

材料科学与工程导论



Engineering

Science

Welcome to Materials World

绪论

- 材料的定义与分类
- 材料的地位和作用
- 材料科学与工程的形成和发展
- 本课程设置与北工大材料科学与工程
学科改革

材料的定义

材料是人类用于制造机器、构件和产品的物质，是人类赖以生存和发展的物质基础。

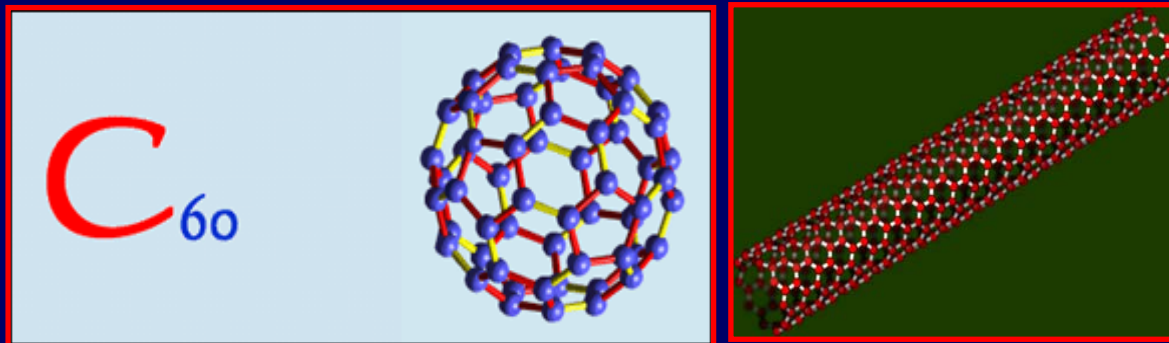


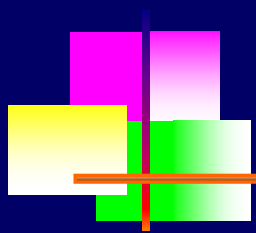
新材料的定义

新材料，主要是指那些正在发展，且具有优异性能和应用前景的一类材料。为了规范新材料的含义，一般把具备以下三个条件之一的材料称为新材料。

◆ 新出现或正在发展中的具有传统材料所不具备的优良性能的材料。

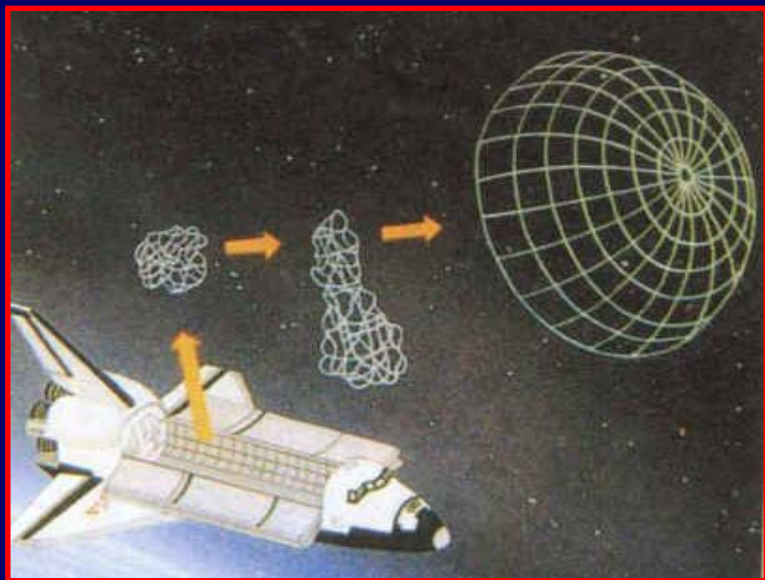
如：





新材料的定义

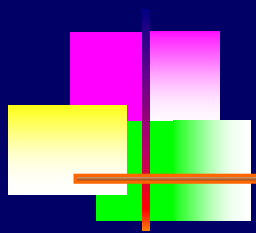
- ◆ 高技术发展需要，具有特殊性能的材料。



形状记忆合金—
飞船网状自展天线



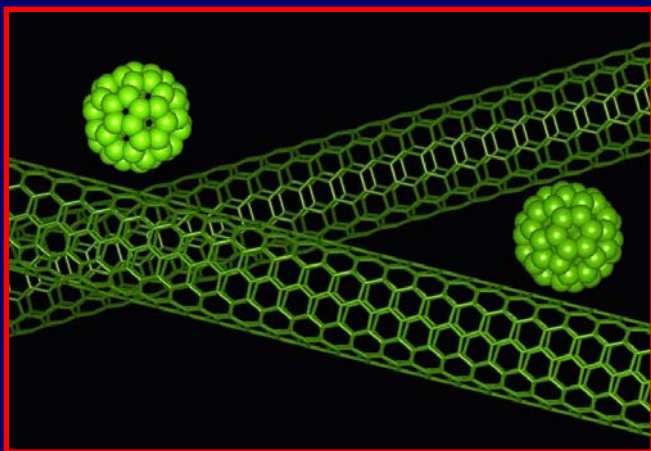
卫星的太阳能电池板
自动打开



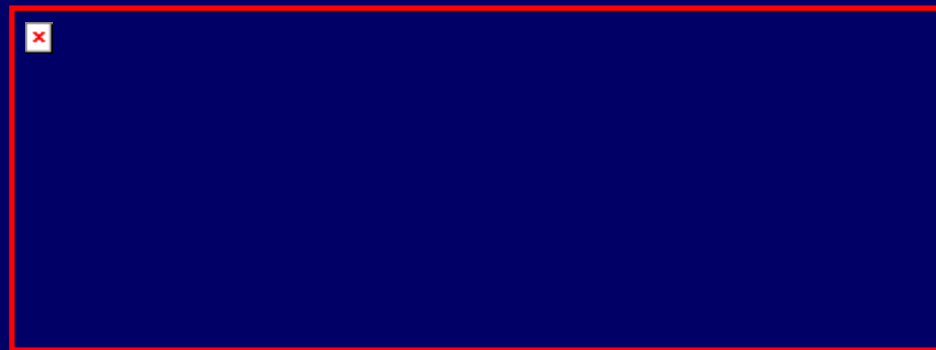
新材料的定义

◆ 由于采用新技术（工艺、装备）明显提高了性能，或者出现了新的功能材料。

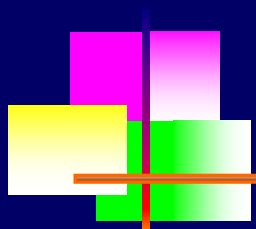
如：超级钢、纳米材料等。



碳纳米管，抗拉强度为钢40倍



纳米齿轮



材料的分类

➤ 分类一：按组成与结构划分

材料

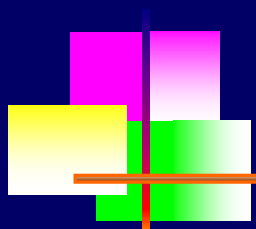
金属材料

无机非金属材料

高分子材料

复合材料





材料的分类

➤ 分类二：按用途分

材料

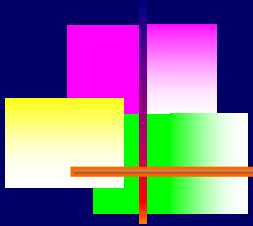
电子信息材料

航空航天材料

能源材料

生物医用材料



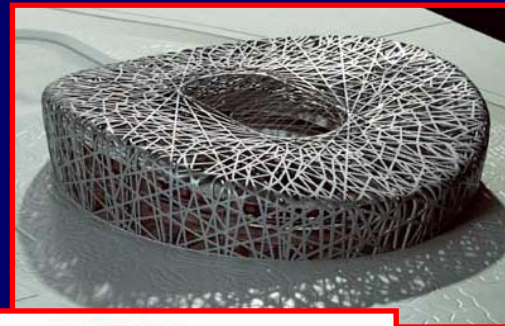
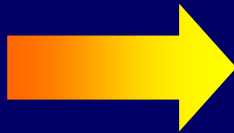


材料的分类

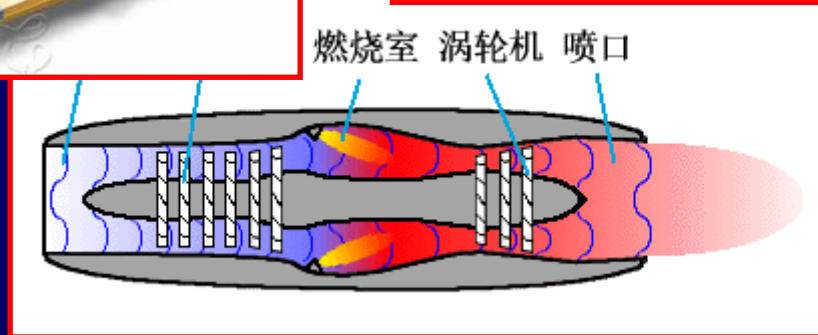
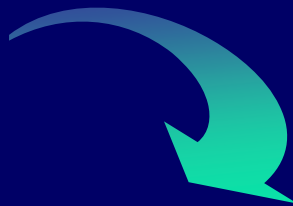
➤ 分类三：按性能分

材料

结构材料



功能材料



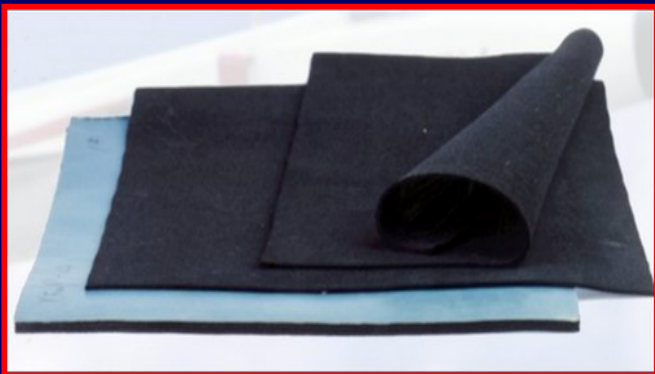
燃烧室 涡轮机 喷口

材料的分类

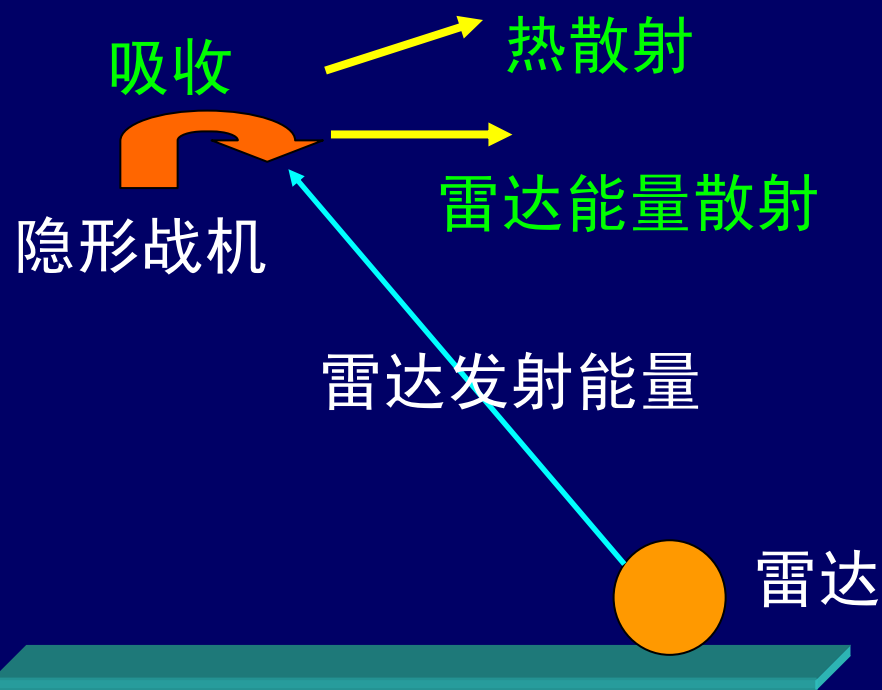
分类三：按性能分

功能材料

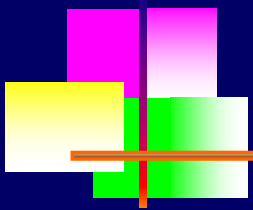
隐身战斗机



吸波材料



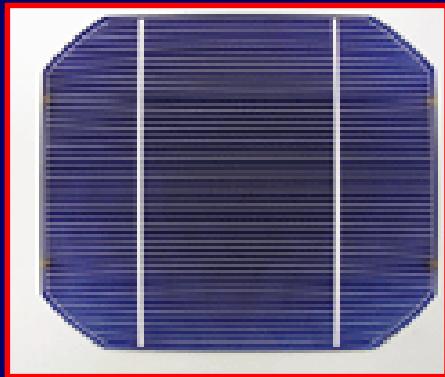
隐形飞机的原理



材料的分类

➤ 分类三：按性能分

功能材料



芯片

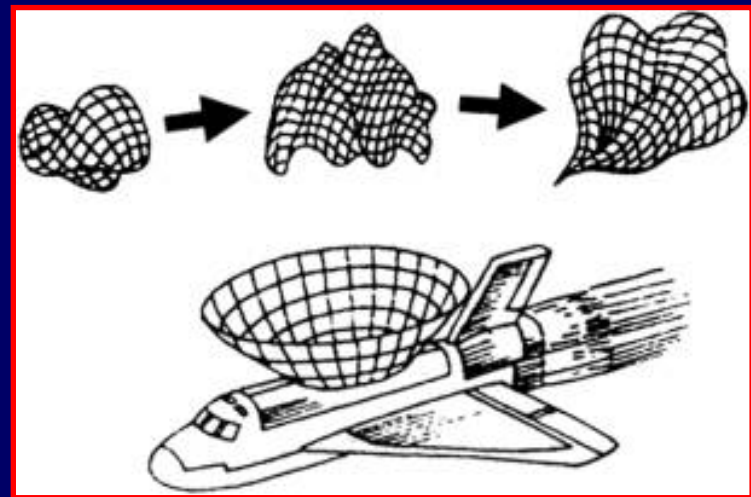
单晶硅



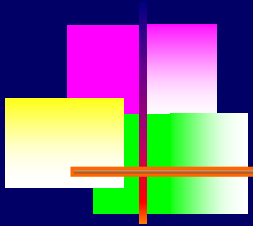
集成电路



LED



形状记忆材料



材料的分类

➤ 分类四：按应用与发展分

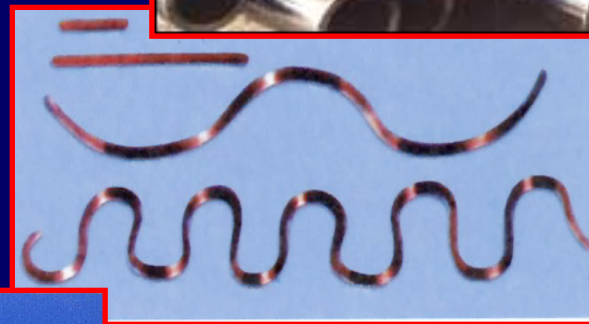
材料

传统材料

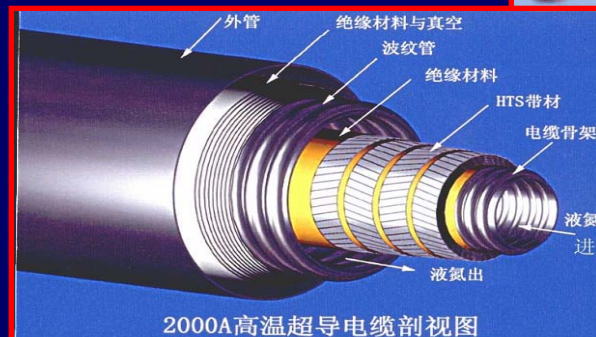
新材料



普通钢管



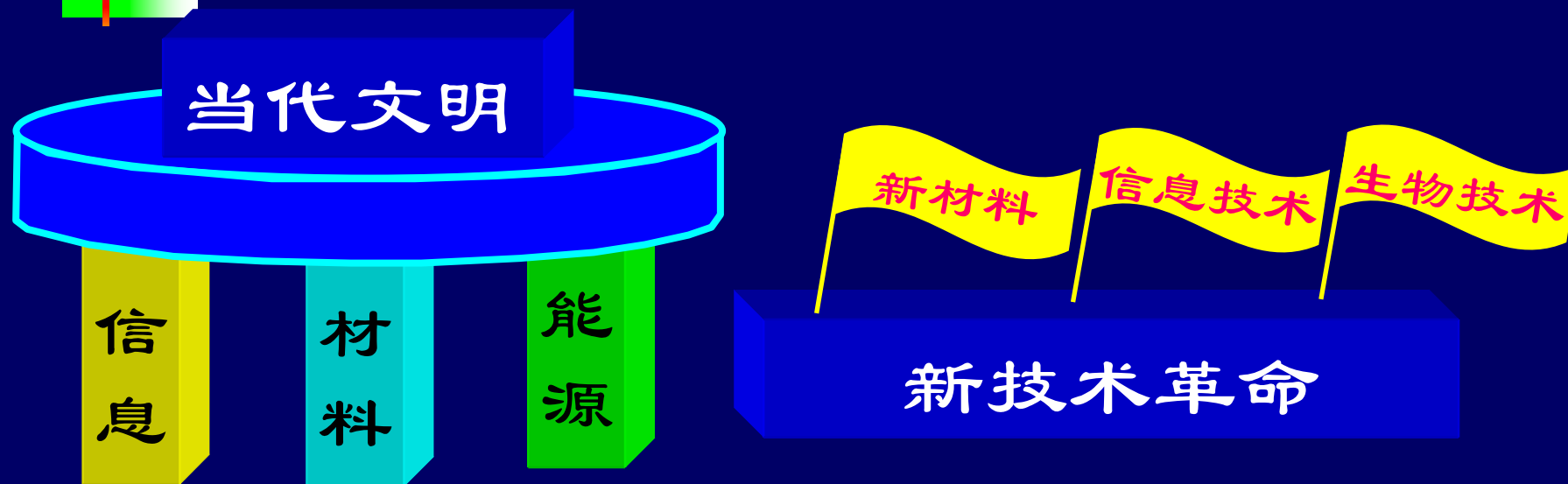
纳米铜



2000A高温超导电缆剖视图

超导电
缆

材料的地位和作用

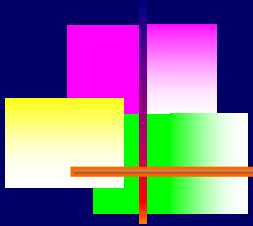


材料是人类社会发展的基础和先导，是人类社会进步的里程碑和划时代的标志。



材料在人类社会发​​展进程中的地位和作用

- 材料是人类社会进步的里程碑
- 材料是经济和社会发展的基础和先导
 - ◆ 新材料技术是工业革命和产业发展的先导
 - ◆ 新材料技术是社会现代化的先导
 - ◆ 新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

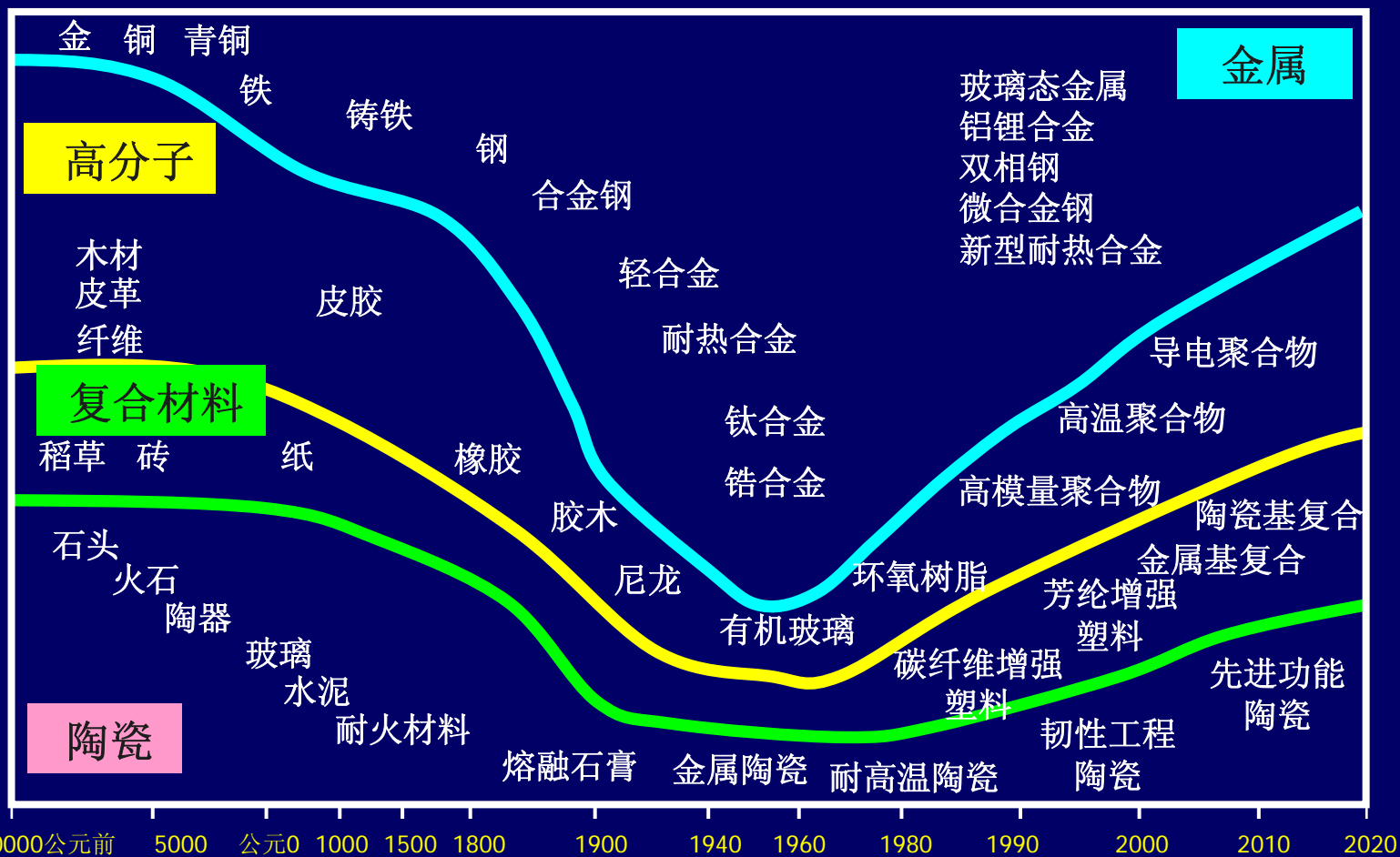


材料是人类社会进步的里程碑

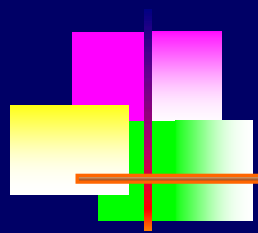
人类使用不同材料的开始时间

100 万年前	石器
	陶器
公元前 5000 年	青铜
公元前 1200 年	铁器
公元 0 年	水泥
公元 1800 年	钢
公元 1950 年	硅
20 世纪初	高分子材料
21 世纪	先进复合材料

材料是人类社会进步的里程碑



工程材料历史随时间推移的相对重要性示意图 (时间是非线形的)

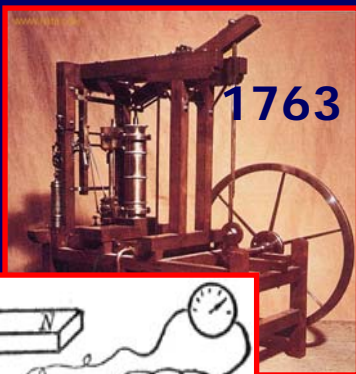


材料是人类社会进步的里程碑

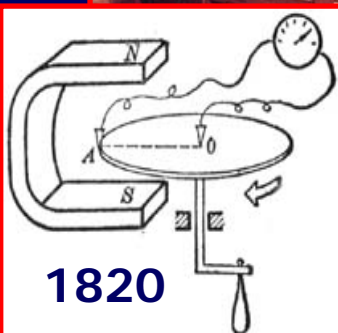
人类利用材料的历史，就是一部人类进化和进步的历史。

材料是人类社会进步的里程碑

蒸气机

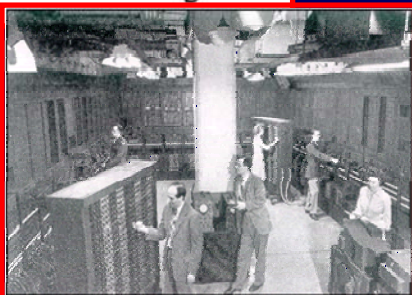


1763



1820

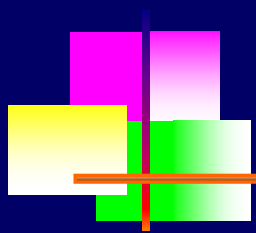
发电机



1946, 美国

计算机

纵观人类利用材料的历史，可以清楚地看到，每一种重要新材料的发现和应 用，都把人类支配自然的能力提高到一个新的水平。材料科学技术的每一次重大突破都会引起生产技术的重大变革，甚至引起一次世界性的技术革命，大大地加速社会发展的进程，给社会生产力和人类生活带来巨大变革，把人类物质文明推向前进。



新材料是经济和社会发展的基础和先导

- ◆ 新材料技术是工业革命和产业发展的先导
- ◆ 新材料技术是社会现代化的先导
- ◆ 新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

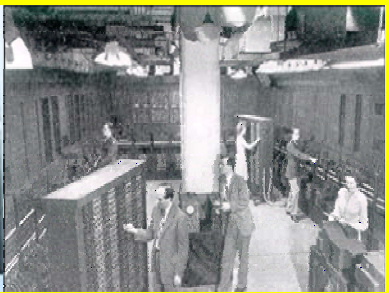
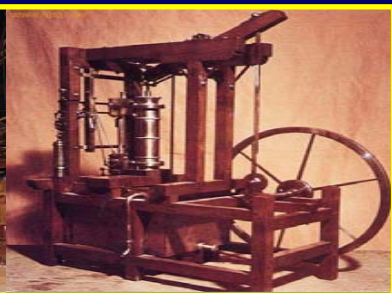
请欣赏短片——现代科技革命的若干重大事件

[点击进入](#)

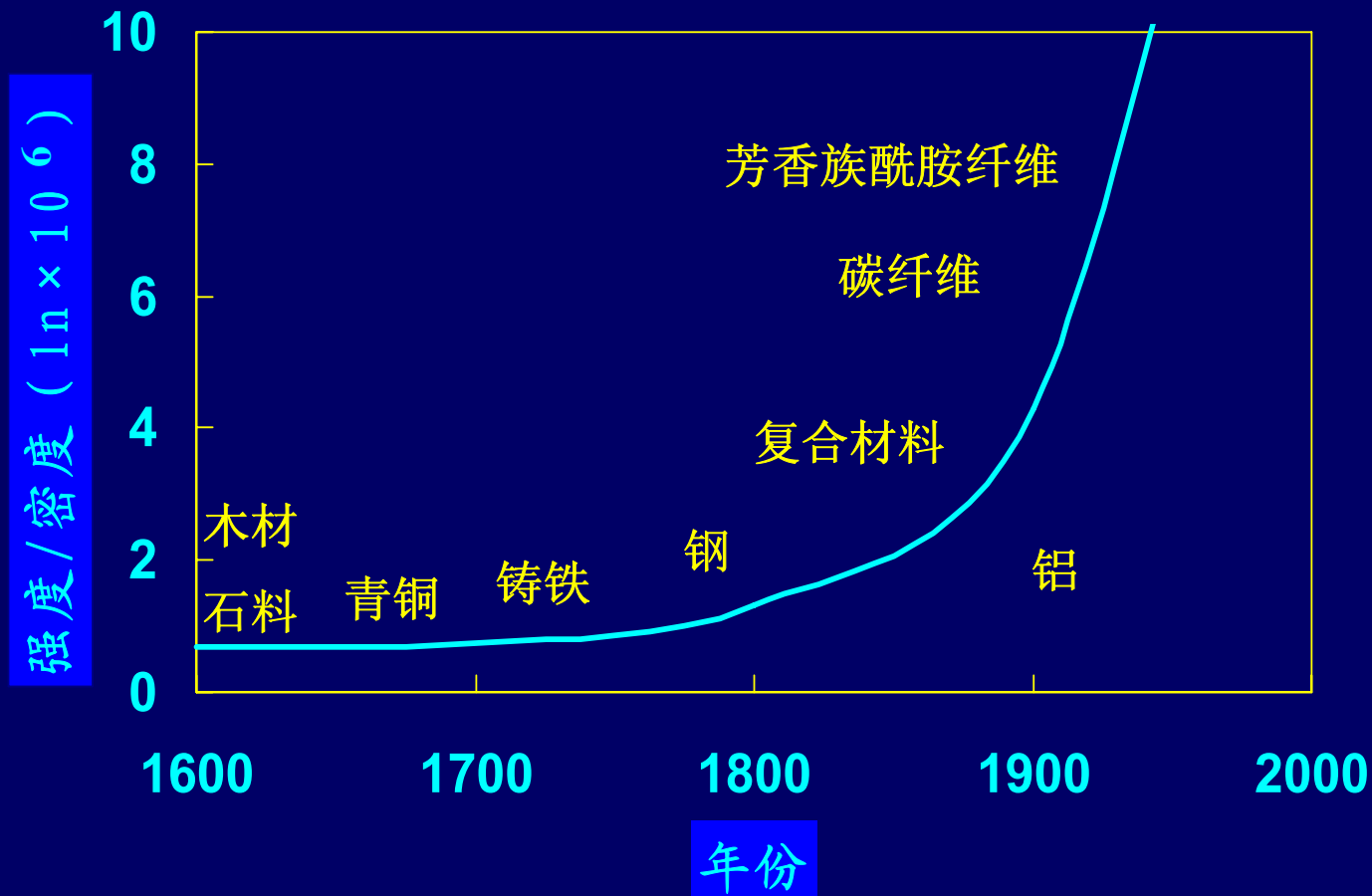
新材料技术是工业革命和产业发展的先导

两次工业革命都是以新材料的发明和广泛应用为先导

- ◆第一次工业革命（18世纪）：制钢工业的发展为蒸汽机的发明和应用奠定了物质基础。
- ◆第二次工业革命（20世纪中叶以来）：单晶硅材料对电子技术的发明和应用起了核心作用。

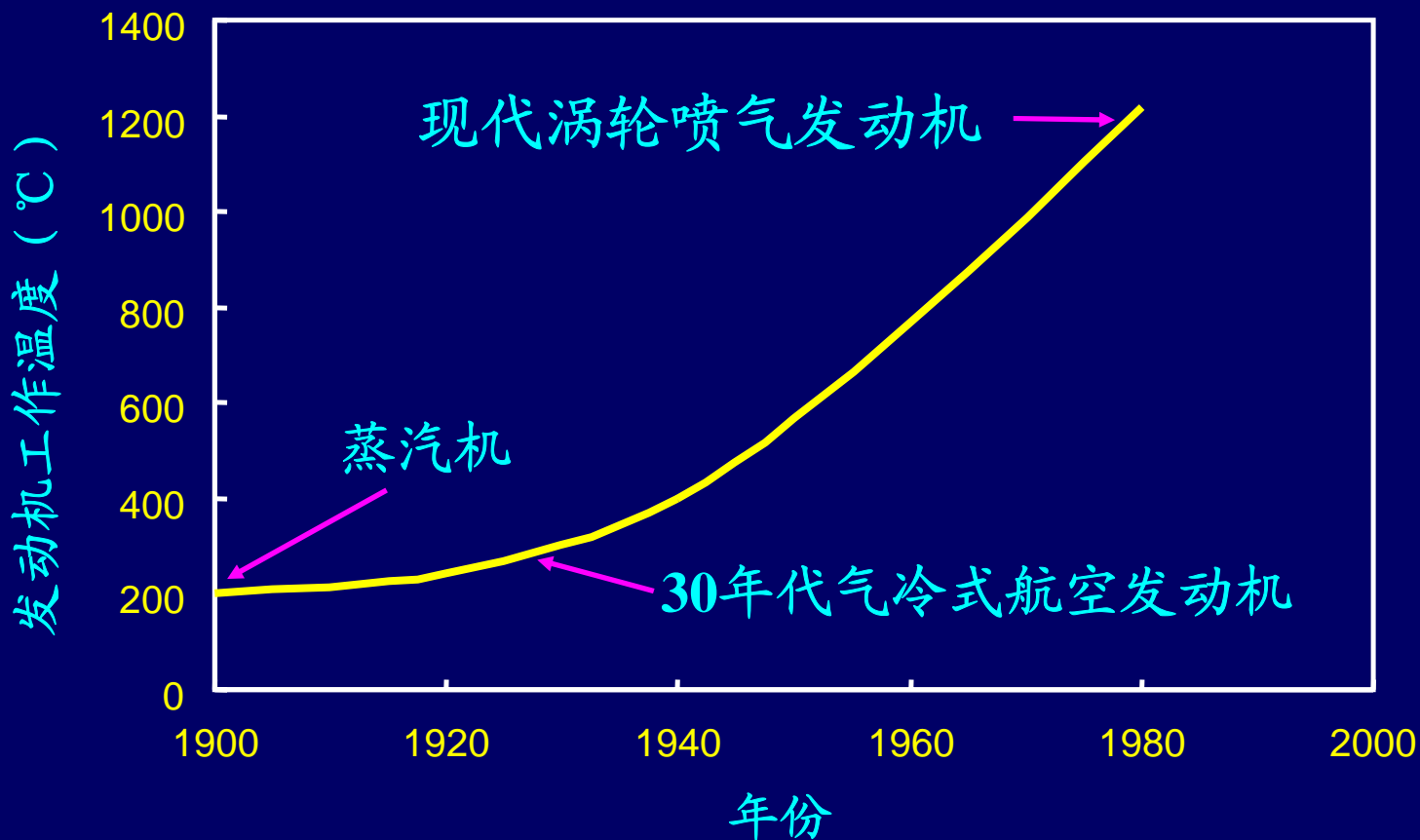


新材料技术是工业革命和产业发展的先导

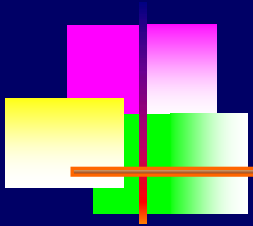


材料强度密度比在不同年代里的进展 (由图中可以看出, 现代先进材料的强度已比原始材料提高了约 50 倍)

新材料技术是工业革命和产业发展的先导

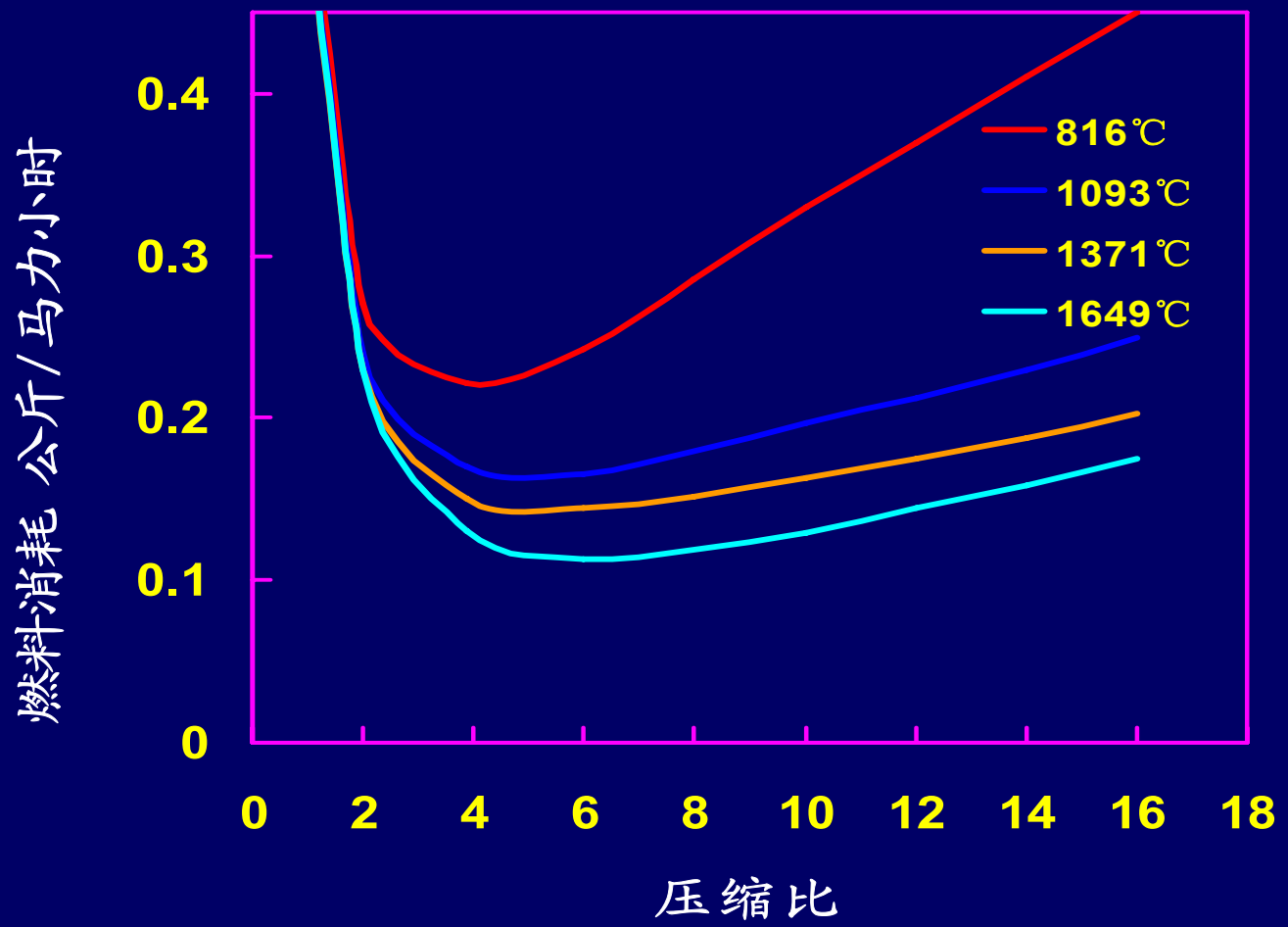


在本世纪内由于采用了现代材料使发动机工作温度急剧上升，因而发动机的理论效率大大提高。

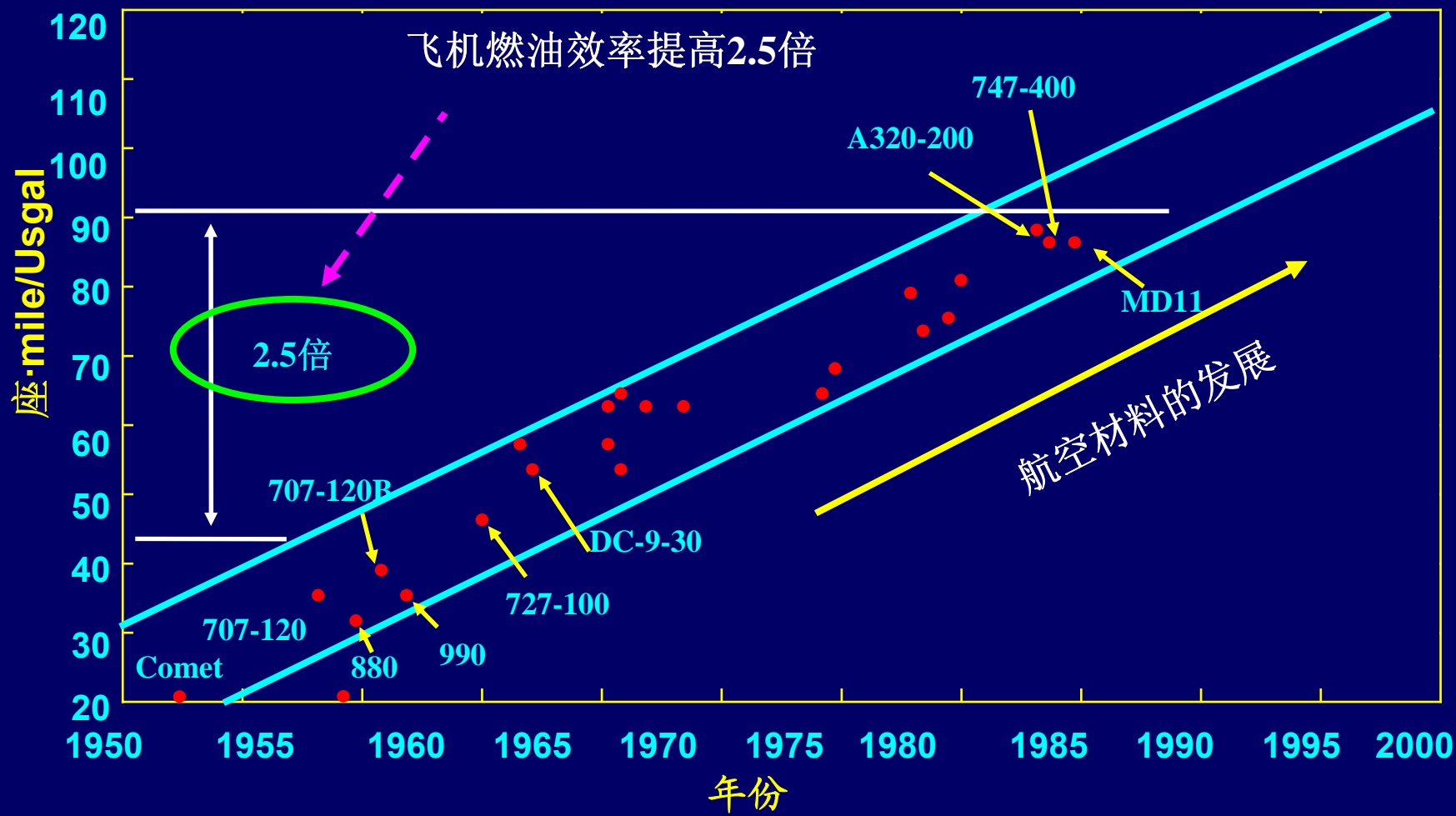


新材料技术是工业革命和产业发展的先导

燃油消耗与工作温度的关系



新材料技术是工业革命和产业发展的先导



航空材料的发展与飞机的燃放

新材料技术是工业革命和产业发展的先导

一次大战水冷式

149°C

30年代空冷式

315°C

风扇喷气发动机

649°C

涡轮喷气发动机

1093°C

超音速燃烧冲压式喷气发动机

1927°C

538

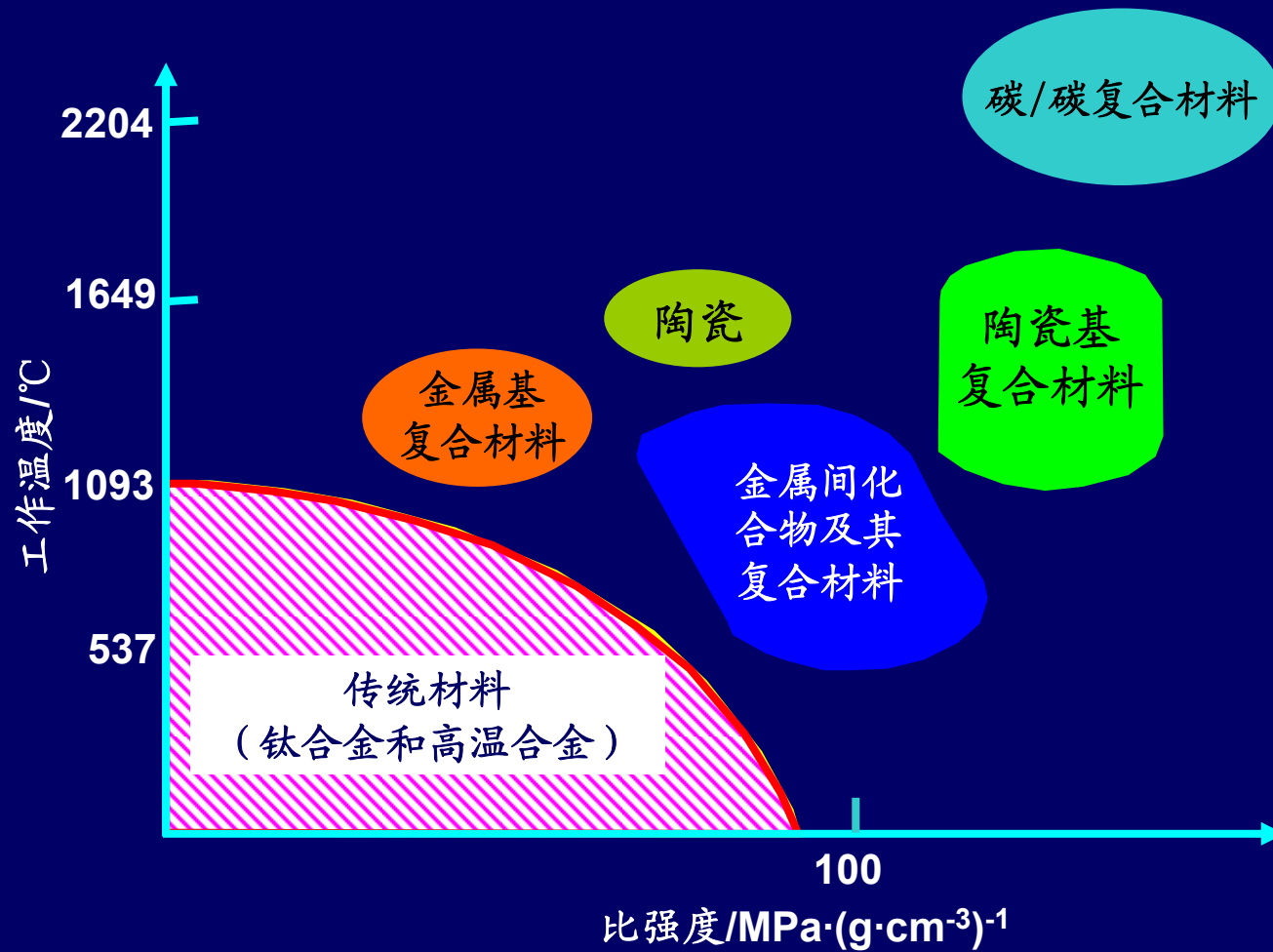
1093

1649

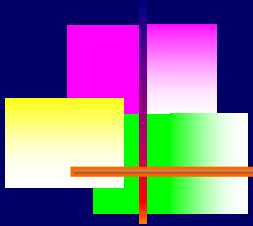
温度 (°C)

发动机工作温度

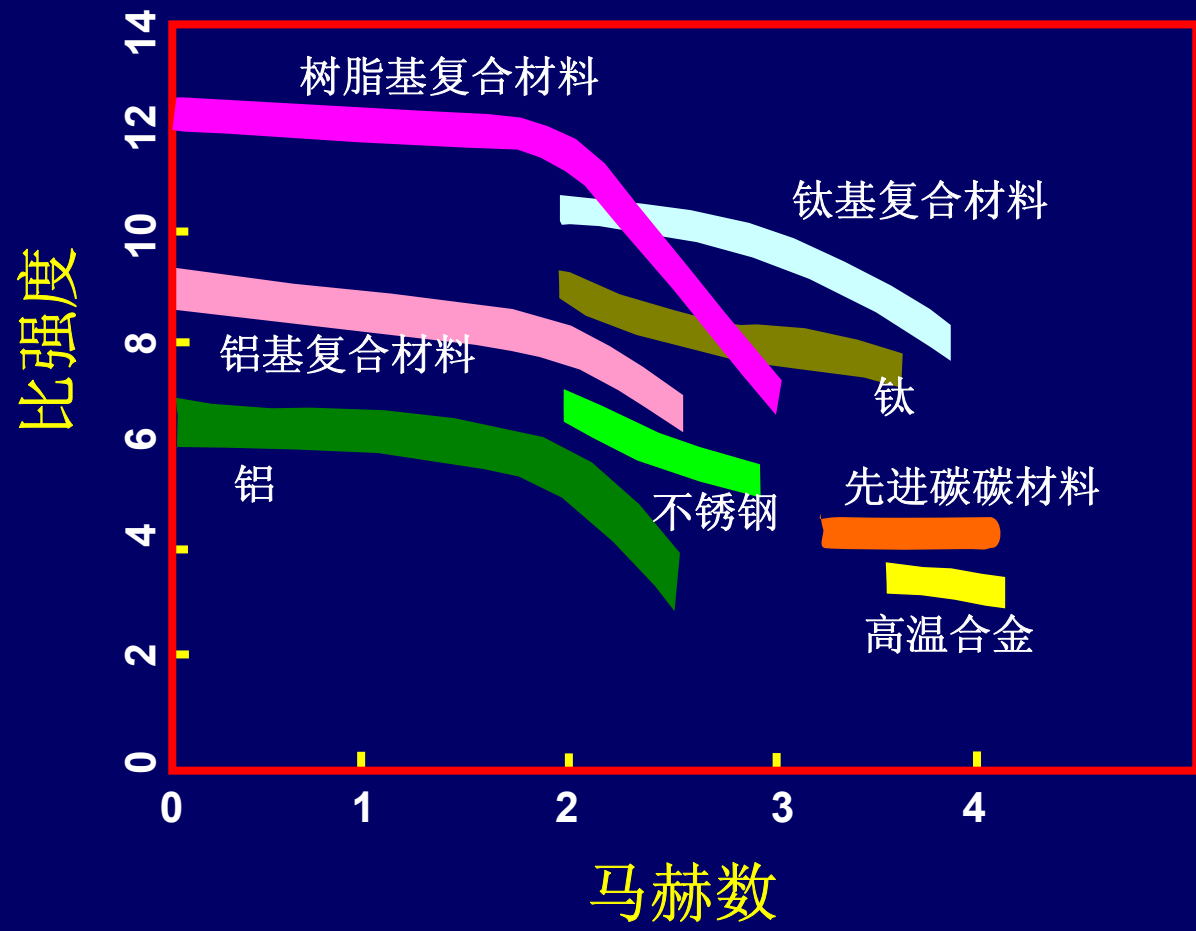
新材料技术是工业革命和产业发展的先导



不同材料的比强度和工作温度的比较



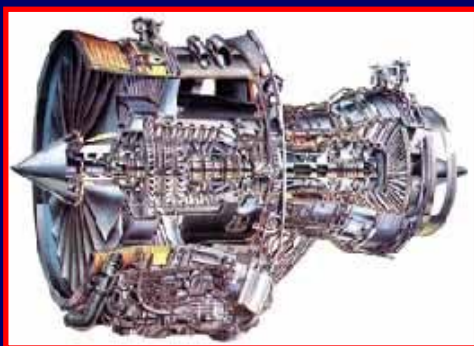
新材料技术是工业革命和产业发展的先导



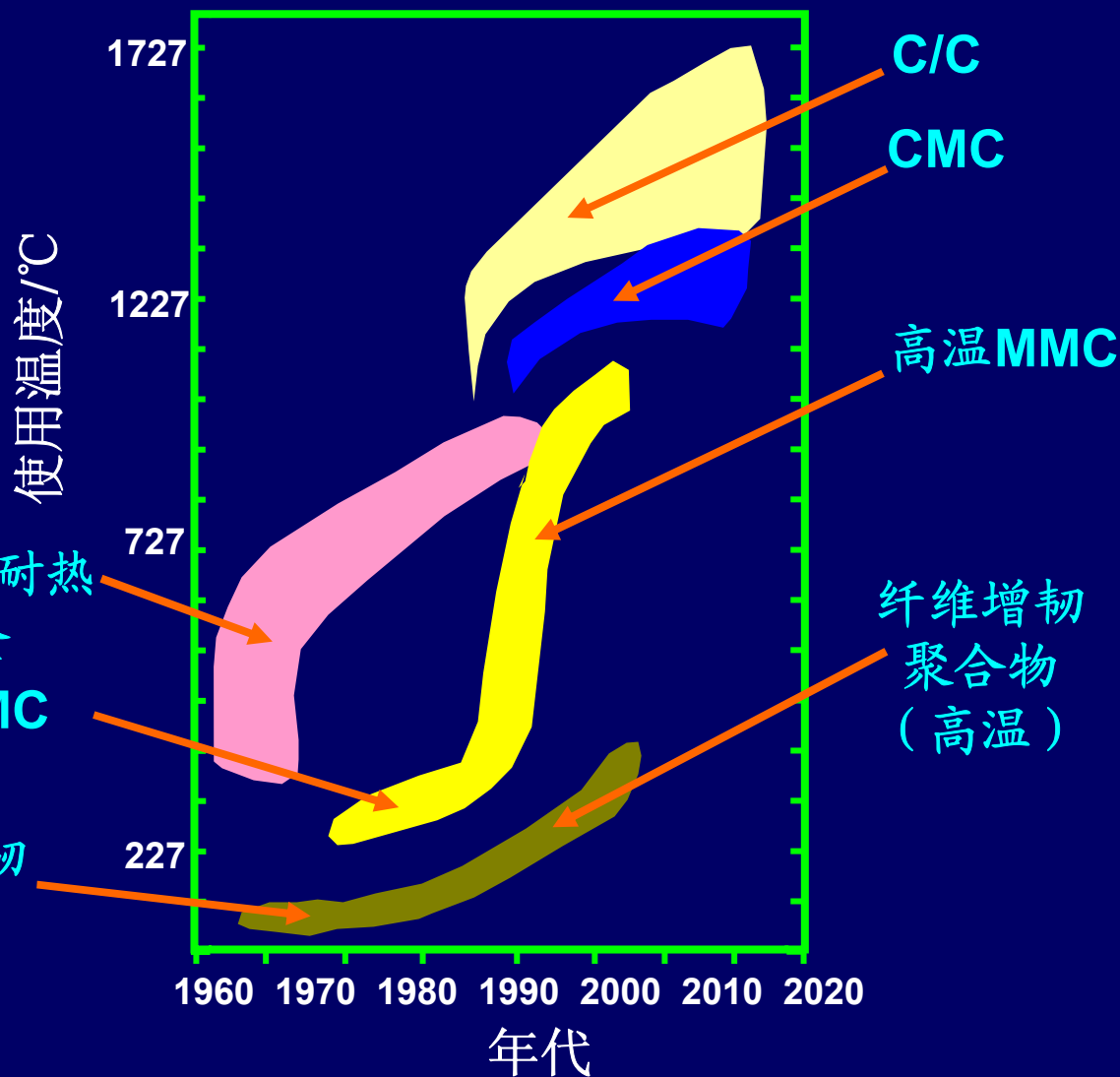
不同材料的比强度与之对应的马赫数

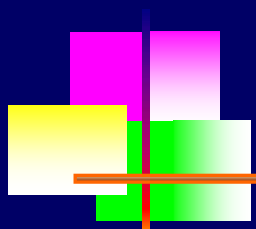
新材料技术是工业革命和产业发展的先导

在先进发动机上各类高温复合材料的应用年代预测



金属/超耐热合金
低温MMC
纤维增韧聚合物



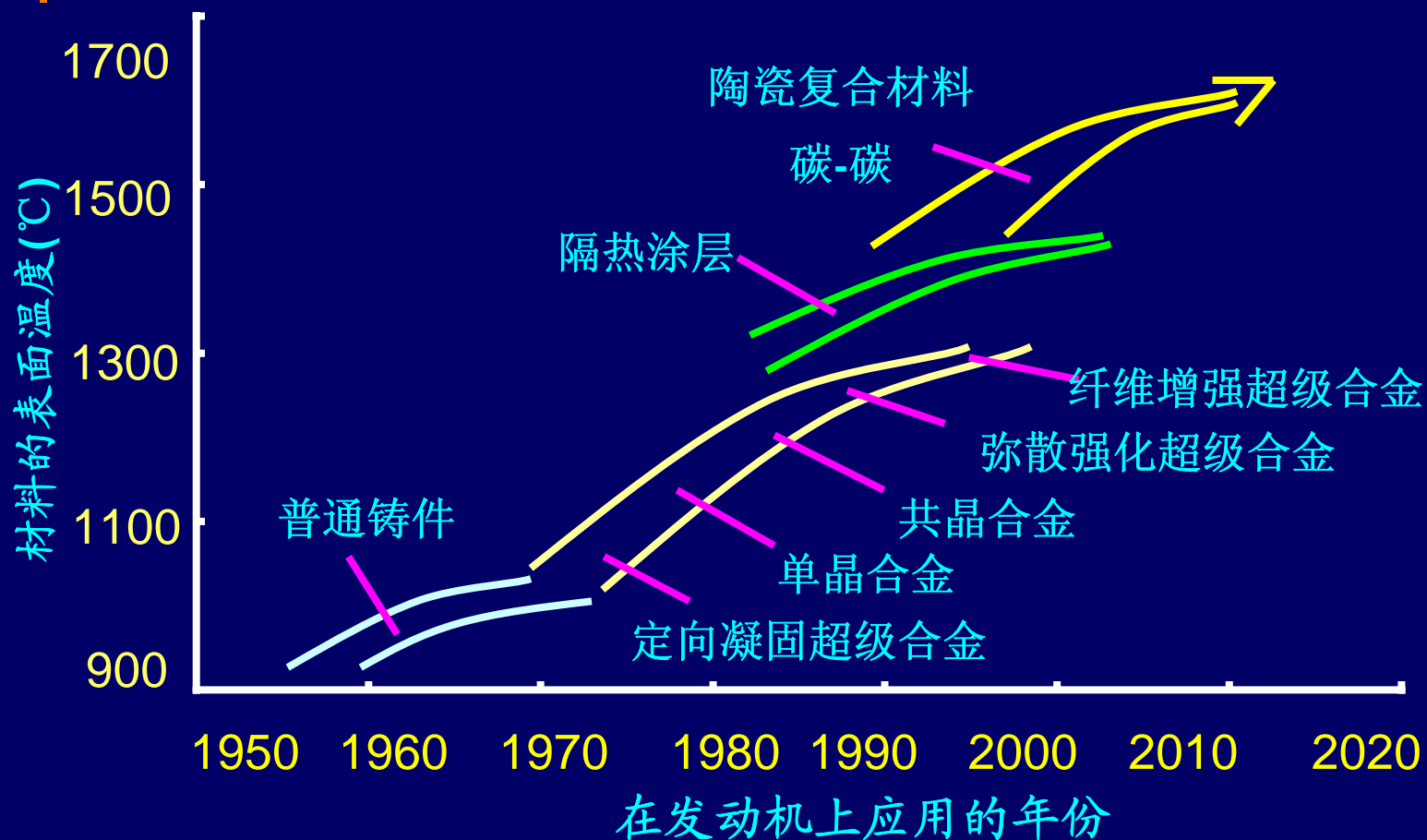


新材料技术是工业革命和产业发展的先导

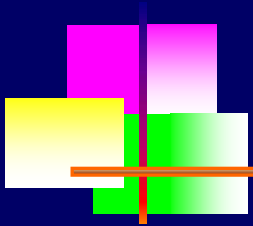
民航飞机发动机用先进材料的发展

年代	发动机部件	应用材料
1989水平	风扇	镍基合金
	高压压气机	镍基合金
	燃烧室	镍基合金
	低压涡轮	镍基合金
	高压涡轮	镍基合金
	喷管	镍基合金
2010年水平 (高温)	风扇	Ti-MMC
	高压压气机	NiAl-IMMC
	燃烧室	NiAl-IMMC,CMC
	低压涡轮	CMC
	高压涡轮	CMC
	喷管	Ti-MMC,CMC

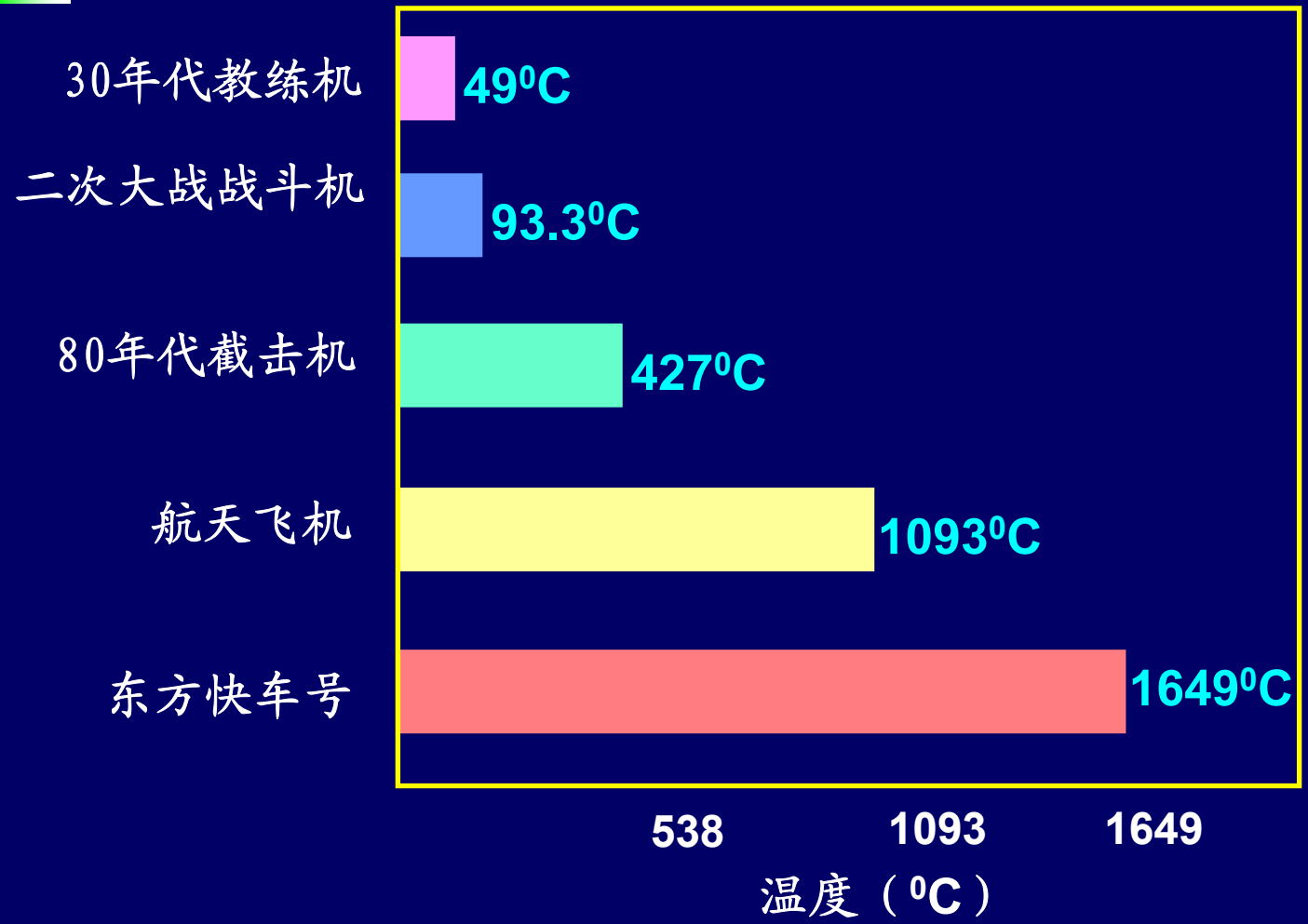
新材料技术是工业革命和产业发展的先导



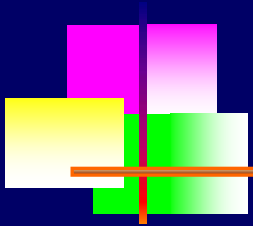
叶片材料的发展历程



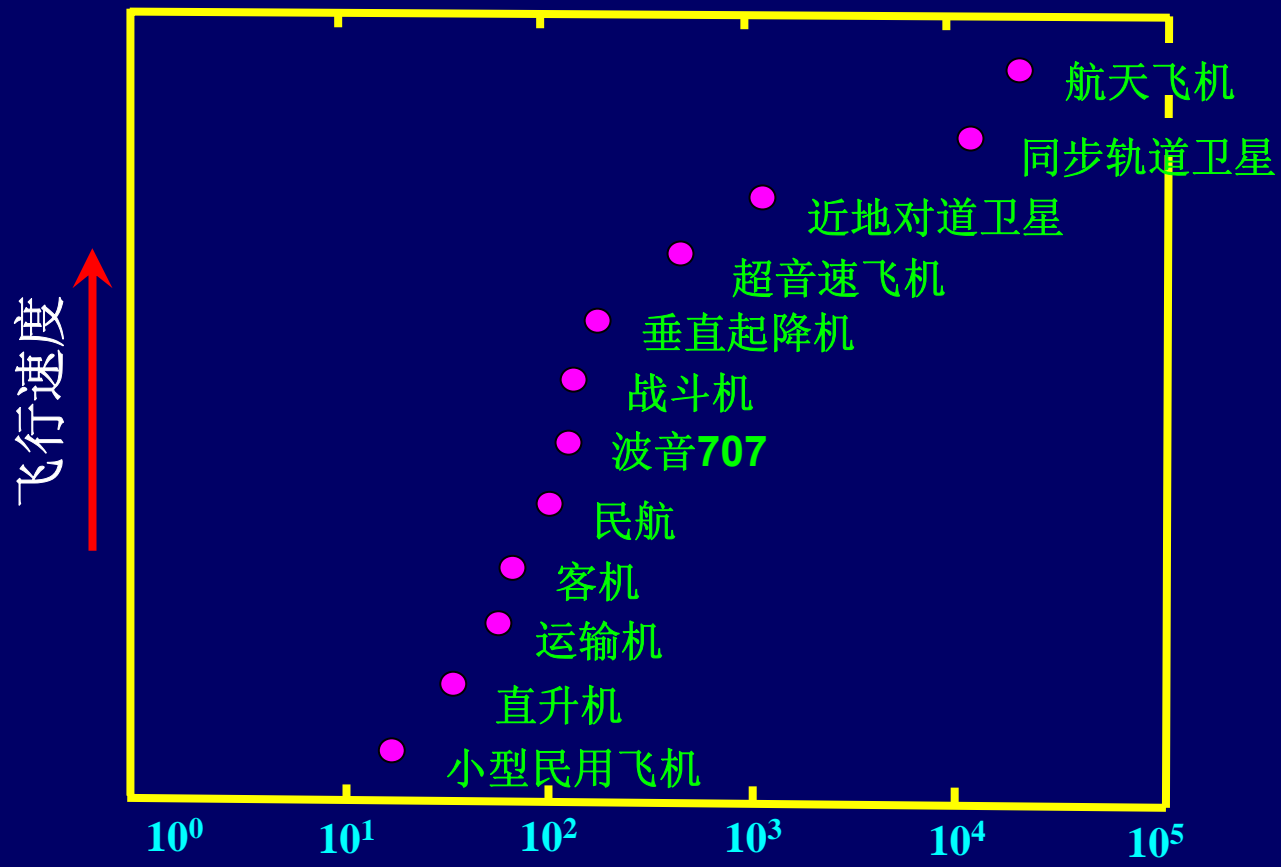
新材料技术是工业革命和产业发展的先导



不同类型的飞行器蒙皮温度

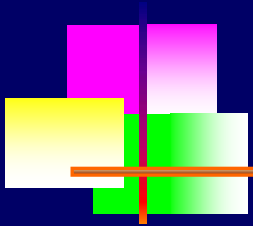


新材料技术是工业革命和产业发展的先导

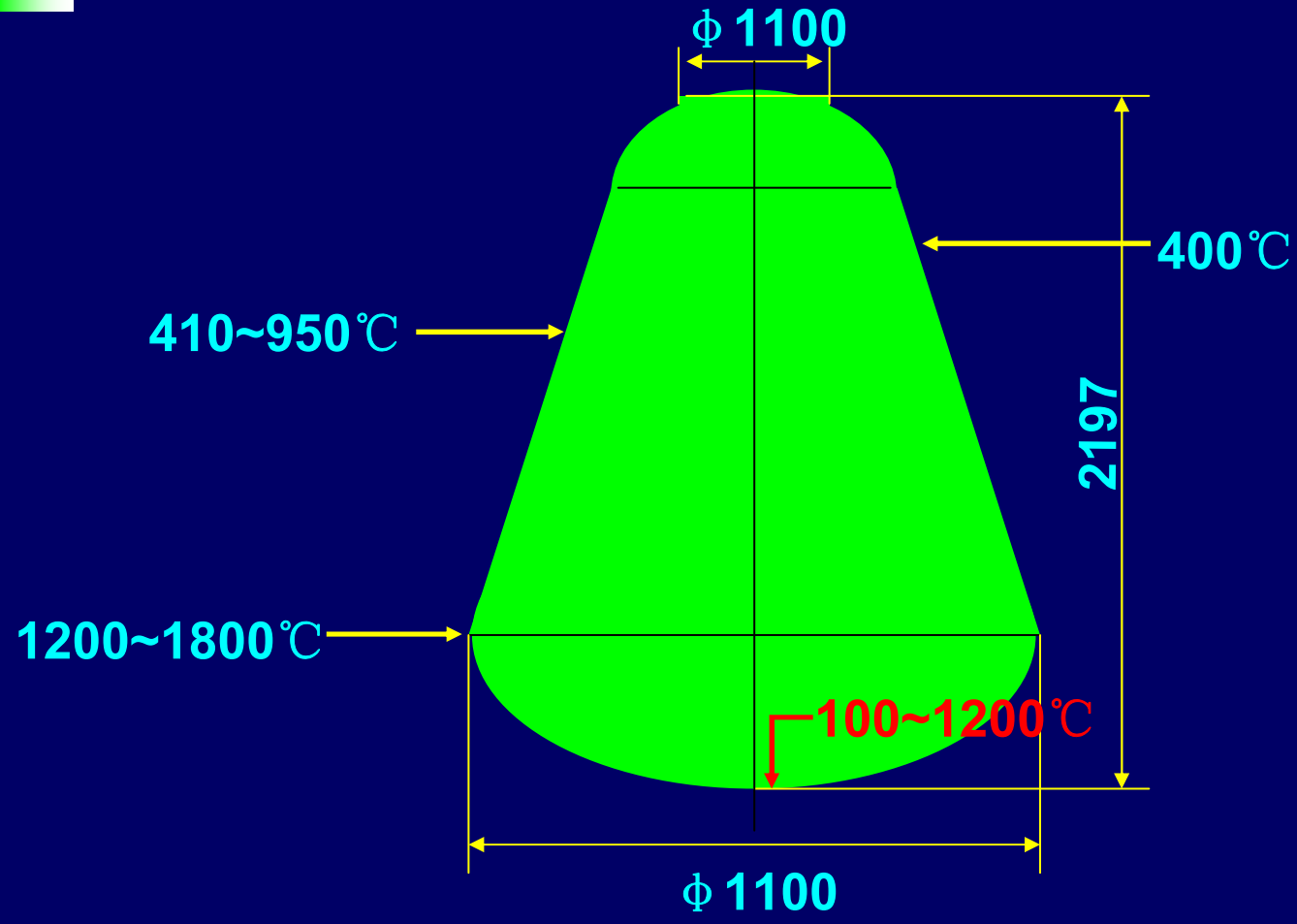


减轻结构所得经济效益 (相对值)

飞行器减重1Kg所获得的经济效益与飞行速度的关系



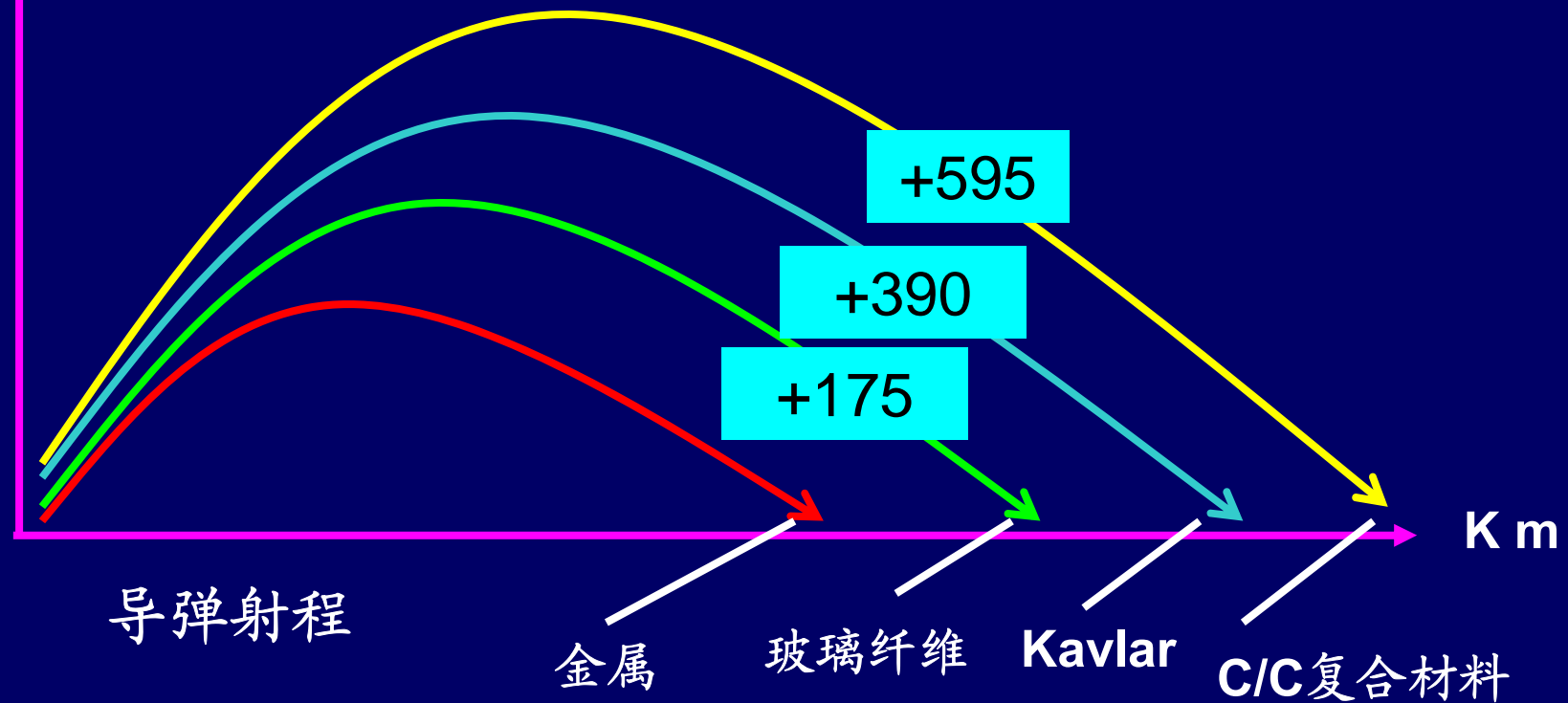
新材料技术是工业革命和产业发展的先导



飞船返回舱舱体温度情况

新材料技术是工业革命和产业发展的先导

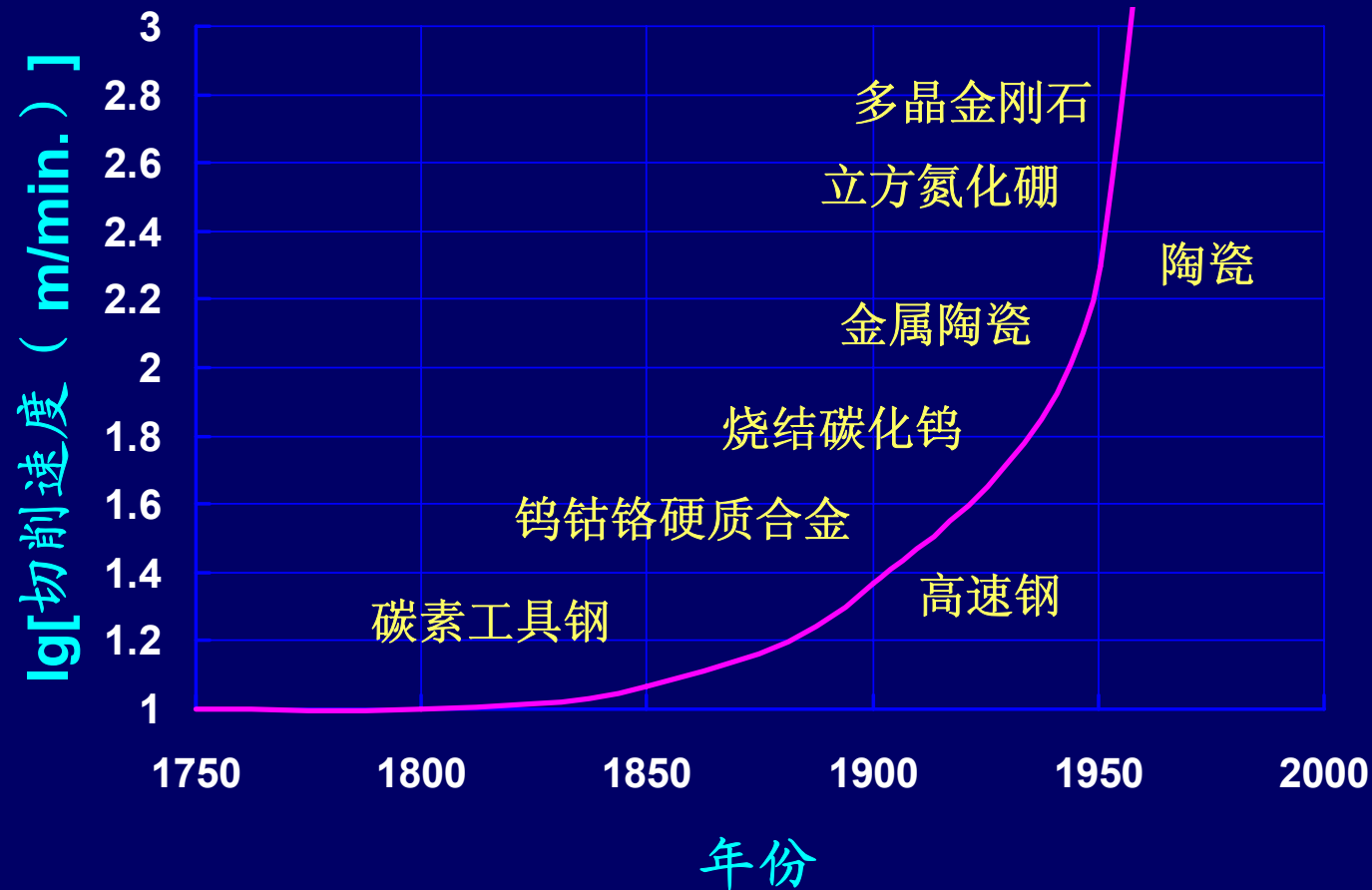
火箭壳体材料与导弹射程



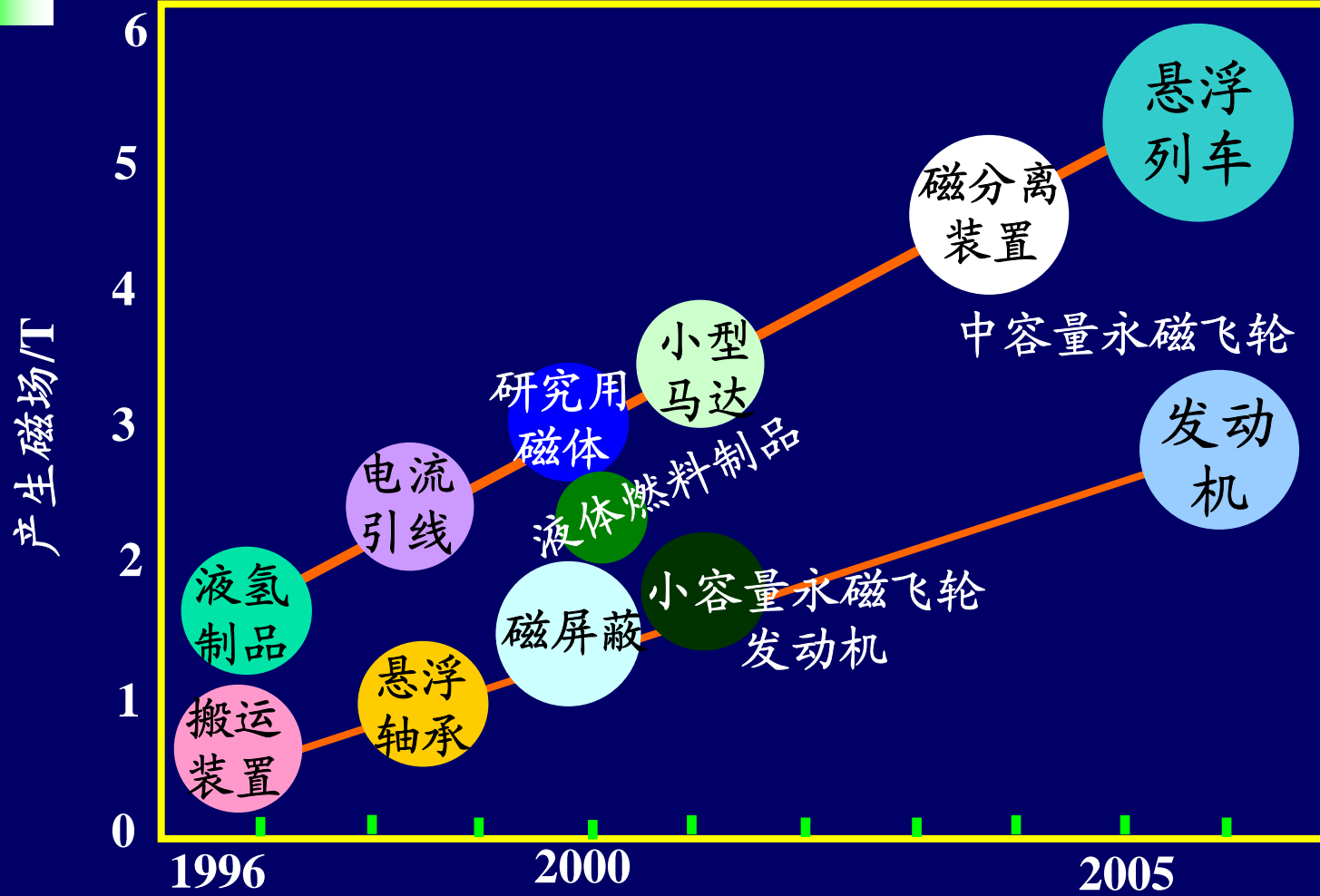
我国长征火箭由铝合金 (744Kg) 换成复合材料343Kg, 射程增加1476km。

新材料技术是工业革命和产业发展的先导

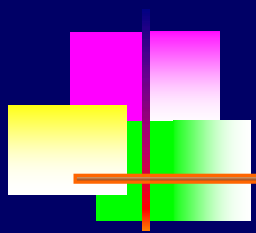
各种切削刀具材料的切削速度的发展趋势



新材料技术是工业革命和产业发展的先导

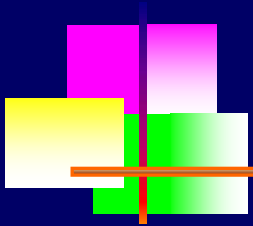


高温超导块材的应用领域的扩大与其产生磁场的关系



新材料技术是社会现代化的先导

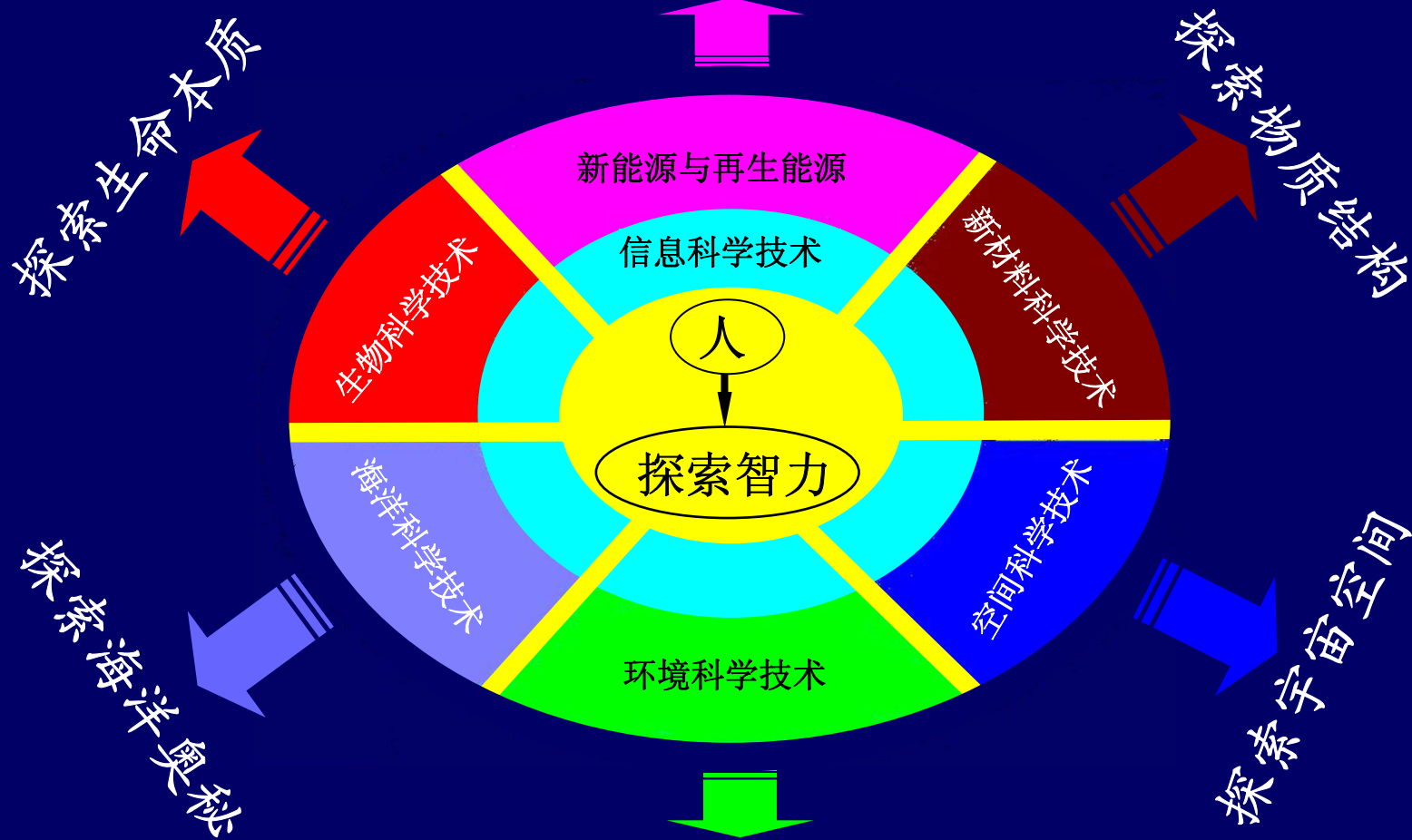
- ◆ 21世纪重点发展的高技术领域的进展与趋势
- ◆ 21世纪重点发展的高技术领域的材料选择
- ◆ 新材料技术是高技术发展的基础



21世纪重点发展的高技术领域的发展与趋势

实现人类可持续发展

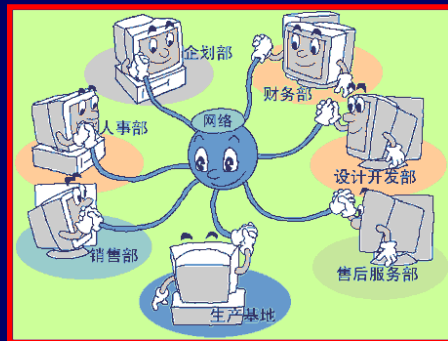
高技术体系示意图



探求人类与环境和谐共存方式

21世纪重点发展的高技术领域的进展与趋势

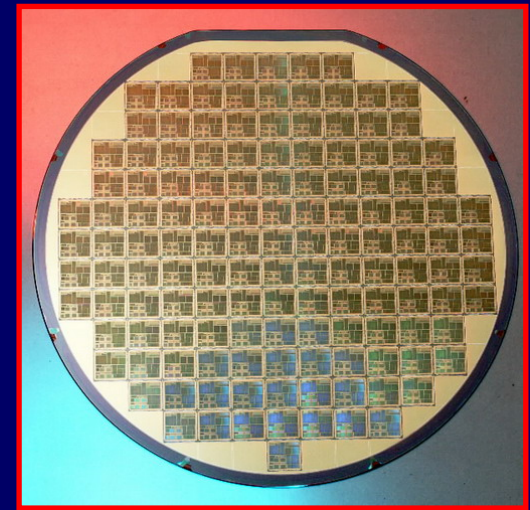
- 信息科学技术正在发生结构性变革，仍然是经济持续增长的主导力量
 - ◆ 通信网络技术为信息产业注入强大活力
 - ◆ 宽带通信已成为国际上应用最广的通信技术
 - ◆ 半导体技术进入纳米时代
 - ◆ 计算机智能技术日新月异



通信网络技术



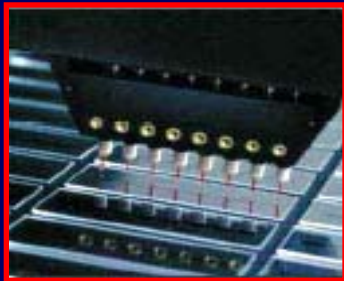
宽带通信技术



纳米半导体

21世纪重点发展的高技术领域的进展与趋势

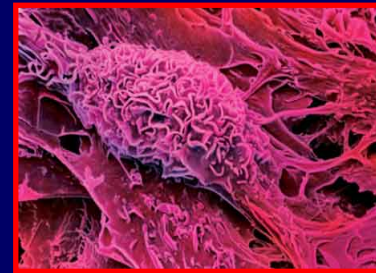
- 生物技术正经历着一场前所未有的技术革命，一个庞大的生物产业正在孕育和形成
- ◆ 基因组学、蛋白质科学、干细胞及再生医学的研究成为生命科学的前沿与热点
- ◆ 干细胞及再生医学的研究及应用为人类健康开辟了新道路
- ◆ 生物芯片在医疗和科研领域发挥巨大作用
- ◆ 转基因技术及应用呈现出高速发展的态势



生物芯片



转基因食品



干细胞

21世纪重点发展的高技术领域的进展与趋势

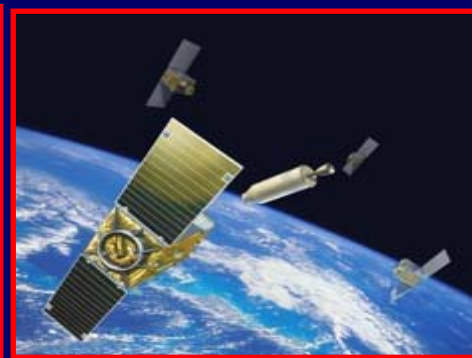
- 航天技术快速发展，不断开辟人类探索的新空间
- ◆ 太空探索带动太空探索技术加速发展
- ◆ 研制多种用途的人货分离的新一代航天飞行器成未来趋势
- ◆ 小卫星技术日趋成熟并将广泛应用
- ◆ 太空攻防技术成为未来航天技术发展的重要领域



杨利伟在太空



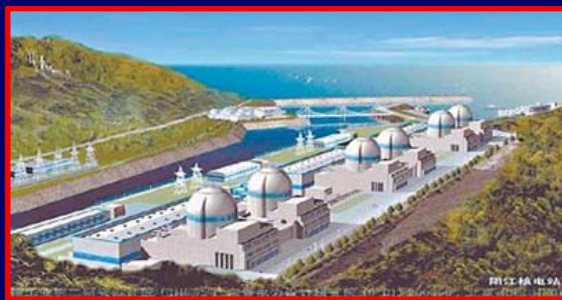
空中行走



小卫星

21世纪重点发展的高技术领域的进展与趋势

- 能源技术将变革未来社会的动力基础，促进人类实现可持续发展
 - ◆ 煤炭的高效清洁利用成为化石能源技术研发热点
 - ◆ 核能技术酝酿新的突破
 - ◆ 氢能技术研发和商业应用加速
 - ◆ 新能源和可再生能源技术展现良好前景
 - ◆ 天然气水合物的开发受到重视用能技术发展前景广阔



核电站



燃料电池车



可燃冰

21世纪重点发展的高技术领域的进展与趋势

➤ 先进制造技术向绿色制造、高技术化、信息化、极端制造方向发展，成为提升产业竞争力的关键技术

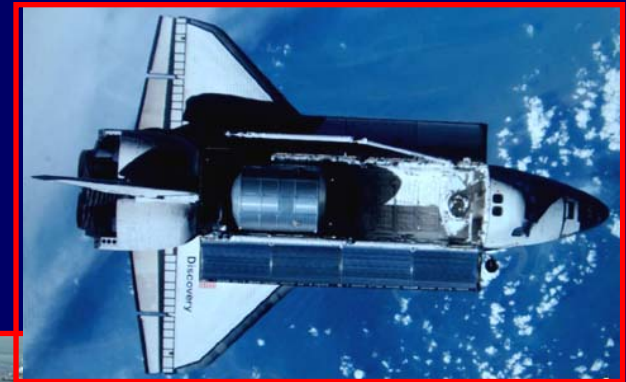
- ◆ 光机电一体化技术
- ◆ 微电子光刻技术
- ◆ 重大装备制造技术



数控机床



光刻机





21世纪重点发展的高技术领域的进展与趋势

- 新材料技术出现群体性突破，将对21世纪基础科学和几乎所有工业领域产生革命性影响
- ◆ 纳米技术是前沿技术中最具前瞻性和带动性的领域之一
- ◆ 光电子材料、光子材料将成为发展最快和最有前途的电子信息材料。
- ◆ 新型功能材料（超导材料、智能材料、生物医用材料）及其应用技术面临新的突破
- ◆ 新型结构材料（高温合金、难熔金属、金属间化合物、金属基复合材料、高分子材料、钛合金、镁合金）发展前景乐观

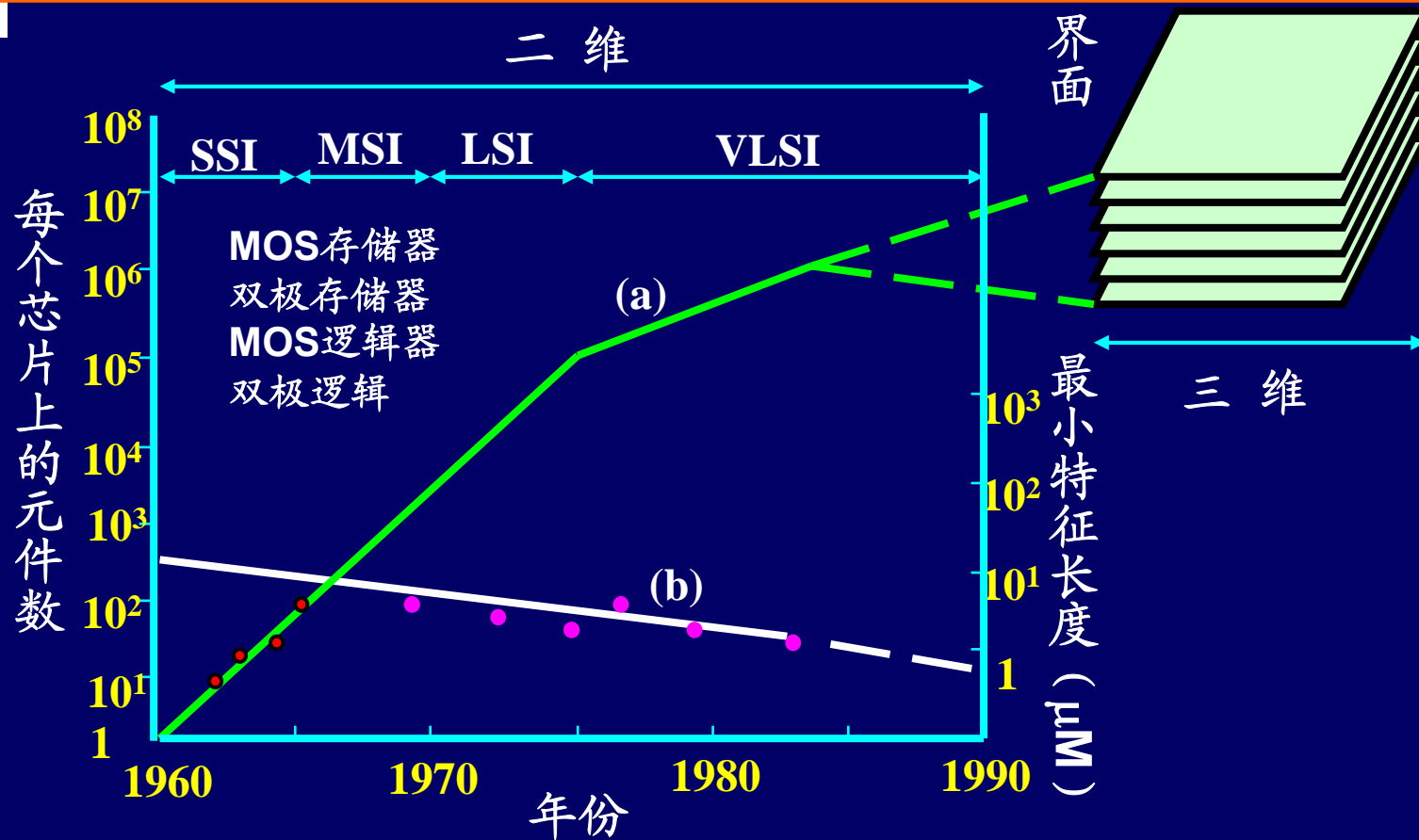


21世纪重点发展的高技术领域中的材料选择

- ◆ 信息科学技术 -----> 信息材料
- ◆ 新能源科学技术 -----> 新能源材料
- ◆ 生物科学技术 -----> 生物医用材料
- ◆ 空间科学技术 -----> 空间技术用材料
- ◆ 生态环境科学技术 -----> 生态环境材料
- ◆ 用高技术改造、更新现有材料，发展材料科学技术

新材料技术是高技术发展的基础

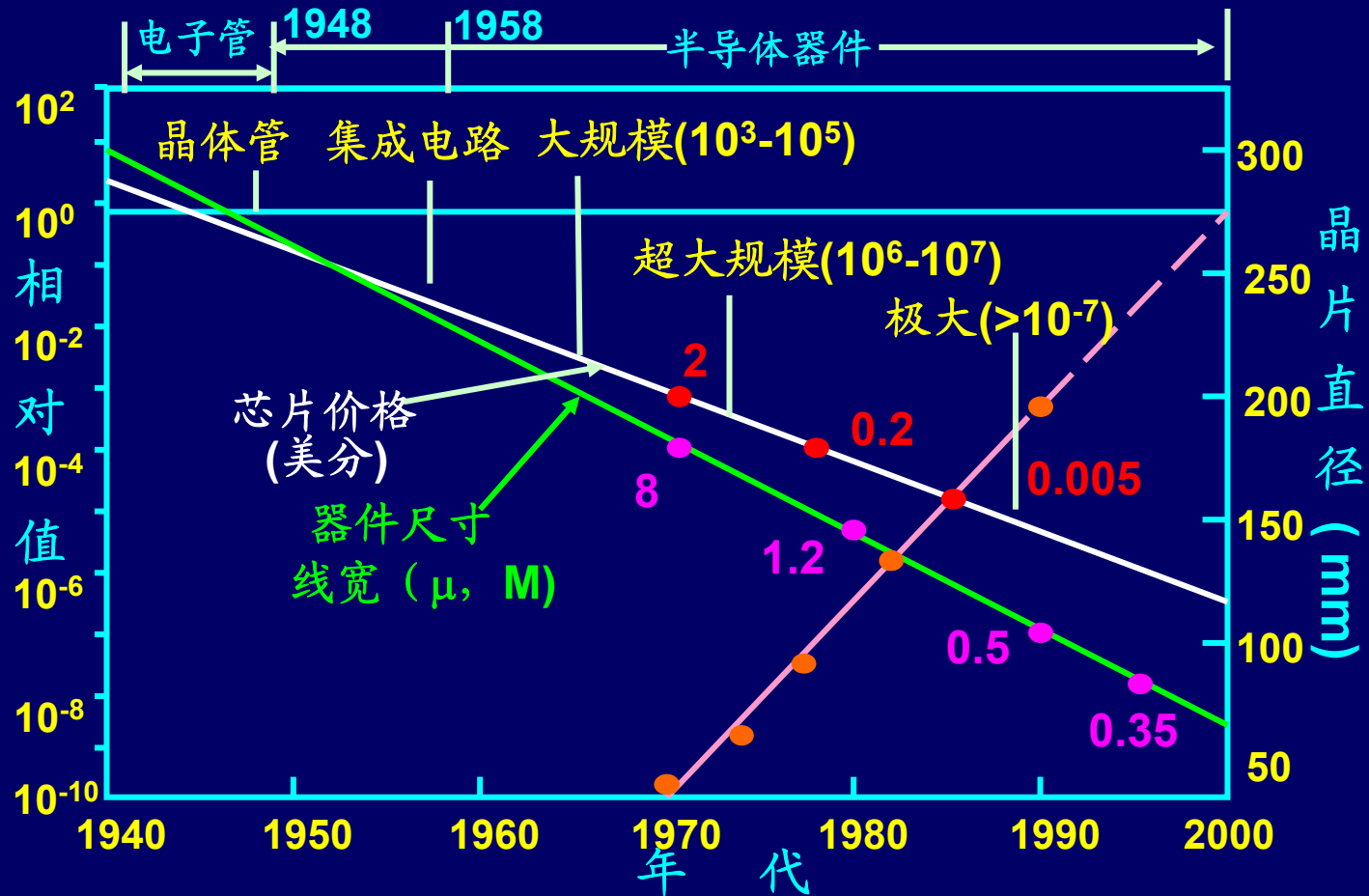
信息科学技术——信息材料



2007年每片集成电路芯片上元件的数量已达 10^9 个，而最小特征尺寸已减小到 $0.07\mu\text{m}$ 以下。

新材料技术是高技术发展的基础

信息科学技术—信息材料

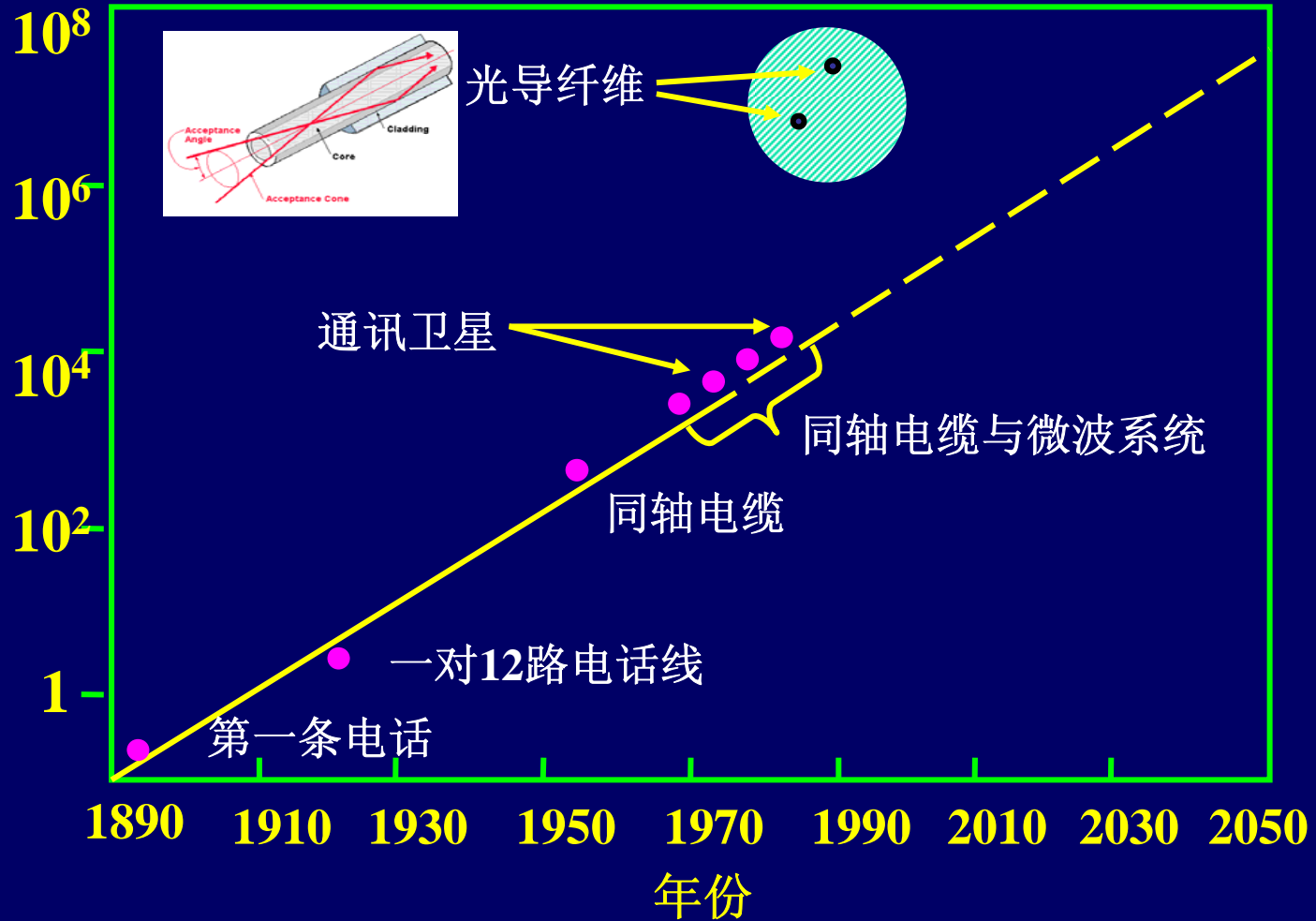


目前集成电路的特征尺寸达**0.07μm**以下，晶片直径达到**450mm**。

新材料技术是高技术发展的基础

信息科学技术—信息材料

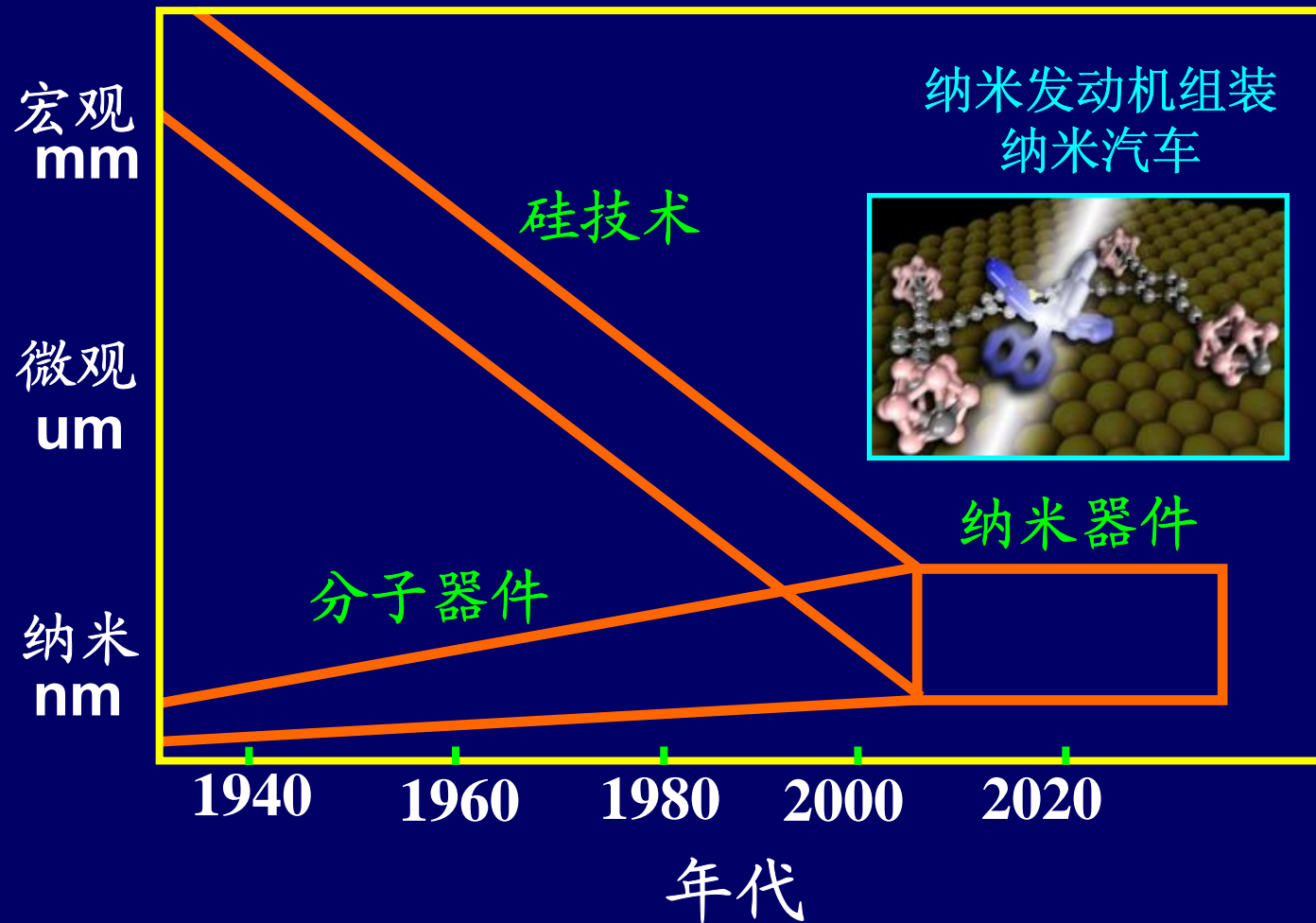
相对信息量



不同通讯方式的相对信息量

新材料技术是高技术发展的基础

信息科学技术—信息材料



新材料技术是高技术发展的基础

光导纤维发展历程

信息科学技术—信息材料

年代	波长 (μ)	模数	光纤损耗 (db/km)	中继距离 (km)	应用年代	材料
第一代	0.85	多模	2-5	8-10	1978	SiO ₂
第二代	1.3	多模	1	10-20	1982	
第三代	1.3	单模	0.4	20-40	1983	SiO ₂ +Ga,P
第四代	1.55	单模	0.2	80	正在应用	多组分玻璃
	1.55	单模	0.01-0.001	可达 400		多组分玻璃+Er
第五代	2.5	单模	3×10^{-4}	2500	21 世纪	氟化玻璃



新材料技术是高技术发展的基础

信息科学技术—信息材料

硅片表面颗粒度指标

参数	年份					
	1997	1999	2002	2005	2008	2011
IC工艺/nm	250	180	130	100	70	50
颗粒大小/nm	125	90	65	50	35	25
颗粒密度/cm ²	≤ 0.14	≤ 0.088	≤ 0.055	≤ 0.038	≤ 0.023	≤ 0.014

用于传感器的无机非金属敏感材料

探测性能	原理	材料
氧含量	体离子导电	$\text{Zr}_{1-x}\text{CaO}_{2-x}$
湿度	表面离子导电	$\text{MgCr}_2\text{O}_4 \cdot \text{TiO}_2$
酸度	表面化学反应	IrO_{2-x}
压力	压电	$\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$
温度	热电	$\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$
电压	晶界面隧道	$\text{ZnO} \cdot \text{Bi}_2\text{O}_3$
PTC 热敏电阻	晶界面相变	$\text{Ba}_{1-x}\text{Ce}_x\text{TiO}_3$
化学	表面电子导电	$\text{ZnO} \cdot \text{CuO}$
光学	光电阻	CdS

典型的二次电池体系

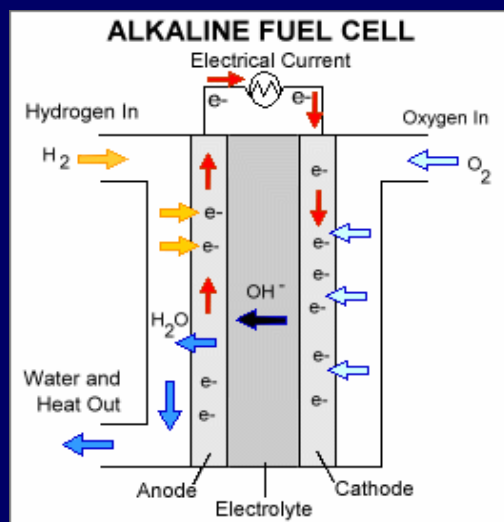
电池系列	负极物质	正极物质	电性能 (理论值)		
			电压/V	比容量/AhKg ⁻¹	比能量/AhKg ⁻¹
铅酸电池	Pb	PbO ₂	2.1	120	252
镍镉电池	Cd	NiOOH	1.35	181	244
锌镍电池	Zn	NiOOH	1.70	189	321
镍氢电池	MH	NiOOH	1.5	160	240
硫钠电池	Na	S	2.1	345	791
锂电池	LiC ₆	LiCoO ₂	4.1	377	697



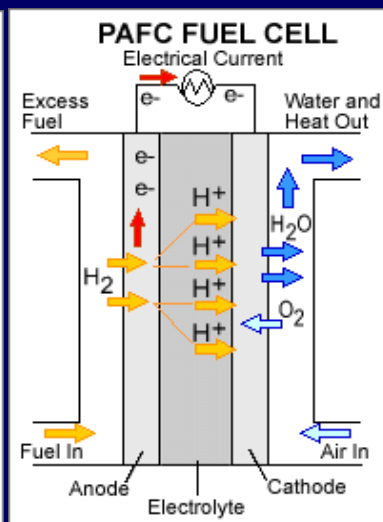
锂电池的应用

新能源科学技术——新能源材料

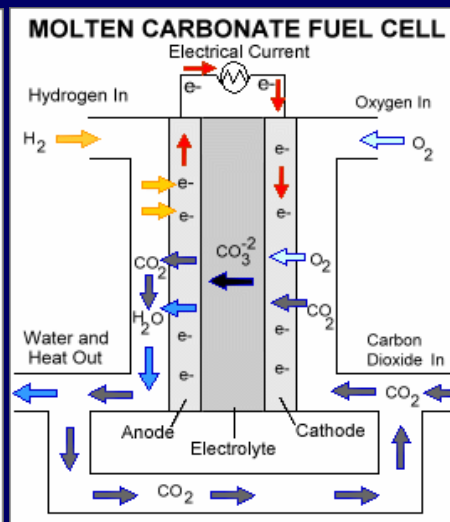
燃料电池



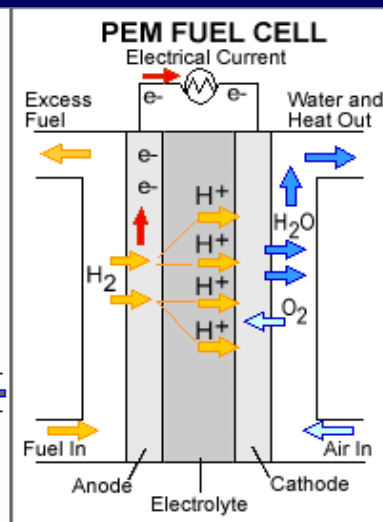
碱性



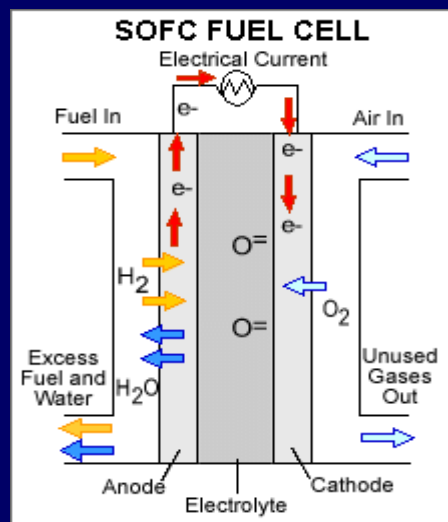
磷酸



熔融碳酸盐



质子交换膜



固体氧化物



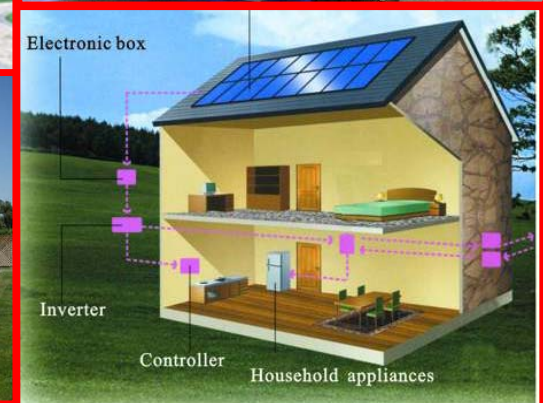
新材料技术是高技术发展的基础

新能源科学技术——新能源材料

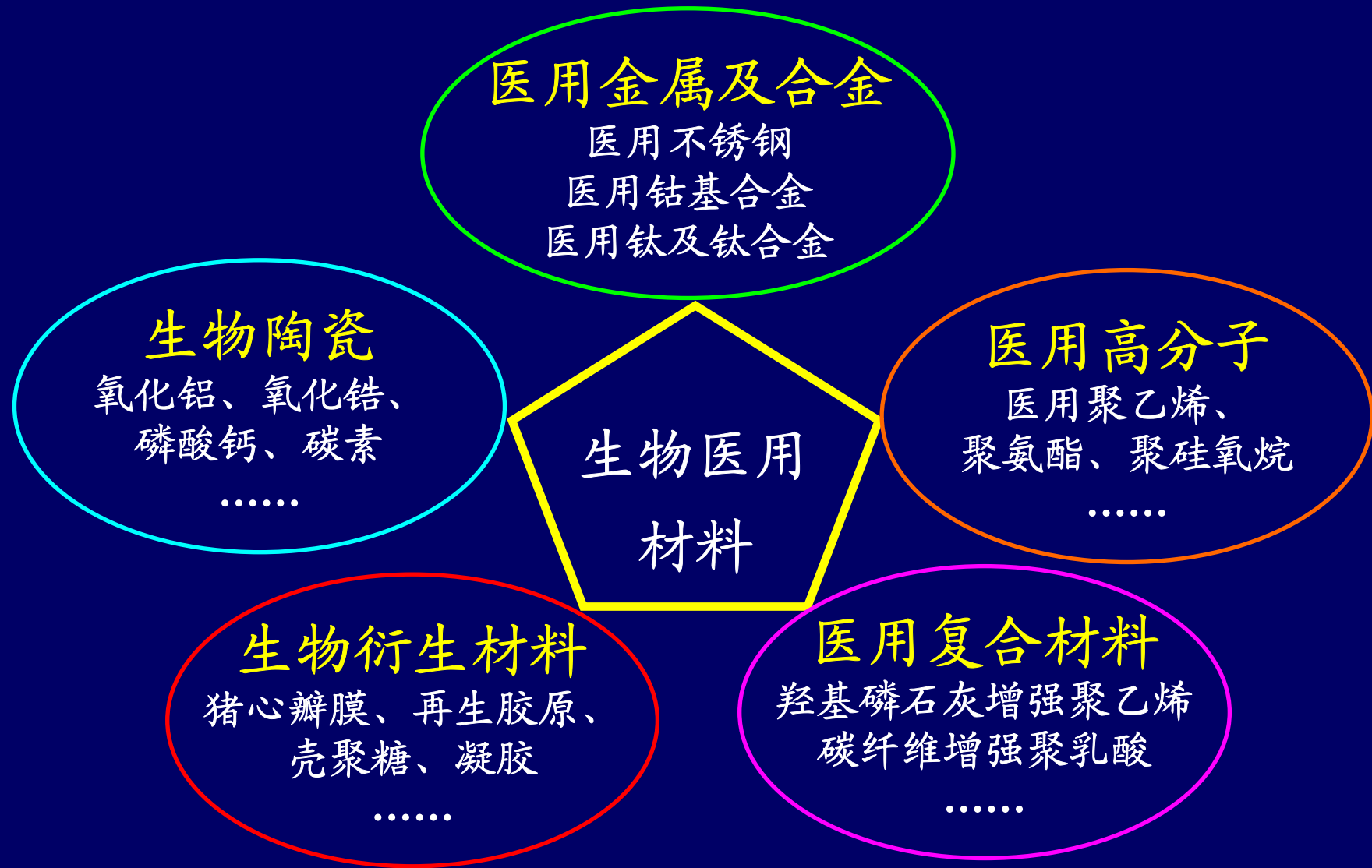
太阳能电池材料

晶体Si 非晶Si
80-90%以上

InP CdS AlSb GeAs
Ge
CuInSe₂ CdTe
Cu₂S



生物科学技术——生物医用材料



新材料技术是高技术发展的基础

生物科学技术——生物医用材料



新材料技术是高技术发展的基础

空间科学技术 —— 空间技术用材料



空间科学技术 —— 空间技术用材料

新一代运载火箭对新材料的要求

应用部位	材 料	技术要求
箭体结构	1) 高强轻质铝合金 2) 高性能碳-环氧复合材料	比常规铝合金减轻结构材料质量 比常规铝合金减轻结构材料质量
推进剂贮箱	1) 高强可焊Al-Li合金 2) 高性能碳-环氧复合材料	使液氢和液氧贮箱比 比常规铝合金减轻结构材料质量
液氢-液氧 火箭发动机	1) 电铸镍锰合金材料 2) GH4169合金材料 3) 新型高温合金材料 4) 低温 (-253℃) 钛合金 5) 高强钛合金薄壁管材 6) Ti3Al及其复合材料	抗拉强度比电铸镍提高 满足泵壳体及涡轮壳体成形要求 分别与Incoloy903和Mar-M246相当 满足液氢泵诱导轮成形要求 减轻发动机机架结构质量 比镍基高温合金涡轮盘减轻结构质量
液氧-煤油 火箭发动机	1) 新型不锈钢材料 2) 新型铸造不锈钢材料	性能分别与BHC-25、BHC-16相当 性能分别与BHJI-1、BHJI-6相当

空间科学技术 —— 空间技术用材料

为满足战斗机的使用要求，钛合金取代铝合金，成为机体结构材料的主体。

战斗机机体结构材料用材用量分布

代 机型 首飞 材料类别	第二代	第三代					第四代
	歼8III 1993	新歼 1998	苏-27CK 1977	F-15 1972	F-16 1976	F/A-18A/B 1978	F-22 1997
铝合金	55	85	60	37.3	64	49	15
钛合金	2	2	15	25.8	3	12	41
钢	24	10	10	5.5	3	15	5
其他	19	3	15	31.4	30	24	39

我国通讯卫星采用的主要结构材料

结 构

材 料

天线反射器

碳纤维复合材料

太阳能电池阵结构

高模碳纤维、铝蜂窝夹心

承力筒

高模碳纤维

蜂窝夹层板结构

铝蜂窝

返回舱

5A06 (LF06) 铝镁合金

仪器舱

2A12T4 高强铝合金

相机支架

ZM5 镁合金

气球、球底、支架

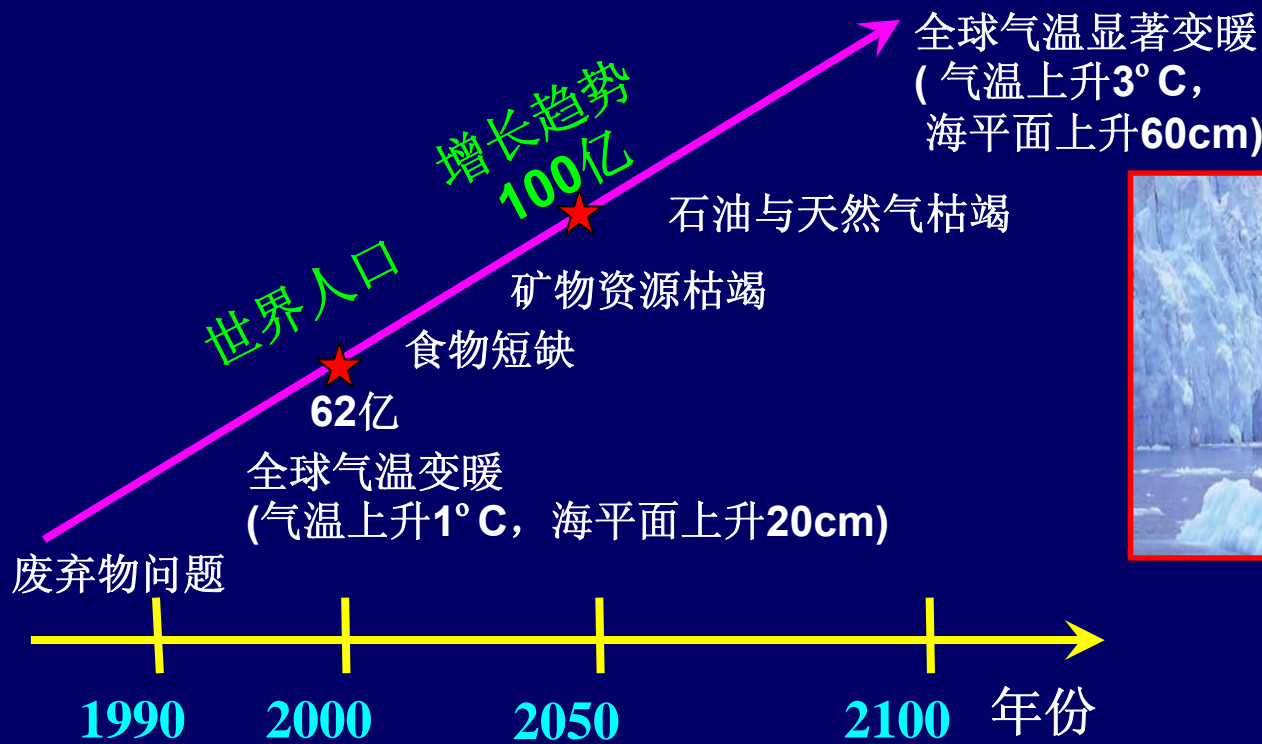
TC4

表面张力箱

TB2

新材料技术是高技术发展的基础

生态环境材料科学技术



人类面临的资源和环境问题

新材料技术是高技术发展的基础

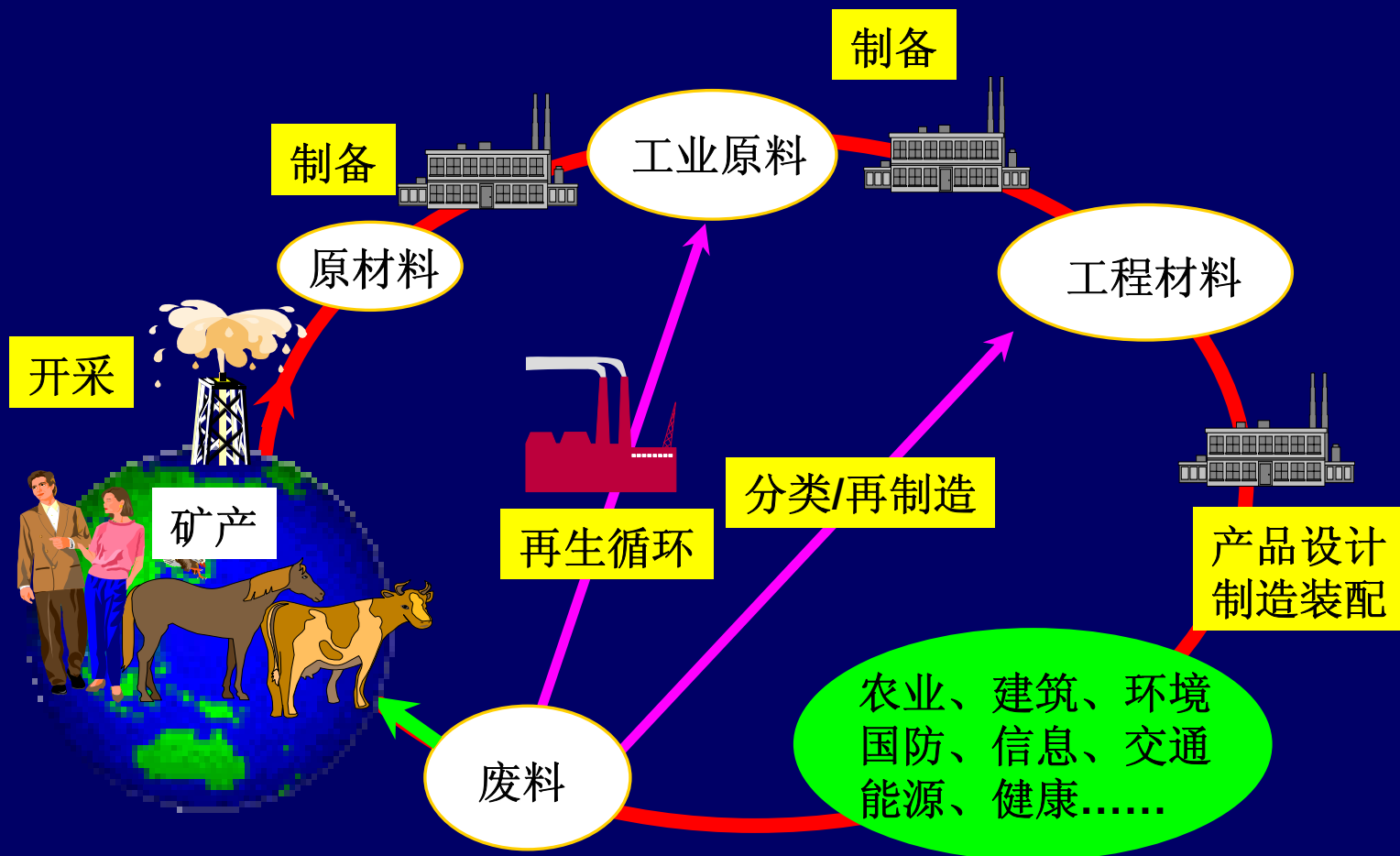
生态环境材料科学技术

我国主要矿产的开采年限（2000统计）

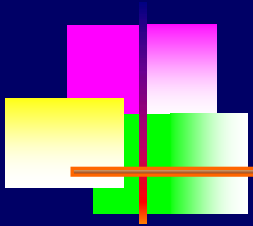
矿产	保有储量	矿产品年产量	单位	不变消耗速度计可采年限
铁矿	457.07	2.24	亿吨	204
铝土矿	22.91	657.41	万吨	348
铅矿	3512.3	109.99	万吨	32
锌矿	9278.1	195.7	万吨	47
镍矿	740.54	5.09	万吨	145
钨矿	525.32	4.55	万吨	115
锡矿	355.49	11.02	万吨	32
铋矿	234.28	9.93	万吨	24
金矿	3992.6	176.91	吨	23
银矿	115819	1588.21	吨	73

新材料技术是高技术发展的基础

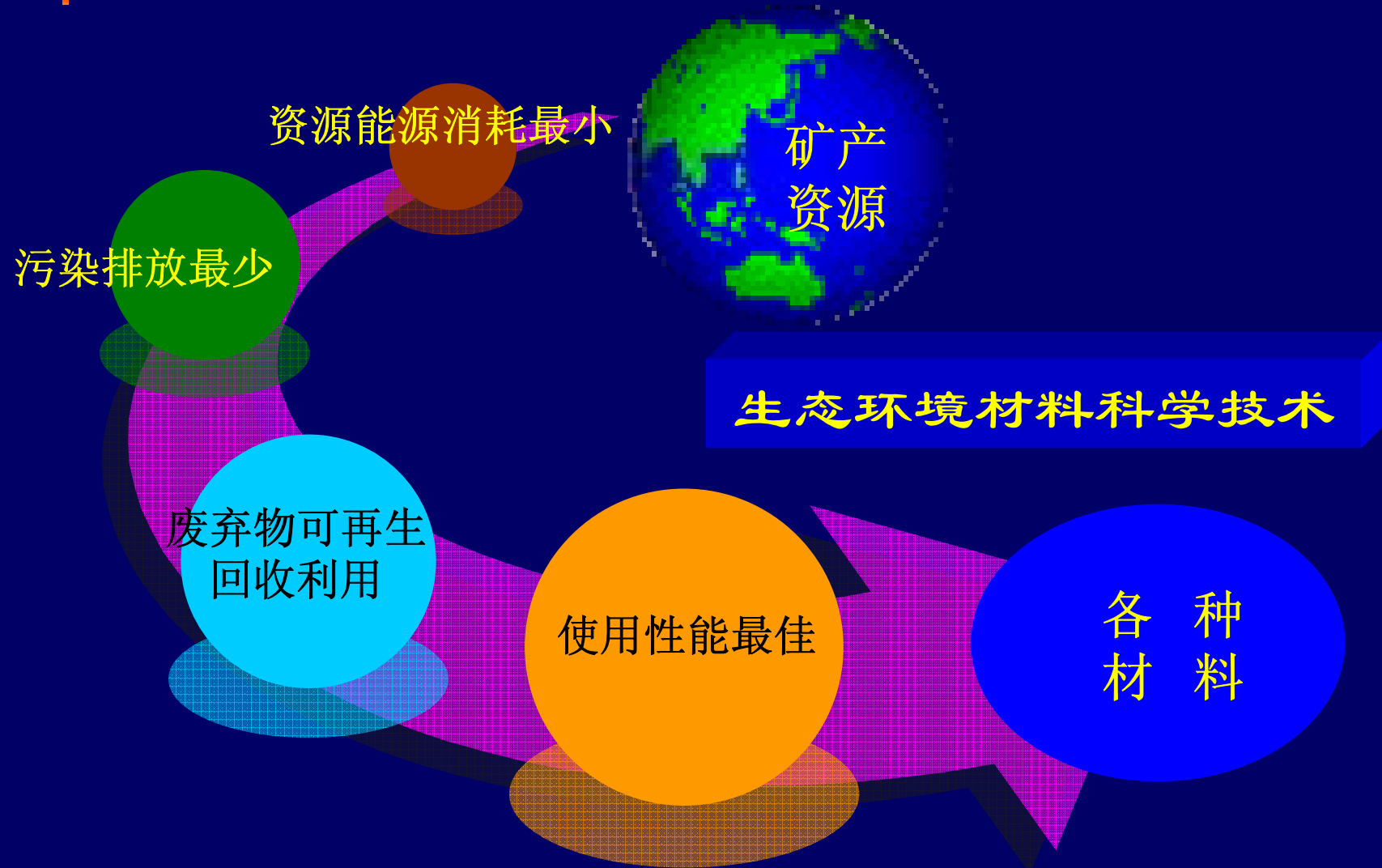
生态环境材料科学技术



材料的全生命循环周期



新材料技术是高技术发展的基础





新材料技术是高技术发展的基础

生态环境材料科学技术——材料的环境协调性评价

典型的材料环境协调性研究分类

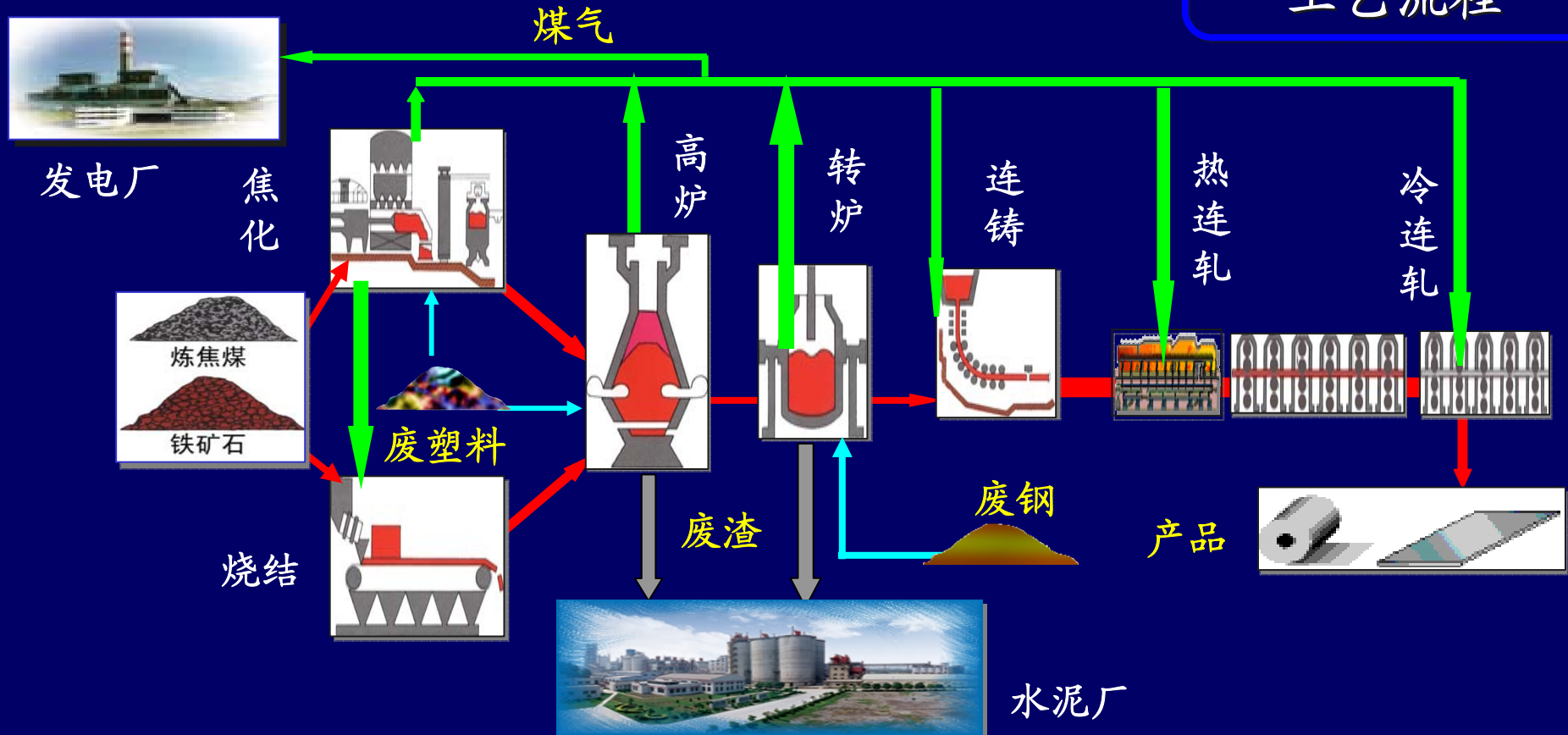
设计原则	研究方向	改进材料体系及其制备技术实例
减少资源 和 能源消耗	现场循环利用 再生循环利用 减少枯竭资源元素使用 降低污染能耗	废料循环使用 通用合金、通用树脂 低合金度合金 净终成形技术、软溶液制备技术
减少 污染排放	降低污染程度 废弃物综合利用 去除有毒有害元素	可降解塑料 废弃物资源化 无铅焊料、非铅基压电陶瓷
提高材料 使用价值	提高材料性能 延长材料使用寿命	超级金属 长寿命金属材料及高分子材料

新材料技术是高技术发展的基础

生态环境材料科学技术

◆ 开发节约资源、低污染的生产流程

钢铁工业循环 工艺流程



新材料技术是高技术发展的基础

生态环境材料科学技术

◆ 开发节约资源、低污染的生产流程



钢铁工业循环
工艺流程



实施循环经济
实际效果比较



新材料技术是高技术发展的基础

生态环境材料科学技术

◆ 发展环境友好材料

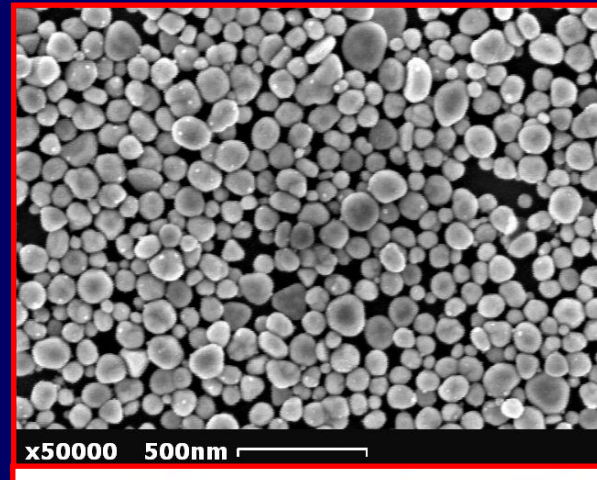
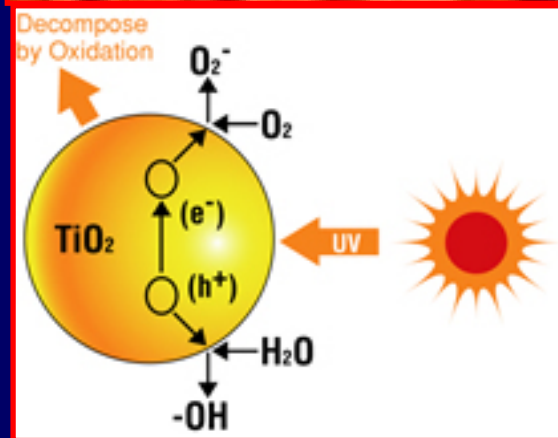
- 如：
- ① 发展以锂离子电池、燃料电池为代表的新能源材料，以替代污染环境的铅蓄电池和镍镉电池；
 - ② 发展无铅焊料和无铅压电陶瓷；
 - ③ 采用玉米、秸秆等生物材料开发可降解环保餐具。
 - ④ 发展镁合金，用于通讯工具壳体材料，可降低使用者的电磁辐射。

新材料技术是高技术发展的基础

生态环境科学技术

◆ 发展环境友好材料

纳米
 TiO_2
光催化



纳米
Ag
的
消毒
杀菌



新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

新材料技术出现群体性突破，将对**21**世纪所有工业领域产生革命性的影响，成为一切工业的关键共性基础。

如

纳米材料

超导材料

先进结构材料



新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

[0, Å]

微观领域

宏观领域

[μm , ∞)

以量子力学为代表，
研究物质基本粒子的
科学问题。

以经典物理为代表，
研究均相物质的基本
科学问题

[1nm, 100nm]

介观领域

纳米材料

对由有限个原子组成的非均相物质，
如何分析其特殊的科学规律？

新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

特点之一:表面效应

纳米材料

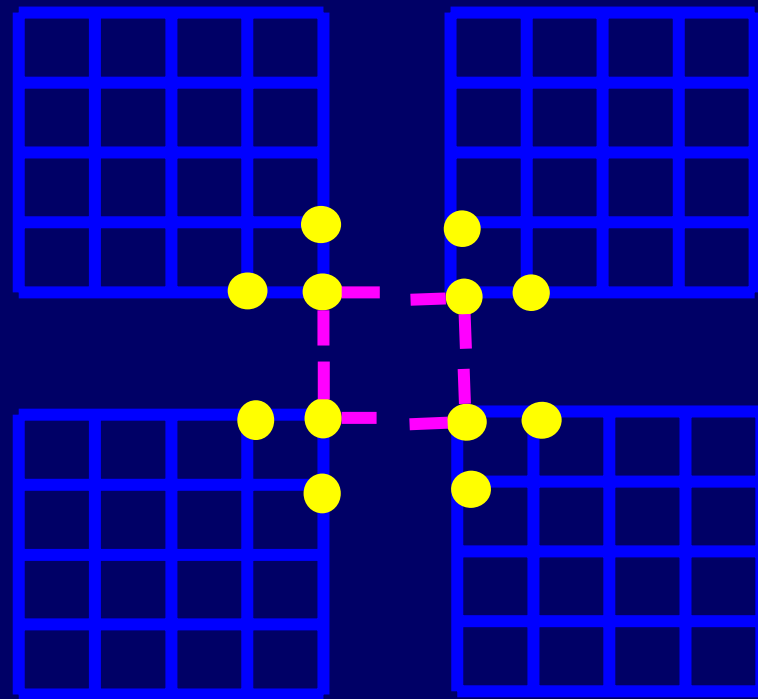
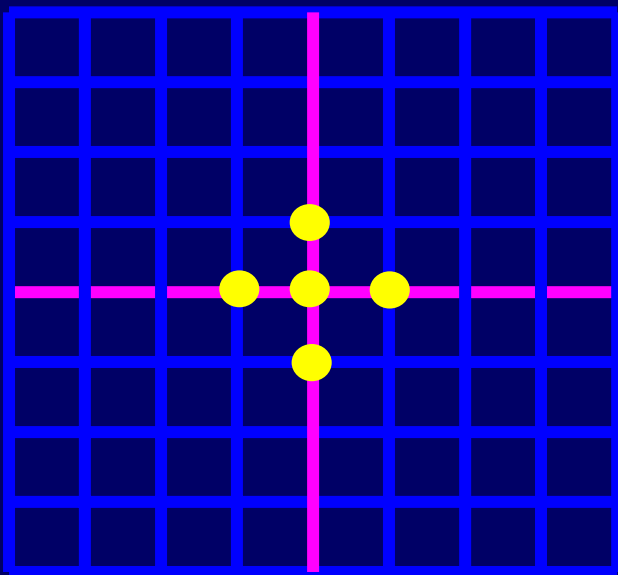


个数	1	10^{21}	$10^{21} \times$
总体积	1cm^3	1cm^3	$1 \times$
总表面积	6cm^2	6000m^2	$10^{21} \times$
棱边数	12	12×10^{21} 条	$10^{21} \times$
顶角数	8	8×10^{21} 个	$10^{21} \times$

新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

特点之一:表面效应

纳米材料





新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

特点之一:表面效应

纳米材料

表面原子随颗粒粒径的变化规律

粒径 (nm)	总原子数	表面原子数/总原子数
1	30	90
2	250	80
5	400	40
10	3×10^4	20
20	25×10^4	10
100	3×10^7	2



新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

特点之二：小尺寸效应

纳米材料

随着颗粒尺寸的量变，在一定条件下会引起颗粒性质的质变，由于颗粒尺寸变小所引起宏观物理性质的变化称为小尺寸效应。

颗粒大小	常态	10nm	2nm
金熔点	1064°C	1037°C	327°C

----->



新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

特点之三:量子效应

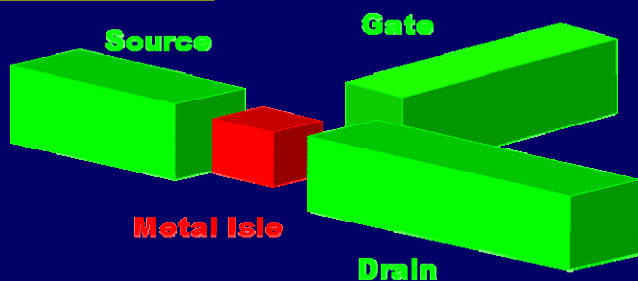
纳米材料

对纳米颗粒而言，大块材料中连续的能带将分裂为分立的能级，能级间的间距随颗粒尺寸减小而增大。当热能、电场能或者磁场能比平均的能级间距还小时，就会呈现一系列与宏观物体截然不同的反常特性，称之为量子效应。

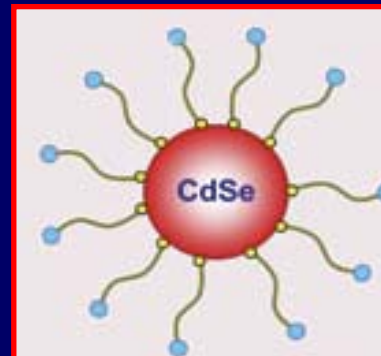
- ✓ 粒径小于20nm的纳米银会变成绝缘体。
- ✓ 原本导电的铜到某一纳米界限就不导电。

新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

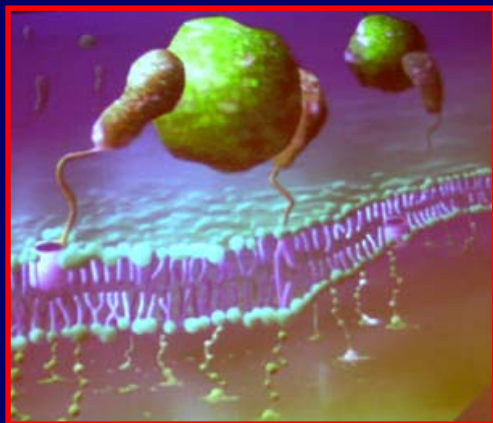
纳米技术



单电子晶体管结构



检测金属毒性的纳米传感器



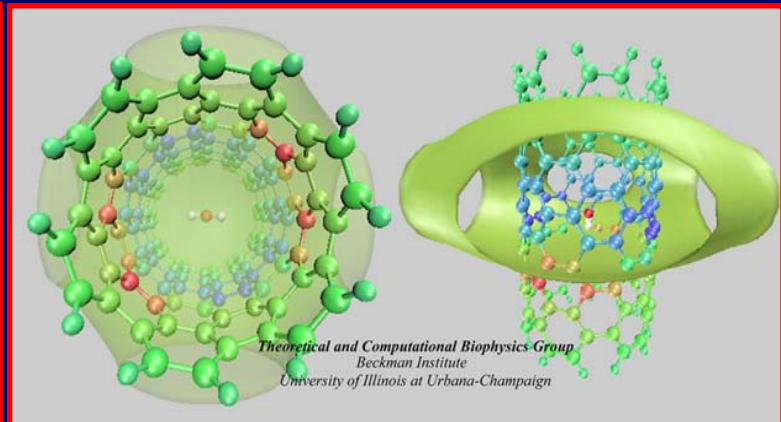
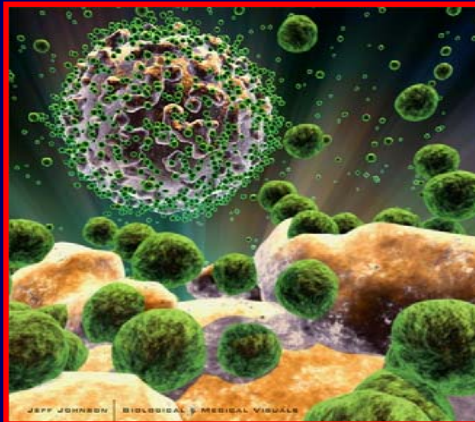
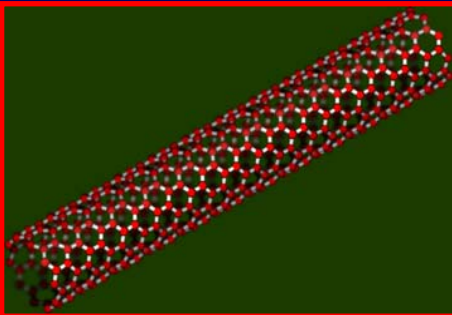
检测单分子的纳米传感器



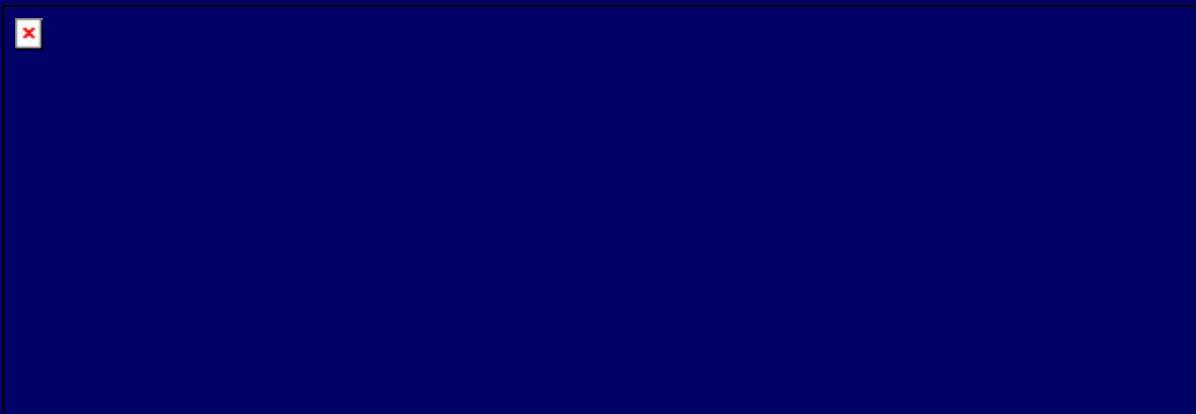
纳米发动机组装的纳米汽车

新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

纳米技术



纳米药物



纳米齿轮

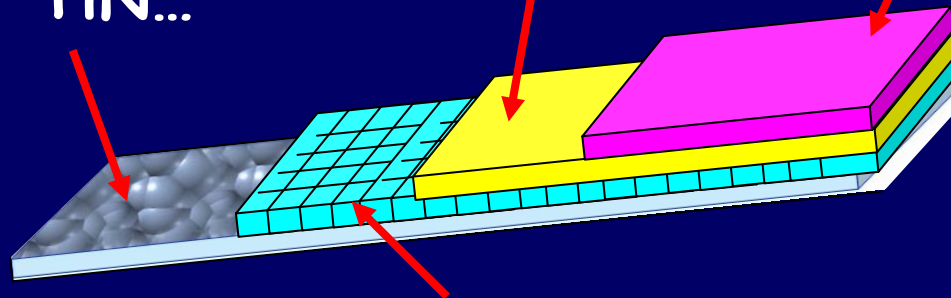
新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

超导材料

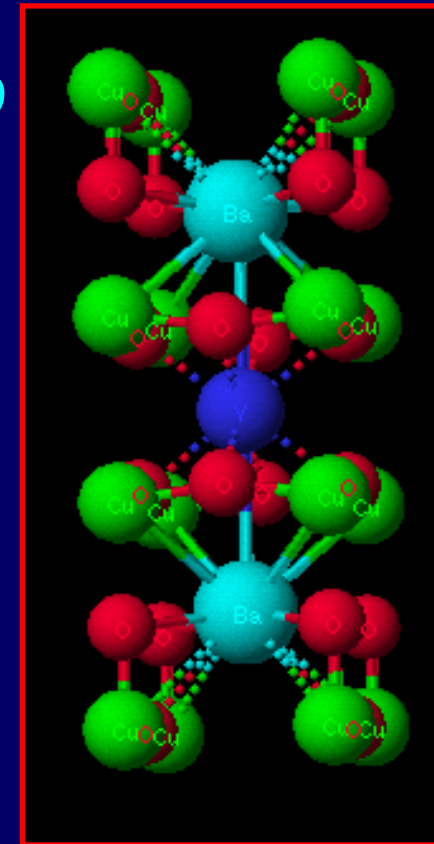
$RE_2O_3, CeO_2, YSZ, LMO, STO...$

$MgO, YSZ, GZO, TiN...$

YBCO

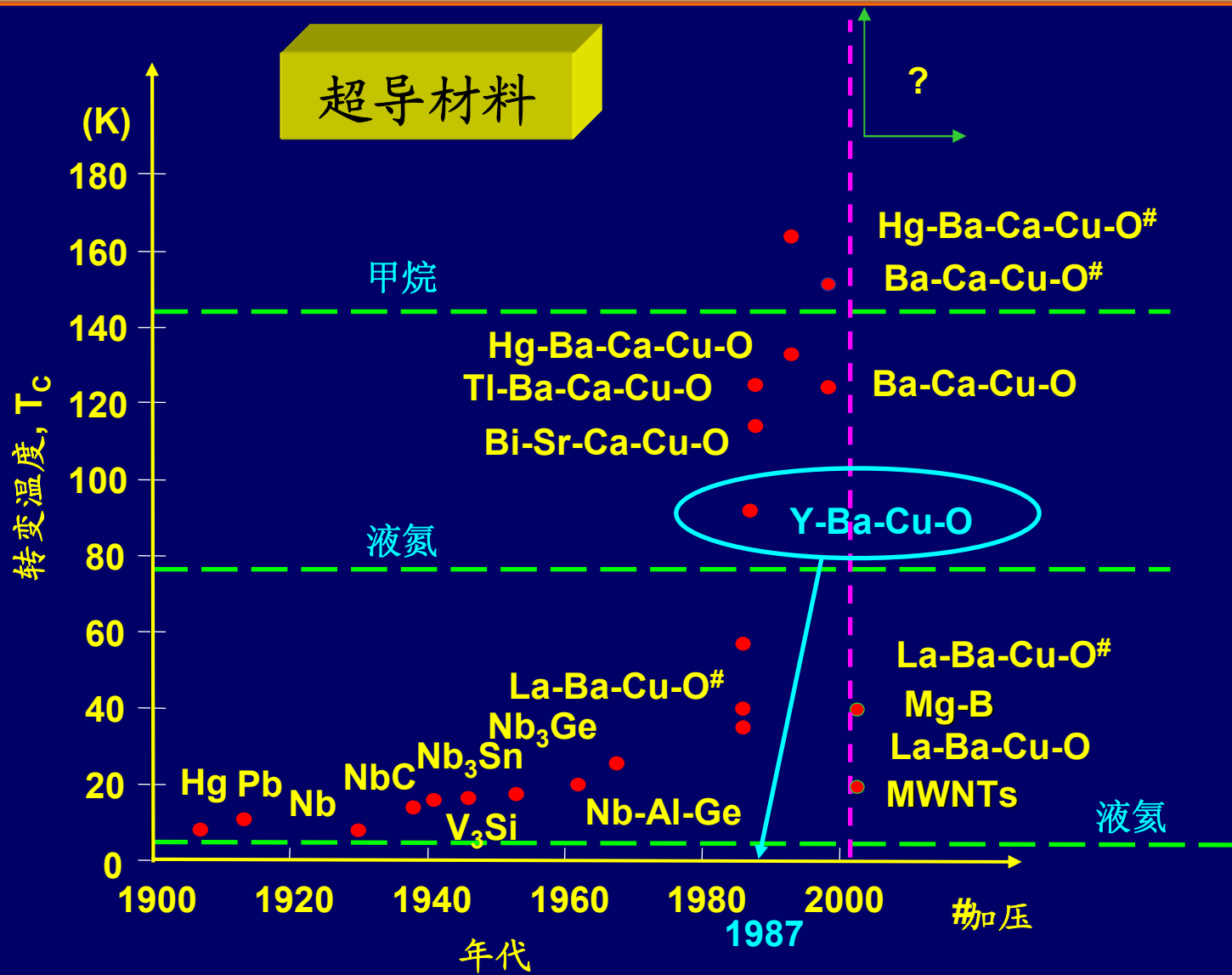


Polycrystalline Substrate:
SS, Hastelloy, Ag...



钇钡铜氧

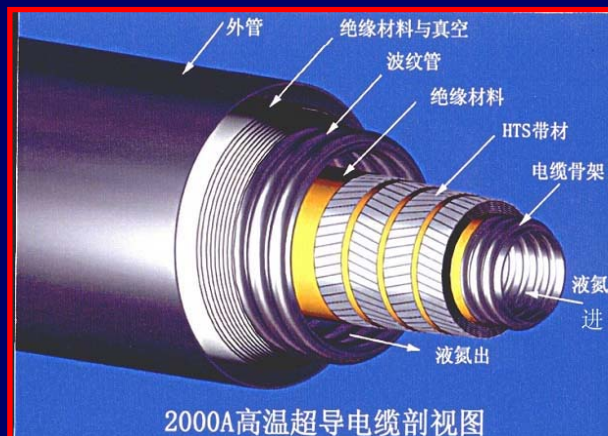
新材料技术是一切工业发展的关键共性基础



新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

超导材料

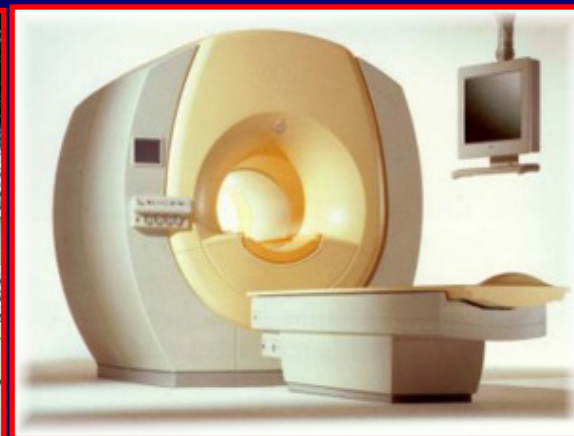
目前正向低成本实用化方向发展，并将在能源、信息、交通、仪器等领域有重大应用。



超导电缆



磁悬浮列车



核磁共振设备

新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

先进结构材料

如高性能铝/镁合金材料，在航天航空、交通工具、国防军工、3C产品等领域应用也越来越广泛。



新材料技术是一切工业发展的关键共性基础

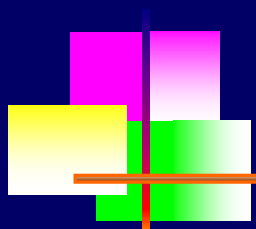
先进结构材料 如高性能复合材料，在航天航空、交通工具、国防军工等领域应用也越来越广泛。



C/C复合材料用于飞机刹车副

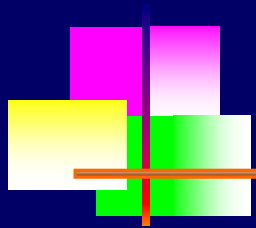


陶瓷基复合材料用于火箭喷嘴



小结

上述事例雄辩的表明，新材料在人类社会进步、产业革命和提高人类生活品质中具有特别重要的基础和先导作用，其发展对提高国家的综合国力具有巨大的推动作用和深远影响。



材料科学与工程的形成和发展

科学驱动

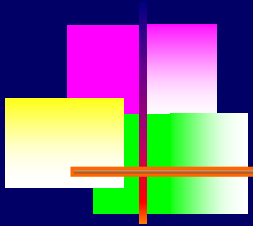
科学技术的发展



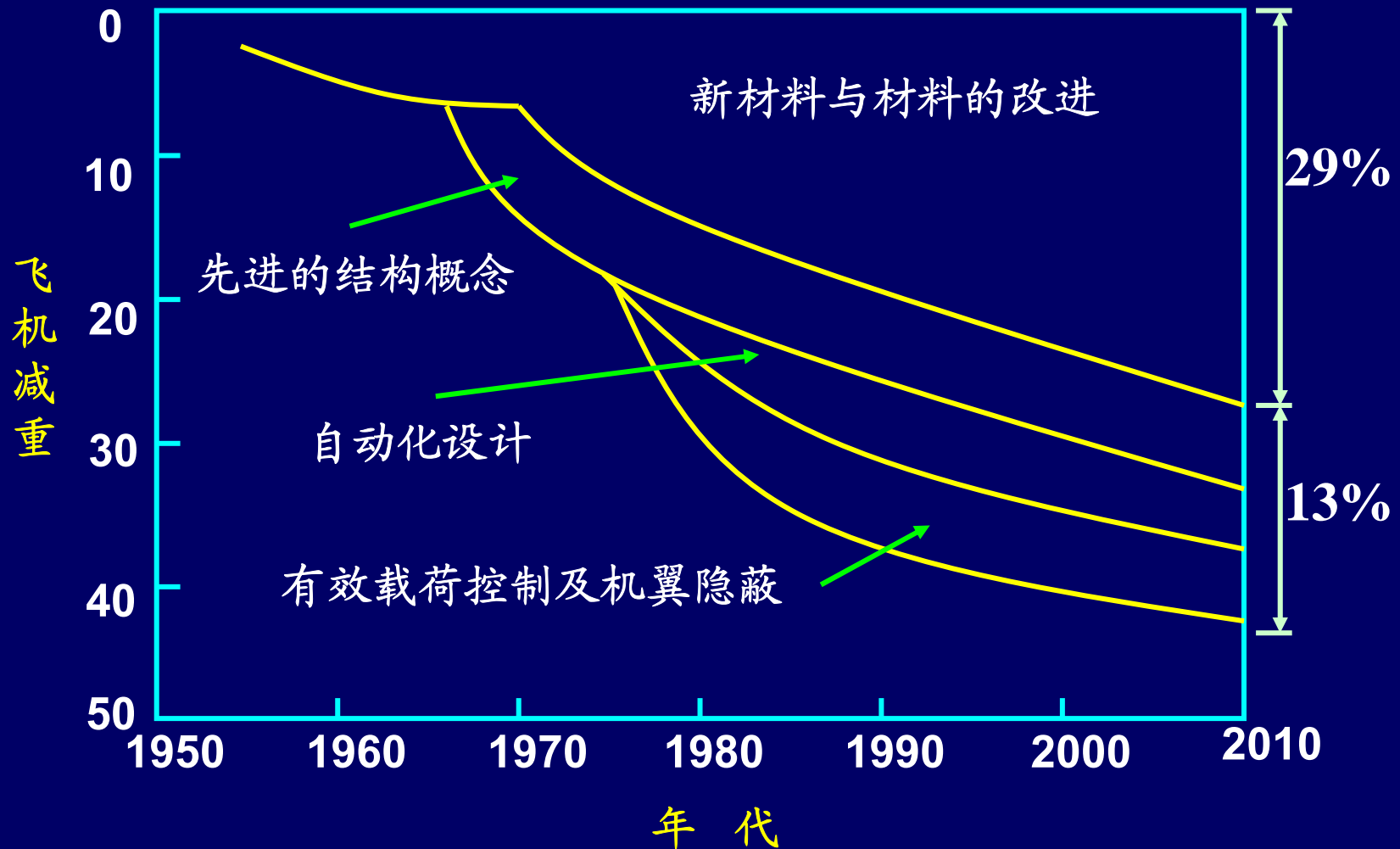
需求牵引

社会经济的发展需求

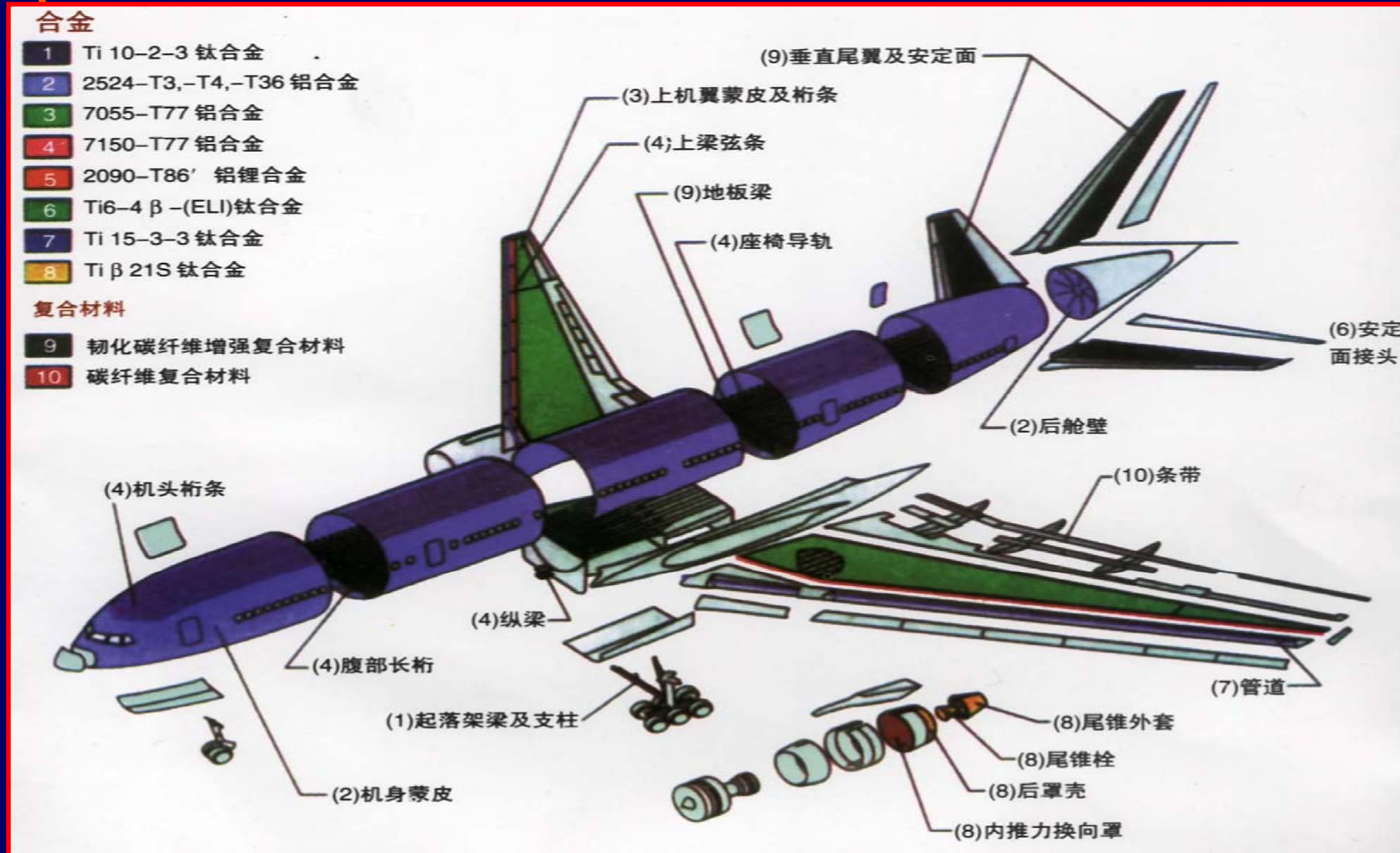
MSE 从何而来.....



需求牵引——社会经济的发展的需求

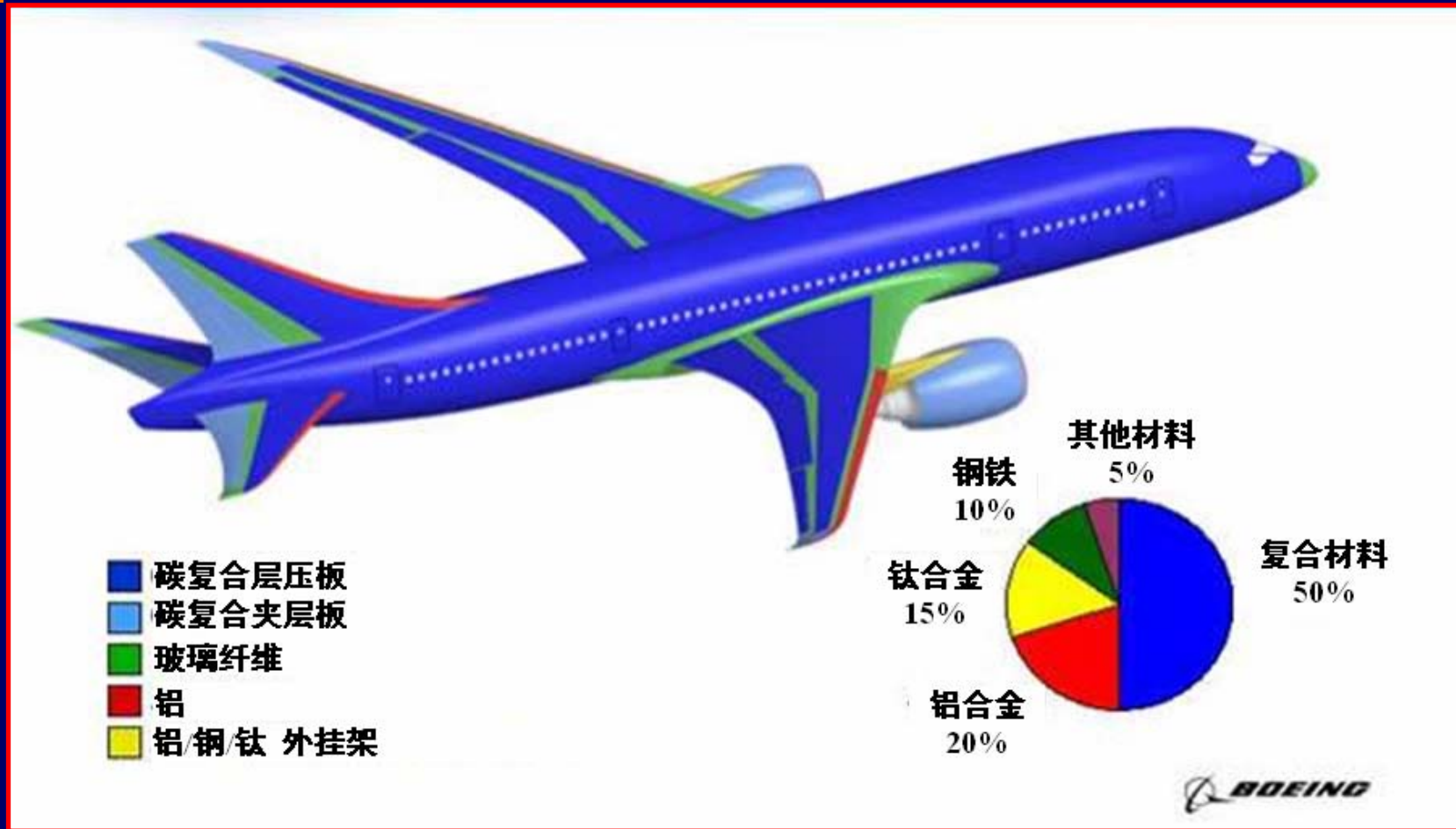


需求牵引——社会经济的发展需求



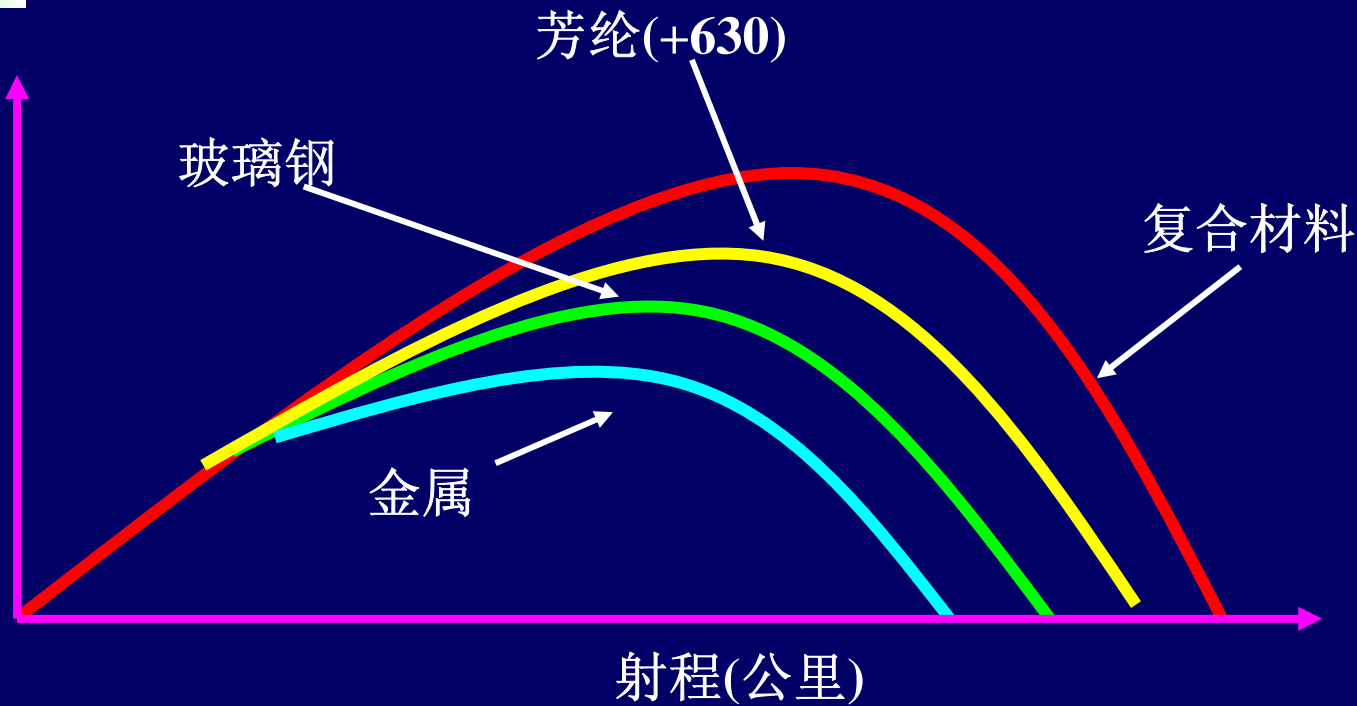
B-777上用的先进材料

需求牵引——社会经济的发展需求



各种材料在波音787飞机上的应用

需求牵引——社会经济的发展



导弹壳体材料与射程的关系示意图

长征火箭壳体：铝合金744Kg；碳纤维401Kg；

两者相比，碳纤维减重343Kg；射程增加1476Km

需求牵引——社会经济的发展需求

汽车每降低100Kg，燃油减少0.5-0.8L，
并减少相应的CO₂排放。



铁合金60%--75%

15%--20%低合金高强钢

塑料10%--20%

其它约5%

日本：铝合金130Kg

中国：铝合金80 - 100Kg

10%

汽车轻量化

需求牵引——社会经济的发展需求



宝马5系轿车

铝前端

钢制车身

全铝车身



奥迪A8

需求牵引——社会经济的发展需求

镁合金在汽车上的运用范围也越来越广泛

降低自重

可用160公斤
减重10%

节约能源

燃料节约
8亿立升

保护环境

CO₂减排
1400万吨

进气歧管

转向柱

座椅架

仪表盘

方向盘

刹车板

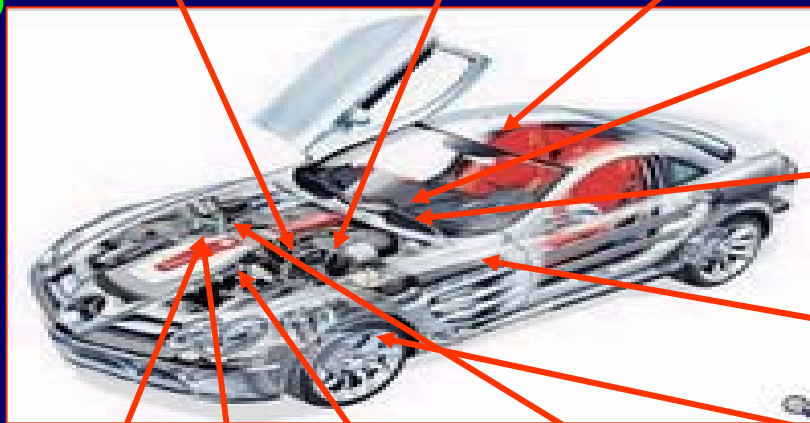
轮毂

齿轮箱

油泵

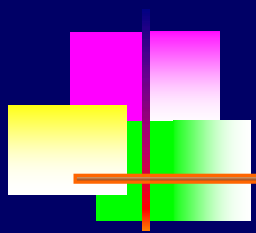
发动机

离合器



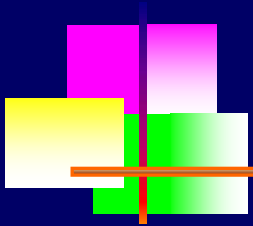
北美：超过100种，单车5.8~26.3 kg。

欧洲：超过60种，单车9.3-20.3kg。



科学驱动——科学技术的发展

- 为了满足经济和社会的需求,人们早已大量使用材料,并推动材料的不断发展。
- 但20世纪之前的材料进步往往大量依靠人们的经验、技巧、继承和积累,发展的速度还是缓慢的,其原因在于人们还没有对材料在科学上有深刻的认识和理解。
- 直到20世纪60年代才提出“材料科学”的概念,“材料科学”的形成实际上也是科学技术发展的结果。



科学驱动——科学技术的发展

20世纪

MSE

诺贝尔物理、化学奖获得者的研究成果

20世纪
前30年

相对论

量子力学

19世纪

热力学

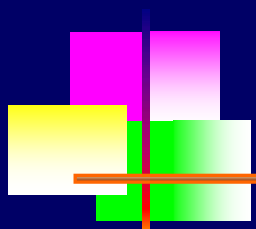
电磁学

化学原子论

X射线

放射性

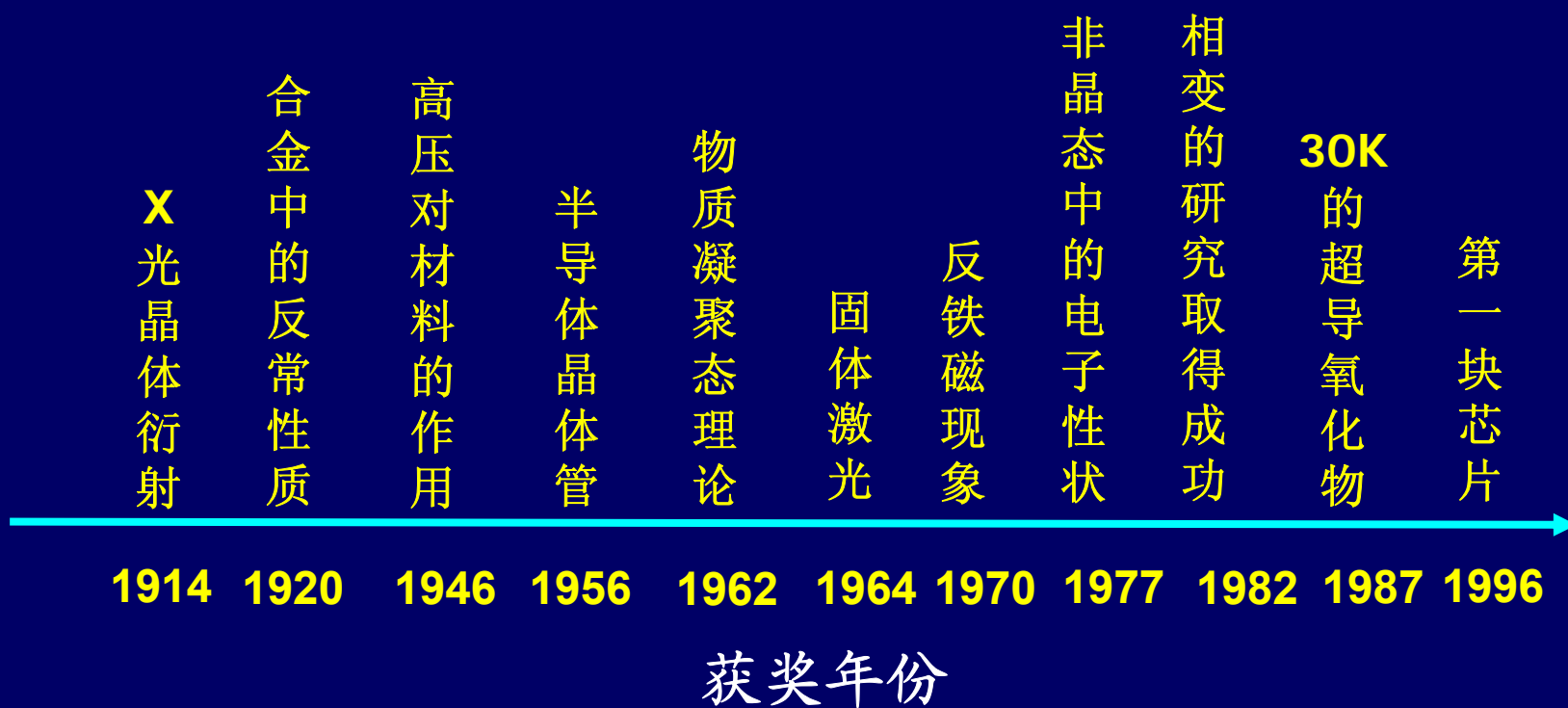
电子

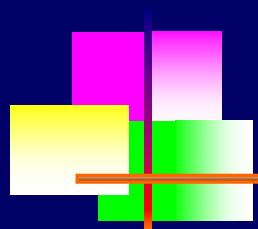


科学驱动——科学技术的发展

20世纪

诺贝尔物理获得者的研究成果





科学驱动——科学技术的发展

20世纪

诺贝尔化学奖获得者的研究成果

物质低温物性研究

高分子聚合物

化学键

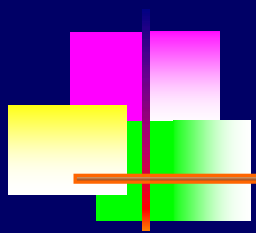
高分子塑料

有机物的三维构象

导电高分子

1949 1953 1954 1963 1969 2000

获奖年份



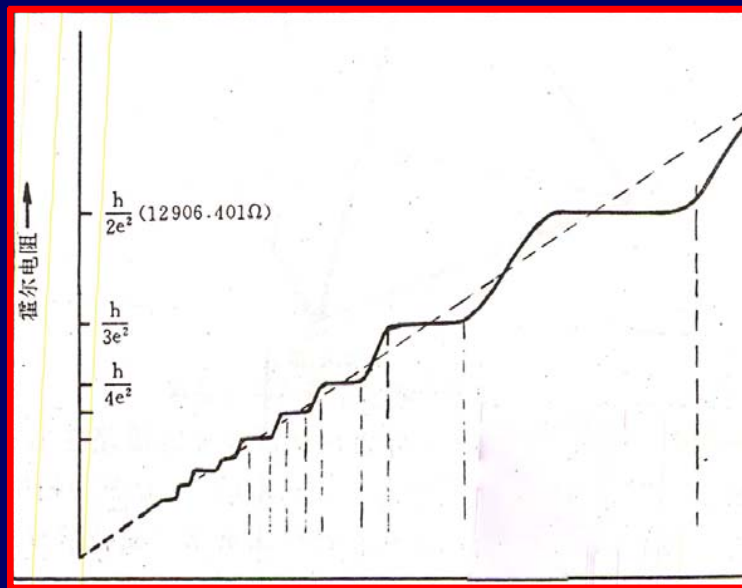
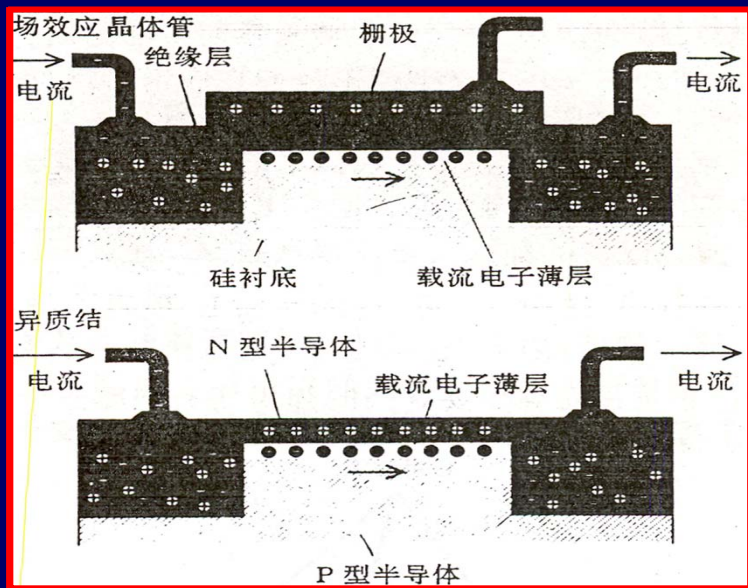
科学驱动——科学技术的发展

➤从**1980**年至**1987**年，基础材料科学连续三年取得三项举世公认的重大进展，并获得了诺贝尔物理学奖学金：

◆量子霍尔效应的发现

1980年，在对电子沿半导体表面运动作基础研究时，发现了一种出乎预料的全新的效应——量子霍尔效应（几乎完全不存在电阻），如图所示。

科学驱动——科学技术的发展



量子霍尔效应

实验工作完全凭借了材料科学与工程在表面制备方面取得的最新进展使表面性质得到极其精确的控制才顺利进行的。

科学驱动——科学技术的发展

◆扫描隧道显微镜

上世纪80年代初期扫描隧道显微镜研制成功。该显微镜基于一种微妙的量子力学效应，即能量低于势垒顶的电子的隧道效应，可精确得出了关于单个原子在表面上位置的息，用它来可检测出数量级为正常原子间距1%的位移量。



扫描隧道显微镜操控原子排列成“IBM”字样

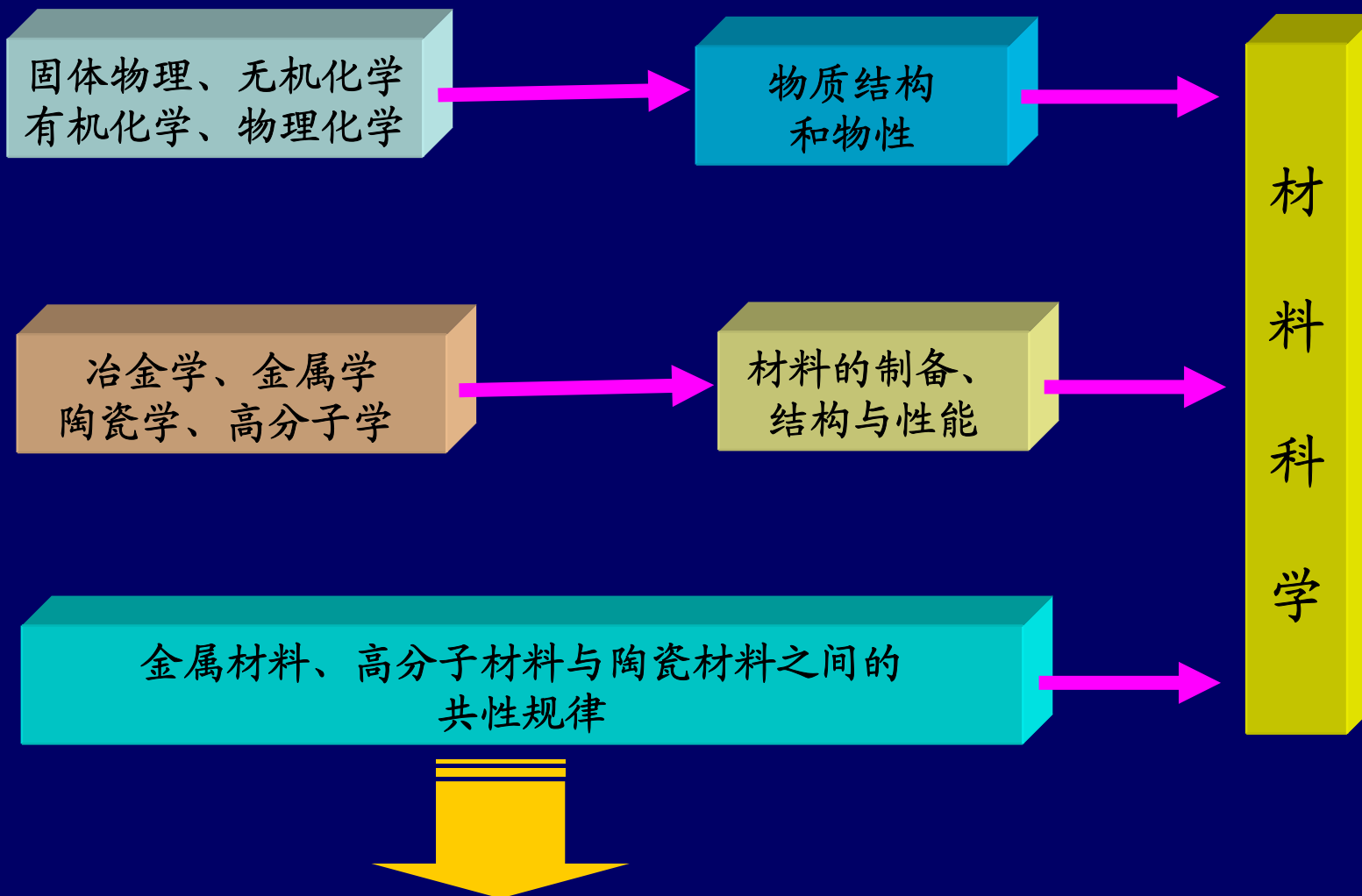


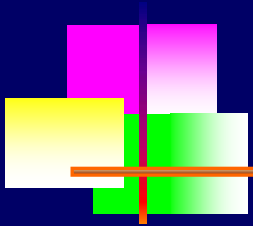
科学驱动——科学技术的发展

◆超导材料的新进展

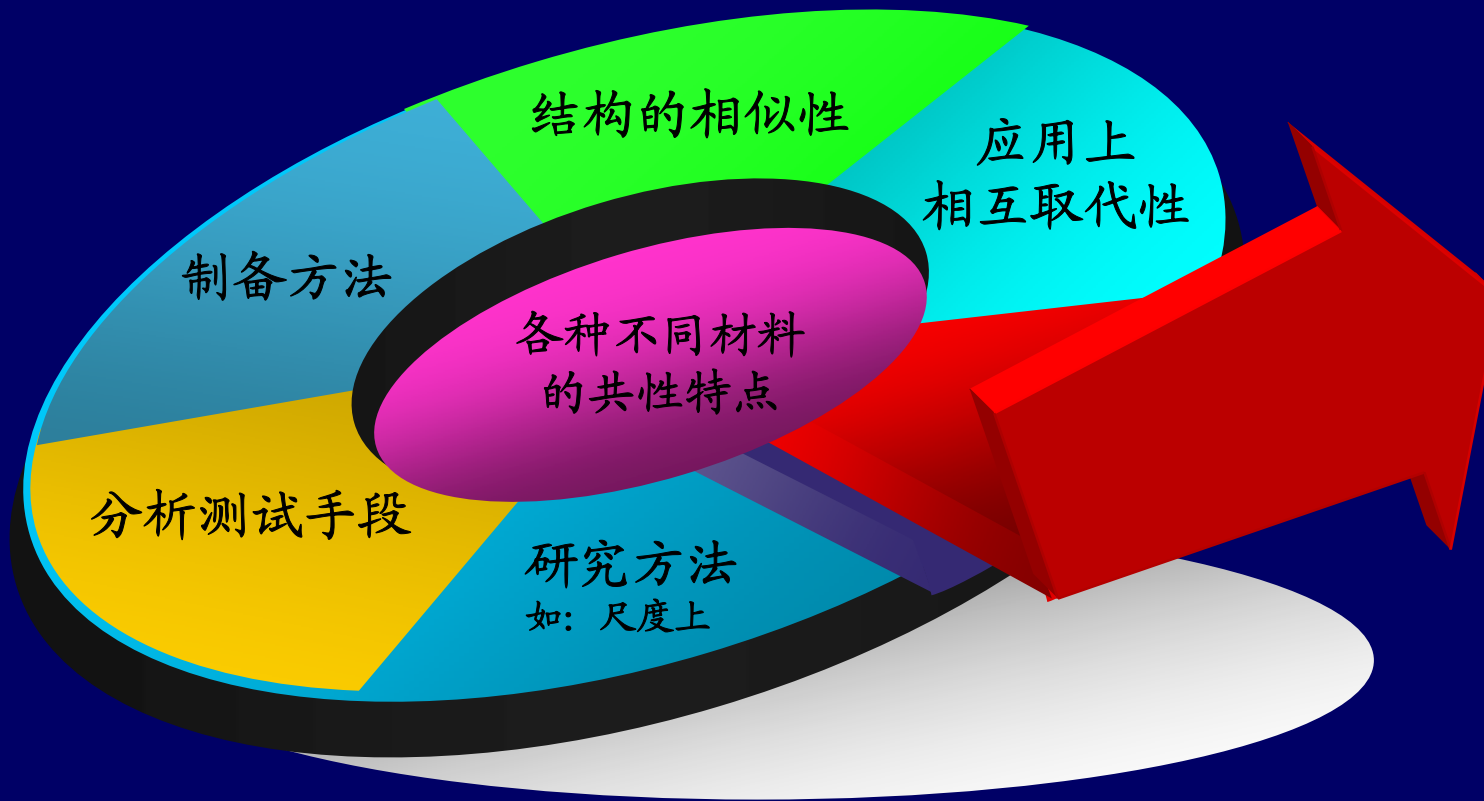
1986年，科学家发现了最高临界温度为**39K**的超导化合物，接着又获得临界温度高达**125K**的化合物超导体，比**1911**年最先发现的超导体汞的临界温度高出**120K**之多。

科学驱动——科学技术的发展





科学驱动——科学技术的发展

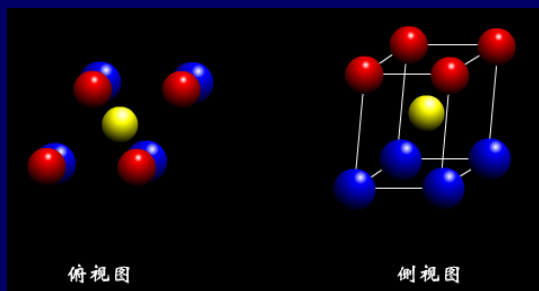


形成材料科学与工程
的必要性

科学驱动——科学技术的发展

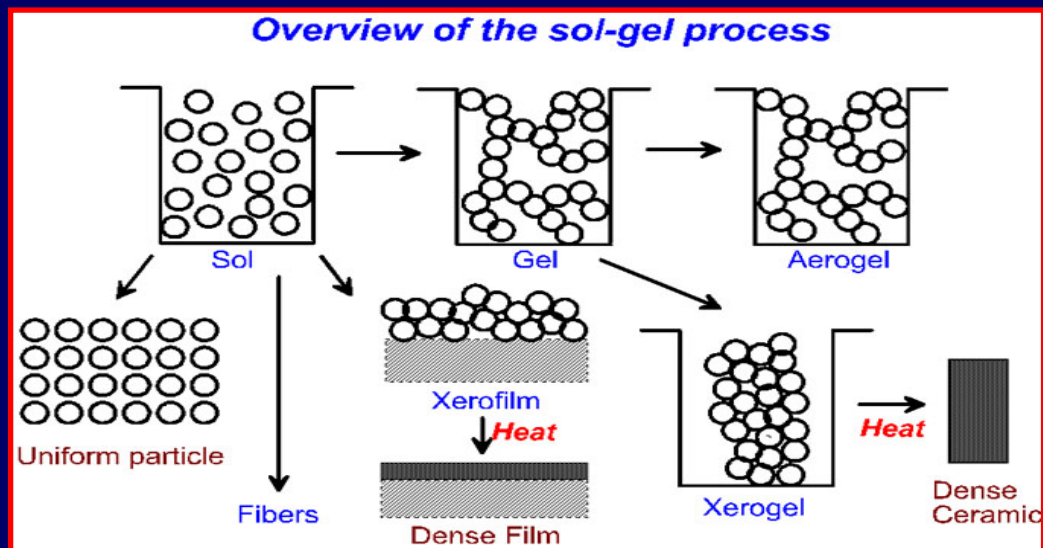
◆ **马氏体相变**本是金属学提出，广泛用于钢热处理的理论基础，但在氧化锆陶瓷中也发现了马氏体相变，并用来作为陶瓷增韧的一种有效手段。

◆ **溶胶-凝胶法**是利用金属有机盐的分解而得到纳米氧化物的方法，但也成为改进陶瓷性能的有效途径。



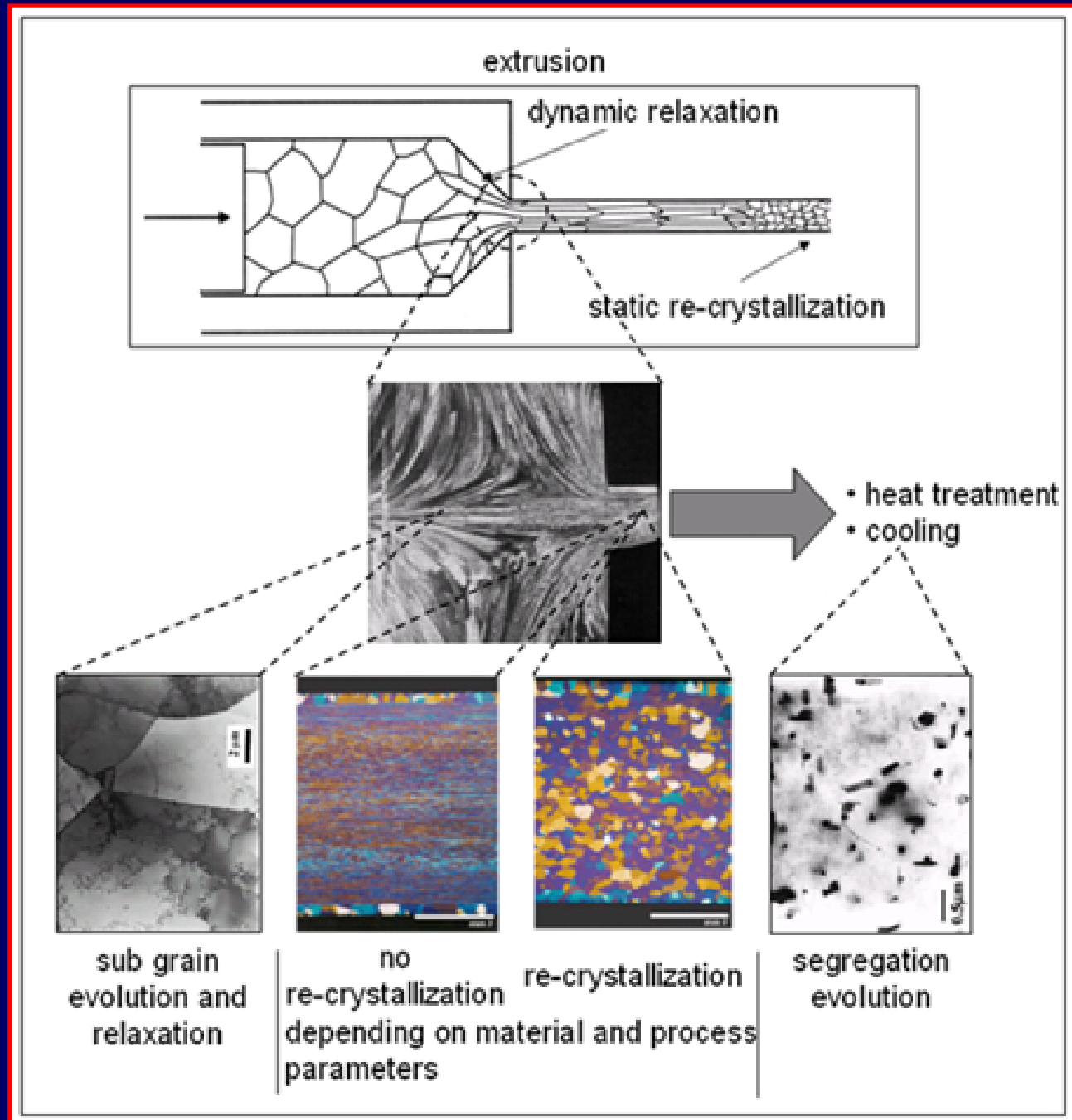
[点击进入动画](#)

[马氏体相变机制](#)

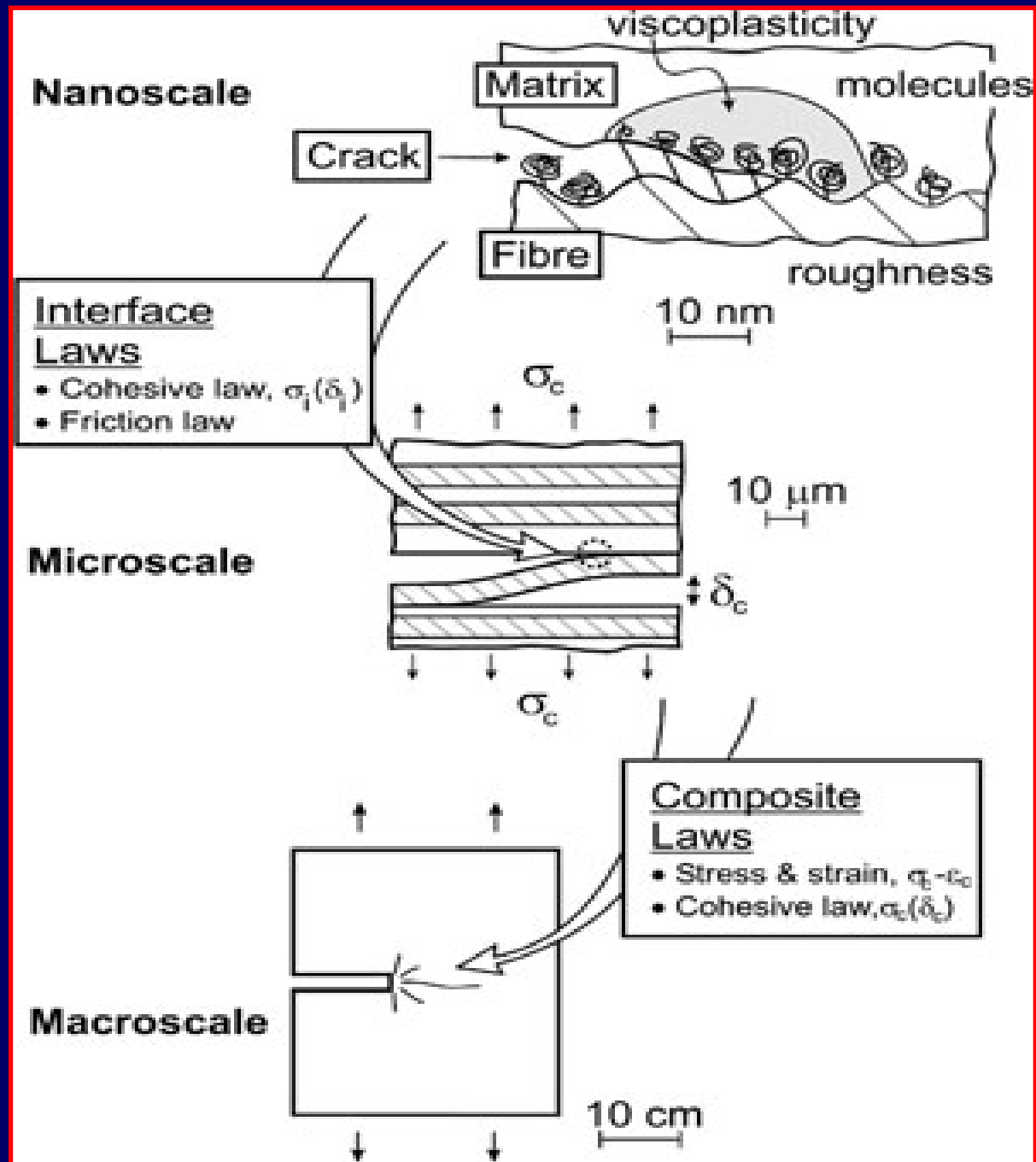


◆ 各类材料研究均涉及从微观、介观到宏观等不同尺度，它们的宏观性能均与材料的微观、介观的组织、结构密切相关。

如：金属轧制过程的分析；

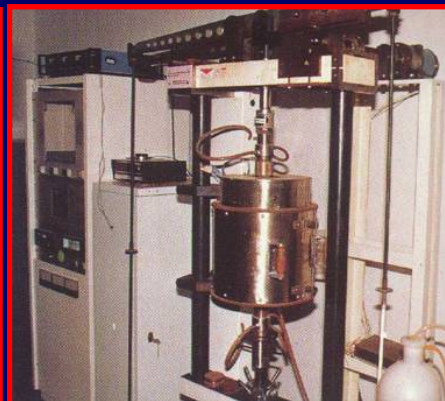


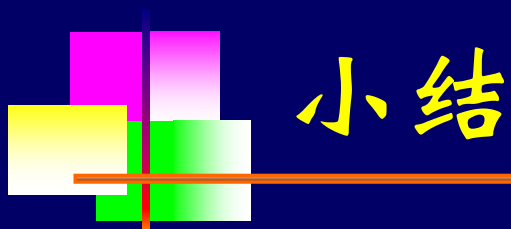
如：复合材料的
断裂行为分析；



科学驱动——科学技术的发展

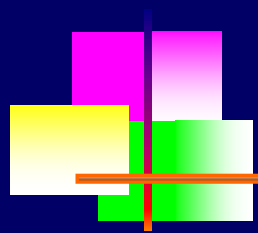
- ◆ 各类材料的研究测试设备和生产手段也有颇多相似之处，例如，电子显微镜、表面测试及物性与力学性能测试设备等。
- ◆ 许多不同类型的材料可以相互替代和补充，能更加发挥各种材料的优越性，达到物尽其用的目的。





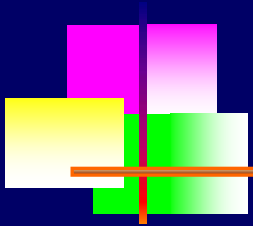
小结

- 从社会经济需求的牵引、科学技术发展的推动以及不同材料的诸多共性来看，有必要形成一门材料科学。
- 材料科学往往被理解为研究材料的组织、结构和性质的关系，探索自然规律，这属于基础研究；但实际上，研究和发展材料的目的在于应用。材料又是一门应用科学，研究材料必须通过合理工艺流程才能制备出具有实际价值的材料来，即材料工程问题。

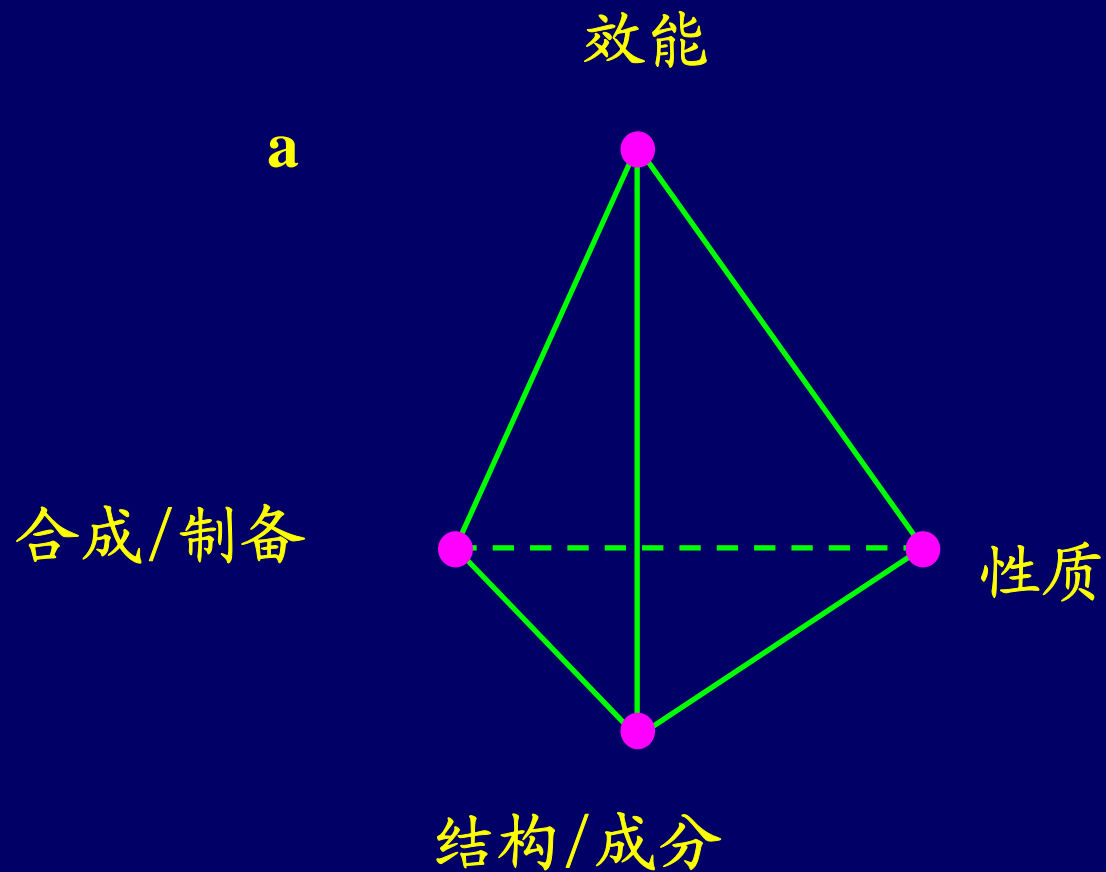


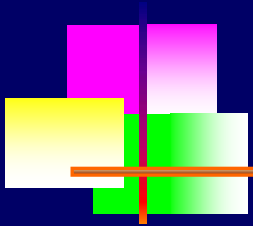
材料科学与工程 的定义

材料科学与工程就是指出研究有关材料的组成、结构、制备工艺流程与材料性能和用途关系的知识和它的应用。

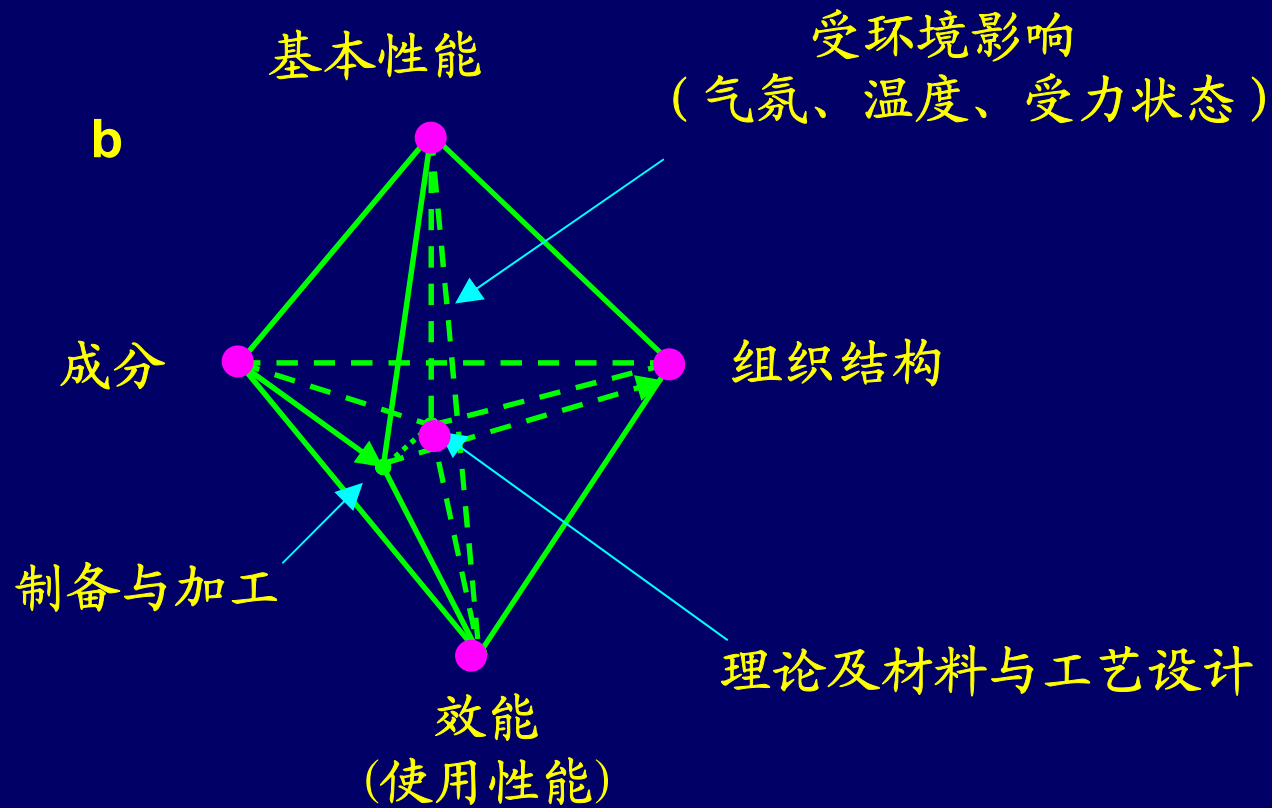


材料科学与工程的内涵





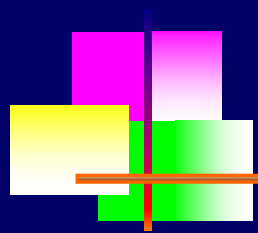
材料科学与工程的内涵





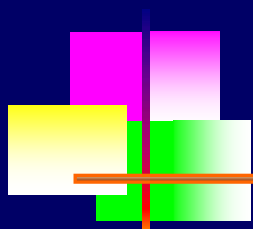
材料科学与工程三个重要属性

- 一是多学科交叉。它是物理学、化学、冶金学、金属学、陶瓷学、高分子化学及计算机科学相互融合和交叉的结果；
- 二是一种与实际使用结合非常紧密的科学。发展材料科学的目的在于开发新材料，提高材料的性能和质量，合理使用材料，同时降低材料成本和减少污染；
- 三是材料科学是一个正在发展中的科学。不像物理学、化学已有很成熟的体系，它将随着各有关学科的发展而得到充实和发展。



材料科学与工程的形成和发展

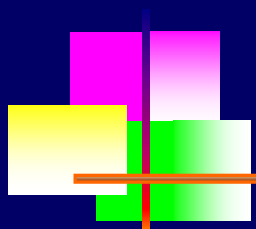
材料科学与工程学科的形成与发展，反映了学科发展从细分到整合（综合）的基本规律。



材料科学与工程的形成和发展

美国MIT矿冶及材料系名称的演变

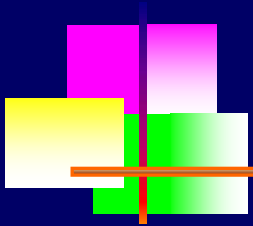
年	系名称
1865~1879	地质与采矿工程
1879~1884	采矿工程
1884~1888	采矿工程(地质、采矿、冶金)
1888~1890	采矿与冶金
1890~1927	采矿工程与冶金
1927~1937	采矿与冶金
1937~1966	冶金
1966~1975	冶金与材料科学
1975~现在	材料科学与工程



材料科学与工程的形成和发展

美国大学有关材料专业的变化趋势

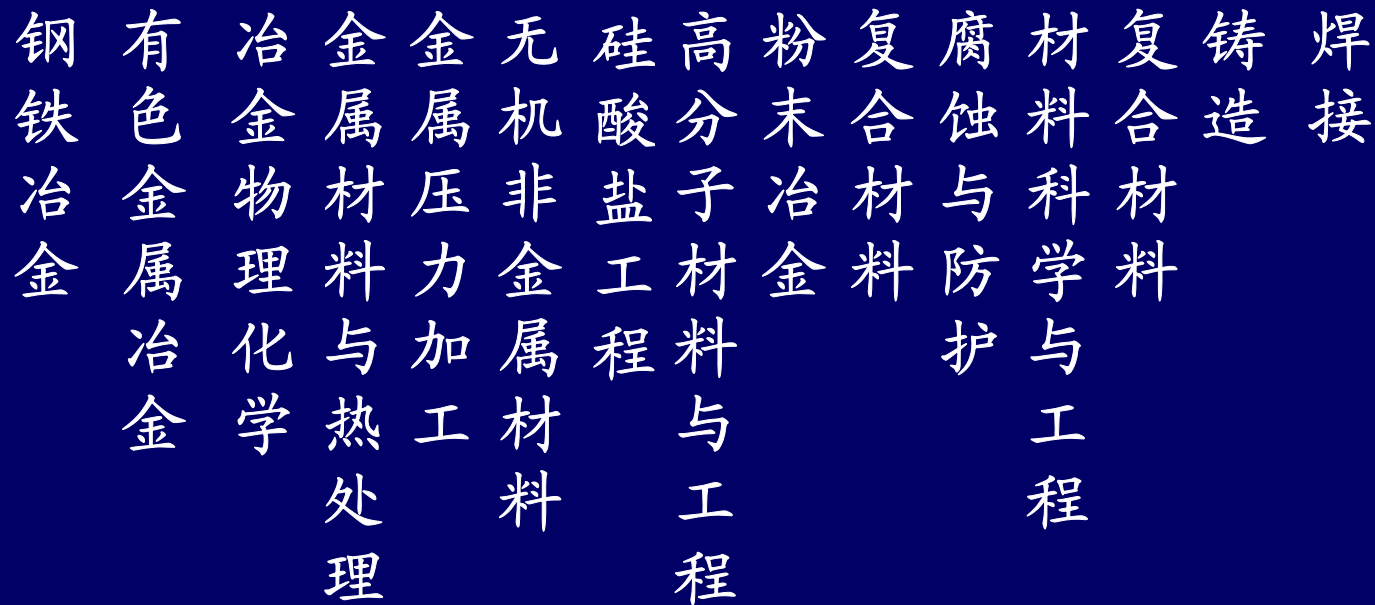
系 名 称	1964	1970	1985
矿 物 与 采 矿	9	7	5
冶 金	31	21	17
材 料	11	29	51
其 它	18	21	17
合 计	69	78	90



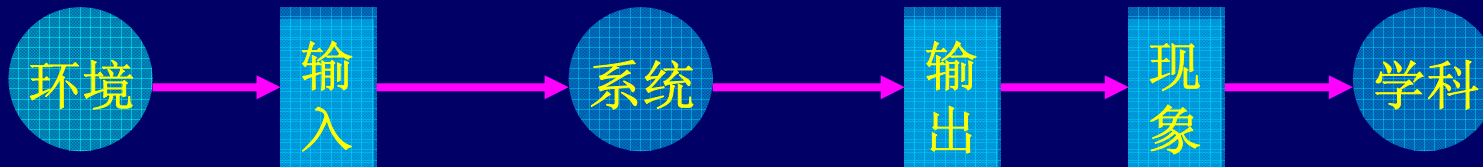
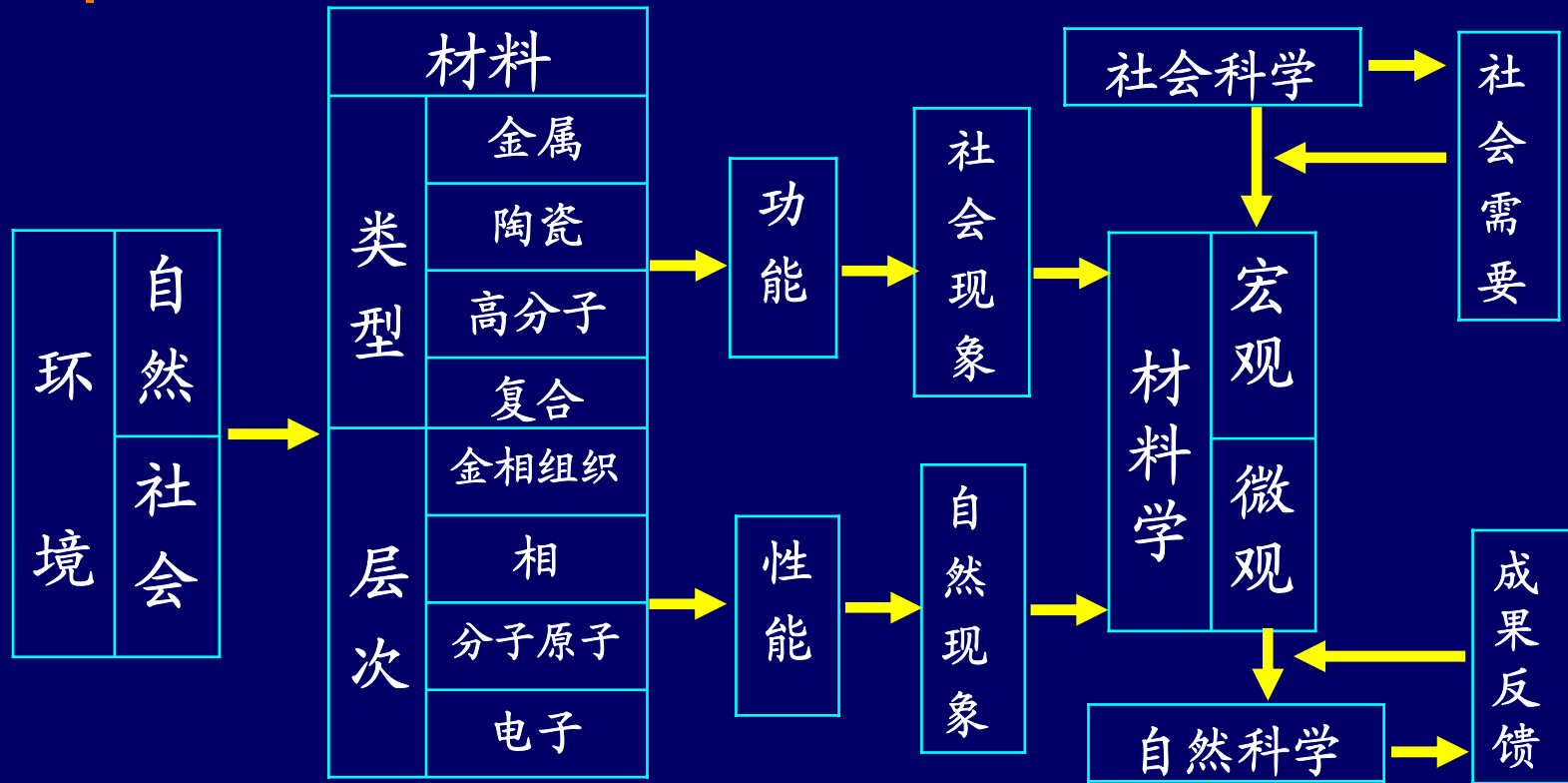
材料科学与工程的形成和发展

材料学科二级学科分类表

材料学科



材料科学与工程的形成和发展



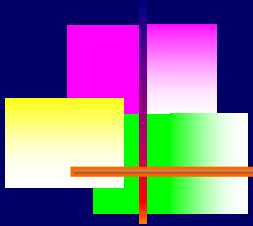
材料和材料学



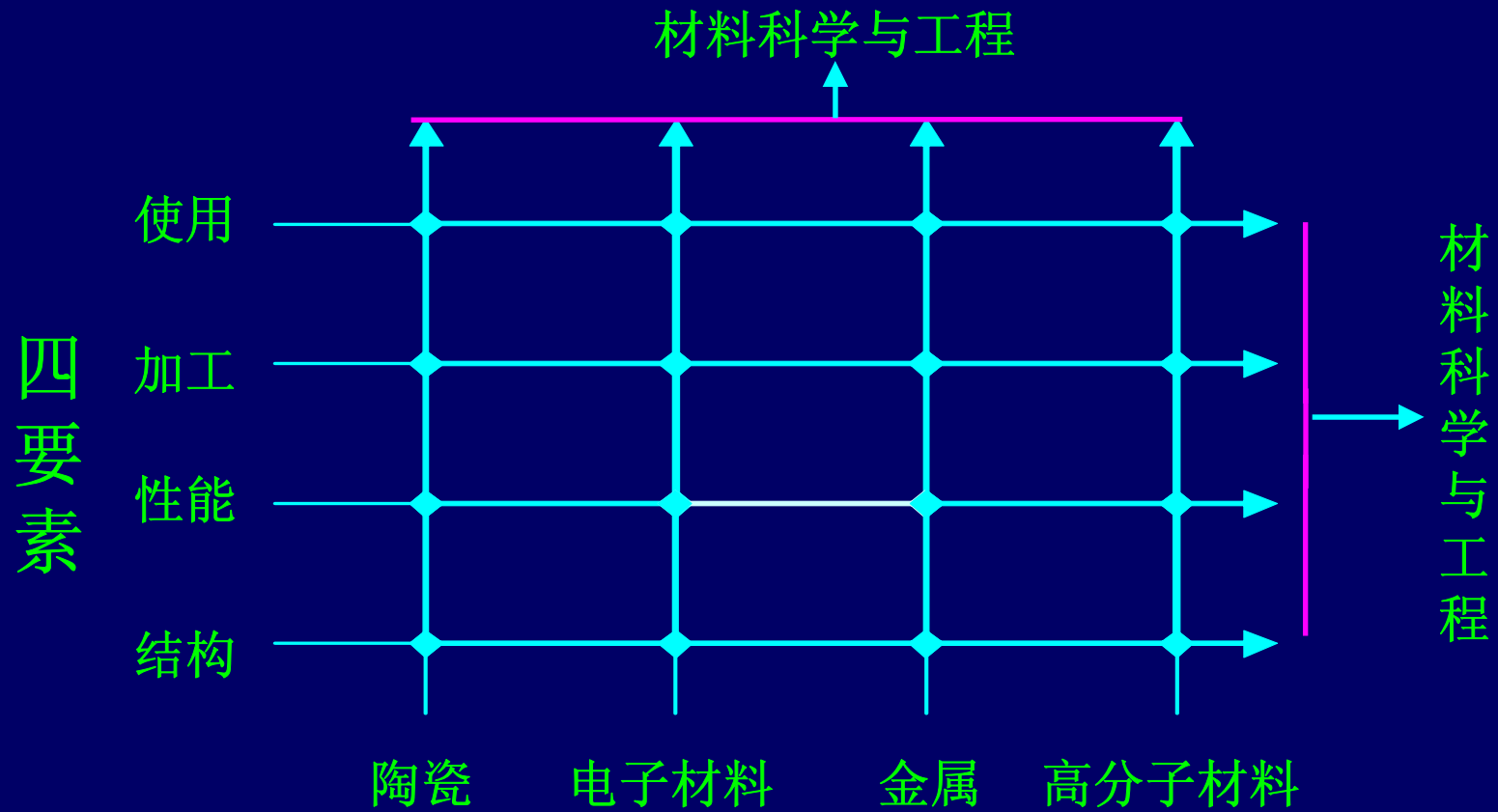
材料科学与工程的形成和发展

结论

- 不同的材料二级学科曾为社会培养了大量的专业人才；
- 已不能满足21世纪人才培养的需求，必须进行改革；
- 按照“四要素”原则重新构建材料科学与工程的大材料学科。



材料科学与工程的形成和发展



材料科学与工程的纵向或横向分类方法

材料科学与工程的形成和发展



美国的全面领先战略

中国的中长期科技发展规划

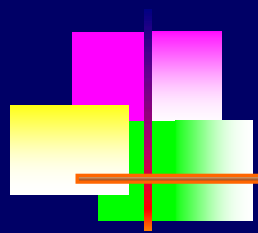
欧盟的前沿技术发展战略

日本的重点跨越战略

韩国的国际争先战略

俄罗斯的新材料与化学工艺等9个优先发展方向

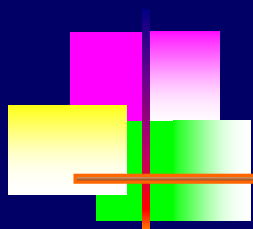
材料科学与工程研究占重要地位



材料科学与工程的形成和发展

材料科学家和材料工程师的使命

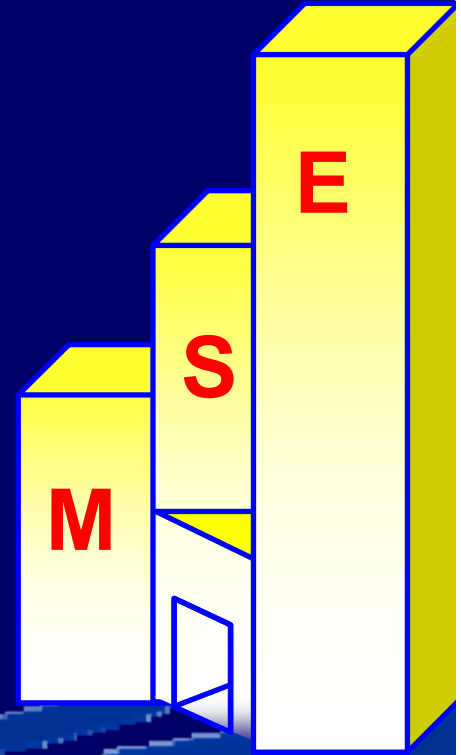
- 从电子和原子尺寸微观尺度、到介观和宏观尺度去研究材料;
- 材料研究工作者形成共识: 四个要素缺一不可;
- 需要多学科多领域材料工作者的团结协作, 共同推动材料的不断进步;



本课程设置与北工大材料科学与工程学科改革

2000年北京工业大学材料学院开始按一级学科招收和培养本科生，并根据需要对当时的教学体制、教学内容、教学方法等方面进行了大量的改革和创新。在这一背景下，左铁镛院士提出了为低年级本科生开设材料学科的基础性和引导性课程，以期使学生全面了解和把握材料学科的发展、学科的全局性与战略性知识，并将该课程定名为“材料科学与工程导论”。

Thank You



opening

is

MSE

The door to