

纳米碳管

陆正兴

碳是世界上最多的元素之一，它有多种结构。常见的一种是碳黑，木柴燃烧后产生的黑色粉末就是碳黑，它是碳原子随机排列起来的状态；另一种是石墨，就是做铅笔芯的材料，它是碳原子层状排列结构；还有一种是金刚石，它是一种晶状结构，是目前已知材料中最硬的一种；纳米碳管是由石墨结构一样的单层碳原子卷起来成为像无缝钢管一样、又长又细的管状结构。当管状结构的直径很大时，它跟石墨没有本质上的区别。当它的直径很小时，就跟石墨完全不一样了，它的奇异特性引起科学家们的极大关注。

纳米碳管的特性

纳米碳管的导电特性 一层碳原子沿某一方向卷成纳米碳管可能是导体，而沿另一方向卷成纳米碳管可能是半导体，这是其他材料都不具备的导电特性。表征半导体特性的参数是禁带宽度，沿不同方向卷成纳米碳管可得到不同禁带宽度的半导体。这样，纳米碳管的禁带宽度是可以调节的，它的禁带宽度可以从金属一直过渡到半导体。

纳米碳管的一维超导电特性 2001年香港科技大学的科研人员发现，0.4纳米的单壁纳米碳管在超导温度15K以下呈现出特殊的一维超导电性现象，这是科学家第一次在纯碳中观察到的超导现象。这种一维超导性与传统的（三维）超导性不一样。平常说的超导性都是三维的结构，温度一降到超导温度时，电阻马上变到零。但这种一维超导现象即使到了超导温度，电阻也不会变为零，这是由于统计上的涨落现象造成的。

纳米碳管的机械特性 众所周知金刚石是世界上最硬的材料之一，而石墨是比较软的材料，但它们都是碳元素构成的，纳米碳管的机械强度约为钢的20倍。为什么纳米碳管会有这种奇异特性呢？通常情况下，宏观物体的原子分子间电荷的作用力几乎是全部抵消的，但在纳米尺度，这种电荷间的作用力没有完全抵消，纳米碳管的有序排列让这些电荷间的作用力充分地显示出来。这些电荷间作用力叠加的效果远远超过我们可以想像的其他力。

纳米碳管的表面特性 颗粒越小物质的总表面

积就越大，这是一个很自然的物理现象。所以当达到纳米颗粒的时候，物质的表面积就特别的大，它已经不再是原来块状物质的性质，而是物质的表面性能起主导作用。

纳米碳管的制备

制备技术是纳米碳管研究中的关键环节。最初采用的3种方法是电弧法、激光蒸发法、碳氢化合物催化分解法。这些方法的优点是产量大，缺点是生产出来的纳米碳管长短粗细不一，而且纯度不高，里面有非晶碳石墨，要想进一步提纯是非常困难的。目前最好的方法是利用多孔的晶体作为载体，通过化学合成手段获得排列整齐的单壁纳米碳管。这种方法的关键是找到一种合适的晶体，目前使用的是磷酸铝沸石晶体，这种多孔晶体的孔径在1纳米左右，非常适合用来生长小尺寸的单壁纳米碳管，0.4纳米的单壁纳米碳管就是利用这种晶体生长出来的，这个尺寸十分接近单壁纳米碳管的理论最小值。

纳米碳管的应用前景

纳米碳管用于储氢技术 氢是一种新的清洁能源。传统的储氢方法有压缩储氢法、液化储氢法、氢合金储氢法，但都没有达到人们期待的目标。纳米碳管具有极强的储氢能力，实验研究表明，用单壁纳米碳管不需要高压就能储存高密度的氢气，它的储氢能力远远超过了6.5%的储氢技术标准。但目前还有一些问题没有解决，如氢与碳结合或与氧结合便造成氢气放不出来。

纳米碳管用于显示技术 纳米碳管的端口极为细小而且非常稳定，十分有利于电子的发射，基本上不存在表面氧化的问题。它有望取代目前使用的电子发射材料，成为下一代平面显示器的场发射阴极材料。随着技术的发展，纳米碳管显示器有望在未来取代液晶显示器和等离子体显示器。小尺寸的纳米碳管显示器已经做得相当好了，目前的问题是能否产业化，遇到的唯一困难就是它的成品率问题。

纳米碳管的用途非常广泛 用纳米碳管制成的高性能锂电池，容量是现有碳粉材料的3倍。美国IBM公司用纳米碳管制造出了第一批晶体管，这有可能导致更小的芯片出现，并可能取代现有的硅芯片。纳米碳管的应用潜力十分巨大，也许有一天我们真的能乘坐由纳米技术制造的太空电梯登上月球去太空旅行。

（镇江江苏大学物理系 212013）