

说摇摇明

本册教材根据上海中小学课程教材改革委员会制定的课程方案和《上海市中小学拓展型课程(征求意见稿)》以及《全民科学素质行动计划纲要——未成年人科技教育拓展型课程》的要求编写,供高中年级试验用。

本教材由上海市原子核学会和中科院上海应用物理研究所主持编写,经上海市中小学教材审查委员会审查通过并准予试验使用。

本册教材的编写人员有:

主摇摇编: 李民乾

副摇摇编: 艾小白

特约撰稿人: (以姓氏笔画为序)

吉少俊摇摇张摇摇平摇摇陈摇摇杰摇摇陈摇摇俊摇摇郭云昌等

摇摇欢迎广大师生来电来函指出教材的差错和不足,提出宝贵意见。上海中小学课程教材改革委员会办公室地址:上海市陕西北路 500 号(邮政编码:200041),联系电话 62560016(总机转),52136338;出版社电话:65642857(门市零售),65118853(团体订购),65109143(外埠邮购)。

声明摇摇按照国家关于课本选用作品可以不经原作者同意,但需支付报酬,以及课本报酬支付的规定,我们已尽量寻找原作者支付报酬。请未领到报酬的原作者及时与出版社联系。



2049 上海试点项目成员（一期）

（一）顾问委员会

中国科学技术协会	张玉台
中国科学技术协会	程东红
中国科协青少年工作部	牛灵江
上海市科学技术协会	于摇晨
上海市科学技术协会	陈积芳
上海市教育委员会	瞿摇钧
中国科协青少年工作部活动处	单长勇
中国科协青少年工作部交流处	彭摇希
上海师范大学	张民选
上海市科学技术协会	施志健

（二）编辑委员会

上海市科协普及部	赵卫建
上海科协事业发展中心	姜福共
上海市科协普及部	林摇巍
上海市科协普及部	陈摇红
上海市教委基教处	余利惠
上海市教委基教处	竺建伟
上海师范大学基教处	钱源伟
上海市青少年科技教育中心	卢晓明
上海市教委教研室	王厥轩
上海市青少年科技教育中心	龚有俊
上海师范大学	秦浩正
上海市教委教研室	蒋碧艳



上海市虹口区科协
上海市虹口区教育局

蒋振立
朱摇鸣

(三) 秘书委员会 (按姓氏笔画排序)

王爱华摇方连璋摇田摇健摇刘兰英摇许道礼摇李正兴摇李摇丽
李碧城摇吴旭君摇宣佩莹摇袁震东摇袁摇曙摇徐摇明摇徐康武
曹晓清摇葛智伟摇鲍吉娜摇谭永基摇魏正明

(四) 主持编写学会及单位 (排名不分先后)

上海市自动化学会
上海市工业与应用数学学会
上海市数学会
上海市核学会
上海市宇航学会
上海市遗传学会
上海市环境科学学会
上海市地球物理学会
上海市科普作家协会
上海文化广播影视集团团委
上海市交通工程学会
上海市免疫学会



序

新世纪伊始,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。面对经济全球化趋势增强、科技革命迅猛发展、国际竞争更加激烈的新形势,提高全民族科学文化素质已成为一项十分紧迫的任务,它也是增强我国综合国力和国际竞争力的根本举措。在这样的背景下,制定并实施“全民科学素质行动计划”,对于进一步推动科普工作发展,全面提高公众尤其是青少年的科学文化素质,推动科教兴国战略和可持续发展战略的实施,促进社会主义物质文明和精神文明建设,都具有十分重要的意义。

全民科学素质行动计划,又称“2049 行动计划”,它是一项超长期的计划,旨在实现“2049 年人人具备基本的科学素质”这一战略目标,也就是在建国 100 周年的时候,使我国国民的科学素质达到与中等发达国家经济社会发展程度相适应的水平。

国民的科学素质指公民了解必要的科学知识,具备科学精神和科学世界观,以及用科学态度和科学方法判断及处理各种事务的能力。需要指出的是,国民的科学素质并不是随着经济发展、社会进步、人的知识增长就会必然提高和自动实现,而是需要通过接受相应的教育来进行培养。多年来,我国国民经济持续快速发展,但调查显示,公众科学素质水平的发展变化却与此并不同步。由于缺乏科学精神,不少富裕起来的人们仍然热衷于愚昧的迷信活动,甚至还有一些高知识水平的人也相信各种邪教的歪理邪说,这些教训十分深刻。

中国科协在上海市科协、上海市教委、上海师范大学的支持与协助下,率先从青少年入手实施了“2049 中国青少年科学素质培育行动计划上海试点项目”,这一试点项目的实施,将为 2049 计划的制订提供操作层面的实践经验和理论参考,并为全国提供项目示范和借鉴。2049 中国青少年科学素质培育行动计划在上海先行一步,目前取得了初步的成果和有益的经验,这充分显示出上海这个国际化大都市不仅经济发展较快,科技、文化、教育水平也具有较高的领先优势,充分说明上海的科技界和教育界对实施全民科学素质行动计划、加快提高



全民科学素质的深刻理解和高度认同。作为试点区,近年来上海市科协会同上海市教委,以及相关研究部门和宣传部门做了许多卓有成效的工作。摆在我们面前的这套由复旦大学出版社出版的《2049 中国青少年科学素质培育行动计划拓展型课程》系列丛书,就是已有工作成果的集中体现。它集中了上海市科协各学会专家学者的创作力量,内容生动,分类齐全,语言通俗,寓教于乐,既有科学基础知识的培养,又有科技前沿知识的熏陶,同时注重理论与实践相结合。作为面向上海乃至全国广大中学生的科学素质培训教材,很好地实现了科普与教育的结合。希望有关各方能更紧密地联合起来,不仅做好这个项目,而且不断有所创新,在形成具有中国特色的青少年科技教育模式上领先一步。

要尽快提高国民科学素质、增强国家竞争能力、实现民族复兴,科普工作尤其是抓好青少年的科技教育工作,具有特别重要的意义。我国的发展和强盛,加快现代化建设的进程,实现现代化并建成富强民主文明的社会主义国家,必须依赖于全体国民具有良好的素质,其中很重要的就是科学素质。我们期望,在各级党委和政府高度重视和支持下,通过科技、教育、出版、宣传等部门和社会各方面以及广大科技工作者、科普工作者和科技教育工作者的不懈努力,“全民科学素质行动计划”能够取得巨大的成功,为我国实施科教兴国战略、人才强国策略和可持续发展战略,实现第三步战略目标做出积极的贡献。

张之



编写说明

“让科学家走进课堂，让科技界走近教育”是《2049 中国青少年科学素养培育行动计划上海推广试点项目（2003～2007）》（以下简称 2049 上海项目）的重要策略。为建立起科教联手推进青少年科技教育的新平台、新格局，构建青少年科技素质培育的新机制，本项目与上海市普通中小学二期课程教材改革进行了紧密结合。拓展型课程作为二期课改中的重要课程类型，它对学生个性的发展和学校特色的创建提供了空间，更为学生及时了解社会和科技的最新发展提供了时空。“资料包”是青少年科技信息资源库的组成部分，它被纳入到拓展型课程教学中，并作为拓展型课程的教学材料，供学校和高中学生选修。

这次出版的资料包包括一期 11 个和二期 10 个共 21 个文本，21 个资料包的选题，均经过了征集各学会科技专家意见，由试点项目中心组对学会专家提出的选题进行初选，召开学校负责人和教师座谈会，对初选后的选题进行意见征集，最后由项目组确认资料包主题等过程。所编制的“资料包”既包括文字内容，也辅以多媒体演播手段；既有课堂教学，也设计了大量研究和实践活动。资料包充分体现了当前科技发展的最新进展，并通过各类活动的设计，努力体现新一轮课改对改善学生学习方法的要求。

各资料包编撰组既有各学会的科技专家，又有来自基层学校的具有丰富教学经验的中学老师，以期资料包更加切合中学生的实际。

资料包在编撰过程中面临着时间紧迫、经费短缺的困难。但专家们所表现出来的强烈的社会责任心、较高的专业水平和无私奉献的精神令人敬佩。第一批资料包已经在上海市部分学校进行了试用，通过科学家走进课堂的形式，我们的学生不仅得到了科技知识方面的良好熏陶，激发起了学习的兴趣，更通过和科学家的接触、对话，他们严谨的治学态度、顽强的钻研精神感染了学生，教育了学生，同时，通过“帮、带、教”等多种形式，为学校教师科技素养的提高提供了积极的支援和帮助。实践证明，这是一次极其有价值的探索。资料包还有待在实践中继续完善，期待着得到大家的批评指正。



目摇摇录

第1章 摇摇纳米革命	1
1.1 摇摇“纳米”朋友就在身边	1
1.1.1 摇摇荷花为什么出污泥而不染	2
1.1.2 摇摇你听说过观音土吗	3
1.1.3 摇摇用徽墨写出的毛笔字为什么光泽好	4
1.1.4 摇摇壁虎飞檐走壁的奥秘	5
1.2 摇摇我们生活在新时代	7
1.3 摇摇21世纪科技三剑客	8
1.4 摇摇改造自然界的全新理念	9
1.5 摇摇用纳米科技改造世界	10
第2章 摇摇纳米科技从幻想到现实	13
2.1 摇摇纳米技术溯源	14
2.2 摇摇费曼的幻想点燃纳米科技之火	15
2.3 摇摇比尼格与罗勒尔发明了看得见原子的显微镜	16
2.4 摇摇埃格勒实现了单原子的操纵	18
2.5 摇摇第一届国际纳米科技会议	20
2.6 摇摇科学巫师德雷克斯勒的奇思怪想	21
2.7 摇摇格莱特的逆向思维	23
2.8 摇摇敞开希望的大门	23
2.8.1 摇摇逐个控制原子不违反任何物理学规律	24
2.8.2 摇摇人类应拜大自然为师	24
2.8.3 摇摇新创意的思想精华是什么?	25
2.8.4 摇摇欧姆定律失灵了?	26
2.9 摇摇纳米科技对未来军事发展的影响	26
2.10 摇摇纳米科技是双刃剑吗?	29



第 3 章 摇纳米世界的“眼”和“手”	32
3.1 摇探索纳米世界的“眼”和“手”	32
3.2 摇扫描隧道显微镜 (STM) 是如何工作的	35
3.2.1 摇隧道效应与 STM	35
3.2.2 摇STM 的结构原理	35
3.3 摇中国第一批扫描隧道显微镜诞生记	37
3.4 摇全天候的原子力显微镜 (AFM)	38
3.5 摇用 STM 操纵单个原子	41
3.5.1 摇IBM 公司初战告捷	41
3.5.2 摇不甘落后的中国人	42
3.6 摇中国科学家对 DNA 的直接成像研究	42
3.7 摇单个分子的操纵	44
3.7.1 摇小分子的操纵	44
3.7.2 摇单个 DNA 分子的操纵	44
3.8 摇纳米水和纳米气泡	45
3.9 摇“足球分子” C_{60} 的庐山真面貌	47
3.10 摇纳米“超级开关”材料	48
3.11 摇神奇的纳米团簇阵列	49
第 4 章 摇纳米科技与人类生活	50
4.1 摇21 世纪的期盼	50
4.2 摇纳米材料	51
4.2.1 摇“差之毫厘, 谬之千里”的纳米粉材	52
4.2.2 摇纳米材料学的内涵	53
4.2.3 摇碳纳米管	54
4.2.4 摇超坚韧的碳纳米管 (CNT) 纤维	55
4.2.5 摇自清洁、自消毒的纳米表面材料	55
4.3 摇纳米生物学	58
4.3.1 摇为何要重视纳米生物学	58
4.3.2 摇什么是纳米生物学	58
4.3.3 摇纳米生物学中的新方法	59
4.3.4 摇研究领域和应用	59
4.3.5 摇应用广泛的 DNA 芯片	61
4.3.6 摇纳米生物传感器	64
4.4 摇纳米电子学	65



4.4.1	摇	纳米电子器件	65
4.4.2	摇	DNA 计算机	67
4.5	摇	纳米机械与纳米制造	69
4.6	摇	纳米医学	70
4.7	摇	纳米组装机	72
4.7.1	摇	第一步的纳米组装机	72
4.7.2	摇	量子点的组装	73
4.7.3	摇	真正意义上的纳米组装机	74
4.8	摇	网络生产的新纪元	74
第 5 章	摇	纳米科技实验选集	77
5.1	摇	单个原子的扫描隧道显微镜 (STM) 观察	77
5.1.1	摇	实验目的	78
5.1.2	摇	实验原理和步骤	78
5.1.3	摇	样品表面的形貌观察	79
5.2	摇	DNA 分子的原子力显微镜 (AFM) 成像	80
5.2.1	摇	AFM 简介	80
5.2.2	摇	AFM 的操作流程	82
5.2.3	摇	DNA 分子的直观图像	82
5.3	摇	测定单个分子的大小	83
5.3.1	摇	利用油膜法粗略测定分子的大小	83
5.3.2	摇	利用纳米显微镜 (STM 或 AFM) 测定分子的大小	85
5.4	摇	纳米孔材料——硅藻土的水处理应用	86
5.5	摇	Ni-P 球形纳米粒子的化学制备及观察	87
5.6	摇	纳米制造的示意实验介绍	89
5.6.1	摇	移动 C ₆₀	89
5.6.2	摇	移动纳米颗粒	90
5.6.3	摇	提取和放置纳米颗粒	90
5.6.4	摇	DNA 单分子操纵	91
5.6.5	摇	书写集成电路的布线	92
5.6.6	摇	蛋白质纳米阵列 (Protein Nanoarray)	93
附录 I	摇	纳米科技发展大事记	94
附录 II	摇	参考资料	96
参考文献			96
纳米科技国内网站			97



纳米科技国外网站	97
附录Ⅲ 摇专用名词中英文对照	100



第 1 章

纳 米 革 命

摇摇

- ◆ “纳米”朋友就在身边
- ◆ 我们生活在新时代
- ◆ 21 世纪科技三剑客
- ◆ 改造自然界的全新理念
- ◆ 用纳米科技改造世界

1.1 摇“纳米”朋友就在身边

从物理学的角度看,构成物质世界“大楼”的基本“砖石”,只不过是 60 多种基本粒子;

从化学的角度看,构成物质世界“大楼”的基本“砖石”,只有周期表上那 110 多种元素,而常用的仅为 56 种。

但为什么世界上却有无穷无尽的物质种类呢?为什么大千世界如此造化?全是因为大自然这个“魔术师”变戏法的手段高,奥秘之一就藏身于纳米科技中。

我们身边有“纳米”朋友吗?有!多极了!而且是老朋友了,只不过我们刚刚认识。



1.1.1 荷花为什么出污泥而不染

荷叶算是咱们的老朋友了吧？

众所周知，水滴落在荷叶上，会变成一个个自由滚动的水珠，而且水珠在滚动中能带走荷叶表面的尘土（图 1-1）。人们因此常称赞荷花出污泥而不染。

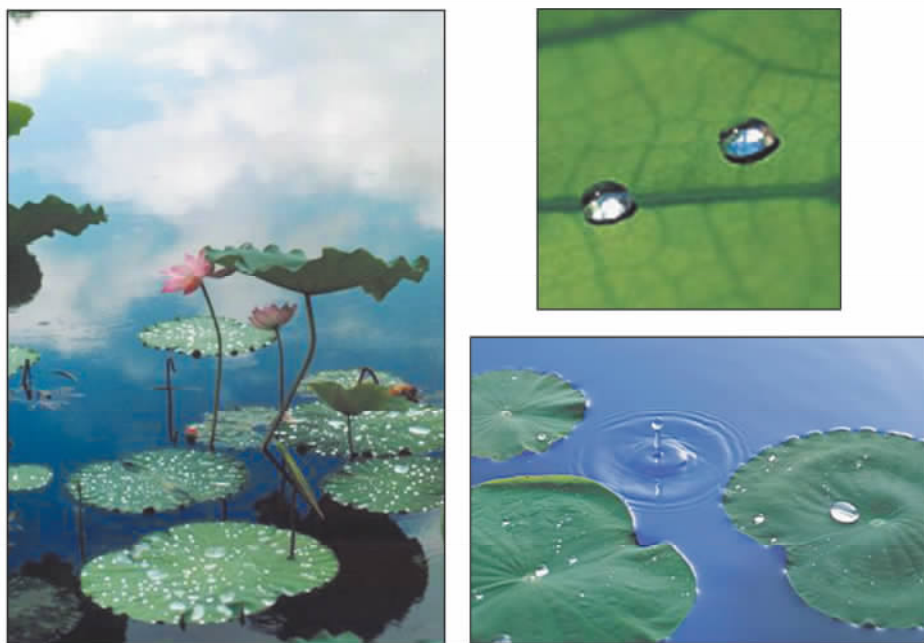


图 1-1 荷叶上的水珠

荷叶为什么能出污泥而不染？有些科普书中是这样解释的：“出水荷叶上溅了水滴，由于荷叶上有细毛，水不能吸附在荷叶上……”荷叶上有细毛这一点，凭手感就能觉察。但是，毛有多细？不知道！人眼无法进行观察。我们能否仿效荷叶造出溅不上水的布料来？可是连细毛具体什么样都不知道，如何进行模仿？

人们早就希望揭开荷叶具有疏水性能的奥秘，以便通过模仿荷叶表面的结构，制造出应用于生活之中的各种各样的疏水材料。

最近，科学家们揭开了奥秘：荷叶的表面上有许多微小的乳突（图 1-2），乳突的平均大小约为 10 微米，平均间距约 12 微米。而每个乳突是由许多直径为 200 纳米左右的突起组成的。原来在微米结构上再迭加上纳米结构，就在荷叶



的表面形成了密密麻麻分布的无数“小山”，“小山”与“小山”之间的“山谷”非常窄，小的水滴只能在“山头”间跑来跑去，却休想钻到荷叶内部。于是荷花便有了疏水的性能。

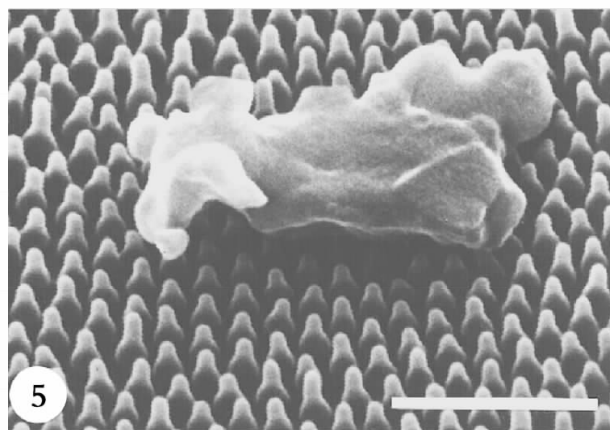


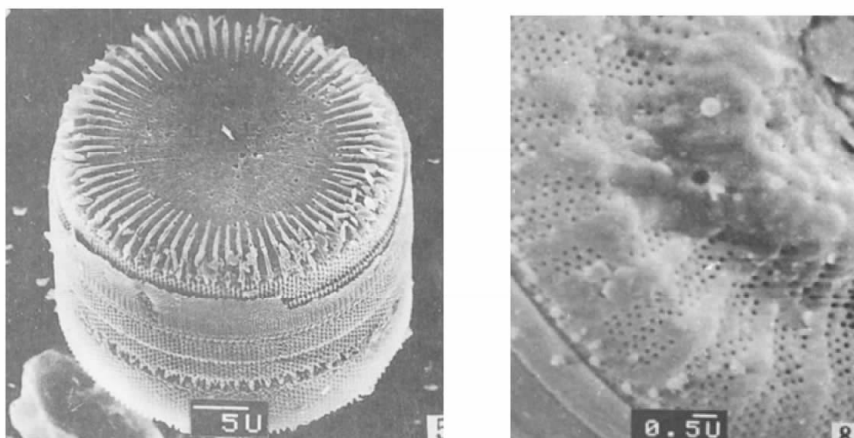
图 1-2 荷叶的表面微观结构 (标尺: 100 微米)

1.1.2 你听说过观音土吗

在旧社会，穷人在青黄不接时或灾荒年间，常常靠吃观音土活命。最近，中、外科学家都开始关注观音土，因为人们发现观音土其实是一种天然的纳米孔材料——硅藻土！人造纳米材料有成团、难分散、不稳定三大困难，而且暂时还难以完全克服。自然界的观音土却没有这三大困难。

硅藻土是一种叫硅藻的单细胞藻类生物留下来的遗体。大约距今 2500 万年以前，硅藻曾是地球上的主人，几乎有水的地方就有它们存在。后来硅藻死了，它们的残骸沉积到水底被埋藏起来形成了生物沉积岩，就是今天所看到的硅藻土。从电子显微镜所拍的照片，可以见到硅藻土的各种形态。它们的形体尺寸一般为几个微米到几十微米，最小约有一微米。其壳壁由非晶质二氧化硅 (SiO_2) 和果胶组成，壳缝为 125 纳米左右。对壳壁上点纹 (puncta)、线纹 (stria) 和肋纹 (costa) 观察后发现，原来它们都是整齐排列的小孔，线纹小孔的直径在 20 ~ 100 纳米。所以硅藻土是天然的纳米孔材料。

提纯、改性后的硅藻精土在处理城市污水等方面已表现出独特的性能。



(a) 一种硅藻土的颗粒构造

(b) 局部放大照片

图 1-3 摇硅藻土的结构

1.1.3 摇用微墨写出的毛笔字为什么光泽好

我国的汉字是至今通行的世界上最古老的文字。从甲骨文经过金文、大篆、小篆、草书、隶书、楷书、行书发展到今天的汉字，已有 3000 多年的历史，在全世界还找不出第二种。汉字的优点之一是本身具有巨大的美感，是世界上能成为书法艺术品的最主要文字。用毛笔和黑墨创造书法艺术是中华文化的一绝。

普通的墨会褪色，但是我国安徽省出产的著名徽墨能保持毛笔字有光泽且较长时间不褪色。制作墨汁或黑墨的主要原料是烟炱。烟炱是什么？它就是烟凝结成的黑灰。制墨时所用的黑灰越细，墨的保色时间越长。徽墨用纳米级大小的松烟炱（即所谓“精烟徽墨”）（图 1-4 及图 1-5）树胶及少量香料和水分制成，所以很名贵。



图 1-4 摇徽墨—精烟徽墨

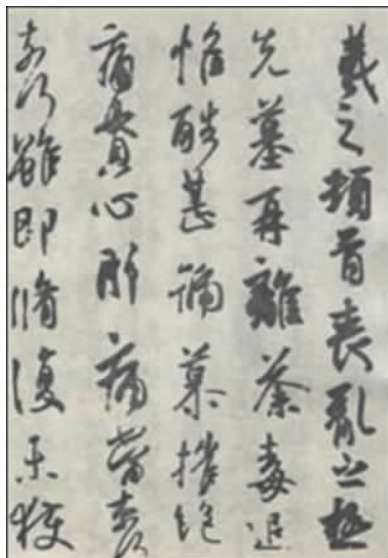


图 1-5 王羲之《丧乱帖》(局部)

从使用火开始,我们的祖先就同炭灰打交道了。从距今 180 万年前的山西芮城,170 万年前的云南元谋,80 万年前的陕西蓝田,60 万年前的北京周口店山洞里,都发现了炭灰。而炭灰的尺度大小不一,其中就有纳米级大小的颗粒,甚至于在灰烬中已有今天才认识的碳纳米管和巴基球(C₆₀)。(具体请参见本书的 3.9 节和 4.2 节)

1.1.4 壁虎飞檐走壁的奥秘

壁虎身体扁平,四肢短,属夜行性的爬行动物,又叫蝎虎,旧名守宫。全世界约 20 种,我国产 8 种(图 1-6)。



图 1-6 世上有会飞的壁虎,你知道吗?



壁虎以捕食蚊、蝇、飞蛾等小昆虫为食，白天潜伏于壁缝、瓦角、石后等隐蔽处，夜晚才外出觅食。一个晚上，一只壁虎能吞噬许多害虫，对人类有益。

壁虎还能上树。与许多爬行动物不同，它能在垂直的墙壁甚至光滑的玻璃上迅速爬行，每秒的速度可高达1米。若问“壁虎为什么能飞檐走壁？”，人们也许会不假思索地回答，“因为壁虎的脚下有吸盘”。在过去的少年儿童科普读物中是这样来解释的，“它前后肢的每一个指、趾上，都有一褶一褶的瓣，形成一条条深沟。壁虎依靠这些瓣膜，能增加指、趾与光滑面之间的摩擦，同时它还有吸附能力，足以吸附住身体，使它在光滑的墙壁或室顶上自由地跑来跑去，甚至在玻璃上也不会滑倒”（图 1-7）。



图 1-7 摇壁虎及其脚趾的英姿

其实从公元前人类认识壁虎起，就想弄清楚它的惊人爬行能力从何而来？现在有了能分辨纳米结构的“眼睛”，我们可以从纳米尺度上来了解壁虎飞檐走壁的奥秘。

2000 年美国科学家揭开了谜底：壁虎能在垂直的墙壁甚至光滑的玻璃上爬行，主要靠分子之间的范德瓦尔斯 (van der Waals) 引力，这种分子引力是分子间的距离非常近时产生的瞬态电磁相互作用，这是由于它的脚有一种特殊的微米—纳米结构（图 1-8）。从图中可见，壁虎的每只脚底部长着数百万根极细的刚毛，刚毛的长度仅 0.1 毫米左右（图 1-9）。而每根刚毛末端又有 1000 多根顶部呈刮铲状的更细的分支毛，每根分支毛的直径与毛间距都是几百纳米。这种



精细的结构使得壁虎与墙壁或玻璃表面的分子间的距离非常近,从而产生分子引力。虽然每根刚毛产生的力微不足道,但几十亿个着力点累积起来就很可观了。据估算,一根刚毛能够提起一只蚂蚁的重量,而100万根刚毛虽然总面积不到一角钱硬币的面积,但可以提起20千克的重量。如果壁虎同时使用全部刚毛,就能够支持125千克重的物体。实际上,壁虎只需用一只脚趾,就能够支撑住整个身体。

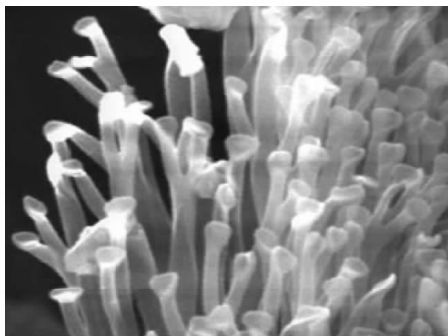


图 1-8 摇摇壁虎的脚底部长着数百万根极细的刚毛

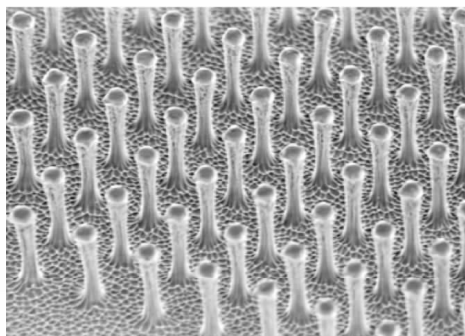


图 1-9 摇摇壁虎的每根刚毛末端又有 1 000 多根顶部呈刮铲状的更细的分支毛

摇摇按理说,我们把手掌贴到墙上时,手掌与墙间也产生分子引力,手掌应当被吸附到墙壁上。但为什么不是这样呢?道理很简单,当我们的手掌贴到墙上时,顶多只有数千个接触点,总的分子引力太小,所以手掌不会被吸附到墙壁上。

1.2 摇摇我们生活在新时代

在人类社会发展的漫长过程中,已经历过两次工业革命。进入 21 世纪以来,我们正面临着第三次工业革命的到来。

第一次工业革命

发生在 18 世纪中叶,以蒸汽机为代表。新的动力解放了人类的双手,使人类跨入了以机械代替人力的机械化工业时代。它的标志尺度是毫米,可以称作毫米技术应用时代。

第二次工业革命

20 世纪以电子技术为代表,标志是微米技术的应用。它使人类进入电气