

吉姆·巴戈特著
李 涛 曹志良 译

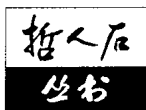
当代科普名著系列

完美的 对称

——富勒烯的
意外发现

哲人石
丛书

上海科技教育出版社



Philosopher's Stone Series

完美的对称

——富勒烯的意外发现

吉姆·巴戈特 著

李 涛 曹志良 译

上海科技教育出版社

**Perfect Symmetry: The Accidental Discovery of
Buckminsterfullerene**

by

Jim Baggott

Copyright © Jim Baggott, 1994

Chinese translation copyright by Shanghai Scientific &

Technological Education Publishing House

Published by arrangement with Oxford University Press, in association with

Shanghai Copyright Agency. ALL RIGHTS RESERVED.

上海科技教育出版社经上海版权代理公司协助取得

本书中文简体字版版权

哲人石丛书

完美的对称

——富勒烯的意外发现

吉姆·巴戈特 著

李 涛 曹志良 译

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路393号 邮政编码200233)

各地新华书店经销 丹阳教育印刷厂印刷

ISBN 7-5428-1882-1/O·219

图字09-1997-171号

开本 850×1168 1/32 印张 13 插页 2 字数 335 000

1999年1月第1版 1999年5月第2次印刷

印数 5 001-10 000 册 定价:27.50 元

内 容 提 要

1966年,它是一个有趣的点子。1985年9月,它是一个用黏胶带粘起来的纸球,是6天激烈的科学讨论和一个灵感的结果。5年后,它终于成为现实:一个由60个碳原子组成的完美对称的足球状分子,名叫巴克明斯特富勒烯。这个新的分子是碳“家族”除金刚石和石墨外的新成员,它的发现刷新了我们对这一最为熟悉元素的认识。它宣告诞生一种新的化学,一系列新的高温超导体,和一些全新的“大碳结构”建筑设计概念。1996年,本书主人公克罗托、斯莫利和柯尔共享诺贝尔化学奖。

人类为何至今才发现碳的这种新形态?太空中有富勒烯吗?富勒烯及其衍生物在超导、纳米领域的卓越性能是否会引发一场产业革命?这一连串耐人寻味的问题,尽在这本颇有戏曲性的富勒烯的意外发现“史话”之中,本书十分真切地讲述了科学发现如何得来,科学创新如何作出,文字通俗而富含哲理,内容新颖而引人入胜。

作者简介

吉姆·巴戈特, 雷丁大学讲师, 在牛津大学和斯坦福大学从事 5 年研究工作, 现任职于某跨国石油公司市场部。他对科学和哲学有广泛兴趣, 著有《量子理论的意义》等书。

献给埃玛

是否存在本质上由系统的局部性质所无法预言的整体行为？化学家们所发现的正是这样。

——富勒(Richard Buckminster Fuller)

如果上帝垂青让我有幸创造一种分子，它该是什么呢？

——查普曼(Orville Chapman)

序

化学被认为是一门成熟的科学。

大凡成熟的科学,往往比较保守,甚至有点陈腐、僵化,缺少新鲜内容。它已经不大会给人带来什么真正的惊喜了。你如果无缘接触化学前沿所遇到的那种种自然奥秘,甚至会觉得它有点枯燥乏味。

撇开炼丹术士们的贡献不谈,化学作为一门实验科学,其辉煌的历史可以一直上溯到大约 300 年前。甚至对那些在前沿之外工作的科学家而言,这 300 年来积累起来的大量知识和经验都是举足轻重的。科学家们希望在化学世界里能找到值得玩味的现象,希望能证实那些他们认为已经理解的东西,或者说为他们的偏见寻找进一步的说明。但这 300 年来形成的悠久传统无疑也是一个沉重的历史包袱,化学家们不愿去想象他们所理解的世界和真实的世界之间还会有什么本质的差别。他们不愿看到那些无法纳入已有框架的东西。

直到真正发生了什么不同寻常的事,科学家们才从先前那种固步自封、自鸣得意的迷梦中惊醒过来,意识到自己并未真正地理解一切。说得更深刻些,他们并未理解现实存在的世界。现在,问题已不单单是凑个答案拟合一下曲线,或者是检验一下什么理论了,他们碰到的是真正的不解之谜。科学再

次获得了新生,因为,答案只能引起人们一时的兴趣,而只有那些疑问才能持久地拨动人们的心弦。

1966年,空心石墨“气球”的提法——科普周刊《新科学家》为其读者提供的这则消遣,不过是一种有趣的遐想而已。这类杂志现在你已经很难在专家们的案头找到了。如果你当时问起他们,他们会漫不经心地对你说:这些遐想确实动人,甚至在理论上也是可能的,但如果你想在实验室里制备它,那简直是天方夜谭。他们会说:“我们懂,在这方面我们是专家。”

但就在大约 20 年后,一群美国和英国的科学家却作出了一项令人震惊的意外发现。他们看到,在强烈的激光脉冲辐照下,由碳的原子和离子所构成的极度混乱的等离子体中会自发地形成一种他们认为具有完美球形结构的分子——一个正好由 60 个碳原子组成的足球状分子。这还仅仅是个开头。这种被称之为巴克明斯特富勒烯的分子只不过是一大类全新的空心笼状分子中的一个。这一切听起来简直就像一群玩弄英文单词的猴子无意中拼出了一部莎士比亚的剧作一样让人难以置信。

一些科学家对此深表怀疑,但到了 1990 年,当一群物理学家——物理学家!——宣称用他们无意中找到了一个办法可以制备出看得见摸得着的富勒烯及其相关物的时候,一切怀疑便烟消云散了。几乎就在一夜之间,数不清的百科全书以及有关碳的物理、化学和材料科学的教科书都变得过时了。碳

的基本形态不是两种,而是三种:金刚石、石墨以及新发现的富勒体。

试想,如果金刚石是在明天发现,那么这个世界会是个什么样子。在这个假想的世界里,我们既没有金刚石切割工具,也没有订婚钻戒。一群不那么讲究实用主义的科学家完全凭想象推测出了金刚石那完美的结构,即碳原子的正四面体排列!——甚至算出了如果它真的存在的话会有些什么性质。而碳化学以及材料科学界那些传统观念根深蒂固的专家们却对此大不以为然,认为这些想法尽管动听,但与真实的世界风马牛不相及。到明天一早,你瞧,他们的传统世界将被翻个底朝天。

当然,这只是想象。人类早在几千年前就已经认识了金刚石,而且很难想象,一个拥有 20 世纪现代科学的世界怎么会忽视它的存在。但是,对于富勒烯而言,现代科学大半个 20 世纪来确实未能揭示它的存在。

令人吃惊的消息还在不断涌现。到 1994 年,“三维”富勒烯化学(以及生物化学)已经羽翼丰满。一类新的高温有机超导体得以发现,它的许多性质改写了原有的纪录。新的大尺度碳结构不断被揭示出来——其中也包括 1966 年提出的奇妙而优美的石墨气球。另外还有大量的问题有待回答,谁也不准明天会不会又冒出一个令人吃惊的消息。

富勒烯的发现及其激起的余波颇值得回味。它为基础科学的组织和投资提供了有益的借鉴,它不仅对工业科技开发的赞助商大有裨益,而且有助于

科学家们进一步领悟他们自己以及他们从事的科学研究所扮演的角色。它也为一般人了解科学研究如何取得突破提供了一扇窗口。这是个非常好的故事，在《完美的对称》一书中，我力求还它以本来面目。

许多科学家在百忙之中向我当面讲述或写信谈了他们在富勒烯发现过程中的亲身体验。如果没有他们的大力支持和鼓励，我根本无法将这一故事转述于此。因此，我谨向如下各位致以诚挚的谢意。他们是：奥尔福德 (Mike Alford)，贝休恩 (Don Bethune)，柯尔 (Bob Curl)，迪德里克 (François Diederich)，福斯蒂罗波洛斯 (Kosta Fostiropoulos)，福勒 (Patrick Fowler)，哈登 (Robert Haddon)，黑尔 (Jonathan Hare)，希思 (Jim Heath)，赫夫曼 (Don Huffman)，饭岛 (Sumio Iijima)，琼斯 (David Jones)，克雷奇默 (Wolfgang Krätschmer)，克罗托 (Harry Kroto)，拉姆 (Lowell Lamb)，马诺洛普洛斯 (David Manolopoulos)，奥布赖恩 (Sean O'Brien)，罗尔芬 (Eric Rohlffing)，斯莫利 (Rick Smalley)，乌加特 (Daniel Ugarte)，沃尔顿 (David Walton)，惠滕 (Robert Whetten)，以及伍德 (Fred Wudl)。

我把这本书献给我的女儿埃玛，在我着手起草本书初稿时她才刚刚来到这个世界。没有她，我的生活肯定会空虚得多，但本书或许会早一点面世。

J.E. 巴戈特

1994年5月于雷丁

目 录

序

开 场 白

1

第一篇

从空间到对称

3

第一章

天文学中最后一大难题

5

第二章

某 种 杂 质

23

第三章

欢迎参观我们的机器

43

第四章

孤胆巡骑兵

63

第五章
巴克明斯特富勒烯
79

第二篇
从对称到实物
99

第六章
形状与几何
101

第七章
富勒烯园
119

第八章
病态科学
135

第九章
一个疯狂的念头
159

第十章
富勒体
183

第十一章
单谱线证据
209

第十二章
任重道远
229

第三篇
从实物到科学
251

第十三章
球体化学
253

第十四章
超导富勒烯化合物
279

第十五章
转换碳范式
297

第十六章
依旧是天文学中最后一大难题
321

结 束 语

335

附 录

337

资料来源与注释

343

跋

361

参 考 文 献

373

开 场 白

气体相对水的密度大约为 0.001, 这与液体和固体的密度(从 0.5 到 25 左右)之间存在着一个奇异的不连续性。代达罗斯(Daedalus)* 本周构思了一种空心分子, 试图以此来衔接这两者之间的巨大差异。这是一些由石墨这样的层状聚合物得到的闭合球壳分子。众所周知, 石墨由一系列苯环状的六角形拼成的原子平面所组成。他建议在高温石墨化的过程中引入适当的杂质, 使这些平展原子平面发生卷曲(正如半导体“掺杂”所带来的不连续性那样), 认为由此产生的曲率将通过原子平面一直波及其正在形成的边缘, 并由此最终使整个结构闭合起来。这样得到的分子, 其半径将由所包含的杂质数量控制。经计算, 代达罗斯得出, 一个直径 0.1 毫米的空心分子, 其体密度将大约为 0.01。这些低密度的分子将构成假想中的第五种物态。因为如此巨大的分子(分子量将以亿计)将很难蒸发, 但它们之间却只在相互接触的少数几个点上存在微弱的相互作用, 因而也不会是固体, 甚至连液体也不是。它们的行为将像一种微妙的流体: 尽管它没有一个确切的表面, 但却可以保存在敞口容器里。如果对它加热, 它将稳定地膨胀而不会沸腾进入气态。这种令人着迷的新物质将会有一系列的用途, 如新式的减震器、温度计、气压计等等, 另外还有

* 代达罗斯为希腊神话中的建筑师和雕刻家, 曾为克里特国王建造迷宫。琼斯在《新科学家》和《自然》杂志上用代达罗斯作为笔名撰写科普文章。——译者注

可能将其用于气体轴承中,在那里,球形分子间的滚动式接触将有可能进一步减小摩擦阻力。代达罗斯曾担心这些分子在压力下会变形,但随后他意识到如果在常压下进行制备,这些分子内部将充满气体,就像一只充了气的足球。他现在正想办法在这些球形结构上“开窗”,从而能够吸收或交换内部的分子。由此就可以形成一系列超级分子筛,它能够俘获那些进得了这一窗口的小分子,其俘获物的总重可以超过其自重的几百倍。

琼斯,“阿里阿德涅”

1966年11月3日《新科学家》

第一篇
从空间到对称

