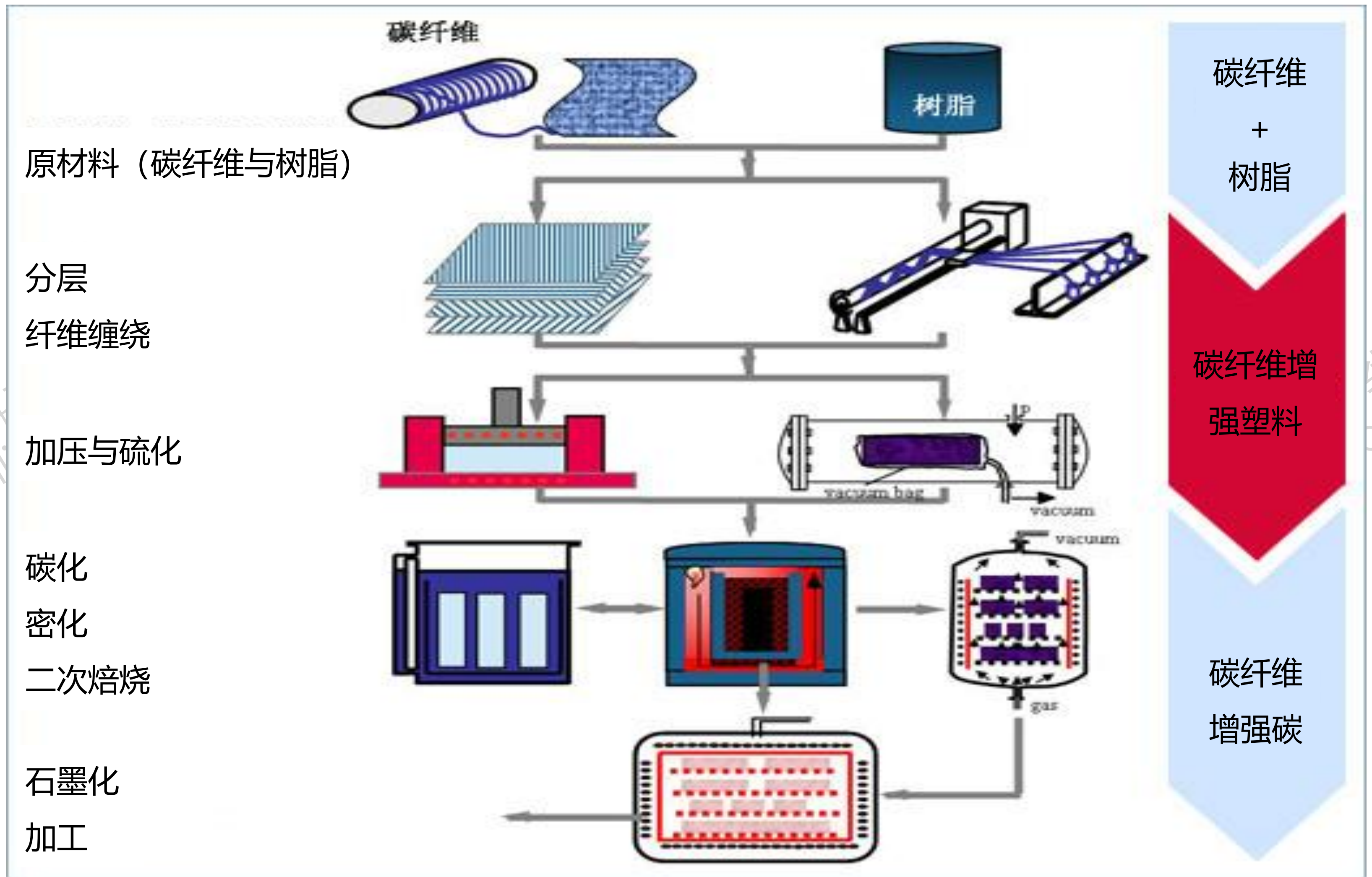
4 碳纤维的主要性能指标

碳纤维	抗拉强度 (MPa)	抗拉模量 (Gpa)	密度 (g/cm)	断后延伸率 (%)
PAN基	>3500	>230	1.76-1.94	0.6-1.2
沥青基	1600	379	1.7	1.0
粘胶基	2100-2800	414-552	2	0.7

碳纤维制备工艺流程

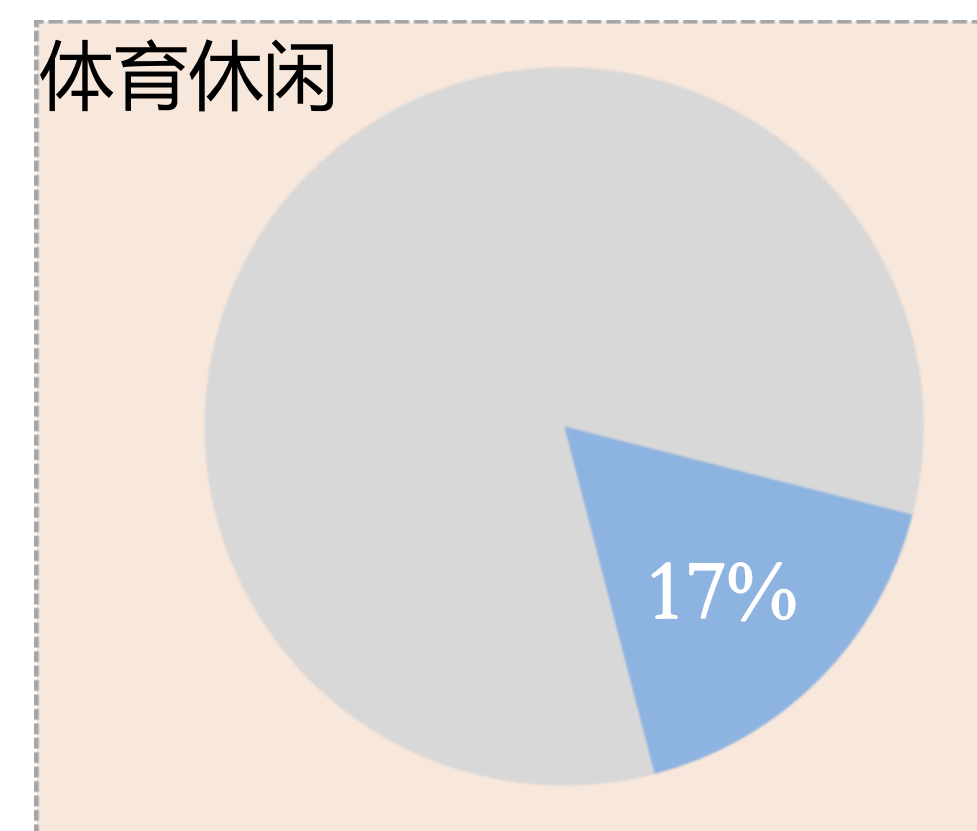
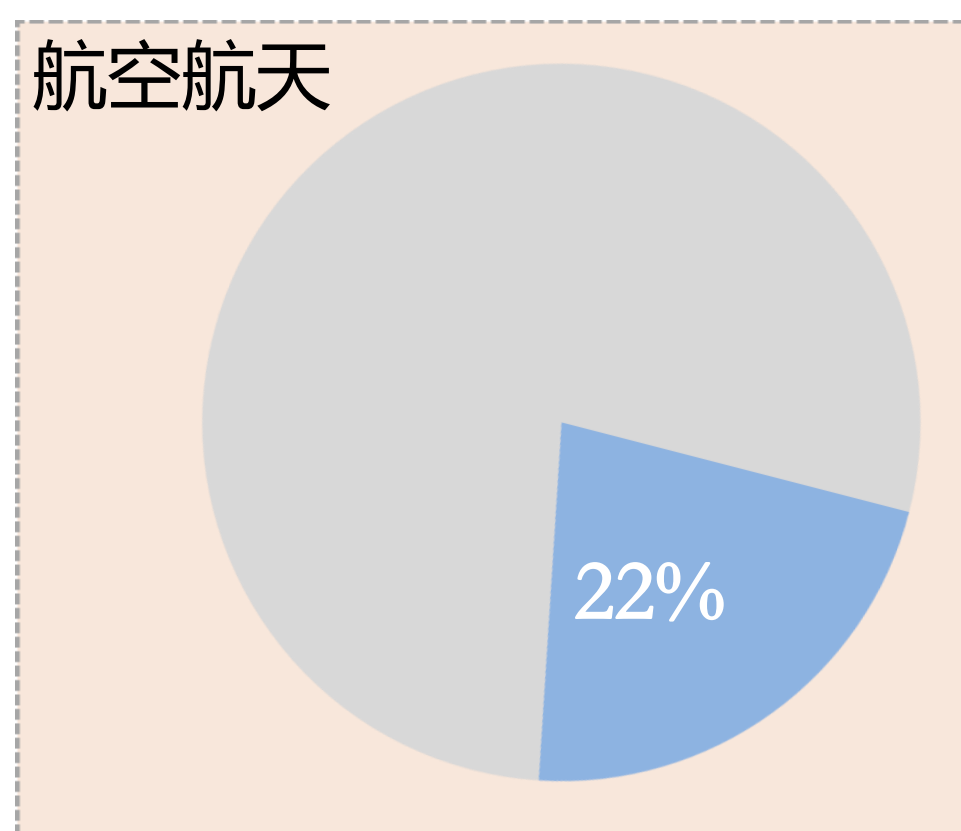
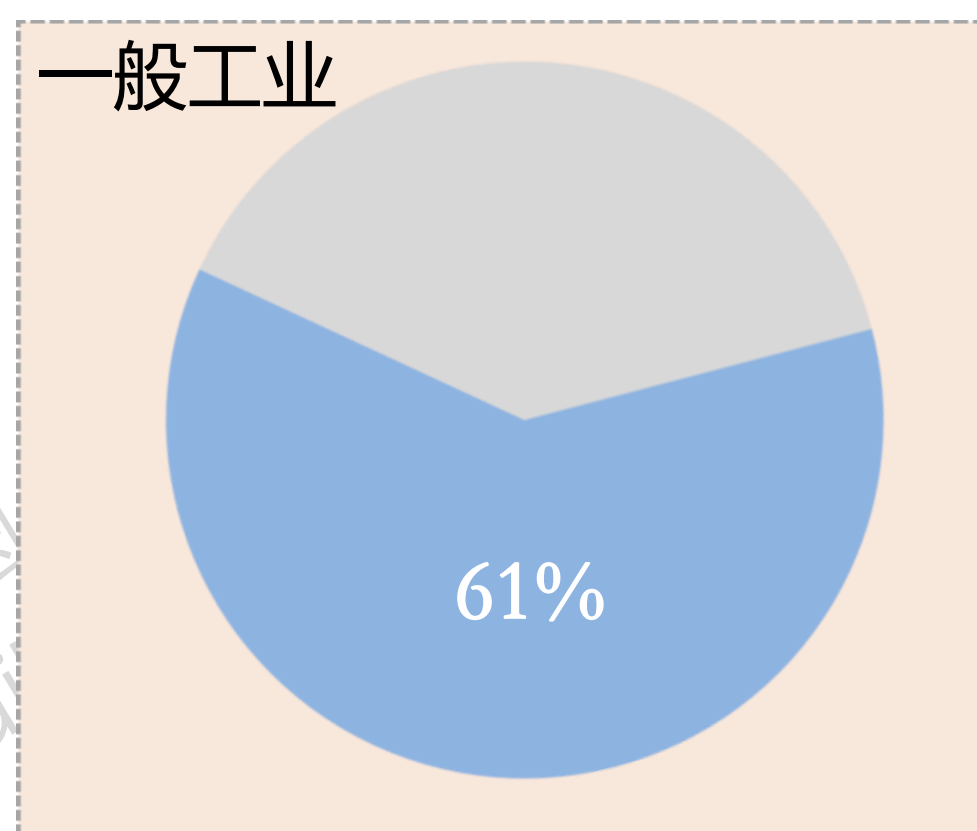


碳纤维增强复合材料制备工艺流程

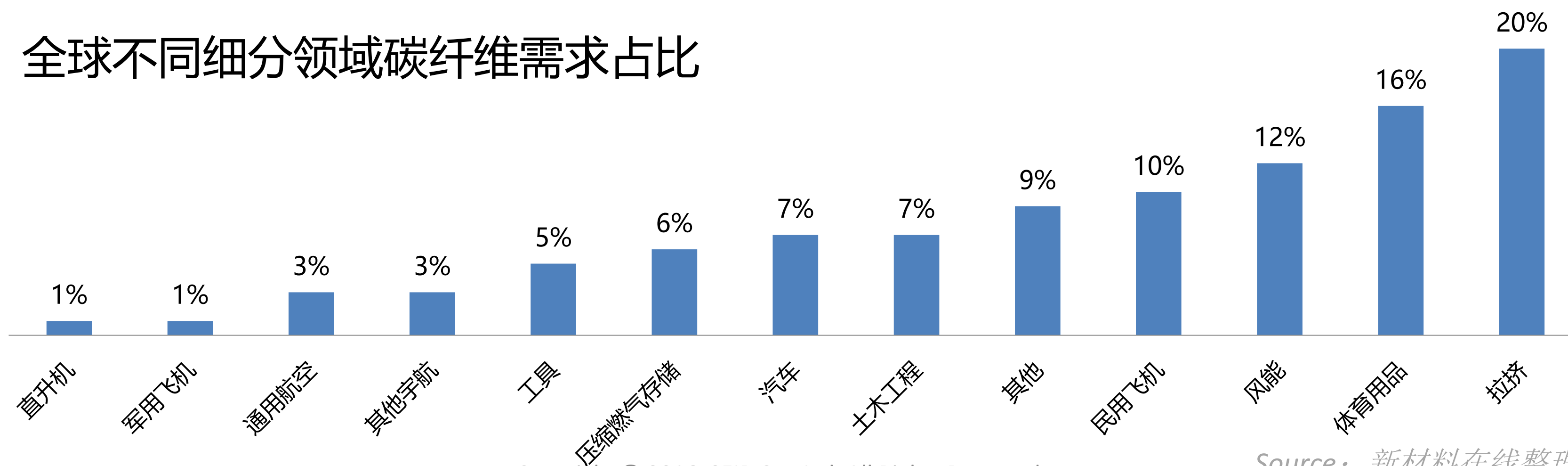


全球碳纤维主要应用领域

从全球来看，碳纤维在一般工业应用需求占比达61%，航空航天约为22%，体育休闲仅17%。



全球不同细分领域碳纤维需求占比



国内碳纤维主要应用领域

类别

应用领域

成熟市场

航空、航天：飞机、卫星等。

体育休闲用品：高尔夫球、渔具、网球拍、羽毛球拍、自行车、赛艇等。

新兴市场

碳纤维基增强工程塑料、压力容器、建筑补强、风力发电叶片、摩擦材料、深海油田的钻井平台

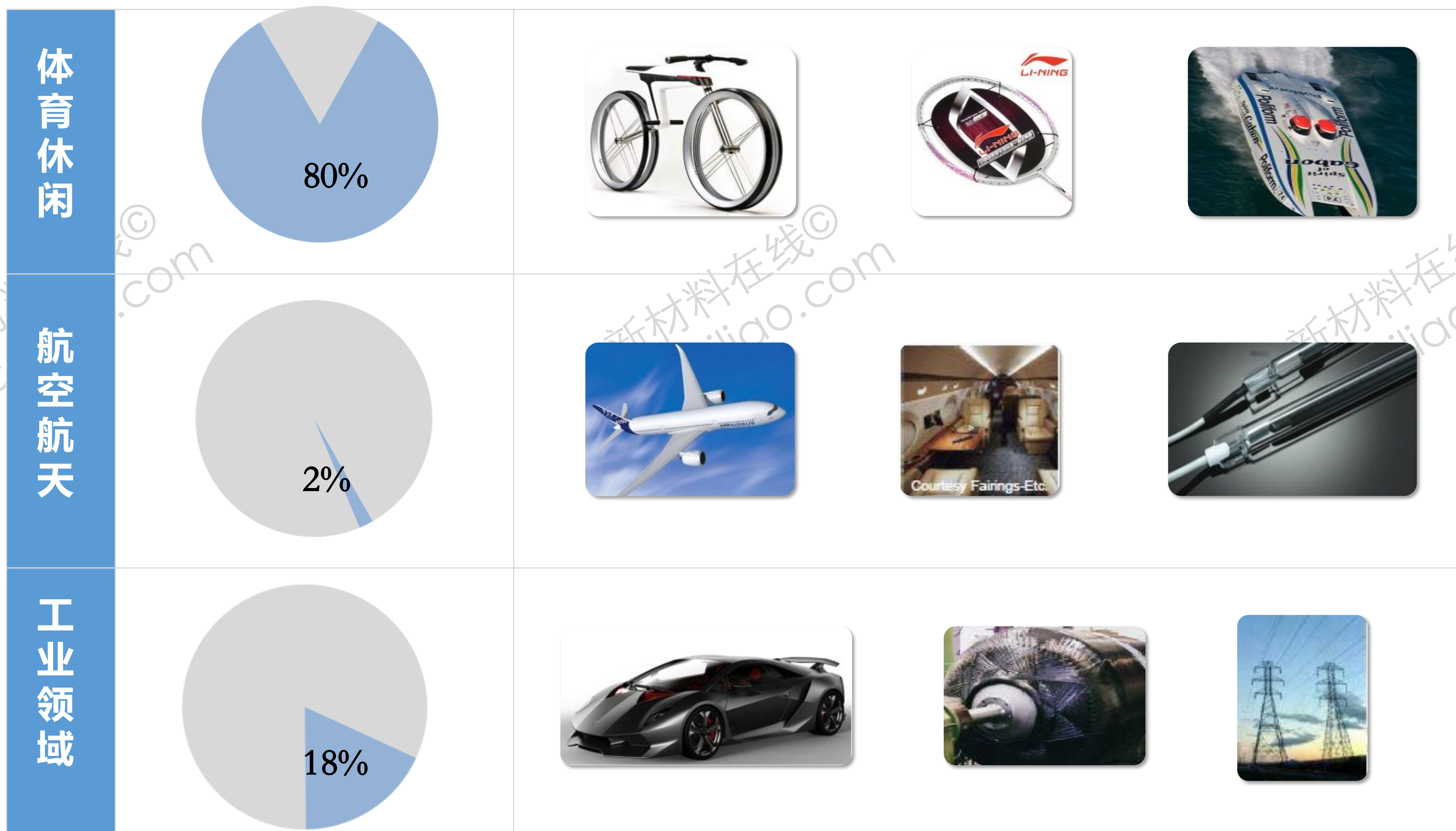
待开发市场

汽车零部件、医疗器械等

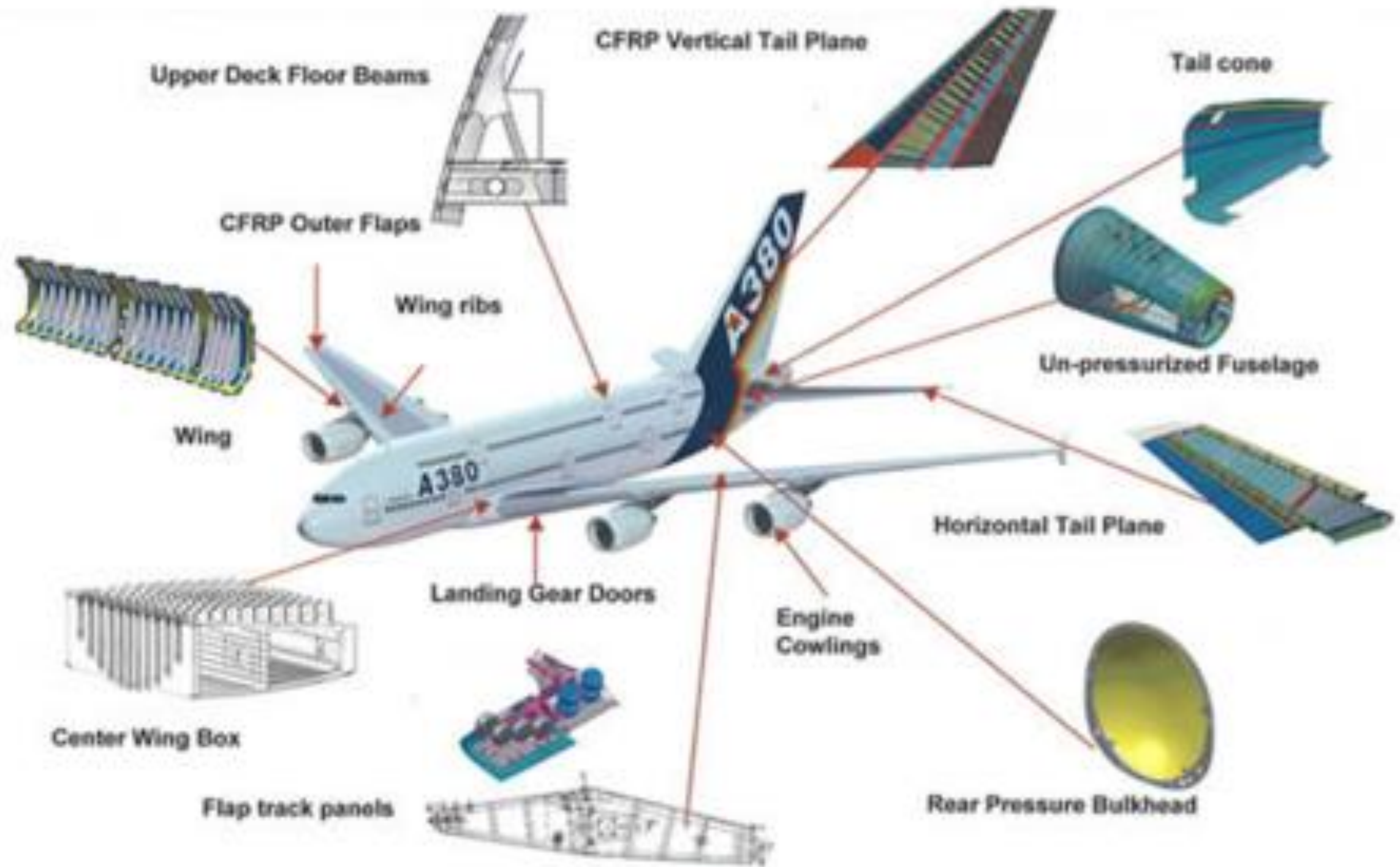
Source: 新材料在线

国内碳纤维主要应用领域

2012年我国碳纤维应用比例体育休闲占比最高达80%左右，工业应用约为18%，航空航天仅2%左右。



碳纤维在航空航天上的应用实例

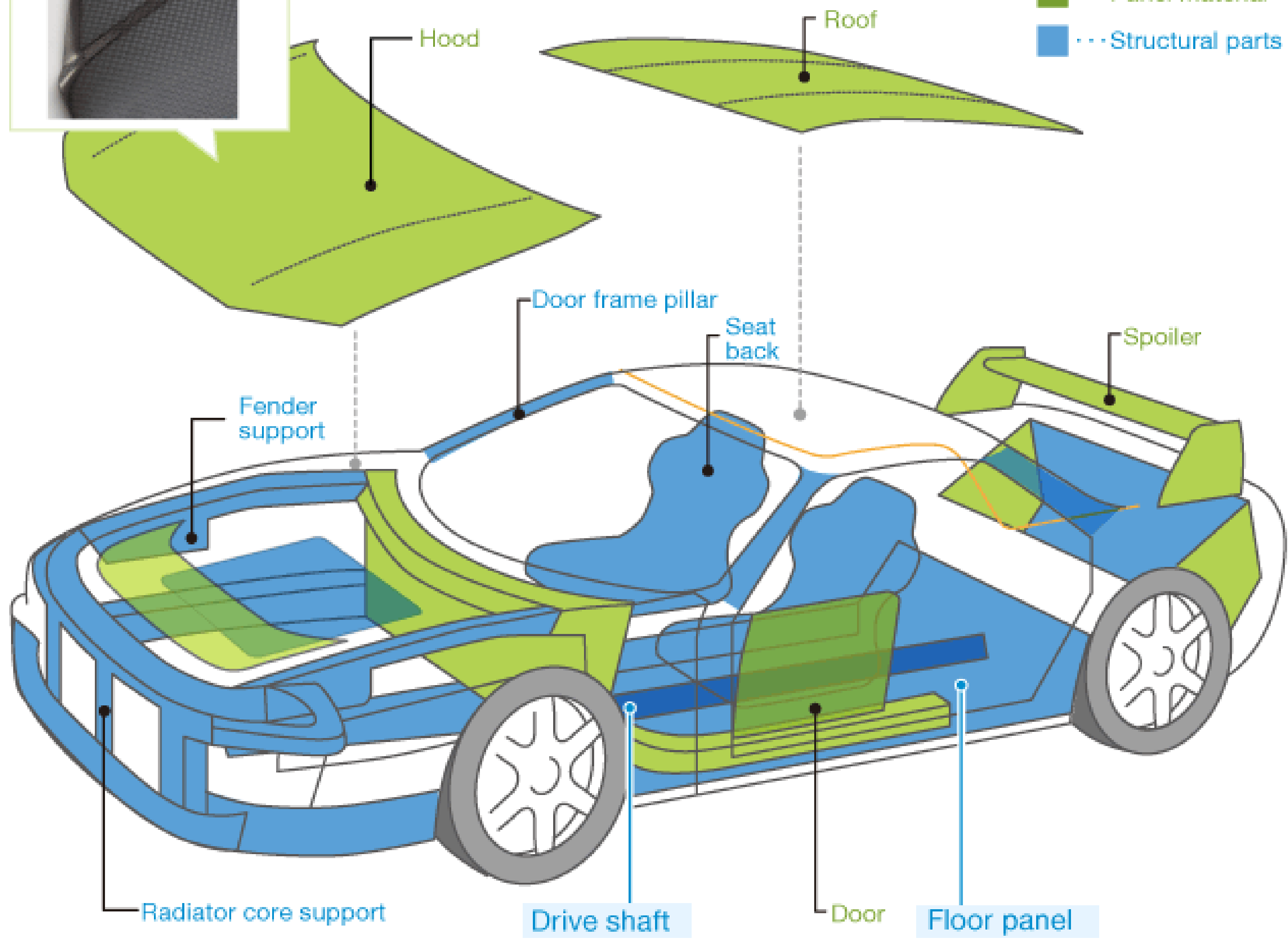


新材料
xincailiao.com

新材料
xincailiao.com

碳纤维在汽车上的应用实例

Closeup picture
of parts
before coating



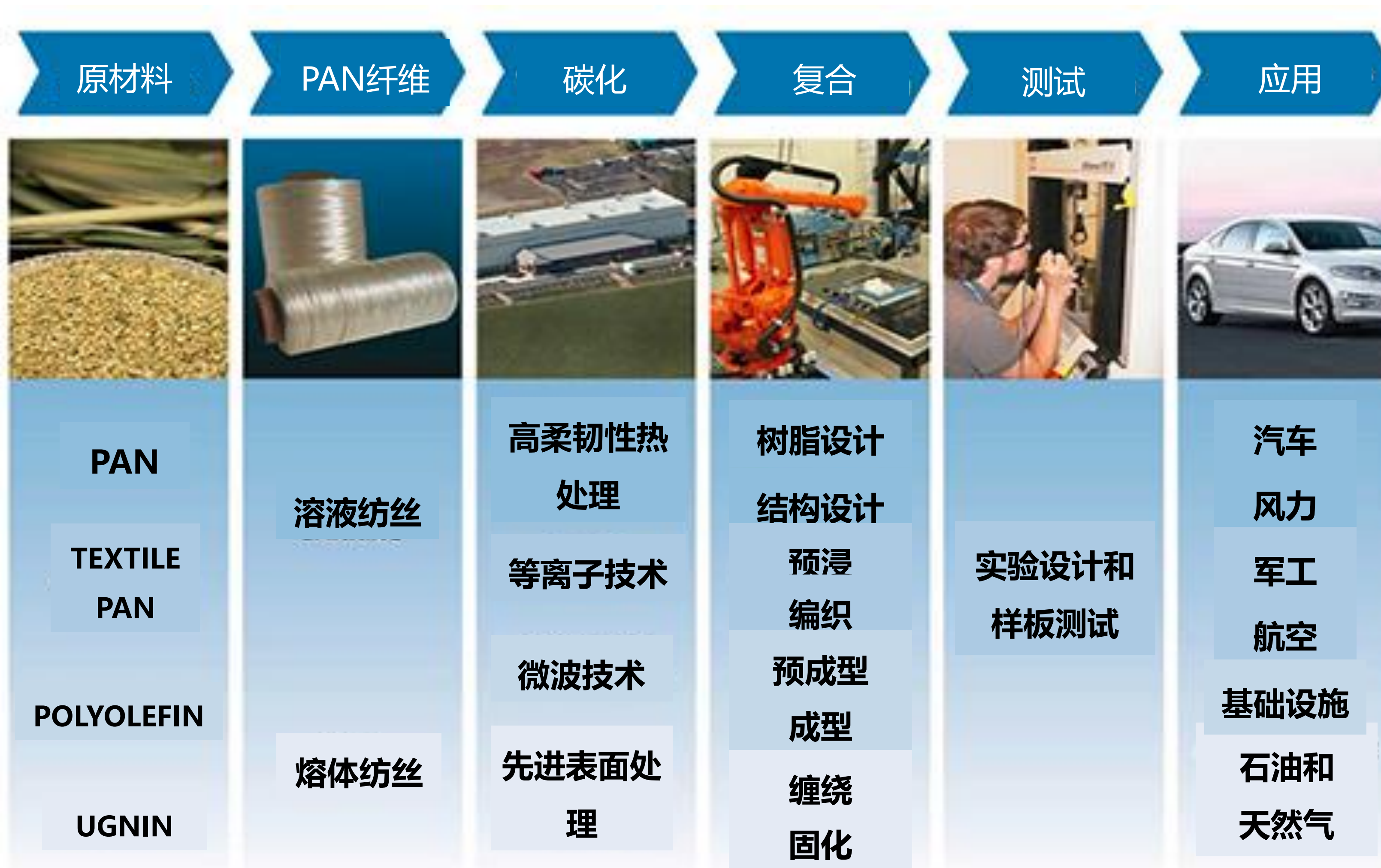
新材料在
xincailiao.com

新材料在线©
xincailiao.com

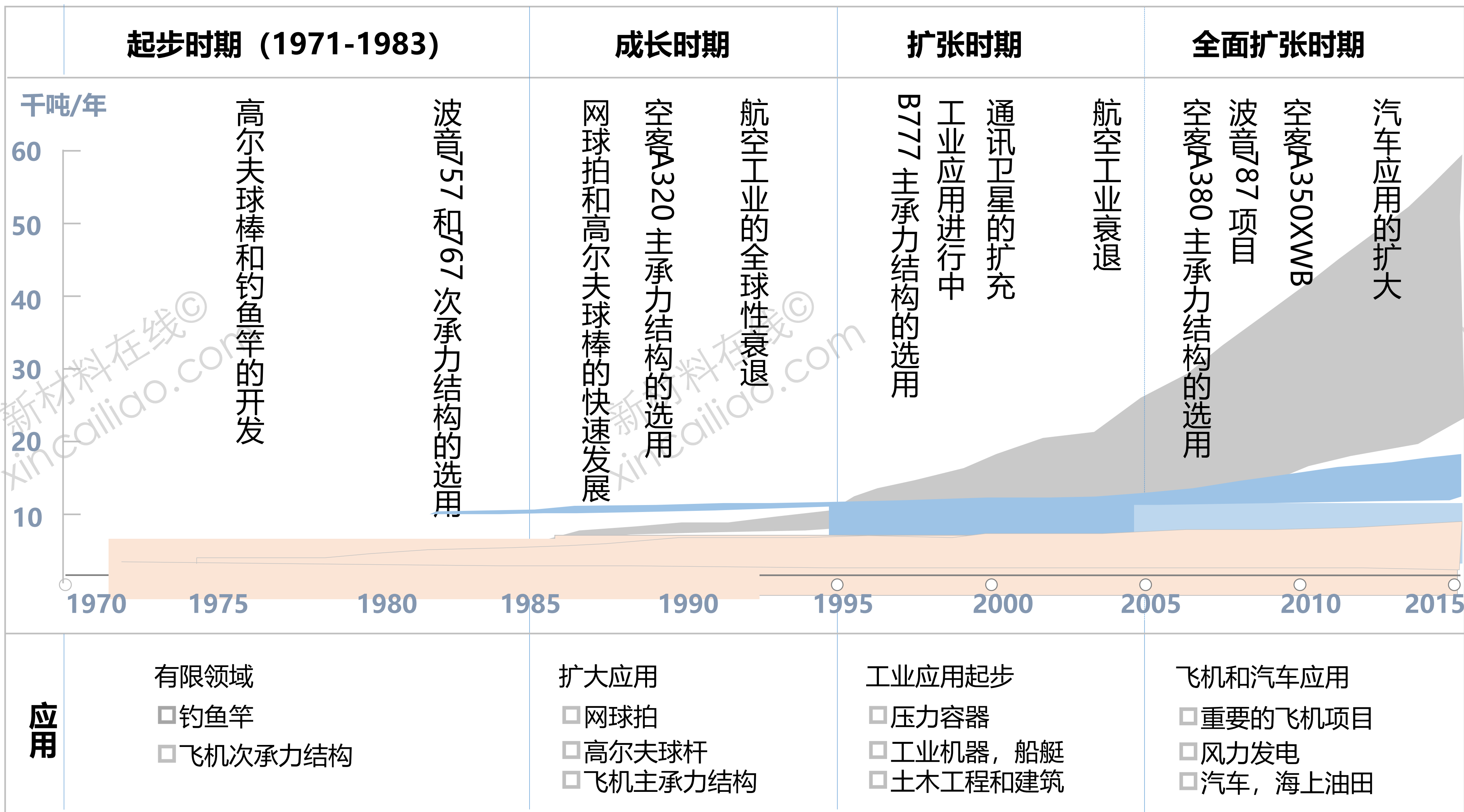
碳纤维产业链



碳纤维价值链



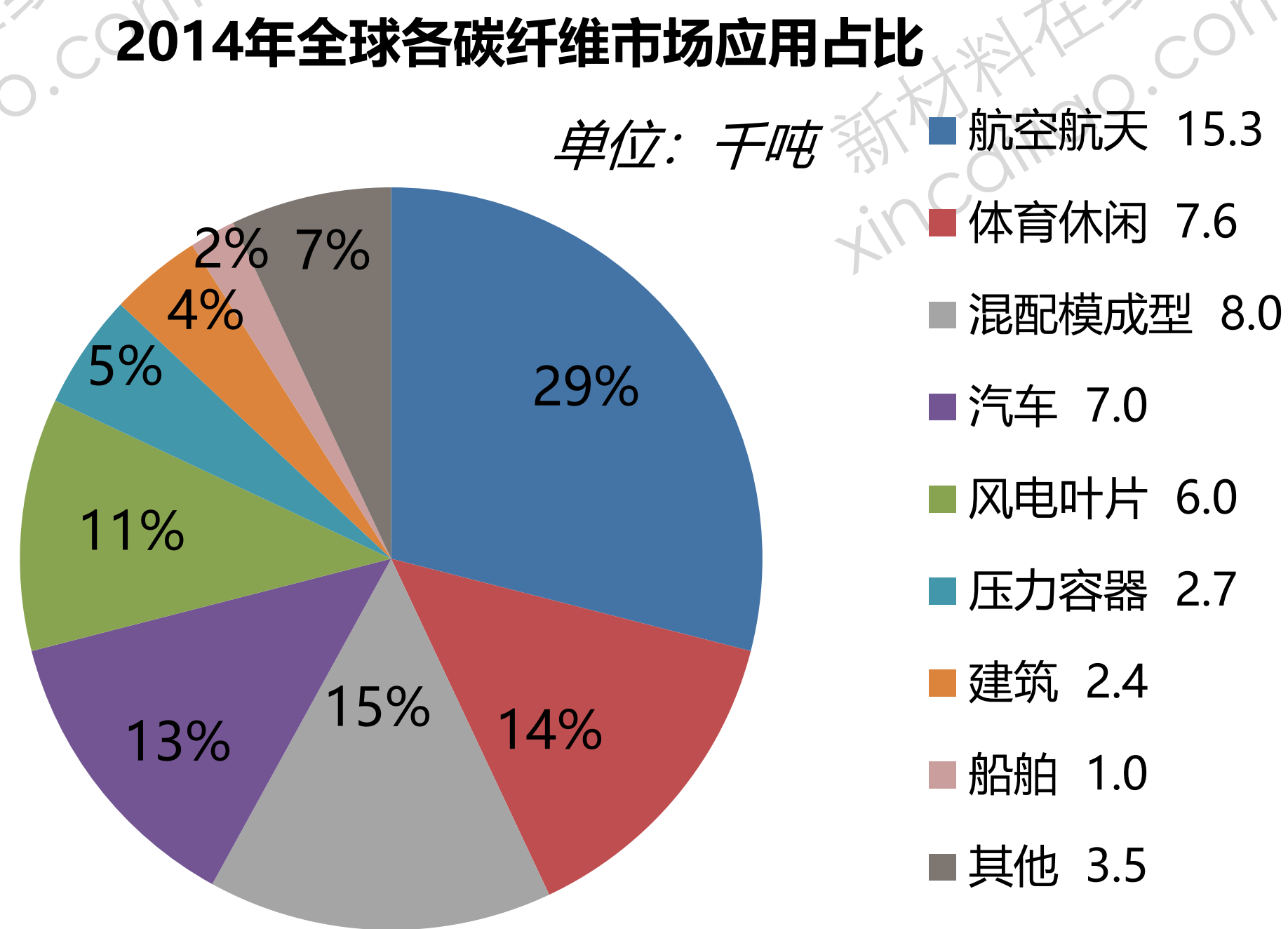
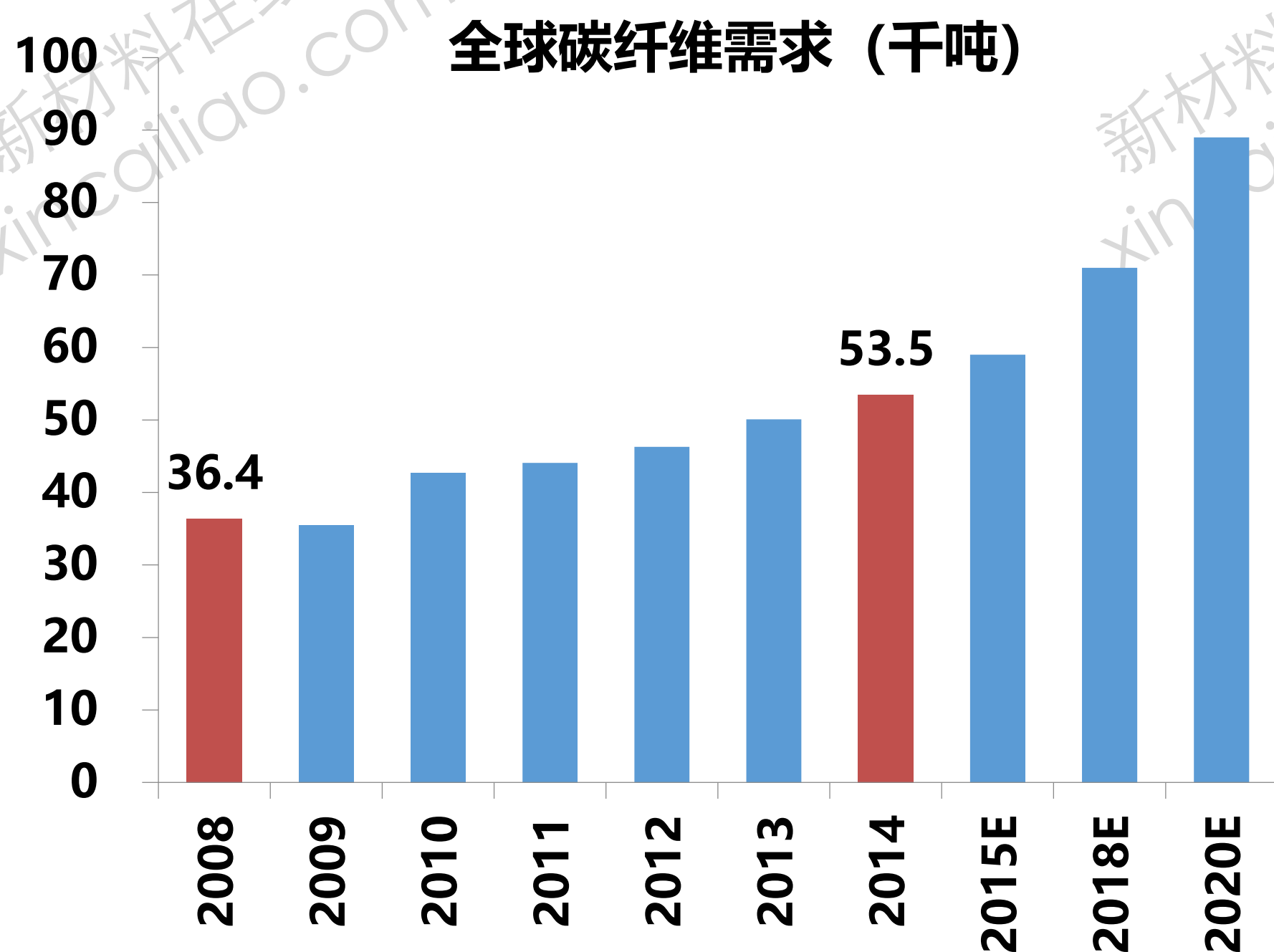
全球碳纤维市场发展历程



全球碳纤维市场需求预测 (2013-2020)

- ◆ 2012年全球碳纤维市场需求是**43,500吨**，2013年的数据是**46,500吨**，2014全球碳纤维市场需求是**53,500吨**；
- ◆ 碳纤维需求的发展是平稳的，平均年增长率在**6-8%**之间。

- ◆ 2014年，航空航天市场出现高增长率，应用占比达**29%**。汽车应用占比为**13%**；风电叶片应用占比为**11%**

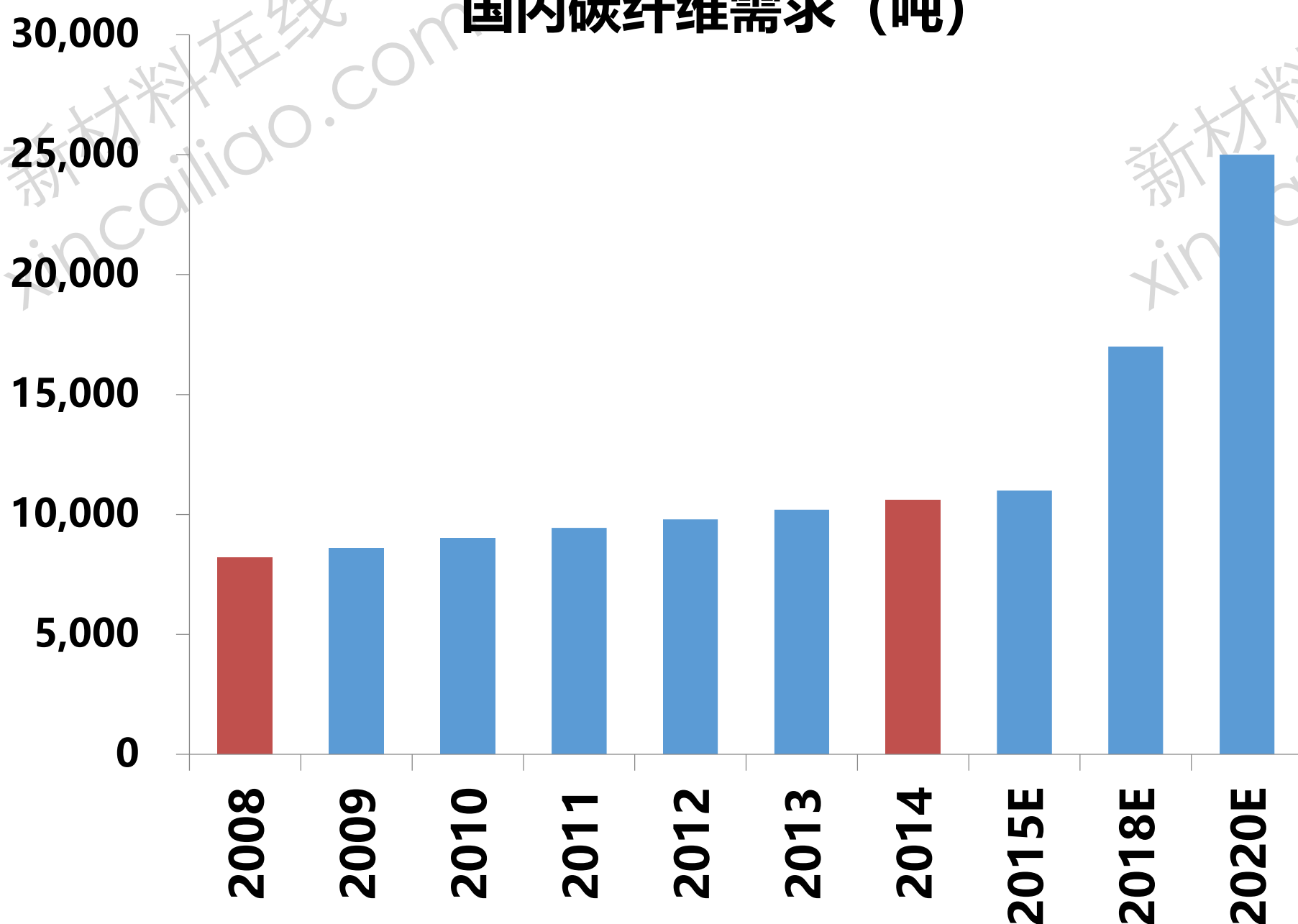


2014年国内碳纤维市场需求

◆ 国内2014年碳纤维的需求量为10600吨，预计到2020年将增长到25000吨。

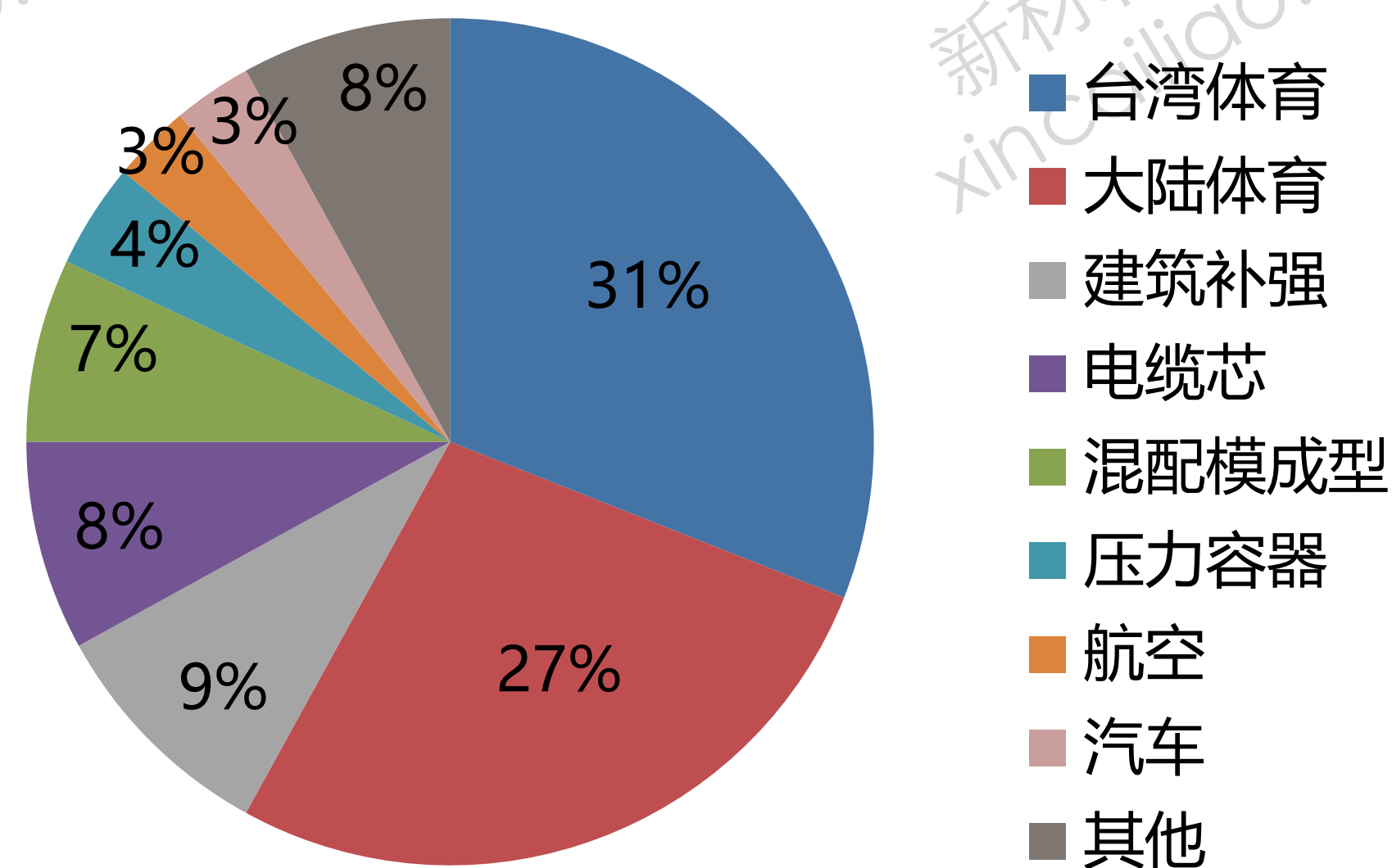
◆ 国内碳纤维主要应用于体育等民用领域，在航空、汽车领域的应用还有极大的市场增长空间。

国内碳纤维需求 (吨)

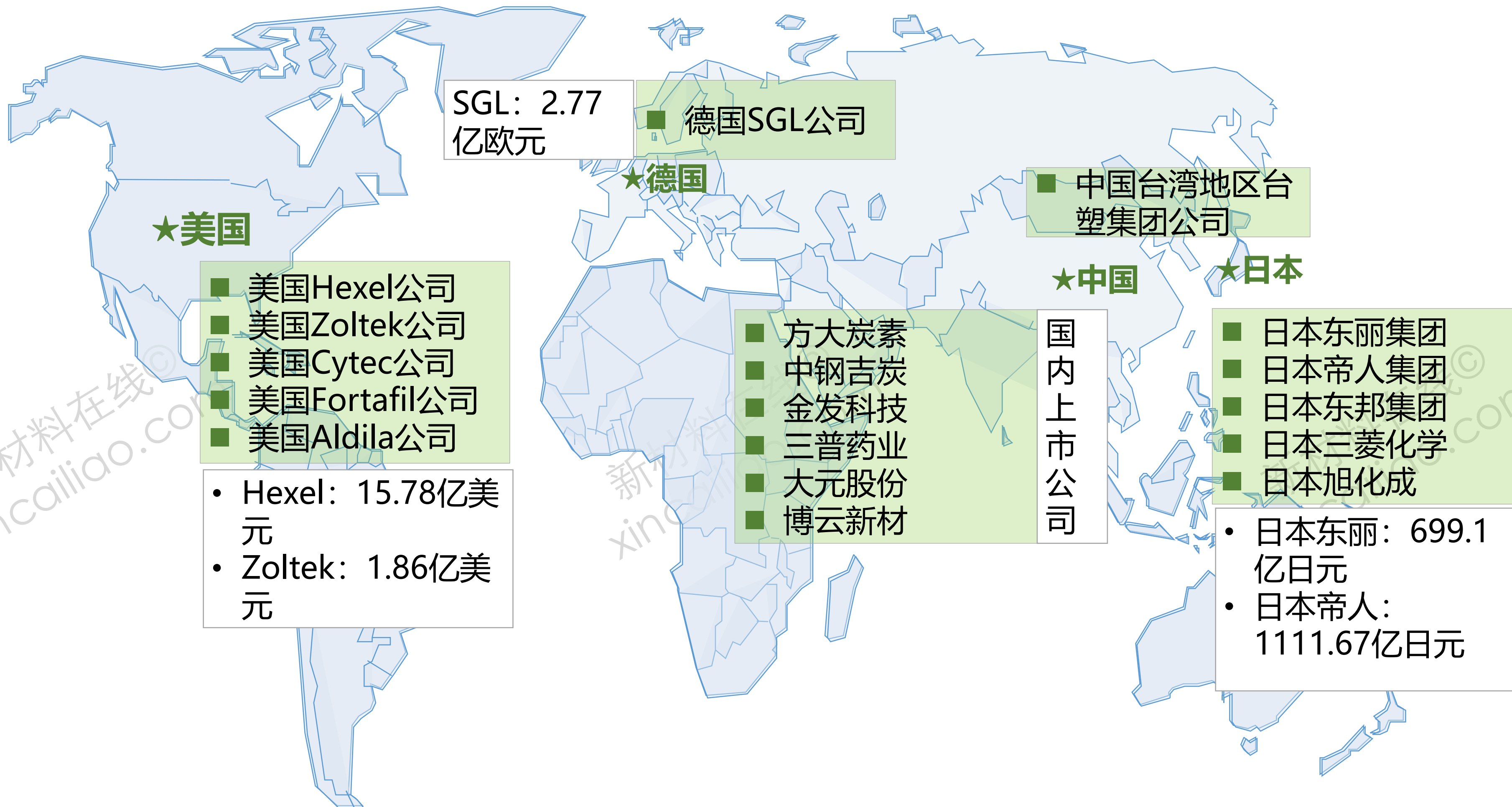


2014年我国碳纤维各市场应用占比

单位: 千吨



全球碳纤维企业



Source: 广发证券, 新材料在线

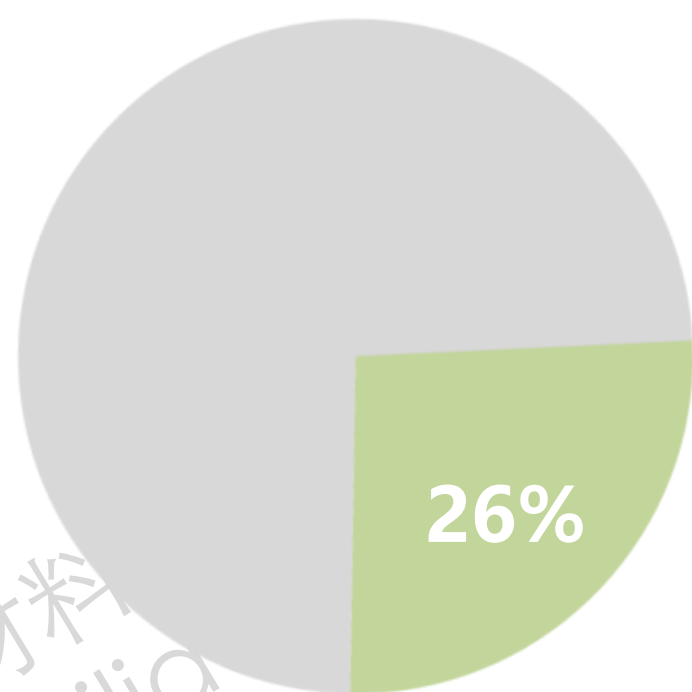
◆ 碳纤维全球主要制造商: 日本东丽, 日本三菱, ZOLTEK, HEXCEL, CYTEC, SGL.

◆ 中国碳纤维主要制造商: 中复神鹰, 江苏恒神, 威海拓展, 中油吉化, 吉林江城, 金山石化

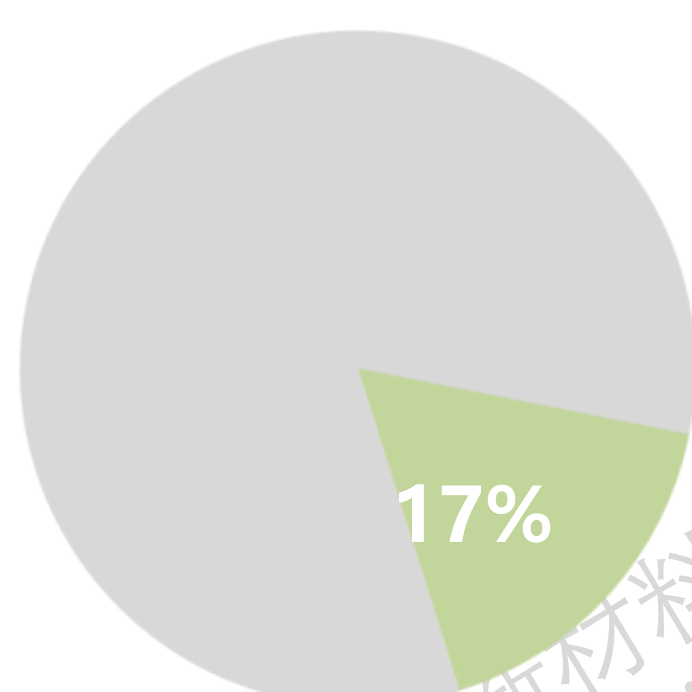
全球碳纤维重点企业产业布局

国际碳纤维市场为日、美企业所垄断，日本企业占全球碳纤维产能的55%，美国企业占18%的市场份额。

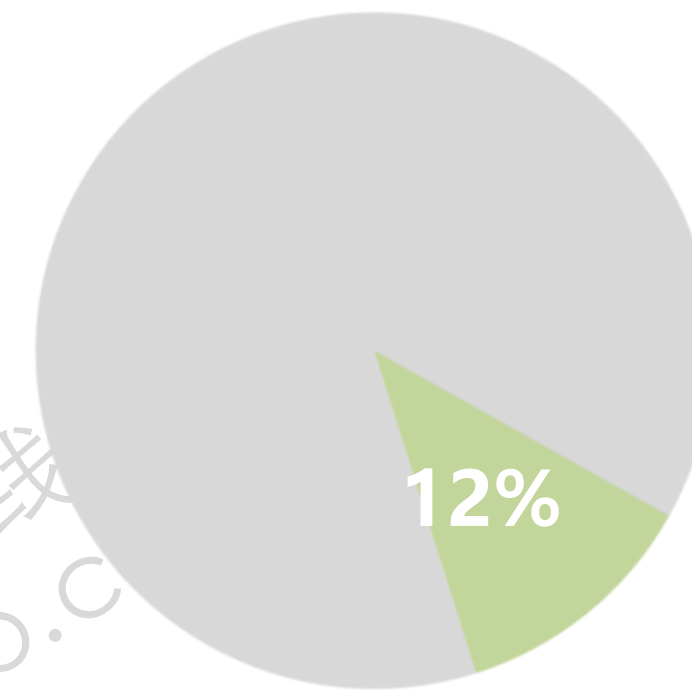
全球碳纤维产业布局



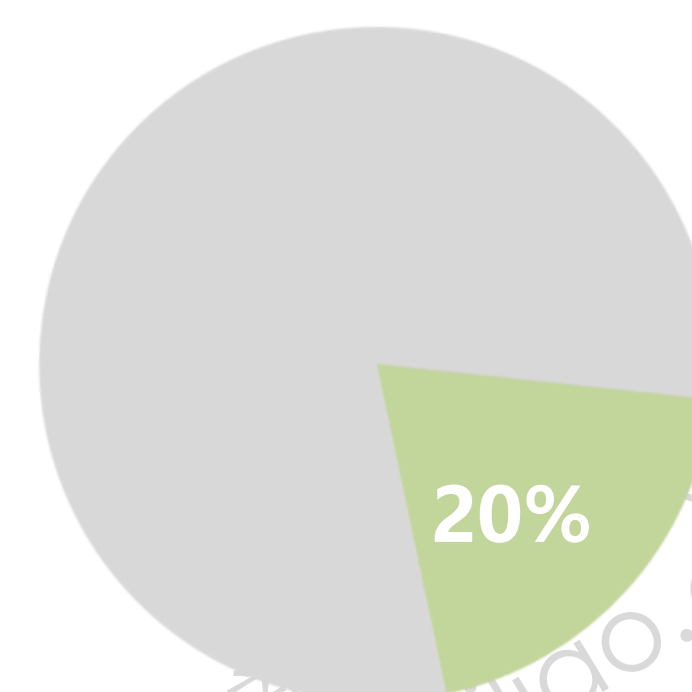
日本东丽集团



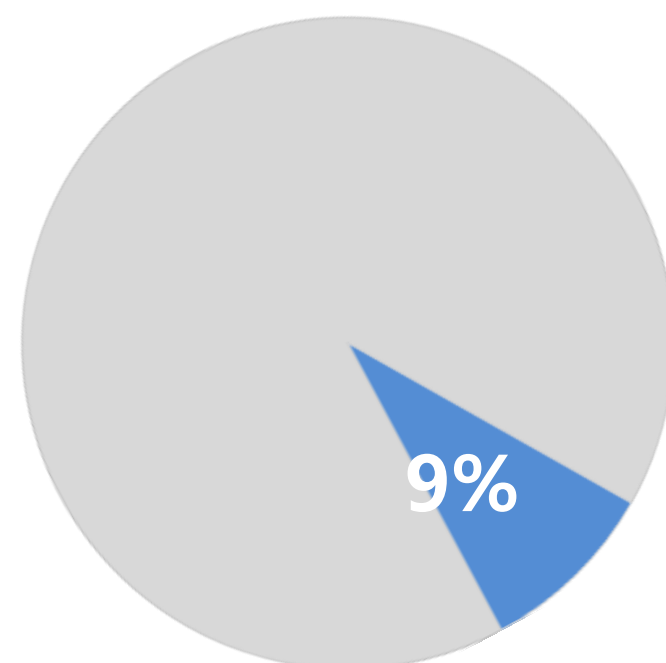
日本东邦集团



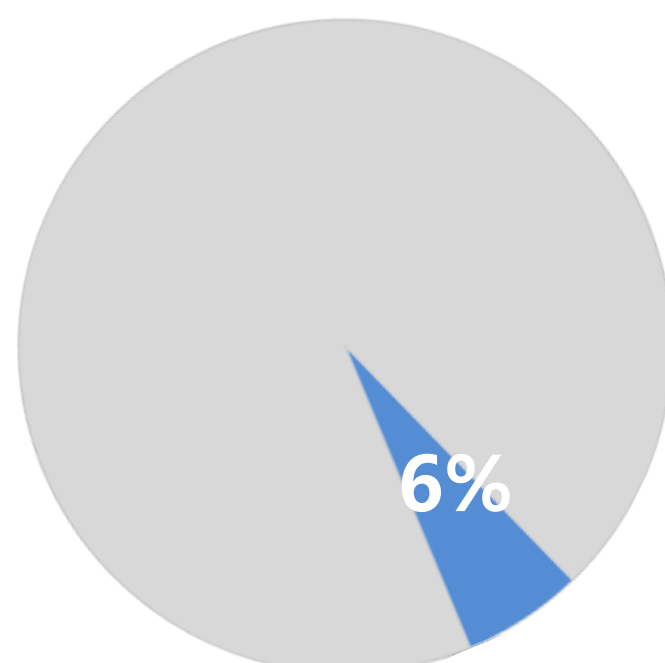
日本三菱集团



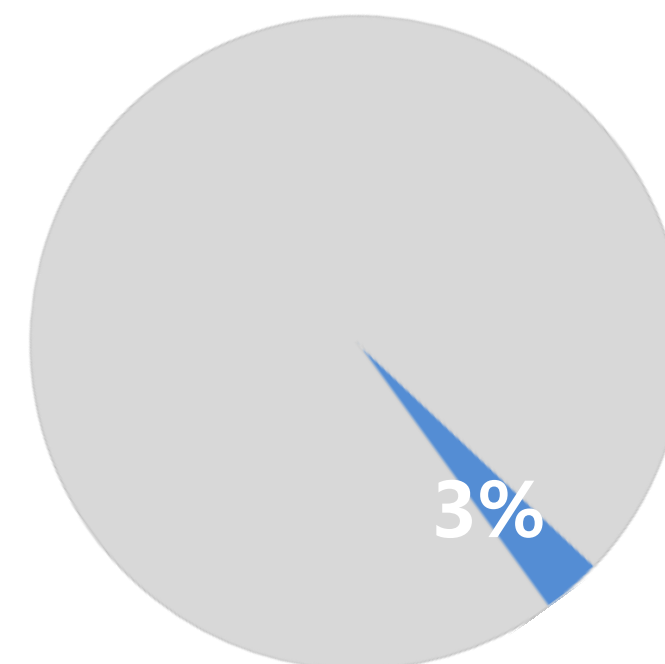
大丝束碳纤维制造商 (包含3家美国公司和德国SGL)



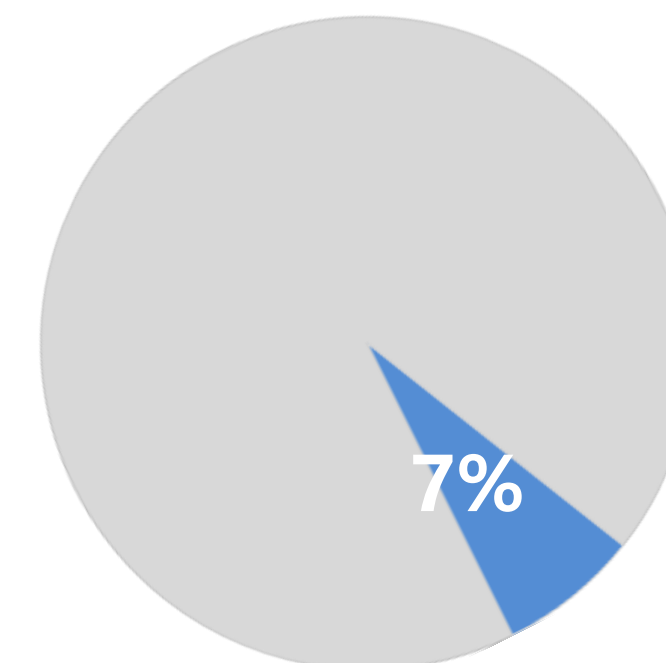
中国台塑集团



美国Hexcel公司



美国Cytec公司



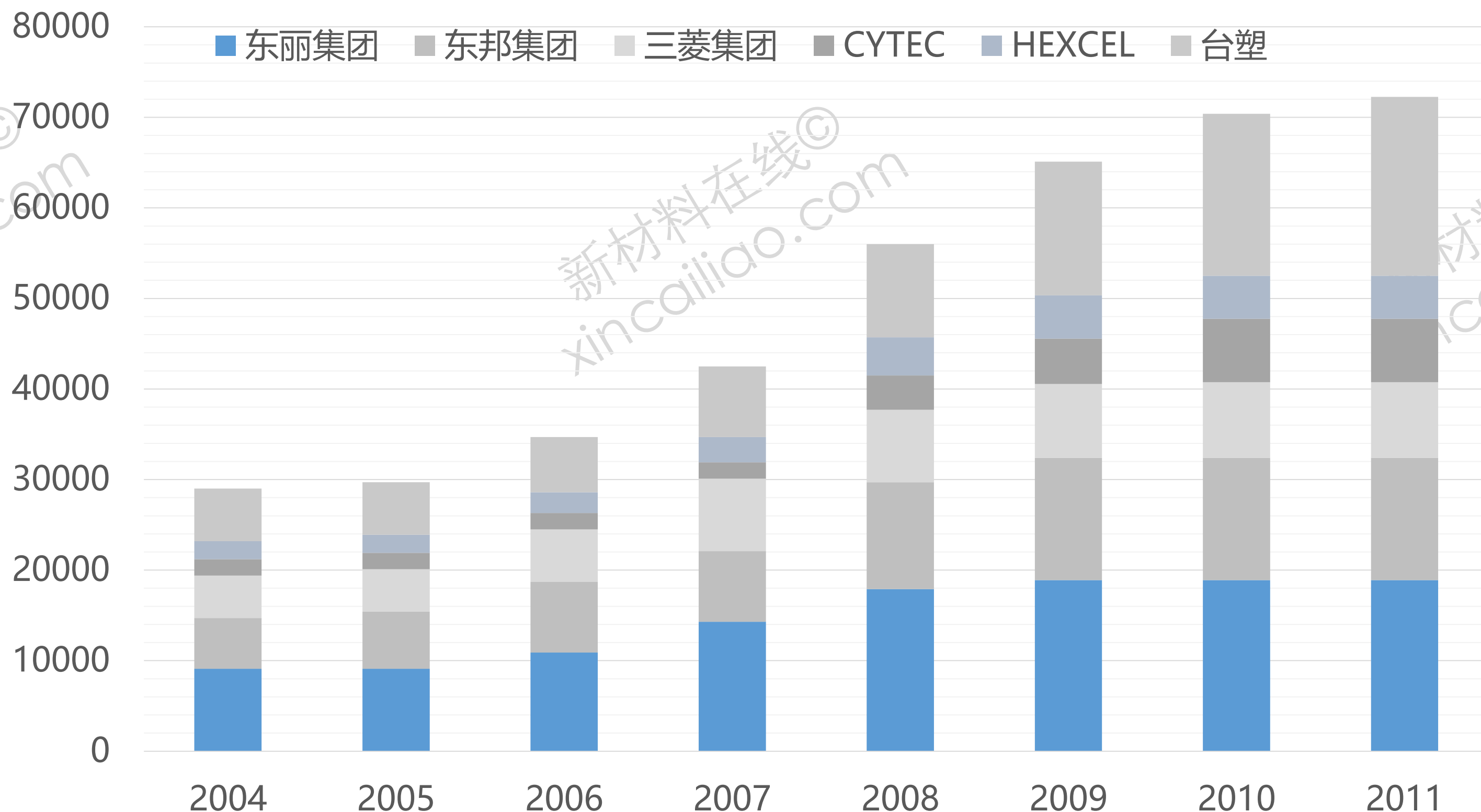
其他制造商

source: 《中国新材料产业》，新材料在线

全球主要碳纤维生产企业产能分析

近年来，随着航空及风力发电、汽车领域等工业需求量扩大，各碳纤维生产厂商纷纷扩大其生产规模，而且非常具有针对性。

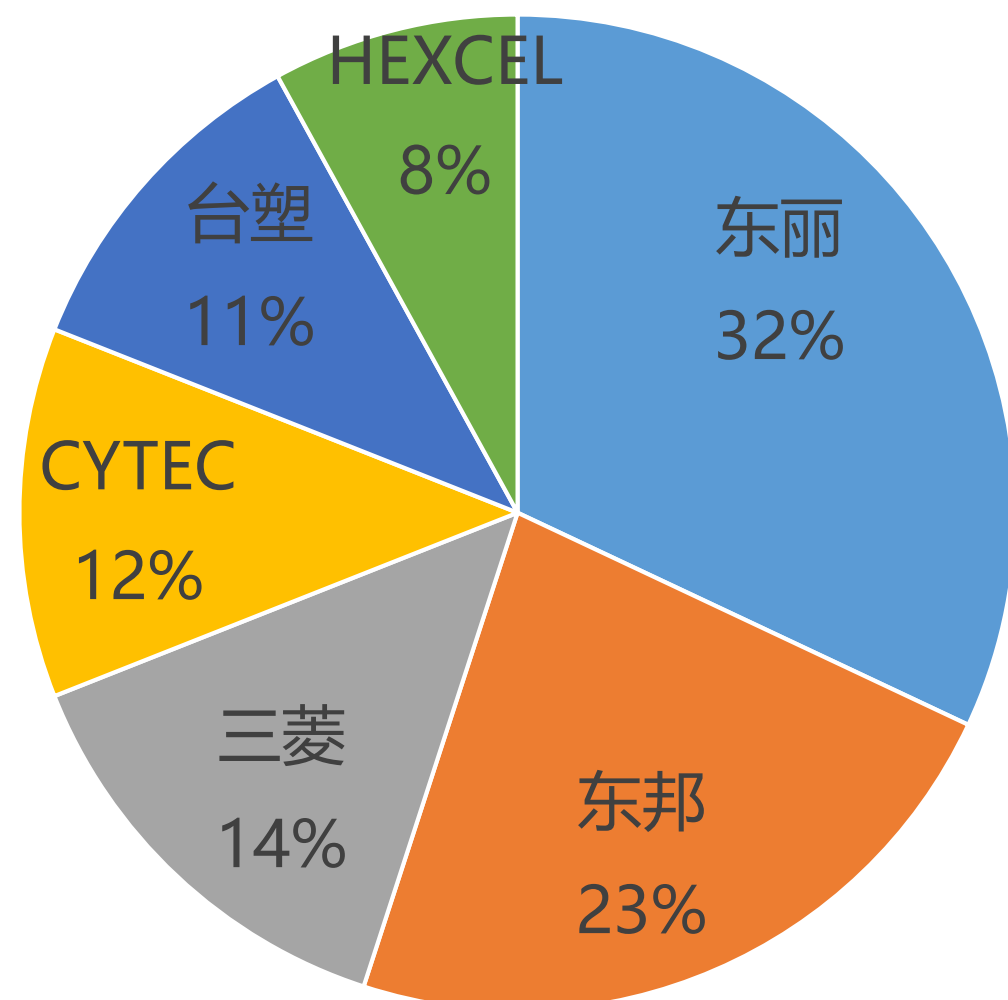
主要碳纤维生产企业产能情况（小丝束）（单位：吨）



全球碳纤维重点企业产业布局

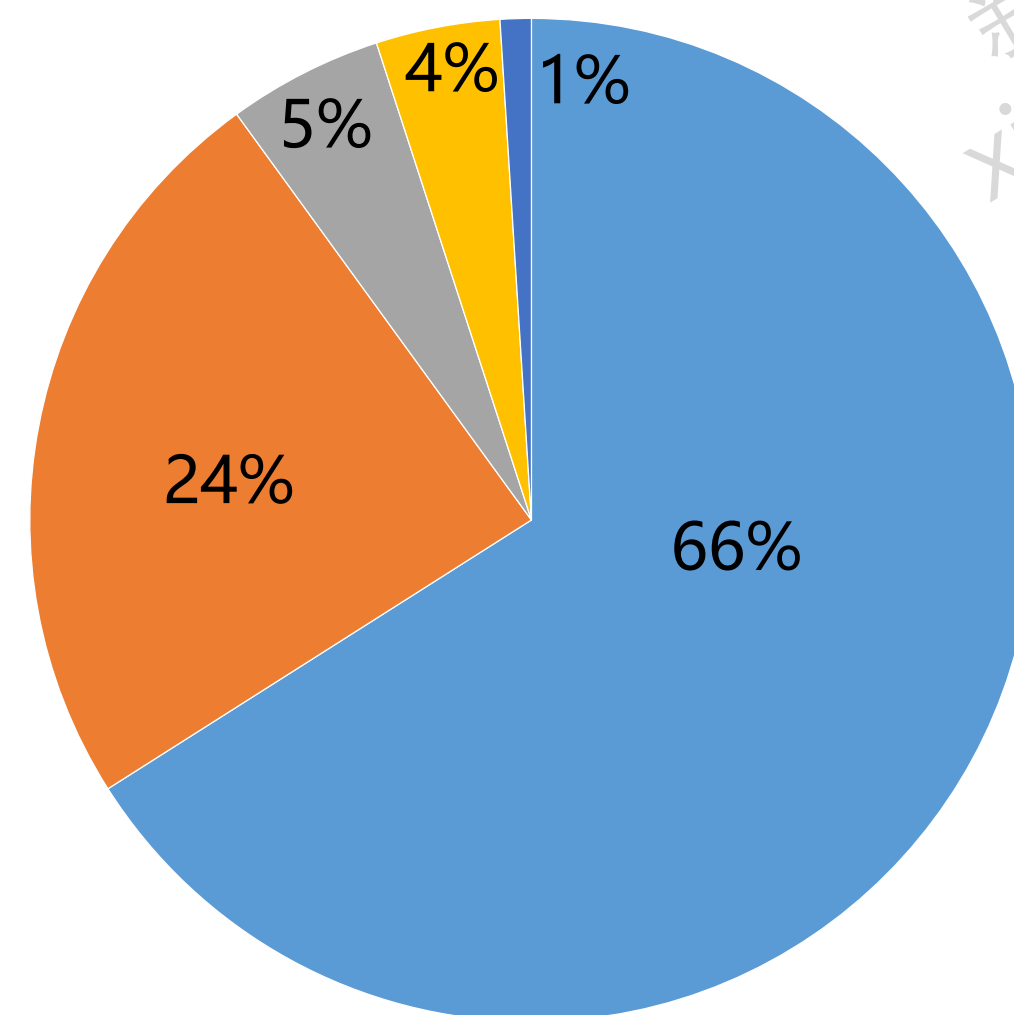
- ◆ PAN基碳纤维产品主要以日本为代表的小丝束碳纤维（1K-24K）和以美国为代表的大丝束碳纤维（48K-480K）两大类。
- ◆ 全球小丝束碳纤维生产基本上被日本碳纤维生产厂家控制，主要是东丽，东邦和三菱三大企业
- ◆ 全球大丝束碳纤维由美国Fortafil和美国Zoltek公司商品化。主要大丝束碳纤维厂家是美国Fortafil、Zoltek和Aldila三大公司，生产能力综合占世界总量的75%。

全球小丝束碳纤维行业集中度



■ 东丽 ■ 东邦 ■ 三菱 ■ CYTEC ■ 台塑 ■ HEXCEL

全球大丝束碳纤维行业集中度



■ ZOLTEK ■ SGL ■ Fotafil ■ Aldila ■ 东丽

全球碳纤维重点企业技术对比

高品质碳纤维核心技术由日美企业掌握，以下是碳纤维巨头企业技术对比：

	日本东丽公司	日本三菱公司	日本东邦公司
制造工艺	干湿法纺丝	湿法纺丝、干湿法纺丝	湿法纺丝
单体原料	丙烯酸、丙烯酸甲酯；丙烯腈、衣康酸	湿法：丙烯腈、丙烯酸胺和甲基丙烯酸。 干湿法：丙烯酸、丙烯酸甲酯	丙烯腈、丙烯酸甲酯
溶剂种类	DMSO	DMF	ZnCl ₂
专利数	320	250	60

Source: 广发证券

全球碳纤维市场容量和实际产能对比

Year	市场容量	实际产能	缺口
2012 (est)	111785	67071	60%
2016 (est)	156845	106655	68%
2020 (est)	169300	121896	72%

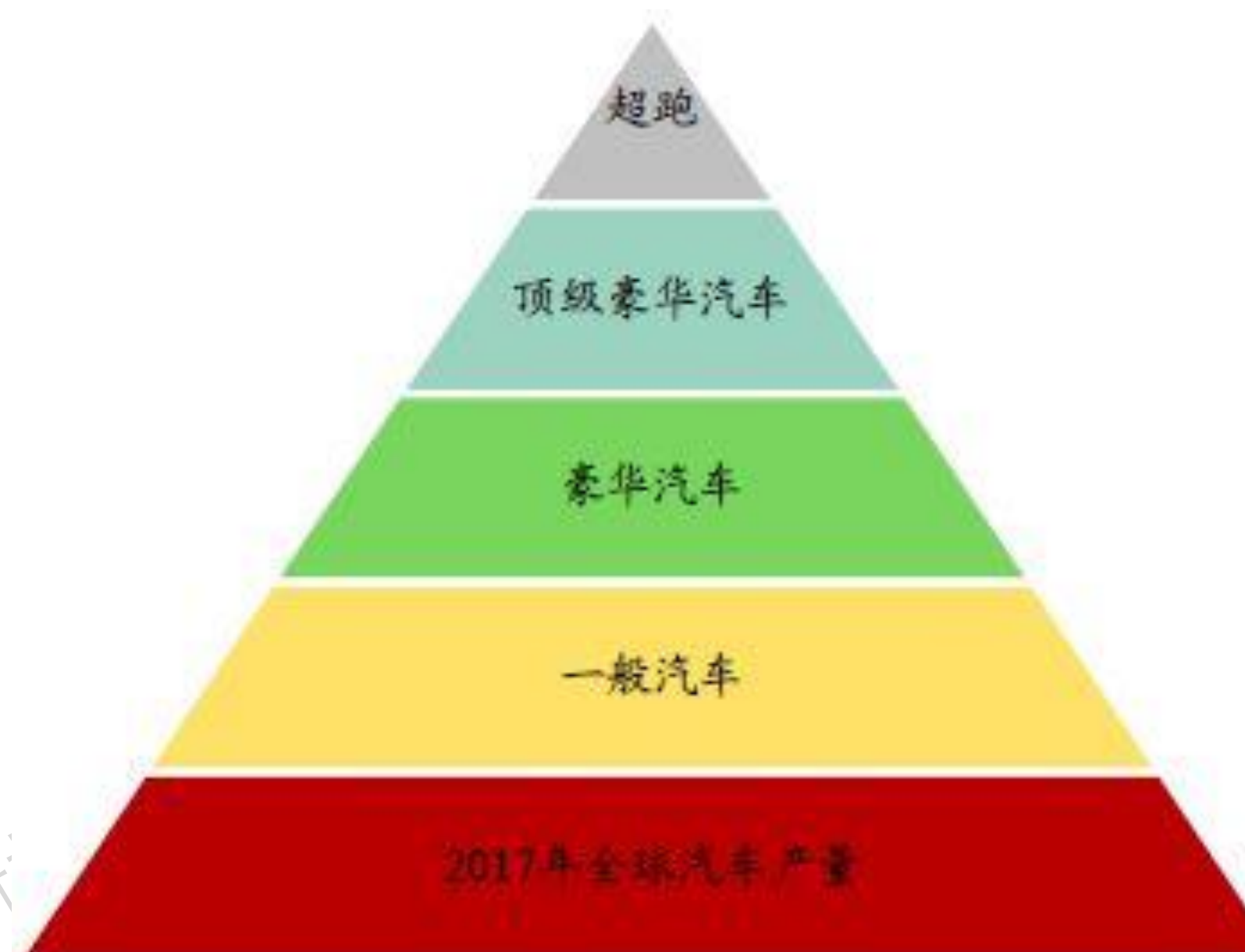
Source: Composites Forecasts and Consulting LLC

国内碳纤维产业与国外的差距

项目	国内	国际
航空航天	起步阶段	成熟应用
工业用	研发、起步阶段	技术解决, 应用推广阶段
风力发电叶片	研发碳纤维在3MW以上叶片应用	技术成熟, 应用上升
抽油杆	小批量生产和应用	
电缆导线芯	技术难题解决, 个别企业能规模化生产	
体育休闲	用量最大, 产业化生产	市场份额已经处于逐渐降低的态势
高尔夫	应用广泛	
钓鱼竿	生产量和国际市场份额世界领先	

碳纤维未来发展趋势

◆ 碳纤维将成新一代汽车轻量化材料



2018年全球不同车型汽车产量预计

碳纤维材料使用率—乐观预测/中性预测

碳纤维需求量

2018年全球不同车型汽车产量预计	碳纤维材料使用率—乐观预测/中性预测	碳纤维需求量
6K	100%/50%	600t/300t
600K		
4 Million	10%/5%	46000t/23000t
92 Million	0.1%/0.05%	9200t/4600t
97 Million	-	-

碳/碳复合材料应用研究报告

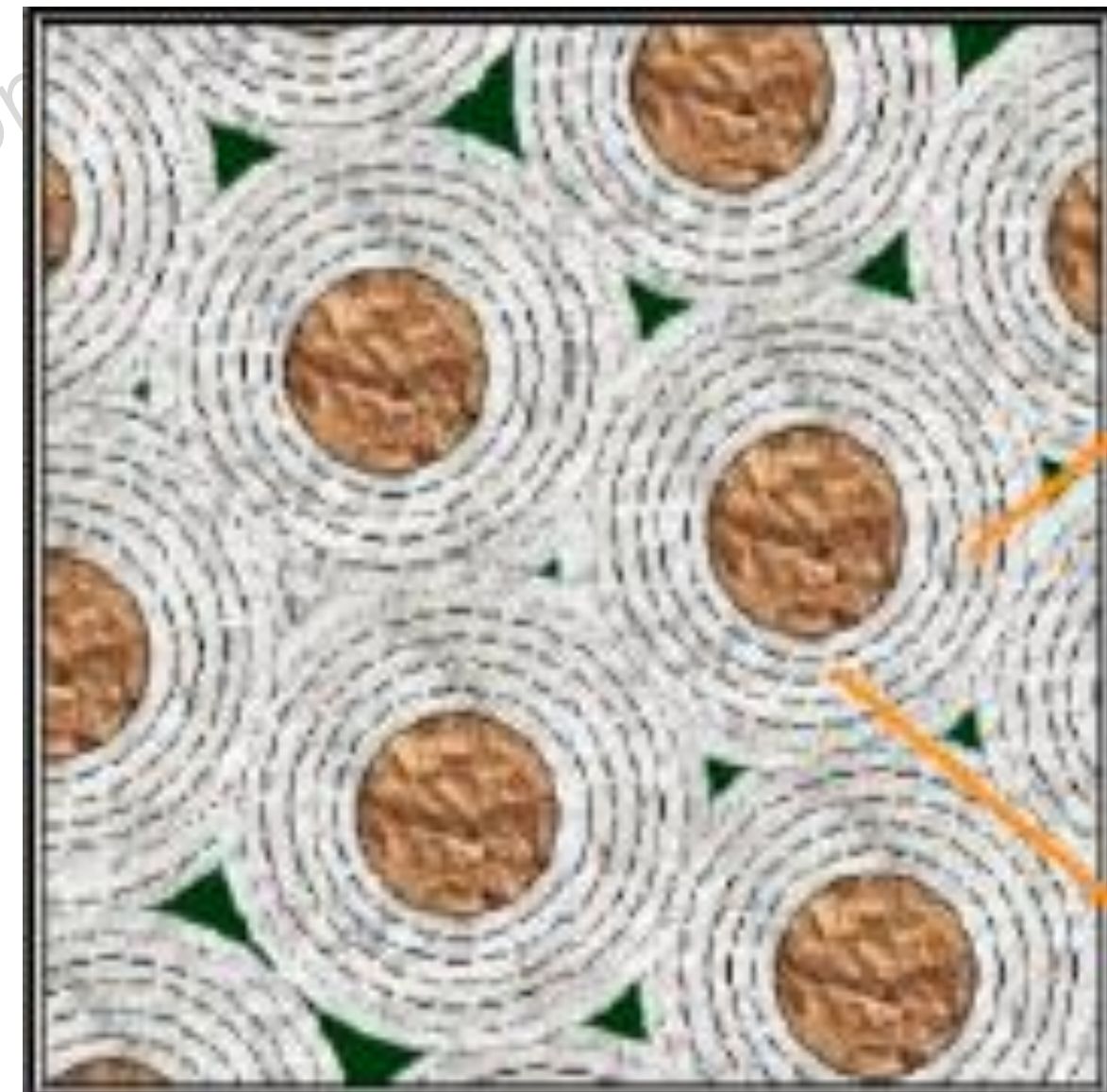
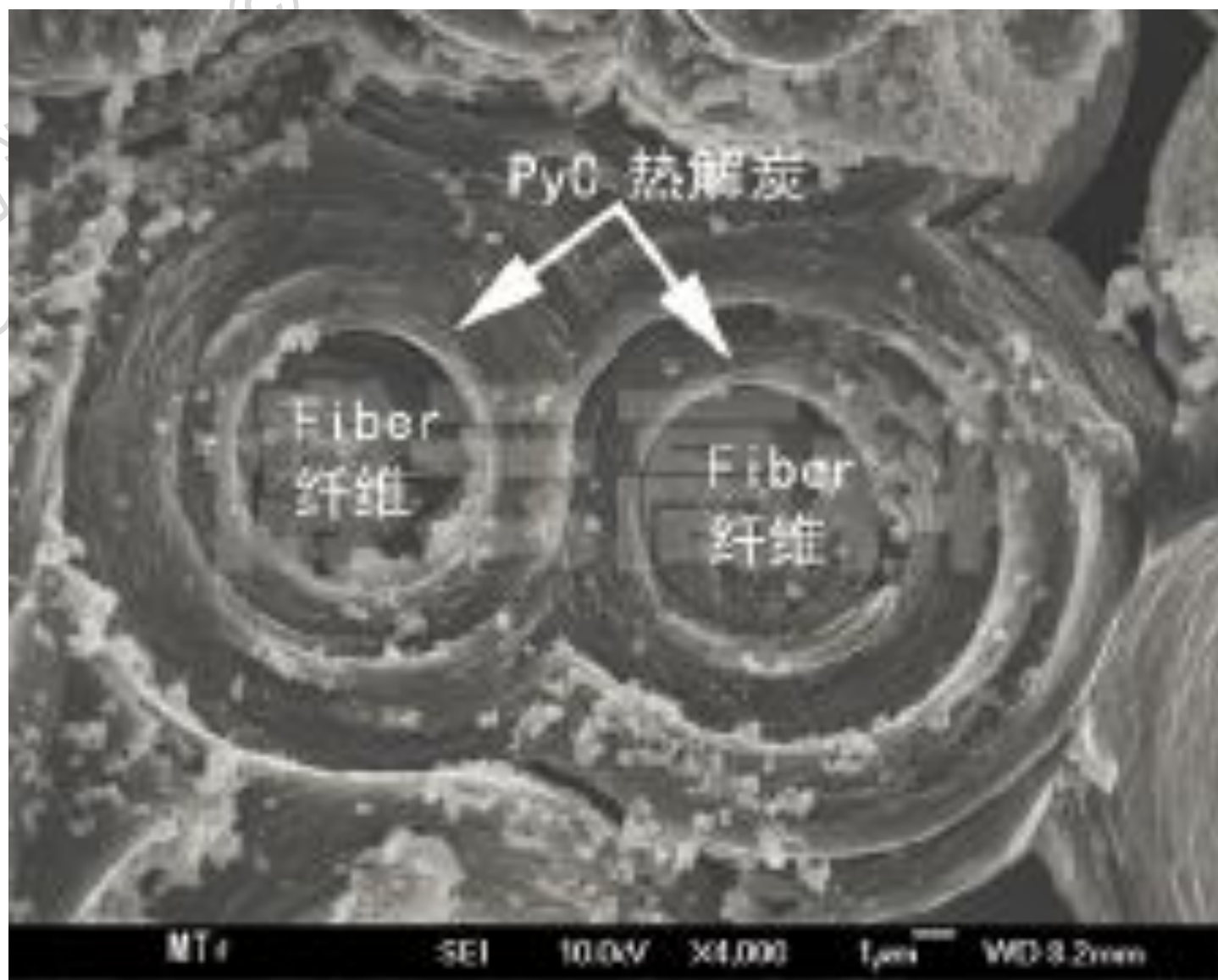
新材料在线©
xincailiao.com

新材料在线©
xincailiao.com

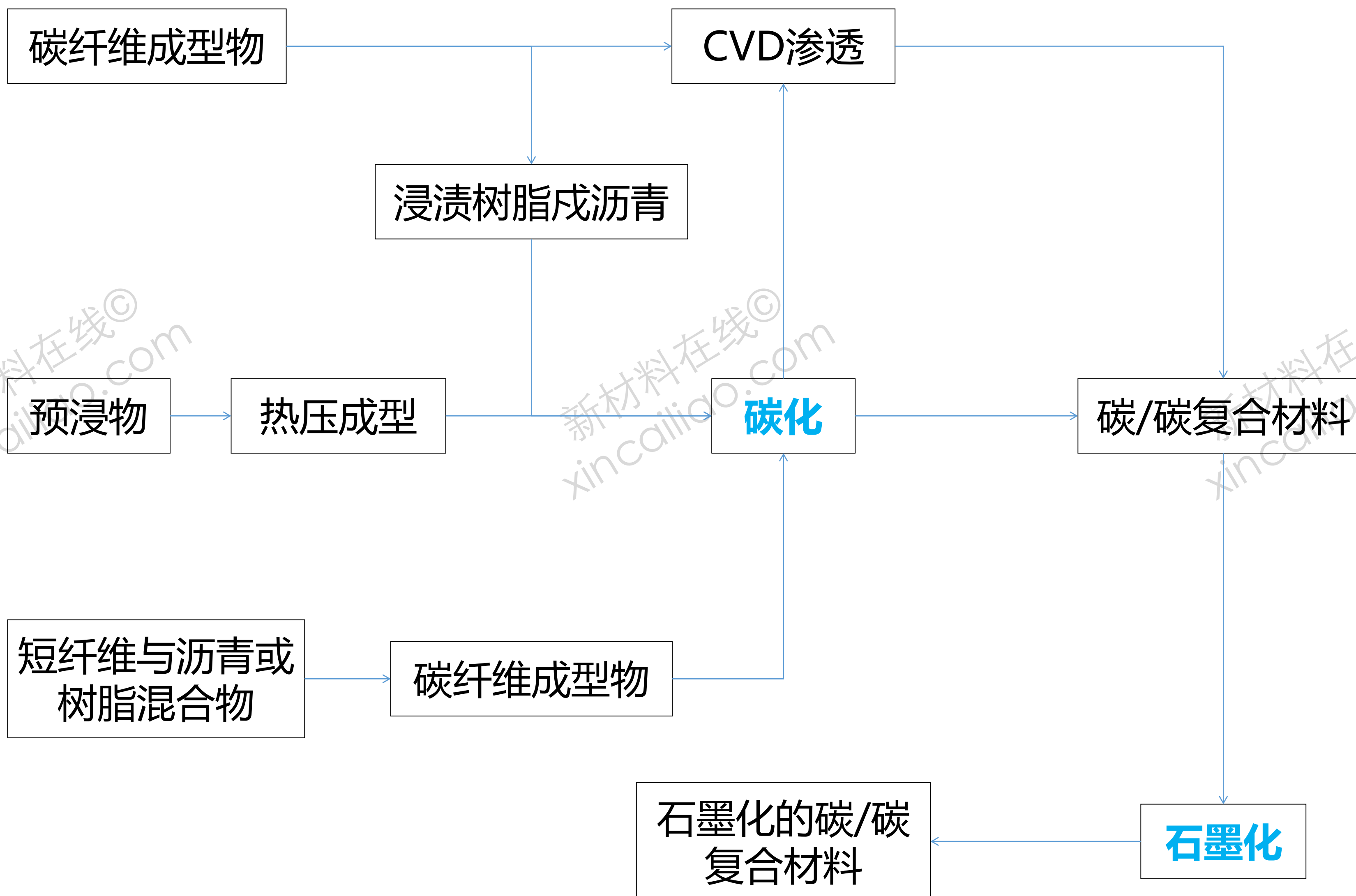
新材料在线©
xincailiao.com

什么是C/C复合材料

碳纤维增强碳基体复合材料 (Carbon fiber reinforced carbon composites) 简称碳/碳 (C/C) 复合材料。碳 / 碳复合材料是由碳纤维制成的骨架通过碳基体增密而成，两者均由人工的纯碳元素构成。碳基体材料是唯一能够呈现出各种各样不同的甚至完全相反的结构和性能的固体材料。



C/C复合材料工艺流程



C/C复合材料性能

- ① 在惰性气氛中的高温热稳定性
(3000°C)
- ② 2200°C的无氧环境下保持室温强度
- ③ 耐热沉积能力强
- ④ 热膨胀系数低
- ⑤ 热导率高
- ⑥ 耐磨性好, 自润滑
- ⑦ 无毒, 抗腐蚀性好
- ⑧ 无氧条件下化学活性低
- ⑨ 密度低, $<2.0\text{g/cm}^3$

比较对象	C/C复合材料
金属	<ul style="list-style-type: none">● 良好的耐热性● 极小的热膨胀率● 很轻的重量 (只有铁的1/5)● 良好的耐腐蚀性
石墨	<ul style="list-style-type: none">● 更高的强度● 更好的韧性, 不易破碎
陶瓷	<ul style="list-style-type: none">● 更好的韧性, 不易破碎● 不易粘结 (不会胶合)● 耐热冲击性好● 容易加工
树脂	<ul style="list-style-type: none">● 良好的耐热性● 良好的耐腐蚀性● 高的耐摩擦性

C/C复合材料应用领域

C/C复合材料最早应用于航空航天领域、生物医用等领域，由于碳纤维原材料及生产制造成本的降低，目前已广泛应用于**耐热材料领域、摩擦材料领域、高机械性能领域**等。

耐热材料领域



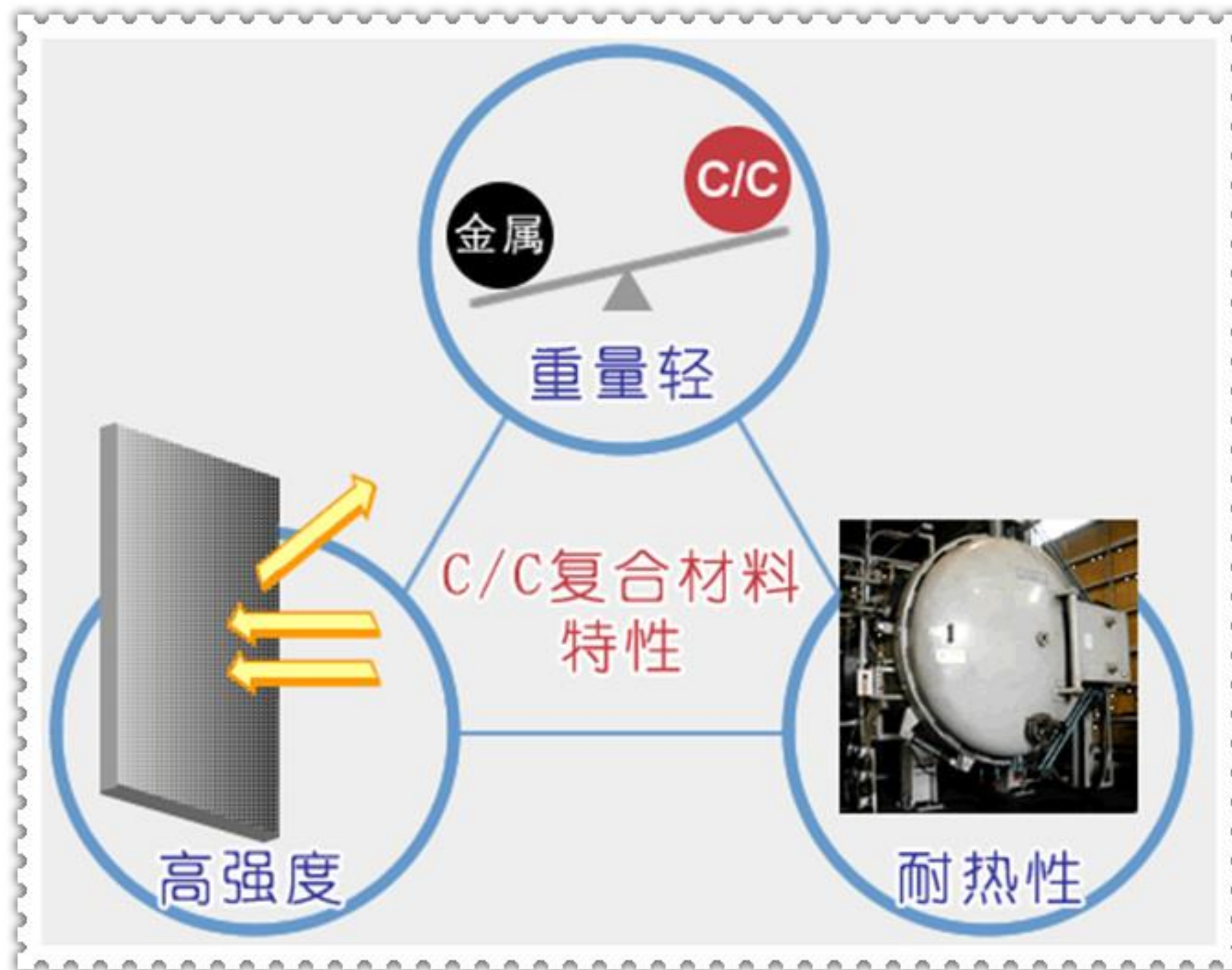
摩擦材料领域



高机械性能领域

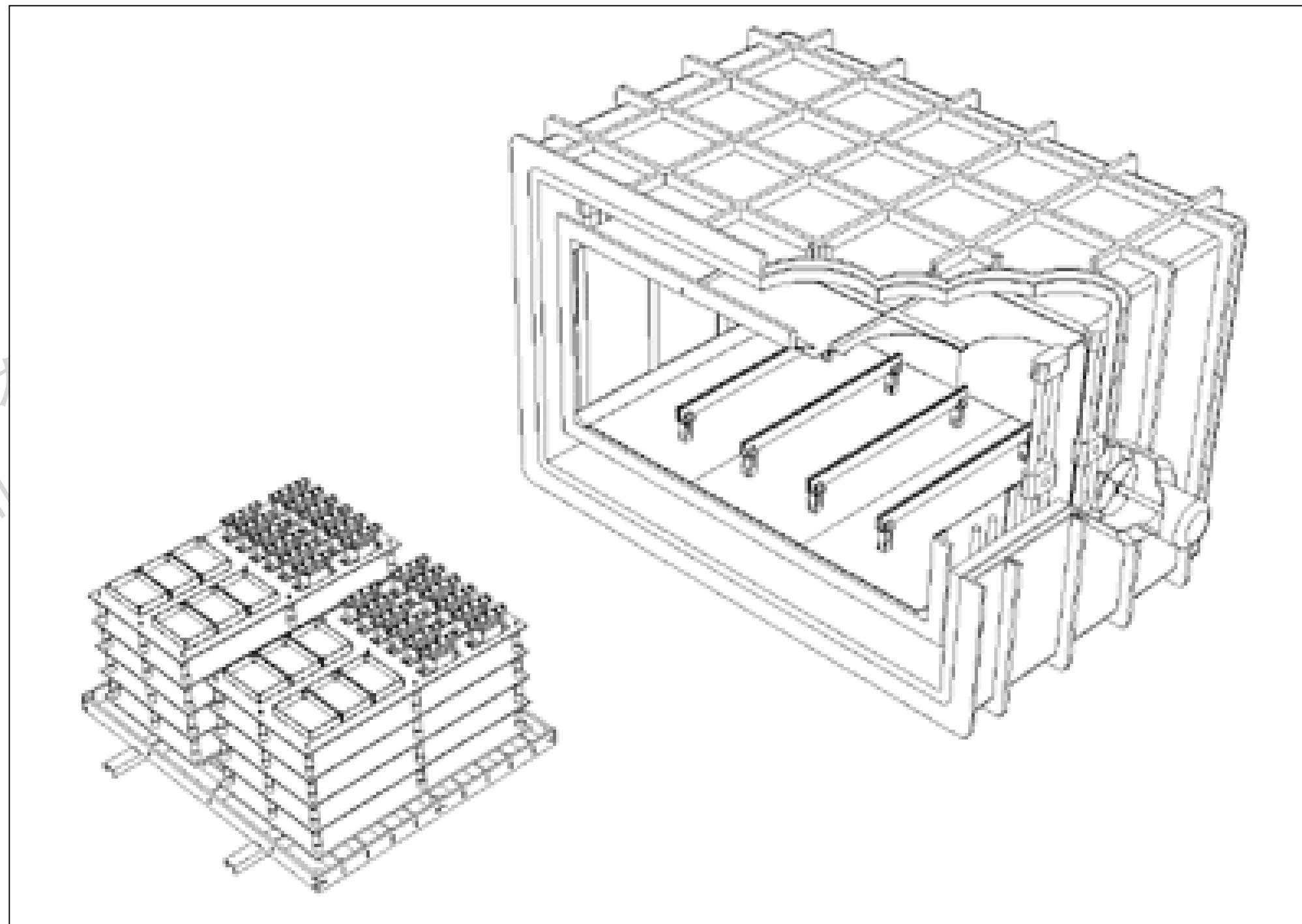


C/C复合材料在耐热材料领域的应用



- 产品在2000°C~2500°C下生产而成，遇热变形的状况不会发生。
- 同时，为了使产品达到更好的耐热冲击性，产品经过了反复的热处理。
- 产品的密度为1.6~1.7g/cm³，产品重量是耐热钢的1/4。
- 因为碳素纤维经过强化处理，强度是原来石墨材料的3~5倍，产品掉落也不会产生损伤。

耐热材料领域-工业炉零件



炉子模型

风扇

加热器

料盒

炉体

隔热护板

料架

炉床

耐热材料领域-炉内材料

□ 炉床

□ 风扇

□ 加热体

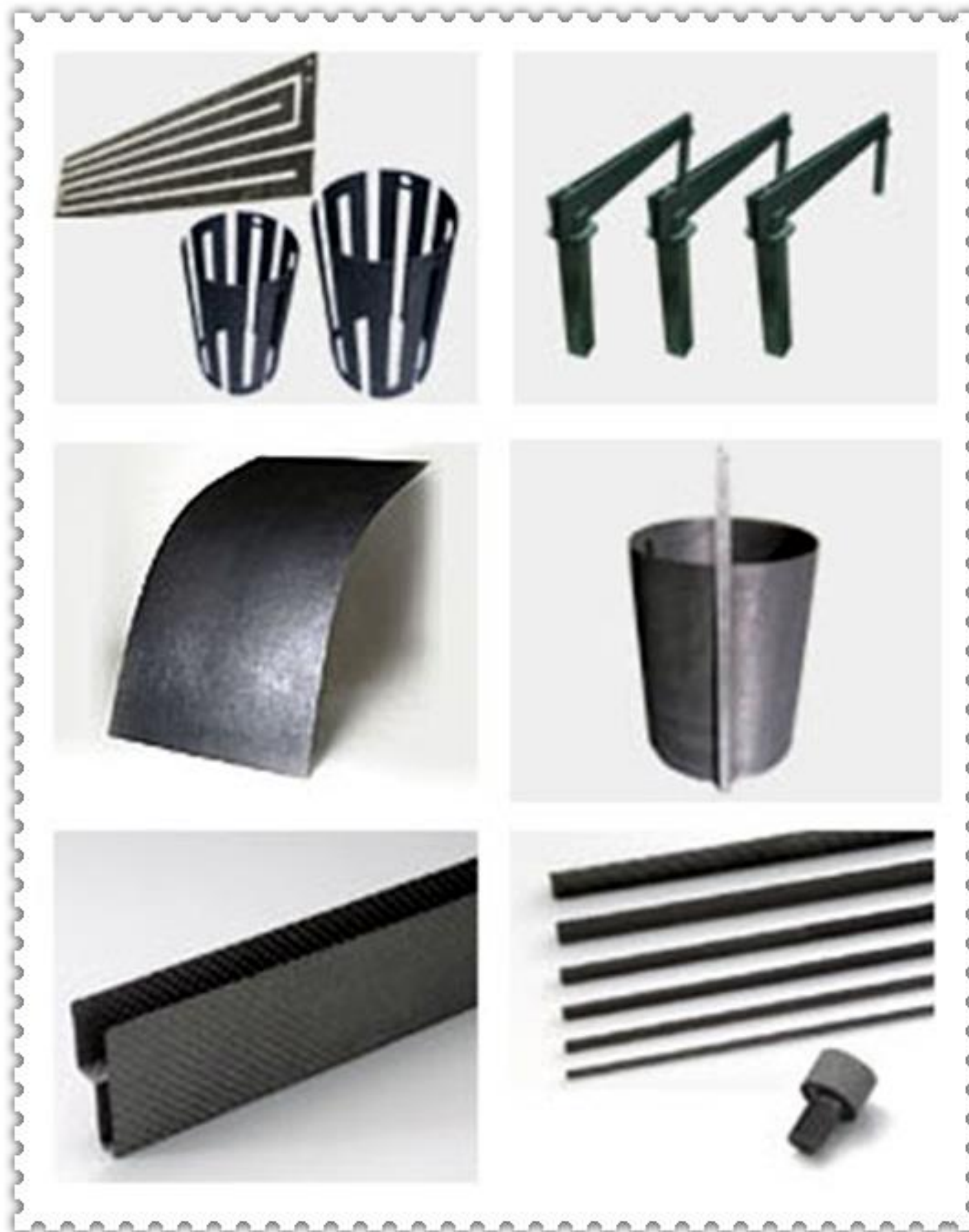
□ 炉体

□ 承重板

□ 保温材

□ 保护用异形板

□ 螺栓，螺母，垫片



耐热材料领域-炉内材料-炉床



C/C复合材料的炉床，与原来的石墨材料相比，因为材料本身的强度增大，可以减少材料的使用量，以减轻炉内重量。因此，C/C材料的采用可以大幅增加炉内需要处理材料的重量，增加生产量，可以提高产品的生产率。

耐热材料领域-炉内材料-风扇



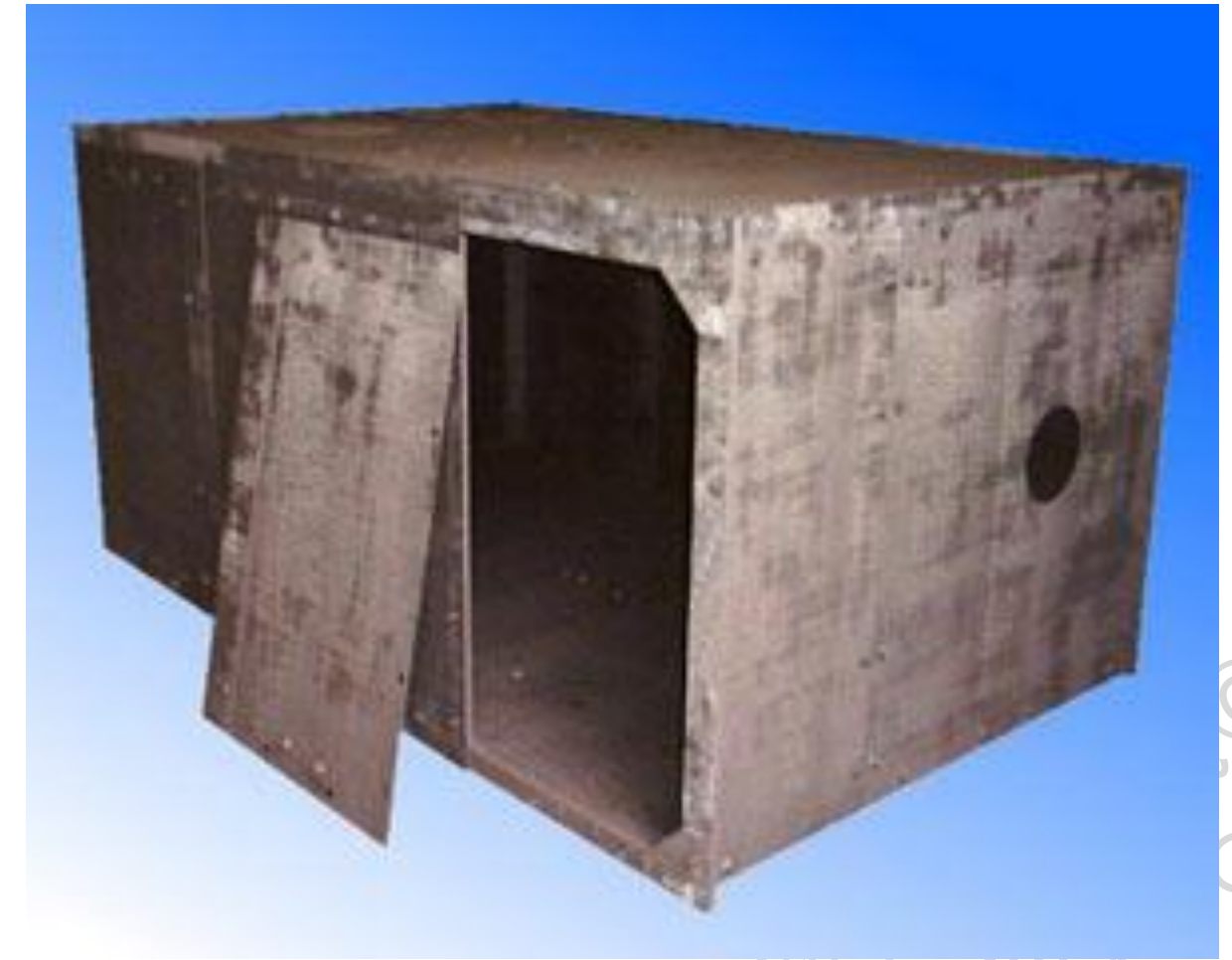
- 热处理炉生产部门需要选择很多的标准品。
- C/C复合材料的风扇，与原来的不锈钢风扇相比，由于没有热变形带来的困扰，所以不需要维修。
- 又因为C/C复合材料质量轻，强度高的特点，可以大大减轻发动机的负担。

耐热材料领域-炉内材料-加热体



- 与原来的石墨材料相比，C/C复合材料的加热体具有“高强度，高弹性”的特点。
- 又因为C/C复合材料经过了炭素化处理，有着良好的加工性能。
- 因此，用C/C复合材料可以相对应的制作出尺寸大，厚度薄的各种尺寸的加热体。

耐热材料领域-炉内材料-炉体



- 根据C/C符合材料具有“质量轻，强度高，没有热变性”特性，可制作出热处理炉的炉体部分。
- 产品与原来石墨材质的炉体相比，由于产品本身强度大，可以采用更少的材料；从而减轻重量。
- 并且增加了热效率性能，提高了生产效率。

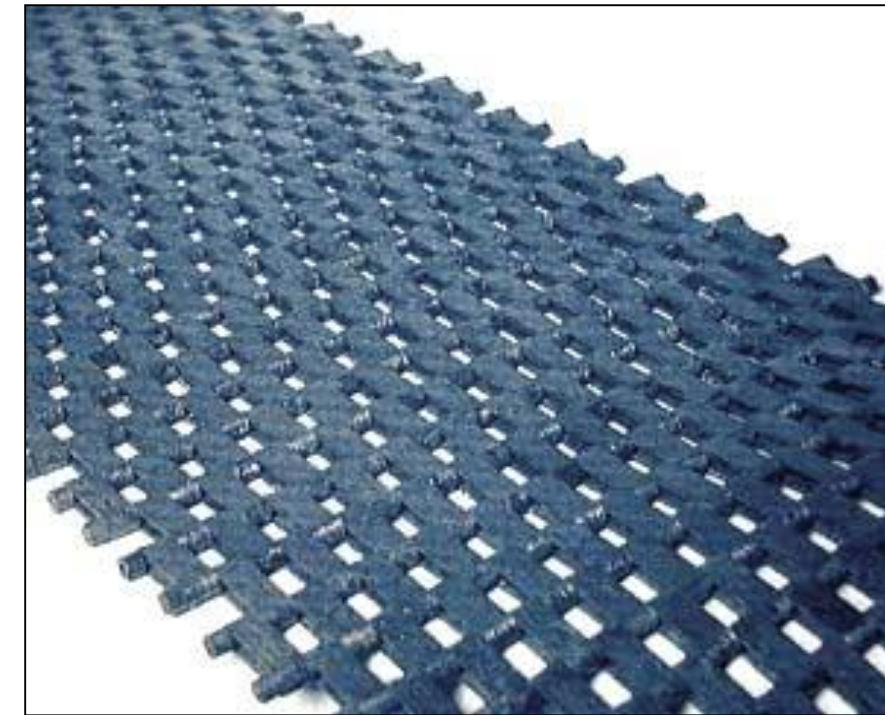
耐热材料领域-炉内材料-承重板

辊棒:



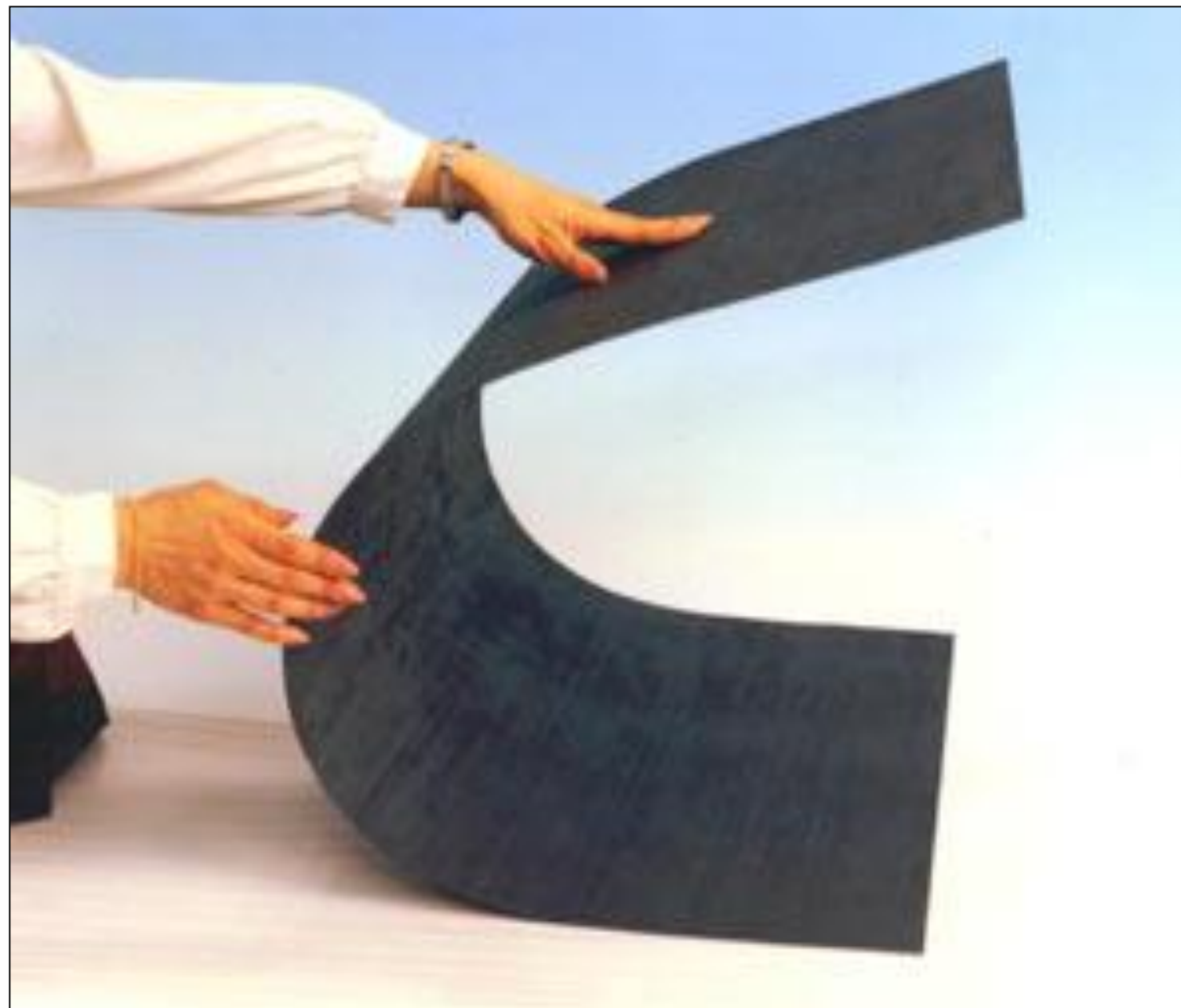
- 对于连续高温炉，一般其设计和制造都会采用标准品。当炉内运送重物时，一般会采用薄钢板。
- C/C复合材料与原来的耐热刚质辊棒相比，其不同之处在于C/C耐热性能高，不需要进行水冷。因此可以提高炉内的保温性。并且避免水冷系统漏水的问题。
- 同时，由于C/C材料几乎没有热变性，可以大幅降低维修的次数，提高生产效率。
- C/C辊棒本身质量轻，能够减少炉内20~50%的能量损耗。

高温炉运输用连接板:



- 连续高温炉在设计 and 制造使更多的选择并使用标准品。
- 与耐热刚的联接板不同，C/C的联接板没有热变性，使用寿命长，可以降低托盘的更换频率，减少炉子维修次数，提高生产效率。
- 此外，由于托盘本身重量的降低，保温性能的提高，降低了搬送设备的负荷，并且大幅降低了能源损耗。

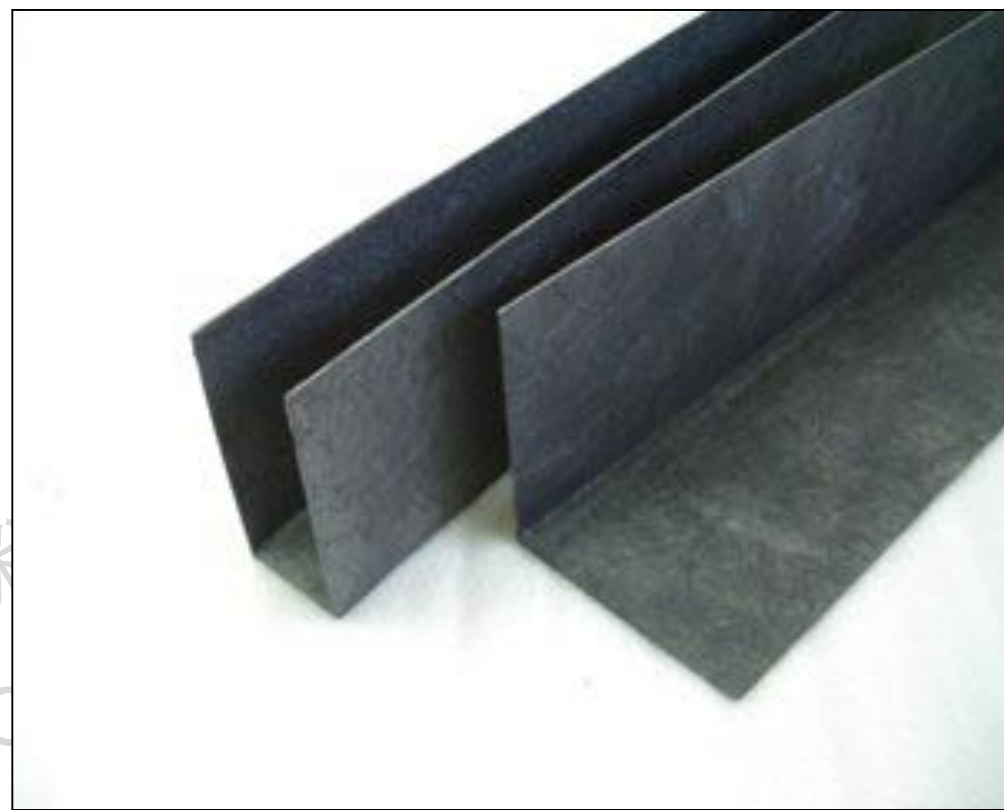
耐热材料领域-炉内材料-保温材



- 板材主要用于炉内对保温材料的保护。延长保温材料的使用寿命，减少保温材的更换频率，并减少维修的次数。
- 此外，如图所示，产品可以折弯，所以在圆形炉里面的使用也是可以实现的。
- 板材详细尺寸见物理性能。

耐热材料领域-炉内材料-保护用异形板

L型:



U型:



h型:



- 为了满足保温材不同形状的需求，我们特意制作了不同形状的角型板。(L型，U型，H型)
- 产品可以保护保温材料的边角部分，增加强度。
- U型，H型角板具体尺寸见“物理性能”

耐热材料领域-炉内材料-保护用异形板



- C/C复合材料的螺栓螺母可以在2000°C高温下使用
- 产品具有石墨的“没有热变形”的优点，而且可以多次使用没有热损伤，且容易移动。
- 也可以根据客户的不同要求生产不同尺寸的产品。
- 全螺产品及一些标准螺栓都有库存，如有需要，可即刻按照需求交货。

耐热材料领域-炉内材料-垫片



新材料在线©
xincailiao.com

新材料在线©
xincailiao.com

- 根据独有的弹簧技术，生产出含螺纹垫片产品。
- 它可以在高温下仍然保持弹簧的特性，因此适用于加热体的端部以及减轻螺栓的受力的部位。

耐热材料领域-炉外材料

□料架

□料盒

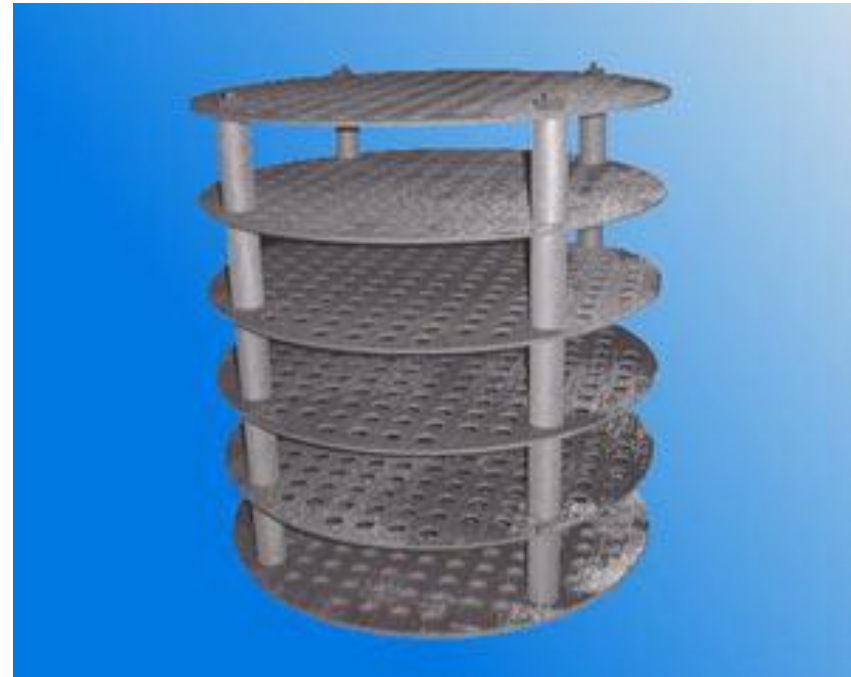
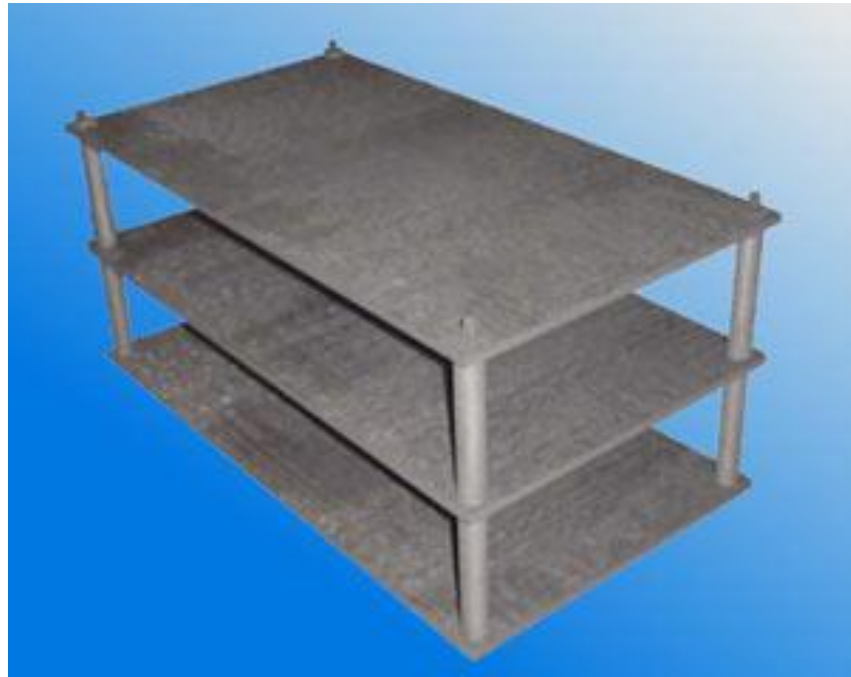
□夹具

□弹簧

□玻璃生产线用部件



耐热材料领域-炉外材料-料架



- CFC产品与原来的耐热钢托盘料架相比，具有质量轻，无变形的优点；且具有比石墨材料强度高的优点。因此，CFC的托盘料架自身的重量也可以得到减轻。



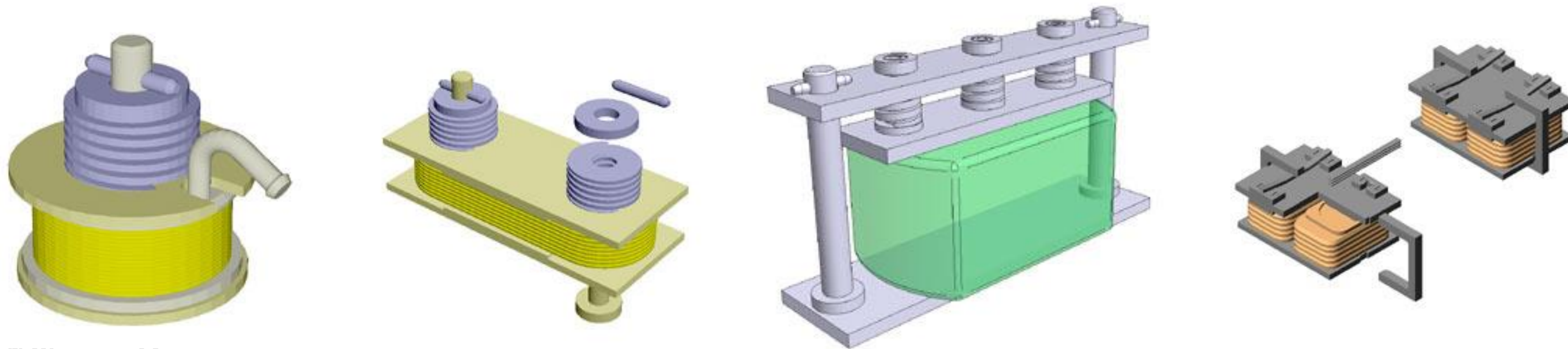
- 根据上述的优点，CFC材料在所有的热处理环境下，都可以发挥其优异的性能，包括脱蜡，金属热处理，粉末冶金等多样条件下均可使用。

- CFC产品在生产设备里面的应用，可以减轻托盘和承载框的重量，因此可以提高生产能力，减少操作时间，并且可以节省能源；另外，由于不需要反复操作，可以延长产品的使用寿命。



- 此外，由于热处理的使用条件各不相同，还需要客户根据各自的使用情况选择合适的产品。

耐热材料领域-炉外材料-夹具

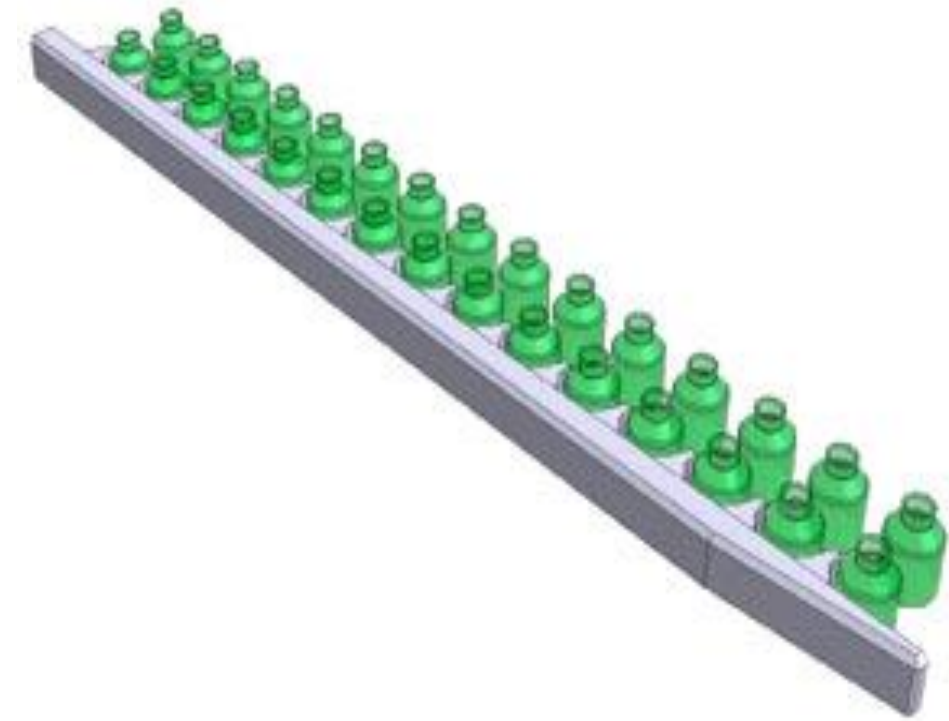


- 对于脱蜡行业，扩散结合行业，以及金属热处理行业来说，为了使产品得到最佳效果，产品夹具的改良成为一个大的课题。
- C/C材料本身热变形小，可以在热处理条件下多次使用，而且具有比耐热钢质量轻的优点。
- 除此高温下的优异性能之外，产品与我公司独资研发的弹簧产品配套使用，可以给夹具带来一定的使用保护，从而可以提高生产能力，并且提高可操作性。



- 独有的弹簧产品保持了C/C材料耐高温，可反复使用的优良特性。
- 同时，产品在具有高硬度，高韧性的基础上，还有着良好的耐磨耗性，耐触摸性等，因此在很多行业有着广泛的应用。

耐热材料领域-炉外材料-玻璃生产线用部件



- 产品可以应用于玻璃瓶的搬运生产线。
- 产品具有良好的耐热冲击性，且强度大，因此在高速搬运的生产线上，不会产生断裂现象。
- 同时，产品具有碳素材料的耐磨耗性，自润滑性，这使产品的使用寿命增长，并且减少了更换，维修的频率。

- 产品与原来的碳素材料的高强度相当，但具有更好的耐热冲击性，所以不会产生破损，且安装和取出都很方便。
- 此外，产品在具有高强度的时候，还有着优异的加工性能，因此可以根据需要，加工出各种各样需要的形状。

- 在玻璃瓶搬运中，可以帮助整列排放。
- C/C材料做成的堆放条即使在玻璃瓶的温度很高的情况下搬运，也不会产生热变形。因此，可以大幅降低堆放条的更换和维修次数。
- 我们具有高温炉行业的制作经验，根据这些经验，我们可以制作长度达到3米以上的产品。

耐热材料领域——单晶硅生长炉热场部件

单晶硅是半导体太阳能光伏电池产品的重要材料之一，单晶硅炉的衬套、衬板、发热体、隔热屏、导流筒、坩埚等重要热场部件均用C/C复合材料来代替传统高纯石墨材料制造。



坩埚



保温筒



导流筒



加热器

耐热材料领域——单晶硅生长炉热场部件

单晶拉制炉热场系统

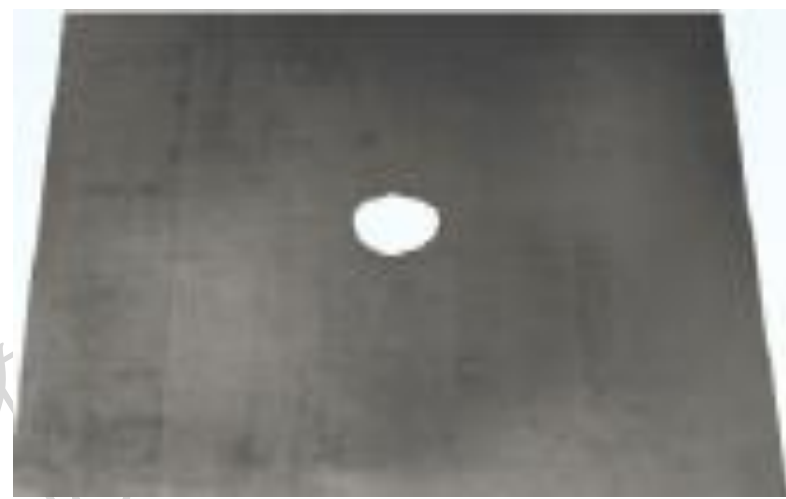


新材料在线©
xincailiao.com

新材料在线©
xincailiao.com

耐热材料领域——C/C材料板材和型材

C/C材料板材和型材作为该材料的一种结构形式，一般由碳布编织或无纬布针刺编织而成，应用十分广泛。目前市场绝大多数为日本、德国进口。主要用于生产高温炉内衬、烧结炉工艺衬条、装料构件、支撑栅格，板状发热体及加工各种高温架构件的原材料，市场前景十分广阔。



盖板



加热器



电极



紧固件



顶板

耐热材料领域——高温结构材料

由于C/C复合材料具有优异的高温机械性能，低的热膨胀系数，良好的抗热冲击性能。因此广泛用于高温下承受载荷的零部件及结构材料。



园舟皿



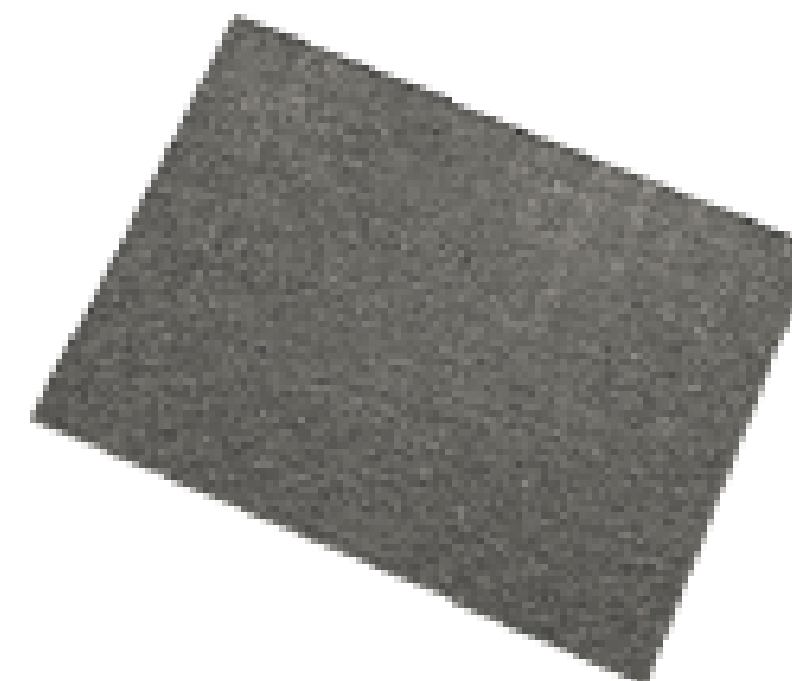
坩埚



棒材

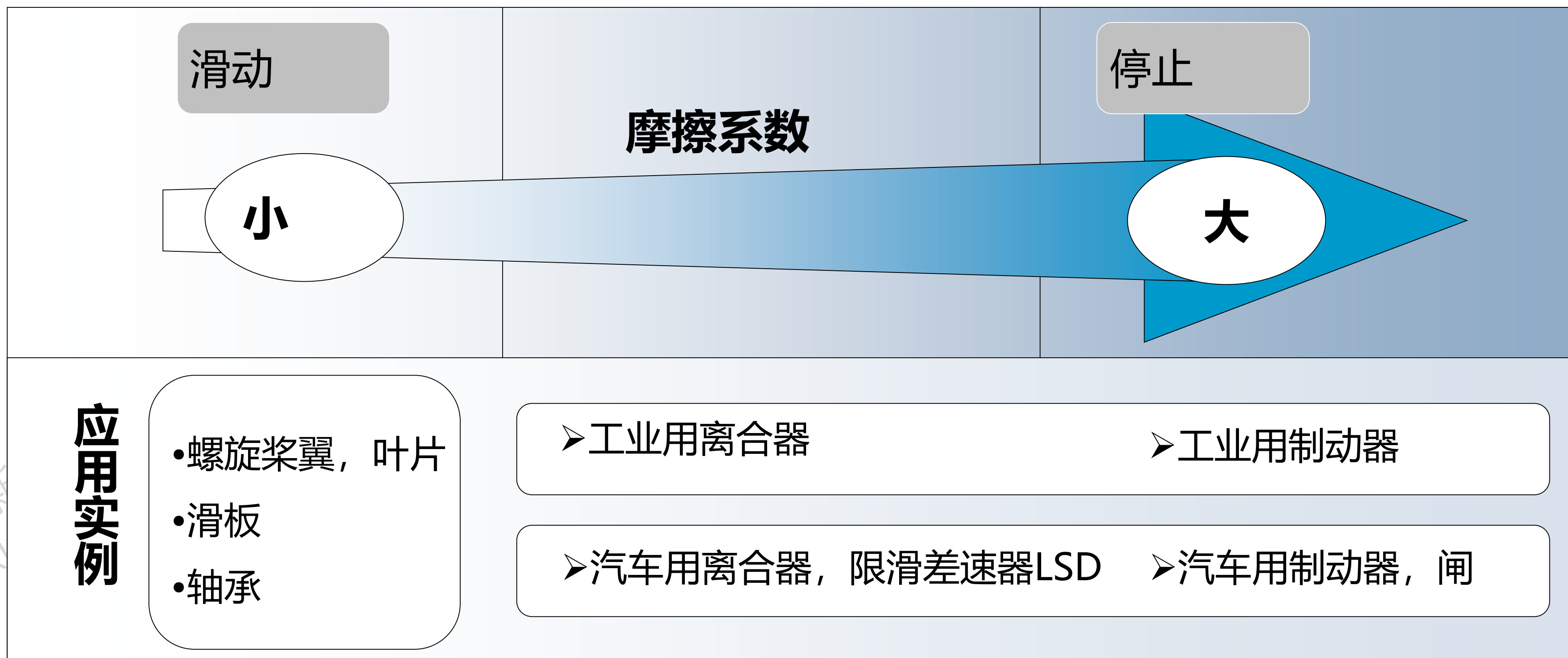


方舟皿

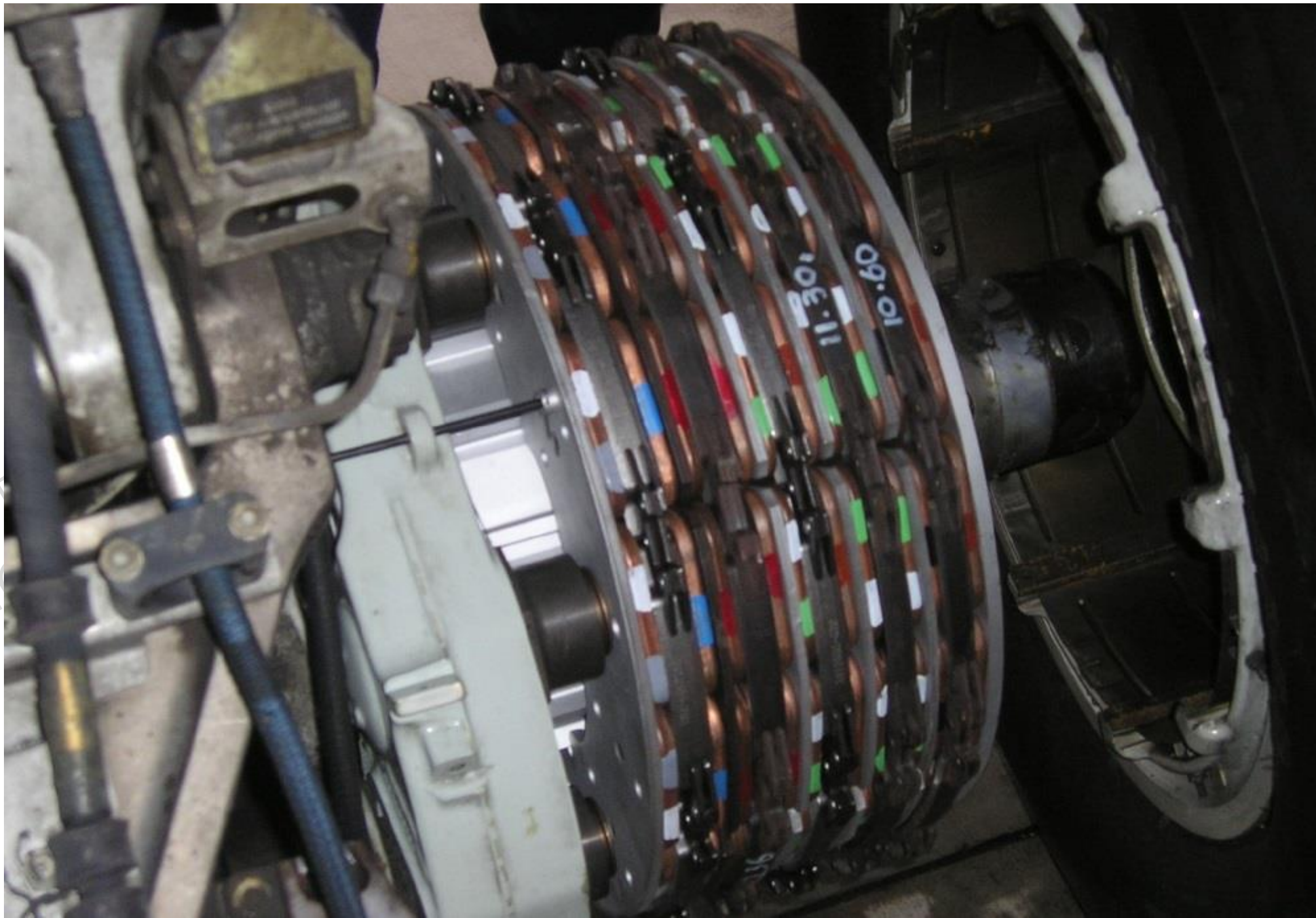


板材

C/C复合材料在摩擦材料领域的应用



摩擦材料领域——刹车盘



C/C复合材料在高机械性能领域的应用

高机械性能C/C材料介绍

以前，机械领域的部件多用陶瓷，铝，CFRP等材料制备，随着该行业的快速大型化，高速化的发展，对于材料的轻量化和耐热性提出了更高的要求。为了满足客户的需求，因此提出了高性能C/C材料。

高性能C/C材料的特征

- 重量轻
- 高弹性
- 低热膨胀
- 高刚度和韧性
- 高耐热冲击性

应用举例

- 耐热盘
- 承载盘
- 吸附平台
- 辊棒
- 电极材料
- 机械臂
- 机械手
- 保温筒
- 耐热垫板



C/C复合材料相关企业

摩擦材料领域

耐热材料领域

高机械性能领域

碳化设备



- Honeywell
- B.F. Goodrich
- Messier-Bugatti
- Dunlop
- 博云新材
- 航天科技集团 703 所
- 航天科技集团 43 所
- 上海大学复合材料所

- SGL
- KUREHA(吴羽化学)
- TOKAI (东海碳素)
- TOYO (东洋碳素)
- 金博科技**

- 金博科技**
- 博云新材

- 顶立科技
- 久泰冶金

重点企业介绍——湖南金博复合材料科技有限公司



公司名称: 湖南金博复合材料科技有限公司

成立时间: 2005年6月6日

公司地址: 湖南省益阳市迎宾西路2号

主营业务: 碳/碳复合材料 (CFC)

技术实力: 公司具有一支由院士、博士、高级工程师和技师组成的创新团队，研发实力雄厚，已申请专利79项，获授权63项，其中发明专利21项，牵头制定了4项国家与行业标准

行业地位: 湖南省高新技术企业、国家火炬计划重点高新技术企业、国内第一家也是目前唯一一家具备碳碳复合材料全产业链和低成本制备能力的企业



KBC The Carbon Carbon Corporation
湖南金博复合材料科技有限公司
KBC Corporation, Ltd.

如果您对金博复合材料科技有限公司感兴趣，请回复：
金博科技+您的需求+姓名+单位+电话
我们将为您提供更加详细的信息。

重点企业介绍——湖南顶立科技有限公司

公司名称：湖南顶立科技有限公司

成立时间：2006年

公司地址：湖南省长沙市暮云工业园内

主营业务：碳及碳化硅复合材料、真空热处理、粉末冶金、

光伏材料及锂电材料等行业提供高端工业加热电炉

技术实力：发明专利40余项，主持起草行业标准4项，获得湖南省科技进步三等奖2项，

中国有色金属工业科技进步2等奖2项、3等奖1项，湖南省发明专利3等奖1项

行业地位：“湖南省信用与质量3A级单位”，“顶立”商标获湖南省著名商标。公司产

品畅销国内，远销美国、欧洲、日本、韩国、加拿大、澳大利亚等国家和地区。



顶立科技

如果您对湖南顶立科技有限公司感兴趣，请回复：

顶立科技+您的需求+姓名+单位+电话

我们将为您提供更加详细的信息。

重点企业介绍——湖南久泰冶金科技有限公司

公司名称：湖南久泰冶金科技有限公司

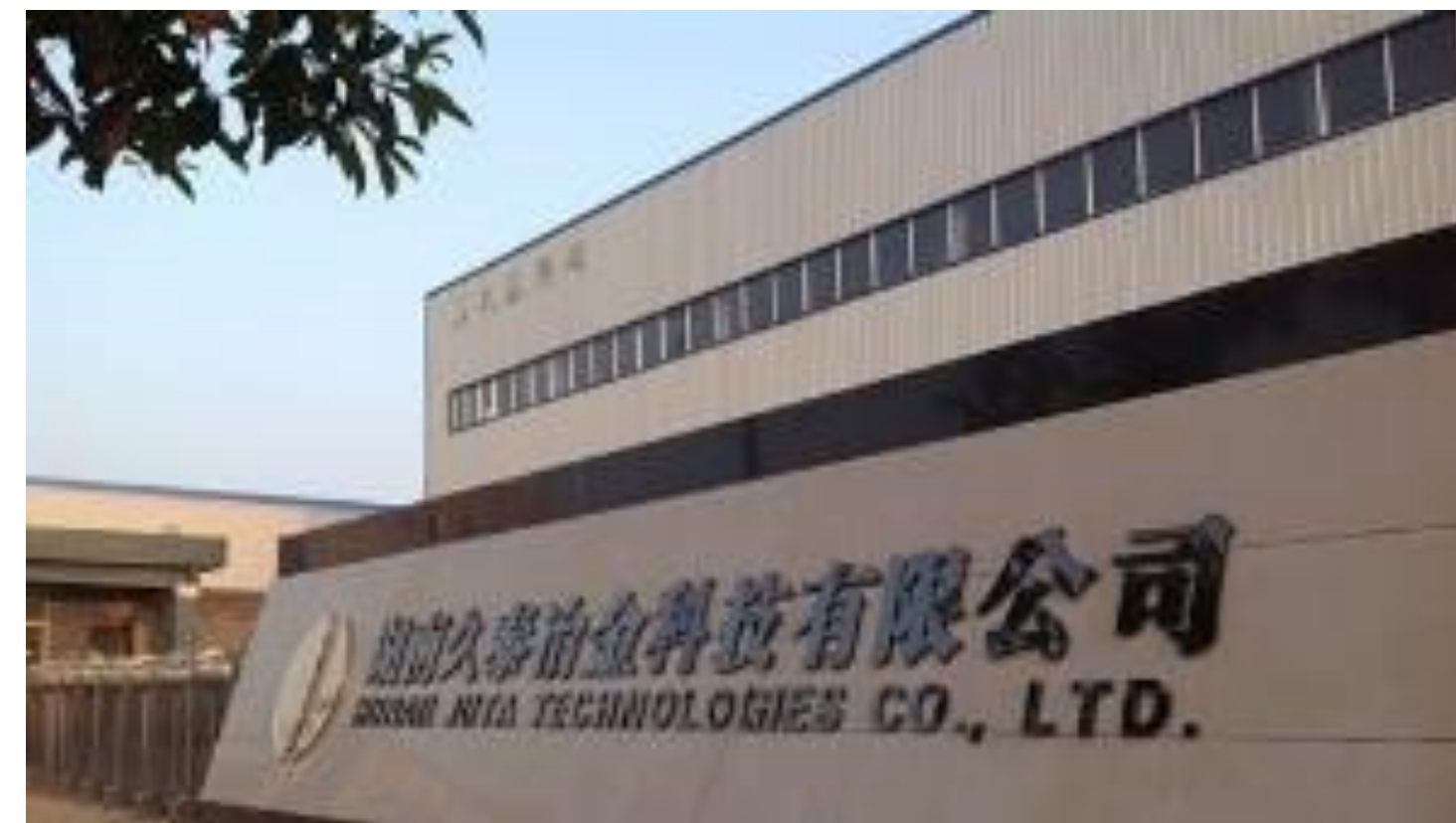
成立时间：2005年

公司地址：国家高新区益阳东部新区

主营业务：MIM金属注射成型、碳及碳化硅复合材料、粉末冶金、雾化制粉、非晶材料、光伏材料及锂电材料等行业提供高端工业加热装备

技术实力：通过ISO9001质量体系认证，拥有多项行业专利技术。

行业地位：公司系“重合同守信用企业”，产品畅销国内，远销美国、欧洲、日本、新加坡、澳大利亚、南非、东南亚等国家和地区。



 湖南久泰冶金科技有限公司
HUNAN JUTA TECHNOLOGIES CO., LTD

如果您对湖南久泰冶金科技有限公司感兴趣，请回复：

久泰冶金+您的需求+姓名+单位+电话

我们将为您提供更加详细的信息。

富勒烯研究报告

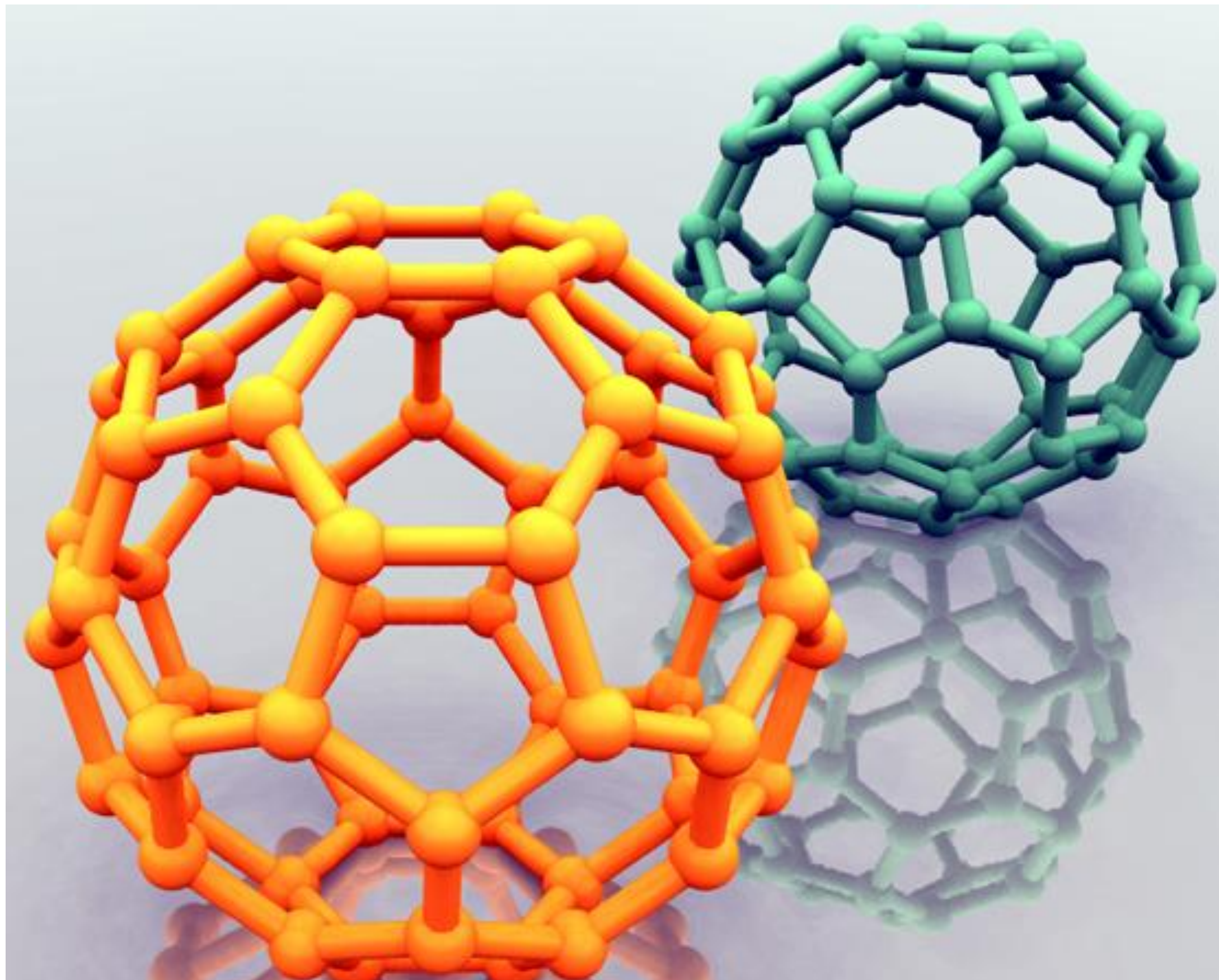
新材料在线©
xincailiao.com

新材料在线©
xincailiao.com

新材料在线©
xincailiao.com

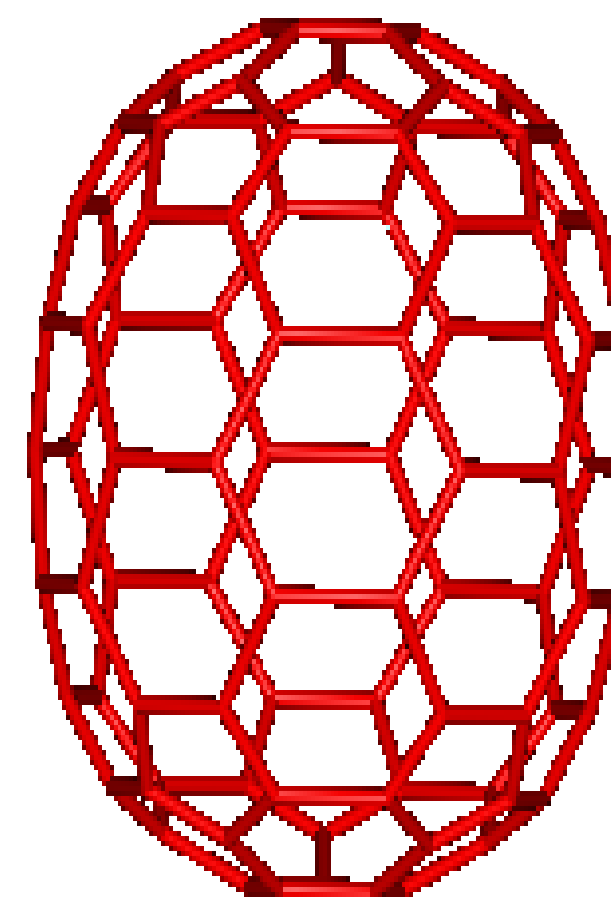
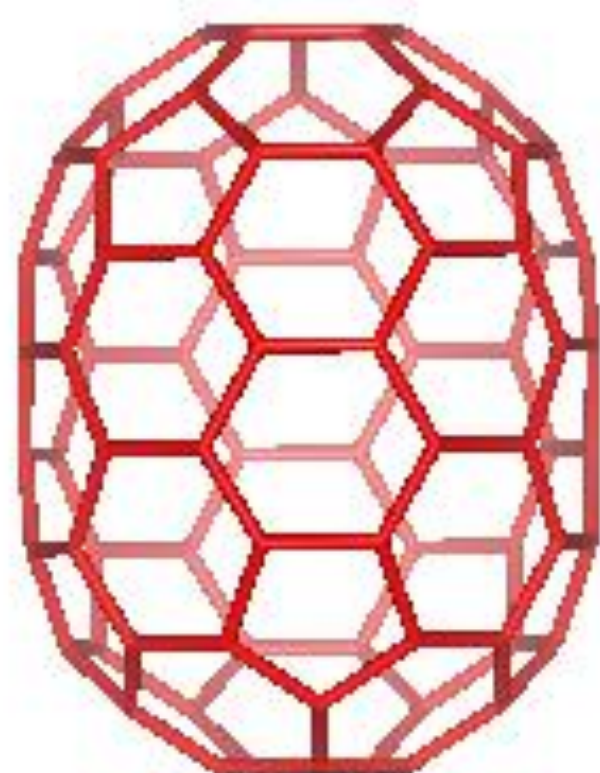
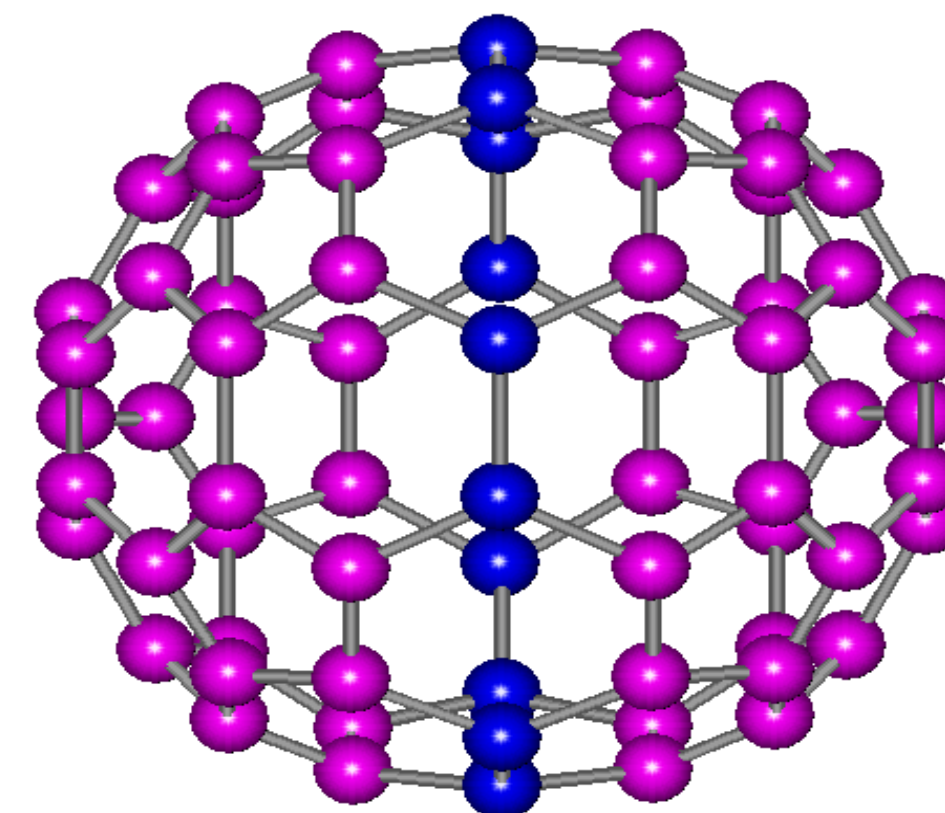
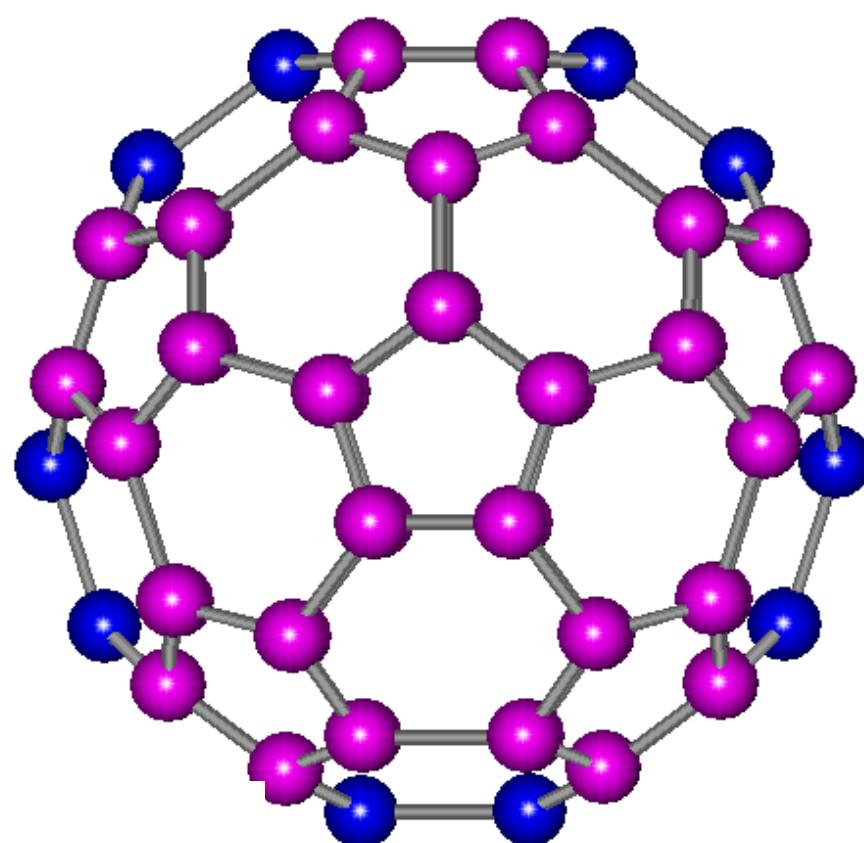
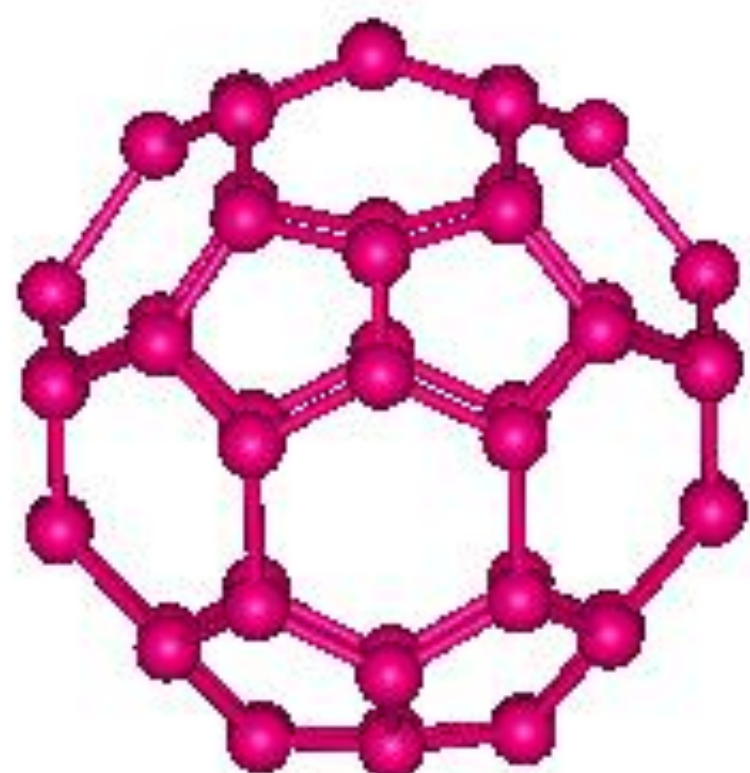
富勒烯简介

富勒烯是碳的同素异形体，它是由五元环和六元环构成的一系列封闭笼状结构的全碳分子。由于富勒烯完美的对称结构、在纳米尺度范围内特殊的稳定性，以及奇异的电子结构，使其成为在许多高新技术领域应用潜力巨大、不可替代的材料，被业界称为“**纳米王子**”。



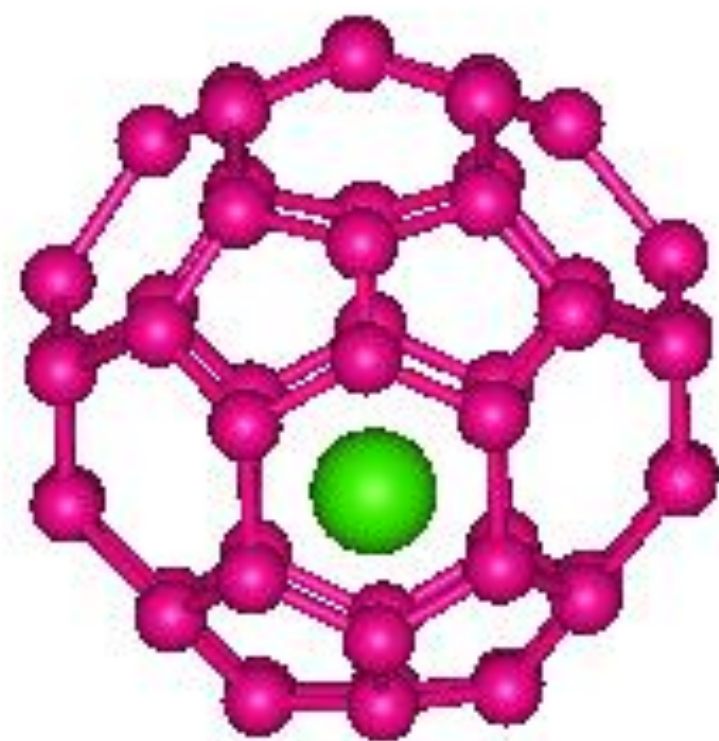
富勒烯的不同形态

- ◆富勒烯家族主要有 C_{60} 、 C_{70} 、 C_{76} 、 C_{84} 、 C_{90} 、 C_{94} 等。
- ◆最常见的富勒烯为 C_{60} ，它是由60个碳原子通过20个六元环和12个五元环连接而成的具有30个碳碳双键的足球状空心对称分子，所以富勒烯也被称为足球烯。

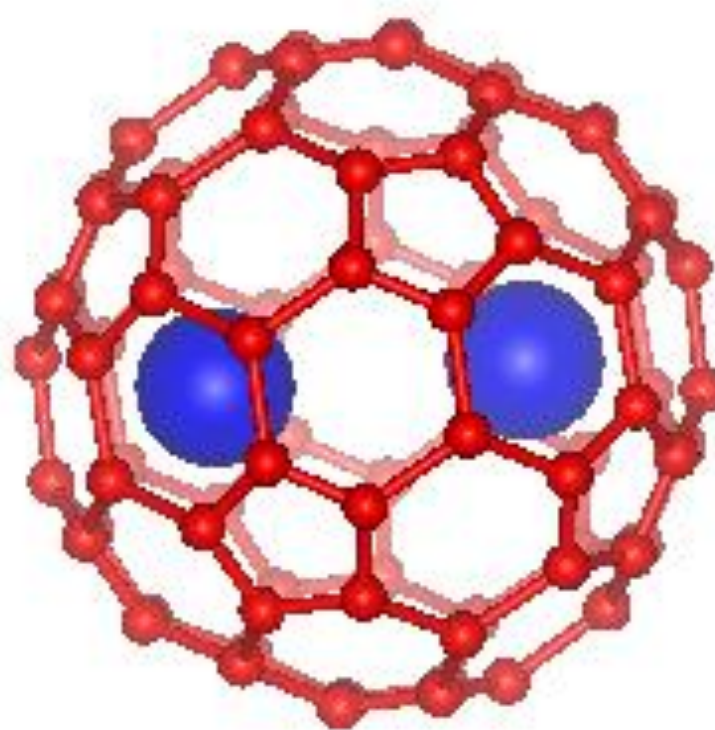


富勒烯的不同形态

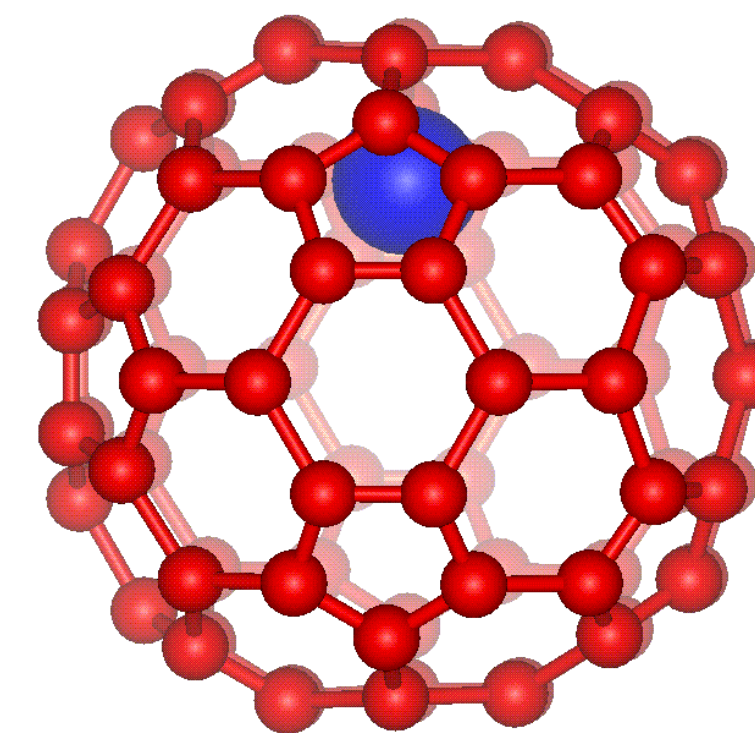
内嵌富勒烯



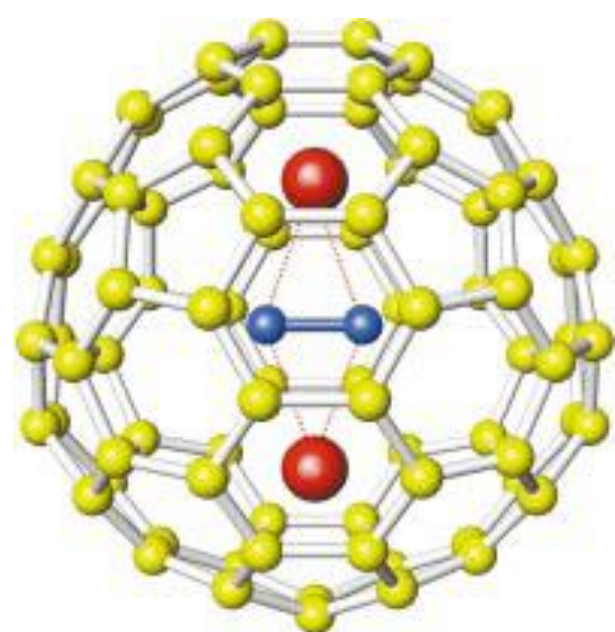
Ca@C₅₀



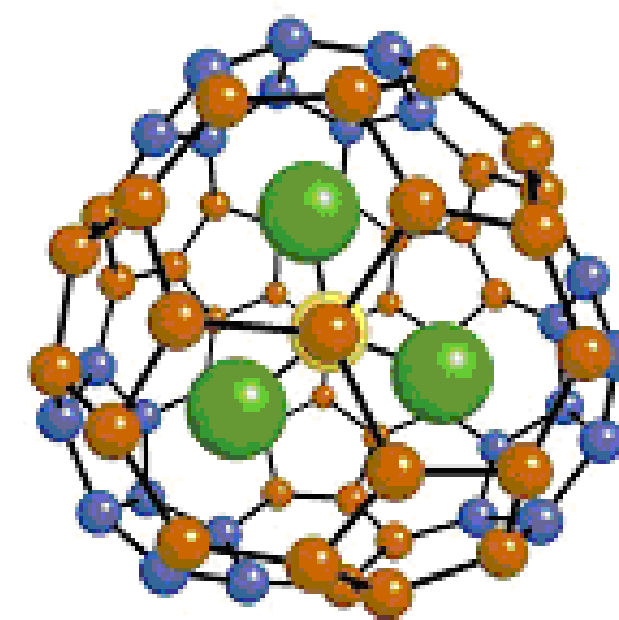
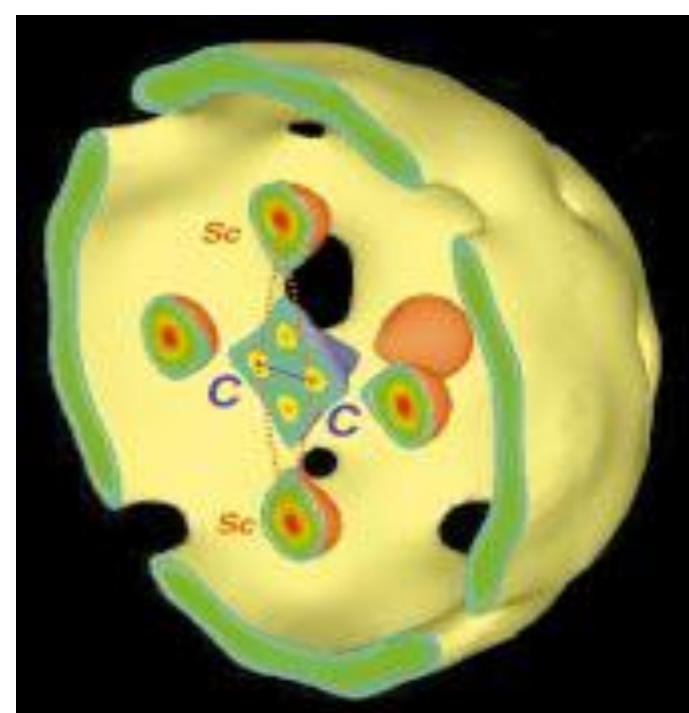
La₂@C₈₀



Y@C₈₂



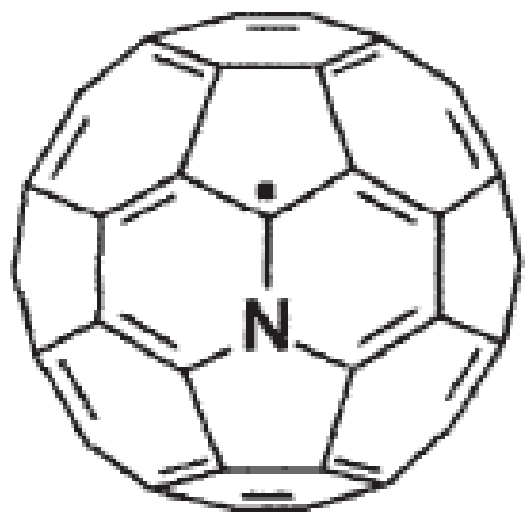
Sc₂C₂@C₈₂



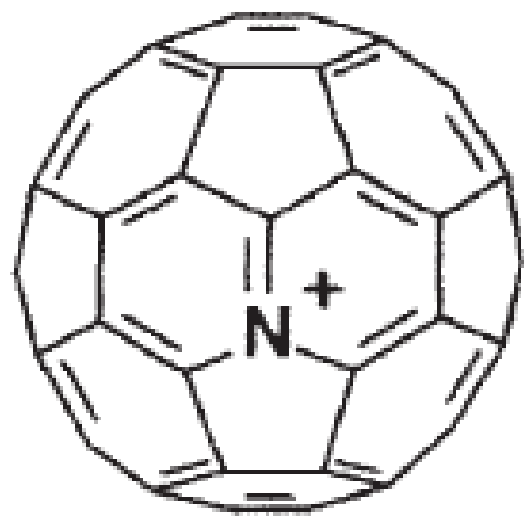
Sc₃N@C₈₀

富勒烯的不同形态

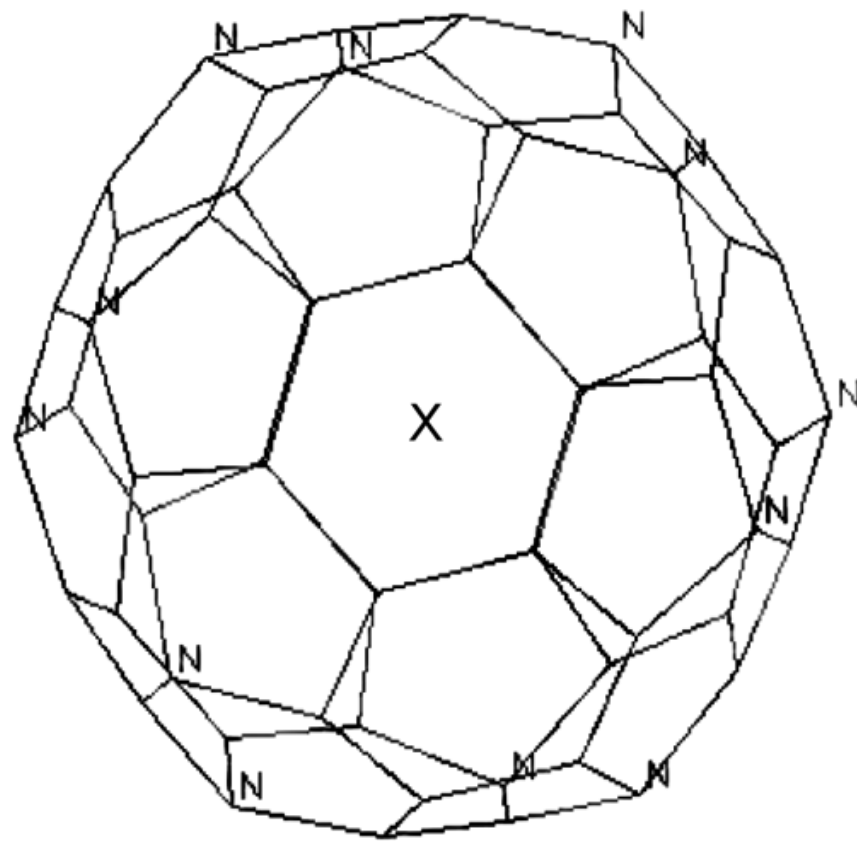
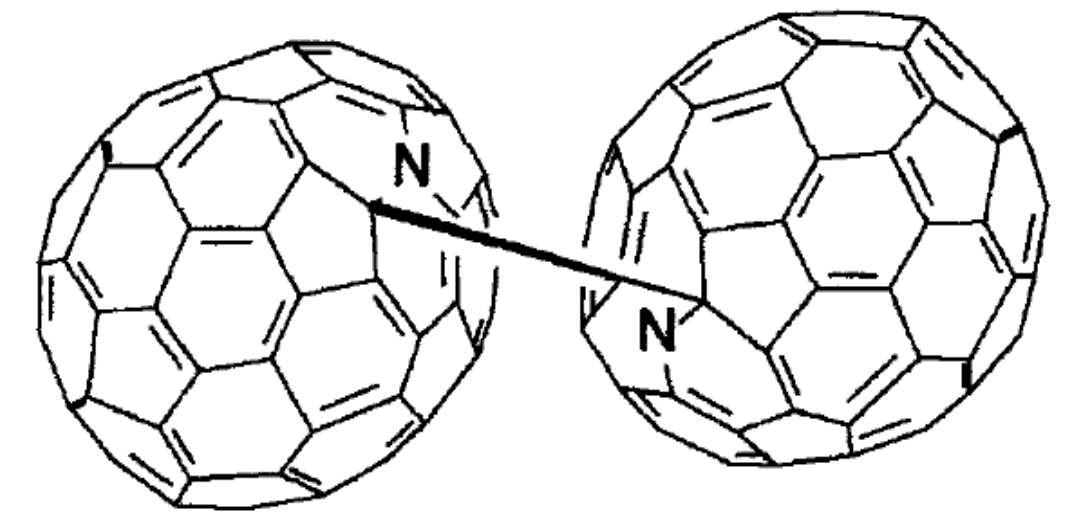
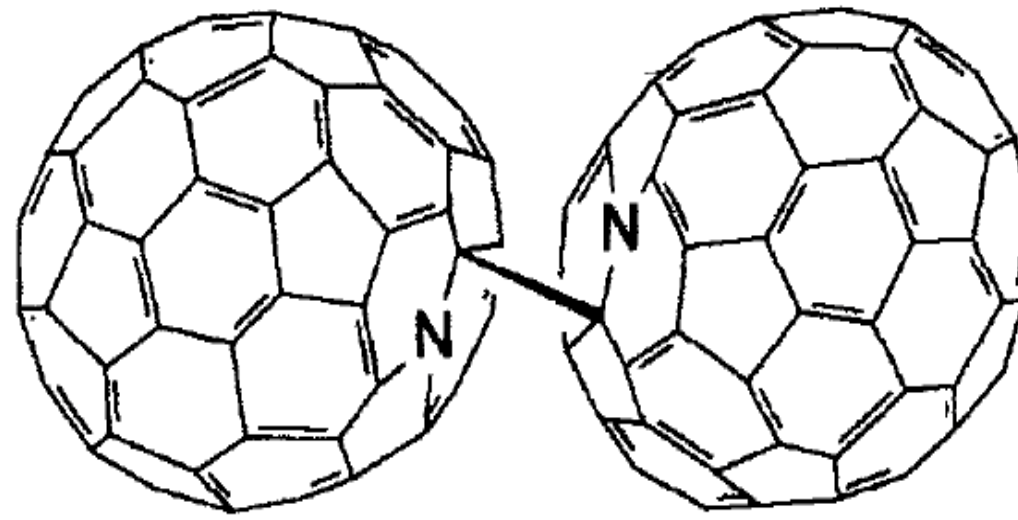
杂富勒烯



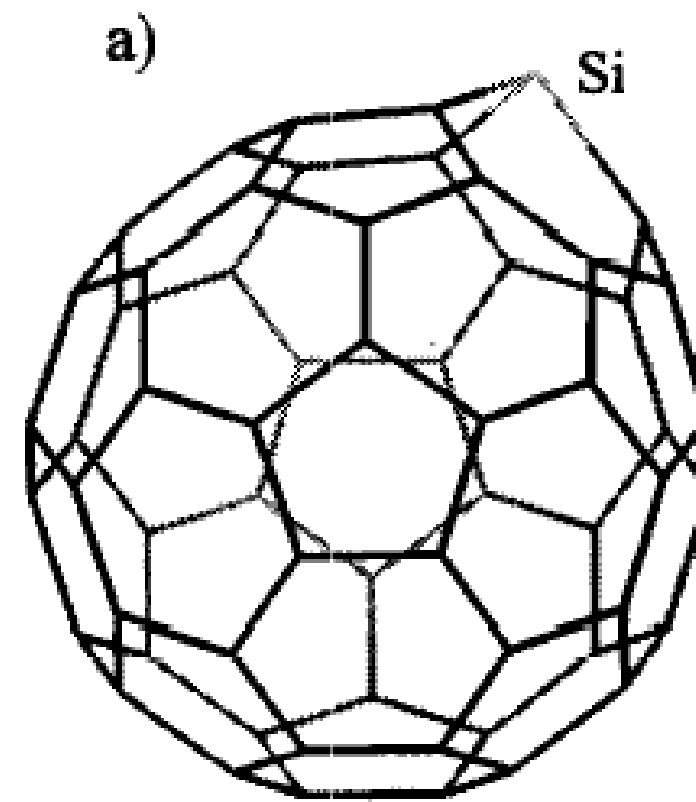
1



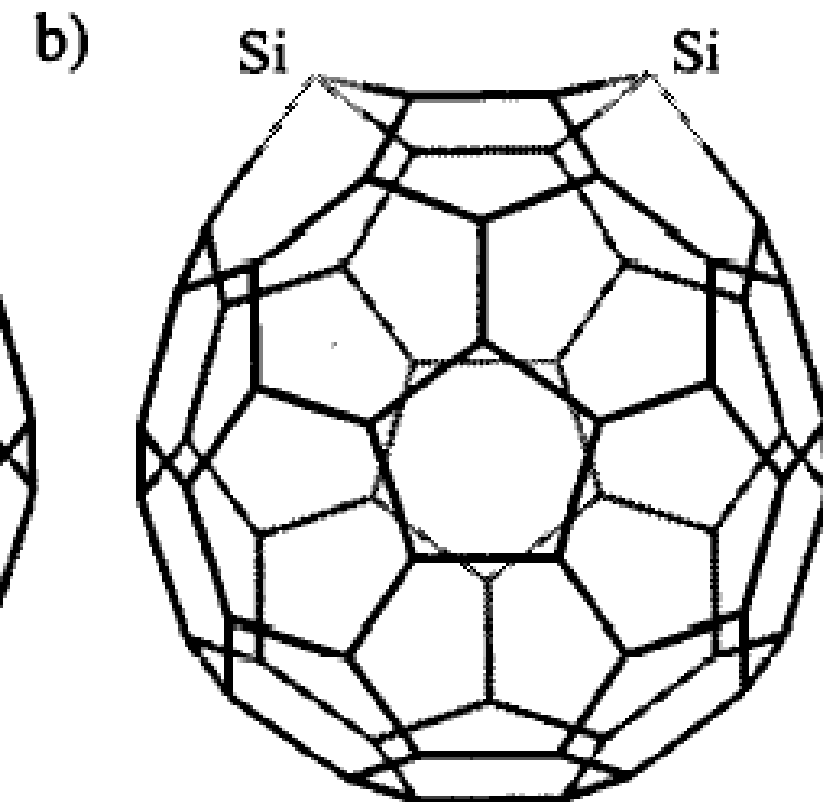
2



$C_{48}N_{12}$



$C_{59}Si$



$C_{58}Si_2$

富勒烯的发展史

预言假设

- 1971年，大泽映二， C_{60} 分子的设想。
- 1973年，D.A.Bochvar 等人， C_{60} 结构假设。

实验发现

- 1985年，克罗托、斯麦利等人，发现了 C_{60} 。1996年，克罗托、斯莫利、柯尔三人获诺贝尔化学奖。

制备合成

- 1990年，克利斯莫 (Kriischmer) ，电弧法合成 C_{60} ， C_{60} 首次被报道大量合成。
- 1991年，霍金斯 (Joel Hawkins) 得到了富勒烯衍生物的第一个晶体结构。

富勒烯的性质

抗辐射和化学腐蚀

- 分子稳定，25 °C时， C_{60} 分解需要2000年。

抗压性强

- C_{60} 的耐压程度远比金刚石高。

导电性好

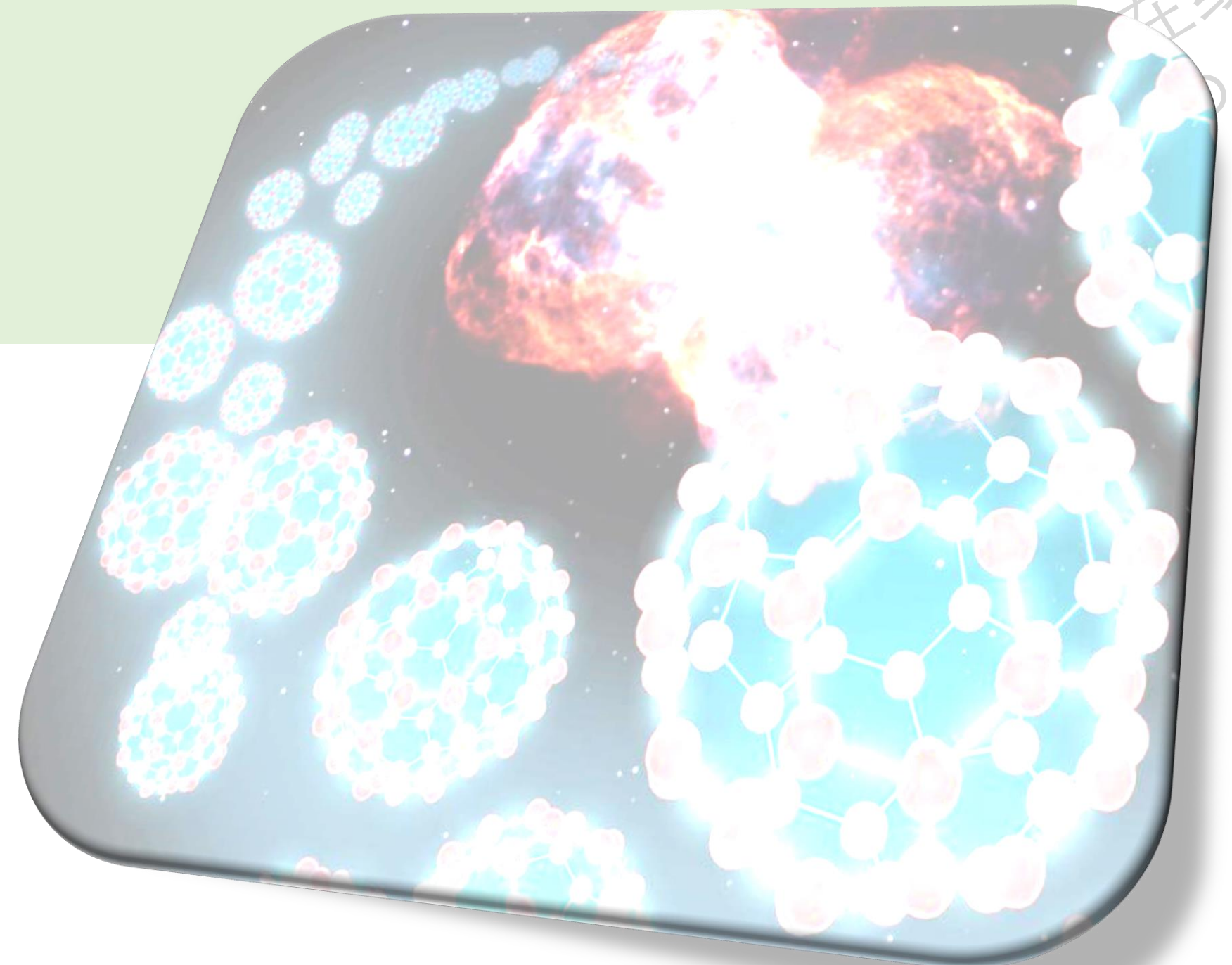
- 经适当金属掺杂后，导电能力比铜强，重量只有铜的六分之一。

具有光限效应

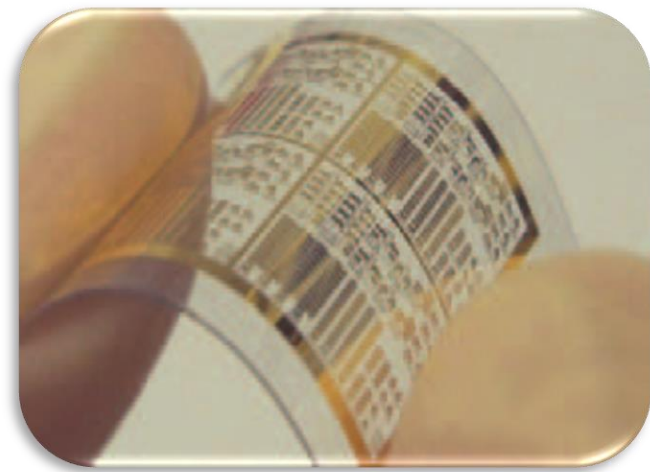
- 当光流量较小时， C_{60} 、 C_{70} 溶液是透明的；但是当强光超过阈值强度以后，溶液立即变成不透明。

自然界中的富勒烯

- 1、1992年Buseck等在桑加岩发现C₆₀/C₇₀，最早报道的天然富勒烯
- 2、闪电熔岩中（闪电撞击地面与富勒烯的人工合成条件相似）
- 3、陨石撞击含碳角砾岩中
- 4、第三系/白垩系界线粘土层中
- 5、恐龙蛋壳化石中
- 6、重质原油中.....



富勒烯的应用



应用领域	实例
电子学	C_{60} 及其衍生物用在分子导线上、 C_{60} 用作分子储存器、富勒烯衍生物作为电子束抗蚀剂
生物医药	富勒烯及其衍生物用作抗癌药物、化妆品；DNA切割；用作CT和MRI的造影剂
超导	C_{60} 系列是一类极具价值的新型超导材料
大气与水处理	有机物吸附剂
能源材料	P型共轭聚合物和N型富勒烯混合组成复合物，作为太阳能电池的薄膜材料
催化剂	催化氢转移、烷烃裂解反应；应用于金刚石的合成；助推剂的添加剂；
激光科学	可用于制作性能优异的光限幅器件、光双稳器件和全光学光开关，实现光脉冲压缩
润滑	C_{60} 用于润滑添加剂； C_{60} 的衍生物 $C_{60}F_{60}$ ，可做为“分子滚珠”和“分子润滑剂”

富勒烯的制备

合成方法

自从克罗托发现C₆₀以来，人们发展了许多种富勒烯的合成方法，包括：

- ◆石墨蒸发法：电弧法、激光蒸发法、太阳能聚焦加热法、电阻加热法
- ◆燃烧法：
- ◆化学气相沉积法：
- ◆有机合成法：

目前，较为成熟的富勒烯的合成方法主要有**电弧法**、**激光蒸发法**、**燃烧法**和**化学气相沉积法**等。

分离与提纯方法

- ◆萃取法
- ◆重结晶法
- ◆升华法
- ◆液相色谱法
- ◆化学反应法

富勒烯的制备-电弧法

电弧法

- **反应过程：**在氦气或是氩气的保护下，当两根高纯石墨电极靠近进行电弧放电时，炭棒气化形成等离子体，在惰性气氛下小碳分子经多次碰撞、合并、闭合而形成稳定的富

勒烯分子

- **影响因素：**温度场分布

- **特点：**能宏观的制备富勒烯；设备简单；电弧法非常耗电、成本高；

激光/热蒸发法

燃烧法

化学气相沉积法

电弧法

激光蒸发法

- 是发现C₆₀的方法

- **反应过程**：大功率激光束轰击石墨使其气化，使被激光束气化的碳原子在氦气带动下进入聚集区，经气相碰撞形成含富勒烯的混合物

- **特点**：产物中富勒烯分数小

燃烧法

化学气相沉积法

电弧法

激光蒸发法

燃烧法

- **反应过程：**将高纯石墨棒在用氦气稀释过的苯、氧混合物中燃烧，得到C₆₀和C₇₀的混合物。
- **影响因素：**碳氧比、炉压、温度场等
- **特点：**连续进料、无需电力、设备要求低，产物比率可控，适用于大量工业生产。

化学气相沉积法

富勒烯的制备-燃烧法

电弧法

激光蒸发法

燃烧法

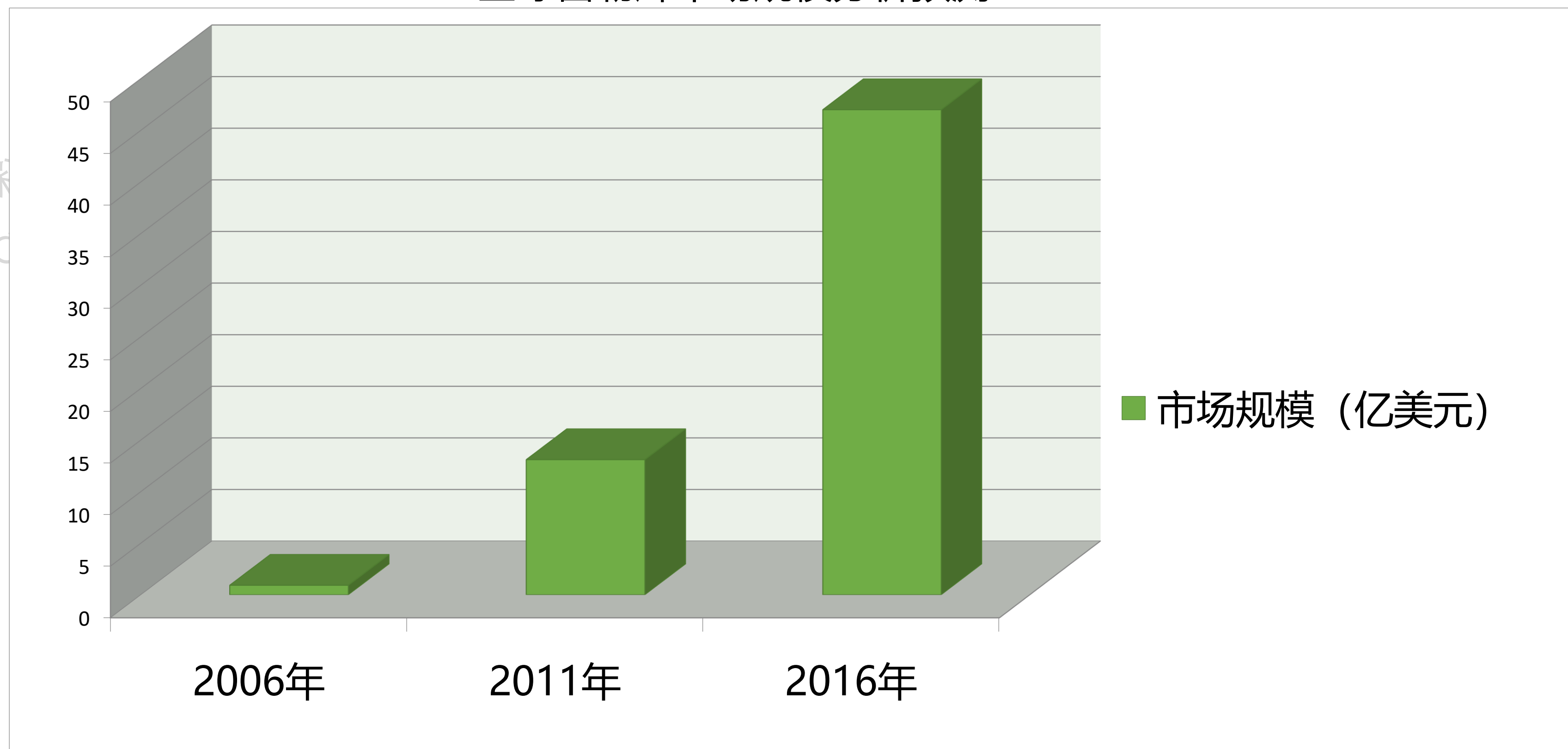
化学气相沉积法

- **反应过程：** 有机气体+N₂压入石英管，碳源在催化剂表面生长成富勒烯或碳纳米管。催化剂一般为Fe、Co、Ni、Cu颗粒
- **影响因素：** 反应温度、时间、气流量
- **特点：** 设备简单，原料成本低，产率高，反应过程易于控制，可大规模生产

富勒烯的市场分析

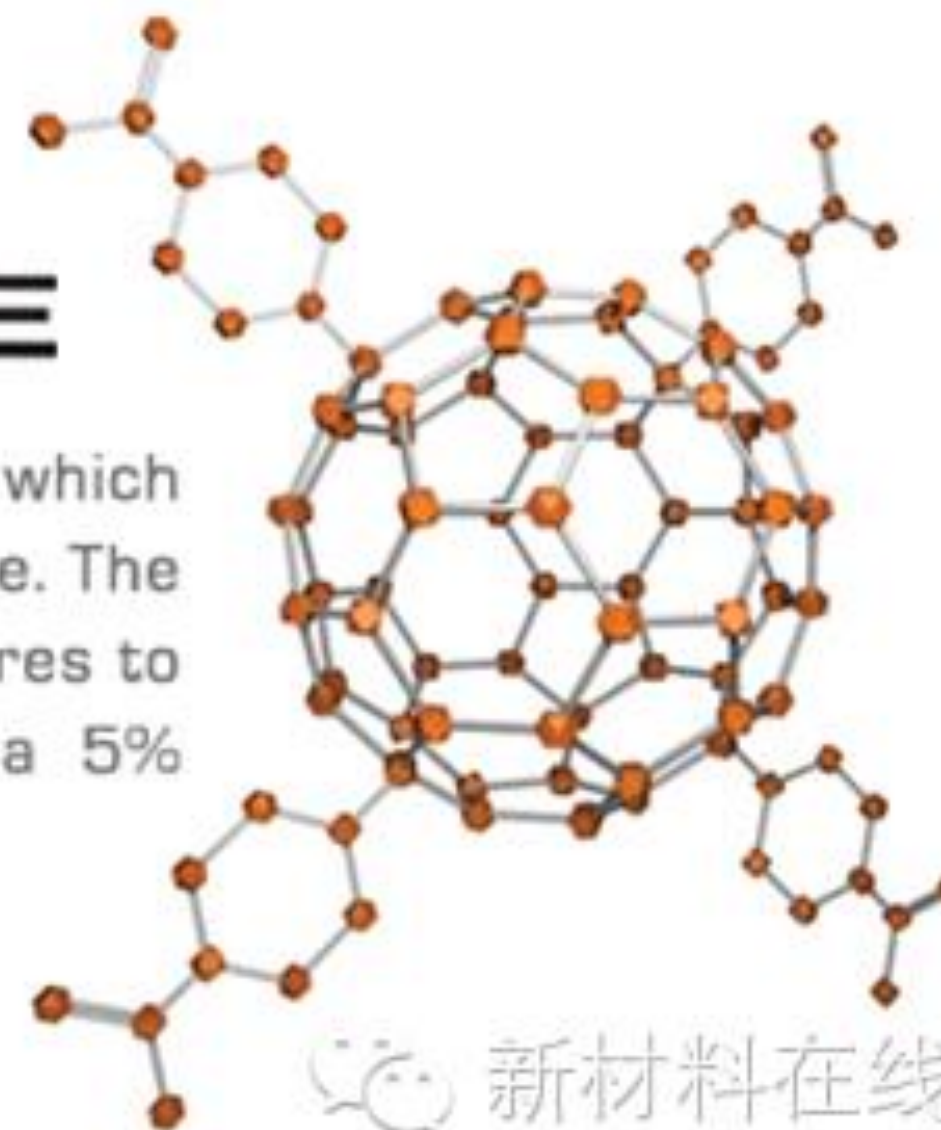
- 2006年全球富勒烯的市场价值是**9200万**美元，此后约以**70%**的年均速度实现滚雪球式增长;
- 2011年将达到**13.1亿**美元;
- 2016年则有可能超过**47亿**美元的规模。

全球富勒烯市场规模分析预测



X-FULLERENE

The new generation of X-Fullerene has four radial ribs which unite the carbon atoms into a unique soccer ball structure. The X-Fullerene features in the resin which bonds carbon fibres to creates a cross-link construction. This translates to a 5% increase in repulsion power and 15% greater stability.



突破性：具有线性和非线性光学特性，碱金属富勒烯超导性等。

发展趋势：未来在生命科学、医学、天体物理等领域有重要前景，有望用在光转换器、信号转换和数据存储等光电子器件上。

主要研究机构（公司）：国外： Michigan State University、美国Rice大学、日本三菱公司

国内：中像集团炭黑研究设计院、中国科学院化学研究所、西南科技大学、沈阳科友公司、厦门大学、厦门福纳新材等。

碳纳米管材料市场研究报告

什么是碳纳米管 (CNT)

□ 碳纳米管，又名巴基管，是一种具有特殊结构（径向尺寸为纳米量级，轴向尺寸为微米量级，管子两端基本上都封口）的一维量子材料。碳纳米管主要由呈六边形排列的碳原子构成数层到数十层的同轴圆管。层与层之间保持固定的距离，约0.34nm，直径一般为**2~20nm**。

★ 1991年，日本NEC公司基础研究实验室的电子显微镜专家**饭岛(Iijima)**博士意外发现了碳纳米管 (Carbon nanotube)。

饭岛澄男 (Sumio Iijima)简介

国际著名电镜学家和纳米材料科学家，现任日本名古屋名城大学教授。

1939年5月出生于日本

1968年获得日本东北大学博士学位

2009年受聘清华大学名誉教授

2010年当选为日本学士院院士

2011年当选为中国科学院外籍院士。



碳纳米管性能

- 碳纳米管作为一维纳米材料，重量轻，六边形结构连接完美，具有许多异常的力学、电学和化学性能。近些年随着碳纳米管及纳米材料研究的深入其广阔的应用前景也不断地展现出来。



100 times

强度比钢材高 100倍



1000°C

1000°C 的热稳定性



1 million times

100万倍最高长度直径比



5 times lighter than copper

重量比铜轻5倍，世界最好的导体之一



2 basketball courts

1g碳纳米管的表面积 相当于2个篮球场

碳纳米管详细性能

- ① 高模量和高强度;
- ② 抗拉强度50 ~ 200GPa, 是钢的100倍;
- ③ 密度是钢的1/6;
- ④ 碳纳米管的硬度与金刚石相当;
- ⑤ 拥有良好的柔韧性, 可以拉伸;
- ⑥ 碳纳米管的熔点很高, 预计3652-3697°C

力学性能

CNT性能

热学性能

- ① 长度方向导热性能好;
- ② 垂直方向导热性能差;
- ③ CNTs有着较高的热导率

光学性能

- ① CNTs具有良好光学性能

电学性能

取决于其管径和管壁的螺旋角

- ① 管径大于6nm时, CNTs导电性能下降;
- ② 管径小于6nm时, CNTs具有良好导电性能

碳纳米管分类

按石墨片层数



- 单壁碳纳米管 (SWCNTs)
- 多壁碳纳米管 (MWCNTs)

按结构特征



- 扶手椅形纳米管 (armchair form)
- 锯齿形纳米管 (zigzag form)
- 手性纳米管 (chiral form)

按导电性质



- 金属型碳纳米管 ($n-m=3k$ (k 为整数))
- 半导体型碳纳米管 ($n-m=3k\pm 1$)

按管壁缺陷

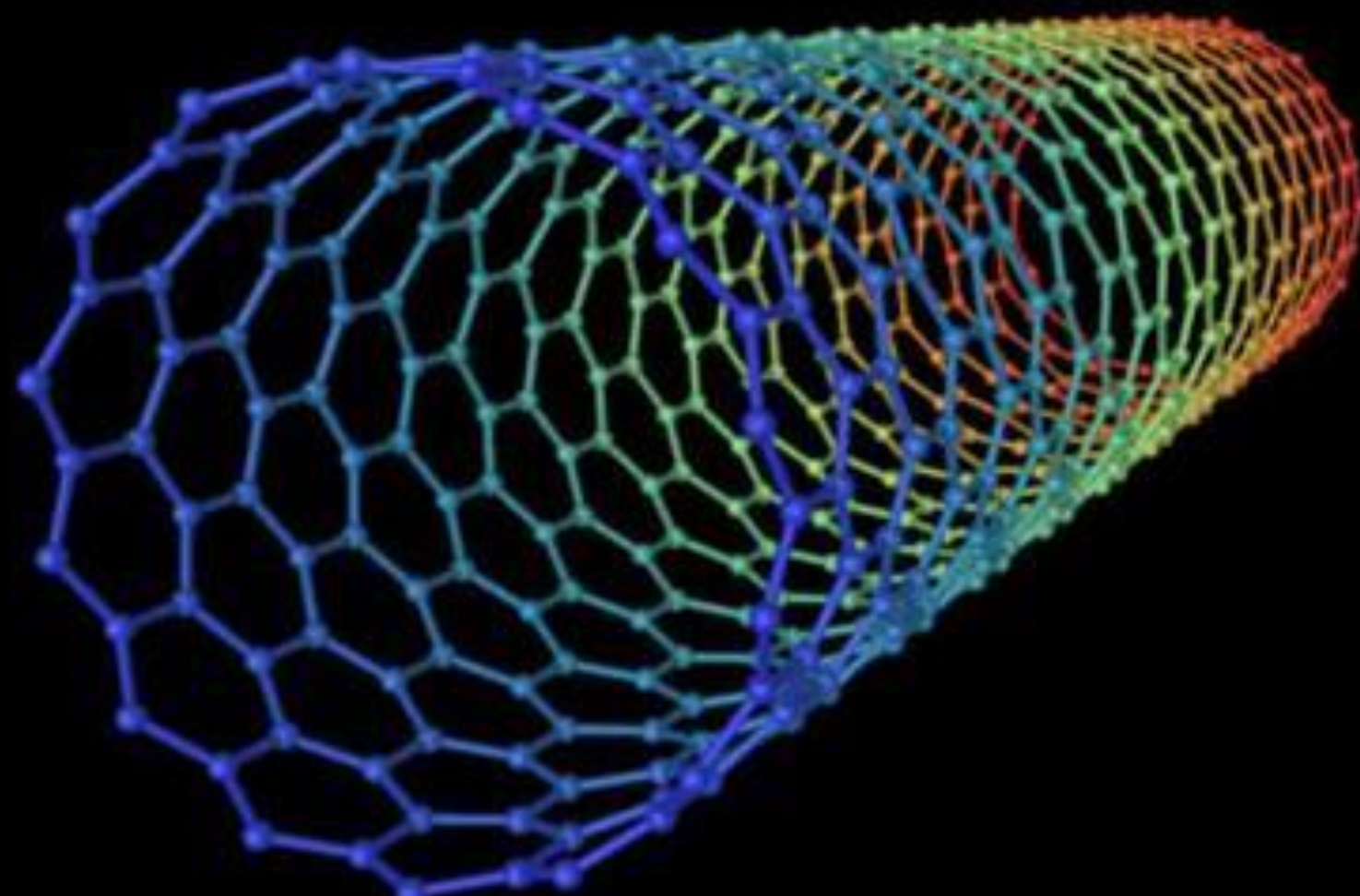


- 完善碳纳米管
- 含缺陷碳纳米管

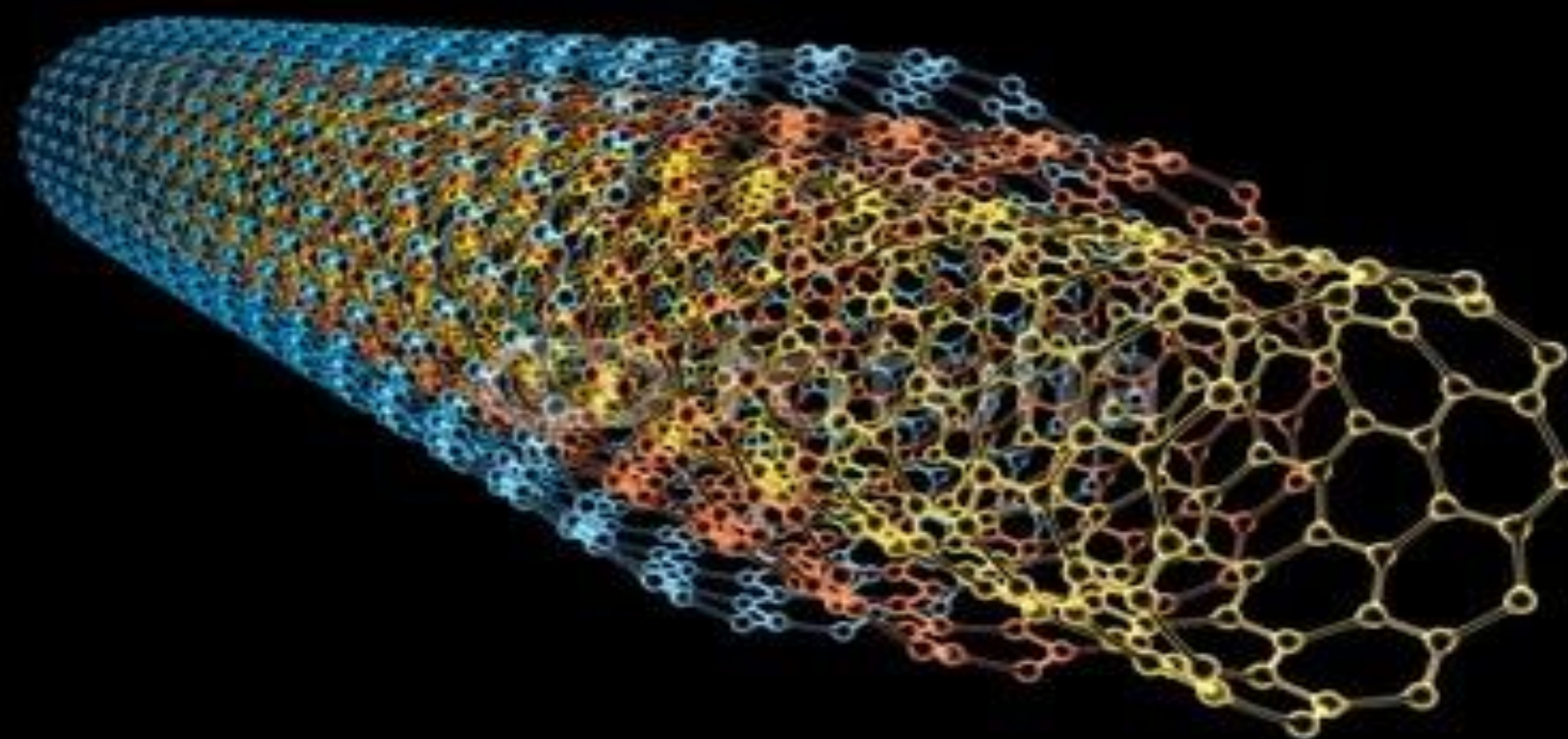
按外形



- 直管型
- 碳纳米管束
- Y型
- 蛇型
-



单层碳纳米管

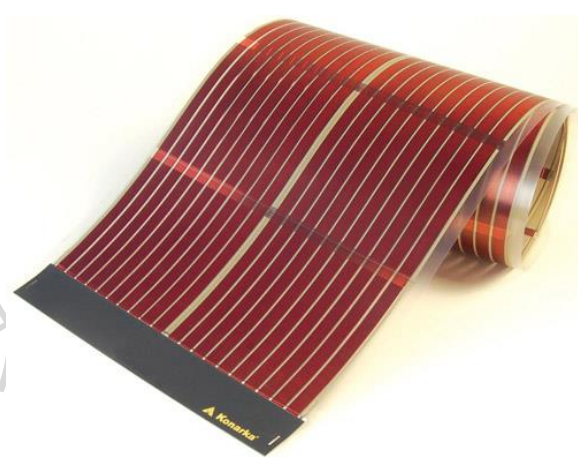


多层碳纳米管

碳纳米管应用

由于碳纳米管具有优良的电学和力学性能，被认为是复合材料的理想添加相，在纳米复合材料领域有着巨大的应用潜力。同时，碳纳米管在新能源，传感器，超级电容器，场发射管等领域也得到广泛应用。

碳纳米管复合材料



导电塑料

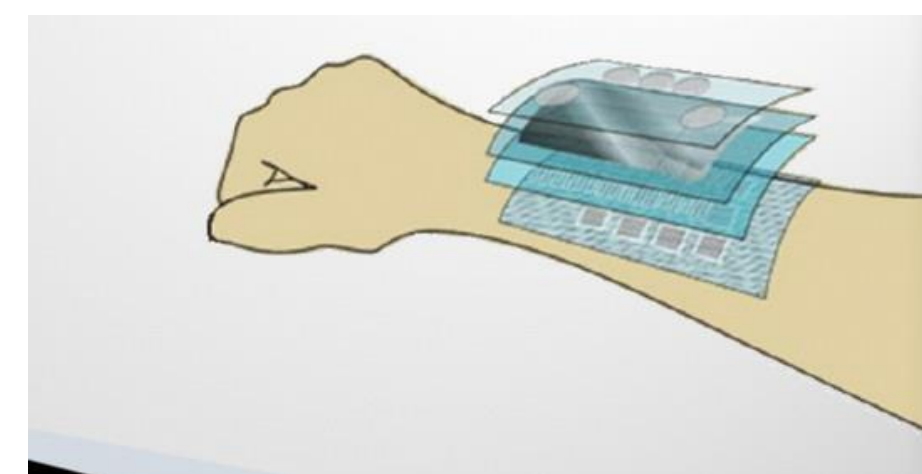


电磁干扰屏蔽材料



隐形材料

传感器



能源领域



储氢材料

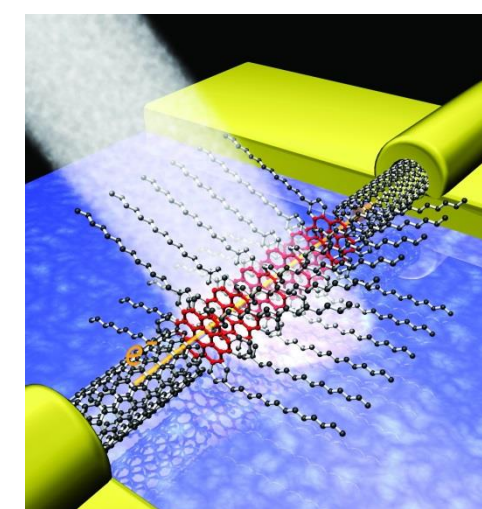


锂离子电池

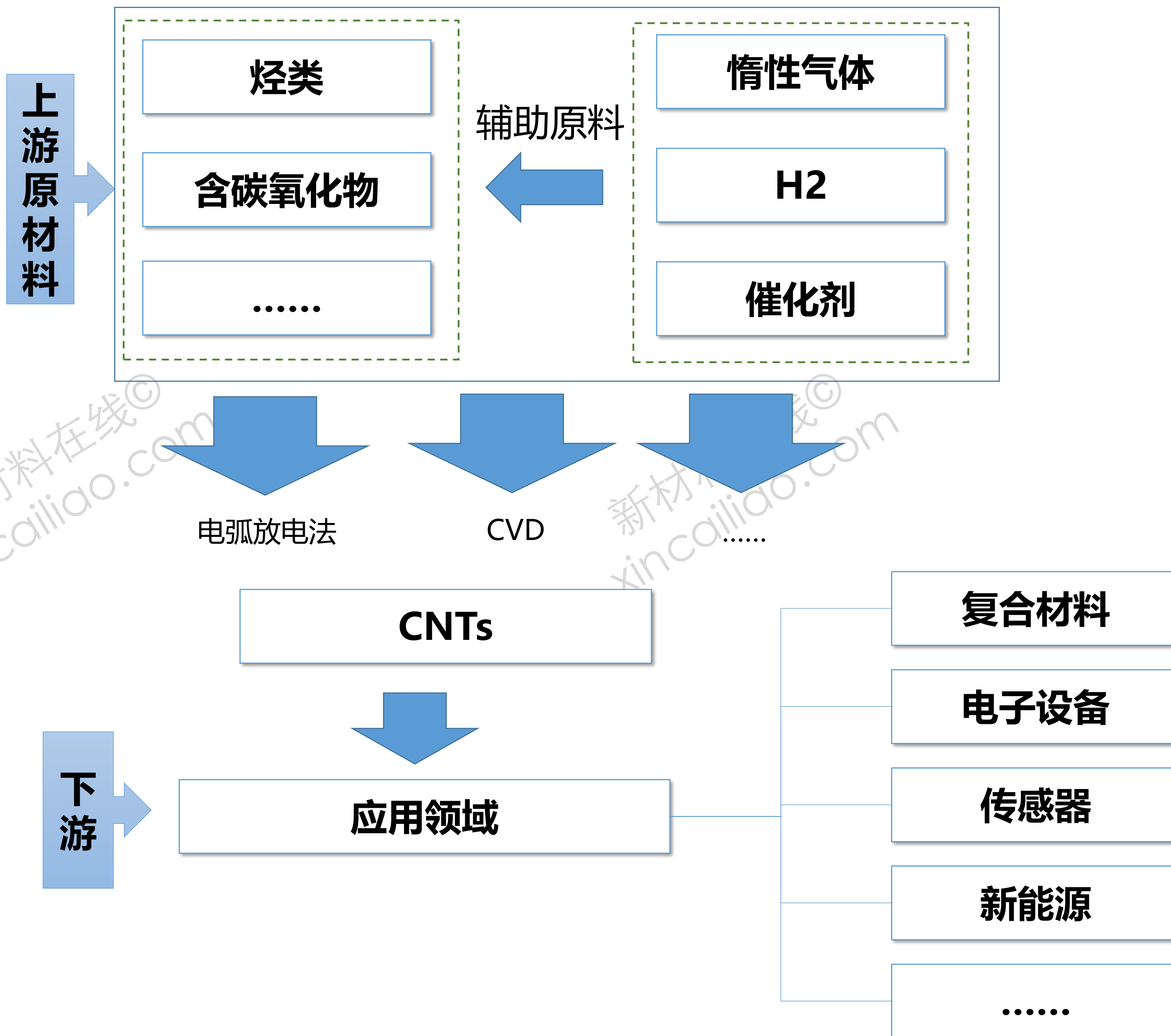
超级电容器



场发射管



碳纳米管产业链分析



碳纳米管制备工艺

碳纳米管制备工艺

① 石墨电弧放电法 (已用于工业化生产)

② 化学气相沉积法 (已用于工业化生产)

③ 激光蒸发 (烧蚀) 法

④ 等离子体法

⑤ 增强等离子热流体化学蒸气分解沉积法PE-

HF-CVD

⑥ 热解聚合物法 (化学热解法)

⑦ 离子 (电子束) 辐射法

⑧ 催化裂解法

⑨ 电解法

碳纳米管制备方法评价标准

① 管径均匀且结构可控

② 纯度高、成本低

③ 连续批量生产

碳纳米管制备工艺

石墨电弧放电法（已用于工业化生产）：能大规模制备、但杂质较多需后续处理

基本原理：

电弧室充惰性气体保护，两石墨棒电极靠近，拉起电弧，再拉开，以保持电弧稳定。放电过程中阳极温度相对阴极较高，所以阳极石墨棒不断被消耗，同时在石墨阴极上沉积出含有碳纳米管的产物。

理想的工艺条件：

氦气为载气

气压 60—50Pa

电流60A ~ 100A

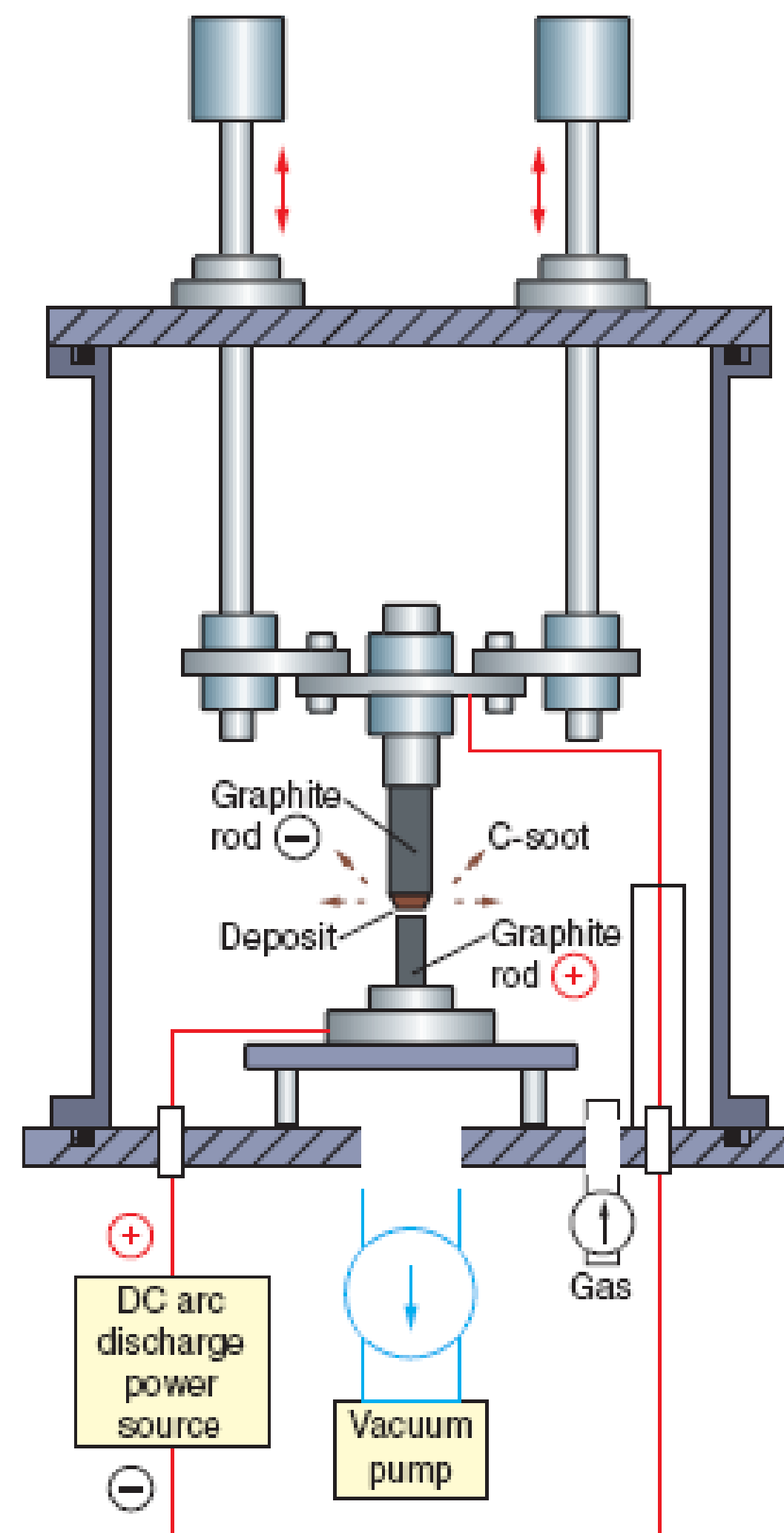
电压19V ~ 25V

电极间距1 mm ~ 4mm

产率50%。

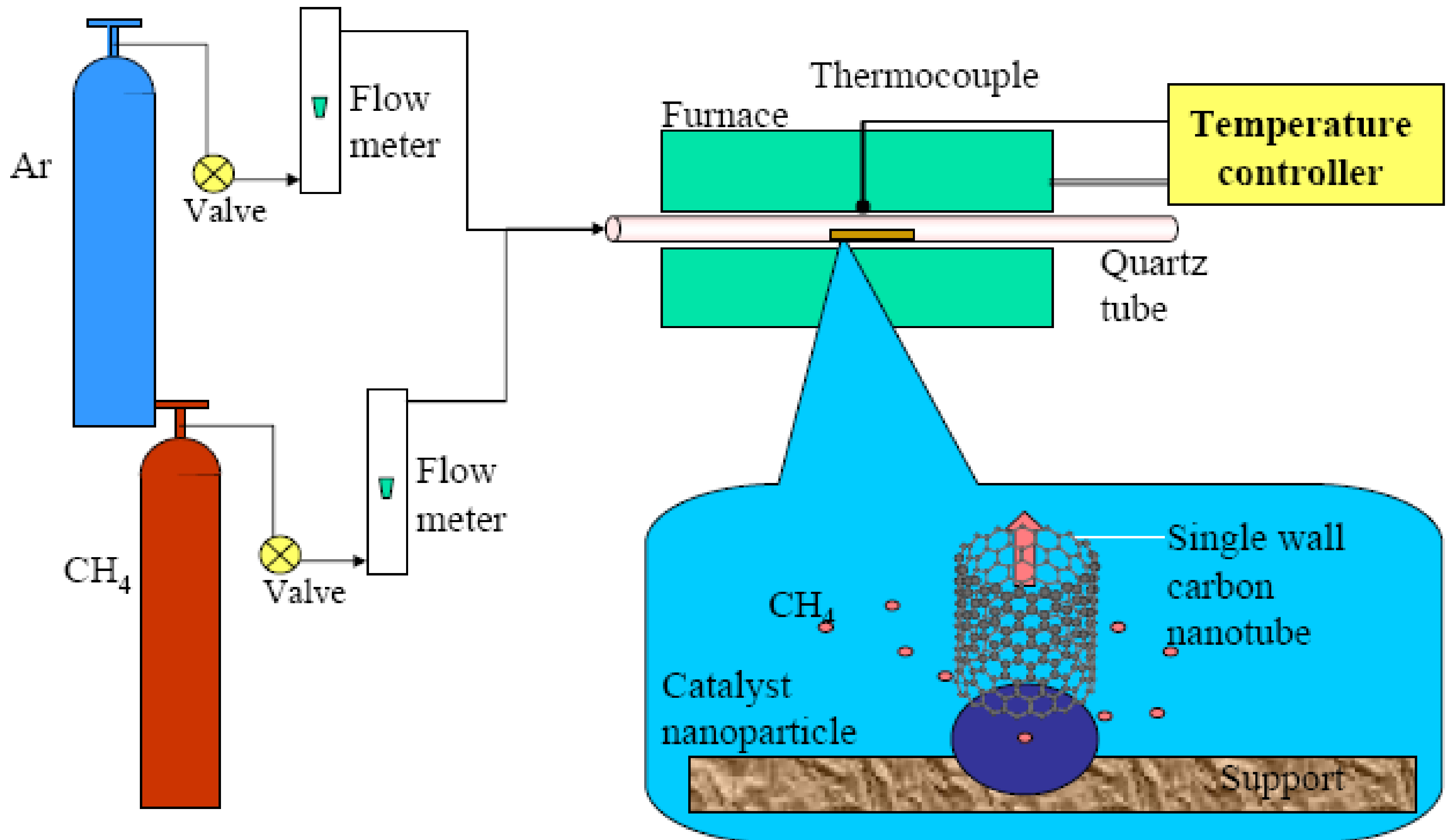
Iijima等生产出了半径约1nm的单层碳管。

★ 电弧区温度非常高，碳纳米管缺陷较多



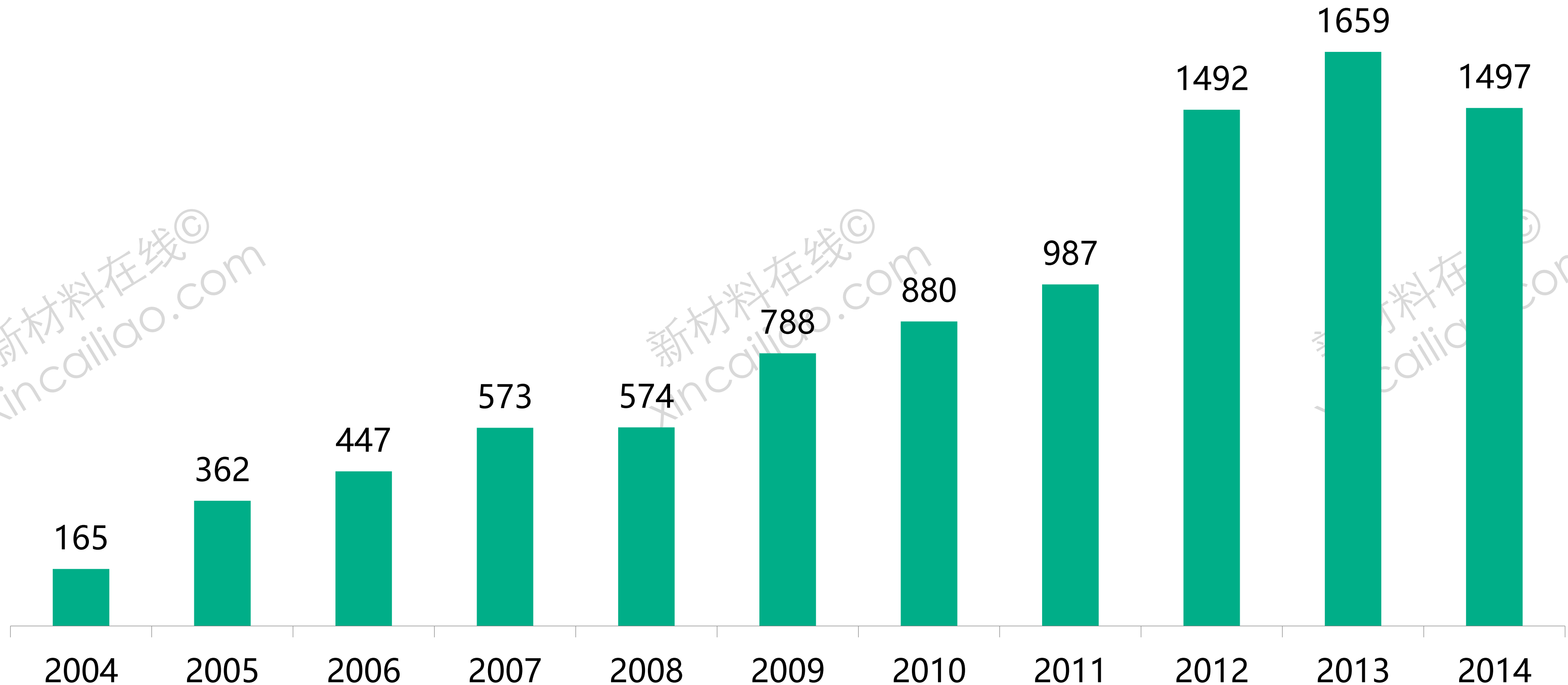
碳纳米管制备工艺

化学气相沉积法（已用于工业化生产）：能大规模制备、但杂质较多需后续处理



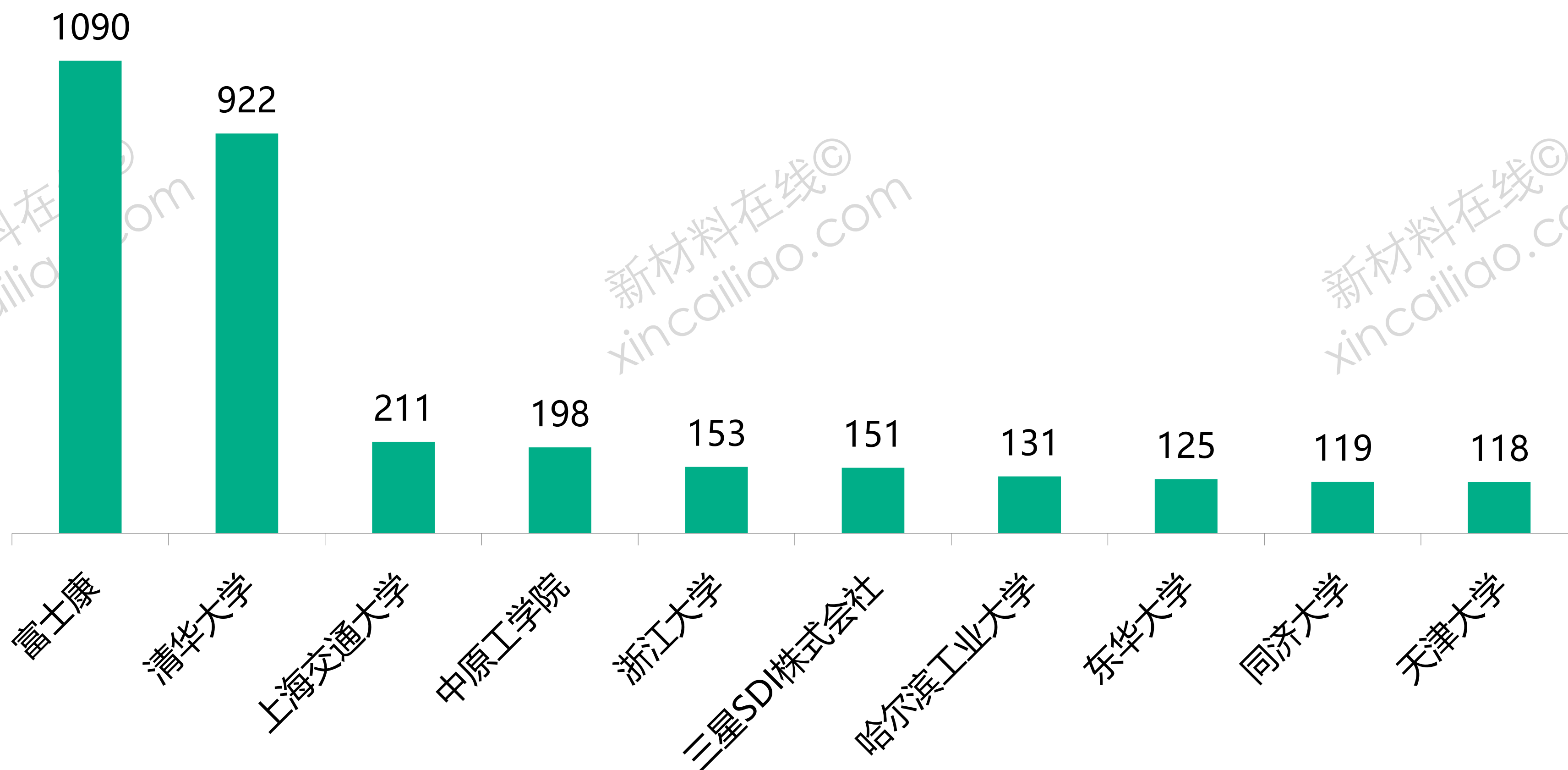
碳纳米管专利分析

2013年，中国碳纳米管专利年申请量已达到**1659**篇，并且每年还在迅速增长



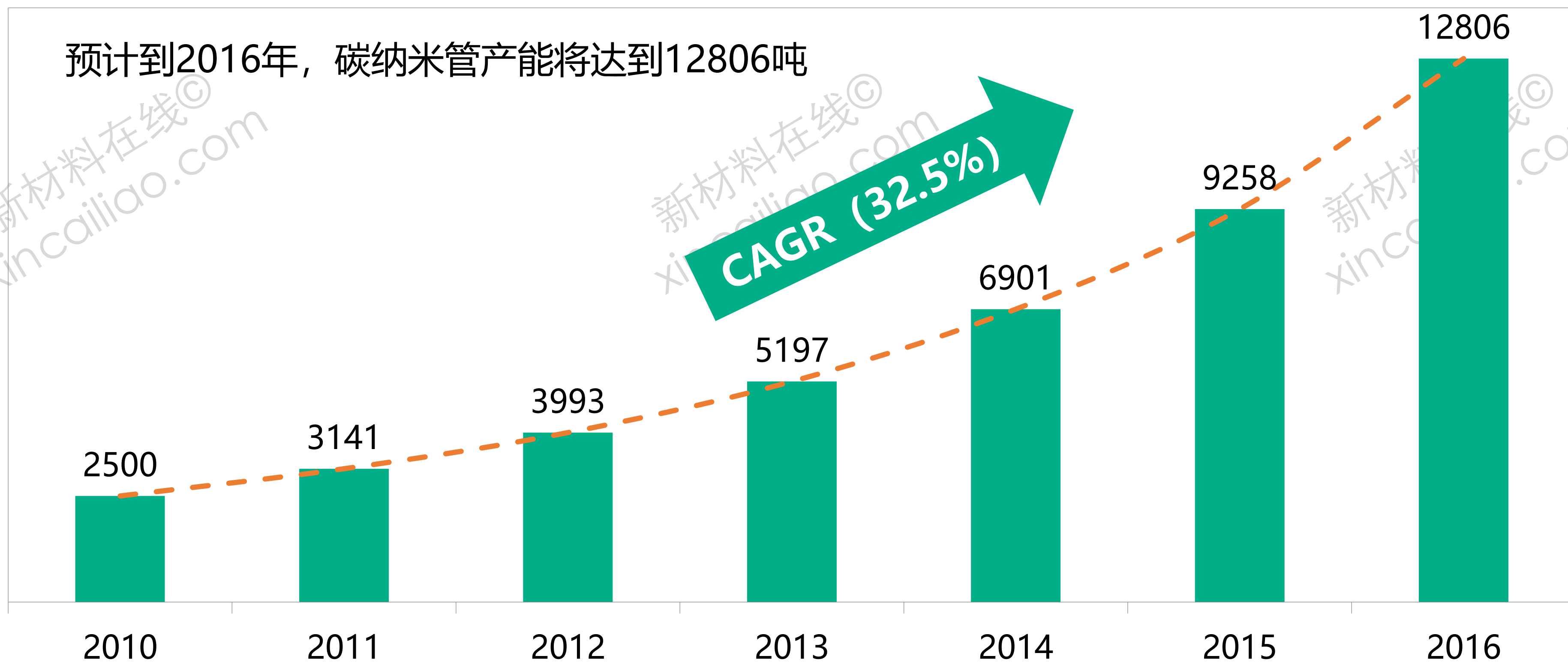
碳纳米管专利分析

目前国内碳纳米管专利申请，**清华大学和富士康**遥遥领先其他单位，其中富士康有**1090**篇，清华大学有**922**篇。



碳纳米管市场分析

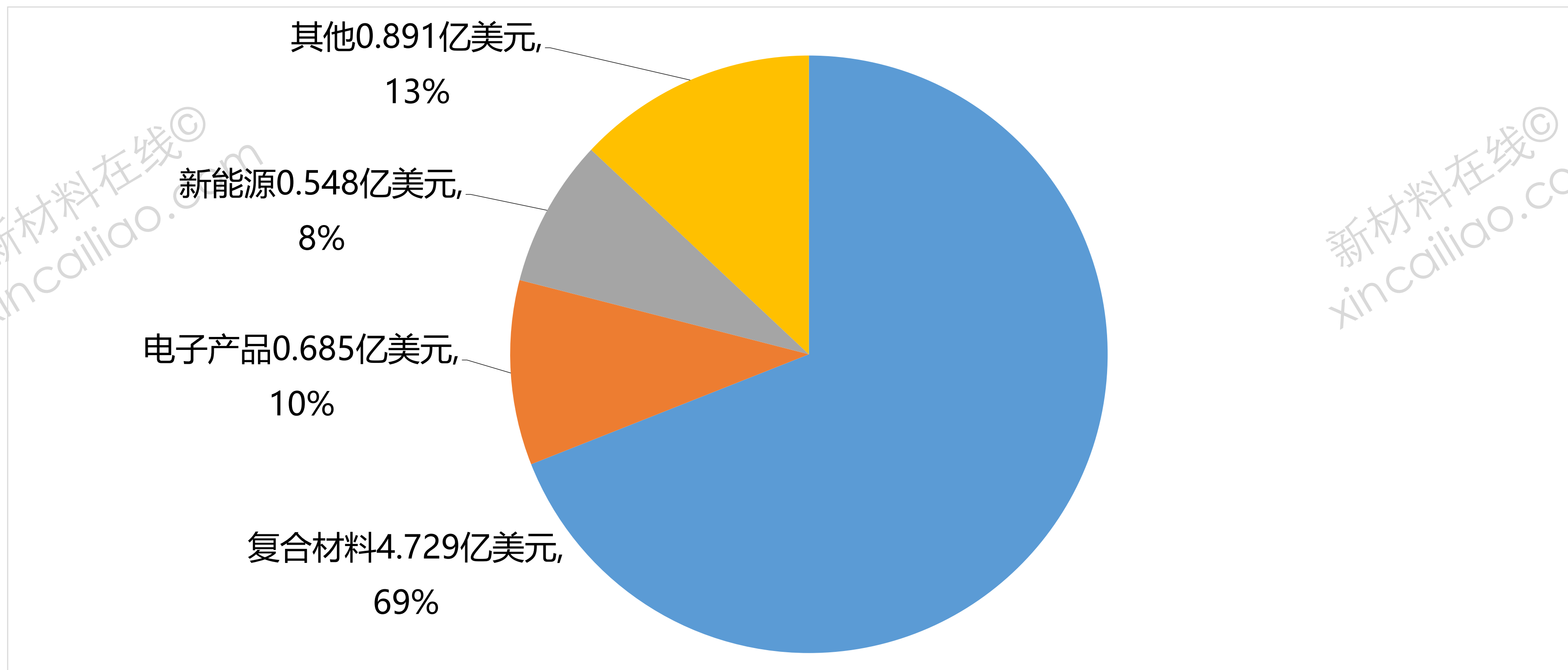
- 预计到2016年，碳纳米管市场规模将达到**11**亿美元，年复合增长率（2010-2016）为10.3%；
- 2016年，碳纳米管的产能将达到**12806**吨，年复合增长率（2010-2016）超过30%



来源: nanowerk, 新材料在线

碳纳米管市场分析

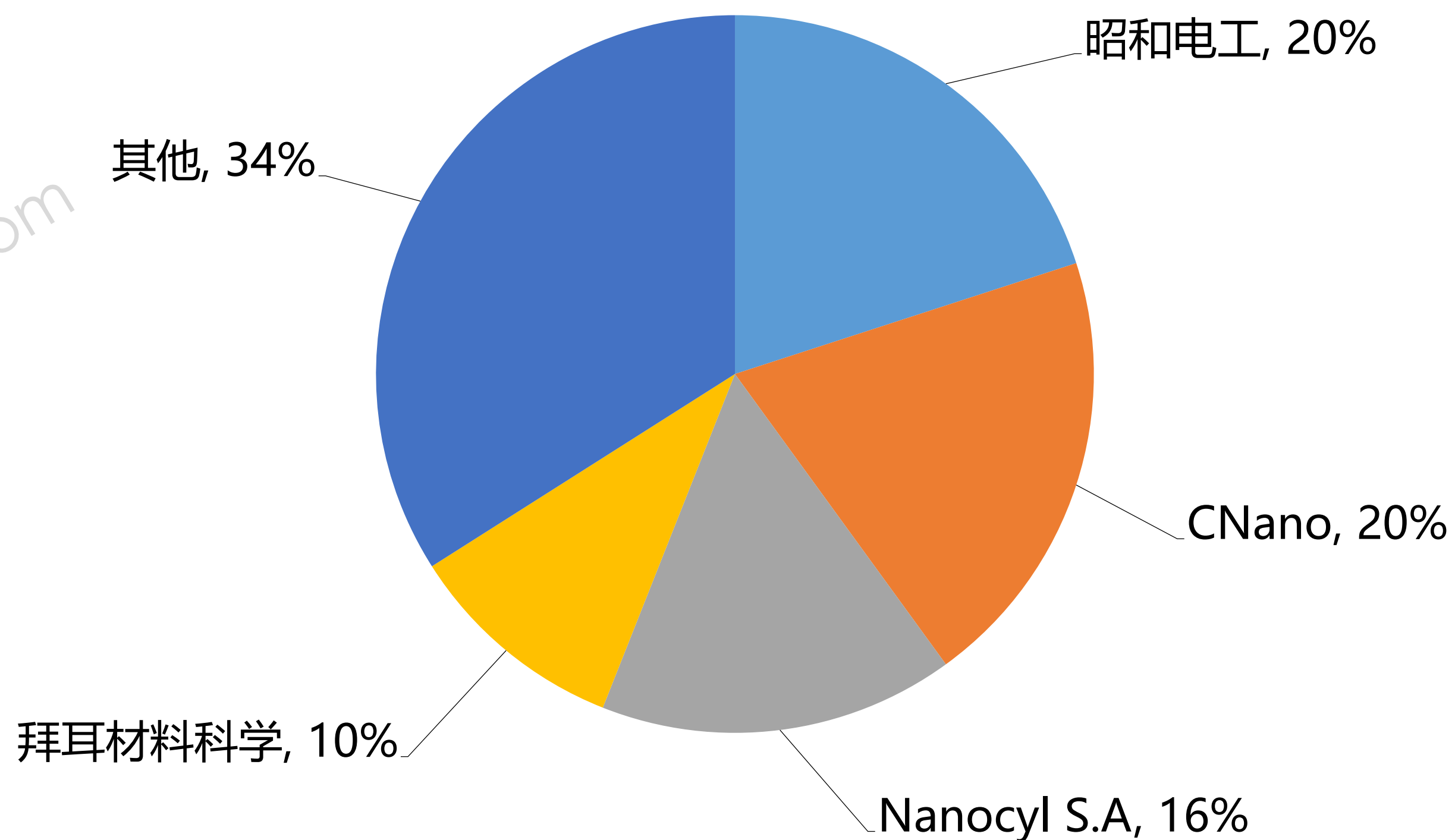
由于碳纳米管具有优良的电学和力学性能, 被认为是复合材料的理想添加相。碳纳米管作为加强相和导电相, 在纳米复合材料领域有着巨大的应用潜力。目前大约有**69%**的碳纳米管用于复合材料领域。



来源: nanowerk, 新材料在线

碳纳米管市场分析

目前，碳纳米管主要由日本昭和电工、美国CNano公司、比利时Nanocyl公司和德国拜耳材料科学四家垄断，共占了全球**66%**的市场份额。



来源: nanowerk, 新材料在线

碳纳米管企业分析

目前碳纳米管企业的产品以**多壁碳纳米管**为主，基本上都是**化学气相沉积法**制备碳纳米管

产品类型	生产商	产能 (吨)	生产工艺	国家
单壁碳纳米管	 Unidym, Inc (ArrowheadResearch子公司)	1.5	HiPco	美国
	 东丽Toray Industries, Inc	1.5	CCVD	日本
	 三菱丽阳Mitsubishi Rayon Co. Ltd.	1.2	CVD	日本
	 SouthWest NanoTechnologies Inc.	1.0	CoMoCAT	美国
	Kleancarbon, Inc	1.0	CVD	加拿大
多壁碳纳米管	山东大展纳米材料有限公司	2000	CVD	中国
	 Showa Denko K.K 昭和电工	500	CCVD	日本
	 CNano Technology Limited	500	CCVD	美国
	 Nanocyl S.A	400	CCVD	比利时
	 深圳市纳米港有限公司	200		中国
	 Arkema Inc	50	CCVD	法国
	 Hyperion Catalysis International, Inc	50	CVD	美国

来源: 新材料在线

碳纳米管企业分析 (国内)

山东大展纳米材料有限公司



- ①多壁碳纳米管的生产能力达2000吨/a;
- ②极大的降低了碳纳米管批量化生产的成本;
- ③解决了碳纳米管在橡胶中难以分散的问题。

北京天奈科技有限公司

- ① 总部位于美国加州圣塔克莱拉
- ② 北京设立先进的研发与生产的设施
- ③ 世界上最大的碳纳米管生产线, 年产500吨

中科时代纳米材料中心

- ① 单壁碳纳米管生产能力已达到100kg/a
- ② 多壁碳纳米管生产能力已达到100T/a



深圳市贝特瑞纳米科技有限公司

- ①深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司全资子公司

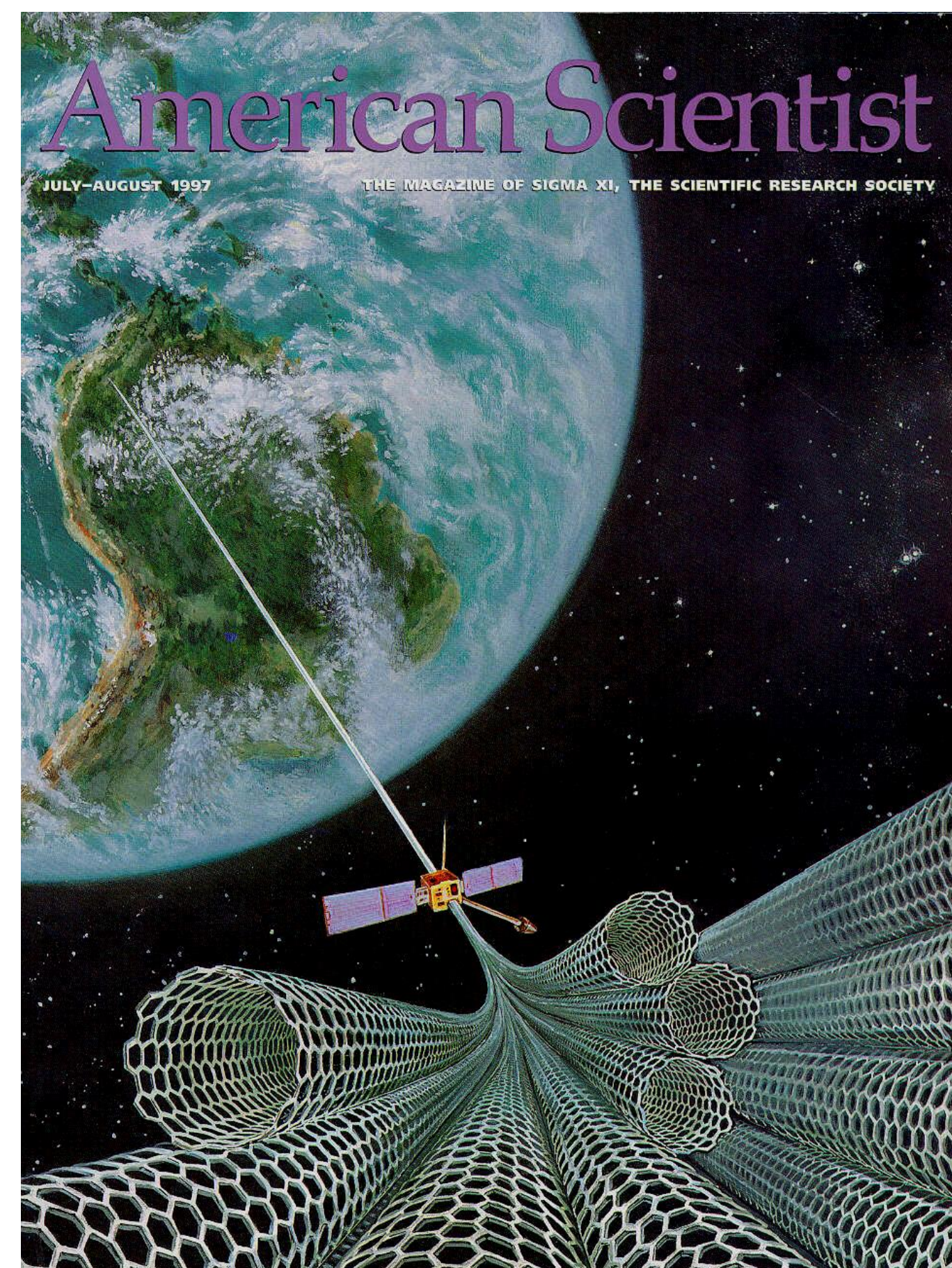
天津富纳源创科技有限公司

深圳市纳米港有限公司

碳纳米管未来展望

- 1、碳纳米管的可控制备：直径、长度、结构.....;
- 2、大面积定向碳纳米管阵列合成;
- 3、CNT的功能化:
 - 1) 共价功能化
 - A: 端口功能化
 - B: 侧壁功能化
 - 2) 非共价功能化
 - C: 表面活化剂功能化
 - D: 聚合物功能化
 - E: 内腔功能化

★例子：在航天事业中，利用碳纳米管制造人造卫星的拖绳，不仅可以为卫星供电，还可以耐受很高的温度而不会烧毁。



未来有望用碳纳米管打造太空电梯，你的飞天梦想将像坐电梯一样简单

结语

新型碳材料和碳素系材料是新材料家族的非常重要的成员，世界各国均十分重视其研发和应用。

由于碳材料突出的特性，美国将碳材料定为战略材料之一，充分利用其巨大的国防费用和航天费用，积极进行研究与开发。日本最近几十年来在国际上率先在低温气相生长金刚石和纳米碳管等方面取得了突破性进展。

近年来，我国在石墨烯、碳纤维、碳纳米管、富勒烯等先进碳材料的产业化取得了巨大的突破，涌现出以二维碳素、第六元素、中复神鹰、福纳新材等为代表的优秀企业，极大的推进了这些材料的产业化、国产化进程，使现在的生活更轻便、快捷、高效、科学。



新材料在线® 版权声明

1. 凡注明“新材料在线”的所有文字、图片、音视频资料、研究报告等信息版权均属新材料在线®平台所有，转载或引用本网版权所有之内容须注明“转自（或引自）新材料在线”字样，并标明本网网址<http://www.xincailiao.com>。
2. 本站信息仅供用于学习交流使用，对于不当转载或引用本网内容而引起的民事纷争、行政处理或其他损失，本网不承担责任。

新材料在线® 免责声明

1. 本文仅代表作者个人观点，新材料在线®对文中陈述、观点判断保持中立，不对所包含内容的准确性、可靠性或完整性提供任何明示或暗示的保证。本报告内容及观点也不构成任何投资建议，报告中所引用信息均来自公开资料，请读者仅作参考，并请自行承担全部责任。
2. 本文部分数据、图表或其他内容来源于网络或其他公开资料，版权归属原作者、原出处所有。任何涉及商业盈利目的均不得使用，否则产生的一切后果将由您自己承担。
3. 新材料在线®尊重知识产权，本文作者引用部分数据仅为交流学习之用，所引用数据都标注了原文出处，个人或单位如认为本文存在侵权之内容，应及时与我们取得联系，收到信息后即及时给予处理。
4. 新材料在线®力求数据严谨准确，但因时间和人力有限，文中数据难免有所纰漏，我们对文中数据、观点不做任何保证。如有重大失误失实，敬请读者不吝赐教批评指正。我们热忱欢迎新材料各界人士免费加入[新材料在线®]平台，发表您的观点或见解。

附则

对【版权声明】和【免责声明】的解释权、修改权及更新权均属于新材料在线®所有。



微信公众号: xincailiaozaixian

新浪微博: 新材料在线官微

Email: service@xincailiao.com



官方微信



官方微博