

SEVEN COLOR

科学七色光丛书

KEXUE QISEGUANG CONGSHU



编著 应礼文

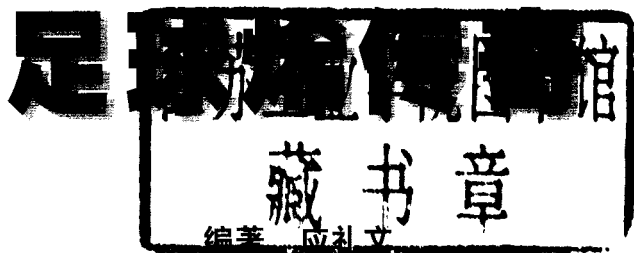
足球烯 传奇

49 qiu Xi Chuanqi

湖北教育出版社

· 科学七色光丛书 ·

SEVEN COLOR



湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

足球烯传奇/应礼文编著. —武汉:湖北教育出版社,
2000

(科学七色光丛书)

ISBN 7-5351-2870-X

I. 足… II. 应… III. 富勒烯-普及读物
IV. 0623.121—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 80534 号

出 版:湖北教育出版社
发 行:

武汉市青年路 277 号
邮编:430015 电话:83625580

经 销:新 华 书 店

印 刷:文字六〇三厂印刷 (441021·湖北襄樊盛丰路 45 号)

开 本:787mm×1092mm 1/32 1 插页 3.25 印张

版 次:2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

字 数:64 千字 印数:1—3 000

ISBN 7—5351—2870—X/G·2337

定价:6.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换

目 录

一	1996 年化学界的盛事	1
二	碳单质家族	5
	无定形碳	5
	石墨	6
	金刚石	8
	富勒烯	15
三	“足球”闯入化学世界	16
	“球”从天降	16
	C ₆₀ 呼之欲出	18
四	化学与建筑学的联姻	22
	一位异想天开的建筑学家	22
	穹窿与富勒烯结构	28
五	球化学的诞生	35
	分子中的碳原子是怎样连接的	35
	令人费解的苯分子结构	37
	三维芳香世界的诞生	39
	比金刚石更稳定和更纯的物质	41
六	1991 年的明星分子	43
	科学的基本概念——对称性	43
	化学家心目中的对称性	44
	球体与对称性	46
	多面体与对称性	47

七	大泽映二的遗憾	51
	先知先觉的科学家	51
	中国古墨与富勒烯	53
	球中球	54
	和大泽映二同样感到遗憾	55
八	迈出可喜的两大步	56
	看得见和摸得着的 C_{60}	56
	走向商业化生产	57
九	科学界掀起“足球”热	59
十	有争议的名称—— C_{60} 命名的探讨	61
十一	富勒烯家族成员知多少	63
十二	富勒烯的制备化学	66
十三	超导新星	71
	什么是超导体	71
	超导体的潜在应用	72
	超导材料研究的历程	76
	超导新星	77
十四	巧夺天工的功能材料	79
	气体贮存材料	79
	有感觉功能的传感器	81
	增强金属	83
	新型催化剂	83
	光学应用	84
	癌细胞的杀伤效应	85
	医学上的妙用	85

十五 远远不能画上句号	86
布基管和布基洋葱	86
新颖的纳米材料	89
参考文献	93
结束语	94

— 1996 年化学界的盛事

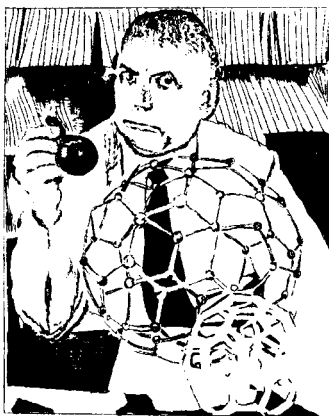
1996 年 12 月 10 日是瑞典发明家阿尔弗雷德·诺贝尔逝世 100 周年纪念日。在这个十分有意义的日子里,瑞典皇家科学院举行颁奖仪式,把 1996 年诺贝尔化学奖授予美国赖斯大学教授斯莫利和科尔以及英国萨塞克斯大学教授克罗托,以表彰他们于 1985 年共同发现了形状酷似英国式足球的以 C_{60} 为代表的一系列被称为富勒烯(又称足球烯)的碳原子簇。

碳是元素周期表中人们比较熟悉的、地壳中含量最丰富的 12 种元素之一。有机化合物是构成物质的最大家族,它们便是以碳为骨干组成的化合物。到目前为止,有机化合物的数目已经超过一千万种。经过化学家们近两个世纪的努力,碳化学被认为是研究得比较透彻了。可是,斯莫利、科尔和克罗托的新发现将对碳化学的发展史作出重新的评价。两个世纪以来,未能发现富勒烯不能不说是化学界的疏忽和碳化学的重大遗漏。

今天,这一不足得到了弥补。而瑞典皇家科学院将 1996 年诺贝尔化学奖授予了建立这个崭新的化学分支学科的三位化学家,充分说明了富勒烯化学在理论和实践意义上都有了重大突破,同时还显示出巨大的潜在前景,对于诸如化学、物理学、材料科学、天体化学和超导等不同领域的发展具有重要意义。

瑞典皇家科学院秘书长卡尔-奥洛夫·雅各布松认为,一项科学成就在发现后不久(从 1985 年到 1996 年)便获得诺贝尔奖是比较少见的。他说:“这项重大发现在 11 年之后就获得诺贝尔奖,这使得我们难以估计它将会有多大的前途。”

获得这项殊荣的里查德·E. 斯莫利(Richard E. Smalley)于 1943 年出生在美国俄亥俄州的阿克伦。1965 年获密执安大学学士学位,1973 年获普林斯顿大学化学博士学位。1976 年开始在赖斯大学执教,1981 年以来一直担任赖斯大学化学教授,1990 年起任同一所大学的物理学教授。斯莫利也是赖斯大学量子研究所的创建人之一,并于 1986~1996 年任该研究所的主



斯莫利

任,现为赖斯大学纳米科学和技术中心的主任。斯莫利还是美国国家科学院院士,他一直从事超声束流激光光谱的研究,还研究超声束流对碳原子簇的作用,这一研究被直接应用到发现 C_{60} 上。

罗伯特·F. 科尔(Robert F. Curl Jr.)于 1933 年出生在美国得克萨斯州的艾丽斯。1954 年获赖斯大学学士学位,1957 年获加州大学伯克利分校化学博士学位,1958 年以来一直在



科尔

赖斯大学任教,1967年任该校教授,1992~1996年任该校化学系主任。科尔一直从事微波和红外光谱研究。1990年后与斯莫利合作,研究超声束流对碳原子簇的作用。

哈罗德·W. 克罗托爵士(Sir Harold W. Kroto)于1939年出生在英格兰剑桥郡的威斯贝奇。1964年获英国设菲尔德大学博士学位,1967年以来一直在萨塞克斯大学任教,1985年任该校化学教授,1991年任皇家研究会教授。克罗托在攻读博士学位期间,从事瞬间光解所产生的自由基的高分辨电子光谱的研究,在博士后工作期间从事电子和微波光谱研究。后来在贝尔实验室利用拉曼光谱研究液态中间体,同时也进行了有关量子化学研究。他在萨塞克斯大学任教时从事不稳定物质的研究以及星际空间冷暗云之中富含碳的尘埃的研究。

值得一提的是,还有两位在发现 C_{60} 时作出较大贡献的化学家,他们便是斯莫利教授指导的两位研究生——希思和奥布赖恩。

众所周知,在一般情况下,研究生都是科学研究中实验工作的主力。可以毫不夸张地说,在1996年获奖项目(发现富勒烯)中,斯莫利、科尔、克罗托、希思和奥布赖恩都起着决定性的作用。因此,斯莫利对于希思和奥布赖恩没有被列入获奖者的名单深表遗憾。

斯莫利在颁奖仪式的演讲中说:“今天在我的心中仍然存在着某些忧虑。今年的化学奖是发给发现富勒烯的,但又是发给个人的,但共享这项个人殊荣者不能超过3人。诺贝尔颁奖委员会为了这一问题已经尽了自己的能力,我们虽然表示理解,但这种忧虑依然存在。”

诚然,获得诺贝尔奖的人是科学家中的佼佼者。可是,从上面的介绍中,你不难想到,在获奖者的背后还有多少位像希思和奥布赖恩这样默默无闻的助手,他们无私的奉献理应受到科学界和全社会的尊敬。

二 碳单质家族

富勒烯是由 60 个碳原子组成的,那么碳究竟是什么物质呢?碳是一种化学元素,在元素周期表中,碳是第 6 号元素,相对原子质量为 12.011。

在自然界中,碳可以说是多姿多态。其中有光彩夺目的宝石之王金刚石,有乌黑的煤,还有灰色多孔的焦炭。但是,就碳的单质来说,它只有 4 种同素异形体,即无定形碳、石墨、金刚石和富勒烯。

无定形碳

我们最熟悉的煤是由远古时代死亡植物的残骸经过长时间的生物化学作用,被地层覆盖在地下而形成的,煤在能源中占有重要的地位。

煤在隔绝空气的条件下加热(称为干馏),煤里面所含的有机化合物在高温下都挥发和分解了,剩下的就是比较纯净的碳(含碳量达到 94% ~ 96%),称为焦炭。它是一种灰色多孔的物质,也是一种无定形碳,用作高炉炼铁的燃料和还原剂。

木材经过干馏以后就得到木炭,它质地松散而多孔,可用作燃料和制造黑火药的原料。由于它多孔,具有吸附气体的能力,可用作制糖工业的脱色剂,以及食品和医药工业的

吸附剂。

比木炭的吸附性更强、吸附活性更高的物质叫做活性炭。将木炭在隔绝空气的条件下加热,并不断地通入水蒸气,就会使木炭内部的空隙更加畅通,得到的物质便是活性炭。防毒面具中装的就是活性炭,它可以把空气中的有毒气体过滤掉,使吸入的空气变得洁净。现在,石油、医药等工业普遍采用活性炭作为吸附剂。

石 墨

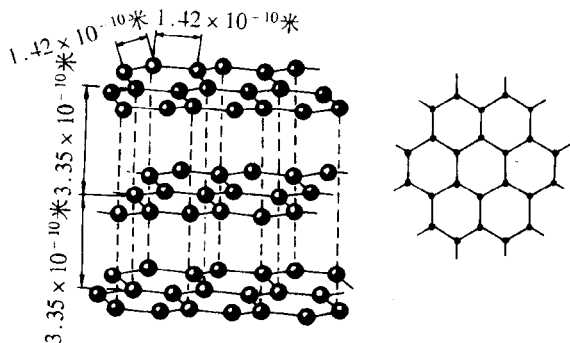
石墨对我们每一个人来说,都是不陌生的。也许就你当小学生并写下了第一个字的时候,便和石墨结下了不解之缘,因为你所用的铅笔的笔芯是用石墨和粘土做原料制成的。铅笔虽然用“铅”来命名,其实铅笔的笔芯绝对不是金属铅做的。

在 18 世纪,人们还分不清什么是石墨,什么是硫化铅,因为它们的颜色和形态都很相似,也都具有能在纸上划出灰黑色字迹的功能,所以常常把石墨和硫化铅混为一谈。后来,矿物学家虽然分清了这两种物质,但是“铅笔”这个名称已经用得很习惯了,所以只好将错就错。石墨的英文名称“graphite”却是十分贴切的,这个词来源于希腊文,它的含义是“书写”。我国称它为石墨,也是很恰当的,含义是能像墨一样用于书写的石头。

自然界分布着很广的石墨矿。如果需要很纯的石墨,可以将焦炭、沥青和砂子放在 3000°C 的用耐火砖砌成的炉子中,加热 24~30 小时,就可以制得纯的石墨。

石墨是灰黑色和有金属光泽的固体,它的晶体是六角片

状的,而且是一层一层的,在每一层中,碳原子都以六边形的方式连接起来,每一个碳原子只与其他3个碳原子相连,各个碳原子之间的距离都一样,都是 1.42×10^{-10} 米。因此我们可



石墨结构

以将每一层看成是一个很大的分子,分子中的碳原子结合得相当牢固。另外,在石墨结构中,层与层之间的距离比较远,是 3.35×10^{-10} 米,而且层与层之间不会形成化学键,用比较弱的结合力——范德华力联系起来,结合力比化学键要弱得多。

石墨的层状结构使它具有一系列特性。第一,石墨的质地很软。一般情况下,比较硬度都用莫氏硬度次序,这个次序是:①滑石;②石膏;③方解石;④萤石;⑤磷灰石;⑥钾长石;⑦石英;⑧黄玉;⑨刚玉;⑩金刚石。其中以①最软,⑩最硬。测得石墨的莫氏硬度是1~2,介于滑石和石膏之间,可见,石墨是很软的物质。

第二,石墨的化学性质比较稳定,但比金刚石要稍活泼。金刚石不与酸作用,但用浓硫酸、浓硝酸和氯酸钾做氧化剂,

能使石墨转变成石墨的氧化物。

第三,石墨是耐高温的材料,即使温度达到 3000°C ,石墨也不会熔化,使它在冶金工业中用来制造石墨坩埚,与用其他耐火材料制造的坩埚(如陶瓷坩埚)相比,石墨坩埚具有寿命长、不易破碎的特点。石墨也用作冶金炉的内衬。

第四,石墨的导电性能良好,广泛用作电气工业和冶金工业中的电极和电刷,以及电视机显像管中的涂层。在冶炼各种合金钢时,也使用石墨电极,当强大的电流通过电极时,便产生电弧,使电能转化为热能,便产生 2000°C 左右的高温,可以熔炼各种合金钢。

第五,石墨具有良好的使中子减速的性能,用作原子反应堆运转时的中子减速剂。

金 刚 石

作为一种珍贵的宝石之王,金刚石有着悠久的历史。它美丽而光彩夺目,从远古时代就引起了人们的注意。在伦敦的大不列颠博物馆中陈列着一座公元前 5 世纪的由希腊人制作的青铜雕像,它的眼睛竟然是用两颗金刚石宝石做的。

金刚石一词来源于阿拉伯语 al-mas,含义是最强的。而在希腊文中,金刚石一词的含义则是不可摧毁的。可见古人早就了解到金刚石具有坚硬不破的特性。

即使是质量最好的金刚石矿物的表面也是粗糙而无光芒的,这是因为矿物的表面上有一层皮。只有经过琢磨的金刚石才能发出美丽夺目的光彩,琢磨后的金刚石称为金刚石宝石。1454 年,荷兰人发现,用金刚石粉可以将金刚石矿物琢磨成宝石,首先解决了金刚石矿物的加工问题。后来,又利用

金刚石在高温下能够在空气中被氧化和燃烧的性质,用高速旋转的玛瑙轮或金属轮来琢磨金刚石,使金刚石表面因摩擦而产生的高温发生燃烧,从而使表面磨光,成为闪闪发光的宝石。

具有高的折射率和很大的色散能力,是使金刚石成为极其珍贵的宝石的主要原因。被磨光的金刚石宝石又称钻石,它的表面能大量反射外界光线,使整个钻石闪烁着耀眼的光芒。由于色散作用,使钻石呈现五颜六色的闪光,当金刚石宝石被佩戴在手指上或胸前时,随着人体和手指的活动,钻石不停地变换方向,便闪耀出美丽夺目的彩色光芒。

金刚石的重量用一种特殊的单位“克拉”来表示,全世界统一规定:1克拉等于200毫克,叫做“公制克拉”。“克拉”一词来源于阿拉伯文,指的是欧洲地中海海边上生长的一种角豆树的果实,这种果实在古代被用来作为称量宝石的砝码。

大的金刚石的主要产地是南非,特别是南非的阿扎尼亚一地。现在世界上采得的最大的金刚石矿物是在1905年1月25日于阿扎尼亚的普列米尔矿山发现的,原矿重3106克拉,经过琢磨以后,得到105粒总重量为1063.65克拉的钻石,最大的一粒钻石名叫“非洲之星”,重达530.2克拉。

一些重量轻的小金刚石矿物的主要产地是非洲的扎伊尔,小的金刚石虽然不能琢磨成钻石,却在工业上大有用处。那些不透明的细粒金刚石常常是黑色的,表面上蒙了一层皮,真可谓“其貌不扬”,但工业家却看上了它的特殊的高硬度。

金刚石特别坚硬,在莫氏硬度中,金刚石处于最高级,即金刚石的莫氏硬度是10级。我们都知道金刚石可以用来切割玻璃,每逢玻璃工在窗户上装玻璃时,你总会看到他们用玻

璃刀在玻璃上划出一条刻痕,然后轻轻地用手一掰,玻璃便整齐地裂成两片。切割玻璃的奥秘全在玻璃刀的尖头上,那里镶嵌着一粒小小的金刚石。

在旧社会,碗匠补碗用的工具很奇特,它是一把像胡琴的弓一样的钻子,钻子的头上也镶嵌着一小粒金刚石。它可以在瓷碗上钻出小孔,碗匠再用小锤轻轻地将小铜錾子(用铜打成的扁平的两脚钉)打进小孔中,把破碗的瓷片连在一起,碗就补好了。于是,旧社会就流传着一句话:“没有金刚钻,别揽瓷器活。”

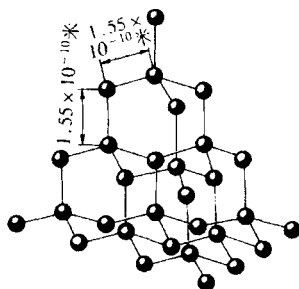
钻探用的是镶有金刚石的钻头,将钻头连接在用无缝钢管制成的钻杆前端,用机器使钻杆直立地旋转,钻头上的金刚石便将地下的岩石慢慢地磨碎,钻杆就能逐渐地钻入岩石中,向地下深入。由于钻杆和钻头都是中空的,岩石形成的圆柱状的岩心进入孔内,取出岩心进行分析,就可以知道地下深处有什么岩石和矿产。用金刚石镶嵌的钻头的钻进速度快,采出的岩心也完整。

用车床切削金属时,要求车刀又硬又结实。高速切削时要用硬质合金制的车刀,但切割比硬质合金车刀还要硬的红宝石、光学玻璃时,则要用镶嵌了金刚石的车刀,它比用碳钨钢制造的车刀还耐用 68 倍,比高速工具钢耐用 216 倍。

细碎的金刚石是一种极好的磨料,用金刚石粉来琢磨各种宝石是常用的宝石加工方法。用金刚石碎屑制成的砂轮,是精密加工各种仪器零件的工具。

金刚石的高硬度可以用它的分子结构来解释。在金刚石的分子中,每一个碳原子都以共价键与其他 4 个碳原子相连,所形成的是一个大大分子,而且是一个无限结构的大分子。共

价键这种结合力本来就比较强,现在,在金刚石分子中又存在着这么多的共价键把无限多的碳原子结合为一个庞大的整体,因此,这个整体便成为坚固的大分子。



金刚石结构

由于金刚石具有特硬这个性质,可被用来做拉丝模,用它拉丝可以抽出特别细的金属丝,如直径为 0.001 ~ 0.2 厘米的铜丝或钨丝,这种钨丝适合于做电灯泡中的灯丝。要在金刚石上钻出孔来,可使用激光。将激光束调节到所需要的尺寸(即被钻的孔的直径),然后对准金刚石,当产生一缕轻烟时便烧出一个光滑而平直的小孔。金刚石拉丝模抽出的金属丝粗细均匀,表面光洁,由于细孔不易磨损和变形,因此拉丝模经久耐用。

利用金刚石高硬度的特性,并非工业技术的惟一选择。现在,令人注目的是,金刚石也可以作为半导体,它比独占鳌头的半导体材料硅具有更独特的性质,因为任何气体杂质都很难进入到金刚石的晶体结构中,使得作为半导体的金刚石特别稳定。

纯净的金刚石单晶在室温下的导热率为每摄氏度每厘米