

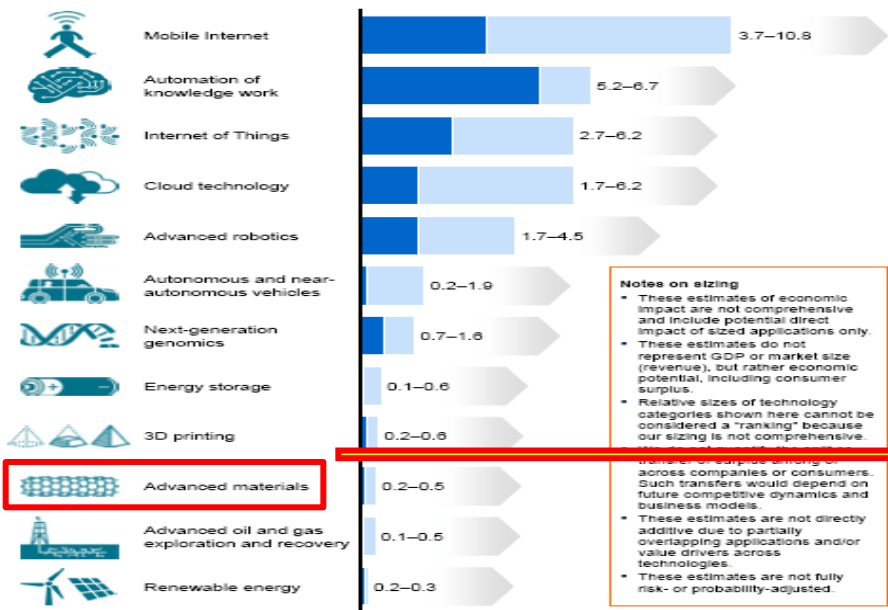


石墨烯军民两用技术发展情况

北京航空材料研究院
北京石墨烯技术研究院
北京石墨烯产业创新中心

麦肯锡评价影响未来11大科技中，石墨烯是先进材料的代表

Estimated potential economic impact of technologies from sized applications in 2025, including consumer surplus
\$ trillion, annual



#10 Advanced materials



Materials that have superior characteristics such as better strength and conductivity or enhanced functionality such as memory or self-healing capabilities

Potential economic impact in 2025 across sized applications of **\$0.2 trillion-\$0.5 trillion**

Nanomedicine could be used to **deliver targeted drugs** to 20 million new cancer cases worldwide in 2025

Component technologies

- **Graphene**
- Carbon nanotubes
- Nanoparticles—eg, nanoscale gold and silver
- Other advanced and smart materials—eg, piezoelectric materials, memory metals, self-healing materials

Key applications

- Nanoelectronics, displays
- Nanomedicine, sensors, catalysts, advanced composites
- Energy storage, solar cells
- Enhanced chemicals and catalysts



将石墨烯列为影响未来军事装备的9大科技之一



欧盟确定影响未来6大科技中，石墨烯位列第2位



石墨烯技术位列欧盟委对未来影响最大的六项前沿技术第2位

未来信息分析模拟技术

石墨烯科技

纳米级传感器技术

人脑工程技术

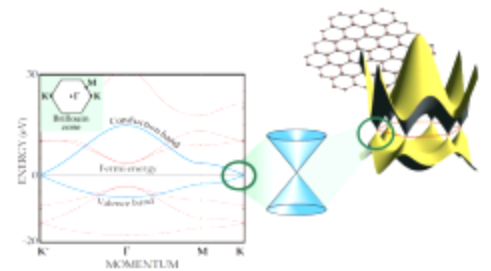
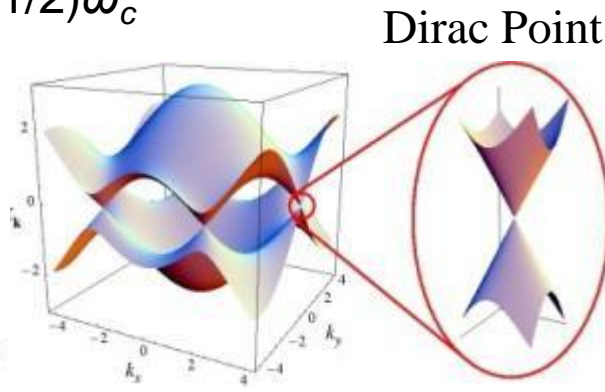
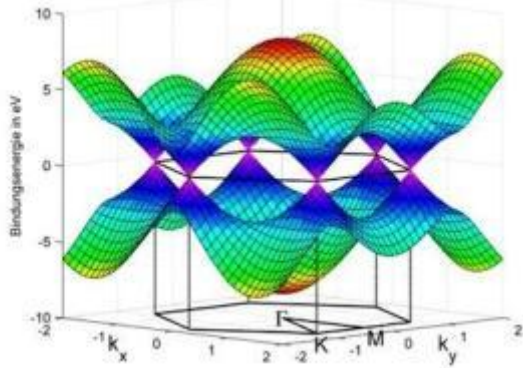
医学信息技术

伴侣型机器人

为什么选择石墨烯发展方向

传统材料在轻质、高强、耐温、导电、导热、电磁屏蔽等方面已基本将材料应用潜力发挥到了极致，采用现有的手段进一步提升材料性能的空间非常有限，且材料性能的有限提升往往会带来应用成本的大幅提升或加工性能的下降，而且往往伴随着其他性能的劣化甚至引入其他系统性风险，性能提升的边际成本越来越高，**石墨烯是重要突破方向**

奇数量子霍尔效应 $E_n = (n + 1/2)\omega_c$

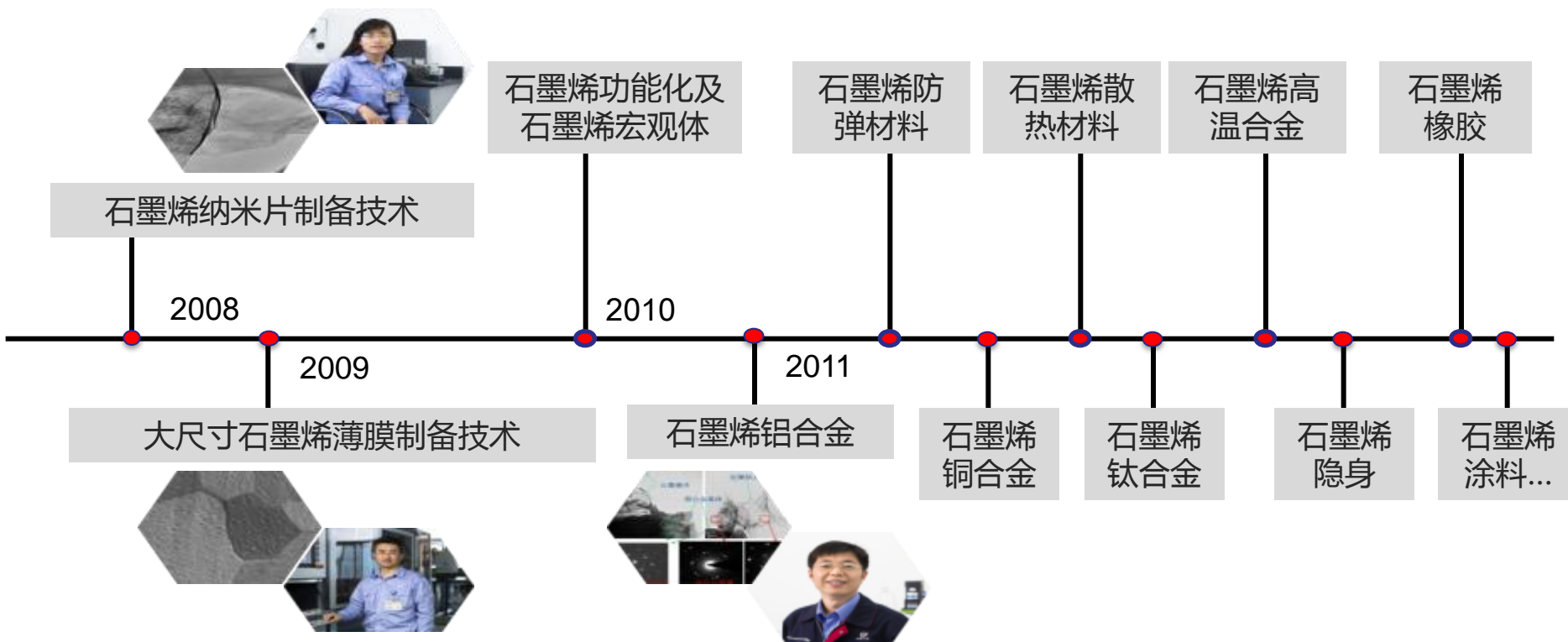


“电子在石墨烯里遵守相对论量子力学，没有静质量”

Physics Today (2007)



航材院石墨烯及应用研究团队



航材院石墨烯技术发展情况

项目

军委科技委XX项目
科工局军用新材料
装发部重点预研
军兵种预研项目
北京科委重点项目
天津科委重点项目
国家国防基金项目

平台

坚实的科研基础、显著的技术优势、领先的科研水平、先进的设备仪器

创新研究&应用研究

北京石墨烯技术
研究院有限公司
航材院石墨烯及
应用研究中心

- 1、北京石墨烯产业创新中心
北京市石墨烯及应用工程技术中心
- 2、正在申报国防重点实验室，国家石墨烯产业创新中心



政策机制

人财物支配，学术气氛，
方案决策，国际合作，
激励机制等

**团队：13个团
队/40个方向**



与NGI和R R组建了“**石墨烯航空航天材料联合技术中心**”

- 1名 诺贝尔物理奖得主：Konstantin Novoselov
- 2名 英国皇家工程院院士：Robert J Young、Philip Withers
- 6名 国际知名教授



知识产权战略

编制各项标准
规范 207份



申请国际、国家普通发明或国防专利 315项

发表科技论文120篇，
SCI收录38篇，EI收录
60篇

创新平台

知识产权战略

政策机制

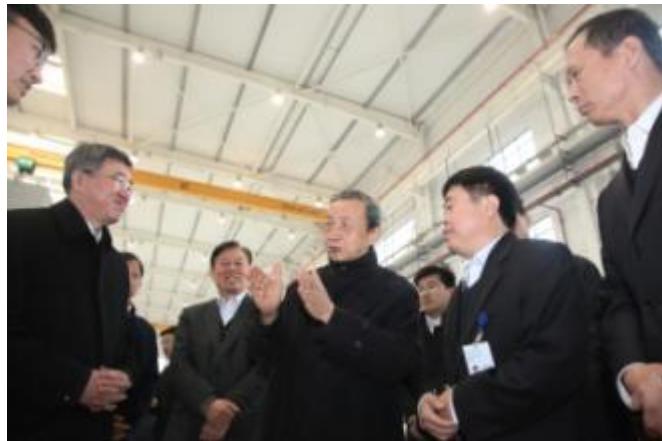
科技
创新

研究项目

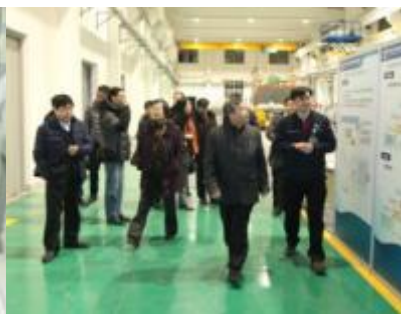
研究团队

落实：各项工作纳入年度工作计划

各级领导高度关心



张高丽副总理、刘延东副总理、马凯副总理、张又侠将军、国资委、发改委、科工局等党和国家主管部门领导，到航材院或听取了航材院相关工作进展汇报



石墨烯复合材料设计关键科学问题

I 表面
不润湿

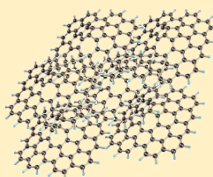
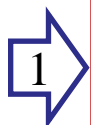
II 尺寸

- GO: 纳米
- Ti: 微米

III 形态

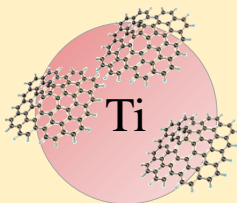
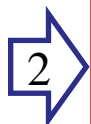
- GO: 二维
- Ti: 三维

Contradictory



- 石墨烯比表面积大，易于团聚，在基体中可添加的含量很低；

Homogeneous distribution



- 石墨烯与材料的润湿性差，金属熔点高，两者在高温下反应生成界面产物。

Clear & Strong boundary

石墨烯复合材料设计工程技术问题

■ 材料组织设计技术研究

- 1) 材料组织设计
- 2) 材料界面设计
- 3) 石墨烯添加量设计
- 4) Ti合金粉体设计

■ 材料制备技术研究

- 1) 氧化石墨烯在钛合金基体中的分散技术研究
- 2) 氧化石墨烯的预处理研究

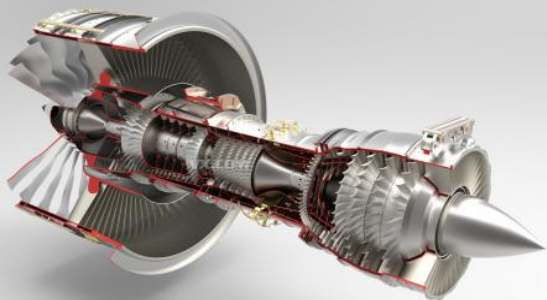
■ GO/Ti复合材料的界面研究

- 1) 微区结构
- 2) 结合状态
- 3) 界面反应物

■ GO/Ti复合材料性能研究

- 1) 导热性能影响规律
- 2) 力学性能影响规律

石墨烯轴承钢研制背景



航空发动机主轴轴承



汽车轴承



风电轴承



高铁用轴承



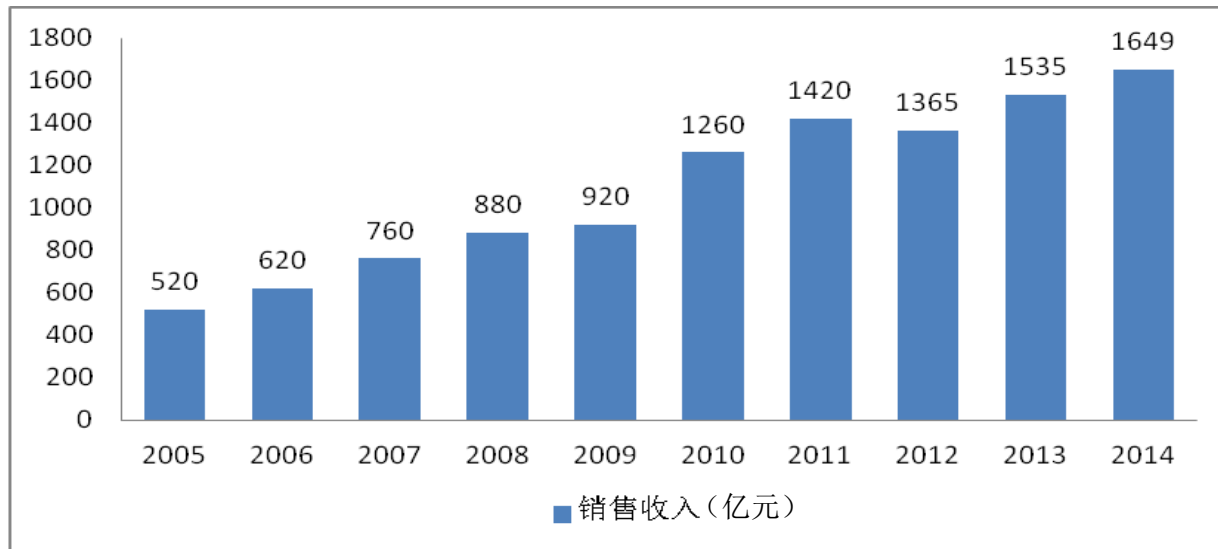
大型机械



精密机床

轴承是国家重大技术装备的关键零部件，我国高端轴承的使用寿命仅仅是国外的1/5-1/4，整体水平远远落后于国外，高端轴承长期依靠进口⁵

石墨烯轴承钢研制背景



“十三五”期间部分主机行业对配套轴承的需求预测（轴承行业协会数据）

轴承分类名称	2013 年全国需求量 (万元)	2020 年全国预测需求量 (万元)
汽车轴承	2,500,000	3,500,000
机床轴承	64,000	900,000
工程机械轴承	430,000	600,000
风电轴承	390,000	550,000
电工轴承	900,000	1,280,000
冶金轴承	550,000	550,000
纺织机械轴承	107,000	150,000

石墨烯轴承钢研制背景

航空发动机主轴轴承失效分析表明，轴承失效属于疲劳破坏的不到5%，而属于**磨损**和**腐蚀**破坏的高达50%以上⁵

石墨烯优点

- 高强度 (Strength) (高强度 130GPa)
- 高硬度 (Young's modulus) (杨氏模量 1T Pa)
- 石墨烯是目前已知的强度最高、最坚硬的材料

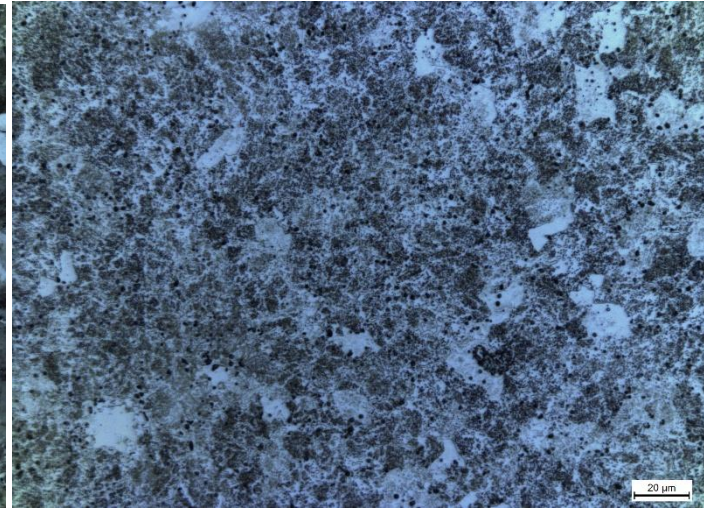
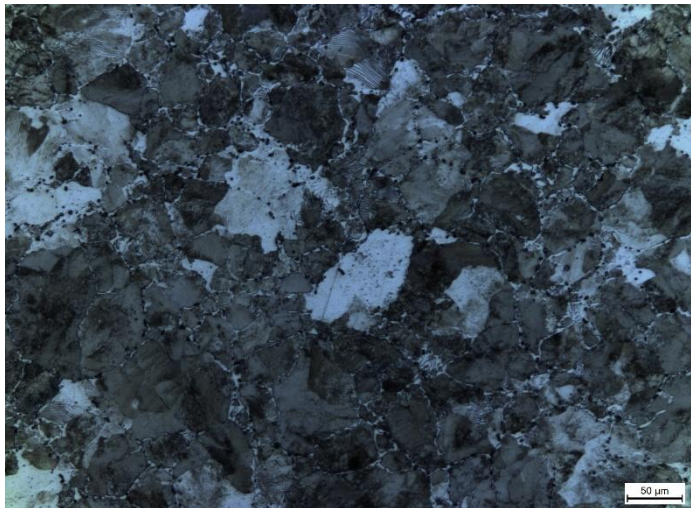
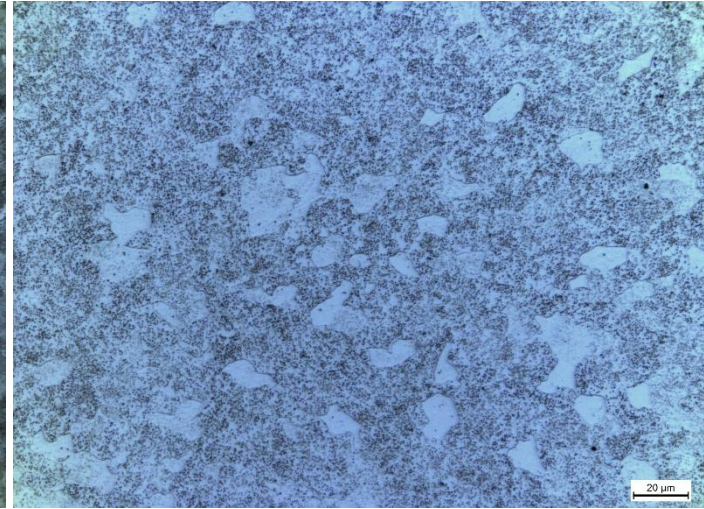
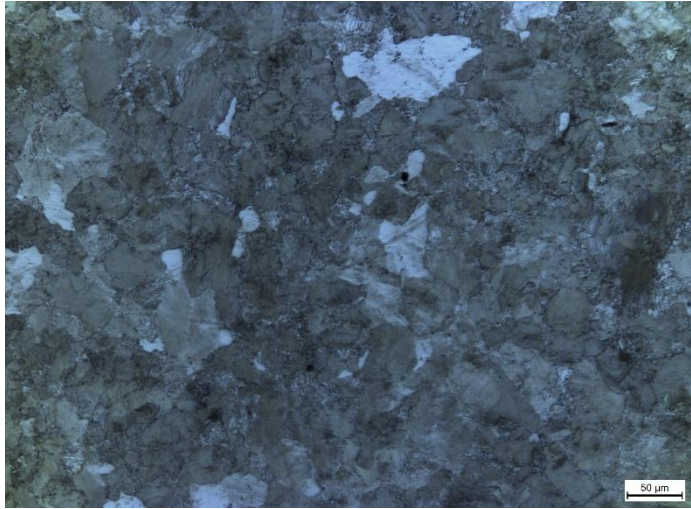
通过**石墨烯**来增强轴承钢，大幅度提高轴承钢的耐磨性

抗拉强度：大于**1900MPa**

耐磨性相对于现有轴承钢材料提高**30%**



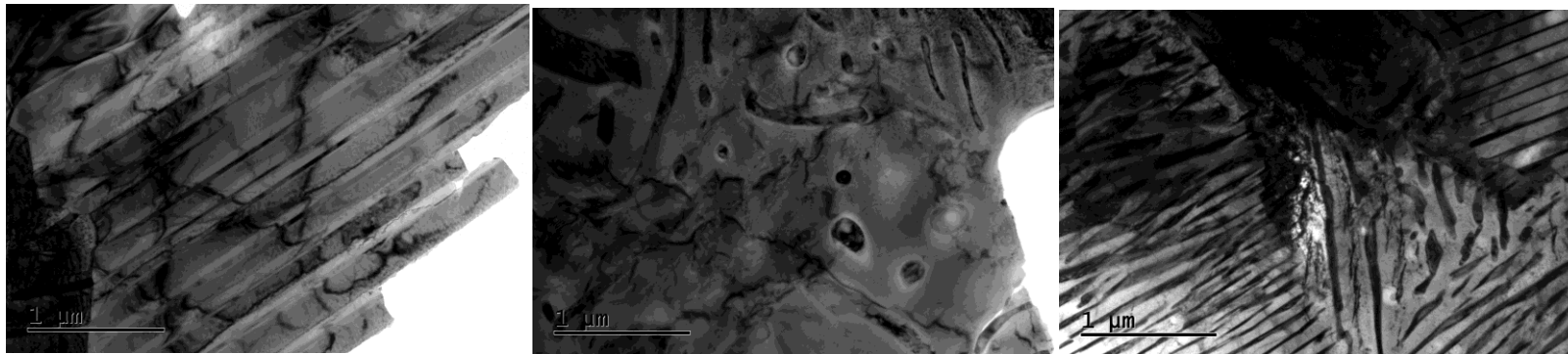
石墨烯轴承钢微观组织



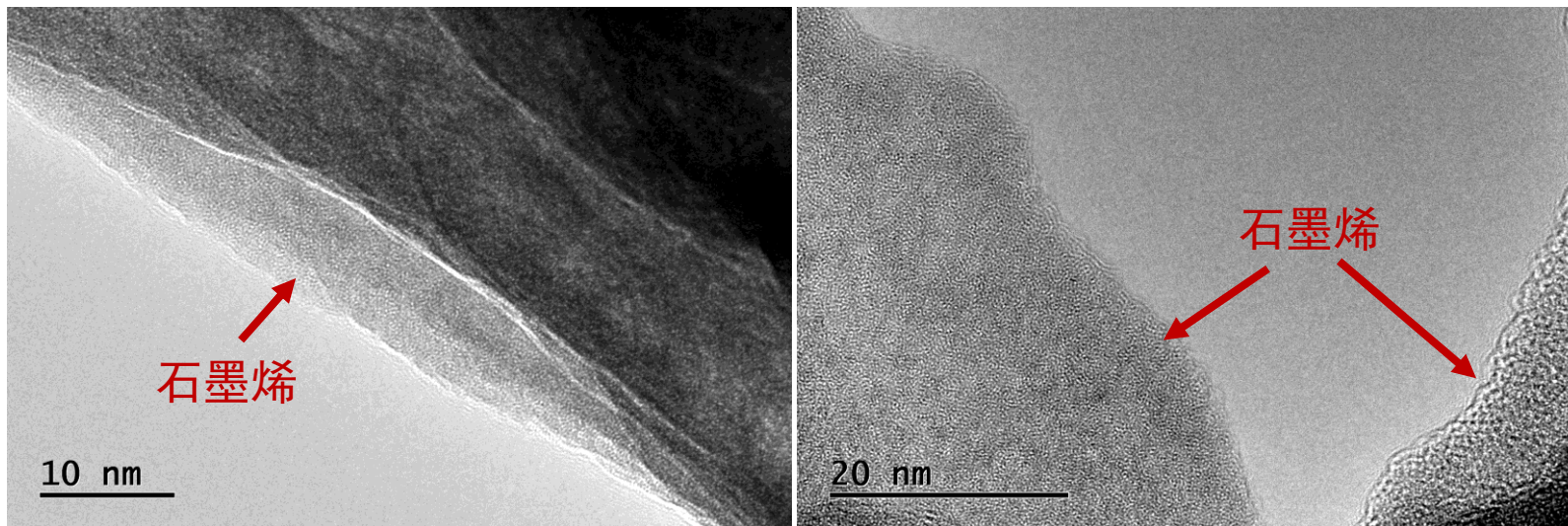
挤压组织

退火组织

石墨烯轴承钢微观组织



回火后试样组织由马氏体、残余奥氏体和碳化物构成



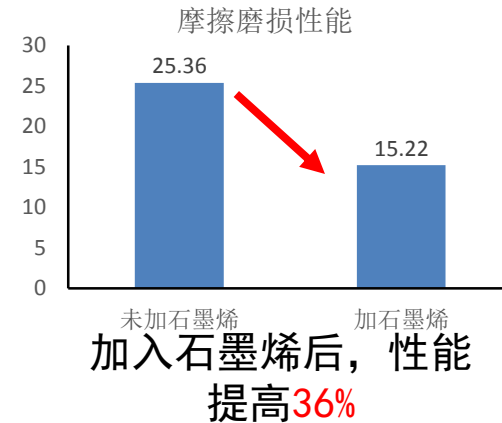
石墨烯在GCr15/GO复合材料中稳定存在

石墨烯轴承钢性能

挤压后摩擦磨损性能对比

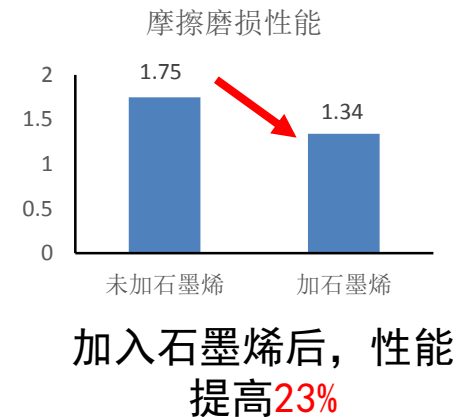


样品名称	编号	磨损前质量/g	磨损后质量/g	磨损量/mg	平均磨损量/mg
GCr15 (未加石墨烯)	1	17.37231	17.36862	23.69	25.36
	2	17.30189	17.28849	23.4	
	3	17.31258	17.28637	26.21	
	4	17.52062	17.49249	28.13	
GCr15 (加石墨烯)	1	16.92402	16.90789	16.14	16.22
	2	17.44812	17.43346	14.66	
	3	17.53845	17.52059	17.86	



等温锻后摩擦磨损性能对比

样品名称	编号	磨损前质量/g	磨损后质量/g	磨损量/mg	平均磨损量/mg
GCr15 (未加石墨烯)	1	6.75345	6.75175	1.7	1.75
	2	6.94769	6.94562	2.07	
	3	6.76048	6.75899	1.49	
GCr15 (加石墨烯)	1	6.89580	6.89446	1.34	1.34
	2	6.80100	6.79969	1.31	
	3	6.86108	6.85971	1.37	



石墨烯可有效提高轴承钢的耐磨性能

石墨烯轴承钢性能

样品名称	试样	抗拉强度 MPa	屈服强度 MPa	锻后延伸率 δ %	面积收缩率 Ψ %	弹性模量 GPa
GCr15 未加石墨烯	1	1844	-	0.1	3.6	-
	2	1982	1415	0.9	3.2	202
	3	2188	1427	1.4	3.9	202
GCr15 加石墨烯	1	1991	1321	1.3	3.9	198
	2	1897	1233	1.6	3.9	200
	3	1634	997	2.0	5.1	201

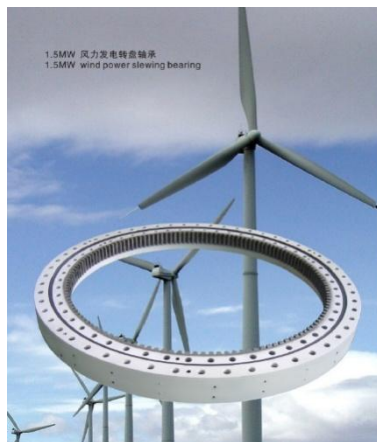
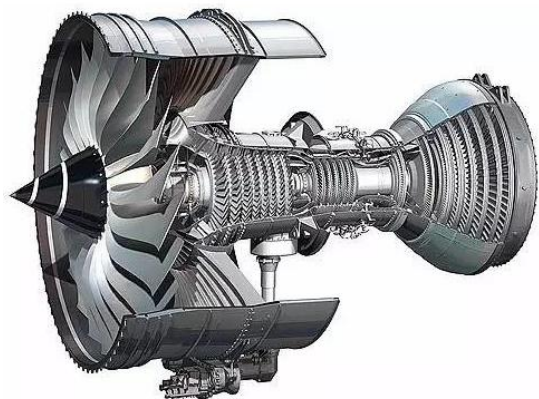
等温锻后室温拉伸性能

样品名称	试样	抗拉强度 MPa	屈服强度 MPa	锻后延伸率 δ %	面积收缩率 Ψ %	弹性模量 GPa
GCr15 未加石墨烯	1	2027	1506	0.5	2.4	197
	2	1951	1518	-	2.0	196
	3	1826	1517	-	-	195
GCr15 加石墨烯	1	1924	1413	0.3	-	193
	2	1972	1401	1.0	2.0	194
	3	1800	1422	0.6	1.6	192

添加石墨烯后抗拉强度保持在**1900MPa**以上，延伸率有一定提升

石墨烯轴承钢应用前景

研究中所用GCr15轴承钢是一种合金含量较少，具有良好综合性能，应用最广泛的高碳铬轴承钢，在轴承钢中使用量占80%以上，可应用于各类轴承材料，石墨烯增强轴承钢复合材料可使现有轴承使用寿命提高**30%**以上。



GCr15/GO 轴承材料可应用于各类高端轴承材料



石墨烯铝合金电缆研究背景



中高压（小于35KV）
高架高压线

远距离高
压输电线

$$Q=I^2Rt$$
$$P=UI$$

铜导线

占比：

国内：70~90%

国外：10-30%

- 导电性好
- 强度高
- 成本高
- 战略物资

铝导线

占比：

国内：1%

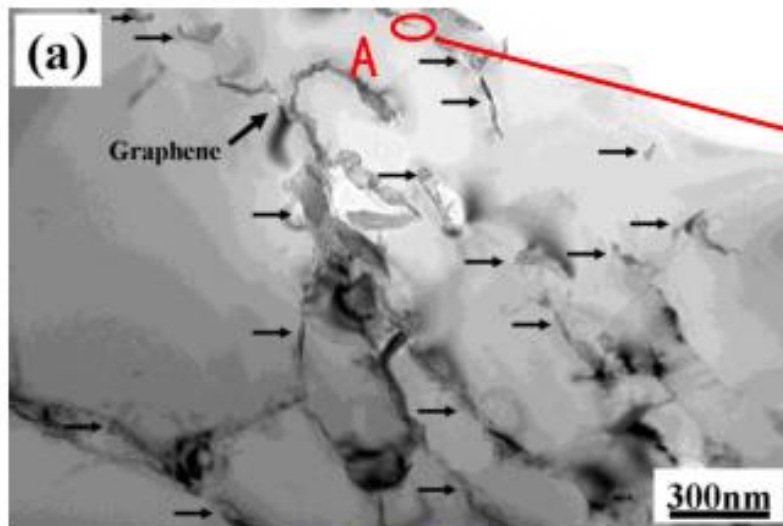
国外：70-90%

- 导电性比铜差
- 强度低
- 成本低
- 资源丰富

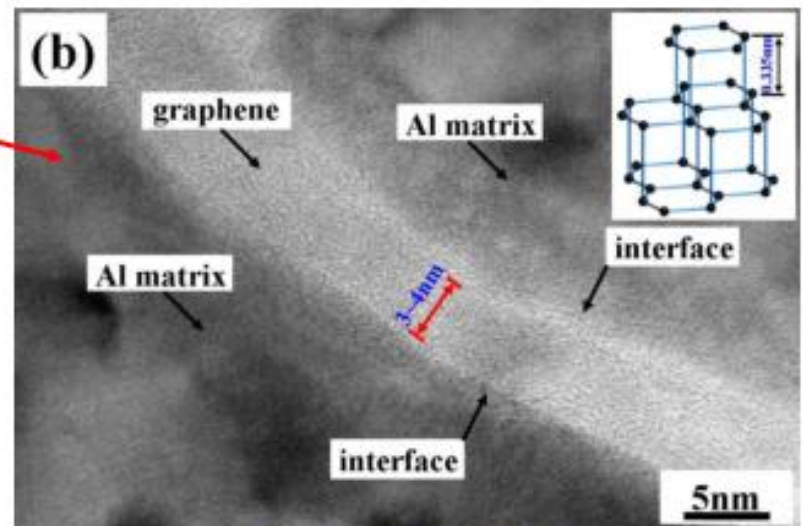
美国、加拿大：90%，日本：70%

国外高压输电导线大多采用铝导线。为了降低成本，国内正在逐步加大铝导线在高压输电领域的应用

石墨烯铝合金电缆研究背景



透射照片



高分辨透射照片

石墨烯纳米片 (1 wt.%)
在铝基体中沿晶界均匀弥
散分布

石墨烯和铝基体间界面纯
净无杂质，基本达到了原
子尺度的冶金结合



石墨烯铝合金电缆工业化制备技术研究



石墨烯铝基复合材料锭坯（7个批次）



工厂条件下挤压工艺研究



挤压工艺：

1. 设备：2500T挤压机
2. 挤压筒直径： $\Phi 185\text{mm}$
3. 挤压模具： $\Phi 10\text{mm} \times 4\text{孔}$
4. 挤压比：81
5. 坯料加热制度： 400°C
6. 模具加热温度： $450\sim 460^\circ\text{C}$
7. 挤压筒加热温度： $420\sim 430^\circ\text{C}$
8. 制品挤压速度： $5\sim 6\text{m/min}$
9. 压余：50mm

石墨烯铝基复合材料挤压设备



工厂条件下挤压工艺研究



石墨烯铝基复合材料挤压杆的制备 ($\Phi 9.5\text{mm}$)



工厂条件下拉拔工艺研究



拉拔工艺：

(1) 粗拉：

$\Phi 10.5\text{mm} \rightarrow \Phi 8.0\text{mm} \rightarrow \Phi 6.2\text{mm}$

(2) 中拉：

$\Phi 6.2\text{mm} \rightarrow \Phi 5.8\text{mm} \rightarrow \Phi 5.35\text{mm} \rightarrow$
 $\Phi 4.85\text{mm} \rightarrow \Phi 4.5\text{mm} \rightarrow \Phi 4.1\text{mm} \rightarrow$
 $\Phi 3.6\text{mm};$

(3) 终拉：

$\Phi 3.6\text{mm} \rightarrow \Phi 3.3\text{mm} \rightarrow \Phi 3.07\text{mm}$

注：为了保证丝材的长度，挤压杆材在拉拔中间道次进行焊接后再拉拔

石墨烯铝基复合材料的拉拔设备

工厂条件下研究结果



石墨烯铝导线单丝成品 ($\Phi 3.07\text{mm}$, 72Kg, 长约3.8公里)

结论：在工业化生产现场，现有工艺条件可满足石墨烯铝导线的制备

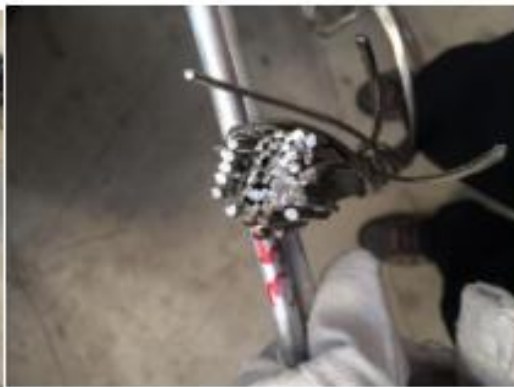


工厂条件下研究结果



石墨烯铝导线绞合设备

工厂条件下研究结果



型式试验所需材料数量

- (1) 型式试验型号: JLHA3-675-61;
- (2) 单丝直径: 3.75mm;
- (3) 单丝长度: 400米;
- (4) 单丝数量: 61根;
- (5) 绞线截面积: 675mm^2 ;
- (6) 重量: 720kg;
- (7) 试验地点: 上海电缆所

石墨烯铝绞线型式试验(上海电缆所)



中强度石墨烯铝合金绞线性能指标

8C05	标准值	已达值	备注
成品			
20℃时直流电阻 (Ω/km)	≤0.0752	0.0657	自检
抗拉力 (kN)	≥91.2	112.8	自检
弹性模量 (GPa)	55.0±3.0	56.8	送检
蠕变 (20±2℃, 1000h, 14.4kN)	--	0.0134	送检
线膨胀系数 (20±2℃, 样品温度: 19.15~90.62℃, 4.8kN)	--	23.3×10 ⁻⁶ (1/℃)	送检
疲劳特性 (试验档距: 35.2mm, 试验张力24kN, 振动角25'~30', 振动次数: 3×10 ⁷ 次,)	依据Q/FSDYS 007-2007标准试验方法试验后, 导线未出现断股情况, 则导线疲劳特性合格。	合格	送检
载流量 (样品温度: 55.11~93.18℃)	导线温度在70℃、80℃、90℃时, 交、直流电阻比分别为1.004、1.006、1.007。	合格	送检
紧密度 (变化率 %)	<2	0.49	送检
平整度 (mm)	<0.5	0.19	送检
过滑轮 (样品长度: 21m, 张力负荷: 19.2kN, 包角30°, 钢丝绳直线运动最大距离及速度为6m及0.5m/s, 直线运动往返次数20次, 滑轮直径0.5m。)	依据Q/FSDYS 008-2007标准试验方法试验后, 导线表面无损伤、松股、起灯笼现象, 单丝抗拉强度均≥228MPa。	均达到	送检
单线 (3.71mm)			
绞前抗拉强度 (MPa)	≥240	245	自检
绞后抗拉强度 (MPa)	≥228	237	自检
伸长率 (LO=250mm)	≥3.0%	5.8%	自检
电阻率 (20℃) (nΩ·m)	≤29.472	28.098	自检
卷绕	在直径与合金线直径相同的芯轴上卷绕8圈, 合金线应不断裂	无断裂	自检



合金牌号注册

有色金属及合金牌号注册（或备案）申请表

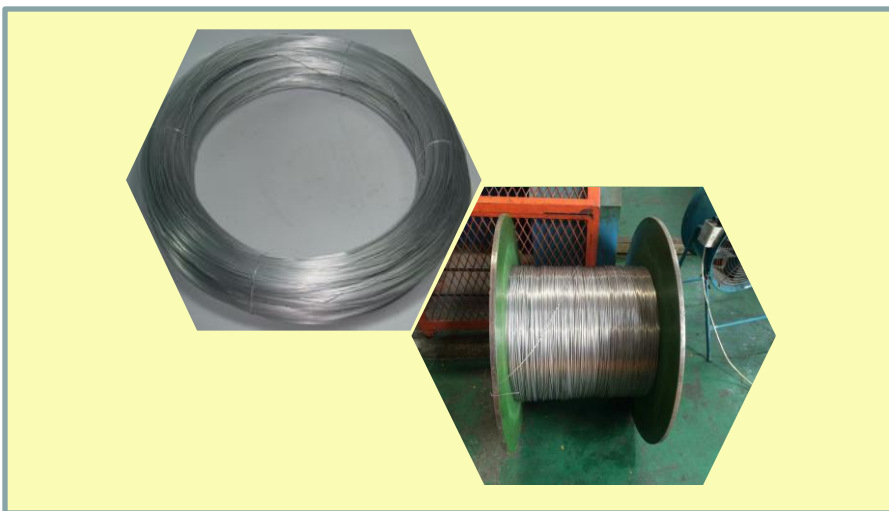
单位名称	中国航空工业集团公司北京航空材料研究院		邮政编码	100095
地址	北京市海淀区温泉镇环山村			
产品名称	石墨烯铝导线	生产起始时间	2014.05	
现用牌号	8C05	国外相应牌号	8030	
实际生产量, t	8	实际销售量, t	8	
化学成分, %	C: 0.1~0.5; Mn: 0.03~0.05; Mg: 0.03~0.1 Cu ≤ 0.05; Fe ≤ 0.05; Ni ≤ 0.005; Si ≤ 0.05; P ≤ 0.01; 其它单个 ≤ 0.01, 总和 ≤ 0.10; Al 余量			
产品名称	石墨烯铝导线	生产起始时间		
现用牌号	8C05	国外相应牌号		
实际生产量, t	8	实际销售量, t		
状态	抗拉强度/MPa	直径/mm	伸长率/%	20℃体积电阻率/10 ⁻⁹ Ω·m
O	170~190	0.300~2.490	≥3	≤28.50
H14	191~219	0.300~2.490	≥3	≤28.50
H18	220~249	0.300~2.490	≥3	≤28.50
用途及使用效果: 该合金棒材主要为民用, 用于低压高架输电导线, 高性能航空导线等制备。我国在 35KV 以下中高压输电线路中普遍采用铜轴铜导线, 铝合金导线仅占 1%。而美国、加拿大等国家在 35KV 以下中高压输电线路中 90% 采用铝导线。大量采用铜轴铜导线造成我国大量战略铜资源浪费, 我国所制备的铝合金导线电阻率通常在 34.5μΩ·m 以上, 导致输电过程中损失率大于 30%。与铝合金导线相比, 石墨烯铝导线电阻率可达到 28~29μΩ·m, 可实现显著降低中底压高架导线的电力路损, 减少我国中底压高架导线的铜材用量, 具有广阔的应用前景, 显著的经济效益和社会效益。目前该牌号材料已经进行了批量生产, 共生产 8t。				
牌号研制人	王旭东、李炯利	电话	010-62497156	单位盖章
	戴圣龙、武岳		13269386230	年 月 日
以上由申请单位填写				
标委会秘书处审查意见:				

有色金属及合金牌号注册（或备案）申请表

单位名称	中国航空工业集团公司北京航空材料研究院		邮政编码	100095
地址	北京市海淀区温泉镇环山村			
产品名称	石墨烯铝导线	生产起始时间	2014.05	
现用牌号	8C12	国外相应牌号	8030	
实际生产量, t	12	实际销售量, t	11	
化学成分, %	C: 0.6~1.2; Mn: 0.03~0.05; Mg: 0.03~0.1 O ≤ 0.05%; Cu ≤ 0.05; Ni ≤ 0.005; Si ≤ 0.05; Fe ≤ 0.04; 其它单个 ≤ 0.03, 总和 ≤ 0.10; Al 余量			
产品名称	石墨烯铝导线			
现用牌号	8C12			
状态	抗拉强度/MPa	直径/mm	伸长率/%	20℃体积电阻率/10 ⁻⁹ Ω·m
O	250~259	0.300~2.490	≥3	≤30.5
H14	260~269	0.300~2.490	≥3	≤30.5
H18	270~289	0.300~2.490	≥3	≤30.5
用途及使用效果: 该合金棒材主要为民用, 用于低压高架输电导线, 高性能航空导线等制备。我国在 35KV 以下中高压输电线路中普遍采用铜轴铜导线, 铝合金导线仅占 1%。而美国、加拿大等国家在 35KV 以下中高压输电线路中 90% 采用铝导线。大量采用铜轴铜导线造成我国大量战略铜资源浪费, 我国所制备的铝合金导线电阻率通常在 34.5μΩ·m 以上, 导致输电过程中损失率大于 30%。与铝合金导线相比, 石墨烯铝导线电阻率可达到 28.5~29.5μΩ·m, 可实现显著降低中底压高架导线的电力路损, 减少我国中底压高架导线的铜材用量, 具有广阔的应用前景, 显著的经济效益和社会效益。目前该牌号材料已经进行了批量生产, 共生产 8t。				
牌号研制人	王旭东、李炯利	电话	010-62497156	单位盖章
	戴圣龙、武岳		13269386230	年 月 日
以上由申请单位填写				
标委会秘书处审查意见:				



合金牌号注册





发明专利

序号	专利名称	发明人	申请号
1	一种石墨烯/铝复合材料的制备方法	王旭东, 李炯利, 戴圣龙, 张晓艳, 王胜强	201510388125.0
2	一种石墨烯/铝复合材料	李炯利, 王旭东, 何维维, 戴圣龙, 张晓艳	201510382349.0
3	一种石墨烯/铝合金复合材料的制备方法	王旭东, 李炯利, 何维维, 戴圣龙, 王胜强	201510382279.9
4	一种石墨烯/铝合金复合材料	王旭东, 李炯利, 戴圣龙, 何维维, 张晓艳	201510387953.2
6	一种石墨烯/铝合金复合材料	王旭东, 李炯利, 何维维, 戴圣龙, 张晓艳	201510388353.8
7	一种石墨烯/铝复合材料的制备方法	王旭东, 李炯利, 何维维, 戴圣龙, 王胜强	201510388351.9
8	一种石墨烯/铝复合材料	王旭东, 李炯利, 戴圣龙, 何维维, 张晓艳	201510388295.9
9	一种石墨烯/铝合金复合材料的制备方法	王旭东, 李炯利, 戴圣龙, 何维维, 王胜强	201510388294.4
10	一种石墨烯/铝合金复合材料	王旭东, 李炯利, 戴圣龙, 何维维, 张晓艳	201510388293.X
11	一种石墨烯/铝合金复合材料的制备方法	王旭东, 李炯利, 戴圣龙, 何维维, 王胜强	201510388292.5
12	一种石墨烯/铝合金复合材料的制备方法	王旭东, 李炯利, 何维维, 戴圣龙, 王胜强	201510388201.8

Q/6S标准规范

序号	标准名称	标准号
1	石墨烯铝导线用铝粉末规范	Q/6S 2988-2015
2	石墨烯铝导线用中间合金规范	Q/6S 2989-2015
3	石墨烯铝导线用圆棒规范	Q/6S 2990-2015
4	氧化石墨烯粉体规范	Q/6S 2998-2015
5	石墨烯铝导线规范	Q/6S 2991-2015
6	石墨烯铝导线用铝粉末制备工艺	Q/6SZ 3141-2015
7	石墨烯铝导线用中间合金制备工艺	Q/6SZ 3142-2015
8	石墨烯铝导线用圆棒制备工艺	Q/6SZ 3143-2015

5、工艺规程

中国航发北京航空材料研究院 质量管理体系作业文件		标 识						
石墨烯铝导线电工圆铝杆生产工艺规程 (第 1 版)		编 号						
		代替的文件编号						
		密 级	内部					
		技术状态标识	阶 段	F	C	S	D	P
		关键件 <input checked="" type="checkbox"/> 重要件 <input type="checkbox"/> 关键过程 ¹ <input checked="" type="checkbox"/>						√
是否为生产与检验共用规程 ² <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>								
共 35 页 第 1 页								
实施日期								
分发范围 ³	基层单位: 2 所 部门: 工艺技术与标准化部, 科技发展部							
编 制			工 艺 会 签					
单位审核			标 审					
部门审核			审 定					
质量会签			批 准					
会 签 ⁴			顾客或其代表 (必要时)					
更改单编号	更改标识	更改页码	生效日期	填写人/日期				

注 1: “关键件、重要件和关键过程”选择栏由项目负责人识别并在标注, 由科技发展部/产品发展部审核, 信息中心据此加盖相关受控章。
注 2: 是否为生产与检验共用规程由项目负责人进行标识。
注 3: 分发范围由承制单位提出, 主管部门确认。
注 4: 涉及无损检测的关键件、重要件和关键过程的工艺文件, 必须经检测研究中心相关授权签字人会签。

本规程为航材院所所有, 未经书面许可, 不得以任何形式复制或和传递给第三方和对外披露。©航材院 2014 年。

更改状态: 0
共 19 页 第 2 页


石墨烯铝导线电工圆铝杆生产工艺规程

1 范围
本规程规定了石墨烯铝导线电工圆铝杆生产的工艺要求, 包括雾化制粉、粉末处理、包装除气、挤压、检验、包装交付等。

2 规范性引用文件
下列文件对于本文件的应用是必不可少的, 凡是注明日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于本文件, 凡是不注明日期的引用文件, 其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。
GB/T 678 无水乙醇
GB/T 3199 铝及铝合金加工产品 包装、标志、运输、贮存
GB/T 3864 工业氮
GB/T 3880 一般工业用铝及铝合金板材
GB/T 8644-2000 重熔用精铝锭
GB/T 228.1-2010 金属材料拉伸试验第 1 部分: 室温试验方法
GB/T 3048.2-2007 电线电缆电性能试验方法第 2 部分: 金属材料电阻率试验方法
Q/6S 2988-2015 石墨烯铝导线用铝粉末规范
Q/6S 2998-2015 氧化石墨烯铝粉末规范
Q/6S 2991-2015 石墨烯铝导线规范
Q/6SZ 3141-2015 石墨烯铝导线用铝粉末制备工艺

3 工艺流程图

3.1 总工艺流程图见图1。




```

graph LR
    05[05 铝粉制备] --> 10[10 粉末处理]
    10 --> 15[15 包装除气]
    15 --> 20[20 挤压]
    20 --> 25[25 检验]
    25 --> 30[30 包装交付]
    
```

图1 总工艺流程图

3.2 05工序流程图见图2。



```

graph LR
    05-05[05-05 精铝制备] --> 05-10[05-10 雾化制粉]
    05-10 --> 05-15[05-15 出粉]
    05-15 --> 05-20[05-20 粉末检验]
    
```

图2 05工序流程图

本规程为航材院所所有, 未经书面许可, 不得以任何形式复制或和传递给第三方和对外披露。©航材院 2016 年。

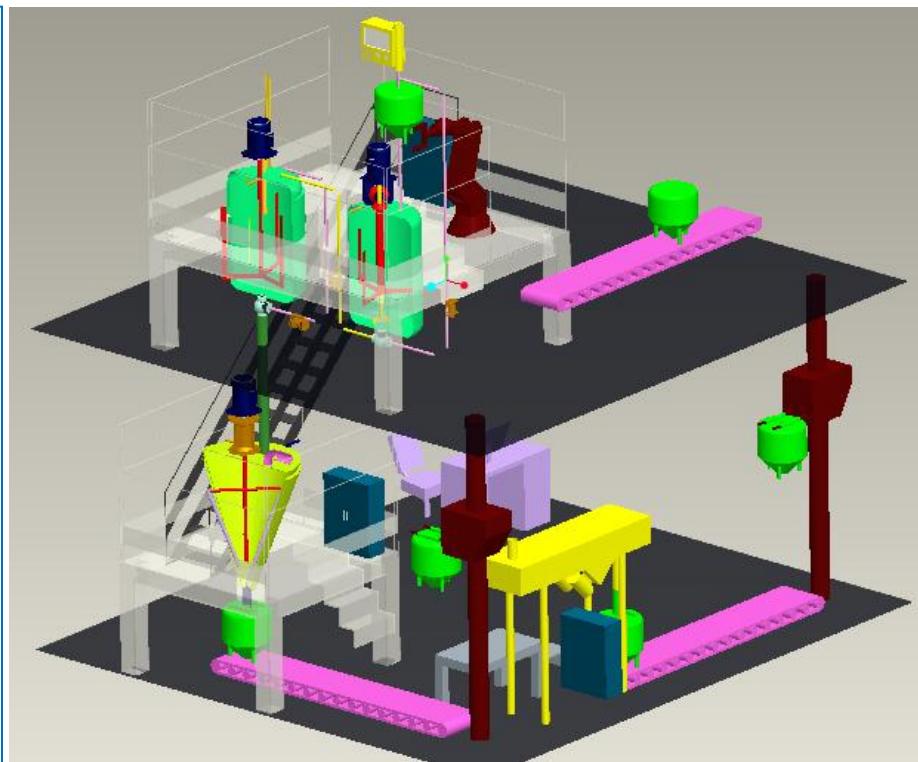
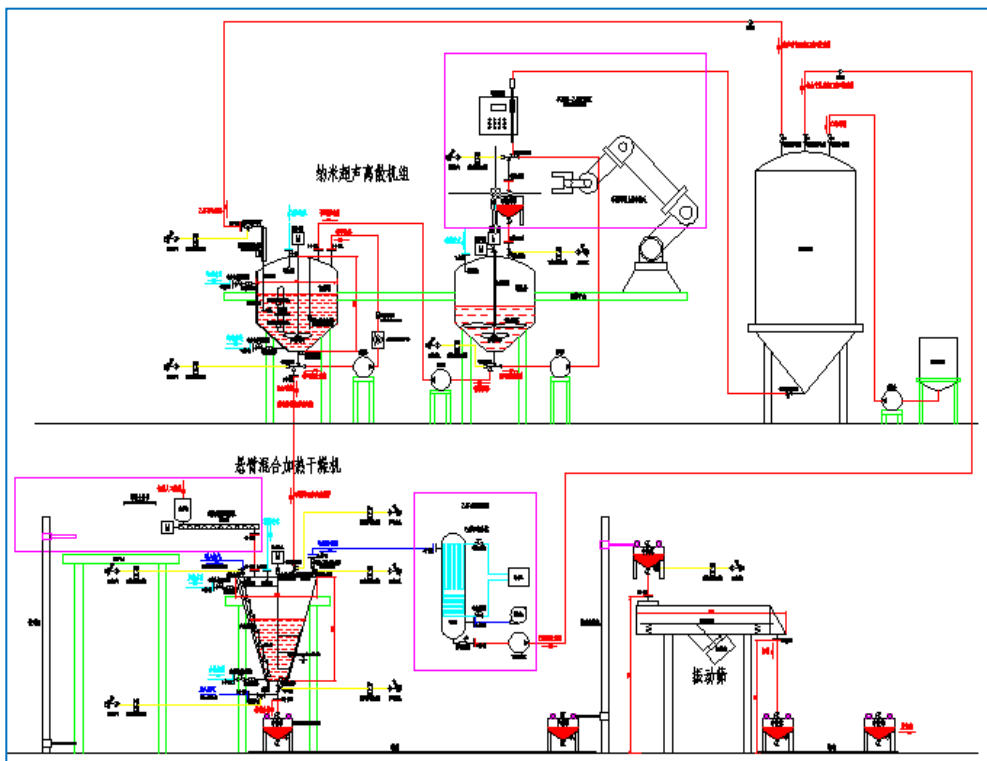


中试线设备研发 (100Kg级别)





产业化设备研发 (1000Kg~5000Kg级别)





石墨烯浮选车间

10吨
级别



铝合金熔铸车间 + 雾化制粉车间

石墨烯

铝粉



石墨烯/铝粉混合车间



石墨烯/铝制坯车间



石墨烯/铝成形车间



未来战争需要更轻、吸波特性更好的隐身材料

更轻、全频段、耐候隐身 →



← 超高温隐身



更轻、红外雷达隐身 →



更轻、耐高温隐身 →



← 红外、雷达隐身、防弹

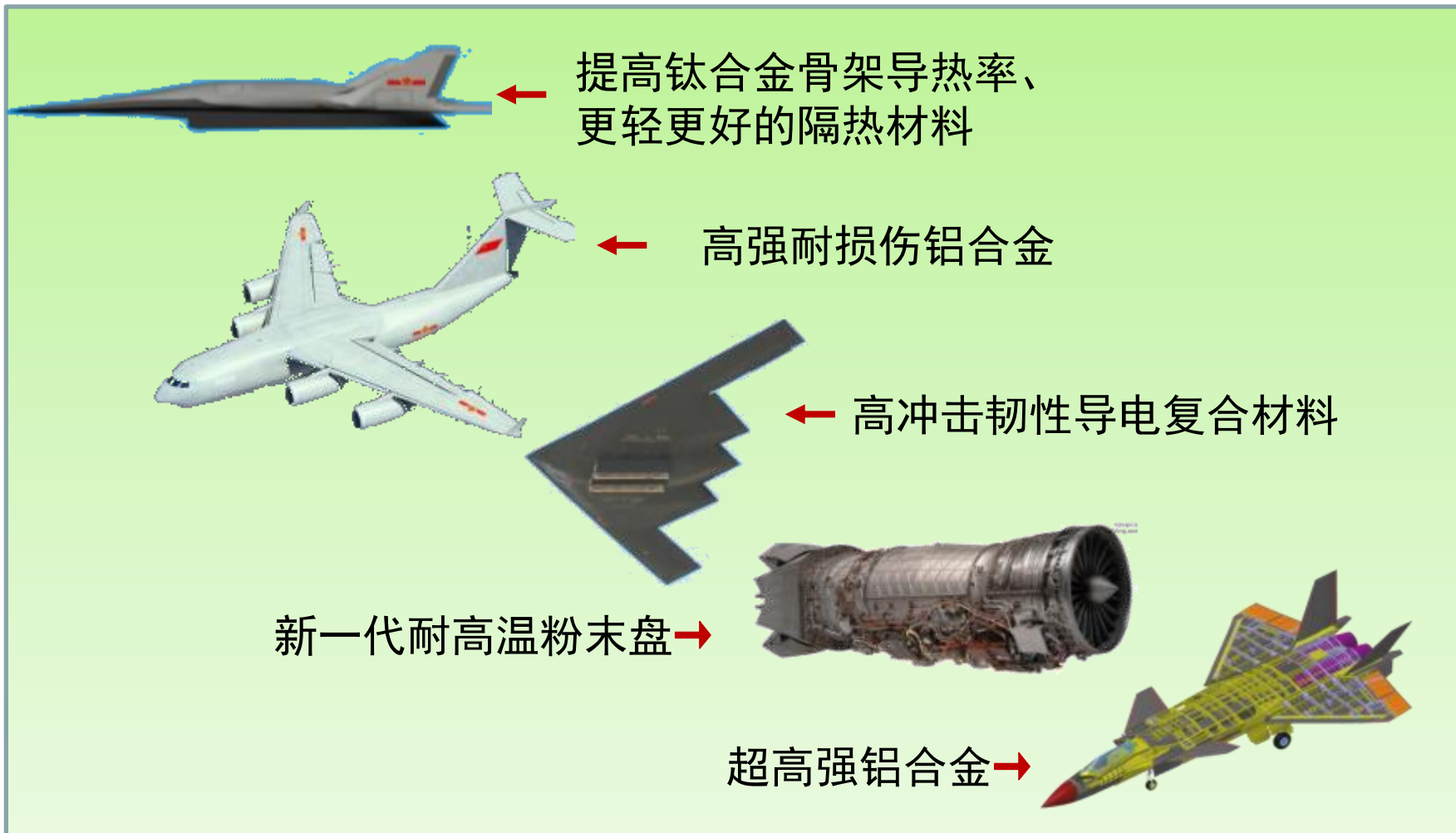


← 雷达隐身、防弹





未来战争需要超高强韧、长寿命、耐高温的结构材料





未来战争需要更轻、防护系数更高的防弹材料



← 20mm机炮



← 反特种作战

城市作战→



← 城市作战侧向防护

登岛作战→

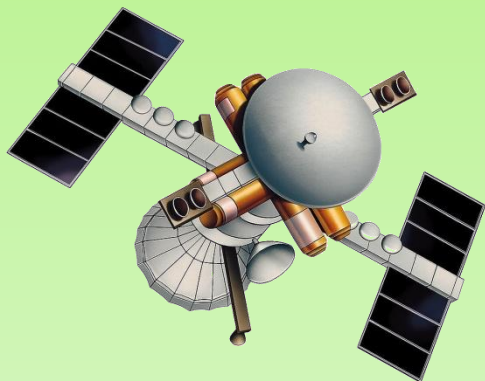


武器舱室→





未来战争需要更轻、导热性能更好的电子材料

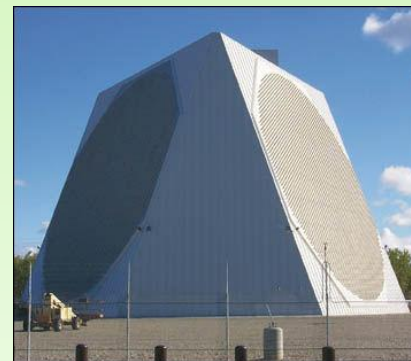


← 更高导热系数封装材料



← 更高导热系数封装材料

更好电学性能波导管→

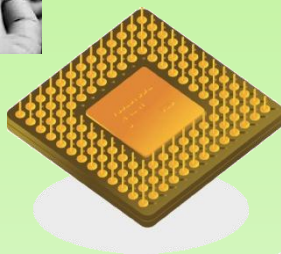




未来战争需要更轻、物理性能更好的功能材料



← 石墨烯柔性屏幕

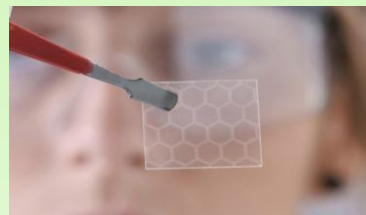


← 石墨烯芯片

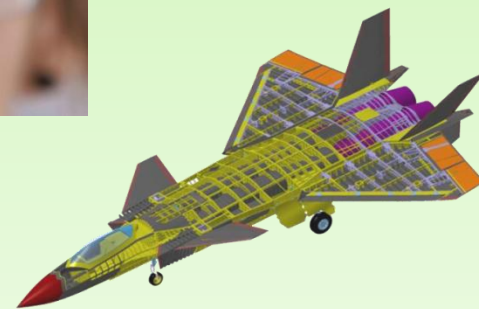


← 石墨烯锂电池

石墨烯传感器 →

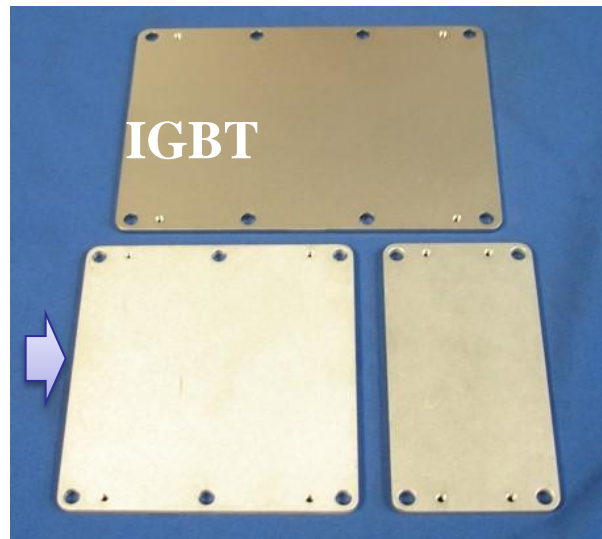
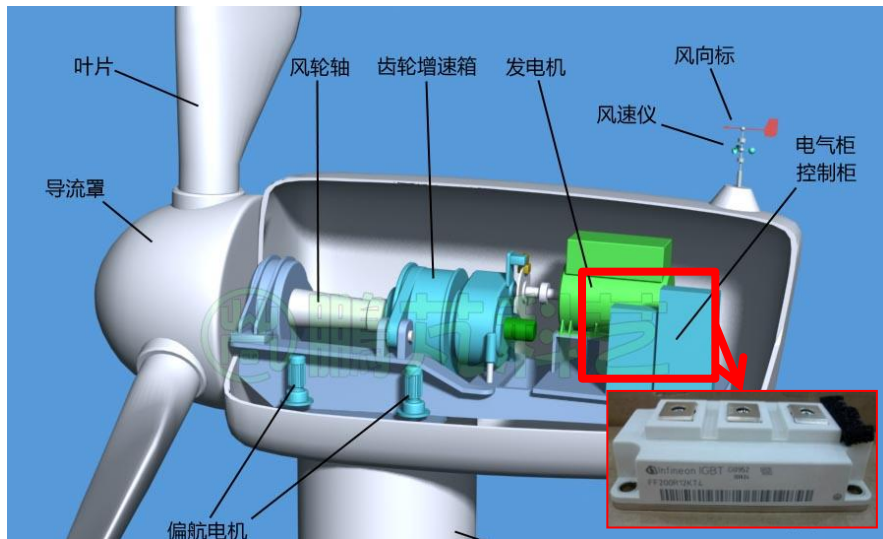


油箱密封剂、发动机用耐高温橡胶密封剂、隐身导电一体化高韧性封严板 →

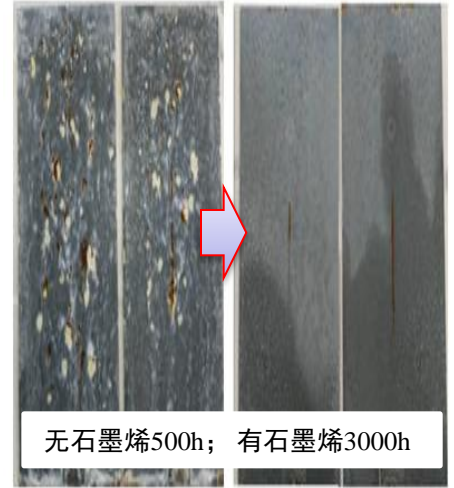
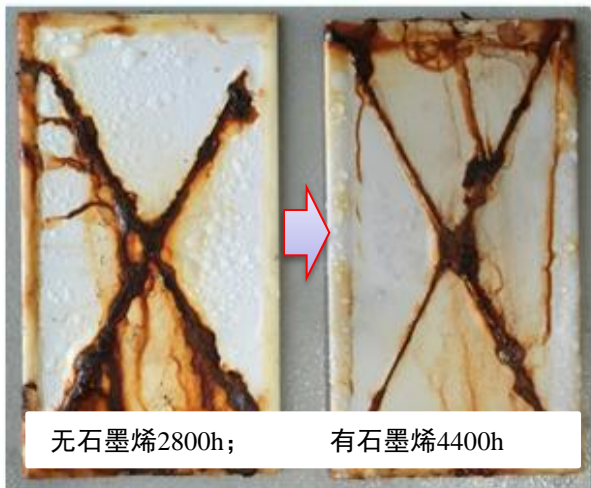




自主保障新能源核心关键材料



军民共用环保系列化涂料

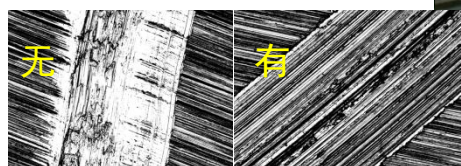


轨道交通用核心关键材料

电力系统



前挡风玻璃



机械系统



制动系统



密封系统



智能物联关键部件

◆ 石墨烯柔性薄膜电池独特市场



智能联网



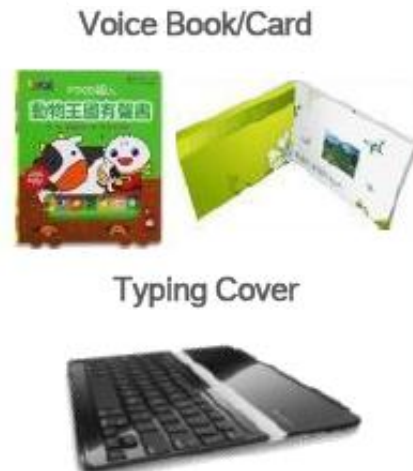
智能消费



智能包装



其它



超薄电子产品 < 0.4mm



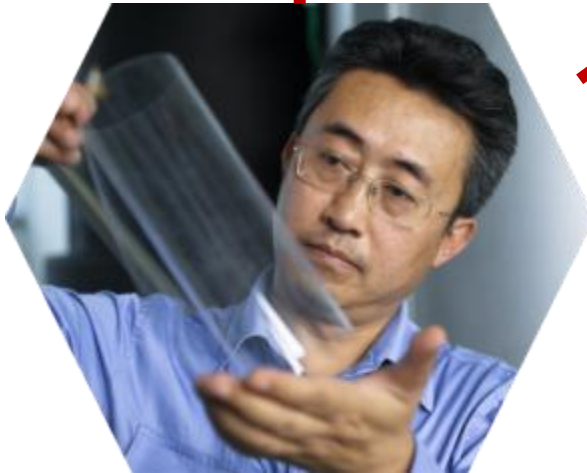
药品和冷鲜食品等跟踪

环保健康先进关键材料



环境问题是当下中国重要历史课题

下一代电子核心器件



大尺寸石墨烯薄膜及其柔性和透明显示产品

北京石墨烯创新及产业化平台

经李克强总理签批，国务院日前印发《北京加强全国科技创新中心建设总体方案》



重点突破高性能计算、石墨烯材料、智能机器人等一批关键共性技术，培育先导产业和支柱产业

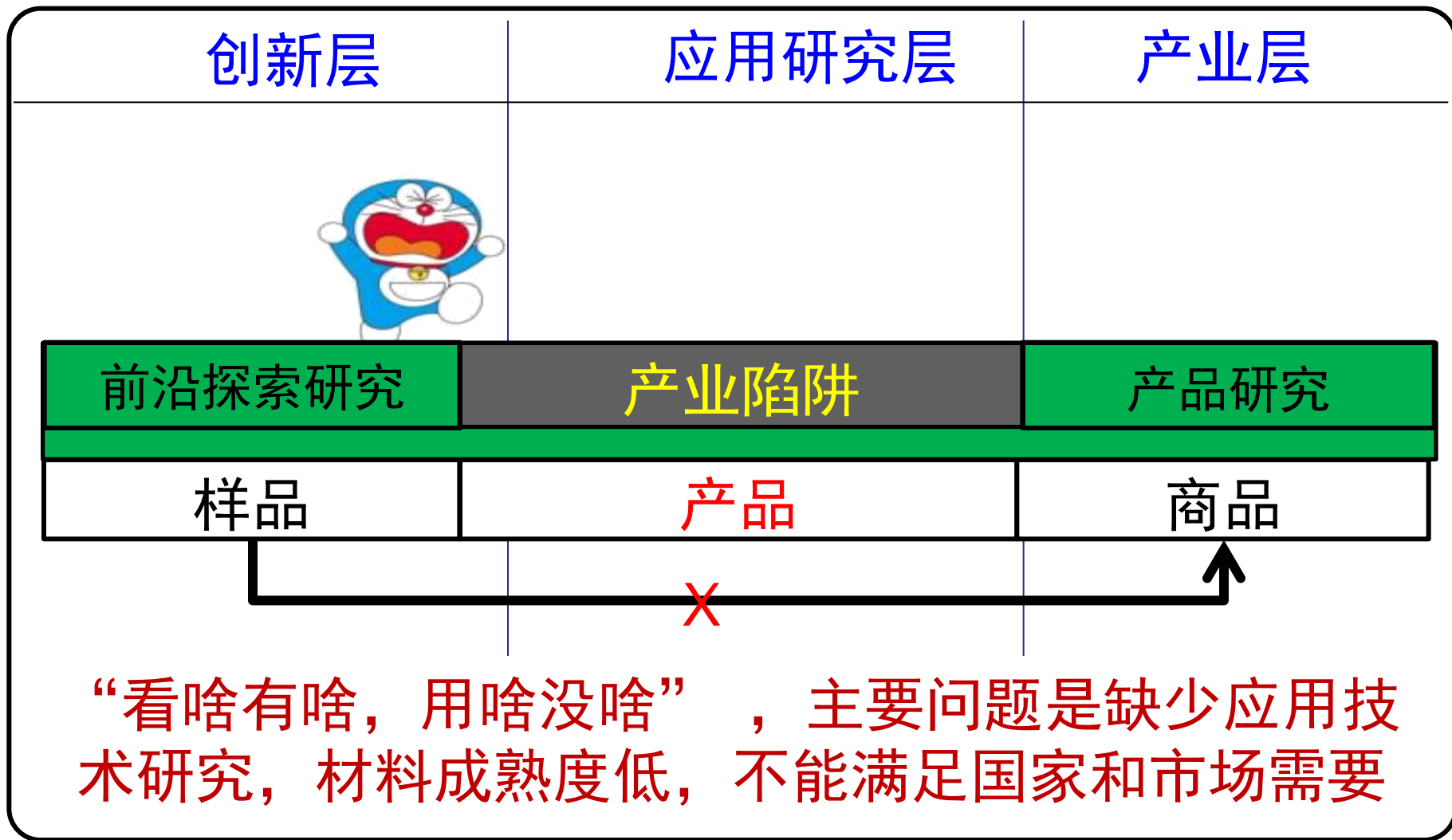
北京石墨烯产业创新中心



4月11日，北京石墨烯产业创新中心授牌仪式在中国航发航材院举行，工信部和市区相关部门负责同志参加



创新中心价值：解决创新三个层次协同的问题





集合北京技术创新优势

会议纪要

为落实工信部、发改委、科技部三部门联合发布的《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》，2016年1月21日，北京市经信委组织北京大学刘忠范院士团队、清华大学魏飞教授团队、北京理工大学曲良体教授团队、国家纳米科学中心智林杰教授团队和中航工业北京航材院召开专题会，就共同申报建设国家石墨烯创新中心及石墨烯产业联盟达成以下共识：

1、与会各方认为北京在石墨烯原始创新、新技术研发、工程及产业化应用等方面优势明显，在北京设立国家石墨烯创新中心，有利于整合各方优势，保持持续创新能力，引领石墨烯原创研究和应用技术开发，推进国家石墨烯产业发展战略的实施，占领国际制高点。

2、与会各方中航工业北京航材院、中科院国家纳米科学中心智林杰教授团队、北京大学刘忠范院士团队、清华大学魏飞教授团队等愿意参与国家石墨烯创新中心申报、建设和运营。

3、与会各方同意依托国家石墨烯创新中心统筹研究方向和重点任务，通过合同研发和专项课题等方式，开展基础研究和应用研究，加强合作，优势互补。

4、与会各方同意通过一定机制共享石墨烯检验、实验条件、工程化、产业化以及人才培养，促进资源高效利用和降低研发成本。

5、与会各方同意发挥各自作用，依托国家石墨烯创新中心，组建国家石墨烯产业联盟，推动产业联盟健康运行和发展壮大，助推国家石墨烯产业跨越式发展。

北京理工大学曲良体教授团队：

中航工业北京航材院：

国家纳米科学中心智林杰教授团队：

北京大学刘忠范院士团队：

清华大学魏飞教授团队：

2016年1月21日

6月10日北京石墨烯产业创新中心技术路线图公布





北京石墨烯产业创新中心

创新层

北京石墨烯研究院、北大、清华、中国航发等在京大院大学大所



创新技术，样品级

应用技术孵化层

创新中心中试基地（海淀区永丰科技园）



产业技术，产品级

种子企业加速孵化层

创新中心种子基地（在京园区）

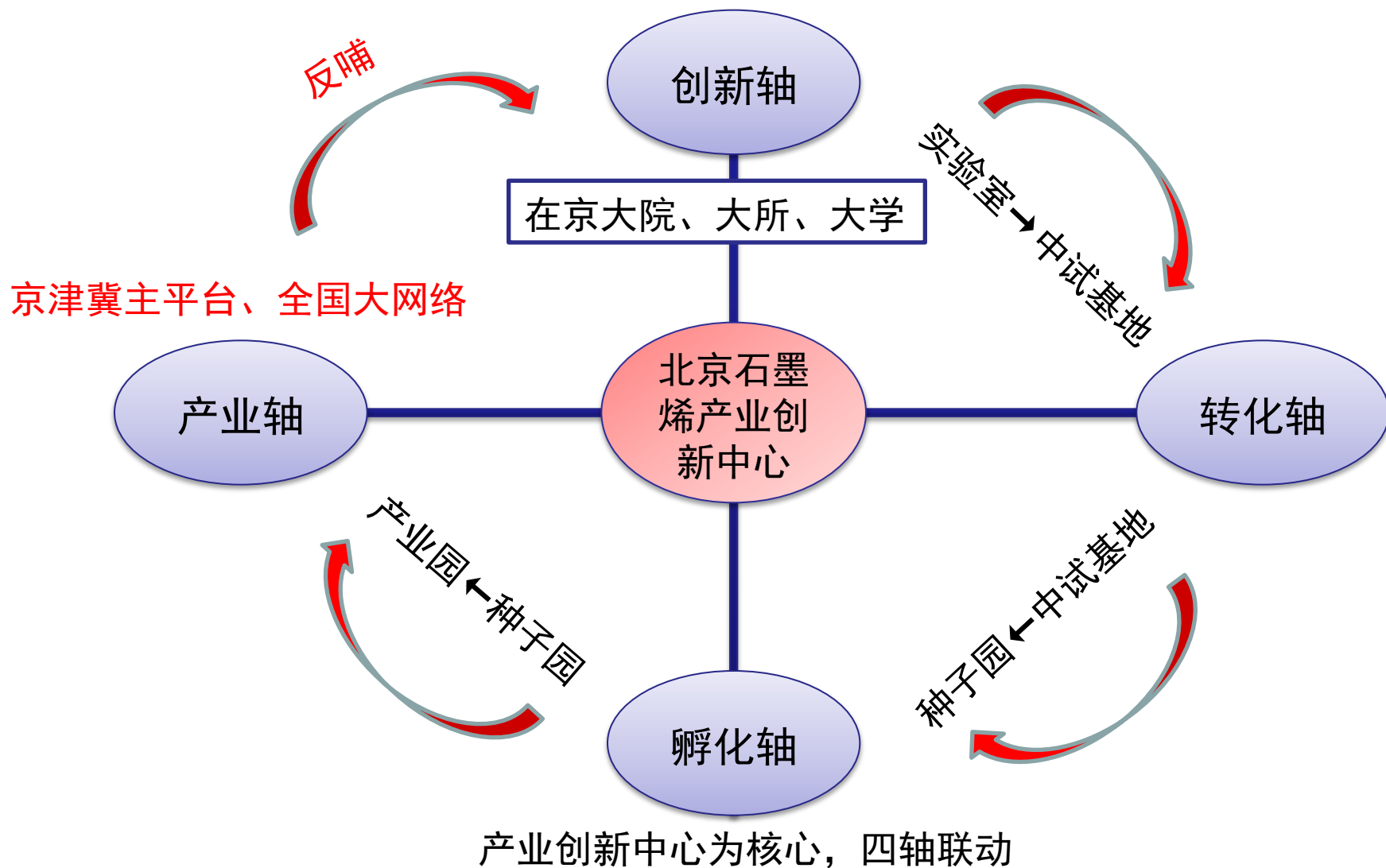


以企业为依托的技术扩散，商品级

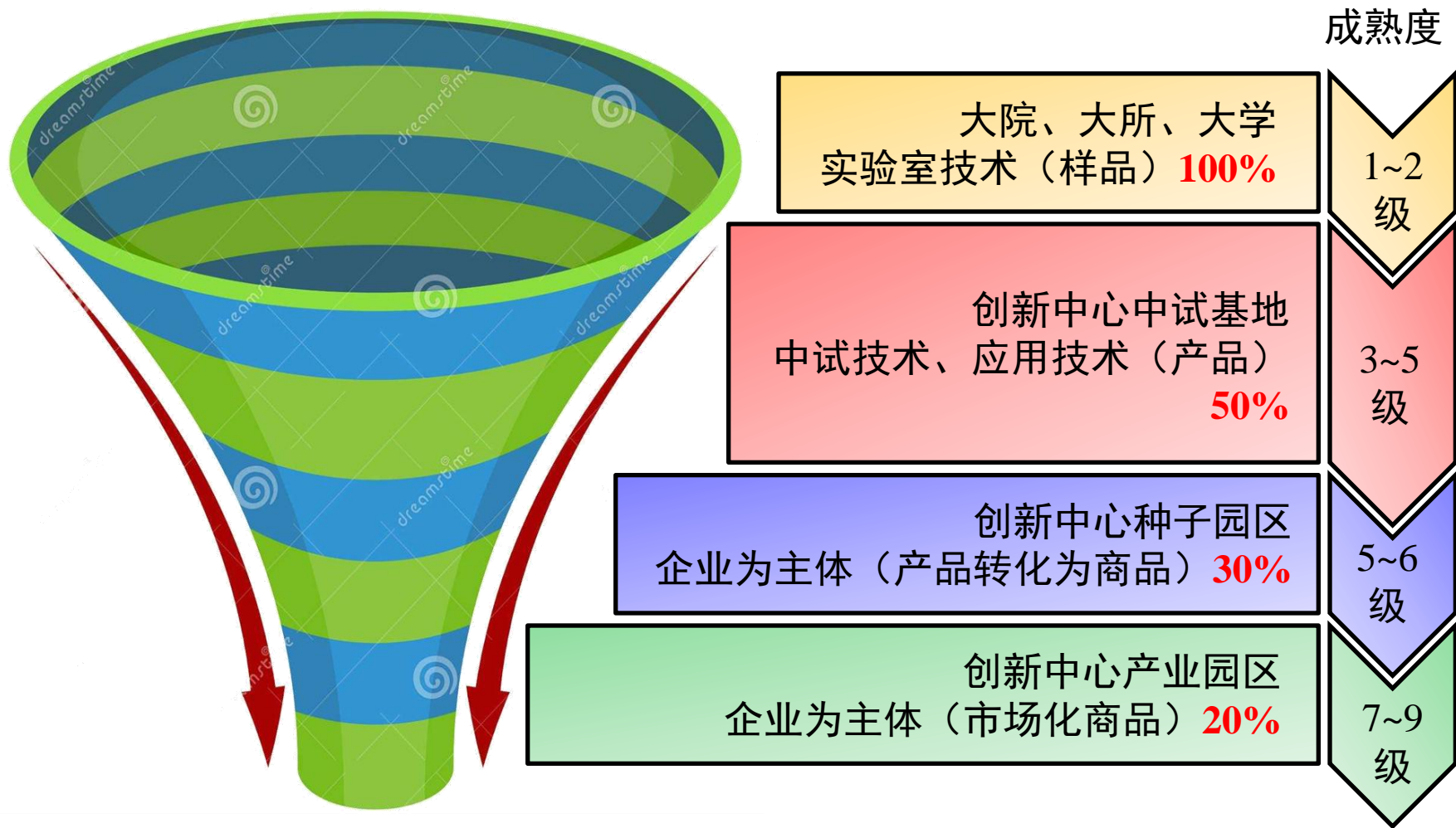
产业层

北京石墨烯产业园、天津产业园、长三角产业园、珠三角产业园

北京石墨烯产业创新中心产业转化路线图

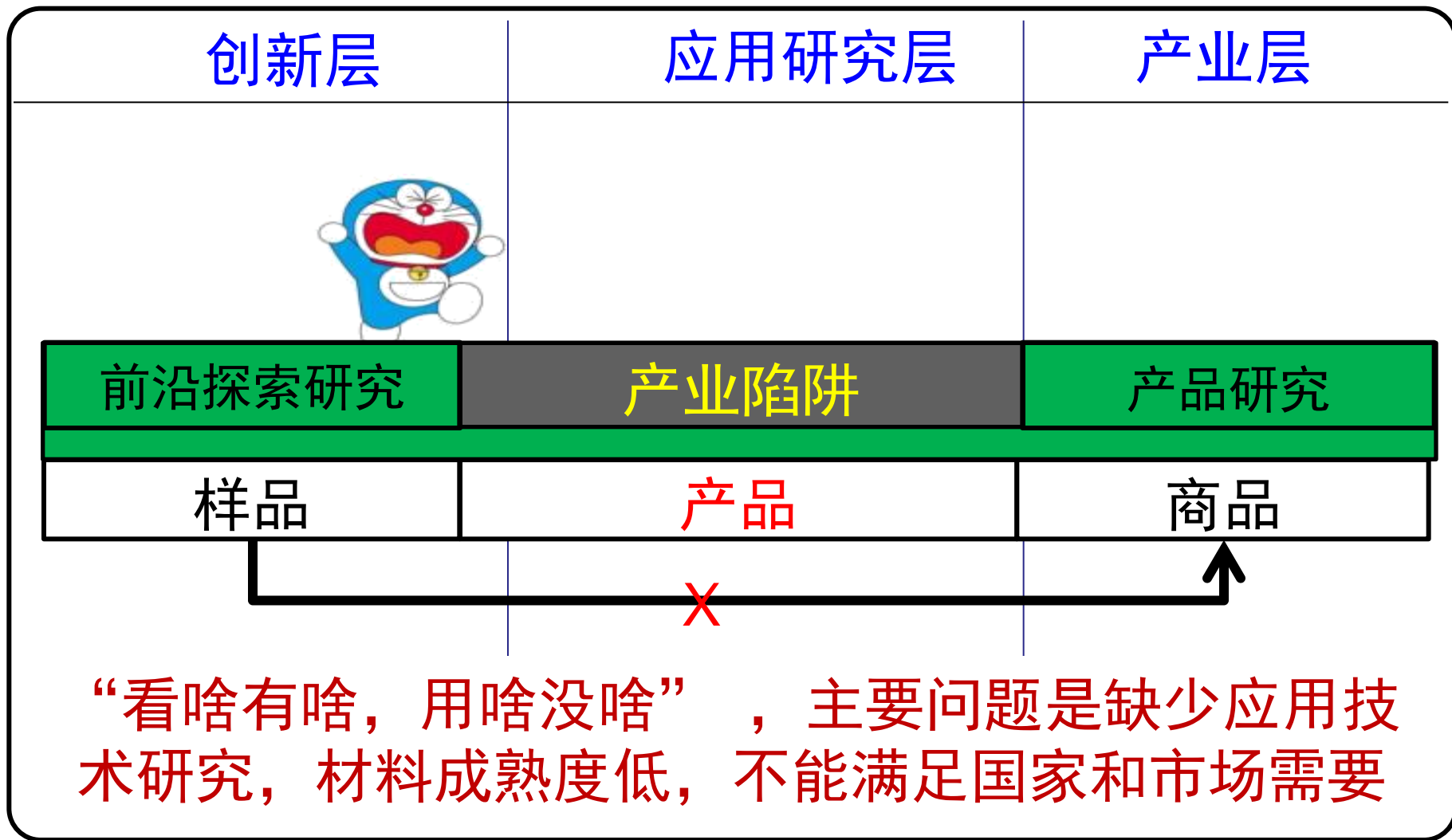


北京石墨烯产业创新中心





创新中心价值：解决创新三个层次协同的问题





集合北京技术创新优势

会议纪要

为贯彻落实工信部、发改委、科技部三部门联合发布的《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》，2016年1月21日，北京市经信委组织北京大学刘忠范院士团队、清华大学魏飞教授团队、北京理工大学曲良体教授团队、国家纳米科学中心智林杰教授团队和中航工业北京航材院召开专题会，就共同申报建设国家石墨烯创新中心及石墨烯产业联盟达成以下共识：

1、与会各方认为北京在石墨烯原始创新、新技术研发、工程及产业化应用等方面优势明显，在北京设立国家石墨烯创新中心，有利于整合各方优势，保持持续创新能力，引领石墨烯原创研究和应用技术开发，推进国家石墨烯产业发展战略的实施，占领国际制高点。

2、与会各方中航工业北京航材院、中科院国家纳米科学中心智林杰教授团队、北京大学刘忠范院士团队、清华大学魏飞教授团队等愿意参与国家石墨烯创新中心申报、建设和运营。

3、与会各方同意依托国家石墨烯创新中心统筹研究方向和重点任务，通过合同研发和专项课题等方式，开展基础研究和应用研究，加强合作，优势互补。

4、与会各方同意通过一定机制共享石墨烯检验、实验条件、工程化、产业化以及人才培养，促进资源高效利用和降低研发成本。

5、与会各方同意发挥各自作用，依托国家石墨烯创新中心，组建国家石墨烯产业联盟，推动产业联盟健康运行和发展壮大，助推国家石墨烯产业跨越式发展。

北京理工大学曲良体教授团队：

中航工业北京航材院：

国家纳米科学中心智林杰教授团队：

北京大学刘忠范院士团队：

清华大学魏飞教授团队：

2016年1月21日



石墨烯产业化方式



石墨烯产业化方式

北京主创新、京津冀主平台、全国大网络



沈阳市人民政府

沈阳市人民政府关于与中航发北京航空材料研究院开展石墨烯产业合作的函

中航发北京航空材料研究院：
沈阳市作为国家首批城市石墨烯产业化试点城市，经济、金融、文化、能源、信息和创新中心，人才聚集优势，工业门类齐全，是中国重要的制造业基地。沈阳市政府高度重视石墨烯产业发展，积极支持中航发北京航空材料研究院在沈设立研发生产基地，开展石墨烯产业化应用研究，推动石墨烯产业在沈集聚发展。沈阳市政府愿与中航发北京航空材料研究院建立长期战略合作关系，共同推进石墨烯产业在沈集聚发展，为沈阳市经济社会高质量发展做出更大贡献。

（联系人：王强，联系电话：13902406001）

南通市经济技术开发区管理委员会

南通市经济技术开发区管理委员会与中航发北京航空材料研究院开展石墨烯产业合作的函

中航发北京航空材料研究院：
南通市经济技术开发区于1994年12月经国务院批准设立，是江苏省首个“国家级经济技术开发区”。南通市经济技术开发区高度重视石墨烯产业发展，积极支持中航发北京航空材料研究院在南通设立研发生产基地，开展石墨烯产业化应用研究，推动石墨烯产业在南通集聚发展。南通市经济技术开发区愿与中航发北京航空材料研究院建立长期战略合作关系，共同推进石墨烯产业在南通集聚发展，为南通市经济社会高质量发展做出更大贡献。

（联系人：吴永平，联系电话：13902406001）



中国航空发动机集团有限公司
AERO ENGINE (GROUP) CORPORATION OF CHINA

感谢各位领导！