

走进科学殿堂

科学人谈

美

和文化



吴全德 著

清华大学出版社



走进科学殿堂

科学人谈美和文化

吴全德 著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书收录了吴全德院士多篇论美和审美的文章,讲述了一个科学人发现美、探究美的历程。作者从自相似、比例、对称等美学要素出发,在科学和艺术的诸多领域中探索科学与美学的对立与统一,共融与共生;让读者在亲近科学的同时得到审美的愉悦。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

科学人谈美和文化/吴全德著. —北京:清华大学出版社,2006.11

ISBN 7-302-13848-6

I. 科… II. 吴… III. 科学美学—普及读物 IV. G301-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 111723 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

责任编辑:冯 昕

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:140×203 印张:7.75 字数:214 千字

版 次:2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-13848-6/G·740

印 数:1~3000

定 价:30.00 元

孔子曰：“知者乐水，仁者乐山。知者动，仁者静。知者乐，仁者寿。”

《论语·雍也篇》

“兴于《诗》，立于礼，成于乐。”

《论语·泰伯篇》

凡是想依循正路达到深密境界的人应该从幼年起，就倾心向往美的形体……再进一步，他应该学会把心灵的美看得比形体的美更珍贵……他应该受向导的指引，进到各种学问知识，看出它们的美……这时他凭临美的汪洋大海，凝神观照，心中起无限欣喜，于是孕育无量数的优美崇高的道理，得到丰富的哲学收获。如此精力充满之后，他终于豁然贯通唯一的涵盖一切的学问，以美为对象的学问。

柏拉图：《会饮篇》，公元前4世纪

在那不再是个人企求和欲望主宰的地方，在那自由的人们惊奇的目光探索和注视的地方，人们进入了艺术和科学的王国。如果通过逻辑语言来描绘我们对事物的观察和体验，这就是科学；如果用有意识的思维难以理解而通过直觉感受来表达我们的观察和体验，这就是艺术。二者共同之处就是摒弃专断，超越自我的献身精神。

爱因斯坦

目 录

一	前言	1
二	科学与艺术的交融——北京大学三角地展板	9
三	薄膜生长与形象艺术	24
四	素质教育与艺术和科学的融合	32
五	求真寻美·开发右脑·创新知识	40
	附录 文理交融是必由之路——《科学与艺术的交融》读后感	季美林 64
六	科学美——科学中美的哲学和科学中的艺术	68
七	天道崇美·人道颂勤——纳米相薄膜的生长	93
八	天道崇美·人性好美——美妙的黄金分割及发现 DNA 双螺旋 50 周年	100
九	数学迭代的形象美	114
十	雪花·冰花·纳米花——小康人要喝碱性小分子水	129
十一	中华文人和科学人的审美——“以人为本”和“以物为主”的审美	145
十二	审美与心理“生动”——谈错觉、视觉双稳态、动感和 幻视	161
十三	对称、反对称、对称破缺	174
十四	第三个无理数与音乐——弘扬朱载堉研究十二等比 分割律的科学精神	195
十五	美与三个无理数永结良缘	211
十六	电子显微镜和天文望远镜拍摄的中国龙	220
十七	宇宙星空之美	225
十八	淡泊名利 求真探美——院士自述	235

前言

自从《科学与艺术的交融——纳米科技与人类文明》(吴全德,北京大学出版社,2001)出版之后,我又写了一些有关美和审美的文章,并应邀做了几次“论科学美”的演讲。最近,有人给我写信,说此书在书店里买不着,因此遂萌生再写一本《科学人谈美和文化》的设想。北大朱光潜(1897—1986)教授在年轻时写了本《谈美》(1932),在八十二岁高龄时写成《谈美书简》。本书拟从一个科学工作者的角度来谈美和文化,希望能引起美学界、科技工作者和年轻人的兴趣和讨论。

1. 科学人谈美

北京大学老校长蔡元培先生提倡:学文科的师生要学点科学,学理科的师生要学点艺术。他说:“有了美术的兴趣,不但觉得人生很有意义,很有价值;就是治科学的时候,也一定添了勇敢活泼的精神,请君试验一试验。”北大有蔡先生的倡导,也有诸多知名的教授,因此北大的美学教育在国内有较大的影响;如朱光潜教授的《谈美书简》被教育部指定为“中学生课外文学名著必读书目”,宗白华教授的《美学散步》受到海内外美学爱好者的青睐,杨辛、甘霖教授的《美学原理》被定为高等教育文科教材,叶朗教授的《中国美学史大纲》和《胸中之竹》等均有影响。但从应试教育转到素质教育,美学教学应如何改革,还没有解决。这引起我从不同的视角来谈对美的体会。美是永远也谈不完的话题。

孔子说,“小人择食”,“君子谋道”。老子说,“天法道,道法自然”,认为产生天地和万物并支配世界的“道”与自然界有着无法取

名的关系，“字之曰道”。哲学家说：“形而上者谓之道，形而下者谓之器。”“道”是在科学、艺术、宗教之上哲学层次的概念。我们把大自然的运行规律或法则，看作“天道”。

天道崇什么？我国历来有“天道崇勤”的说法，有人说“天道崇简”。我认为“天道崇美”。美包含简洁美和浩瀚美。美可以是客观独立存在的自然美，也可以是主观审美显示的自然美。

《庄子·知北游》说：“天地有大美而不言，四时有明法（明法，指四季周而复始运行的明显规律）而不一（不一，不自我评议），万物有成理（成理，指生长、消亡的规律）而不一（不一，不自我论说）。圣人者，原（探究）天地之美而达（通晓）万物之理……”前三句说明美是客观存在的，第四句说明美是要由人去探究的。

诗人波普在赞美牛顿的伟业时吟道：“自然与它的奥秘/都隐藏在黑暗中/上帝说/让牛顿去干吧/于是一切顿现光明。”牛顿彰显世界的秩序与和谐的画面，能使后人获得美的感受。

北大艺术系主任叶朗教授在《胸中之竹》中从审美角度引用柳宗元的话：“夫美不自美，因人而彰。兰亭也，不遭右军，则清湍修竹，芜没于空山矣。”（柳宗元《邕州柳中丞作马退山茅亭记》）说明美是需要人去彰显的。

爱因斯坦曾说过：“物理上真理的东西一定是逻辑上简单的东西。”爱因斯坦的助手罗森说：“在构造一种理论时，他采用艺术家常用的方法，以求得简单性和美。”宇宙是由物质组成的，自然界总是按照共同的统一性存在着、运动着。在统一的大自然中，又存在着无穷无尽的特殊性和多样性；简单中蕴含着复杂性，简洁美和浩瀚美并存。

作为研究对象的大自然是物质的。不论在地球上还是在宇宙空间，物质都是由原子和分子组成，而且原子由带正电荷的原子核和环绕它的一些带负电荷的电子组成。科学研究发现各种元素原子的结构是有规律的，可以排列成周期表，并能解释原子和分子如何构成物质世界万物。人们不能不惊叹，这五彩缤纷的花花世界竟如此统一于原子的周期排列，如此和谐。自然界的形成、运行、

演化、生长、繁衍、消亡都是有规律的、和谐的，这就是令人信服的科学美。正如恩格斯在《自然辩证法》导言中曾深刻指出的，由于物质世界的统一性和普遍性，自然科学理论把自己的自然观尽可能地制成一个和谐的整体，因而反映自然物质运动的科学理论必定包含美学的因素。

什么是美？我在《求真寻美·开发右脑·创新知识》一文中有较详细的叙述。我认为：美体现在和谐、有规律、有节奏、简单又稍有变化、对称又略有不同、重复而不单调、使有序与无序和谐地搭配起来。

哲学是关于宇宙人生，为人处世的大学问。美国著名哲学教育家所罗门教授写了一本《大问题——简明哲学导论》（有中译本，《科学时报》2004年8月19日刊登了王立志对该书的简介）。书中讨论了十一大问题。他从“生活的意义”出发，经过一番讨论之后又回到生活本身，认为“人类生活的极境是美”。两千多年前希腊哲学家柏拉图（公元前427—公元前347）在《会饮篇》中讨论了教育与美的关系：“他应受向导的指引，进入各种知识中，看出它们的美……这时，他凭临美的汪洋大海，凝神观照，心中无限欣喜，于是孕育无量数的优美崇高的道理……他终于豁然贯通唯一的涵盖一切的学问，以美为对象的学问。”以审美的眼光看世界，看生活，才能有助于体会我们与这个世界的和谐一致，有助于我们与其他人的和睦共处。审美不光是科学家和艺术家的事。研究和提高审美能力，有助于知识创新，有助于中华民族的复兴。

2. 从美学和科学角度谈中华文化

当前关于素质教育和人才培养的讨论较多，其中之一是：2005年8月中国科学院技术科学部、信息技术科学部和南阳市人民政府联合主办“技术科学论坛”，其主题是“科学·技术·人文”，并出了文集。素质教育是针对应试教育而提出的。教育主要是文化教育。文化包括人文文化和科学文化。“文化是指人类在社会

历史过程中所创造的物质财富和精神财富的总和；特指精神财富，如教育、科学、文艺等。”在“南阳论坛”上，杨叔子院士首先指出：“人类历史本质是文化史，教育主要是文化教育，文化教育的文化主要包括知识、思维、方法与精神这四方面。科学文化和人文文化均源于实践，源于大脑；但科学文化主要是关于客观世界的，求真；人文文化主要是关于精神世界的，求善。”

中国人民大学张法教授的《中国艺术：历程与精神》的引言中，最后写道：“道、太极图、龙，三位一体而又最精练地体现了中国的文化精神。了解这三者，就能很好地理解 8000 年前开始的中国艺术的内在精神。”该书是从人文文化角度来论述“道”“太极图”和“龙”这三者的。笔者认为还应该从科学文化角度和美学角度来讨论这三者，从而使认识较全面些。

关于“道”，我认为“天道崇美”，并写了一些文章，都收集在本书中。关于“太极图”，我写了一篇《太极图哲理与反原子探索》，收录在《南阳科技论坛论文集》里；在《对称、反对称、对称破缺》（《科学中国人》，2005-07）中也有论述。关于“龙”，中国龙的形象都是由画家画的，或由巨匠雕刻的。但北京大学电子学系教授和研究生在寻找超高密度信息存储纳米薄膜材料时，曾用电子显微镜拍摄到“龙”的图像；位于智利的双子座天文台也于 2005 年 7 月 10 日晚上拍摄到了银河系中心结构和“中国龙”酷似的星云照片（见《北京大学校报》2005 年 10 月 16 日）。这两张龙图也收集在本书。

3. 创新与思维

科学研究中新的发现和新的理论不能靠逻辑推论，而是靠直接观察或先进仪器帮助下的观察，靠直觉、想像力和洞察力。庞加莱说：“逻辑是证明的工具，直觉是发现的工具。”爱因斯坦说：“想像力比知识更重要。”这种直觉、想像力和洞察力的培养，不能靠智育，而要靠美育。美育主要作用于人的感性和情感层面，包括

“潜移默化”的无意识的层面，它影响人的情感、趣味、气质、性格、胸襟，等等。

古今的哲人和科学家都在观察、发现和探究自然界千变万化、错综复杂的现象，深化对自然的理解，寻找其内在的规律和万物的本原，再通过对客观规律的认识来解释、预见更多的自然现象，因而科学是客观的，经得起实验检验和实践考验的。这种要求推动了逻辑思维和科学理性的发展。这就是求“真”。自然界客观未知规律的探索需要人去做。但探索未知规律不可能用已有知识和逻辑思维来推导，只能用非逻辑思维，包括形象思维、思维灵感、洞察力、想像力等，加上“天道崇美”，因此还须加上“美”的选择，即要利用科学美感。科学研究和科学思维不能排斥形象思维和科学美感，而是要自觉地利用它们。

源头创新要求研究者或学术带头人有很好的洞察力、想像力和审美鉴别力。人们把直觉、灵感、顿悟、洞察力、想像力、审美鉴别力称为非逻辑思维。它比逻辑思维具有更大的原创性的创新能力。它们常常有相互作用：有时想像诱发直觉或灵感，有时直觉和灵感会激发想像。直觉来自广博的基础知识和经验积累；灵感来自对复杂问题的深思熟虑，是在情绪最充沛和最活跃时的突发奇想，或由某事物引起的突发联想；善于在事物多样性中寻求高层次的和谐与统一；善于综合运用形象思维和逻辑思维来处理尚未认识的事物，等等。这些都是创新思维所要求的。创新是科学的灵魂，也是科学发展和人类进步的需要。

没有想像力无法突破逻辑思维的束缚，未知事物背后的规律通常不可能用逻辑思维推理求得答案。要建立新模型和新理论必定要突破旧框框，此时需要想像力。这种想像力不是胡思乱想，而是要符合物质世界的统一性和和谐性的审美判断。爱因斯坦说过，提出新问题，从新的角度看旧问题，需要创新的想像力。

总之，这些创造性思维，对科学的发展会起推动作用。我们要培养具有一定洞察力、想像力、审美鉴赏力的创新人才。

4. 关于审美

审美当然要涉及人的耳目和头脑,离不开人。那么文人及艺术家和科学家的审美有什么差别呢?笔者认为它们的根本差别在于“以我(人)为主”或“以物为主”,属于两种不同的思维领域。科学人要发现新现象、探寻新的客观规律,不能凭主观想像而要根据事实,主要用逻辑思维。但只要强调创新,不论在科研选题、实验过程、成果整理和成果评定之中都有审美的用武之地。

艺术创作和艺术欣赏方面以人为主的审美,和科学活动中美的作用方面以物为主的审美,这两种审美都与美学要素:比例、对称、简洁、节奏等有关。笔者将它们的关系制成表(《中华文人和科学人的审美》,《科学中国人》,2005-01),图表中最底下一层是主要的美学要素,但不是全部。它们影响视觉、听觉、视听艺术美(电影、电视、演出、计算机动画等)。这些美学要素也帮助对科学研究中理性逻辑的哲理美的认识,也提高对科技工作中视觉形象美的认识;而科学中的哲理美和形象美的基础是“统一的物质世界”和“和谐的大自然”。虽然以人为主的审美也要“法自然”、“外师造化”,受客观物质世界和大自然的形象和规律制约,但主要还是以人和社会为主体。

美学要素内容甚为丰富,可以从艺术角度来谈、来研究,也可以从科学角度来谈、来研究。例如比例,其中的黄金分割,从两千多年前古希腊的欧几里得几何直到现在,不断有人研究。在艺术中还有比例的夸张手法,常用于漫画和雕塑。从科学角度来看,这种比例的夸张属于拓扑学,要具有特征不变性,才能赢得欣赏者共鸣。笔者还写了《数学迭代的形象美》(《科学中国人》,2004-07)、《对称、反对称、对称破缺》(《科学中国人》,2005-07),它们涉及对称、有序排列、自相似等美学要素。古今中外,涉及美学要素的论述很多,要逐条加以整理也是一件浩繁的工作。

5. 东西方对待研究方式的互补性

古希腊人朴素的自然科学研究影响西方文化和文明的发展，他们重视分析、分解、假设、推理、推导、实验、验证等思维方式。这与东方重视整体、模糊处理、直觉综合、和谐大同、“仁者爱人”等思维方式和思想有明显的差别。胡适在《中国的文艺复兴》一文中说：“当孟子在对人性的内在美德进行理论探讨时，欧几里得正在完善几何学，正在奠定欧洲的自然科学的基础。”这种说法不全面，东方的中华文明有过比西方更辉煌的历史；但近五百多年来，西方经历了继承希腊的文艺复兴和工业革命，使科学和技术快速发展，而中国因封建统治和闭关锁国等原因而衰落。东西方对待客观事物和科研的两种不同的思维方式并无先进和落后的差别，而是互补的。1988年1月，30多位诺贝尔奖获得者聚会巴黎，瑞典的汉内斯·阿尔夫就讲过：“人类要生存下去，就必须回到2500年前，去吸取孔子的智慧。”（《重读〈论语〉》，杨叔子，《科学中国人》，2004-02）。现在应该撷取东西方文明的长处，把它们整合起来，创建中华复兴。

笔者曾写过两个例子，可以说明此事。

例一：2003年4月是发现DNA双螺旋50周年。沃森和克里克发表在英国《自然》杂志上的不到1000字（其中只有一张图）的这篇短文，竟然成为与相对论和量子力学并列的20世纪三大发现之一。报刊上发表文章纪念这个发现。我从黄金分割的美学规律出发，分析讨论这个模型，找出它与正五角星的联系。我仿效老子《道德经》，认为可以用“一生二，二生四，四生万物”，即“只有一种双螺旋，生有两种碱基横杠，并可拆分为四种分子单元（A、T、G、C），它们的排列组合衍生出生物世界”，来描述地球上的“芸芸众生”。这样，既有科学的严谨性，又符合美学原理，具有总体的简单性和个体的复杂性的辩证关系（《天道崇美·人性好美——美妙的黄金分割及发现DNA双螺旋50周年》，《科学中国人》，2003-04）。

例二：世界是物质的，物质由原子组成。能否用中华古老的阴阳二元学说来讨论物质呢？回答应是肯定的。在《对称、反对称、对称破缺》一文中，笔者把反对称太极图的哲理思想对反原子及 20 世纪基本粒子物理的研究成果作了些梳理。这个例子说明，东方的整体综合思维不会妨碍按西方的分析逻辑思维进行的科学探索，而是互补的，有助于对整体的理解。

6. 本书的编排和设想

由于《科学与艺术的交融》这本书已难买到，本书舍去其中物理实验部分，只选用其中有关艺术和美的论述部分，并将其彩色插图换成当年在北大三角地橱窗展出的图片，以还历史的原貌。季羨林先生对该书写了一篇读后感，首先发表在《科技日报》2002 年 1 月 18 日，《北京大学校报》和《科学中国人》有登载，但略有删节。我衷心感谢季老对这本小册子的真诚评价和推荐，并将较全的一篇收集在本书中。

我于 2003 年 5 月，应邀为杨辛和甘霖的高等教育文科教材《美学原理》写了第十八章《科学美》，此书发行量很大。该章也收集在本书。

本书有新观点，也有学术性，而且写得让人看了有兴趣，也不难懂。我的设想，本书应该图文并茂，老少咸宜。因为我曾给深圳市北大附中讲过一次，他们听起来也不感到特别困难；我也曾给北京理工大学“科学与人文论坛”（2004 年 5 月）和马来西亚新纪元学院（2004 年 12 月）各讲过一次“论科学美”，也都受到欢迎。

本书引用了许多他人的科研成果以及一些精美的图片。由于时间关系，未能一一打过招呼，特此致谢。

从科学人角度谈美和文化是一个新视角、新课题，涉及面广，难度很大，错误和不当之处在所难免。希望能听到专家和读者的批评和建议。

科学与艺术的交融

——北京大学三角地展板*

艺术与科学本是同卵双生,后来才分道扬镳。20世纪即将结束的时候,《纽约时报》发表了《艺术与科学:彼此隔绝的世界?》,被《参考消息》改名为《21世纪,科学与艺术再度相会?》(1999年4月28日)。该文写道:“在一个多少年来以第一次真正的艺术革命和科学革命而开始的20世纪即将结束的时刻,在目睹两个领域诞生了许多强大而持久的新模式这个千年快要结束的时候,也许终于该问问这两者的关系到底是否存在,而不是它们有什么样的关系。”西方人长期困惑的关系问题,我们可以从某一角度给予回答。

国内艺术家对用计算机创作的“分形艺术”往往持不同态度,但能否接受在实验室中生长出的艺术作品呢?炎黄子孙对天然石画、奇石历来偏爱。它们是随地球在几亿年前形成的。几亿年太久,能否用实验缩短时间?何况实验室可用材料比天然的要多得多,可控的条件也多得多。北大在研究超高密度信息存储的纳米薄膜材料时发现并积累了一些具有艺术性的图片,如“奇花”、“藤萝”、“海马”等。其中“海马”被美国材料协会会刊选为“编辑特选”加以介绍;美国《分形》杂志作为封面刊出。

为了寻找合适的超高密度信息存储纳米薄膜材料(其厚度一

* 本文是2000年年底在北京大学三角地橱窗展出的“显微镜下的形象艺术图片展”的内容。编入《科学与艺术的交融——纳米科技与人类文明》,北京大学出版社,2001年。

般均小于 50 纳米),北大电子学系做过几十种材料的组合实验,发现只有 $\text{Ag-Cs}_x\text{O}$ ($2 < x < 3$)、 Ag-DDMNE 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ TPTZ、 C_{60} -TCNQ 等可以生长成美丽的图形。这里展出历年收集的部分图片。

这些图片属于纳米科技的“自组织生长”(属于非线性远离平衡系统,并与“突变论”、“协同论”有关),其生长机理目前还不清楚。

为了迎接新世纪和新千年,举办这个小型图片展,使艺术家和参观者有机会思考“科学与艺术能否融合”,和一个“外师造化”(造化,即大自然)的机会,看看实验创造的微观世界的造化给人留下什么感受。

祝新世纪我们国家繁荣富强。

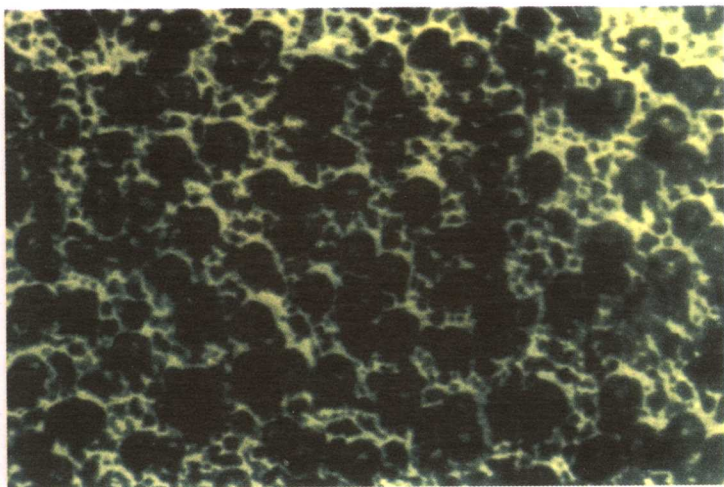


图 2-1 野花(一)

$\text{Ag-CsxO} (2 < x < 3)$



人类第一支电视摄像管采用银氧铯光电阴极。20 世纪 60 年代初我们用电子显微镜研究这种阴极时,发现它可以出现美丽的图形,如上图和左图所示。从此引起我把科学实验与艺术相结合的兴趣。

图 2-2 野花(二)

$\text{Ag-CsxO} (2 < x < 3)$

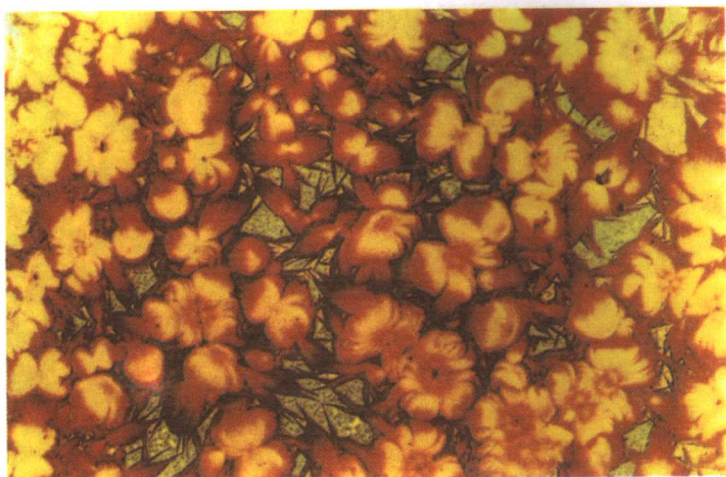


图 2-3 广寒春暖

Ag-DDMNE

在有机材料 DDMNE 中加入银所制成的纳米薄膜中,可以生长成花朵,花形似,但略有差异;大小差不多,而又多姿。其生长不靠种子,不需阳光雨露;属非生物的“自组织生长”。这种薄膜具有电学双稳态特性,可用于信息存储。

这是海马群中的特写镜头,1994 年在美国杂志上发表,后被美国材料协会会刊选为“编辑特选”加以介绍;文中称这是“两只海马在有机海洋中跳舞”。

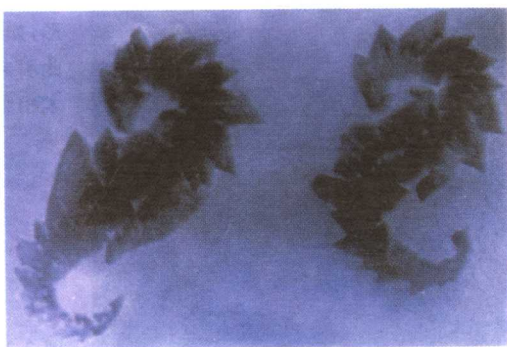


图 2-4 海马双舞

C₆₀-TCNQ