

量子碳基材料

——浅谈

刘晓辉，秦伟，解士杰

山东大学物理学院

晶体材料国家重点实验室

山东大学本科生院，山东大学文学生活馆

山东大学齐鲁青年学者启动经费

国家自然科学基金，

什么是碳材料？

地球上的碳究竟从何而来？



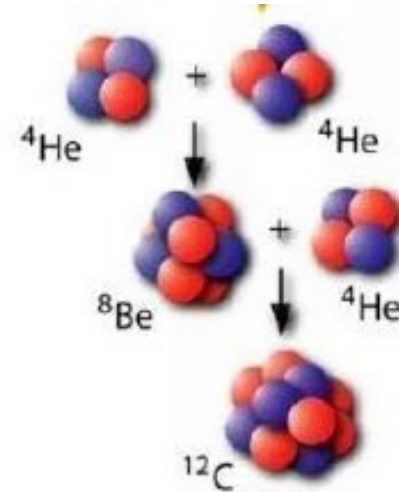
宇宙巨大的能量块
150亿年前发生大爆炸



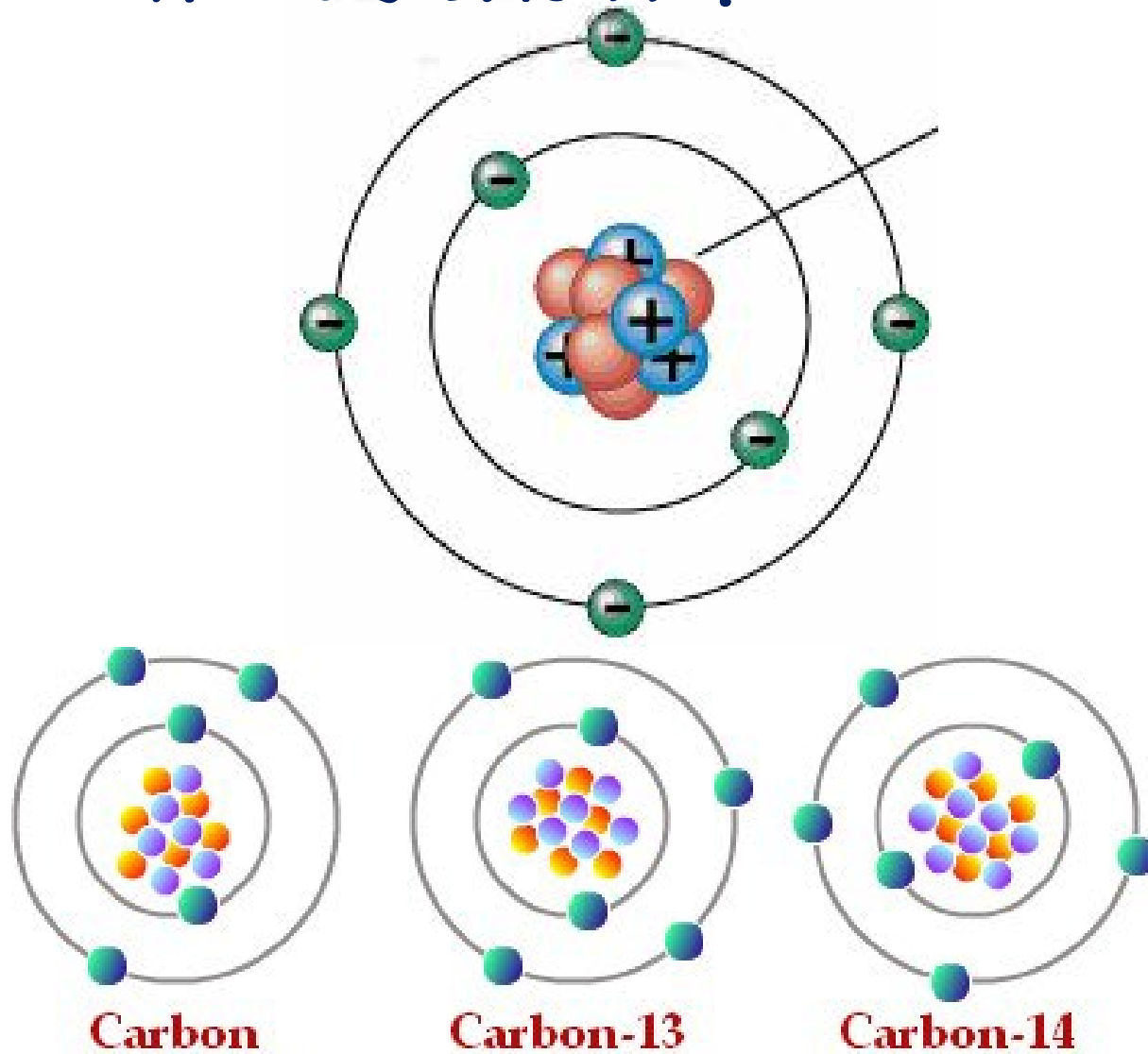
宇宙空间充满高能的光

膨胀 ↓ 温度降低

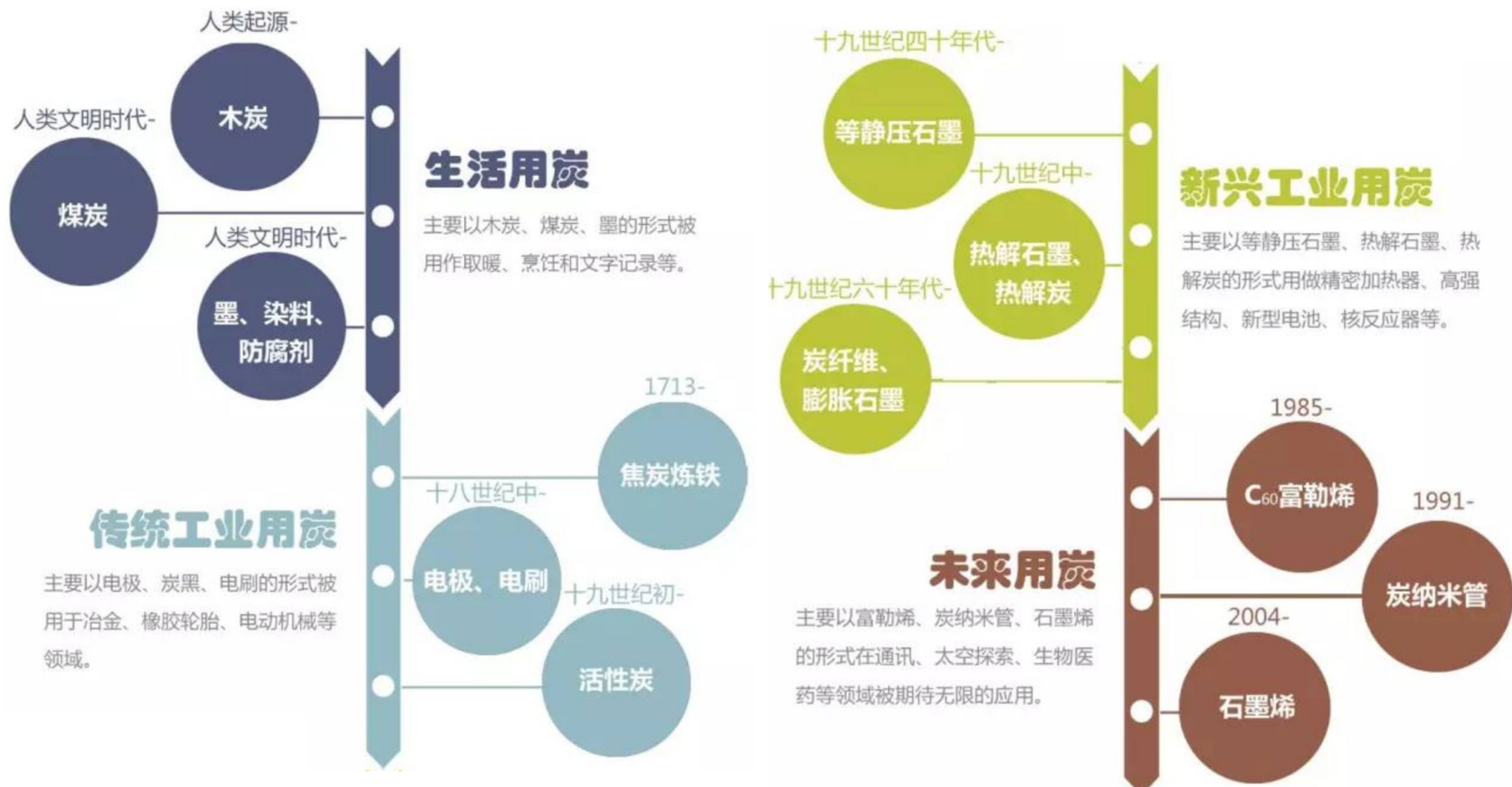
粒子凝聚成氢



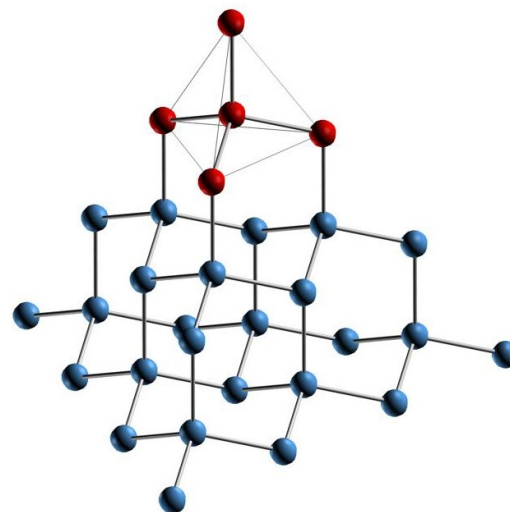
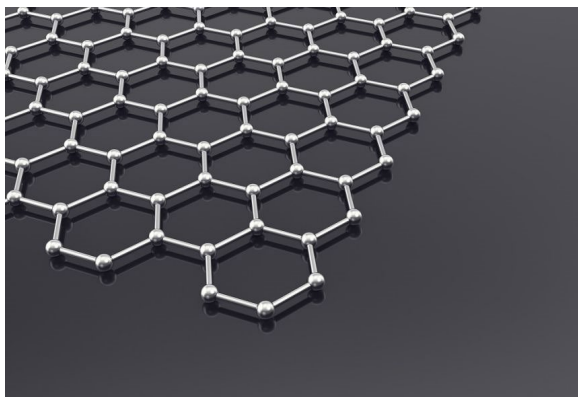
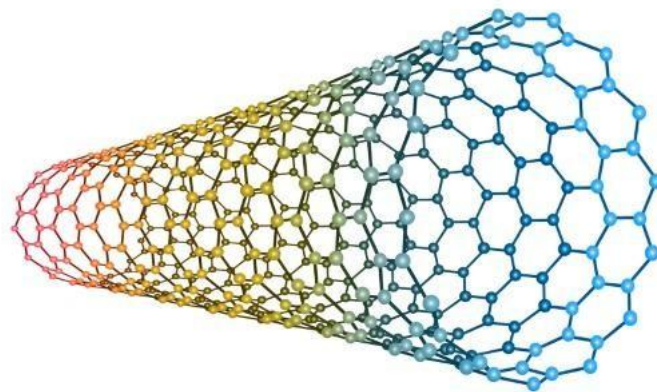
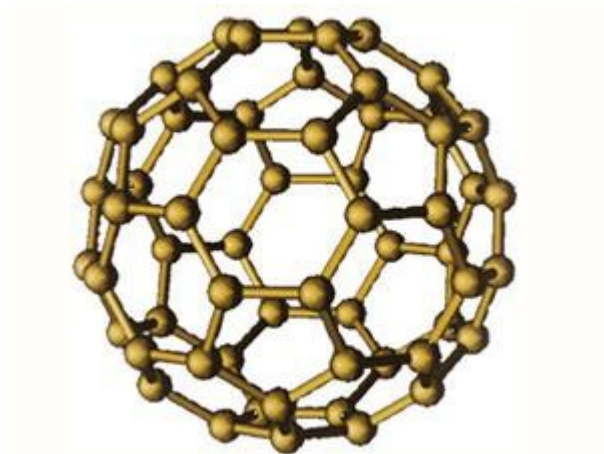
什么是碳材料？



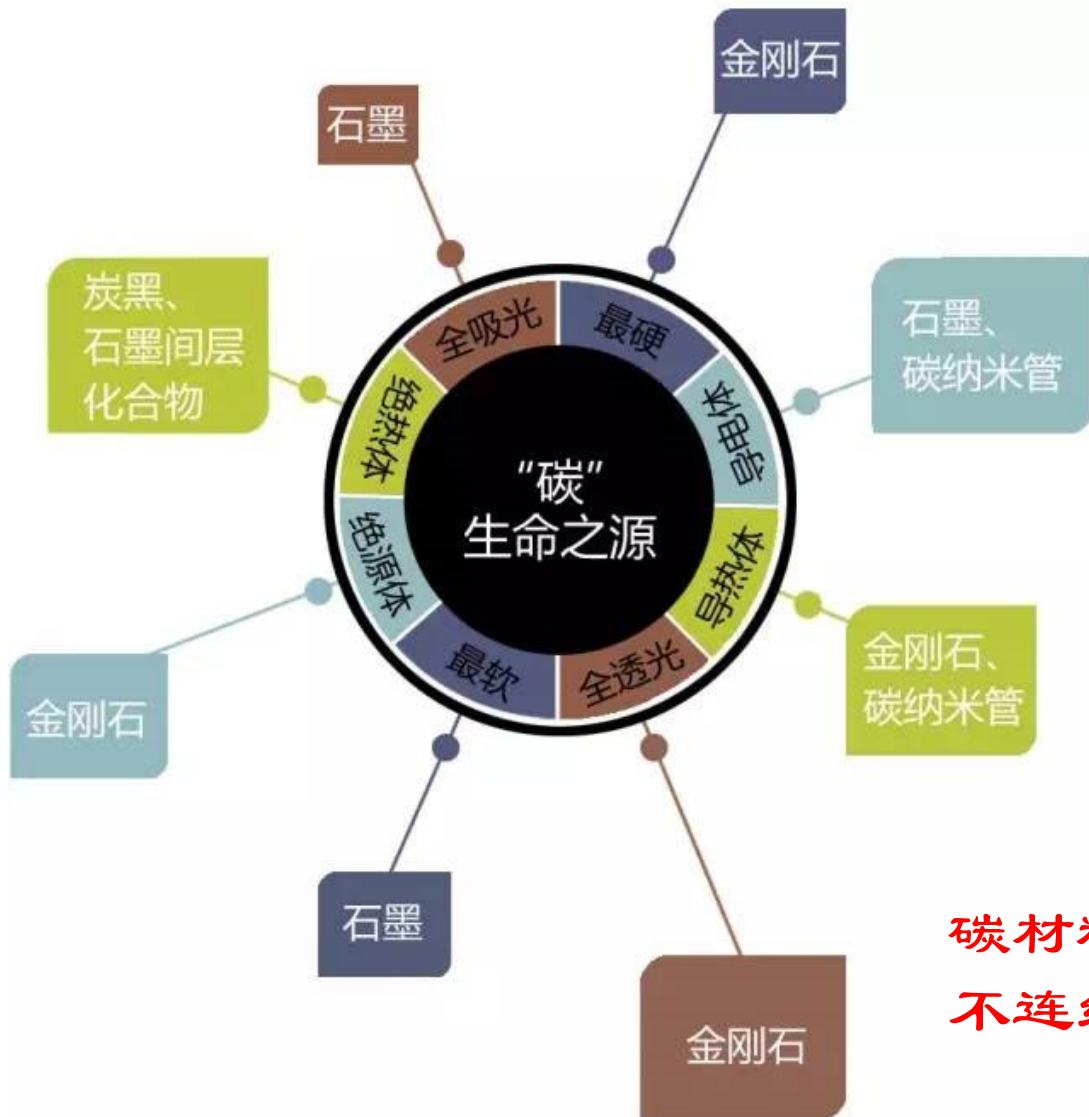
什么是碳材料？



什么是碳材料？



什么是碳材料？



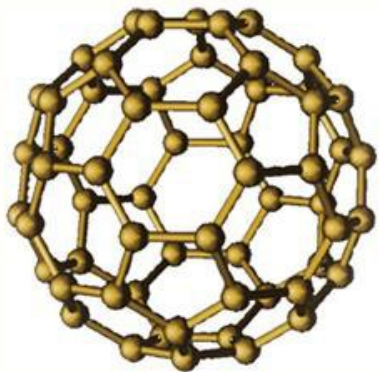
哲学中的对立与统一：

既硬又软的材料，
既是绝缘体又是导电体，
既是隔热又是导热材料，
既是全吸光又是全透光材料

碳材料中的电荷、自旋、光子等
不连续的量子化现象

富勒烯

建筑艺术与科学的完美融合



加拿大1967年蒙特利尔
世界博览会的美国馆

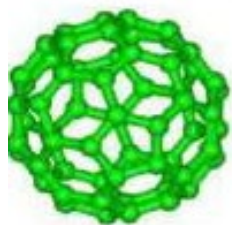
巴克敏斯特 ● 富勒

巴克敏斯特 ● 富勒

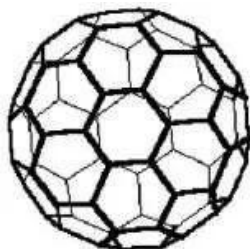
采用六边形和少量五边形创造出的“宇宙中最有效率”的造型让化学家深受启发

1996年，瑞典皇家科学院将该年度的诺贝尔化学奖授科尔、克罗托、斯莫利三人，以表彰他们所做出的划时代贡献。

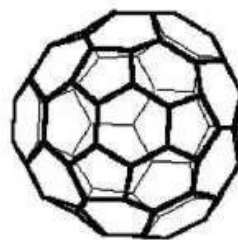
富勒烯



C60



C₇₂ $\bar{1}2m2$



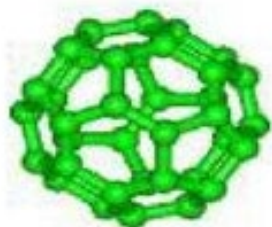
C₇₆ $\bar{4}3m$



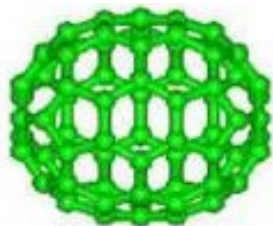
C₈₄ $\bar{4}3m$



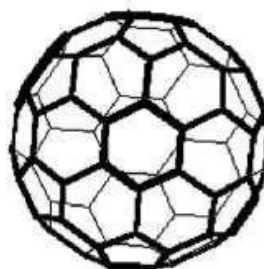
C₈₄ 6/mmm



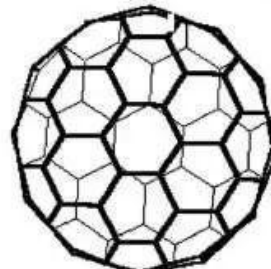
C36



C70



C₉₆ $\bar{1}2m2$



C₉₆ $\bar{1}2m2$



C₉₆ 6/mmm

富勒烯及其衍生物具有许多优异的性能，具有超导，半导体，强磁性等，在光、电、磁等领域有潜在的应用前景。

富勒烯（功能一：超导）

1991年4月美国贝尔实验室发现富勒烯和钾的化合物在18K下呈现超导状态。

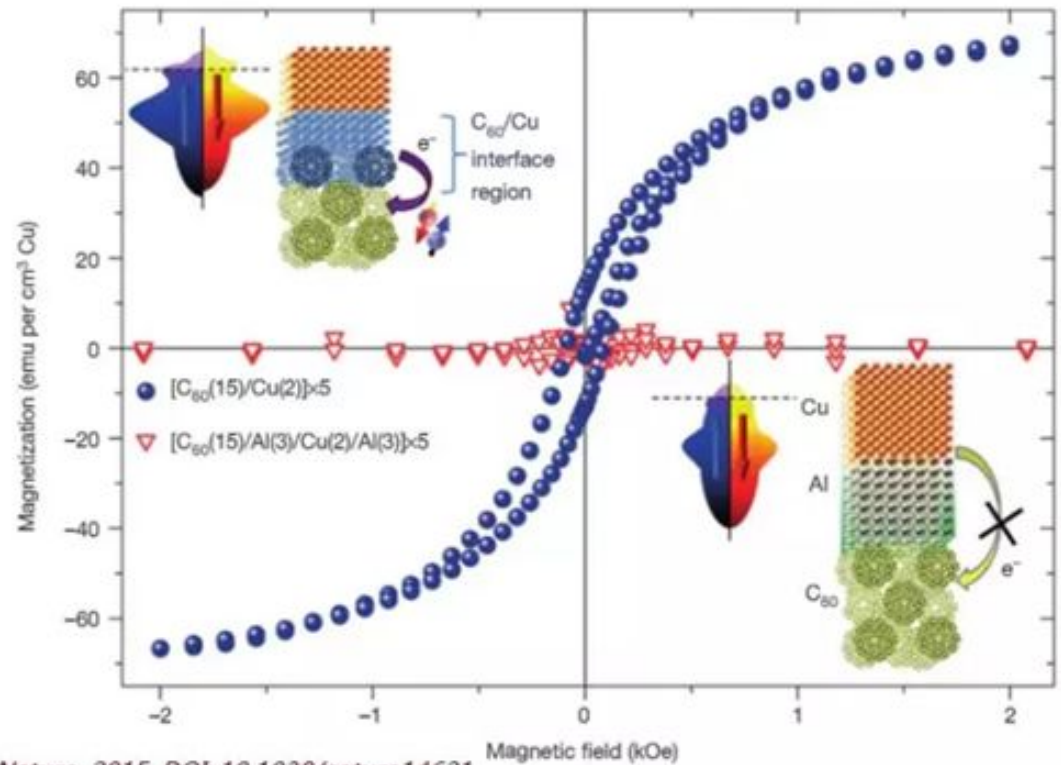
同年6月日本电气公司将富勒烯和铯铷合金化合获得了临界温度为33K的超导体。

“零电阻损耗”，使超导体可用于节能的电力传输线和能量存储设备；

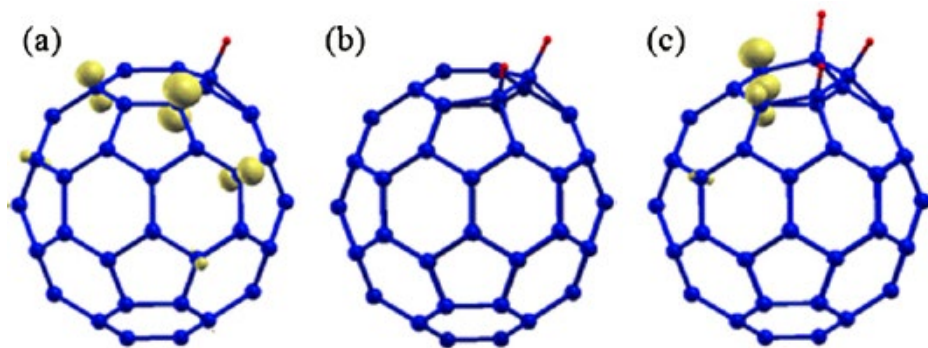
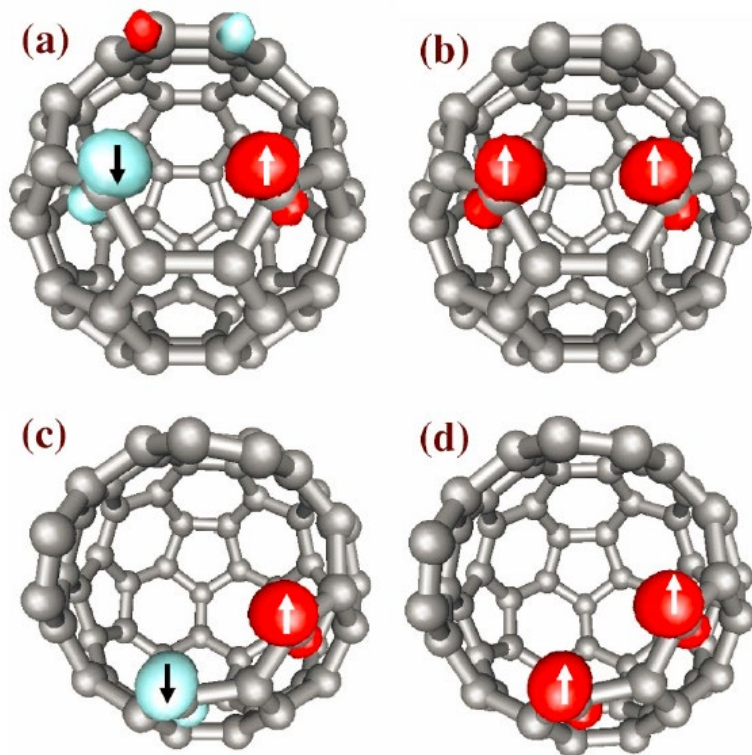
超导体可用于悬浮列车等设备。



富勒烯（功能二：自旋操控）

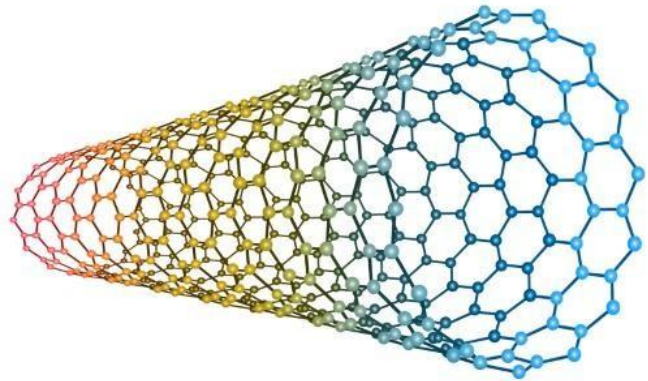


富勒烯（功能二：自旋操控）



碳纳米管

正当人们对于富勒烯的发现惊喜不已时，
碳纳米管进入人们的视野



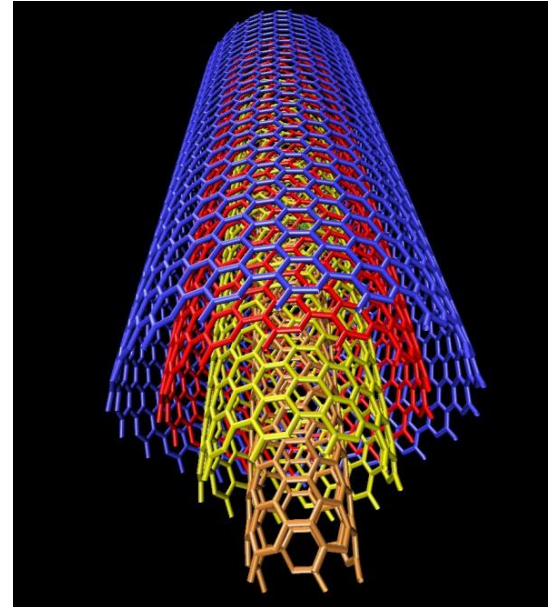
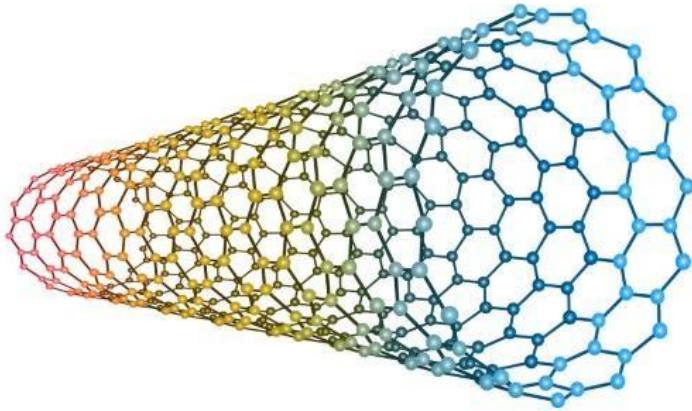
1991年，碳纳米管被日本电子公司（NEC）的研究人员发现

2008年，碳纳米管获得卡夫利纳米科学奖，被学术界誉为纳米科技界的诺贝尔奖。

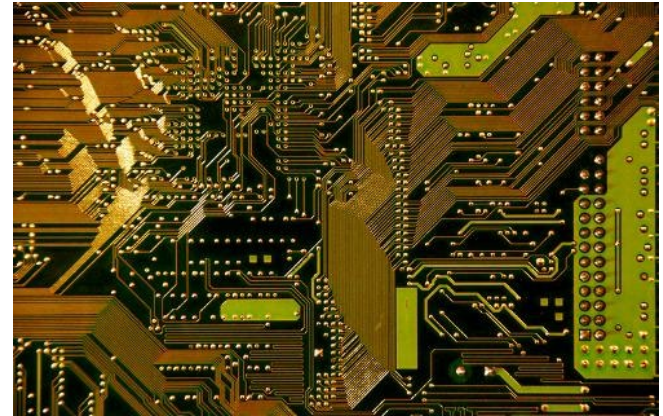
被称为是21世纪最有前途的一维纳米材料。

碳纳米管

碳纳米管可以看做是石墨烯片层卷曲而成，因此按照石墨烯片的层数可分为：单壁碳纳米管和多壁碳纳米管（或多层碳纳米管）



碳纳米管（应用一：场效应管）



场效应管能在很小电流和很低电压的条件下工作，

并且它的制造工艺可以很方便地把很多场效应管集成在一起

场效应管在大规模集成电路中得到了广泛的应用

碳纳米管（应用二：储氢）

1997年，人们开始了单壁碳纳米管的储氢性能研究

一台汽车行驶700公里，消耗7千克的氢气

这大大增加了人们对碳纳米管储氢应用前景的希望。



全球经济总量75%国家涉氢

碳纳米管（应用三：超级电容器）

超级电容器

介于传统电容器和充电电池之间的一种新型储能装置

它既具有电容器快速充放电的特性，同时又具有电池的储能特性。

碳纳米管

表面积大，结晶度好，导电性高，

是一种理想的电容电极材料

2012-2020年中国超级电容市场规模（单位：亿元）



碳纳米管（应用四：机械性能）

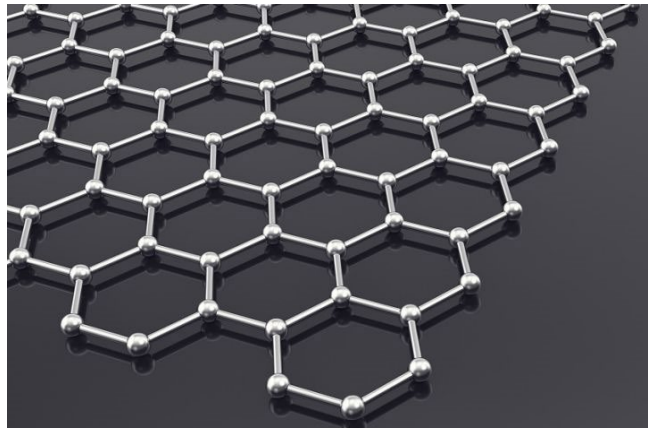
碳纳米管的抗拉强度是钢铁的100倍， 超级纤维
密度却只有钢的 $1/6$



石墨烯

富勒烯和碳纳米管的发现，激起了科学家们对新型碳的同素异形体的研究热忱和兴趣。

而碳材料也并没有让人们失望，带来了更多的惊喜和意外！



2004年，英国两位科学安德烈 ● 海姆和康斯坦丁 ● 诺沃肖洛通过机械剥离用透明胶带对天然石墨进行层层剥离意外得到了石墨烯，2010年获得诺贝尔物理学奖

石墨烯

石墨烯中电子的运动速度达到了光速的 $1/300$ ，远远超过了电子在一般导体中的运动速度。

法国皇帝拿破仑曾经说过：“笔比剑更有威力”，然而他在 200 年前说这话的时候绝对不会想到，人类使用的普通铅笔中竟然包含着地球上强度最高的物质！美国哥伦比亚大学两名华裔科学家最近研究发现，铅笔石墨中一种叫做石墨烯的二维碳原子晶体，比钻石还坚硬，强度比世界上最好的钢铁还要高上 100 倍。

人类通过“太空电梯”进入太空，

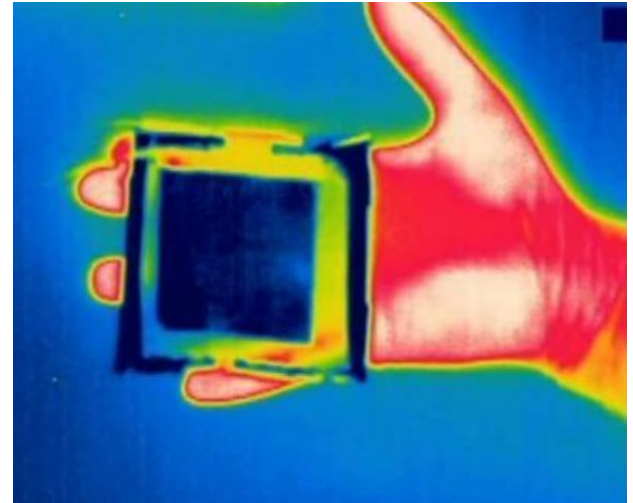
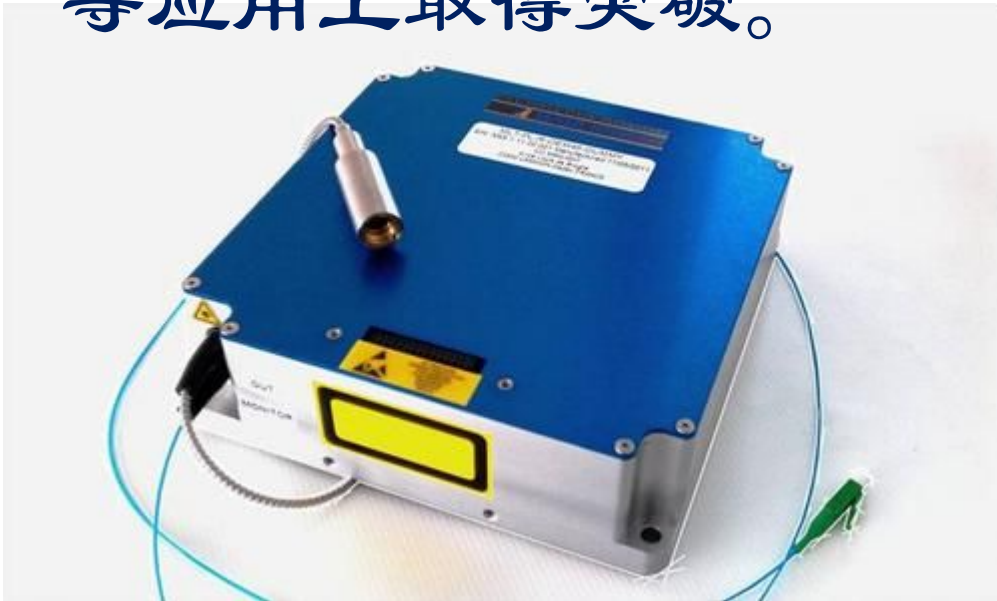
所花费的成本将比火箭升入太空便宜很多。

为此，美国NASA还给与400万美元的奖励。

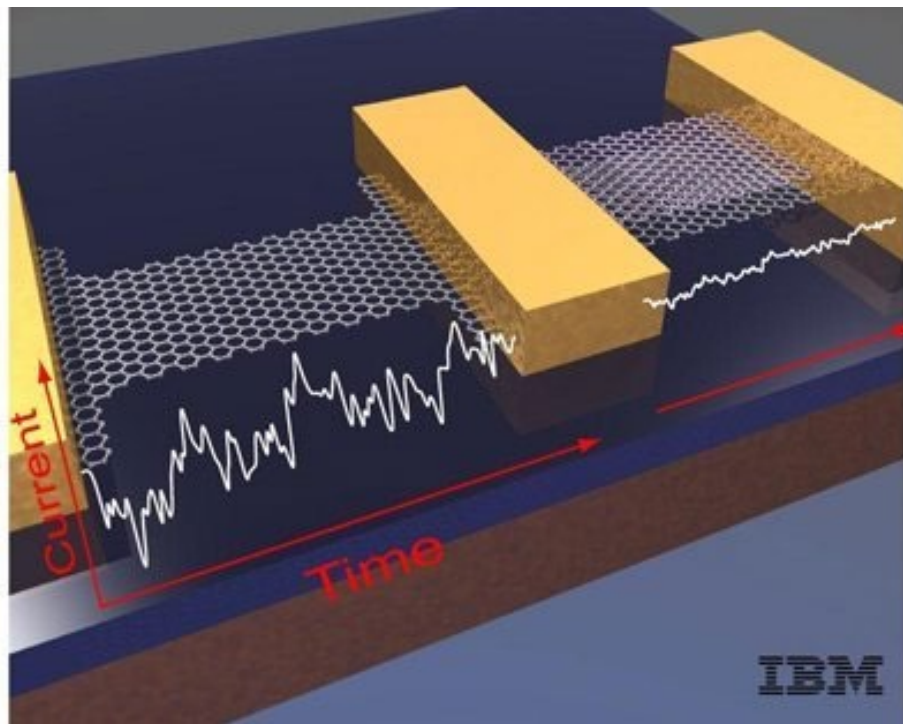
石墨烯（应用一：成像）

石墨烯超晶格材料可以实现激光具有无阈值、波长可调等特点，

有希望在纳米激光技术，如生物医学成像等应用上取得突破。



石墨烯（应用二：场效应管）



IBM公司将石墨烯晶体管的工作频率超过同等尺度的硅晶体管

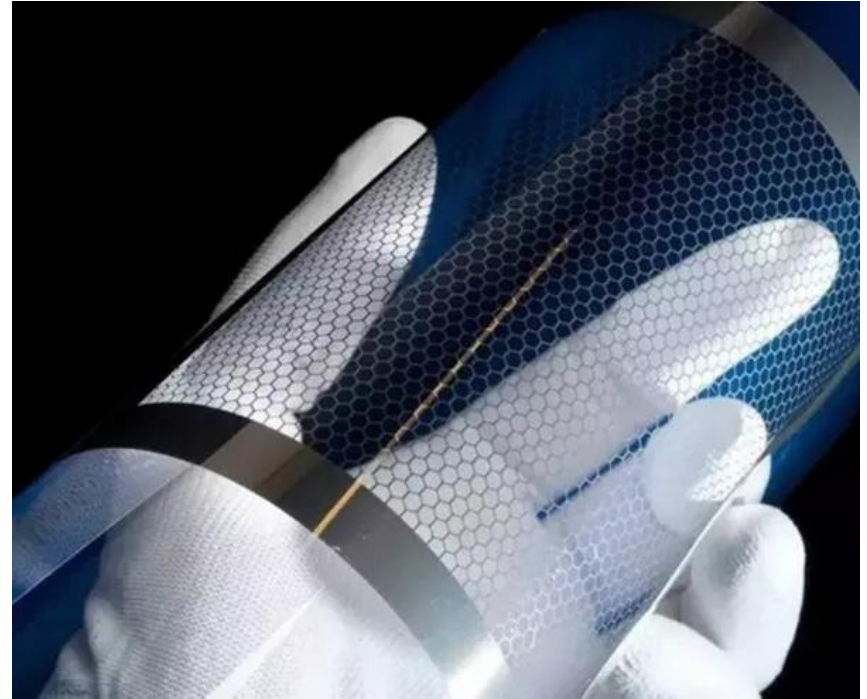
石墨烯（应用三：柔性显示）

可弯曲屏幕将成为未来移动设备显示屏的发展趋势。

韩国研究人员首次制造出了由多层石墨烯和玻璃纤维聚酯片基底组成的柔性透明显示屏。

随后，他们用该石墨烯块制造出了一块柔性触摸屏。

从理论上来讲，人们可以卷起智能手机，然后像铅笔一样将其别在耳后



石墨烯（应用四：航空航天）

由于高导电性、高强度、超轻薄等特性，
石墨烯在航天军工领域的应用优势也是极为突出。

美国NASA开发出应用于航天领域的
石墨烯传感器，

能很好的对地球高空大气层的微量元素、航天器上的结构性缺陷等进行检测。



碳材料的执着复合体：碳化硅

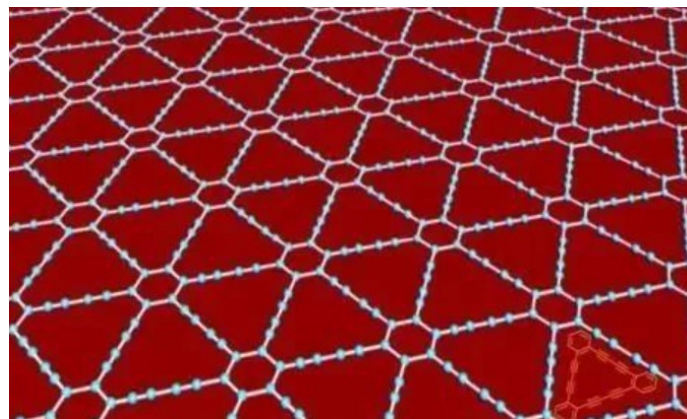
1905年 第一次在陨石中发现碳化硅。“经历数亿年时光之旅的半导体材料”



碳材料美丽的意外：石墨炔的发现

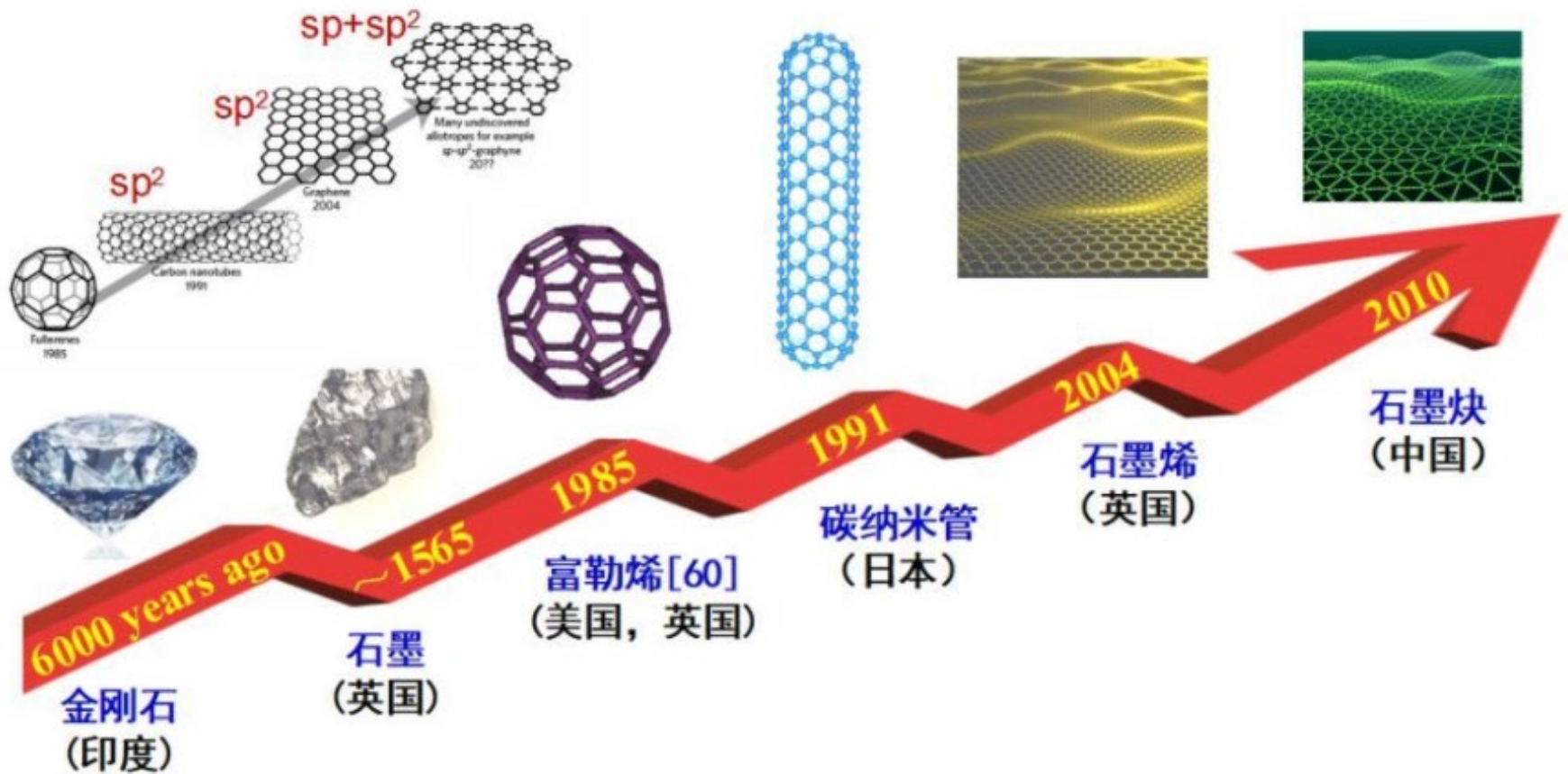
2010年，就在为石墨烯获得诺贝尔物理学奖欢呼雀跃之时，中科院化学所有机固体院重点实验室李玉良团队合成了大面积石墨炔薄膜，碳的新同素异形体——石墨炔。

一时间，人们在碳世界还没有缓过神来，石墨烯又出现了。



一种新兴的全碳二维平面结构材料

小结



小结

材料无数，有碳则灵！



**对于碳材料的认识和研究才刚刚拉开序幕，
随着科学技术和研究的发展，碳材料将会给我们带来更多的惊喜和期望！**