

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

火星：我的第二家园



Nature's Curiosity Shop

Copyright 1995by

Barry E. Zimmerman&David J. Zimmerman

1997 中文简体字版专有权属江苏人民出版社

Published by arrangement with Contemporary Books , Inc. Copyright

licensed by Arts &Licensing International , Inc.

博达著作权代理公司(国际)

版权所有,不得翻印

谨致永远支持我们撰写本书梦想的爱妻马里林和松达尔

谨致一直帮助我们检查本书版税事宜的美丽的女儿艾米、塔拉和科里

目 录

致谢	
序言	
虚拟现实：虚幻的世界	1
我的兄弟，克隆人	11
温度的极限	18
奇妙的水分子	27
物种的性活动	36
地球：不需要空气面罩	45
地球生命的起源	54
热带雨林	62
混沌理论：不可测因素的预测	71
天体的影子	80
空间和时间旅行	91
非正统医学	98
一切事物都是相对的：狭义相对论	110
广义相对论	121
法医入门	131
流星雨：陨石降雨般陨落	154
脱氧核糖核酸：生命的阶梯	162
小行星撞击地球之时	176
寻找杀伤细胞基因	187
火星，我的第二家园	200
时区的来历	217
超导：无电阻线路	226
人体的免疫系统	235
变应性：对付不存在的敌人	246
花生酱变钻石	255
揭示物质秘密的艰难历程	267

致 谢

感谢威廉·拉布斯、玛格丽特·拉布斯、玛格丽特·科尔文、卡罗尔·考特尼、邦尼·萨维茨和弗雷德·米勒的支持和帮助。

序 言

我不知道自己来到世上是什么模样，依我看，自己活像一个在海滩上玩耍的男孩，为不时地发现非同寻常的光滑的鹅卵石和美丽的贝壳而高兴，真理的海洋将一切未知的世界展现在我眼前。这段话是牛顿在 250 年前讲的。事实上，他与生活在他之前和之后的科学家一样，发现了许多光滑的鹅卵石和美丽的贝壳。本书将好好欣赏其中的一些，并探索自然界这个真理的海洋。本书总共荟萃 28 篇有关生物学、化学、天文学、物理学和地球科学等领域最引人入胜的内容。这些内容涵盖了日食、月食、雨林、性、时间旅行和爱因斯坦的相对论。读者从中可了解，为什么科学家在预测天气时仍有难度；为什么如果没有水分子的弯曲，地球上就不会有生命。

我们生活在技术日新月异的时代，这是一个超级计算机和复杂信息网络的时代，也是遗传工程生物体和虚拟现实的时代。科学突飞猛进，科学的进程不能用年而应以天、周来计算。我们怎样才能跟上时代的发展？

本书是一个良好的开端。其目的是让人人都懂科学，增长知识，又能消遣。文字说明既不长也不琐碎。别轻信我写下的这段话，读者不妨亲自读一读就会自有分晓。

剑桥，科学精神的家园

——序《剑桥文丛》

萧 乾

40年代，除去短期去度假，我同剑桥先后有过两段因缘。1939至1940年，我是作为伦敦大学东方学院的讲师被疏散到剑桥去的，身份也可以说是个“难民”。那一年，我只是剑大英文系的旁听生，因为战乱的机缘，我得以寄身在这一所牛顿曾执教30年、有着深厚的科学传统和学术氛围的大学。

剑桥有个好传统，有如民国初年的北大，对来旁听的学生总是敞开大门，对那时由伦敦疏散来的兄弟大学成员更是竭诚欢迎。

1942年夏天，我辞去了东方学院的教职，成为剑大英文系的研究生，住进了这所15世纪兴建的皇家学院。书房门楣上，已事先漆上了我的名字。书房里，家具一应俱全，宽敞舒适；壁炉两边是书架，沿着三面墙是可以坐上十来位客人的沙发和软椅。最使人兴奋的是，窗户外面隔着草坪，正与英国古建筑中赫赫有名的皇家学院教堂遥遥相对。整整两年，我都望着大草坪上被晨曦拖长了的教堂身影，黄昏时分聆听在大风琴伴奏下唱诗班那清脆嘹亮的歌声。

1944年，我怀着依依不舍的心情向剑桥、向皇家学院告别。当时，我已动手写论文了，还差一年就可考取学位。然而，盟军已在诺曼底登陆，新闻记者的本能驱使我舍弃剑桥那恬静幽雅的书院生活，奔赴现实的前哨。于是，我就脱掉僧侣式的黑袍，走进了报社林立的伦敦舰队街，从一个埋首书斋的读书人，成为戎装上阵的战地记者。

剑桥有一种魅力，使曾经在那里生活过的人们一有机会就想回去看看它。我认识一个学习古希腊罗马文学的青年，开战后应征入伍，不久就成为熟练的轰炸机驾驶员。他一直保留着在剑桥的住房。每周两度去执行任务，不值勤的日子，就仍回到剑桥来。他屡次对我说，去轰炸德国鲁尔的工业设施，他不心疼。他最怕的是被派去轰炸意大利。他说，两次欧战都是欧洲人的自杀。他含着一腔热泪对我说：人类的希望在东方，但愿你们将来搞机械化的时候，千万别把固有的文明都丢掉。可惜下一次执行任务后他再也没回来。

剑桥叫我难忘，主要在于她对真理、对科学精神，对天文、生物、物理、原子的那种刻苦追求精神。卡文迪许试验室的灯光时常通宵达旦地亮着，剑桥天文台的望远镜和医学研究所的显微镜，经常勾起我对未知世界的神秘联想。

一次，在哲学家罗素的小型茶会上，我遇到一位怪人——正在十分认真地研究鬼学的心理系教授。席间他大谈人鬼之间传递信息的可能性。当时我纳闷他怎么没被大学评议会除名，也没遭到同僚们的孤立、歧视或鄙夷。后来另一位剑桥朋友听我提起此事，说他本人并不信鬼，偌大个剑桥，除了此公，谁也不信鬼。也不是没人背后非议他，然而让这位鬼学家安然无恙地存在着，既无伤大雅，又足以保持住剑桥在学术方面自由探讨的空气。大家都想在真理方面有所突破，而不是墨守成规。牛顿的万有引力定

律和达尔文的进化论就正是在这种气氛中探索出来的。

剑桥不仅为世界培养了许多一流的经营管理人才和杰出的科学家。这套《剑桥文丛》的作者大多都是本世纪世界级的科学家，大多曾在剑桥任教，是英国皇家学会的会员。像《穿越时空》的作者詹姆斯·金斯，最早提出物质不断创生理论，在天文理论方面也有不少创新，但闻名于世的还是由于他的天文科普著作。《残缺的记忆》的作者奥托·弗里希，他参与了现代物理学的一些重大事件，参加了研制第一个原子弹的工作，“感情原子核的裂变”这个词还是他发明的。他以这本精彩而幽默的个性回忆录，为本世纪许多最重大科学发现背后的人物和事件增加了迷人的色彩。《预测未来》的作者斯蒂芬·霍金 1974 年当选为皇家学会最年轻的会员，1979 年，任剑大卢卡斯讲座教授，这是牛顿曾经担任的职位。他有关大爆炸、黑洞的发现有助于把相对论和量子力学联系起来。他写的《时间简史》畅销全世界。

这种由世界级科学大家亲自撰写的科普读物，是目前国内科普读物中最缺乏的。本套作品我看不仅适合青少年，同时也适合成人阅读。出版者的直接意图并不在教给人们多少知识，而在于培养一种科学思考生命、思考世界的方法和科学精神。对那些勤于思考的人来说，思考本身即是科学的荣耀。物质和头脑两方面的完善，对一个现代化人更为重要，那更有助于他清楚地了解和思考自身在空间中的存在。

虚拟现实：虚幻的世界

照一下镜子，镜中可见到你的形象。当然，镜中什么都没有。物理学家将这种形象称作“虚拟图像”。“虚拟”是“不真实”或“虚构”的意思。今天，科学家们远不止利用镜子来推出虚构的东西。他们利用功能强大的计算机推出看上去真实，其实并不存在的整个世界。当你步入这些世界时犹如置身于虚拟现实之中。

“虚拟现实”一词是虚拟现实实验室研究的创始人贾朗·拉尼尔于1989年发明的，它向我们展现了一个崭新的领域。史蒂夫·奥克斯塔卡尼斯和戴维·布莱特纳在《硅片奇迹》一书中称，“它是人们可潜心研究的、计算机生成的、交互式三维环境。”然而计算机是怎样生成这个人工世界的呢？更引人入胜的是，人们怎样进入这个世界并与之交互作用呢？这与大象分娩一样难度很大。

技 术

利用计算机为虚拟现实编程的目的是让人相信自己身处于一个其实并不存在的世界。为此，这个世界必须欺骗你的感觉，特别是你的视觉、听觉和触觉。在这三者中，视觉欺骗最重要，也是技术开发人员的研究重点所在。

今天，虚拟现实是头盔显示器产生的。所谓头盔显示器说得确切是一些罩住眼睛、用起来有所不便的头盔状的设备。在头盔中分别给每只眼睛配备一个2英寸~3英寸的小屏幕。在设计得更完善的头盔中，屏幕可从头部周围部分地卷起。从而你可通过观察周围情况来确信虚拟世界的存在。

屏幕可以是我們很熟悉的阴极射线管或液晶显示器，阴极射线管是典型的电视屏幕或计算机监视器。液晶显示器则重量轻，价格便宜，不过阴极射线管可产生分辨率更高的图像。事实上，液晶显示器的图像往往像卡通片，不十分逼真。

不论用哪种屏幕，一旦计算机开始工作，立体重叠图像以每秒60幅或60幅以上的速度在观察者眼前快速持续地闪烁。人的每只眼睛在稍微不同的时刻看到不同的图像；结果观察者可即刻融入一个三维环境。不过，乐趣才刚刚开始。多数头盔都配有传感器，可执行定位/定向跟踪等必要功能。这些传感器跟踪每个动作，每次转动，每点一次头，都将这些信息传给计算机。

跟踪器有多种，每种都有其优缺点。其中一种是装在头盔顶部的照相机，在人移动时采集顶灯闪光信号，让计算机了解人的去向。在时下流行的Nintendo（日本电子游戏机商标名——译注）功能手套游戏系统中，游戏人戴着一种发出高频的咔嚓声的特制手套。Nintendo计算机中的麦克风探测到这些超声波咔嚓声，并把它们转换成游戏人手掌的屏幕运动。

第三种跟踪方法，也是时下最流行的方法，叫磁性位置传感。在头盔或手套内安装互成不同角度的两组线圈。电流通过一组线圈时，产生一个小磁场。手或头活动时，第二组线圈在磁场中移动，在这些线圈中产生小电流。正确编程的计算机利用这种感应电流可追踪身体特定部位的移动。

虚拟现实实验室的数据手套也使用这种运动探测方式。这比 Nintendo 的功能手套先进许多，不过成本也为后者的 100 倍。

尽管磁性位置传感已得到广泛应用，图像提取将是未来的跟踪方式。图像提取技术使用一组摄像机从不同角度来跟踪被观测对象的活动，然后把数据输入编程计算机中进行活动分析。这是所有位置传感方式中精度最高的一种，可在屏幕上产生最逼真的运动。而且，采用图像提取技术不必戴上颇为不便的设备。可惜这也是所有方法中计算强度最大的一种。需要使用功率很大的巨型计算机和十分复杂的编程，下世纪之前这项技术不会被投放到消费市场。

在虚拟世界中准确跟踪你的运动至关重要，因为只有这样，计算机才能准确地改变环境。当你转向右边时，你希望所看到的图像能与真实世界一样。当你穿过房间时，随着你走近物体，物体应变大。当你绕椅子踱步时，不仅椅子的外观要发生平稳适当的变化，还要显示视差，与远处的物体相比，掠过你的视野更快些。如果房间里亮着灯，计算机必须不断调整明暗和影子，以产生真实的幻觉。不用说，所有这些改变和调整都对计算机提出了很高的要求。为避免出现电影中慢动作播放的不平稳、断断续续的运动，计算机必须每秒更新镜头 15 次。环境越复杂，计算机要处理的物体越多，计算就越多。目前计算机的功能还不可能处理这么多的数据。因此，虚拟世界仍然是利用代表真人漫画的数字简单地构成和装饰的。

好像计算机在欺骗你的视觉方面没有太大的麻烦似的，还要与你的听觉比比高低。为了能做到以假乱真，三维虚拟世界所拥有的声响还必须与你在类似的真实环境中所听到的声响完全相似，使你觉察不出来。放在屋中一隅播放的收音机必须做到让人听起来声音像来自屋中一隅似的。如果你走远一点，声音则必须弱一些。如果你走到屋子的另一边，声音听起来就要像从那儿传来似的。

奥克斯塔卡尔尼斯和布莱特纳在他们撰写的书中，谈到威斯康星大学弗雷德·赖特曼和多丽丝·基斯特勒所做的一项有趣实验。赖特曼和基斯特勒想确切地知道耳朵从三维空间听到声音时能听到些什么。然后，将这个数据输入计算机，计算机可模拟从不同方向到达耳朵的声波的形状。他们先让接受试验人员在屋中落座，将一个很小的探管传声器深深地塞入他的耳朵，并贴近其耳鼓。整个房间中的 144 个扬声器各发出不同的声音。每个扬声器所发出的特殊声音都用微音器收听并录下来。通过耳机将录音播放时，其音质与最初从不同扬声器所发出的声音显然一样。

利用从上述试验获得的足够的的数据，采用一组立体声耳机，一个定位/定向跟踪电路耦合系统以及配有十分复杂的计算能力的巨型计算机（解题战略），可得到接近真实生活和合理地实时变化的声音。

虚拟现实还让我们感受到触觉。当你抓住一只虚拟球，打开虚拟电灯开关，用手指抚摸虚拟女友的头发，把手伸入一桶虚拟水中，或摸一下虚拟玫瑰上的虚拟刺，你想有某种知觉，在远处模拟真实事物的某种感觉。处在虚拟环境中，连初步的触觉都没有就会大大降低幻觉效果。不幸的是，直到最近，人们还只好满足于这种大大折扣的幻觉效果。根本得不到触觉反馈。现在，虽说已取得进展，但结果仍然远远落后于实际。虚拟现实研究人员面临的最大挑战也许就是复制出触觉。

这有一个十分重要的问题，触觉有别于视觉和听觉，需要皮肤与物体

接触。触觉模拟的主要工作都针对手，手毕竟是人类驾驭环境的主要手段，手上的触觉感受器最多。手的工作模式大体上可归纳为通过使用特别设计的手套，跟踪手指弯曲等手的所有运动，然后在头戴三维显示器上用计算机产生的虚拟手来模拟。迄今，这方面还算顺利。但是，伸出虚拟手去抓物体又会怎样呢？这时，手套必须传递出已摸到东西的感觉。

能做到这一点的方法有多种，其中有一种已被采用。回顾 80 年代中期，美国空军把压电晶体缝在手套的指尖部位，通电时，晶体震动，产生触觉。尽管这种做法很原始且不准，不过飞行员已在虚拟仪表板上成功地进行了飞行模拟。

第二步要将感觉引入虚拟世界，这也许是更颇有抱负的尝试，其特点是采用分布在手套下侧的许多小气囊。当你触摸一件虚拟物体时，适用的气囊膨胀，往手指和手掌施加了压力。再来一次，触感不很真实。不过当你伸出手去抓一件并不存在的东西，你能指望拿到什么？

至少在可预见的将来，不能寄予太多的希望。随着人类发挥独创精神推出更富有创造力的方法，模拟手部乃至全身的神经末梢和肌肉（虚拟现实实验室已经创造出与数据手套配套的数据服），这种局面会改观，但是肯定仍有局限性。例如，你无法坐在一把虚拟椅子上和靠在虚拟墙上。因为，你缺少支撑物。当物体提起时，你无法感觉到物体的重量，除非手套中有装置可提供压力。但是，略有触觉的模拟总比没有强。让我们看一看现今已造出哪些虚拟世界，再想想明天的虚拟世界。

应 用

虚拟现实将不仅仅是代替电视机而已。

阿瑟·C·克拉克

在上述这段文字中，身为最优秀的科幻小说家之一的克拉克的观点十分鲜明，他确信虚拟现实对人类娱乐生活将产生意义深远的影响。而这是不是有点言过其实？或许不是。虽然虚拟现实绝对适应不了真实世界结构的错综复杂或丰富多彩，不过它也提供了投入和交互两种魔力。相比之下，电视则纯属被动式。绝不能将虚拟现实的用户说成懒汉，他们的行动会十分迅速。例如，自动办公设备公司推出了一种游乐中心式游戏，虚拟短网拍墙球（比赛规则和场地都与有四面墙场地的墙手球相同，但击球用以皮带拴腕的短柄球拍，球较墙手球略大而软——译注）。戴上头盔和数据手套，利用运动跟踪系统握着短网球拍，你会突然发现自己身在虚拟短网拍墙球的球场内，准备接发球。你的短网球拍的所有运动都由计算机的图形系统如实复制，就像你与计算机或另一可能远在几千英里之外的人打球。你的肾上腺素开始流动。到游戏一结束，你着实出了一身汗。

1993 年 3 月，W 工业公司制作的“手指恶梦”是另一个虚拟现实交互游戏，截止 1993 年 3 月已在美国十来家虚拟现实中心上市。这种游戏的目标是抢在对手（即这个游戏的另一方）发现并摧毁你之前干掉“他”。游戏中的另一个威胁是由计算机产生的翼趾怪物，它会猛扑下来，用爪子抓住你。这是一种初级仿真游戏，反映了当时虚拟现实游戏系统的水平。虚拟世界虽然是立体的，但像卡通片似的，没有触觉反馈，只是通过控制杆

上按键进行活动。然而人们还是排起长队花 4 美元去作 3 分钟的体验。也应当将这种游戏称作“经济恶梦”才对。

虚拟现实以后无疑会成为娱乐界的佼佼者。它可以使梦想成真。戴上头盔，拿着一把特制的吉他，计算机会使你如身临摇滚演唱会，给成百上千名狂热的歌迷演奏。此后，你就绝不会再去唱卡拉 OK 了。

虚拟现实在娱乐上的应用完全仅受到人们的想象力的限制。如果说 Nintendo 等家庭娱乐系统是一种征兆，虚拟现实将会普及得很快。不过，我们应指出，虚拟现实要比不用脑子的游乐中心游戏强得多，以免人们把虚拟现实当作“虚拟电视”。其真正的价值并不在于造就一个人工世界，而是帮助我们更好地理解真实世界。例如，位于查佩尔希尔的北卡罗莱那大学的化学家们正在戴上护目镜，投入双螺旋蛋白分子的三维世界中去。他们使用操纵杆或控制臂操纵更小的药物分子的图像，试图将这些图像置于蛋白质的活跃部位。操纵杆中甚至有引力和阻力（这是蛋白质的电磁力）。在药物分子接近时，蛋白质发生意外扭曲。药物公司通过这些模拟，希望在开始投入生产之前能了解哪种实验药物疗效最好。

1992 年《科学》杂志上有一篇文章把现实的计算机模拟称作“科学的第三分支”（该文并未说明前两个分支是什么）。美国宇航局在阿莫斯研究中心，根据飞往火星的卫星和探测器收集到的数据，将虚拟现实技术用于再现火星表面。城市开发商用一个含 80 个街区乘 80 个街区的虚拟模型来重建洛杉矶南部被暴乱毁掉的地区。他们利用仿真在这个地区踱步或疾步行走，可以发现并进而修改设计中的疏忽和错误。建筑师和汽车制造商采用同样方法出于同样的考虑使用虚拟现实技术来设计新住宅和新的汽车模型。1992 年 1 月的《科学新闻》报道：“在日本，顾客可以在设备陈列室的计算机屏幕上设计一间新厨房，而后戴上护目镜和手套试试想象中的发着微光的模拟小厨房。”

各种虚拟现实技术（尽管并非真正投入和交互）甚至已经用于法庭。在 1991 年的洛杉矶淫秽电影大王谋杀案中，其兄弟是嫌疑犯。原告及其律师设置了虚拟的犯罪现场，重现谋杀情景。在看了模拟后，法庭裁定嫌疑犯有罪。

应当指出，有意思的是，军方在虚拟现实的研究上投入了大量资金，当然军方是虚拟现实研究和发展的最大资金来源。奥克斯塔卡尔尼斯和布莱特纳说：“要是没有国防部，虚拟现实也许还未面世呢。”军方使用最新式的头盔、服装和世界上最快的巨型计算机，正在开拓供飞行员训练飞行用的近真实的环境。通过世界上最大的投入式仿真网络设备 SIMNET，美国和欧洲的军事人员正在搞战争演习和仿真的恐怖分子袭击，为防范真的出现这些情况作准备。1992 至 1996 年期间，美国军方计划耗资 5 亿多美元进行仿真研究（飞行仿真所用的一种头盔的造价为 100 万美元）。

医学上也开始使用虚拟现实技术。医生们现在在有各种虚拟损伤和肿瘤的虚拟病人身上练习外科手术。我们来看一下奥克斯塔卡尔尼斯和布莱特纳在《硅片奇迹》一书中对这一情景所作的下述描述：

米亚卡瓦医生伸出手去，可感受到戴上手套的手中的虚拟手术刀，当他切割皮肤时，计算机控制的小马达不出声响地快速转动着，产生以假乱真的阻力。外科医生在进行手术的过程中，精心编程的计算机通过护目镜向医生展现皮肤收缩、血液流动、内

部骨骼和潜在的问题。

虚拟现实的先驱和泰斗，贾朗·拉尼尔认为虚拟现实未来的“巨大市场”会是医学。有朝一日，世界上某地的医生可以对数千英里以外的病人完成棘手的手术。手术室机器人身上的摄像机将成为外科医生的眼睛。外科医生所戴的手套将不再是消过毒的橡皮手套，而是精度极高可遥控跟踪和进行触觉反馈的手套，手术器件用机械手来控制。

现场感受远方正在发展的事情，如千里之外的手术，叫远景显现。纯粹主义者认为远程存在并不是真正的虚拟现实，因为并未出现一个人工的、计算机控制的环境。他们说的对，但为什么分得这么细呢？技术、硬件、投入和交互均出现了。当然，意义就在这里。下个世纪，分布在世界各地的商业人员，通过计算机联网、头盔显示器，在虚拟会议室中聚会并讨论商务。虽然，他们各在大洋一方，但都投入彼此交互的仿真环境，如同在一个会议室聚会。这叫做远程电话会议，这种想法将变为现实。

你有恐高症吗？怕蛇吗？怕蜘蛛吗？得，算你幸运。治疗专家正计划将虚拟现实用于治愈神经官能症。让患者面对虚拟的蛇和蜘蛛，设法让他们对这些东西不敏感并最终治愈。

虚拟现实在性领域应用的潜力很大。不幸的是，当虚拟性生活最终发展到以假乱真时，恐怕你已太老而享受不了其中的乐趣了。用《虚拟现实》这本畅销书的作者霍华德·莱茵戈德的话来说，虚拟性生活是“21世纪初期和中叶的技术，并非翌年就能实现的。”其原因有两条：一是计算能力跟不上，二是没有适用的硬件（不是双关语）因而无法得到必要的触觉。但是，如果莱茵戈德谈到未来虚拟性生活的一段话可作为未来实际性生活征兆的话，那么耐心地等待还是值得的：

在爬进一间配有舒适的床垫的房间和戴上三维眼镜之前，你穿上轻质的紧身连衫裤（有人希望这种连衫裤是透明的），犹如衣裤相连的紧身内衣，但这种紧身衣配有可得到性生活快感的避孕套。在这套衣服的内侧使用现在尚未问世的技术，那是一套智能型传感器-效应器，其实这是与硬度不同的振动器配套的小型触觉探测器网，每平方英寸上有几百个，可以接收和传输触觉的真实感觉……你可以把脸颊靠在虚拟缎子上，感受触摸虚拟肌肉的不同感觉，或者你可以慢慢挤压某个软且弯柔的东西，并感受到经过你触摸后，这个东西变硬了。

现在想象把你整个听觉-视觉-触觉远程存在系统都接入电话网。你看到你自身和你配偶的身体像真的但却是人工的虚拟再现……你把手放在配偶的锁骨上，而在6000英里以外，一组效应器正以正确的顺序和频率传送你所希望传送的触摸。

真不错。仿真性行为被称作远程人造阴茎性活动，这比远程电话会议强多了。在虚拟约会结束之后，你可以轻拨计算机触发器，享受一下清新的虚拟冷水浴。拿一块厚实干爽的虚拟浴巾擦干全身。可惜，当你结束这场电子虚拟现实，爬出连衫裤时，你仍旧感到闷热，身上沾着真实的汗水。这才是真的。

（段斐然 译）

我的兄弟，克隆人

我是一个克隆人。但是，我的诞生不是某个违反道德守则的科学研究的結果。我是一个克隆人，因为事实上我有一个与我一模一样的双胞胎。他，实际上，也是本书的共同作者之一。

简单地说，克隆人是基因的复制品。怀孕时，发育我的卵子在受精后分裂时并未保留大量细胞。开始时，它分裂成两群。一群成长为一个聪明、英俊、有魅力的年轻小伙，也就是我。另一群则成为我的孪生兄弟。不过，重要的是我们都来自同一个合子或受精卵（一模一样的双胞胎更确切的名稱是单卵双生）。这意味着我们的脱氧核糖核酸 DNA（我们的基因组合）是相同的。双生是一种自然克隆¹。

克隆一般见于物种。生物体无性再生的结果（没有其他配偶体），克隆是单亲的产物。事实上，所有植物都可以克隆自己。土豆的块茎，草莓的长匍茎和醉蝶花属植物，以及郁金香球茎，都可以进行亲代克隆。而种子则是花粉粒受精卵的结果，属于有性生殖。每个种子发芽长成一个有独特基因的个体，就是非克隆。

克隆维持着各代动植物特定种类的同—性。这是无性生殖的一个特点。也是人类长期以来一直利用的一个特点。当你截下一段喜爱的盆栽植物并把它的根埋入土壤里，长出来的新植物就是原植物克隆个体。当你品尝一只“美味”的苹果（一种红苹果——译注）或麦金托什苹果（由麦金托什培育的一种晚熟的皮薄汁多带香味的红苹果——译注）或无子桔子时，你吃的是克隆植物。它是通过在普通树上嫁接优良果树的嫩枝或幼枝获得的。实际上，克隆一词来自希腊文中的 klon，意思是“细枝”或“幼枝”。早在 4000 年以前就进行了葡萄、香蕉、白薯、甘蔗、菠萝、芦笋乃至大蒜的人工克隆。

动物的无性繁殖没有植物那样普遍。尽管所有的动物都是有性繁殖，无性繁殖通常仅限于简单的无脊椎动物。水母或扁虫夹断身上的一小段，让大量的细胞长成一个新个体。雌蚜产下的卵，不授精就长成基因与其母体相同的新蚜。有几种鱼、两栖动物和蜥蜴也可以进行无性繁殖，即单性生殖（详见《物种的性活动》）。但是脊椎动物基本上无法通过自身的一部分，哪怕是一大块或一个单个的细胞，长成为一个新个体。动物进化为脊椎动物之后已丧失了这种能力。科学能重现这种能力吗？科学是否应该重现这种能力？

克隆动物：一段历史

克隆动物学实际上研究细胞分化。为什么受精卵细胞可以分裂长出骨骼、肌肉和皮肤的细胞，而成人的皮肤细胞和肌肉细胞只能分别造出更多的皮肤细胞和肌肉细胞呢？为什么一个具有受精卵细胞的所有 DNA 的皮肤细胞不能像卵细胞一样长成新的人？这是生物学尚未解开的最大的谜。到人类解开胚胎演化之谜时，人类就找到了治愈癌症和人类其他大量疾病以及防止衰老的方法。

¹ 南美犰狳在克隆方面很有意思。雌犰狳的受精卵在细胞分离时分成四部分，因此经常生四胞胎。

上世纪末，德国生物学家奥古斯特·韦斯曼提出了设法解释细胞分化最早的一种学说，认为受精卵的基因因子在胚胎细胞分裂时分裂。最后，各细胞会得到细胞特化所需要的基因因子。例如，一个皮肤细胞会得到只形成皮肤的基因因子，而一个肌肉细胞会具有只形成肌肉的基因因子。

这种学说经不起科学检验，后来被抛弃了。将一个双细胞青蛙胚胎晃动到两个细胞分离时，每个细胞长成健康的蝌蚪，继而长成一只健康的成蛙。细胞并未分摊到因子。

现在，我们知道，在每次分裂中，各个细胞获得原胚胎中的所有基因物质。分裂过程如下：在分裂全过程的某个环节，细胞中的基因不可逆地减少，限制细胞分化的潜力。在胚胎发育过程中，不同基因变成不同细胞，细胞定向发育。细胞能否不特化呢？切断的基因能否再接上？利用科学技术手段，能否让皮肤细胞再生，是否有再造一个健全的人的潜力？回答是不可能，至少目前不能，虽然十分引人入胜的科幻小说中都有这方面的内容。

艾拉·莱文在其 1976 年发表的《来自巴西的男孩》一书（后来拍成了电影）谈到，亲纳粹的科学家取得希特勒的身体细胞，并把它们发育成新的希特勒。好像希特勒还不够味似的，作家迈克尔·克莱顿撰写的《侏罗纪公园》一书写到利用恐龙 DNA 碎片无性繁殖出恐龙。从靠吸取恐龙血为生的尚未变成琥珀化石的史前昆虫的腹部萃取到所需的基因物质。这些书显然都是科幻小说，写出来也完全是为了娱乐。但是，戴维·罗威克于 1978 年推出的一本题目为《他的影像——克隆人》的图书十分畅销。该书认定克隆人已经出现，一个经商的富翁给了科学家们 100 多万美元，让他们用他的一个皮肤细胞或一个肝脏细胞（书中没有谈采用人体的哪部分细胞）复制自己。

最后，各国科学家都称该书纯属无稽之谈。一位曾被盗用姓名并与克隆实验联系在一起的科学家甚至打赢了与出版商的官司。但是，罗威克描述了十分令人信服的制造克隆人的过程，并在青蛙等低等脊椎动物身上做了实验。

哦，可怜的青蛙。它连同一种与海星有关的小型海洋生物海胆一起，从 19 世纪 50 年代开始就遭到胚胎学家无情地捕捉。按哺乳学家的标准，原因有二，其一是青蛙卵太大。其二是它们在体外受精和生长，便于掌握和研究胚胎分化。

因此，胚胎学家设法利用青蛙卵（这些卵当然在一小碟池塘水中）克隆出成蛙。其过程很简单：

1. 移走成年青蛙体细胞中带有基因物质的细胞核。
2. 将该细胞核放入一个卵细胞中，用精子激活（该精子的细胞核已通过显微手术移走了）。
3. 观察有细胞核的胚胎长成一只克隆青蛙。

此类所谓的核子转移研究肯定会失败，因为成蛙细胞核即使在被激活的受精卵中，仍然无法活化被切断的基因并分化成新的生物体。因此，50 年代初，又进行了这项试验，这次使用仅出生一天的青蛙胚胎的细胞核。仅出生一天的胚胎叫作囊胚，包括几千个细胞。试验顺利地进行，结果出现健康的蝌蚪和成蛙。

令人惊讶的是，从一只成蛙的癌细胞中取出核子，将其植入一个去核

的卵子中，也能产生蝌蚪和成蛙。这个结果让许多生物学家震惊，他们一直认为大量肿瘤细胞会扩散，显而易见，细胞癌变时，将特化细胞中本应切断的基因接通。也许到将来，可从致死的那个癌细胞中克隆出一个新的你。这是一种有趣的想法，不过还是让我们回过头来看看。

70年代中期，牛津大学的J.B.格登博士和他的助手从完全发育的蝌蚪的肠细胞中取出细胞核，将它移植到去核的卵细胞中，再次造出一只普通的青蛙。显而易见，分化的基因在蝌蚪阶段尚未被不可逆转地抑制住。卵细胞在适宜的环境中还可以复原。可惜这方面的机能至今还是个谜。

对青蛙所作的实验导致了几项重大进展。但是哺乳动物又如何呢？克隆能成功地用在人类那样有毛发的热血动物身上吗？

回答是肯定的。80年代初，日内瓦的生物学家们克隆出3只老鼠。他们所用的方法与克隆青蛙一样。从早期胚胎细胞中提取核子并将其植入被精液激活的卵子中。但是，和受精的青蛙卵的不同是，必须将老鼠胚胎植入雌鼠体中培养。

自胚胎学发展的早期到现在，在克隆的前沿研究中还未出现惊天动地的突破。费尽心机的生物学家始终无法提取出成年细胞核，不能使细胞核特化的基因与这些细胞核匹配。1993年下半年，新闻媒介对虚有其表的克隆人争论不休，但这种反应过于激烈。并没有克隆出成年人，科学家远未能达到这一目标。也许可以做到双生，肯定可以做到裂球分离，但还没有无性繁殖出人来。让我们详细了解一下实际取得的成就。

裂球分离

受精卵开始分裂时，得到的胚胎细胞叫裂球。1970年，动物研究学家分离了两个裂球，并将其用来造出相同的双生幼鼠。任何子宫可以孕育胚胎，而不需要生物学中所说母体胚胎。1979年，英国剑桥大学动物生理学院进行的裂球分离，创造出几组相同的双生羊羔。不久，上述程序被用来造出小牛。对动物饲养员来说，让优良家畜生产许多后代的“人工双生”办法已老掉牙了。但是1993年10月，杰里·L·霍尔和罗勃特·J·斯蒂尔曼首次对人进行了“成功”的裂球分离。所谓“成功”并非指在人的子宫中实际植入培育的裂球。那种实验是不道德和不合法的。他们的做法如下：

在乔治·华盛顿大学体外受精诊所中工作的霍尔和斯蒂尔曼选择了17种被多种精液受精的胚胎。一些有缺陷的胚胎并未存活，打算将其抛弃。所有选出的胚胎都处于卵裂早期（受精后的分裂），包括2到8个不等的裂球。用一种链霉菌蛋白酶来分解一般能保护发育中的卵子的名叫“卵膜”的透明胶状涂层，将裂球逐个分离并包入从海草中提取的合成卵膜中。

研究人员把这些裂球放入一个碟子中培育。来自双细胞胚胎的细胞发育最好，有些甚至达到了32个细胞的阶段。这时，可将它们植入子宫中。总之，霍尔和斯蒂尔曼共造出48个“克隆生物”。

这并不是是一门新科学。如前所述，家畜业使用这项技术已有几十年。霍尔和斯蒂尔曼并没有按家畜饲养的标准做法，把核子从胚胎细胞移植到卵细胞中。那么为什么要紧张不安呢？因为人不是家畜。这是首次对人的胚胎做的实验，虽然它不能发育。

许多人根本无法接受对人的胚胎的研究，他们担心这项技术会被用于制造阴谋。使用“优秀”人才的精液和卵子可以造出“优秀”的裂球，这样就可以成立孩童加工厂。“子宫出租”一类的标牌将到处可见。一个家庭可能由不同年龄的相同双生儿组成。只需将分离的裂球冷冻，需要时可以生另一个孪生儿。悖理的结果是一位母亲可按自己的想象生出双胞胎。如果一个孩子在任何方面都表现得很优秀，那么甚至可以向出价最高的人出售他冷冻的克隆细胞。

这听起来荒唐吧？多数生物学家都相信这有可能成为现实，克隆出一支全部由希特勒组成的军队将是一幅令人信服的未来景象。让我回想一下下述事件：在 1990 年，阿贝和玛丽·阿亚拉承认她们曾设想为一位患有白血病的生命垂危的姐姐提供她的同胞小妹妹的骨髓。让冷冻的胚胎生长，并在此后某个时间抽取其中某个部分用作身体备用的想法并不太令人吃惊。因为，无性繁殖体与它们的基因双生完全匹配，不会遇到任何器官排斥反应问题。

这也难怪重视医德的人会批评这种以近乎宗教般的狂热作任何形式的人体实验，以及搞无性繁殖或孪生实验。但是，早期胚胎实验也出现了混乱。对先驱者来说，这种研究为成千上万对无法生育的夫妇造福。现在，医生用单个卵细胞进行体外受精的成功率只有 10%。利用裂球分离法来造出几个可植入的胚胎，成功率会大大提高。

裂球分离还广泛用于新型的基因诊断。采用这种方法，有家族性严重遗传病史的夫妇（如家庭性黑蒙性白痴、囊性纤维变性或肌营养不良）都可以进行体外受精。用一根微型导管在胚胎的卵膜开个口并吸出一个裂球，找出 DNA 中有缺陷的基因。麻烦在于，有时一个细胞还不够。如果利用霍尔和斯蒂尔曼技术可复制多个单一的裂球，就可以收集到足够的 DNA 来进行一次成功的实验。

总之，如果人类不扪心自问并进行调查，就不会有长进。以前的外科医生不将人体打开，就学不到外科技能。科学家不研究受精卵，就无法知晓受精卵如何分化。也许我们应引用 17 世纪英国伟大哲学家托马斯·霍布斯的至理名言“知识就是力量”。我们只是真诚地希望这种力量能用来造福人类。

（段斐然 译）

温度的极限

先将温度计放在嘴里含 7 分钟，再取出，温度读数为 98.6°F 。要是感到身体不舒服，温度读数为 103°F 或 104°F 。许多人人都知道如果温度读数为 110°F ，人会死去。读数为 90°F 时，人已死一段时间了。我们都知悉体温的意义，也知悉温度在天气预报中的意义。例如在 20°F 时，作户外运动就要穿上冬装； 90°F ，就得去海滨。我们很熟悉温度和日常生活关系密切。但是温度究竟是什么？ 20°F 、 90°F 乃至 9000°F 时的空气有何不同？

温度指冷热程度

温度是热和冷的测量单位，由分子的运动或动能确定。

永恒运动

所有的分子都在运动：正如在气体中分子向所有方向散开；在液体中，粘在一起滑动；在固体中，固定在其位置上振动，这种运动产生热和温度。一组分子动能越大，温度就越高。即使是在物质少量取样中，分子的运动速度也不同，因此以一组分子的平均动能来定义温度。身体健康不发烧时，体温为 98.6°F 左右。 98.6°F 是什么意思？ 98.6 盎司约为 6 磅。 98.6 英寸约为 8 英尺。那么 98.6°F 是多少？

英寸和英尺是距离的度量单位，盎司和磅是重量的度量单位，同样华氏度是温度的度量单位，称作华氏温标。荷兰裔德国物理学家丹尼尔·加布里埃尔·华伦海特于 1714 年率先推出精度的确很高的温度计。以往的温度计基于空气等气体或酒精或水等液体的膨胀和收缩，而华氏温度计使用了液体水银。事实证明，水银在许多方面优于其他物质。其一，在所有液体中，水银的膨胀率最均匀，而水随温度变化时其的膨胀尤为不均匀。其二，水银不如水那样容易结冰，不如酒精那样容易沸腾，在很宽的温度范围内都保持液态。其三，水和酒精会附在玻璃表面。水温度计或酒精温度计的温度下降时，一些液体附在玻璃上，下降缓慢，因此很难得出温度的精确读数。

华伦海特还发明了一种校准他所推出的温度计的温标。艾萨克·牛顿建议以水的凝固点、人的体温作为温度计的标定点，并将水的凝固点定为 0 度，华伦海特推出的温标基本上以它为基础。同时他还意识到这样一来，冬天的温度将低于零度。为了尽量避免负温度，将盐加到水中以降低水的凝固点。他将盐水凝固温度定为 0 华氏度（即 0°F ）。然后将 0 度到体温之间的间隔分成 96 等份（为什么这样划分无可奉告），将体温定为 96°F 。根据这一温标，纯水的凝固点接近 32°F ，沸点接近 212°F 。

科学家进一步了解水的物理和化学特性后发现，纯水的凝固点和沸点很有参考价值。因此，华伦海特调整了温标，将凝固点正好定为 32°F ，沸点为 212°F ，其间的间隔分成 180 等份。体温就调整为 98.6°F 。

在美国，除科学界以外的其他领域主要采用华氏温标。其他许多国家（即便是华氏温标的发源地英国）及那些国家的科学家都使用瑞典天文学

家安德·摄尔西乌斯于 1742 年发明的另一种温标。这种温标极其简单，它将纯水的凝固点定为 0 度，沸点定为 100 度，将其间的间隔分成 100 等份（奇怪的是，摄尔西乌斯先将凝固点定为 100 度，沸点为 0 度，但第二年就将两者倒了过来）。起先这种温标称为百分标，即分成“100 等份”，在 1948 年之后大家达成一致，将其更名为摄氏温标（这两种温标的符号都是 C，因而在教科书中不必修改）。

图 1 对华氏温标和摄氏温标作了比较。

另一种温标是法国物理学家列奥米尔于 1731 年发明的列氏温标，该温标将水的凝固点计为 0 度，沸点计为 80 度。这种温标也曾持续使用了一段时间，但后来逐渐失去了影响，现在只是科学上的一段小插曲而已。

列奥米尔之后的一个多世纪之内温标并没有很大变化。看来找不出什么理由将水的凝固点和沸点之间的间隔分成其他等份。但是不久，物理界发现将水的凝固点作为温标的起点没有任何意义。

高温和低温的极限

数千年来人们都知道，物体受热膨胀，冷却时收缩（但水在一定温度时有例外，参见《奇妙的水分子》）。温度变化时，固体和液体几乎不膨胀也不收缩，少量有变化的也因物质而异。例如，金属铝的膨胀比矿石石英快 77 倍。气体则并非如此。温度变化时，所有气体都随之发生明显的膨胀和收缩，且变化率相同，是一般固体的 300 倍。

气体收缩率不变，也出现了一个有意思的问题。气体冷却时以恒定比率收缩会不会越缩越小，最终缩到物质消失？那时会出现什么现象？物质怎么能没有体积不占空间，而基本上消失呢？

法国化学家约瑟夫·路易斯·盖伊·勒萨克在 18 世纪末期提出了这个问题。他取出一定体积的气体以 0 为起始温度将其慢慢冷却并记录其体积的变化。气体温度每下降 1 度，体积减少 $1/273$ 。例如，他用 273 加仑的氧气从 0 开始实验，温度降为 -1 时，体积减为 272 加仑；在 -10 时，体积变为 263 加仑；在 -50 时，变成 223 加仑，依此类推。那么如果气体温度为 -273，又怎样呢？体积会减为零吗？

不会。气体在冷却到一定程度时变成液体，收缩率大大下降。温度更低时，液体固化，收缩率进一步减少。因而体积永远不可能降为零。盖伊·勒萨克和其他人的研究导致了另一个有趣的问题：物体的冷却到底有无限度？

-273 是一个令人感兴趣的值。物理学家开始将温度变化与分子动能而不是与体积变化相联系，他们推断，温度从 0 开始每降低 1 度，实验中的氧气体积不仅减少 $1/273$ ，分子也失去了 $1/273$ 的动能。在 -273 时，分子不再运动，甚至在组成分子的原子中移动的电子也不运动，总动能为零。物理学家不会接受这种观点。如果电子不在原子内到处运动，由于两者间的相互吸引，就会被拉向原子核，原子就会崩溃。那么所有物质在 -273

他没有将膨胀考虑进去，某种受约束的限定气体变热时无限膨胀，而宇宙中有足够的空间，很容易接收这个观点。

时都会崩溃。

但是，物质不会崩溃；因此，温度不可能达到-273。事实上存在的温度的下限，即使利用现代的先进技术，也绝不可能达到-273（确切值为-273.16），将来也绝不可能达到。这是物理界“无法做到”的事之一。如果有朝一日做到这一点，将会出现十分奇特的现象。光速是另一个做不到的事（参见《一切事物都是相对的：狭义相对论》）。

不管能否做到，-273 很快得到了很好的应用。1848 年，苏格兰物理学家威廉·汤姆森（后来提升为男爵，头衔开尔文勋爵）提出温标中的零点不应该是水的凝固点（摄氏温标）或 32 度（华氏温标），而应采用能存在的最低温度（水像酒精、苹果汁和巧克力奶油冻一样，仅仅是无数物质之一），这样才有意义。他将这个最低温度称为绝对零度，由此产生的温标称为绝对温标。通常也被称为开氏温标。

为了符合自己的使用目的，开尔文决定修改摄氏温标而不修改华氏温标。1 开 (1K) 和 1 的值实际上相等（今天温度比昨天高 10，同样也高出 10K）。唯一的区别是它们的起点，若开氏温标从 0 开始，那么摄氏温标从 -273 开始（华氏温标从 -460 开始）。

天文学和物理学等领域乐于采用开氏温标。表 1 对开氏温标和摄氏温标的公共值作了比较。

		K
水的沸点	100	373
人的体温	37	310
室温	20	293
水的凝固点	0	273
绝对零度	-273	0

将摄氏温度变为开氏温度，加上 273。

将开氏温度变为摄氏温度，减去 273。

我们已经了解了温度的下限。是否有温度的上限？

460 °F 到 11,000 °F
(-273 到 6000)

尽管我们无法达到绝对零度，但能够十分接近这个温度，仅仅高出十亿分之几度，这种温度下没有气体，也几乎没有液体。您呼吸的空气是块状的固态冰。在分子一级，一切物质都以极低的速度运动。

物体受热时，分子开始振动和摆动。许多分子挣脱束缚。熔解和沸腾下面还要谈到。压力对不同温度下物质的物理状态有一定的作用。物质的熔点和沸点通常指在常压下，或是海平面的标准大气压下。

在高于绝对零度 2 华氏度或 1 摄氏度下（现在，我们开始使用这两种常用温标），氢首先熔解；略高于这一温度（-452 °F 或 -269）就开始沸腾。接着是氦。氧排在第四位，在 -361 °F（-218）时熔解，-297 °F

开氏温标的符号 [°] 通常省略。

(-183)时沸腾，温度再升高 168 °F，就达到地球上的最低气温记录：-129 °F (-89)。这一气温于 1983 年在南极洲出现。最先熔化的金属为汞，在-38 °F (-39)时熔解。冰在 32 °F (0)时溶解。

我们现在来看温标的正值，温度稳步上升。1992 年，利比亚出现了地球上树荫下的最高温度 136 °F (58)。但比 212 °F (100)的沸水温度低得多。更比厨房火炉通常的 550 °F (288)低。550 °F 略高于纸张的燃点。雷·布拉德伯里撰写的《华氏 451 度》一书的书名源于纸张的燃点。书中讲到在未来沉闷的社会，政府为压制思想和言语自由而焚书。

炉内空气达不到将空气加热的火焰热度。标准火炉或炉顶燃烧器所用天然气(甲烷)火焰的温度超过 2000 °F (1039)。这大体上是金和铜的熔点，汽车尾气的温度(汽车发动机的温度可达到 4500 °F)。在这个温度下，受热物体将发出红光。

其他许多金属，如铁在 2795 °F (1535)时熔解。熔点最高的金属是灯泡中发光的灯丝，金属钨。它在 6116 °F (3380)时变为液体。唯有钻石在更高温度下才熔解，其熔点为 6400 °F (3538)。费解的是，钨的沸点为 10,700 °F (5927)，是所有物质中最高的，高于钻石的沸点。

在 7300 °F (约 4000)的常压下根本没有固体存在。

温度还能更高。什么情况下出现这些超高温，在什么过程中出现？

11,000 °F (约 6000)甚至更高

在地下 4000 英里的地球中心处的温度约为 12,000 °F (6649)，略高于太阳表面温度。地球中心处的材料主要是极高压下的固态金属铁和镍。高压产生高温，体积和质量更大的恒星将产生更大的内部压力，核心的温度更高，太阳系中体积最大、质量最大的木星(其质量大于其他 8 个行星质量之和)的核心温度估计高达 3.6 万 °F (约 2 万)。温度之高，所有分子键都无法存在。存在的物质都由单原子和部分原子组成。

既然这时的温度已超过行星的温度，我们来看一下恒星。恒星的表面温度悬殊很大。体积较小的恒星其实温度不算高，约 5400 °F (约 3000)。它们看上去呈红色。太阳的质量约为小恒星的 10 倍，是木星的 1000 倍，因此其内部的压力和热量都很大。它的表面温度约为 10,000 °F (约 5500)，发出黄光。太阳远不能和质量最大、最热的恒星相比。质量最大和温度最高的恒星的表面温度达到 20 万 °F (约 11.1 万)，发出蓝白光。激光束的温度则是这个温度的 10 倍。

激光和恒星表面的温度远远比不上恒星中心的温度。即使是最小的恒星的核心温度也超过 1800 万 °F (约 1000 万)。这是氢聚变的温度，氢聚变是恒星有能量并发光的原因。太阳中心的温度约为 2700 万 °F (1500 万)，质量更大的恒星中心的温度更高。科学家在地球上用氢弹爆炸再现氢聚变反应。托卡马克实验核反应堆在受控实验室条件下可再现氢聚变(不要将托卡马克热核反应装置与世界各国产生社会所需能量的核反应堆混为一谈，后者是裂变反应堆，根本不是实验反应堆，它采用完全不同的核反应过程，释放的能量不如实验核反应堆多)。托卡马克装置的内部温度能达到 7.2 亿 °F (约 4 亿)。

还有温度更高的物质吗？有。恒星将氢用尽，开始死亡时，会出现失常行为。它们开始融合其他元素，核心处温度高达 25 亿 °F (约 14 亿)。最重的恒星在意想不到的爆炸中结束生命，这个过程叫超新星。发生超新星现象时，其核心温度超过 410 亿 °F (约 230 亿)。据报道，粒子加速器中的温度超过 18000 亿 °F (约 10000 亿)。

现在我们知道温度能达到数万亿度。温度有上限吗？物理学家认为既然有温度下限，肯定也存在上限。美国国家标准与技术研究所的约翰·黑斯蒂和大卫·邦内尔以及美国首都华盛顿的国际风险科学中心的琼·贝科威茨合著的《高温》一文中指出，自然界能达到的最大温度受可用能量开始生成物质的限制，估计能达到 $2 \times 10^{12} \text{K}$ ，即 3.6 万亿 °F (约 2 万亿)，比我们现在所知道的温度最高的物体还高一倍。

创世大爆炸也是例外。我们相信宇宙从创世大爆炸开始，当时的温度是无法想象的。按宇宙论者和天文物理学家计算，“大爆炸”的温度达到 $2 \times 10^{32} \text{°F}$ (将 2 改为 1，即为大致的摄氏度)，任何温度都不会高于这个温度了。

(段斐然 译)

奇妙的水分子

心脏能跳动
血液能流动
肺能呼吸，关节能活动，肌肉能运动
多亏有了人体的冷却系统

——埃维昂公司瓶装水广告语节选

水的功能远不止这些。

水是用得最普遍的物质。没有水就没有生命，世界气候就会是另一个样子，最要紧的是无法用微波炉加热食物。水这种物质如此特殊的原因何在？关键在于它的分子结构。

正确的角度

尽管水的行为复杂又独特，它却是又小又简单的分子。它由两个氢原子分别和氧原子键合而成（见图1）。

水分子的三个原子形成 104.5 度角。每个氢原子和氧原子之间的键，叫共价键，通过分享一对电子形成。应当指出，一对电子的共享程度并不均衡。氧比氢更需要电子（这种特性称为负电性）。换言之，氢原子和氧原子键合时，在这个过程中共价电子主要在负电的氧原子周围运动。因此，共价键氧的一侧带负电(-)，氢的一侧带正电(+)(高中物理课本就介绍过电子带负电)。

如果水是线性分子，这些电荷就无关紧要。这种分子应该对称（见图2）。

（为了检验水等由三个原子组成的分子的对称性，画一条横线与一条竖线穿过分子中部。如果分子对称，上下、左右看上去都应该一样。）正电荷均匀地分布在负电荷周围，作用相互抵消。只有一个电荷中心；分子为无极分子。

但是水分子为非线性，呈角分布，因而差异很大（见图3）。

因为呈角分布，因而分子不对称。在负电荷周围，正电荷不均匀分布。作用不能相互抵消，两者都有自己的电荷中心。分子有正负极。这是有极分子，化学家称为偶极子（见图4）。事实上，水是一种特殊的有极分子，其有极属性比几乎其他所有分子都明显。

因而水分子呈非线性，且呈角分布。这方面哪怕稍有差池，生命就不会存在。

黏在一起

因为偶极子有正极与负极，活像小磁铁。分子的正极吸引邻近分子的负极，从而分子黏在一起。蜂蜜黏性大，就是这个原因。图5为水分子相互吸引的示意图。

用虚线表示吸引，因为偶极子间相互吸引涉及氢原子，故称为氢键（氢键表示含氢的有极分子间的相互吸引。氢键比水分子内氧与氢两种原子间的共价键弱）。水分子因其有明显的偶极子属性而由稳固的氢键结合在一起。它们趋于牢牢地粘在一起。牢固到什么程度？用一个医药用的滴管，将水滴小心地滴到硬币上。在水尚未从硬币边沿溢下来之前，数一下硬币上的水滴数。

为了用别的方法演示水分子的黏性，在两个玻璃杯或茶杯中分别装上油和水，尽量将它们放平（和平面平行），分别在两种液体上轻轻地放一个用密度比水和油大得多的钢制成的小纸夹。纸夹本应沉入液体中，但事实是它漂浮在水面上，而不是在油上浮着。

其实，纸夹浮在水面上并非因为有浮力，或两者存在密度差异，而是因为水有黏性，水面上的分子粘在一起构成透不过去的覆盖层，叫表面张力。将纸夹往水面下压，纸夹就会沉下去。

黏在一起的分子形成固体和液体。为了使分子不黏在一起而相互分开，并变成气体，必须向水中增加大量的能量，通常都通过加热。就是说，水的沸点高，往往呈液态。必须将水温提高到 212°F (100°C)，分子才能有足够能量克服氢键的强作用力而分开。温度在 32°F (0°C) 和 212°F 之间时，水为液体。世界上几乎所有地区的水全年多半为液体。

但是如果水不呈角分布，无极性，而不是有极性，就不会很黏，水的沸点将特别低。如果水无极性，估计在 -85°F (-65°C) 就会沸腾，那么在地球的所有温度下水都应该是气体。

实际上水是液体，水分子呈角分布且有极性，而不是呈线性分布且无极性，因此水成为生命的源泉。

生命的灵丹妙药

地球上的生命经过了复杂的分子形成过程，这个过程叫化学演变（参见《地球生命的起源》）。这一过程涉及许多不同混合物的混合和反应。这时，液态水在任何物质无法与之相比的最好物质，它能溶解物质，提供相互碰撞和反应的介质。水被称为万能溶剂，尤其适合溶解生命世界中的许多物质。如果没有液态水，生命肯定进化不了。生命在进入陆地之前在海洋中产生并生存了数亿年，也充分地证明水的重要性。

生命茁壮成长的地球，有水行星之称。液态水覆盖地球表面的三分之一，重量约 15×10^{17} 吨（共有 28×10^{24} 滴）。

其他行星就没有那么幸运了。火星上极其干燥，没有生命，尽管火星表面受侵蚀的沟渠表明水曾经在火星表面流动，也说明火星上可能有过生命。月球极其干燥，并因为其他原因而没有生命存在。水星也是如此。金星也因为温度很高，不可能有液态水，也不存在生命。在金星上，铅也会熔化。这是一颗名副其实的气态巨星。冥王星则是个大冰球，不可能有生命存在。

液态水对生命的起源与维持都至关重要（只需喝一杯水，即可得到证实）。

有人一直有些似真非真地将生物说成“一袋酶”。这说明生物的机体

极其复杂，井然有序。一次必须完成上千种不同的化学反应。酶协调并加速这些反应。要是没有酶，很多反应会十分缓慢。水这种介质特别适合酶的工作，任何其他一种液体都不能像水那样充分溶解许多物质，并促使它们反应。事实上任何其他液体都没有类似的功能。水在生命体大量存在也许就是这个原因。在所有细胞中，水占 70% ~ 85%。在人体体重中，水占 60%；在人体的大脑中，水占 70%。在人体的骨头中，水的重量占 20%。人的体重正常为 150 磅（68 公斤），其中水占 40 夸脱（38 升）。

水很容易流动，这一点显然有别于油和奶油冻等黏稠液体。水容易流动，而且溶解力很强，因而它是一种很好的运输和循环流体。在血液中，水占 93%，可溶解营养素、激素和代谢产物，在人体细胞中循环。

水蒸发时还带走相当一部分热。人发烧与出汗时，皮肤将汗水蒸发，带走热量，使人体降温，水是人体的冷却剂。

水还有比热高的特点，能很好地稳定温度，升温与降温都不很容易，因而人的体温能稳定在 98.6°F （ 37°C ）。水的温度稳定效应在生物界以外也有重要应用。

水与气候

陆地的比热较低，升温和降温都比水快得多。因此内陆地区四季的温差比沿海地区大。例如，冰岛首都雷克雅未克和西伯利亚维尔霍扬斯克的海拔和纬度相同，日常的阳光日吸收量与强度相同，因此它们的气候，特别是温度，理应相似。然而，事实并非如此。雷克雅未克位于冰岛南海岸，临近大西洋，年温差只有 20°F （ 11°C ）。维尔霍扬斯克在亚洲大陆内陆，年温差为 120°F （ 67°C ）。水的温度调节效应在美国也很明显，奥马哈和内布拉斯加等内陆城市的年温差比加州洛杉矶等海岸城市大。

水的异常现象

多数物质受热时密度减小（将物质的紧密度或将分子挤压在一起的程度看作密度最为方便），以一块铜币为例。铜币受热时，铜原子运动加快且扩散。铜币所占空间略有增加，密度减小。继续加热直到最后熔解。液态铜的密度肯定比固态小。液体铜受热，其分子继续扩散，密度越来越小。几乎所有的纯物质都按照这一规律，但水例外。

水在 50°F （ 10°C ）时为液体，我们将水冷却，而不将其加热。据推测，水冷却时，分子运动减慢，相互靠近，水的密度增加。但在 39°F （ 4°C ）时出现了反常现象，将水进一步冷却时，水分子开始扩散。 32°F （ 0°C ）时，水凝固，水分子进一步扩散，体积增加近 10%（在温度低于“凝固点”的地区，必须往汽车水箱中加入防冻液，就是这个原因。一旦水凝固，会将汽车的发动机胀破）。也就是说， 39°F 水的密度比 32°F 时水的密度大。任何温度下，液体水的密度都比冰的密度大。冰块在水面上漂浮，就是这个原因。这一反常现象，归因于冰中的水分子形成一种相当开放的晶体结构。溶解时，这种开放结构崩溃，分子进一步聚拢，加大了物质的密度。这种开放结构只有在水温达到 39°F 时才完全崩溃。

水的反常现象对我们周围的世界产生有趣的影响。例如，季节变化时，

湖泊和深的池塘发生的变化。冬天来临，气温下降，湖面的水受冷，密度加大而下沉，下面的温度稍高的水上升又被冷却。温度在 39 ° F 以上时，水受冷会下沉。由 39 ° F 降到 32 ° F 时，水的密度减小，停留在表面，最后凝固成冰。水体自上而下凝固。而几乎所有其他液体是自下而上凝固。

湖泊或池塘中的水，自上而下凝固，即使在气温低于 32 ° F 时仍能保持液态。水面的冰起了热障的作用，将下面的液体同上面寒冷的空气隔开。除了浅池塘外，水体底部通常保持液态。因此，海洋生物能在严冬中生存下来。

雪 片

水也可以是艺术品。雪是固态水的一种，其形状美丽迷人，是自然界最精美的图案之一。但雪也常常令人想起铲雪、汽车开不动和霜伤等诸多不便。下雪时，取一片雪花放在一张黑纸上用放大镜仔细观察。就会看到雪花呈六边形，这是水分子相连的结果。如果降雪地区气温较高（仍然低于凝固点），雪花会又大又复杂。如果气温很低，雪花小且简单。因为温度较高的空气一般都较潮湿，雪晶体生成时有较多的水分子。

这些不寻常的晶体形状差异很大。有的内部扁平像绣出的六边形，或六边圆柱体，或是星形，六边支叉从中心向外不同的方向辐射。雪晶体的形状很大程度上取决于温度，也受到雪花落到地面的速率等其他因素的影响。

雪片的结构完全开放，就是说，雪晶体有许多大孔。因此，雪的密度比普通的冰低得多（众所周知，冰的密度又比液体水低）。实际上，厚 50 英寸的干粉末状的雪溶化后只有约一英寸厚的雨水。

水蒸气在尘埃周围聚集凝固，在高层大气中形成雪。雪通常不是由液体水凝固而成，这倒挺有意思的。

常言道找不到两片完全一样的雪花。这种说法是否站得住？从某种意义上说，是正确的。普通的雪晶体约有 10^{19} 个水分子。它们的三维组成几乎是无穷的。任何两片雪花的分子结构都不一样。乍一看，雪片的外形和大小都相似。《今日美国》的气象学家杰克·威廉姆斯在《天气》一书中说到：“许多小的雪晶体结构简单，为六面形雪片，形状上没有明显的不同。即使再复杂的晶体也可能相似”。

振动性能好

微波炉之所以能烹调食物，是因为食物中含水。水是一种强偶极子。电学上的水是正、负极性很强的分子。微波像无线电波、光和 X 射线一样是一种电磁辐射能，具有电和磁两种特性。电磁能穿过食物时，导致水等极化分子振动。振动产生热，这种热煮熟放在微波炉中的食物。微波炉并不是常说的由里向外煮熟食物，煮熟食物的热源来自食物内部而不是外部。因此微波炉做出的食物不会焦。

水妙不可言，实际上是奇妙分子的妙不可言

要用脑思考，用眼观察

人体不能缺水
终生保持强健体魄，最要紧最简便易行的方法是每天把
水喝足

——埃维昂公司的广告用语

(段斐然 译)

物种的性活动

所有生物都有性活动。初春在水塘旁，可以看到雄蛙趴在雌蛙身上，相互紧贴在拇指那样厚的“求偶垫”上。当雌蛙向水中排卵后，雄蛙即射出奶状精液。虽然，雄蛙没有阴茎进入雌蛙体内，看来雄蛙对性交并不介意。有一种小树蛙的性交时间则可保持6个月之久！（依我看雌蛙不会得头疼病。）

蜜蜂通过利用毛茸茸的身体将花粉从一朵花带到另一朵花，无意中帮助了花的杂交。高等植物的花朵是有性繁殖的器官，植物的花粉犹如动物的精液。

用显微镜耐心观察拖鞋状草履虫之类的在水塘中生活的单细胞动物，会发现到它们一个压一个，看上去像是在尽情拥抱。虽然无法断定它们是否有情欲，但因为发生基因物质的传递，这是在性交。

实际上，所有生物都有性活动。但是为何如此普遍呢？终究还有一种更简便的繁殖方法。这就是无性繁殖，大约10亿年后，才有这方面的性变异进化。

有性生殖与无性生殖

在无性生殖中只有单亲。虽不能说大多数，但确有许多植物采用这种方法繁殖。例如，剪下一支心爱的盆栽植物，就可以进行无性繁殖。当细菌和其他单细胞生物体分裂为两半时，就产生两个子细胞，这也是无性繁殖，其特点是不需要有配偶的帮助。霉菌和蘑菇等真菌，经常通过无性繁殖产生孢子，繁殖的细胞随风飘走，长成新的霉菌和蘑菇。

甚至有的动物也能进行无性繁殖，但这种情况不太多，并通常局限于低等生物中。例如，最简单的动物海绵仅仅排出细胞凝块就可长成新海绵。一种长四分之一英寸的与水母有亲缘关系的水生动物水螅，从其身体侧面就可以繁殖出新水螅。这种特殊的无性繁殖方式叫芽生。

与水母有亲缘关系的海葵是另一种在海床上生长的座生动物。海葵有艳丽的触角，因而看上去像朵水底鲜花。海葵繁殖时，从中间分裂，长成两个新海葵。

某些扁虫（低等蠕虫，扁形动物的俗称——译注）在生殖时，具有夹断身体一部分繁衍后代的独特繁殖能力。经常看到深色小真涡虫栖息在浸没水中的木头和岩石下面。

观察一下生物进化阶梯，可以看到无性繁殖变得越来越少。海星通常不进行无性繁殖，它的每个腕上有一对睾丸或卵巢。蛤蜊养殖者在不经意中帮助海星繁殖。海星吞食蛤蜊。用其放射形口腕或腕慢慢打开贝壳，把它们的胃吐出口外，放在蛤蜊美味的内脏上。蛤蜊养殖者不能理解为什么海星爱吃单瓣壳上的蛤肉。他们用渔网捕捉到海星后，经常把海星切成几片，扔回海里。他们认为这样做可杀死海星。这样做并不高明，每片留有部分中央吸盘的海星都会再生丧失部分，并长成新海星——它可以无性繁殖。

在鱼、两栖类、爬行类、鸟类和哺乳动物等脊椎动物中，无性繁殖很少见，也不十分惊人。折断臂或腿后，不能长出新的器官。出现无性繁殖

时，卵子不经精子授精就长成一个新个体。这种现象叫单性繁殖，只在鱼、两栖动物和蜥蜴等特定物种中出现。一种在美国德克萨斯州和墨西哥生长的漂亮小鱼，叫亚马逊帆鳍，因为没有雄性而进行单性繁殖。有些人认为人类至少有一次无性繁殖，即基督的诞生。

这是动物的无性繁殖。尽管没有配偶的繁殖很简便，昆虫、蝙蝠、螃蟹、龙虾和蚯蚓在繁殖时都像脊椎动物那样，通过雄性与雌性的交媾。尽管在捕获配偶上花去了宝贵的时间和精力，并且需要复杂的生殖器官和结构，有性繁殖仍然普遍存在。甚至那些最简单的无性繁殖的动物也经常选择有性繁殖。

原因何在？什么优势使有性生殖得以流行？简言之，是多样性。有机体进行无性繁殖时，生成的新个体与它们一模一样。它们不仅貌似，且有相同的基因（偶尔的突变情况除外）。有机体整个种群都相同并不好。如果湖泊中所有的鱼都对某种真菌类敏感，一旦这种真菌受侵袭，整个种群的鱼也许会完蛋。但是，如果种群出现变异，如果个体对真菌有不同程度的敏感度，那么有些鱼的物种就生存下来了。

种群的多样化是有性繁殖的优势所在。雄、雌性交媾时，基因物质得以混合。新个体得到亲代基因的慷慨相助，不同个体得到的基因组合各异，即使来自同一亲代的个体之间也不同。唯一例外的是单卵发育双生，他们的基因相同（有关单卵发育双生见《我的兄弟，克隆人》）。

寻找配偶

有性繁殖需要寻找配偶。在寒冷阴暗的深海等恶劣环境中种群稀少的情况下生活的生物进行有性繁殖难度很大。深海雄性琵琶鱼在很少遇到雌性种群的情况下是如何进行有性繁殖呢？更重要的是遇到异性时，它会怎样做呢？不用担心。雄琵琶鱼以新奇和颇为反常的方法解决这一问题。

有些雌琵琶鱼长 4 英尺，相比之下，雄琵琶鱼小得多，长约半英寸。琵琶鱼具有这种极端的二态性，因而分类学家最初将其归入不同的物种。雄琵琶鱼发育的初期就把自己与雌鱼紧贴在一起。两者贴得很紧，因而雄鱼完全发育成雌鱼，甚至自身的循环系统也与雌鱼的融为一体。小雄鱼停止进食，完全寄生在雌鱼体内。它实际上变成了一个交媾的器官。感受雌鱼血流中荷尔蒙的变化，并在需要时释放大量精液。这并非是体现男子汉气概的行为，而是琵琶鱼的交配方式。

藤壶是一种藏在坚硬外壳中的长有细毛的小生物。琵琶鱼孤独地生长在荒凉的深海海床上。而大量的藤壶则不然，它们生长在海洋的浅水水域。但是，固定生长方式也给它们带来一些问题。藤壶一直附着在岩石、木桩、船体和其他大型水生生物上。它们的头部紧连在一起，无法移动去寻找配偶，显然妨碍藤壶的性生活。

但是藤壶也有摆脱困境的办法，它的成功繁殖证明了这一点。长 1000 码的马恩岛海滩上估计有 10 亿只藤壶。在 1 平方码的海岸上经常聚集着 3 万只藤壶。这种繁殖现象是兼有雄雌同体和一条很大的阴茎两种适应能力的结果。

从比例看，藤壶的生殖器是动物中最大的，是藤壶自身长度的两倍。它伸出其长 1.5 英尺的生殖器，插入旁边藤壶贝壳的开口。由于藤壶紧紧

排列，在生长发育时通常不会经常遇到麻烦。藤壶不用顾及旁边藤壶的性别。每只藤壶都雄雌同体，同时拥有雄性和雌性的性器官，并产生出精子和卵子。就是说每只藤壶可以授精，也可以接受其他藤壶的精子。如果邻近藤壶的距离比阴茎的长度还长，藤壶就只有自我受精了。有志者事竟成。

雄雌同体在动物世界中并非罕见。许多蠕虫和蛇、蛞蝓等软体动物都是雄雌同体的。也许更有趣的结构是在珊瑚礁中生活的头部发蓝的隆头鱼。雄隆头鱼头部发蓝，比雌隆头鱼大。一条显性的雄隆头鱼以6条左右的雌鱼作妻室，每天与其中的一条进行交配。雄鱼死后，最大的雌鱼在两周内长出蓝头和雄鱼性器官，并变成性器官功能正常的雄鱼。另一种隆头鱼叫清道夫隆头鱼（因其吃其他鱼的外部寄生物而得名），雌鱼可在几小时内变成雄鱼。甚至高级餐馆里列为美味佳肴的大个雌蝶虾也是由早期不起眼的小个雄虾变成的。

许多动物寻找配偶时使出浑身解数。干草疥螨就是一个适例。螨是属蛛形纲的八脚微生物。许多螨是以血液、表皮和动物其他组织为食的寄生生物。干草疥螨就是这样的寄生物。其特点是即使寻找配偶也不离开宿主，因而绝对孤立。对螨虫来说，它所寄生的特定动物犹如一个离群的孤岛。由于缺少可得到的配偶但又极需繁殖，干草疥螨出现不可思议的乱伦行为。阿德里安·福赛思在其《性行为的自然史》一书中，对此作了恰如其分的描述：

螨虫生来就是成虫。所有的中间过程压缩为一个。首批孵出的个体是雄螨。犹如产科医师，它们将钳子般的腿伸入其母体内，开始拽出小雌螨，当雄螨得到小雌螨后，就与之交配……一只雄螨开始可让约20只小雌螨受精。

另一种螨虫中，雄螨实际上还在母体子宫中就让小雌螨受精。该雄螨尚未出生就死去。已受精的雌螨在它们母体的腹部很快开个洞，爬出母体。

就乱伦而言，也有恋母的变异，未受精雌螨产卵，这些未受精的卵子发育成雄螨。亲代雌螨的交配本应有一定范围，但实际上并非如此，它们经不起自身新孵出的子代雄螨的诱惑而与之交配。随后，它所产下的已受精的一群卵都发育成雌螨，这些受精卵四处游荡以重复这种奇异的乱伦生活方式。这正如福赛思所说：“儿子即是母亲的丈夫，又是妹妹的父亲。妹妹是兄弟的女儿，又是儿子的妻子。”听起来是否像一出肥皂剧？

与我们故意作对的臭虫的精子传输方式更不寻常。臭虫是脊椎动物中唯一有阴茎的一种昆虫。这种特别小的昆虫，白天藏在地板缝和家具缝隙中，到夜晚出来活动，将口器扎入不提防的熟睡者体内。它们吸饱人血就跑开，这时被叮者皮肤开始发痒，并出现小红斑。顾名思义，臭虫令人讨厌。臭虫绝不是人类的朋友。吸饱人血的雄臭虫不会强行与其他雄臭虫交配，但其他臭虫却有这类颇为不齿的行为。施暴对象射入的精液进入其输精管内，这只遭到过施暴的臭虫下次与雌臭虫交配时，所射出的精液不是自己的，而是上次对其强行交配的雄臭虫留在其体内的精液。

雄臭虫与异性臭虫交配时，也神气十足。尽管雌臭虫有颇为正常的生殖系统，雄臭虫还是把它犹如剑一般的阴茎插入雌臭虫的腹部。射出的精液进入雌臭虫的循环系统，然后在其生殖器中储存起来。最终排出的一批卵受精。与此同时，雌臭虫腹部组织的特殊肉垫则使其穿孔伤愈合。

和臭虫交配习性同样奇怪的要数那些分节的沙蚕属海产蠕虫大眼幼体

（分节蠕虫还包括蚯蚓和水蛭）。成群聚在一起时，雌蠕虫逐渐咬掉雄蠕虫的尾部几节。这几节中含有成熟的精子。雌蠕虫体内的消化液释放精子，这些精子透过其内脏壁进入体腔，设法发现卵子并授精（幸亏雄沙蚕属扁体海产蠕虫有再生出失去的分节的能力）。

雄蜂则没有那么走运。雄蜂在交配时，会完全炸碎，其生殖器就像手榴弹一样炸裂。你也许要问，为什么动物在交媾时要自杀呢？自杀的目的何在？乍一看挺怪的，但雄蜂在性交时其生殖器自杀性爆裂，就可很深地进入雌蜂体内，并很好地留在那里。实际上，塞满了雌蜂的生殖器，以确保只有此爆炸的雄蜂精子对雌蜂授精。

如前所述，许多昆虫都有阴茎。阴茎有助于采取陆栖方式的昆虫克服传输精子的困难。蜘蛛也是陆栖动物，但没有阴茎。不用担心，蜘蛛的性交器官中有一对叫“须肢”的腹部附件，起着酷如眼药水滴管那样的作用。须尖附近的吸吮球收集精子，并直接释放到雌蛛生殖器口内。可惜在交配过程中或交配刚结束时，八脚雄蛛就往往被雌蛛吃掉。要是说雄蛛作出牺牲，可给雌蛛增加营养，倒也说得过去（这也是雌蛛又名黑寡妇的来由）。雄蛛性交后，其生命也就毫无意义了。福赛思意味深长地指出：“每个个体都只传输自己的一种基因方式而已。”

动物中令人称奇的另一种性适应性是精子包囊。它们是大量的昆虫、蠕虫、软体动物甚至蝶螈和水蛭产生的精子的坚固小包。在池塘中生活的吸血分节蠕虫水蛭就有这种精子包囊。它把精子包囊粘在雌蠕虫的背部。精子包囊中所含的刺激剂，促使雌蠕虫的皮肤出现溃疡。精液从溃疡部位进入雌虫的卵巢，和成熟的卵子结合。巨型章鱼的精子包囊有铅笔那么厚，一码多长。雄蜗牛能生成与雌蜗牛的蜿蜒的内阴道相配的奇特的精子包囊。有些精子包囊很大，其重量为雄性体重的一半。姑且不谈其尺寸或形状，精子包囊结构有多种用途。它可以插在雌虫生殖器口，这一点酷似蜜蜂炸掉的生殖器，以有效地排斥其他精液进入。雌性蜗牛在即将受精之前可以吃下蛋白含量高的蛋白衣以补充营养。在陆栖动物中，精子包囊的真正优点在于精液不必以液态培养基进入雌性体内。

两栖动物若没有阴茎，有了精子包囊也很方便。作为两栖动物的一大门类的青蛙不用阴茎在有水的地方产下精子和卵子。许多蝶螈都用精子包囊繁衍后代。有一种雄蝶螈把催欲剂植入雌蝶螈体内。当雌蝶螈贪欲地跟着雄螈到处游弋时，雄蝶螈在地面上产下胶状精子包囊。雌蝶螈游经精子包囊时，将其吸入生殖器口内。

在陆栖脊椎动物中，鸟类没有阴茎或其他交配的器官，鸭、鹅和天鹅看来有类似的退化器官。那些发育不甚完善的鸟，通过“泄殖腔接触”传输精液。泄殖腔是肠子、肾和生殖器排出精液的共用出口，所有脊椎动物（不包括哺乳动物）的雄鸟和雌鸟将泄殖腔压在一起就可进行精液传输。甚至有些鱼也选用通过泄殖腔接触和体外授精的方式。谁能指责它们呢？

大部分爬行动物都有阴茎。蛇的阴茎甚至是双头的，双叉的。每个分叉又被称作半阴茎。但是，在哺乳动物纲中，动物有自身的阴茎。所有的哺乳动物都有阴茎，而且它们大多是由神经组织、肌肉组织、勃起组织和维管组织组成的复杂器官。勃起组织受适度神经刺激时，阴茎会充血变硬。鲸鱼的阴茎可长达 12 英尺。其中右鲸的睾丸是世界上最大的，其重量为半吨，长超过 9 英尺，真是个硕大的精子工厂。

许多哺乳动物（如果称不上多数哺乳动物的话）已在阴茎中逐渐形成一种便于其进入雌性性器官阴道的结构，叫作阴茎骨。长有阴茎骨的哺乳动物数量之多令人吃惊。雄蝙蝠、鼯鼠、狗、熊及鼬等食肉动物以及海豹和海狮等哺乳动物都有阴茎骨。包括人类的近亲动物的大多数灵长目动物也有阴茎骨。海象的阴茎骨是两英尺长的棍状结构。

无论是阴茎骨或是蛛形动物的须肢，是雌雄同体或是同性交配，生物都有其自身的性行为。世界上现知的 150 万种生物中，任何两种生物的性行为都不是完全一样的。这也是自然界……和性的美妙与奇特之处。

（段斐然 译）

地球：不需要空气面罩

尼尔·阿姆斯特朗在月球上行走时，在阳光明媚的日子里仰望晴空，看到的是漆黑夜幕中的满天星星。他需要穿着太空服以免窒息，同时保护耳鼓不胀破，皮肤不被致命射线伤害，因为围绕地球的月球上没有大气层（探测结果表明月球上的大气层实际上极其稀薄，约为地球的一万亿分之一，而实际上月球表面没有空气）。

并非只有围绕地球的月球是这种情况。在围绕行星运行的 60 多个卫星中，只有土星的土卫六和海王星的海卫一两个卫星上有大气层。相比之下，只有一个行星即水星没有大气层。阿姆斯特朗和我们不用着太空服就能生存的地方只有一个，那就是地球。我们的星球为何这样得天独厚？

大气（atmosphere）一词源自希腊，意思是“蒸汽球”。拿现在尚拥有蒸汽球绕其运行的行星或月球来说，它必然在过去某个阶段获得这些水蒸气，并且能将它继续保持 40 亿年以上的时间直到现在。太阳系的形成能帮助我们了解大气层形成过程。

大气层的形成

太阳系最初是大片尘埃和气体，叫星云。这些气体主要是氢气（90%）和氦气（9%），其余 1% 是氧、碳、氮、氩、硫、硅、镁、铝、铁和镍等元素的混合物。在自身重力的影响下，太阳星云凝聚。中间部分聚集了最大的质量，演变成太阳，它反映了原始星云的成分主要是氢和氦。太阳星云的其他区域分裂成许多块，凝结成行星及其卫星。许多元素化合成化合物组成行星或类似行星和很多卫星的坚石材料。就气体组成而言，氧十分活跃，化学性质不稳定，和氢结合为水蒸气。剩余的氢（氢是宇宙中最丰富的元素）和氮结合为氨气，和碳结合为甲烷。这些过程结束后，还剩下较多氩。氩和氩特别不活跃，化学性质稳定，不和其他元素反应。

图 1 中的等式总结了行星及其卫星生成早期，气体间发生的一系列活动。

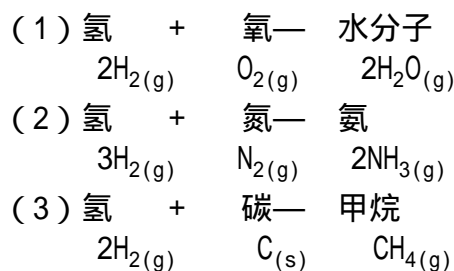


图 1

那时的太阳系仍处于初期。行星及其卫星的材料仍不断收缩。作为原始大气的一部分或后来的化学反应所形成的大部分气体混合物都被吸收到这些天体的坚石成分中。由于重力不断地挤压，这些气体向外渗透，就像从海绵中挤出的水一样，它们包围着行星及其卫星的固体部分，用气体包围层即大气层将其覆盖。大气层主要成分是氢、氦、氨、甲烷和水蒸气（早期演变过程中的地球也有这种大气层）。水星和大部分卫星为何会失去大气层？

大气层的保持

大气层的形成和保持都是十分重要。行星或卫星能否抓住组成大气层的分子并且阻止其进入空间取决于以下多项因素。

天体的质量和大小

质量和大小决定了天体的表面重力，或天体表面重力引力。行星或卫星的重力吸引气体分子（这个过程是看不见的），阻止分子的逃逸。在地球上，气体分子只有在达到 7 英里/秒（11.2 公里/秒）的速度时才能克服重力引力进入空间。这就取决于地球的表面重力和逃逸速度。

一般来说，质量越大物体越小，表面重力和逃逸速度越大。因为表面重力是天体质量及其中心到表面距离的函数。如果两颗行星大小相同，质量越大，表面重力和逃逸速度越大。如果质量相同，则体积越小表面重力和逃逸速度越大。实际上，如果把地球压缩成质量相同但体积锐减的大理石，则其逃逸速度将大到超过光速。地球将变成黑洞。

表 1 列出太阳系九大行星和三个大卫星的逃逸速度（按速度递减顺序排列）：

表 1

行星\卫星	逃逸速度英里\秒 (公里\秒)
木星	37.0 (59.6)
土星	22.1 (35.6)
海王星	15.3 (24.6)
天王星	13.1 (21.1)
地球	7.0 (11.2)
金星	6.5 (10.4)
火星	3.1 (5.0)
水星	2.7 (4.3)
土卫六	1.5 (2.5)
月球 (地球的卫星)	1.5 (2.4)
冥王星	低
海卫一	低

从表 1 中可见木星、土星、海王星和天王星都有广阔的大气层，事实也的确如此。土卫六的情况如何？它的逃逸速度比水星低，几乎和围绕地球运行的月球一致，但它也有大气层，而水星和月球则没有大气层。尽管地球的逃逸速度将近是土卫六的 5 倍，但事实上它的大气压力却是地球上的 1.5 倍。显而易见，保持大气不能只考虑逃逸速度或天体的质量和大小。

温 度

温度也起着很重要的作用，它是一组分子运能的测量。温度高时，分

子运动快；温度低时，则分子运动慢（参见《温度的极限》）因此温度较高的行星或卫星的大气层中有着更多的达到逃逸速度而进入空间的气体分子。这样才能说得通。土卫六尽管表面重力和逃逸速度较小，但拥有一定的大气层，这主要归因于温度。它远离太阳，十分寒冷，大气层的分子运动很慢，比较容易被拉住。冥王星和海卫一尽管表面重力和逃逸速度都较小，但也有大气层，这也归因于温度。反之，水星和月球离太阳近，温度高得多，组成大气层的分子运动太快无法拉住。许多卫星都没有大气层，都因质量和表面重力太低而无法维持。

气体分子的质量

组成大气层的气体类型对保持大气层也起重要作用。让我们来想象下一段大气层，其拥有的气体分子像台球桌上的彩球一样随便跳跃。它们碰撞时，发生动能的相互转移。碰撞时，较轻的分子——氢和氦是最轻的气体分子——获得的速度高于质量大的分子。因此，在碰撞时，它们达到逃逸速度的可能性更大。位于大气层外缘的分子不容易和其他气体分子相撞，也将逃逸到空间。

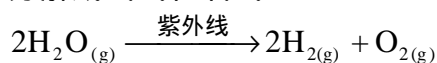
总之，行星或卫星保持大气层的能力取决于（1）天体的吸持力或重力引力，天体质量越大，一般能较好地保持大气层；（2）温度——天体温度越低，越容易保持大气层；（3）组成大气层的分子类型——天体容易拉住质量较大或较重的分子，而不容易抓住较轻的分子。

太阳风现象对保持或失去大气层也起了一定的作用。太阳风是从太阳发出的高速带电粒子流。这些粒子趋于将大气层“吹散”。行星或卫星离太阳越近，受太阳风的影响越大。

地球本身很能说明这一点。前面已谈到，地球形成初期的大气由氢、氦、氨、甲烷和水蒸气组成。在这些气体中，氢和氦太轻无法被地球重力拉住。在地球温度条件下，它们能够达到逃逸速度而进入空间。剩余的分子大且运动缓慢可以将其留住。这样就形成地球最初的永久性大气层，即所谓的第一期大气层，它由氨、甲烷和水蒸气组成。化学家将这种氢（ NH_3 ， CH_4 ， H_2O ）含量高的分子所组成的大气层称为还原大气。

地球大气层的早期演变

组成早期地球、金星和火星的第一期大气层的还原大气的成分很稳定。气体本身不发生相互作用和进一步的化学变化。自然界则提供以外部能量为形式的推力。火山活动释放的热量，闪电释放的电能以及最重要的太阳高能辐射将气体分子变为高能态，使它们变得不稳定。紫外线在这些变化中起着特别关键的作用。紫外线就像敲打分子的小斧子，尤其适合于将水分解成氢气和氧气：



这个过程就是光解作用（photolysis），来源于希腊词“photo”（光）和“lysis”（分裂）。

气态氢极轻且十分活泼，将脱离大气层进入空间，在大气层中不复存

在。氧气较重且不活泼，但氧气使大气层的面貌发生很大的变化。尽管氨和甲烷可同时存在，在有水的情况仍处于稳定状态，但在有氧气存在的情况下，变得极不稳定。这时十分有趣。氧分子先和(1)甲烷中的碳和氢结合成二氧化碳和水，再和(2)氨气中的氢形成水，并形成副产品氮气。图2为这些化学过程的示意图。

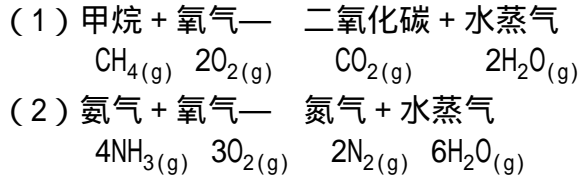


图 2

这些反应对大气层的组成会有怎样的影响呢？很简单，甲烷、氨气和水蒸气组成的大气变成二氧化碳、氮气和水蒸气组成的大气。第一期大气层变成了第二期大气层（火山活动也对增加大气层的二氧化碳和水蒸气起一定作用。但还不能断定这种活动对第一期大气层变成第二期大气层的过程所起的作用）。

很难估计实现这种变化所用时间，大约在公元前 40 亿年完成从第一期大气层到第二期大气层的变化（那时地球已有 5 亿年历史了）。金星现在的大气层主要由二氧化碳、氮气和水蒸气组成。火星的大气也主要是二氧化碳和氮气。地球则与其邻近的行星不同，大气发生了深刻得多的变化。

可呼吸地球大气的成因

我们回溯一下遥远的过去。请带上氧气面罩。因为我们将回到 70 亿年前的地球，当时的大气层是第二期大气层。在太阳紫外线的不断照射下，水分子分解成氢气和氧气（这就是光解作用）。氢气不断逃逸进入空间，很像一只充满氢气的气球。剩余的氧气不断影响其他分子，包括地壳的坚硬部分，直到没有其他游离分子为止。所有的甲烷变成二氧化碳和水，而氨气变成了氮气和水。地壳中的硅和铁化合氧化物。剩余的氧气分子的情况又如何呢？

臭氧的出现。普通的氧气分子是双原子分子： O_2 。这是我们呼吸的氧气。但是在太阳高能紫外线辐射的作用下，普通氧气变成三原子分子（见图 3）。

图 3

这种 O_3 叫臭氧，不能用于呼吸。然而，它有普通氧气所不具有的十分重要的特性：遮蔽太阳产生的大部分紫外线和其他高能射线。

这个过程看来并无太大的差异。然而正如下文还要谈到的，如果没有臭氧层，地球的人类永远不可能进化。

无论如何，臭氧层是高层大气层中氧气和紫外线作用的结果。臭氧层又反过来阻止更多紫外线的侵入，水分子的光解作用戛然而止。氧气的生成停止，含有可供人呼吸的氧气的第二期大气层得以稳定下来。这很可能就是大气层形成的过程。

实际上并非如此。我们都知道，在大约 30 亿年前的地球上而不是太阳

系或宇宙的任何其他地方出现了一个真正的奇迹。这个奇迹就是叶绿素。通过堪称演变的一系列意外事件，生命体中出现将叶绿素分子聚集在一起的化学机构。随着叶绿素的形成，不需要紫外线，水也可以再次分解成氢气和氧气。可见光就可以完成这项奇特的任务。这就是叶绿素创造的奇迹。这个过程被称作光合作用，数百万年来不断向大气中添加氧气。从水中分离的氢气不再逃逸而和二氧化碳结合成食物分子。

光合作用的最后结果是将二氧化碳、氮气和水蒸气组成的第二期大气层转变成氮气，氧气和水蒸气组成的大气层。这就是人们现在呼吸的大气层：77%~78%的氮气和21%的氧气（干燥空气）以及不同量的水蒸气（4%）和各种其他气体，包括氩和二氧化碳。这种大气被称为第三期大气层，含有大量自由、游离和普通的氧气。化学家将其称为氧化大气层。

地球大气层的形成以及从煤气、氨气和易爆氢气等令人窒息的混合气体变为我们现在可呼吸和维持生命的混合气体这一过程所花费的时间远不止45亿年。就我们所知道的宇宙中，只有地球大气层才拥有可呼吸的大气层。通过化学平衡来保持这种状态，堪称十分微妙。燃烧矿物燃料（指煤、石油、天然气等——译注）而造成大气层中二氧化碳过多或臭氧层大大减少都将破坏这种平衡而将伊甸园变成金星那样的熔炉或不断受到致命辐射的火星。我们绝不能让这种局面在地球上重现。

（李明 译）

地球生命的起源

生命分布在地球上的几乎所有地方：海底，山巅，甚至更高处（在比最高的山峰还高将近 5 倍的距海平面 25.5 英里的高空也有细菌），世界上最热与最冷的地区。地球上到处都有生命。要是不信，不妨试试除掉花园中的杂草，让食物不发霉。

这种说法一直都对吗？无论追溯到多么久远的岁月，似乎都能发现生命：在已存在将近 40 亿年的古岩石中，有古代的活生物化石。因此，人们自然很想知道生命的形成是否早于地球的形成。生命起源于地球还是起源于宇宙的某个遥远而黑暗的角度？

宇宙起源

有一种学派认为地球上的生命的形成实际上早于地球形成，生命起源于宇宙其他地方，在适当条件下，穿过空间在各行星上播下种子。这种思想（即生原说）可追溯到数千年前。古人认为地球是培育地球外生命孢子的肥沃的花园。到 19 世纪，洛德·开尔文（参见《温度的极限》）等著名科学家都认为陨星将处于休眠状态的生命带到了地球上。这一学说就是著名的岩石生原说。直到 1909 年瑞典大科学家阿伦尼乌斯谈到微生物可能在辐射压力的作用下，在宇宙（包括地球）到处落户，这种学说叫辐射生原说。

在 20 世纪大部分时间内，生原说的概念在科学界不再受到青睐。在陨石碎片中寻找生命的尝试一再失败。同时，多数科学家都认为在宇宙中漂游的孢子或种子不管耐久性有多强，都不可能在高空十分严酷的温度和辐射条件下生存。但是，仍然有人支持宇宙是生命的起源地这种说法，其中就有英国著名的天文学家弗里德·霍利。

尽管生原说不再得到公认，康奈尔大学的卡尔·萨甘等许多天文学家将其称为生命的携带者，相信撞击地球的小行星、彗星和陨星以及大量落下的星际尘埃确实在很大程度播种（不是播种生命本身），正在演化中的作为生命先兆的有机混合物。萨甘将这种现象称作带来生命的因素。托利多大学的阿尔曼特·H·德尔斯默则认为，流星应带来水，没有水就没有生命（见《奇妙的水分子》）和重要的有机物。圣地亚哥加州大学的斯坦利·米勒则认为彗星、小行星等类似的物体在生命的起源问题上所起的作用并不重要。

地球的起源

不管小行星在地球上播下生命原材料的过程中是否起过作用，科学家一致认为在地球上的生命起源纯属偶然事件，因此我们就在这一前提下进行讨论。可能性有很多。生命可能源于超自然事件或自然化学和物理反应。超自然主义实际上违反科学且具有宗教色彩，无法通过试验和观察来加以证实。科学探索的书籍中也无有关记载。因此生命是自然产生的。很长时间以来，巫师和小说家一直在寻找生命的起源。玛丽·雪莱的弗兰肯斯坦因博士（一个创造怪物而自己却被它毁灭的医学研究者，是英国女作家玛

丽·雪莱于 1818 年所著同名小说中的主角——译注)用闪电中的电力也许已成功地将死亡的组织复活,但在现实生活中,在数十亿年前真正合适的特殊条件下是利用自然的力量从无生命中产生生命的。

自然发生说

古代的哲学家认为太阳加热过的泥土能变成青蛙和蛇,能将破旧衣服变成小鼠和大鼠,腐烂的肉可变成蛆。1609 年末,法国植物学家写道,“有一棵树……树叶在凋零;落到水上,慢慢变成鱼儿;而落到地上,变成鸟儿。”其他作品写道种子自然变成黄瓜,肉汤或肉汁自然地变为微生物。有人认为非生命的物质在任何时刻通过某种变异变为生命物质,这种想法被称作无生原说或自然发生说。

这种想法对生命起源的解释当然很简单。唯一的问题是经严格的科学分析后这类想法并不成立。意大利物理学家弗朗西斯科·里德在 1668 年所作的一系列经典试验证明腐烂的肉并不能变成蛆。一个世纪后,另一位意大利调查员拉扎罗·斯帕兰扎尼证明煮沸的肉汁中不会产生微生物。可惜其他调查研究员怀疑他的研究结果,对自然发生说的辩论又持续了一个世纪。到 19 世纪中叶,开展独立研究的法国人路易斯·巴斯德和英国人约翰·廷德耳确证生命不可由任何无生命的物体产生。自然发生说似乎被彻底否定了。

在否定无生原说后,出现了一些似是而非的现象。如果生命只能从生命中产生,在地球形成之时并不存在生命(科学家有理由这样明确表态),那么最初的生命是来自地球何方?

生命起源前的演化

在远古某个时期,生命从非生命物质中产生。不要把这种说法和自然产生说混为一谈。生命的产生是一个需要数百万年漫长岁月的复杂而渐进过程。它需要不再存在的稳定高能资源,需要不复存在的大气成分。生命的起源也许不能毕其功于一役(它在原始地球的不同时期反复发生),但其发生并非容易,而且,在过去的数十亿年的历史中多半不会重现。

物质从无机发展到有机乃至生命,复杂性不断增加,这个过程极其漫长,被称作化学或物理演化——生命前的演化。也称为化学生原假说,这一假说是在 20 世纪 20 年代由英国生物学家 J. B. S. 霍尔丹和俄罗斯生物学家亚历山大·I·奥帕林最先提出的。

霍尔丹和奥帕林的理论立足于人类对 40 亿年前地球诞生期大气的认识(详见《地球:不需要空气面罩》)。大气层主要由氢、氨、甲烷和水蒸气组成,后来失去了氢,氨和甲烷在发生化学过程中变为氮和二氧化碳。高能太阳辐射,特别是紫外线不断辐照大气层。闪电屡见不鲜。地球在重力收缩和放射性元素衰变作用下明显升温。科学家认为地球上兼备适合于生命的演化的物质和能量的条件。

然而生命是否真的发生了演化呢?即使在首次提出化学生原假说后,科学家就检验这种假说。1953 年,美国生物学家斯坦利·米勒将甲烷、氢、氨和水蒸气组成的“原始大气”作通电和汽化实验。一周后在反应室中发

现了氨和糖。氨是所有生命体的必要成分，是蛋白质的结构单元。糖犹如营养物和细胞的结构成分一样重要。

迈阿密大学的悉尼·福克斯检验了化学生原假说的下一步。1957年，他将18种不同氨的混合物加热得到大型的类似蛋白质的分子。其他研究人员成功地合成了作为遗传物质DNA和RNA的结构单元的核苷酸分子！美国物理化学家菲利普·埃布尔森于1956年使用包括氮和二氧化碳而不是氨和甲烷的更近代的大气层来检验这一假说（以防生命在这种环境中产生），获得了氨和其他有机物。

奇怪的是，向反应室的混合物中加进氧气时，并没有发生有机合成，氧化学性质十分活泼，与其周围的元素和混合物化合形成很稳定的惰性生成物。在变为有活性时，在化合与组成更复杂的分子时，分子必须相对不稳定。

尽管任何试验都未能产生生命，即便是最简单形式的生命，但这些成功进行的试验和其他试验仍提高了化学演化假说的可信度，科学家们认为过程如下：地球形成不到5亿年，这段时间很温暖，有机分子累积，形成氨基酸并连接成蛋白质；形成脂肪和油类；形成糖并化合为淀粉；由核苷酸形成核酸（DNA和RNA）。在地球的海洋含有丰富的有机物时，就具备了生命的所有必要成分。液体水是确保分子混合和反应的理想介质。从有机物的大杂烩变为被膜包住的类似细胞结构的原始生命，并在原始生命出现了加速重要化学反应的有用的酶系统以及天然的复制功能，这是一次飞跃，完成这种飞跃也许需要几亿年的时间。

生命已经开始。我们见到的从最简单的细胞演变到极其复杂与形形色色的生命，历时35亿到40亿年。

生命的进化

最初的原始细胞，叫原核生物，至今仍以细菌的方式存在。它们都没有一些较高级细胞那样的细胞核、其他许多亚细胞结构和细胞器。这些细胞不能获得自身的养料；而将排出的有机物分子溶解在自己生活的海洋中。这种营养方式——摄入现成的养料——被称为异养型。细胞也不能利用氧气破坏食物分子以获得能量。由摄入养料而放能的过程叫呼吸；无氧的呼吸称为厌氧呼吸。最初的生命实际上是厌氧型的（即在缺氧情况下生活的——译注）。由于大气中没有自由氧或单体氧，这种说法有一定道理。

厌氧呼吸的效率极为低下，它需要很多养料来产生很少的能量。但是在充满大量有机物的海洋中，海洋所含养料不能持续很长时间。生命体消耗养料的速度比通过化学过程补充养料的速度快得多。没有养料，生命不可能生存。难道远在最低级的软体虫爬行到陆地上之前，生命就因为饥饿而灭绝了吗？

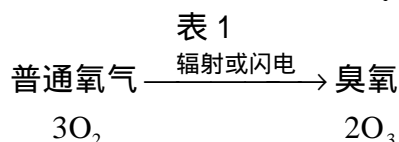
要不是有一种叫作叶绿素的奇妙分子，答案也许会肯定的。大约25亿到30亿年前，经演变生成的叶绿素大大改变了进化的过程。它提供了一种从阳光中获得能量，并转变成可存储的化学能量，或养料的方法。因此生命体不再依赖通过厌氧过程聚集起来但不断减少的营养素。它们只需在太阳下就能获得养料。生命体从基本原材料中获得自身的养料叫自养。利用日光完成上述工作被称为光合作用。光合作用还向大气中释放自由氧（参

见：《地球：不需要空气面罩》)。对岩石的化学分析表明我们的大气层在 20 亿年前就有氧气存在。

自由氧出现后不久就逐渐形成有氧生命。细胞利用氧气从营养素中获得的能量为没有氧气时的近 20 倍。养料持续时间延长，进化出较复杂的有机物。简单的原核细胞有机化，形成第一个有自己的膜包核子的真核细胞。这种变化大约在 14 亿年前出现。不久，真核细胞开始聚集成多细胞有机物。最古老的多细胞动物化石在大约 10 亿年前出现。现在，所有的动物和生物由原核细胞组成。

在氧气进入大气层之后，生命开始进入陆地。如果没有自由氧，实际上不可能演变出陆地上的生命。原因在于：生命在海洋中通过化学合成进化。这是一个艰难的过程。刚刚形成的有机物分子结构复杂且脆弱。强烈的太阳光，特别是紫外线，袭击地球，有机物分子刚形成时很容易被毁掉。在这种条件下即使最简单的细胞都没有机会进化。但是，如果这些分子形成后沉入水中，可能仅仅在水面下几英寸或一英尺，基本上也能躲避射线，化学合成可以进行得很顺利。然而，陆地上的生命不断受到紫外线的伤害。

我们来看看氧气。正如在《地球：不需要空气面罩》已谈到的，紫外线和闪电放电将上层大气层中的氧气转变成臭氧（见表 1）。



臭氧的独特能力是吸收紫外线。因此，随着建立臭氧保护层（现在仍然存在，但环境学家认为它正在逐步消失），生命有可能迁移到陆地上（事实上已迁移到陆地上），经过数十亿年的进化而成为蛞蝓、臭虫、青蛙、蛇、鸟、蕨类、花、黄瓜和人类。没有臭氧保护层，绝对不可能有这些进化。

就我们所知，在太阳系的其他地方不存在生命。对火星和月球泥土所作的直接检验表明那儿没有生命存在。金星上的温度过高。水星上的温度要么过高、要么过低，辐射也太多。在木星、土星、天王星和海王星等大行星中没有合适的物质，表面温度也太低。冥王星是一片冰冻的荒地。在 60 多个卫星中，也许只有几颗卫星上存在一些简单的微生物，但这一点尚无法确定。生命的进化需要合适的物质、能量和温度，这是让人极为珍惜的条件。生命日益复杂和多样化，要求客观条件在关键方面发生改变，从而异养型生物才能变成自养型生物，厌氧微生物才能进化成需氧微生物，水生动物才能离开海洋走上陆地。智能生命才能逐步形成，再去考虑自身的起源。

就我们所知，这些奇迹发生在地球上，而不是在任何其他星球上。

（李明 译）

热带雨林

“这片大地是大自然为自己造就的广袤、天生、凌乱而茂盛的温室。”这是查理·达尔文在 150 多年前首次看到热带雨林时说的。他不无贬义地谈到，这真叫人受不了，无非是生命在狂舞罢了。热带雨林有美不胜收的景色，声音和气味几乎无穷无尽，探索热带雨林宛如到了一个陌生、神秘莫测的星球。

几乎所有的热带雨林都位于赤道两侧，北到北回归线，南到南回归线。这条赤道带，像一条很宽大的腰带一样扎在地球的大肚子上。在赤道带内，雨林十分茂盛，每个森林都是一个伊甸园。它们是世界上的丛林。南美洲夸口巴西和其他几个邻国的亚马逊丛林是世界上最大的伊甸园，这个面积与澳大利亚相同的区域以蜿蜒流经其间的最大的河流亚马逊河命名。这条长 4000 英里的亚马逊河，宽阔而汹涌，其入海口是大西洋。在这片汪洋大海上航行 100 英里仍能舀到一杯淡水。地球上流动的淡水有六分之一从广袤的亚马逊河流向海洋。

其他雨林分布在中美州、南亚、马来西亚、印度尼西亚和非洲中部（主要是扎伊尔）。美国的夏威夷、波多黎各和维尔京群岛也有少量雨林。图 1 为世界主要热带雨林分布图。

尽管雨林大多位于赤道，但大都千差万别。科学家认为有 40 多种不同的雨林，这些雨林都有自身的动、植物群。热带雨林大致上分为热带干林、热带湿林和真正的热带雨林三类。本文主要谈及最常见的热带雨林，它离赤道最近，纬度最低。它们是世界上湿的陆地，每年被 400 英寸的雨水浸泡着，而纽约的降雨量为 43 英寸，旧金山为 20 英寸。热带雨林的平均温度为 80 °F，温度变化不大。

生命在这个又热又潮的环境中繁衍，热带雨林已成为地球上最复杂和生物种类最多的环境。它们仅占地球陆地总面积的 7%，但拥有地球动植物物种的 90%。理应将热带雨林称为“世界上生命力最强的地方”。

雨林的生物多样性

美国大陆本土最茂密的森林中最多有 25 种不同的树种。而婆罗洲的热带雨林一处就有 2500 种不同的树种。在巴西亚马逊河流域面积为 2.5 英亩的范围内，就有 450 种树。矗立在雨林中的最高的树有 200 英尺高。这些巨树为突生进化树种，其树顶枝叶繁茂，矗立在树冠层浓密的叶子之上。

雨林的树冠层由矗立在地面上 100 英尺到 120 英尺高的大片树冠组成。雨林中约有三分之二的动植物群在树冠层上生活和栖息，这里展现了自然界最壮观的景象，在树中寄生，又不伤害树的附生植物多达 2 万种，这些附生植物将树冠层盖住，活像蔚为壮观的空中植物园。附生植物的根部自由悬垂，从空气或树干和树枝缝隙处堆集的腐质中吸取水分和营养。

兰花是迄今人们最熟悉又是最美的附生植物。世界上大部分兰花都在热带雨林中。数百万年以来，它们和动物一起发生了显著的变化。有一种兰花物种开的花模仿一种特殊的雌性昆虫的一般体形，在不知不觉中与单型世代雄性植物接触而完成授粉。

凤梨科植物是另一种附生植物。其亲缘植物能在叶子的基部获取雨水。这些滞留的雨水就生成昆虫和有毒箭蛙等小型两栖动物赖以生存的微型生态系统。有毒箭蛙肤色艳丽有剧毒，森林猎人用其制取剧毒的毒箭和吹矢枪的毒镖。伏都教的医生发现这种毒素可使人变傻。

雨林的树冠层上有很多野生飞行微生物。世界上有一半的鸟类（约上千种），在亚马逊雨林中生存。它们不知疲倦地在花丛间飞舞。小蜂雀细长的嘴是重要的授粉工具。它们的翅膀每秒钟拍打 50 到 80 下，速度极快；如果人要达到这样的速度，每天要消耗的能量相当于 130 个面包的卡路里。

毛色艳丽的鹦鹉、金刚鹦鹉、巨嘴鸟和天堂鸟把树冠层装饰得像无价的珠宝。它们响亮和呱呱的叫声是雨林中熟悉的声响。鹰和隼在树冠层的栖枝上称王称霸，它们会突然俯冲下来，杀死那些行动缓慢不能躲开其袭击的动物。它们在森林食物链中高居首位。

在热带雨林栖息的大量蝙蝠也是一种很特殊的动物。它们是唯一能飞行的真正的哺乳动物，雨林中有 1000 多种蝙蝠物种。在一些地区，约一半以上的哺乳动物是蝙蝠。它们的生物量比其他所有哺乳动物的总和还大。

蝙蝠的大小各异，小的有专吃昆虫的小蝙蝠，大的有食水果的翼展达 6 英尺的“飞行狐狸”。吸血蝠共有 3 种，它们用剃刀一样锋利的三角形前牙将猎物切成片。蝙蝠的唾液有一种麻醉剂使猎物在整个过程中没有痛苦，同时有一种凝血剂确保蝙蝠所需营养成分不流失。

蝙蝠像昆虫和鸟类一样是雨林植物的重要授粉动物，它在播种中亦起了很大作用。蝙蝠吞食水果后，在飞翔过程中将种子传播到热带雨林各处。据估计在热带雨林中，通过蝙蝠播种的种子达到 95%。

在树冠层下，灌木、藤蔓植物与小树争夺空间和透过厚厚植被漏出的有限光线。这些数量少一些的植物群形成了下层林木，由高度在雨林区上空 50 英尺到 80 英尺之间叶子茂盛的成片枝条组成。

下层林木和树冠层一样与生物共生存。汇集着世界大部分猴和猿等灵长目动物在其间荡来荡去，上下攀援。毛猴、蛛猴和发出尖声的吼猴在中美和南美的丛林中比比皆是。西半球灵长目动物的共同特点是有一条能盘卷缠住树枝的尾巴，已演化成适应树上生活的第五肢。东半球（亚洲和非洲）的猴子都没有这种尾巴。

非洲雨林中到处可见黑猩猩。黑猩猩与大猩猩、长臂猿和猩猩一样，属于猿而不是猴子，因此没有尾巴，它们在雨林地面捕食时，和在树冠层上攀援时一样灵活。最大的猿类大猩猩也是非洲雨林的生物。由于体大，成年的大猩猩很少在树上攀援。

中美洲和南美洲雨林中最常见的大型哺乳动物是懒猴。它们的奇特之处是能从树枝上倒挂下来，它们弯曲的长爪子像肉钩。懒猴的吃、睡、交配甚至生育都采取这种姿势。它们的皮毛上麇集着大量的海藻，给懒猴披上了一层淡绿的保护色。和其他哺乳动物的区别是，懒猴的体温随温度的改变而变化，因此，在树冠层任何露出缝隙的地方，都能看到懒猴倒挂着沐浴在阳光下。

在亚马逊热带雨林四处觅食的美洲虎是美洲丛林中真正的兽王。美洲虎是继狮子和老虎之后的第三大猫科动物。它在树冠层到地面整个森林称王称霸，攻击弱小、动作缓慢的动物。它在食物链中高居首位，自然界不

存在以它为生的动物。

雨林中没有空着的生态龕，也出现了一些极为奇特的动物。阿诺德·纽曼对热带雨林的一些动物作了如下描述：

这里展开的各种生物就像是一份不可思议的产品目录。草像竹子那样能长到 100 英尺高，每天能长 36 英寸；树身达 145 英尺的“玫瑰”；雏菊和紫罗兰有苹果树那么大；蕨类高 60 英尺，其中一些属于最坚硬的木材；长 37.5 英尺能收缩的蛇；睡莲的浮叶的直径为 5 英尺，能够撑得住一个小孩的重量……大花草堪称世界上花中之王，其直径为 38 英寸，重 38 磅，蜜腺中所含液体达数加仑；翼展为 12 英寸的蛾和体重达 100 磅，大到能吞食老鼠和啮齿动物的青蛙。

这里确实奇特，而奇怪的事物往往很危险。在气势磅礴的亚马逊河的回水和很多支流中，到处潜伏着美洲鳄鱼。水虎鱼群露出锋利的牙齿在几分钟内就能将 200 磅重的动物撕碎。捕食所有水中动物的魔鬼是一种细尖如刺的长 2 英寸的可怕的寄生鲇。它闻到尿味后，进入被捕食对象的外生殖器的尿道口。它们能通过尿道，进入膀胱中生存，只有通过外科手术才能将其去除。它们让病人遭受极大的折磨。亚马逊部落的许多男性通常将生殖器尿道口的包皮束结扎，以免受到寄生鲇的侵害。

热带雨林中普通的蚂蚁也长得很大。最大的蚂蚁是非洲矛蚁和南美行军蚁。成群的数十万只这种一英寸长或更长些的蚂蚁在通过丛林时，会毁掉沿途的一切。马、牛被活生生地吃掉，一切生命都无法幸免。

矛蚁、水虎鱼和剧毒的树蛇也在树冠层上活动，奇怪的是它们都不是热带雨林中最毒的动物，最毒的动物要数一种很小不起眼的蚊子。雌蚊的叮咬可传播疟疾病原体（这种病堪称世界疾病杀手之最）。蚊子还传播导致象皮病的小丝虫。这种病因患者的腿中聚集大量丝虫，胀得和象腿一样而得名。一旦患者的外生殖器受感染，要将睾丸放进小推车方可走路。

雨林的毁灭——世界性灾难

刘易斯·斯科特的《雨林》一书列出的数字表明，雨林以每分钟 67 英亩（相当于一个足球场）的速度遭到彻底毁灭。每年有一个纽约州大小的雨林永远消失。斯科特警告说，“如果雨林按照这种速度减少，到本世纪末，大部分雨林都将消失。”

雨林的消失，意味着人类将永久丧失一大批物种。物种将濒临灭绝。很多物种现在就遭到危险。橙色皮毛的猩猩（因其脸像人脸，被称为“森林老人”）过去在亚洲的任何地方都可以看到。由于其栖息地遭到极大破坏，这种在树上生活的唯一的一种大猩猩越来越少，只能在印度尼西亚苏门答腊和婆罗洲找到。

到底有多少其他动植物已灭绝或濒临灭绝？无人知晓，也根本无法知道。地球上人们尚未发现的生物还有 95%，它们的情况又如何呢？到目前为止已经发现 150 万种不同物种的生物，其中一半是昆虫。然而昆虫共有 1000 万种乃至一亿种，而且大部分在热带雨林生活。

纽曼在《热带雨林》一书中写下一段有趣的观察结果：我们能很精确地测出从地球到月球的距离（误差不超过 0.25 英寸），但是我们能识别的

在地球上栖息的生物不到 6%。依笔者看，读者并不知道热带雨林有哪些生物，也就不介意这些生物的死生。但我们都清楚地知道听任热带雨林消失意味着人类会失去许多：

- 有四分之一的药物源于热带雨林的动植物。美国国家癌症研究所已查明有 3000 种植物有抗癌功能。其中 70% 在热带雨林生长。玫瑰色的长春花可用于制作治疗儿童白血病和何杰金氏症的几种药物。用热带金鸡纳树皮制成的奎宁是治疗疟疾的神奇药物。斯奎布氏药剂是利用巴西响尾蛇科毒蛇的毒汁制取的治疗高血压的药剂。

- 至少有 2500 种潜在的新水果和蔬菜生长在世界各地的热带雨林中。从雨林中得到的经过驯化的动物与归化的植物中获得的基因能用来改良土生的牲畜，所有家鸡都是亚洲丛林禽类 4 种物种的后代。我们 80% 以上的食物包括咖啡、可可都来自雨林。

- 雨林还向人类提供了轮胎用的橡胶，口香糖、油漆和化妆品所用的树胶和橄榄油。雨林中有一种特殊的树提供了高尔夫球所用的坚硬的乳胶。从巴西的苦配巴树可以直接导出柴油。巴西有 20% 的柴油由这种树提供。此种现象的发现者梅尔文·卡尔文因而获得了诺贝尔奖金。

为何要摧毁如此珍贵的资源呢？有一定的原因。伐木公司砍伐大量树木，将硬木木材运往各国销售。顺便说一下，日本是世界上最大的热带木材进口国，每年用木材生产大量的一次性木筷子，建造 1.1 万间住宅。

在雨林区，砍掉树木、兴建牧场的做法也很普遍。然而这种做法的效率极低。据估计，需毁掉 67 平方英尺的巴西雨林方可换得 0.25 磅汉堡包。人们都不会想到，雨林的土壤居然又薄又脆弱，几场大雨可冲走所有的表土。用不了几年时间牧场主就得放弃原来的牧场，去寻找新牧场。

许多热带雨林在这样的“刀耕火种”中被滥砍滥伐而变为农场。人们将树砍倒焚烧，灰烬增加了土壤极需的营养。然而，农场的命运和牧场的一样，表土很快被冲走，农场不得不被放弃。人们毁掉大量的森林而种植非法走私毒品所用的古柯。1988 年哥伦比亚的商品出口额中、可卡因居第一，出口额为 40 亿美元。咖啡位居第二，出口额为 15 亿美元。

砍伐和焚烧热带雨林远不止毁灭无数的动植物物种。地球上生命多样性的毁灭意味着破坏人们赖以生存的大气。这是一种连锁反应。

绿色植物和海藻是一种特殊的生物。它们吸入空气中的二氧化碳，与从土壤（或海洋）中吸取的水混合，形成一种单糖、葡萄糖和氧气。这种奇妙的变化通过植物中的叶绿素（叶绿素吸收日光进行化学反应，即光合作用）完成。

树木将从空气中摄取的二氧化碳以葡萄糖的形式保存起来，能有效地降低大气中二氧化碳的含量。热带雨林的树木生长很快，对促进光合作用起着重要作用。这些林木每年从空中摄取上百万吨二氧化碳。

二氧化碳是一种温室气体，而工业和汽车尾气的污染也产生大量的二氧化碳，因而降低大气中二氧化碳的浓度极为必要。温室气体吸收地球表面反射的热量，不让热量漏失。结果物体升温，这就是所谓的“地球变热”。

在利用“刀耕火种”毁林兴建的农场中，“刀耕火种”确实造成双重后果。首先，砍伐林木，减少了光合作用最终造成大气中二氧化碳浓度增

加（也会减少大气中生命必不可少的氧气含量。光合作用对氧气循环极为重要，确保大气中不缺乏氧气）。其次，放火毁林，产生大量的二氧化碳造成环境进一步恶化。最终只能是带来灾难性的气候变化，冰川溶解，洪水泛滥。这不是一般性灾难，会造成更多的动植物死亡。

地球在过去的5亿年的岁月中，已经历过5次大规模的灭绝。最近的一次大约在6600万年前的白垩纪末期，恐龙灭绝。但这不是最严重的一次。最惨重的损失是大约在2.45亿年前二叠纪，那时生命大规模灭绝，77%到96%的海洋动物物种消失，地面的生物也大量灭绝。

如果将雨林完全毁掉，到下世纪中叶，人类显然很可能经历第6次大规模灭绝。和以前所发生的灾难一样，生命将再次受到严峻的考验。但我们已经永远失去了舌头长8英寸，可从特殊品种的兰花中摄取液汁的达尔文蛾，以及身体几乎透明和骨头为绿色的草蛙。

伟大的自然主义者探索家查里斯·威廉·毕比曾意味深长地谈到：“如果某种生物的最后一个个体停止呼吸，只有在出现新天体或地球重新恢复生机之后，才能再次见到这种个体。”

（李明译）

混沌理论：不可测因素的预测

你是否有过对快速流动的水流所产生的不断变化的涡流结构不知所措的经历？你是否看到过雪茄烟袅袅升起的烟雾结果却分解为无序的旋涡？流体的平滑流变得混乱和无序的现象叫“紊流”。潺潺流动的溪流总是很美，然而紊流则总是令人讨厌。紊流会在管道中产生阻力，影响飞机机翼的升力。血管中的紊流甚至会干扰人工心脏瓣膜的工作。紊流一般会降低任何高速运动流体装置的效率。

尽管对流体紊流的研究长达数个世纪，然而紊流仍然是经典物理学中没有吃透的问题之一。时至今日，仍然没有人能说出加大流速时，十分平滑的管道中平稳的液体为什么会变为紊流。功率最大的计算机无法精确跟踪湍流数秒钟。沃纳·海森伯格曾提出量子理论的“测不准原理”。他在临终时宣布：“我有两个问题要请教上帝：为什么会有相对论和紊流。我确实认为恐怕只有上帝能最先作出回答。”

这些问题恐怕会把上帝难住，但一门新兴的科学也许能作出回答。这就是混沌理论。

混沌理论是设法了解许多自然系统特有的随机性和不可预测性所采用的一条原理。不可预测性的经典例子就是天气。运用所有各种知识和计算机先进技术，气象学家仍然不能准确预报一两天后的天气。原因何在？是对大气条件了解得不够全面吗？艾萨克·牛顿先生在提出著名的运动定律时，坚信宇宙是确定的。知道物体的质量和位置以及作用力，就能精确地计算出该物体任何时刻的行为。影响天气的大气层上的作用力也是这样。在能获得所有的数据的情况下，人类能准确预报各个时刻的天气。这种说法对吗？

20世纪60年代初，一位文静、谦逊的气象学家爱德华·洛伦茨对这个十分重要问题作出了回答。他利用一个极其简单的仅由十几个方程组成的天气模型系统（现在的天气模型采用巨型计算机计算上百万个方程），演示了初始输入数据的很小变化——如温度读数变化1%度——在极短的时间内，天气都将发生惊人变化。由于某种原因，方程对初始条件极其敏感。人们将这种现象戏称为“蝴蝶效应”。如果东京的蝴蝶振翅的话，就有理由相信会在佛罗里达州出现飓风。

在后来的研究中，洛伦兹将12个方程减成由主要描述受热流体对流的三个方程组成的极其简单的系统。尽管方程精确描述流体的行为，即这是确定的，但仍然对初始条件很敏感。在一定的温度下，热量输入发生很小变化都会造成流体最终运动的惊人变化。也许更重要的是，流体的行为在不断变化，是随机和混沌的。谁也无法预测流体中的某个粒子在接下来某个时刻后会出现在哪里。

“即使在遵守牛顿运动定律的简单系统中，也总是无法预测下一步会出现什么情况。”混沌理论专家伊恩·斯图尔特写下上述这段话，他还对混沌理论的全部内容作了很好的总结。混沌的原因，概括起来，就是不稳定性，一种持久的不稳定性。对一个稳定系统来说，可通过简单的线性方程描述其行为。也就是说，系统各部分互相按比例运转。冰球在冰上加速滑行就是一个简单的例子，如果冰球与其滑行的冰面之间没有摩擦力，作用在冰球上的作用力和加速度之间的关系，可用一个简单的线性方程表

示：

作用力 = 质量 × 加速度

将作用力增加一倍或两倍，就是将加速度增加一倍或两倍。

然而摩擦力确实存在，因而整个系统呈非线性和不稳定。詹姆斯·格莱克在其所著的《混沌》一书中解释说，“由于存在摩擦力，关系变得复杂了，因为能量变化量取决于正在滑动的冰球的速度有多大……由于摩擦力的大小取决于速度，因此无法设定一个恒定的摩擦力值。而速度也取决于摩擦力。”

计算非线性系统犹如玩牌，规则在不断地变化。对未来条件的计算和预测都不可能十分准确。不准确度由非线性度而定，确定不确定度是混沌理论的核心内容。将混沌理论称作非线性动力学科学也许更确切些。

稍加思考，就会发现到处都有非线性现象。多数自然系统（如天气和水流）都是非线性系统。摩擦力、热能、空气阻力和黏度比比皆是，它们进入自然系统会使自然系统变为非线性系统。再者，任何系统在一个以上作用力的作用下都会变成非线性系统。图 1 是在两块磁块作用下的钟摆系统。铁制的摆锤在底部有两块磁铁的上方摆动，磁铁分别对摆锤产生作用。该系统为非线性化系统。当摆锤位于两块磁铁中间时，受到近乎相等的两个力的作用。这时，钟摆运动的非线性特性表现最为明显。摆锤在非线性运动时对速度和位置的很小变化都十分敏感。在这种情况下，钟摆经过几次摇摆后，运动变得十分混乱，既有左右摆动又有前后运动，总体上没有节奏。

对初始条件极为敏感是混沌系统的特征，到底敏感到什么程度？伦敦玛丽皇后和韦斯特菲尔德学院的混沌理论专家，数学教授伊恩·珀西瓦尔以钟摆和及其吸引钟摆的磁铁为例作了解释。

在两块磁铁间每摆动一次，位置测量误差就增加 10 倍，而且根本没有例外，其敏感度之大可想而知。因此，摆动后的位置测量误差小于 1 厘米。为了在摆动四次后作出同样的预测，（初始）位置的测量值应精确到小于一个细菌大小；摆动九次，须精确到小于一个原子。钟摆按牛顿的确定性原理运动，但长期以来对其未来行为的预测一直未能成功。

非线性及其产物（即混沌现象）确实无处不在，为什么直到 20 世纪中叶与后期才出现混沌理论呢？因为以前的科学家实际上趋于忽略非线性。他们提出的方程是对真实世界的大致估计，而为了方便起见省略了非线性因素。伽利略通过观察在斜面上滚动的小球，提出了重力运动定律，但忽略了摩擦力所产生的细小差异。他让轻重不同的物体从比萨斜塔上落下，作自由落体运动，证明它们降落时的加速度相同，然而他忽略了空气阻力。他提出的线性方程是对真实世界的理想化描述。

他们的方法大多都能成立。只有在非线性特征极为明显时，系统才显出混沌。即使这时出现混沌也需要相当的时间，何况这种混沌微乎其微。太阳系这个例子很能说明问题。行星绕太阳公转的轨道，看上去很规则，卫星绕各自行星运行的轨道也是这样。但太阳系由许多天体组成，它们相互之间有重力作用。因此这是一个非线性系统，有可能变得混沌。格莱克注意到了这一点，他说：“只能作一段时间的轨道的数值计算，在不确定

性开始占主导地位之前，功率很大的计算机可跟踪较长的一段时间……时至今日，还没有任何人能确信直到行星永远脱离太阳系之后，行星轨道会越来越呈现偏心动力。”麻省理工大学的杰拉尔德·萨斯曼和杰克·威兹德姆指出关于行星速度和位置的任何计算在 400 万年后都会出现严重的误差。

因此，我们实际上本来就有不可预测的非线性系统，因为可预测性需要的精度无限的高。难道我们就只能保持对周围世界不求甚解吗？好在回答是“不”，总之，我们可利用计算机。研究混沌理论离不开计算机，犹如生物学研究离不开显微镜一样。道理很简单。计算机的功率与运行速度可达到人脑的几百万倍，真叫人难以相信。它们通过数十亿次的重复计算（即“迭代”），就是说将某次计算的输出作为下一次计算的输入，写出非线性方程（这些方程不成比例，但能反映真实世界）。我们利用这种反馈就能观察系统随时间的变化情况。我们所看到的难觉察的变化明显地被放大了。

例如，下式的非线性方程是生物学家提出来计算动物种群的年波动情况：

$$X' = RX(1-X), \text{ 式中, } X' = \text{某年的种群数}$$

$$X = \text{前一年的种群数}$$

$$R = \text{表示这一代成年动物所产生的后代数量的一个常量(种群的增长率)}$$

这一方程成立的条件是， X 和 X' 为 $0 \sim 1$ 之间的小数，实际种群数是这些小数的 1 万、10 万或 100 万倍。

在已形成这个反馈回路的条件下，就是说如果将一年的种群数(X)代入方程可得出翌年的种群数(X')，同时依据 R 值大小能得出某些十分奇特的结果。假定 R 值为 1，种群数为 0.4 时，历年的变化情况如下：

$$\text{第一年: } X' = RX(1-X)$$

$$X' = 1(0.4)(0.6)$$

$$X' = 0.24$$

$$\text{第二年: } X' = RX(1-X)$$

$$X' = 1(0.24)(0.76)$$

$$X' = 0.18$$

$$\text{第三年: } X' = RX(1-X)$$

$$X' = 1(0.18)(0.82)$$

$$X' = 0.15$$

种群数逐年递减，趋于零，或种群数濒临灭绝。实际上无论初始种群数是多大，在 R 值为 1 或小于 1 时，都将出现种群数灭绝的情况。如果 R 值为 2，种群数每年在两个不同的值之间交替变化，即出现所谓的两歧状态。如果 R 值再大，会出现更多的两歧状态，种群数在 4 个、8 个、16 个或 32 个不同值之间交替变化。令人不可思议的是， R 值为 3.57 时，各年的种群数各异，且其变化没有规则，无法计量。这一系统就处于混沌状态。

但这一系统的最终结果不是混沌。随着 R 值进一步增大，出现了奇特的两歧状态和三歧状态，然后又出现混沌。我们所得出的极其深奥难懂的复杂系统都源于一个简单的非线性方程。

计算机是研究混沌现象的极强有力的宝贵工具。计算机通过百万次的

反馈迭代产生大量的数字，同时计算机还有图表能力。如果每次迭代的各个解以空间的一个点表示，则对方程作多次迭代即可在计算机屏幕上产生的一个模型或图片。方程的所有可能解所在空间区域叫相空间。多次反复的演变结果是系统的相空间描述。这是描述方程所示的系统长期行为图。

如果该方程凑巧为线性方程，则相空间描述的轨迹在屏幕上是一条简单的曲线。如果该方程为非线性方程，且该系统中出现混沌，则就会产生缠在一起的极为复杂的盘绕的曲线图。任何两条曲线的轨迹都不相同。这种相描述叫“奇异吸引区”，是计算机抽点打印混沌系统的结果。图2是爱德华·洛伦茨利用简单的天气方程组得出的奇异吸引区。

纽约大学的弗兰克·霍平斯特利用一台功率很大的计算机输入动物种群方程。以上千个不同的R值进行数亿次迭代。他发现这个系统极其深奥难懂且极其复杂。用格莱克的话说：“先出现两歧状态，接着出现混沌，在混沌中出现少得可怜的有序峰值，这些峰值不稳定且十分短暂。”

通过研究奇异吸引区结构，我们对混沌系统有了更多的了解。也许最令人感兴趣的发现是尽管奇异的吸引区极不规则，但有一定的秩序。研究混沌的权威人士贝努瓦·曼德尔布罗特利用对简单的非线性多项式进行计算机迭代后发现了上述现象。他所获得的奇异吸引区有着十分复杂的曲线图，他将其称为“不规则碎片形”。但令人吃惊的是这些碎片的复杂性是重复的。在一个图形内，大规模的不规则性以不断缩小的规模将自身反复再现，这种特性叫“自型性”。

赫尔格·冯·科克发现的并以其姓名命名的“科克雪片”就是一种不规则碎片型。按图3所示的图形顺序很容易用铅笔和纸画出“科克雪片”。首先画一个等边三角形，接着把另一个三角形的顶角对准原三角形每条边的中心，进行叠加。就得到图3所示的第2步。然后在所产生的新的小三角形的基础上重复上述过程，可得出图3中的第3步。最后得到“褶边雪片”，其复杂性和细致程度由你确定。如图所示，逐级放大和检查都说明，图形有自型性。

曼德尔布罗特的不规则碎片型已成为人们熟悉的一种艺术形式。如果用明亮的颜色进行复制可获得颇为壮观的景象。在描述真实世界中的偶生艺术（一种大型拼贴艺术——译注）时，就能显出不规则碎片形的重要性了。我们从奇异吸引区的不规则碎片特性，可以了解混沌系统的基本结构和其中可能隐蔽的一些次序。流体的紊流、天气的不可预测性、心脏跳动的不规则性、免疫反应的不确定性、电子系统和化学反应的随机脉变动，甚至股票市场的起伏都可以用混沌理论来作出更好的解释。这是一个令人激动的时刻，随着功率更大的计算机的出现，不知道我们还能发现什么秘密？

（李明 译）

天体的影子

艾萨克·阿西莫夫 1941 年写了一本题为《黄昏》的短篇小说，开创了传奇故事作品的先河。后来美国的科学幻想小说家们将其评为当时最优秀的科学短篇小说。《黄昏》讲的是绕 6 个太阳运行的名叫“拉加斯”的一颗行星。根据天体力学，空中至少总有一个太阳在照耀，应该不会出现黑暗，不会有夜晚，也不会出现星星。不堪设想的事还是发生了：夜晚还是来临了，星星还是出现了。拉加斯上的人真的快疯了。为什么太阳当空还会出现黑暗呢？

中午时分黑暗降临

原因是出现了日食，日食不仅出现在拉加斯星球上，当然也在地球上出现。很简单，当月球运动到地球和太阳之间时，遮住了太阳，在地球上投下了月球的影子（见图 1），于是就出现日食（记住，月球与太阳的区别是它本身并不发光。它是一面大镜子，将照射在月球表面上的阳光反射回去）。

（本篇所列插图的大小和距离都不按比例。）

从图中可见，地球上月球盘形阴影由本影和半影两部分组成。

半影是部分阴影，太阳表面的一些阳光进入了半影。本影则是完全阴影区，没有任何阳光进入。地球上位于月球半影区的地区就出现日偏食现象。观测者看到太阳似乎被削去了一块。地球上位于月球本影区的地区将出现日全食。太阳表面完全被月球覆盖。只能在月球的暗圆盘周围看到一个光晕，那是太阳大气层发出的光亮。

日食现象并不罕见，不会像拉加斯星球上那样稀罕。事实上，每年都将出现 2 至 5 次日食，其中有 3 次在地球某地出现（记住，地球上只要有小部分地区能看到日全食，便能将这一事件列为日全食。地球大部分地区只能看到日偏食，或根本看不到日食）。按理说，月球绕地球公转，每当运行到地球和太阳之间时都应该出现日食现象，就是说一个月应出现一次日食。

为了明白这个道理，我们先谈谈日全食。抬头可看到，月球正好位于太阳和地球之间（月球与太阳和地球排成一直线时，叫朔，即新月。只有在新月期间才能出现日食）。月球绕地球逆时针公转。每隔 29.5 天，为什么不出现一次日食现象呢？或者说实际上每隔 29.5 天为什么不出现日全食呢？

三个星体正好在一直线上

答案就是每隔 29.5 天，或每次出现新月时，月亮实际上并非在太阳和地球之间。尽管抬头看去月球与太阳和地球成一直线；从侧面看，三者通常不在一直线上，月球所在位置或高或低。因此，月球遮不住太阳，就不会出现日食。有时，三个天体部分地成一直线，于是就出现日偏食现象。

相对于地球绕太阳公转的轨道面言，月球绕地球公转的轨道略有倾斜

（一般约为 5 度），每次出现新月，月球都可能与地球和太阳成一直线。月球所在位置大多高于或低于地球轨道（见图 2）。只有当月球正好穿过地球轨道平面时，才会出现日食。而且这时月球必须是新月。要同时满足空间和时间两方面要求，因而日食根本不可能每月出现一次。

事实上，日全食的次数比天体力学理论的结果还要少。月球与太阳和地球可以完全成一直线而且不能完全遮住太阳。这样一来，我们希望能看到日全食的地方只出现了日偏食。

星体大小

星体大小是决定性的因素。要让月球完全遮住太阳，月球至少要有空中的太阳那样大。从空中看起来两个天体一样大，纯属偶然。

当然，从空中看去一样大并不是说两者要大小一样。太阳直径比月球直径约大 400 倍，但太阳与地球间距也是地球与月球间距的 400 倍。因而，看上去两者大小相同，才有可能出现日食。就日食（以及其他很多现象）来说，外观至关重要，外观大小以物体在空中所在度数，即角度来计量。太阳和月球的直径分别约占半度，与伸臂可及之处手里拿着让孩子服用的阿斯匹林药片大体一样大小。拇指的厚度约为两度，伸臂可及之处握拳的厚度约为 8 度到 10 度。大约有 4 个月亮可从你拇指的厚度中穿过。太阳和月亮的角度相同。

大体情况就是这样。但与其他时刻相比，有时月球与地球间的间距稍大些，有时太阳与地球间的间距会近一点（您信也好，不信也罢，冬季与春季相比太阳与地球之间的间距近了 300 万英里）。这种情况下，月亮看上去比太阳小一些，即使地球、月球和太阳完全在一直线上，月亮也不能完全遮住太阳。在月亮的暗圆盘周围会留有很弱的太阳光环。这种日食叫日环食，源自希腊词 *annulus*，其意思是“环”。图 3 为日环食的示意图。由于地球表面不都在月球本影中，日环食一般都为偏日环食。1994 年 5 月 10 日美国发生过一次颇为壮观的日环食。从德克萨斯到缅因州都能看到这次环形食，火红的光环持续出现了 6 分多钟。

在各种日食中，让人最激动的无疑是日全食。闭上眼睛，发挥想象力，让我们共同经历一次壮观的日全食。

日全食通常如图上所示从月球和太阳的初亏开始（初亏几乎都在太阳的顶部或底部）。随着日食的发展，月球继续侵蚀太阳。太阳约有一半被遮住时，虽然显然还是白天，但天色明显变暗。太阳变成越来越小的娥眉月，天色也逐步变暗。（太阳在变小？！）约 90% 的太阳被遮住时，天昏地暗给人留下很深的印象（已不再是“天气多云”）。随着黑夜降临，自然界将会发生某些变化，如蝙蝠会出来飞行，花朵也会闭拢。

在将太阳完全遮挡前不到一分钟，太阳缩成一条缝，只有一股环状光线照在月球前缘上。在最后几丝光线照在月球上分布的环形山和月谷时，这些环状光线被分成一些光点。这个光的项链叫“倍里珠”，以 19 世纪描述这一现象的天文学家倍里命名。在日全食出现前 5 秒钟，项链变成嵌在阳光照射月球深谷光晕中的一颗宝石。您将亲眼看到金刚石环。

这时出现的日全食叫“食既”。果真是夜间了。如果天气晴朗，空中会出现星星。太阳的外层大气，即日冕本身会发出幽灵似的柔光。这类柔光平常都被太阳火红的圆盘光辉所掩盖，而现在像轻轻打开开关一样使它突然显现了出来。这类乳白色辉光是日全食的一大奇观。在月亮边缘周围能看到太阳的活动：从太阳表面和低层大气骤然的高温气体发出的火舌。这一情景美不胜收。

不久，日全食就结束了。太阳开始露出小脸，通常也从图中所列的右侧开始（这可能在太阳的顶部或下部）。天文学家将其称为“生芒”。在日全食之前发生的所有事件现在以相反的顺序再现一次，日冕辉光消逝，接着出现金刚石环、倍里珠，星星也躲了起来，又恢复白天。日食的结束又称“复圆”。

日全食最多能持续 7 分 40 秒，平均持续 2 分 30 秒。从“初亏”到“复圆”的日食全过程持续 3 小时。

出现频率

如前所述，日食并不罕见。但只能在地球上少数地方才能看到日食，尤其是日全食。随着地球自转，月球本影在地球上留下轨迹，其宽度在赤道附近绝不超过 167 英里（269 公里。在地球较高的纬度上留下的影子较模糊且有点扩散）。地球 95% 以上的表面都在日全食的轨迹外，不可能观测到日全食。

尽管日全食并不少见，在地球上具体的地方还是很少见的。例如，最近一次能在美国大陆本土看到的日全食是 1979 年 2 月 26 日发生的。在 2017 年之前，即从 1979 年算起 38 年之内，在美国大陆本土不会再出现日全食。日全食在同一国家或同一大陆的同一地方重复出现的机会就更少。每 350 年才能重现一次。

1991 年 7 月 11 日发生的日全食持续时间长，而且观测效果很好。在夏威夷、墨西哥和中美洲等地区都观测到日全食，持续了 6 分 58 秒。上一次日食发生在 1955 年，持续时间与 1991 年这次的持续时间相当，还稍长些。下一次将在 2132 年，即从 1991 年算起的 141 年后出现。表 1 列出 1991 到 2000 年 10 年间出现的日食。

表 1

十年间的日食

日 期	位 置	类 型
1991 年 1 月 15—16 日	澳大利亚、新西兰和南太平洋	日环食
1991 年 7 月 11 日	夏威夷、太平洋、墨西哥和巴西	日全食
1992 年 1 月 4—5 日	太平洋中部、美国西南部	日环食
1992 年 6 月 30 日	乌拉圭、大西洋南部	日全食
1992 年 12 月 24 日	北冰洋	日偏食
1993 年 5 月 21 日	北冰洋	日偏食
1993 年 11 月 13 日	南极洲	日偏食
1994 年 5 月 10 日	太平洋、墨西哥、美国和加拿大	日环食
1994 年 11 月 3 日	秘鲁到巴西、南大西洋	日全食
1995 年 4 月 29 日	南太平洋、秘鲁和南大西洋	日环食
1995 年 10 月 24 日	伊朗、印度、东印度群岛、太平洋	日全食
1996 年 4 月 17 日	南极洲	日偏食
1996 年 10 月 12 日	北冰洋	日偏食
1997 年 3 月 9 日	蒙古国到西伯利亚、北冰洋	日全食
1997 年 9 月 2 日	南极洲	日偏食
1998 年 2 月 26 日	太平洋、巴拿马到瓜德罗普岛	日全食
1998 年 8 月 22 日	印度洋、东印度群岛、太平洋	日环食
1999 年 2 月 16 日	印度洋、澳大利亚、太平洋	日环食
1999 年 8 月 11 日	北大西洋、英国西南部到印度	日全食
2000 年	没有	—

除了日偏食、日环食和日全食外还有第四种日食：即全环食（在 1991 年到 2000 年之间不会发生。但在今后的几十年可能出现，一次在 2005 年另一次在 2013 年）。在这类日食中，月球完全遮住位于日食轨迹中心的太阳。该中心的外面，由于地球有表面曲率，月亮看上去比太阳小，产生了日环食（在简单的日全食中，地球曲率不会使得月亮看上去小于太阳，就是说，只有日全食而没有日环食。当然所有发生在投影外层的半影区的日食都是日偏食。见图 1 和图 3）。在不同的日食中，日偏食最常见，而全环食很少见。

光致盲

务必注意，在尚未采取诸如规定的太阳滤光器等保护眼睛的正确措施之前不要观察日食（茶色玻璃、X 光胶片和太阳镜都不顶用）。观察仅持续 30 秒钟的日偏食也会造成眼睛永久性损害，轻者在所见景物上长期都叠印太阳的印象（据称，1970 年美国发生日食期间，眼睛受伤的事例有 140 起）。若用双筒望远镜或望远镜观察日食，那么用不了 1 秒钟，眼睛就会受伤。主要原因是红外辐射烧伤了眼睛的视网膜。视网膜中没有痛觉感受器，因而在没有丝毫痛苦和警觉的情况下，出现了眼睛失明。日食期间，

直接观察太阳唯一安全的时刻是出现日全食的时刻。

太阳在任何时刻，包括发生日食时都产生红外线，因此您很想知道为什么不发生日食时，太阳就不损伤视网膜呢？其实，如果观察太阳的时间过长，也会伤害眼睛。然而，太阳十分耀眼，因而持续观察太阳的时间都不到 1 秒。遇上多云天气，就不用担心：云挡住了红外线，保护眼睛不受伤害。

地球的阴影

就像太阳那样，月球也能藏起来，这种现象叫月食（见图 4）。日食和月食都是这些星球间遮蔽的结果，日食是在地球上留下的月球的影子，月食是在月球上留下的地球的影子，这一点确实是两者的相似点。出现日食时，月球将太阳遮住，因而看不到太阳。发生月食时，实际上并未将月球遮住，出现月食是因为未发生光线的反射。（记住：月球是一面大镜子。）

就像日食那样，月食可以有月全食和月偏食。与发生日食时不一样，半影此时不起作用（从技术上说，在月球只进入地球半影区时，半影食确实存在，但在地球上很难看到，不值得去研究）。如果月球完全进入地球本影区中，会出现月全食。如果月球只是部分进入地球本影区，则将出现月偏食。和日全食不同的是，月全食不是局部的。月全食只是在已进入夜间的地球一侧出现。

如图 4 所示，只有在地球位于太阳和月球之间时，这时为满月位相，才出现月全食。看来月球每隔 29.5 天绕地球公转到满月位置时，都应当出现月全食。但月全食不会这样频繁，也正因为这样，才不会每隔 29.5 天出现一次日食。月球和地球的轨道平面不同，满月时月球、地球与太阳实际不在一直线上。

看来月食比日食常见，因为能观察月食的地区多得多。地球上任何地方能见到月食的次数应远多于能见到日食的次数。但是实际上，月食的出现次数略少于日食。每年平均两次月全食，高于日食总数字的一半。表 2 列出 1991—2000 年的 10 年间出现的月食。

表 2 1991 — 2000 年 10 年间的月食

日 期	月食类型 (月球发暗部分所占的百分比)
1991 年 12 月 21 日	月偏食 (9 %)
1992 年 6 月 15 日	月偏食 (69 %)
1992 年 12 月 10 日	月全食
1993 年 6 月 4 日	月全食
1993 年 11 月 29 日	月全食
1994 年 5 月 25 日	月偏食 (28 %)
1995 年 4 月 15 日	月偏食 (12 %)
1996 年 4 月 4 日	月全食
1996 年 9 月 27 日	月全食
1997 年 3 月 24 日	月偏食 (93 %)
1997 年 9 月 16 日	月全食
1998 年	无
1999 年 7 月 28 日	月偏食 (42 %)
2000 年 1 月 21 日	月全食

月食经历的基本阶段与日食相同，但节奏慢得多。由于本影的直径接近月球直径的 3 倍，月全食可持续 2 小时。月全食全过程可延续 4 小时。当然不会出现倍里珠、金刚石环和日冕辉光，而且星星已经出现。但月食的美景颇为独特且依稀可见。发生月全食时，月球并非完全暗淡和完全看不见，这真出人意料。地球的大气层将有些阳光，尤其是红色和橙色波长的光，向地球的本影区折射，在本影区中，光从月球表面反射，从而月球表面呈暗淡的紫铜色。

对月食进行观察，不会有损健康。

日食和月食确实是天体中最壮观的两大景象，是自然界自我表现的一个例子。它们不仅可爱，而且让人长见识。公元前 450 年，希腊观察家阿那克萨哥拉就推断由于发生月食时，留在月球上的地球的影子呈圆形，因而肯定地球是球形的。这比哥伦布所作的论断还早 1942 年。人们还利用日食来测量日冕发出的光和热。1919 年，甚至有人用它来证明爱因斯坦的相对论（见《广义相对论》）。

（李明 译）

空间和时间旅行

以每小时 60 英里（每小时 97 公里）的速度驱车旅行（我想我们并没有违反速度限制），横穿美国大陆本土需要 50 小时，环球一周需要 17 天。要用多长时间才能到月球、火星、最近的恒星和最远的星系上去呢？如果我们想方设法到太阳系的所有行星（不包括冥王星，它将成为下个世纪初宇宙飞船的汇合点）上去，这种星际和星系之间的旅行还会是遥远的梦想吗？

我们能否让时间倒流，回到到处可看到恐龙的那个时期的地球？

我们看到的一切是否果真在发生？

答案也许会让您大吃一惊。

到其他行星上旅行

让我们回到车上，在地球通向宇宙中的任何行星、恒星和星系的宇宙高速公路上开始我们的旅行。踩油门以每小时 60 英里的速度行驶，要用半年的时间才能到月球；在火星与地球间隔距离最近时（每 26 个月出现一次），要用 93 年的时间才能达到火星；需要 6800 年的时间才能到达太阳系最外处的冥王星。

半年的时间并不糟糕，然而又有谁会花 93 年的时间去宇宙的某个地方？即使我们能到达火星，那时也得让重孙子来安葬我们。到达冥王星需要 6800 年，相当于最早的文明时代延续至今的年数。很显然，时速 60 英里的速度，不能进行星际旅行。好在有时速更快的飞行器。

1947 年，美国空军飞行员查理斯·耶格尔首次突破声音的障碍，以超过每小时 670 英里（每小时 1078 公里）的速度飞行。6 年后，他创造了新的飞行纪录，比以前的速度快 2.5 倍。在这之后，1969 年阿波罗 10 号指挥舱内宇航员的速度为时速 24,791 英里（时速 39,896 公里），这是人类旅行的最高速度。不载人的宇宙飞船的速度更快。其中，以每小时 115,200 英里（每小时 185,391 公里）或每秒 32 英里（每秒 51 公里）的巡航速度绕太阳飞行的美国宇航局的德国建造的太阳神探测器是速度最快的宇宙飞船（在离太阳最近时，速度可达到每秒 44 英里，但这个速度不是常量）。只有这个速度才能满足我们到遥远星球上去的需要。因此，我们停好车，登上太阳神探测器（其实我们无法登上这个无人驾驶的飞行器）。以 32 英里/秒的速度旅行，13 分钟可绕地球飞行一周，2 小时到达月球，18 天到达火星，3.5 年到达冥王星。情况大有改善。

到其他恒星上去

人类到其他恒星上去可不是一件大美差。半人马星座比邻星是离我们最近的恒星（这里当然不包括我们自己的太阳）之一，与地球相距 25 万亿英里远，即地球到冥王星距离的 7000 倍。我们乘坐太阳神探测器到达半人马星座比邻星，要用 25,000 年。我们星系中的其他恒星都比半人马星座远上百上千倍。其他星系就更远了。我们的银河系有数百颗以巨大的螺旋形排列的恒星。我们所看到的空中的恒星只是该螺旋形的一部分。其他星

系更遥远，若不用高倍望远镜，就辨不出其中的各颗恒星（在宇宙的万亿个星系中只有 5 个能够用肉眼看到，它们在天空中分别只有一个小黑点）。

由于恒星和星系之间相距遥远，英里这一测量单位很快变得不实用。天文学家改用光年（ly）。光年是光在真空中传播一年的距离，约为 5.9 万亿英里（9.5 万亿公里）。半人马星座离地球约 4.2 光年，即从地球到半人马星座，光约需要 4.2 年。上面已谈到，太阳神探测器的速度是光速的 6%，飞完这段距离需要 25,000 年。光穿过银河系的螺旋形，需要 10 万年；太阳神探测器需要 6 亿年。这个距离实在让人吃惊。我们能够在有生之年到达银河系中最近的恒星吗？

加快速度

显而易见，即便以 32 英里/秒的速度进行星际旅行还不够快。光的速度最快，它在空间等真空的速度为每秒 186,300 英里（299,800 公里/秒）。问题在于在连续的时间段要能够提供足够的推力。推力产生加速度，进行星际旅行的飞船所需加速度为 1 个重力加速度（1g）或接近 1 个重力加速度，这是地球和物体之间的重力产生的自由落体加速度（不考虑空气阻力）。这个速率为 32 英尺/平方秒（9.8 米/秒²）。即岩石从高层建筑物上落下时，1 秒钟后速度达到 32 英尺/秒，2 秒钟后为 64 英尺/秒，3 秒钟后为 96 英尺/秒，依此类推每秒钟增加 32 英尺/秒。如果飞船能做到以这个速率加速，一年后能达到光速！

但我们现在还做不到这一点。我们现在所用的化学推进火箭不能提供完成远程飞行所需的推力。火箭发动机中的燃烧是非核燃烧，燃料的燃烧效率很差，不能提供足够力量。火箭燃料箱不能携带足够的燃料。

核推进系统就强多了，而这种系统正在研究中。裂变反应堆释放能量的方式与原子弹和核电厂一样，采用现代技术就可以实现。它们提供的加速度将远远高于光速的 1%。在 3 星期~4 星期中可到达外行星，用 400 年的时间到达半人马星座。

核聚变是实现核推进的另一种更好的方法，这是太阳、其他恒星和氢弹释放能量的方式。遗憾的是，在受控核聚变中，现有技术也不能释放足够的能量。未来的宇宙飞船可能根本不必携带燃料。例如，帆船或宇宙飞船配有直径为数百英里的帆，在飞行过程中可以从太阳风（太阳发出的高能、高速带电粒子流）获取能量。从理论上说，这类宇宙飞船能达到飞往恒星所需的 1g 加速度。梦想家们也在设计其他的异想天开的技术，例如物质-反物质发动机（一种能将在空间中广泛分布的氢原子聚集和集中起来用作核燃料的新发明）。

即使我们能够以光速或接近光速旅行时，旅行范围也限于我们在有生之年可进行探索的星体。在我们的银河系中最遥远的恒星离我们 8 万光年。麦哲伦云是离我们最近的星系，有约 17 万光年之遥。宇宙中最遥远的星系距地球约有 150 亿光年。即使以光速旅行，看来我们也会被茫茫无际的宇宙所困，也只能到达邻近星系中的几百个恒星。

难道只能如此吗？未必！

时间旅行

运动物体接近光速会出现令人费解的现象。对随光一起旅行的任何物体和人员来说，时间慢了下来。这是爱因斯坦的狭义相对论的部分内容(参见《一切事物都是相对的：狭义相对论》)，利用原子钟进行的实验证明了这一点。并非只有时钟减慢，化学反应和生物过程也减慢了。这一现象叫时间膨胀。

运动速度和时间变化不是简单的线性关系。光速降到一半或四分之一时，时间变化率并没有分别降到一半或四分之一。只有速度十分接近光速时，时间膨胀才明显(见表 1)。时间膨胀成为现实，令人惊叹不已。速度十分接近光速时，空间旅行者衰老的速度是没有进行旅行的人的千分之一或万分之一。在地球上已过去了 10 万年，而我们的空间冒险者也许只长了 10 岁。地球上已经历数代沧桑，文明已经历多次兴衰，冰期出现又消失多次。这位空间冒险者在空间仅度过 10 年。人类在时间膨胀中生活，生命好像暂时停止了，实际上能够到遥远的恒星和其他星系中旅行。最主要的障碍是我们无法达到光速。

时间膨胀不仅为探索人类能力所不能及的宇宙提供了方法，它也是一种时间旅行(一种科学幻想活动，指人离开现在而置身于未来或过去——译注)。如果空间旅行者能活万岁，那么他们不就在未来旅行吗，体验未来吗？毕竟，他们在“过去”的 9920 年前就去世了(假定人的寿命为 80 岁)。

假如我们同意以下假定，即时间膨胀的现象不是时间旅行——既不是未来时间的一部分，也不是过去时间的一部分。我们都知道即使用光速旅行也需要时间，旅行做不到即刻到达。例如，光从月球到地球需要 1 秒多钟。阳光到达地球需要约 8 分钟。半人马星座比邻星的光到达地球需要 4.2 年，M104 星系的光到达地球，需要 4000 万年。我们抬头看到的月亮是 1 秒多钟之前的月亮，太阳光是在 8 分钟前出现的，半人马星座比邻星闪烁的光是 4.2 年前的。用功能很强的望远镜看到的 M104 发出的光是 4000 万年前的。我们所见到的一切都是过去的。我们生活在过去。如果太阳突然爆炸并消失，我们仍能看到它在空中又持续闪耀 8 分钟。在这 8 分钟内，我们仍受到其重力的影响。

表 1

空间旅行者的速度 (占光速的百分比)	时间减慢因子
0	1.000
10	1.005
30	1.05
50	1.15
70	1.4
90	2.3
99	7.1
99.9	22.4
99.999	223.6
100	无穷

*将空间旅行者所戴手表上看到的消逝的时间与时间减慢因子相乘即得出未作空间旅行的人所戴手表上看到的消逝的时间。

反之亦然。任何人从 M104 星系来看地球，他所看到的是 4000 万年前的情景。

如果我们的光学望远镜的能力无穷大，对过去能看到多远？宇宙的外缘约为 150 亿光年之遥，即我们能看到这么远的过去。这是宇宙开始出现的时间，也就是常说的创世大爆炸。也没有比这更遥远的距离和过去了。事实上，当时尚不存在时间。回顾过去，我们看到的一切是炫目的白光，这种白光来自宇宙首次产生的光能。从技术上说，白光出现时间是在创世大爆炸之后约 30 万年，这一点是站得住的。我们确实无法超过白光的范围去看清楚每件事物的开始（天文学家所说的注意到“宇宙的边缘”时，并非指那么远。他们指的是创世大爆炸后的 10 亿~20 亿年间，首批恒星和星系的形成）。

假定有一颗围绕 M104 星系中的某颗恒星运行的行星。这是一颗反射能力很强的行星，其表面是特别光滑和闪光的岩石。我们称之为镜子-X 行星。假定地球上的天文学家已经发明了功能很强大的大型光学望远镜来收集镜子-X 行星反射的光。就像您从镜子中看到自己的形象一样，地球上的天文学家把望远镜对准镜子-X 时，能看到自己的反射的形象。但镜子-X 必须是 4000 万光年之遥。光从地球到达镜子-X 需要 4000 万年，然后从镜子-X 到达地球又需要的 4000 万年。这就是 8000 万年时间。

天文学家无法看到自己的反射形象；他们只能看到地球上到处出现的恐龙。那不是侏罗纪公园。

看到过去事物这种现象不是时间旅行。一些理论物理学家认为我们能够在时间上回到过去，但极其复杂，要设计出旋转黑洞、白洞、虫孔和超级绳索，能量比整个宇宙的能量可能还大。这肯定不是很近的将来会出现的技术，但现在可以作出大量的设想。

（李明 译）

非正统医学

这里躺着一位已濒临死亡的病人。为了抢救他，医生切开了他的静脉，随后用了 12 小时从他体内放出了 80 盎司~90 盎司的鲜血；接着又给他口服及注射了大剂量的氯化亚汞（一种强效有毒的汞化合物）；之后又用了酒石酸锑钾（一种用于刺激发汗和呕吐的白色有毒的钾盐）；随后又往病人身上的各个部位涂上了敷料，而这些敷料有腐蚀性，会使病人皮肤上起疱；此外，病人还被迫吸入醋蒸气。终于，病人挣扎着表示希望听任其早一点死去。

不久，他便离开了人世，而一度被称为现代化技术的所谓抢救措施无疑加速了他的死亡。以上事件发生在 1799 年，而这位病人就是乔治·华盛顿。

医学从默默无闻发展到现在可说是路漫漫。诸如天花、白喉、脊髓灰质炎等传染病曾经夺去了千百万人的生命，而现在这只不过是可怕的记忆罢了。由此可见，接种疫苗及抗生素的使用堪称医学的两大胜利。具体地说，这是正统医学的胜利——是那些在医学院里教授、在医院里运用并被健康保险公司所认同的医学的胜利。而那些“非正统”医学的发展却没有这样顺利。

简单地说，正统医学以外的所有医疗科学都叫非正统医学。目前，广义的非正统医学包括（但不仅仅限于）顺势疗法（对病人给予能使健康者产生类似该病症状的少量药物的疗法）、草药疗法、营养和维生素疗法、按摩疗法、螯合疗法、针灸疗法、指压疗法。而在非正统医学这只藏满了绝技的小黑袋里，更鲜为人知的医疗方法还包括反射疗法（如足底按摩）、臭氧疗法、紫外线照射血液疗法（净化血液）、水疗法、瑜伽疗法、香味疗法、印度药草疗法（主要运用药草和调节饮食来达到治疗效果），以及其他大量尚未分类的治疗方法。为了证明这些疗法确实见效，非正统医学的行医者们进行了长期艰难的斗争。

阻碍这些疗法得到广泛认同的原因之一，治疗缺乏直觉的性质。治疗措施往往与行医者声称能治的病完全无关。按摩足底为什么可以缓解鼻窦疼痛（反射疗法）？针灸是如何缓解（如果不是治愈）应激型肠道综合症的呢？许多非正统医学的疗法确实令人不可思议。

然而仍有成千上万人相信非正统医学，这些疗法在他们身上确实产生了效果。那么为什么不对这些有人信不过的疗法做严格的科学试验呢？说起来容易，做起来难。首先，非正统医学从许多方面来说只是起到预防作用而非治疗作用。比如营养和维生素疗法的目的是使身体保持一个合适的状态，从而消除感冒、癌症等疾病发作的基础。罗伯特·C·阿特金斯医学博士是著名的非正统医学专家，有一次有人问他给头疼患者开什么处方方可缓解头疼：“教他下次如何才能不再头疼。”

也许更为重要的是，非正统医学并不进行严格的对照实验。比如，一种药品只有通过双盲实验才能获得食品药品监督管理局（FDA）核准上市。所谓双盲实验是在两组同样的接受治疗者与研究人员都不知情的条件下（排除可能出现的任何偏向），对其中一组施以药物而对另一组施以安慰剂，从而对药物特性进行验证的一种实验。实践证明这是一种有效的、科学的研究方法。

那么顺势疗法是如何进行这类研究的呢？在病人来初诊时，顺势疗法医生会先对病人观察与询问上两小时以获得病人详细的发病史，而后根据病人的实际需要开出只有该病人可用的综合治疗措施。

正如正统疗法采用开胸等手术一样，对大部分非正统医学（如针灸和按摩疗法）不可能进行双盲实验，然而，对非正统医学行医者来说，他们的疗法似乎对许多人都管用。人们也许会称这些只相信旁门左道的证明而非严谨、科学的论证的医生为经验主义者。

尽管非正统医学尚缺乏能被医疗及健康保险接受的科学证据，但据《新英格兰医学期刊》的一项报告说，1992年有6000万美国人用非正统疗法治病共花了140亿美元。那么他们是如何看待这些未被传统医学采用的非正统疗法的呢？下面就让我们来看一看非正统医学的一些主要疗法及其作用。

营养—维生素疗法

正统及非正统医学都认为，调节饮食可促进健康。要认识这一点我们只需注意一下美国心脏（研究）协会及其他保健组织所提倡的低脂肪、低盐饮食就可以了。但是，在营养疗法的食谱中却有许多饮食为正统医学所不耻。而两个医学流派最大的分歧可能就在于对糖的摄入量的多少看法不一。

尽管大家都认为高糖饮食有害健康，但营养疗法临床医生却几乎像遵守宗教教规一样严格避免高糖食物。用阿特金斯博士的话来说，我们对糖无节制的摄入已经成了“一种全民的自杀行动”。他认为，食用糖过多将导致心脏病、高血压、酵母菌感染症（糖促使体内的酵母菌爆炸性地繁殖）、精神病、癌症、高血糖（发展下去就是糖尿病）以及其他多方面的紊乱。看上去也挺怪的，摄入糖过多还可能导致低血糖症。高血糖症和低血糖症确实都是高糖饮食的两个完全相反的结果。摄入糖过多会使身体产生大量胰岛素，而胰岛素过多会导致葡萄糖大量分解，最终导致低血糖。我们现在摄入糖过多，以至于许多（如果不是大多数的话）美国人都患有这种由胰岛素引发的低血糖病。有较强营养学意识的医生也持同样的观点。

此外，体内重要的维生素和矿物质也会在对过多糖分的代谢中大量流失，出现人们常说的“空卡路里”现象，还将糖变为同心脏病有关的甘油三酯和脂肪化合物。而且，维生素和矿物质还会损害免疫系统，加大患癌症的可能性。我们的结论是：远离糖。

正统医学和非正统医学的另一大分歧在于对食物中的维生素特别是大量维生素的认识。维生素疗法是调整分子疗法这个较大学科的主要动向，该学科是诺贝尔奖获得者、化学家莱纳斯·波林博士创建的，用于描述设法确保体内细胞组织获得保持最佳健康状态所需的各种化学元素的一种治疗方案。波林博士本人便是位维生素疗法的倡导者，而调整分子往往变为某种形式的大剂量维生素疗法。

小剂量的维生素是人体正常运作所必需的，正统医学已有这方面的许多论著。坏血病、脚气、蜀黍红斑病和佝偻病等都是因缺少维生素引发的疾病。但是大剂量的维生素又有什么意义呢？如果美国医疗协会（AMA）或食品与药品管理局（FDA）确定维生素C的日建议摄入量为60毫克的话，

那么摄入 600 或者 6000 毫克又有什么作用呢？

目前几乎还没作过多少双盲实验来论证维生素疗法所声称的大量摄入维生素的益处。而即便进行的试验，其结论又往往不能令人信服——比如对维生素 C 及其治疗和预防感冒效果的试验。有一项实验似乎表明维生素 C 可以加速感冒的治愈，但却没有什么预防作用。然而研究的用量通常比维生素疗法临床医生的推荐量小得多，因为许多学传统医学的医生都认为，如果人体摄入大量的维生素，那些过剩的维生素大多又通过尿液排泄走。

虽然缺乏有关的双盲实验，非正统医学仍笃信服用大量维生素 A、C、E 及复合维 B 可作为过敏、普通流感到关节炎、癌症等所有疾病的预防和（或）治疗措施。维生素确实是天然的抗组胺剂和抗癌剂。非正统医学行医者是经验主义者——请记住这一点。他们认为，大量服用维生素看起来有效且没有明显的副作用，那么有什么理由不试一试呢？

正统医学和营养疗法间有许多共同之处，但顺势疗法与科学之间就有些大相径庭了。这回经验主义者似乎走得太远了，以至于得出一些近乎荒谬的结论。

顺势疗法

1796 年，德国医生塞缪尔·海曼在服用了大量可提取治疗疟疾的奎宁的金鸡纳霜后，出现了头痛、口渴、发热等典型的疟疾症状。由此，他认为药物治疗疾病的能力来自该药物在健康人身上产生该病症相同的症状。他把这种现象称为“相似法则”，并据此创立顺势疗法。

据认为，顺势疗法作为一种医疗实践犹如“同类相克”。比方被狗咬伤得了病，如果想好，就去“吃一撮咬伤你的狗的狗毛”；如果对酵母过敏，就吃一点酵母；如果铅中毒或汞中毒，要再吃一点铅或汞就可以了。爱荷华州民主党参议员汤姆·哈金是参议院拨款委员会主席，他帮助建立了非正统医学办公室，原因是他相信吃花粉治好了他的花粉过敏症。

这些说法真的合情合理吗？答案不置可否。再吃一点铅并不能治好铅中毒；而医生在治疗过敏反应时确实要让患者服用少量致敏物质，以逐步达到脱敏效果。疫苗接种也是通过注射某种致病病菌的无害变体来达到预防效果。

显然顺势疗法极需进行某些科学的、数值上的严格检查——这种检查到目前为止一直十分缺乏。不过，随着非正统医学办公室资助的一些研究项目的启动，这种状况将有所改观。

也许我把顺势疗法说得有些太简单了。在多数情况下，由于致病原因不容易鉴别，对症治疗也并不像上述例子那样简单。比如头痛、关节炎、发热及哮喘等并没有现成、明显的致病原因。如果病因不明，就很难确定治疗方法。这时就需要运用顺势疗法医生能施展高超的治疗方案库了。库中有数千种药物（多为草药）的特性及疗效，并对这些药物进行最佳组合，以求能在健康人体上模拟出患者患有的类似的症状——海曼的“相似法则”。比如鸦片可以导致嗜睡、盗汗和精神紊乱，大概也被用来治疗有同样症状的发热。顺势疗法中最有意思的是，它主张药剂用量最少、最稀。那么究竟少到什么程度、稀到什么程度呢？让我们来看看顺势疗法是怎么

制取颠茄碱的。

颠茄是一种剧毒的茄属植物，其提取物可导致肠胃不适和呼吸困难。对于有以上症状的病人，顺势疗法是如何选择药物的呢？首先在一份纯颠茄提取物中加入 99 份水或酒，再将得到的混合物按 1 : 99 的比例与水或酒混合。如此重复 30 次，最终得到的是比将一个颠茄提取物分子溶入五大洋后还稀 1000 万亿倍的液体。可以说在任何情况下，这么稀的药剂中连一个颠茄提取物分子也找不到。难怪正统医学的医生丝毫不担心使用顺势疗法的医生的谨慎态度。

虽然这看来根本没什么意义，但仍有成千上万的人相信顺势疗法。这种疗法确实是彻底的经验主义。有些人要求保健医生（包括整骨医生）替他们进行这类治疗，还有很多则是自己买些无医生处方也合法出售的，或是通过邮购的顺势疗法使用的药物。

那么，顺势疗法所用的这些措施和药物的效用是否仅仅是一种安慰剂而已？是不是我们想哪种药起作用就真的会起作用了呢？也许吧。然而，为了说清楚一些根本不存在的物质为什么在治疗过程中却起了作用这个问题，顺势疗法还发展出其他一些理论。其中最广为接受的一个观点是，当我们用力搅动水（液体）的时候——顺势疗法制作药剂的一个重要特征——会使水分子根据溶解在水中的活性成分的结构重新排列。等到这些活性成分从溶液中淡释出来时，水中还“记忆”着其结构特性。

这听上去不是挺有道理吗？现在再来看安慰剂的作用。

在顺势疗法治疗过敏的一个例子中，把一些草药和种子提取物溶入浓度为 70% 的酒精后，就会得到 140° 的酒精度！这也许才是顺势疗法成功的真正秘密。

螯合疗法

螯合疗法就不像顺势疗法那样，它在正统医学界很快就得到了认同。螯合疗法已不是什么新鲜事了，事实上从 1941 年起它就被认为是治疗深度中毒的最有效的方法。现在，非正统医学界希望能确认这是治疗动脉粥样硬化的另一种有效的方法，为此他们提供了十分有力的证据。

螯合作用是指重金属离子同螯合剂结合在一起的一种化学反应。在螯合疗法中，作为螯合剂的一种合成氨基酸——乙二胺四乙酸进入人体内后立即与有毒的重金属离子结合，而重金属离子一旦与乙二胺四乙酸结合，就被从人体组织器官中分离出来，并通过尿液排出体外。需要被螯合出来的金属包括汞、铅等有害污染物，以及钙（它会使血小板收缩从而阻塞冠状动脉，引发心脏病）。

最令非正统医学的外科医生们感兴趣的是螯合剂与动脉壁上的血小板螯合及分离钙的能力。他们声称，在他们以螯合疗法治疗的病人中，超过 75% 的病人（有时达 90%）的冠状动脉堵塞有所缓解。成功率这样高因而不必再作心脏搭桥术。因为，既然螯合作用可做到让冠状动脉不再阻塞，何必要费那么大的周折和金钱去搭桥呢？

应用螯合疗法的医生们认为该方法的好处远不止上述这些，他们声称螯合疗法不仅可以清洁冠状动脉，还可以清洁全身所有动脉。这样一来，螯合疗法便可降低与血管阻塞有关的其他疾病（如中风、老年痴呆症和糖

尿病等)。有项研究甚至显示,螯合疗法可能由于清除了体内的污染物,它还能降低得癌症的机率。

然而这种疗法有没有弊端呢?这些螯合剂听起来似乎比“奶奶的鸡汤”还诱人(尽管我相信乙二醇四乙酸肯定不如鸡汤鲜美)。确实,它有副作用,或至少曾经有过。最初使用螯合疗法时,病人曾经要冒很大的风险。一些人在治疗过程中,由于肾脏衰竭而死亡。今天人们通过减少螯合剂剂量、放慢输入速度及事后服用维生素和矿物质修复受损毛细血管等方法,使得螯合疗法的危险性大为降低。不过也有人认为,通过螯合疗法清洁全身的血管,实际上增强了肾功能,甚至还增强了肝脏、胰脏和大脑的功能。

据估计,在接受非正统医学疗法的人中,有50万人接受过螯合治疗。这种疗法并不是“一锤子买卖”。一般以通常要接受20至40次每周一次或两周一次的治疗,以彻底疏通血管。因而其疗程可能要延续近一年。如果治疗一次的费用约为100美元,整个疗程的费用约为2000至5000美元。而搭桥手术需要4万美元(还不包括术后的药费),相比之下便宜得多。虽然螯合疗法并非没有风险——一年死亡率为5%,但其作为取代开胸术的另一种疗法还是很有发展前途的。许多非正统医学的外科手术医生都称螯合疗法为“医学最好的秘密武器之一”。恐怕不久它便不再是“秘密武器”。最近,食品和药品管理局(FDA)已批准了螯合疗法的两项实验室研究课题,一项在华盛顿哥伦比亚特区的沃尔特里德陆军医院,另一项在旧金山的莱特曼陆军研究院。——不过,本书出版时这些研究项目尚未筹到资金。

针 灸

你有过头痛吗?头痛时,只需在耳垂上扎两针就行了。背痛吗?没问题,只需在外耳上扎两针。在耳朵上扎针治病这样的念头似乎令人无法接受,而这却正是古代东方的耳针疗法(亦或可称为科学)。不过,更为传统的针灸疗法以全身为扎针对象。中国的针灸用针要比日本的粗些、长些,针扎得也深些。针扎入后还可将针进行搓、捻,或加上轻微的电激。现在也有用激光代替针进行针灸。有些针灸疗法中,针只扎到表皮而不刺入。

这些人究竟是失意的拿针行骗之流还是合法的行医者?这种疗法看起来有些难以置信,然而确实是一种不能轻易舍弃的治疗方法。原因很简单,就是因为这种疗法挺管用。很多材料都有其缓解疼痛或有麻醉能力的记载。许多病人在进行痛苦的外科手术或在看牙时只扎上十来针即完成麻醉。对动物针灸麻醉后的手术不乏其例,那些认为这项技术只是“精神提示在起作用”的理论恐怕有些站不住脚了。

2500年前完善这种疗法的中国人将健康定义为体内阴、阳两股力量的平衡或协调。阴阳互为影响便产生生命中至关重要的气。气在全身14条经络运行。如果某个部位的气太满或缺少就会生病,这时身体便失调,针灸的作用则通过将气导入经络运行让体内恢复平衡。具体实施起来,就是将针扎入全身2000多个穴位中的一个或多个穴位。

和许多人一样,西方的医生以更科学的方法来解释针灸疗法为什么管用。有一种理论认为,穴位周围的神经被刺激时会向脊柱和大脑迅速传递

脉冲信号，这种信号随即阻止了疼痛信号的传输。另一理论认为，针灸刺激体内释放出了一种天然镇痛剂——内啡肽。以下一组令人感兴趣的实验首次证明了神经介质确实是在针灸时释放出来的。该实验在（血液）循环系统连在一起的两只老鼠身上进行，给其中一只老鼠扎针，则两只老鼠疼痛的临界值缓解。显然已将某种化学物质释放到血液中，从而对两只老鼠都有镇痛作用。但将另一种可使内啡肽失效的物质烯丙羟吗啡酮（吗啡拮抗药——译注）注入人体后，针灸便无法止痛了。

内啡肽对人体的作用方式与鸦片制剂很类似，可使人体体会到一种长跑运动员能体验到的快感，这一点也许可以解释为什么针灸能治疗毒瘾——这是在给一位瘾君子作手术前进行针灸时，偶然发现的。真奇怪，瘾君子的毒瘾减退了。如今针灸被大量用于对酒精等化学物质依赖症的戒瘾治疗中，据称这些治疗至少取得了一定的成功。

在我们了解针灸治疗原理的这一重要关头，有个问题必须提出来。针灸对治疗关节炎、偏头痛、坐骨神经痛等各类疼痛都有很好的疗效。但它是否只是缓解或掩盖病灶而并未触及根本？因为疼痛常常只是一些毛病的综合反应——是身体在提醒你有些地方出了毛病。但据受过针灸治疗的关节炎患者反映，针灸不仅可缓解关节痛，还减轻病灶关节处的肿胀和炎症。阿特金斯博士的报告也称，他的诊所利用针灸治疗焦躁型肠道综合症很成功（阿氏的诊所内有一批针灸专家）。他认为他的成功是由于对神经系统施行针灸在很大程度上对肠胃功能进行了调控。而且针灸对头痛这一多因神经肌肉紊乱而导致的疾病也有良好的疗效。

神经系统控制并协调着身体的许多功能。身体每个器官内都充满了神经，它们维持着心跳和血压，神经脉冲调节着肌肉的运动和激素的释放。因此很难肯定地、精确地说出针灸疗法到底有哪些局限性。这还需要更多更严谨的科学调查。与此同时，我们在用针灸治疗十分严重的器官功能紊乱是必须头脑十分清醒。尽管治疗心绞痛、癌症等性命悠关的疾病时也可考虑将针灸作为止痛措施。但完全摒弃心脏病专家或肿瘤专家的传统治疗方法显然太鲁莽。

指压疗法是与针灸密切相关的另一种疗法。这种疗法理论上也认为对身体某些穴位（往往远离病灶）的刺激可以减轻病痛，加速愈合。例如，按压足弓可以强肾（鬼知道按压小脚趾会有什么功效）。总之针灸疗法和指压疗法都是为了使阴阳协调。

脊柱按摩疗法

脊柱按摩疗法是一种基本上依靠手来纠正和改善脊柱位置不当或功能失调的治疗方法。该疗法认为脊柱与神经系统的关系影响人健康的恢复与保持。

以上是某脊柱按摩诊所中的一块牌匾上的文字。以下是另一块上的话：

看好脊柱少生病——希波克拉底（古希腊医师）

仅仅是为了宣传吗？也许是。不过，脊柱按摩疗法也许是唯一一种得到多数健康保险公司承办人肯定的非正统医学疗法。这种疗法一定很有道理。还是让我们看一看它是怎么操作的吧。

当你首次踏进按摩诊室时，你很可能先得从颅骨到尾骨（从头到尾）拍几张脊柱的 X 光片，以确定各节脊柱的错位程度，而后医生很可能讲脊柱按摩法的优点。讲话的主要内容大致如下：

人的神经从各节脊柱孔通向全身各器官与肌肉。当脊椎间结合得不正确时——他们称之为小脱臼，脊椎骨便压迫神经，会使人感到疼痛，受害神经无法正常传送和接收神经信号。如果某根神经恰好支配胰腺或心脏的活动，这些器官就会发生功能障碍。

为了让小脱臼的脊椎复位确保你恢复健康，按摩师必须进行“纠正”——你的身体会被突然一拧或一推。当脊椎归位时，你会听到或感觉到咯啦声。虽说不疼，但声音听起来实在不怎么舒服。

这种理论听来很符合逻辑。可惜的是，没有什么证据可证明这种方法能治疗器官的功能严重失调。糖尿病患者如接受脊柱按摩疗法，他同时还得输入胰岛素。迄今，医疗机构只有在试图缓解病人颈部和背部疼痛和不适时，才会同意及介绍病人去预约接受脊柱按摩。脊柱按摩也可治疗慢性背痛及压迫性神经功能失调——如坐骨神经痛。

医学界不能再把非正统医学行医者视为卖蛇油的江湖医生了。非正统医学普及得很快，为此，美国政府已于 1992 年在全国卫生研究所下正式设立了非正统医学办公室。设立该办公室的唯一目的就是研究非正统医学的那些疗法，如顺势疗法、针灸疗法和脊柱按摩疗法等。过去并没有对这些医疗方法作过什么认真的科学研究，也不曾得出什么结果。新的具有创新性的研究方法也许得替代过去的双盲实验。这里我衷心祝愿非正统医学办公室在研究中能走运。

（刘 轶、张燕译）

一切事物都是相对的：狭义相对论

我们在《为什么没有比光速快的物体……以及自然界奇特现象的其他探索》（我们推出的第一本书）中有一篇文章谈到：艾萨克·牛顿是人类历史上（包括现在）最伟大的科学家。但是，到了现代社会，另一位科学家尤为引人注目，他就是阿尔伯特·爱因斯坦。爱因斯坦即使称不上人类历史上最伟大的科学家，但无疑是 20 世纪最伟大的科学家。而他的突出贡献概括起来就是重建了宇宙观。牛顿的宇宙观是机械的宇宙观，即宇宙是按固定和绝对的定律运行的。宇宙是一个结构极其复杂又十分奇妙的体系，任何科学家都可观察到这个体系的运行情况，但宇宙的运行不取决于科学家的观察结果，也不受这种观测结果的影响。从某种意义上讲，研究观察宇宙的人在这个体系之外。爱因斯坦不同意这个观点。他认为必须考虑这个人及其观察宇宙的条件。对观察者来说，时间、空间和运动都不是绝对的，而是相对变化的。这个观点可概括为著名的相对论，这一理论也许是爱因斯坦最伟大的成就（1921 年爱因斯坦获物理学诺贝尔奖，然而，奇怪的是他这次获奖并非因为他创造了相对论，而是因为他对光电效应所作出的解释，改变了人们对光的本质的认识）。

运动的相对性

设想你开车旅行，你正在驾车行驶的高速公路很直、路面保持水平、十分平坦，汽车以 60 英里/小时（97 公里/小时）的恒速行驶。你闭上了眼睛。显然你会感觉到自己不是在向前运动，而感到似乎处于静止状态。也许，事实上你就是这种感觉，这时尽管你肯定感到自己已放慢了速度。然而你再睁开眼睛，你就会发现两侧的树木和房屋以及道路在你眼前飞掠而过，你就又会确信自身确实处于运动状态。但上述现象令人深思，难道汽车果真处于静止状态以及车轮所过之处以 60 英里/小时的速度后移吗？尽管牛顿允许已考虑到这种可能性，但爱因斯坦直截了当地指出肯定存在这种可能性。事实上，他指出，世界上不存在任何“真实性”。对一个匀速运动的物体来说，我们只能说汽车运动是相对于地球而言，地球相对于汽车运动，或者说两者作相对运动（匀速一词非常重要，匀速意味着运动物体不加速、不减速、不转弯。如果物体作匀速运动，则应当可以用一种绝对的方法来测定其运动，其原因放到《广义相对论》中去谈到）。世上没有绝对运动，运动只是相对于另一物体或物体体系而言。

我们接受相对论，或者更确切地说接受狭义相对论，因为这一理论阐述匀速运动这一特例（本书交替使用用来表示速度的两个词 speed 和 velocity，尽管这两个词从技术角度看略有差异，后者带方向性，而前者则没有）。爱因斯坦于 1905 年提出相对论，这一理论有以下两个基本前提：

1. 不能绝对地肯定某物体静止或作匀速运动。
2. 无论光源对观察者作怎样的相对运动，光速（本文都指真空）为恒值。

下一节谈谈前提 2 的意义及其与前提 1 的关系。

光速的恒定性

19 世纪末 20 世纪初，科学家们对运动相对论一直感到奇怪和费解。从某种角度讲，必定能以某种方法测定物体的绝对运动，如果可能存在这种方法，那么必定有一种可称为绝对静止的参考系，于是可依据这一标准来测量任何运动。但是哪儿会有绝对静止的物体呢？当时人们都知道地球自转（赤道上的自转速度为每小时 1040 英里或者 1674 公里），并绕太阳公转（公转速度为每小时 65,870 英里或 106,000 公里）。另外，太阳绕银河系中心公转的速度更高，而银河系以 10 倍于太阳的公转速度在宇宙中运动，因此，似乎可以肯定并不存在能用来测出天体绝对运动的任何“静止”的参考系。

但是，科学家还提出其他观点。他们认为宇宙充满了一种叫“以太”（希腊语是“燃烧”的意思）的看不见、摸不到的物质。这个词是根据亚里士多德为描述天体的物质而杜撰的。不能很容易探测到这种物质，但这种物质必然存在，是光波传输媒介。海洋波需要水来传播，声波需要某种物质来传播，同样，光也需要某种物质来传播光波。空间或真空并非真的空空如也，实际上，空间或真空充满传送光波的以太。

这种以太像波浪那样振动或者振荡，通过它携带光能。但是以太没有任何总体运动，也不改变位置。以太绝对不运动。它在整个宇宙中是固定的，神秘的，探测不到的。只是以太的振动总额达到光能而已。

由于以太以这种方式固定在宇宙中，因而可成为十分需要加以利用的“静止”参考系。但是如果不能设法将其看到、感到、听到、闻到、尝到或者探测到，又怎么能在实际中将其用于测量其他物体呢？

我们来看一下光，尽管探测不到以太，但是却可探测到将以以太振动的光。这是一种以太的标记。从某种意义上讲，光波就是以太，犹如水在水面上的起伏运动叫水波，或者爆炸后空气分子的振动叫声波，光由以太波构成。如果没有以太，光就不存在，也就没有光的传播。

因此，尽管尚不能对照另一物体来测量某物体的运动（你无法确定哪个物体在真正运动），但是，对照固定的以太或者具体说来对照让以太振动的光是肯定可以测量物体的运动的。科学家们推断（正在开始用实验来证明这一点）光通过以太以恒速运动，无论一个星体是向着接近我们还是离开我们的方向移动，其通过以太的速度都相同，星体所造成的以太振动并不受星体运动的影响，因此，可将光速作为一种参考系，一个指向标，通过它就可以测量某物体或某观察者的绝对运动。

例如，如果某观察者向一束光走去（图 1a），那么观测者测到的光速应大于静止不动的观察者所测到的光速，而如果某观察者向离开光束的方向走去（图 1b），该观测者所测到的光速应小于静止不动的观察者所测到的光速。

在 19 世纪末以前，尚无法检验这种推断，因为那时还没有灵敏度很高的仪器来测量物体相对于以太的运动。基于这种运动的光速变化微不足道。然而，在 19 世纪 80 年代，利用一种名叫干涉仪的新研制的仪器，物理学家埃伯特·米切尔森和爱德华·莫利最终能检验以太假说。这一检验结果让世界震惊。在他们的所有实验中，米切尔森和莫利并未发现光速有任何差异。地球自转或者某物体在任何方向上相对于光束的运动，都改变

不了光速的测量结果。不仅就源运动而言，而且就观察者运动而言，光速始终恒定。现在人们确认光速恒定不变是绝对的——这是爱因斯坦宇宙观中几乎绝无仅有绝对内容之一。光速为 186,291 英里/秒（299,792 公里/秒），用符号 c 表示。

光速的恒定性促使科学家们十分怀疑充满以太的空间概念和绝对运动的测定能力。光速的恒定性似乎还违背基本逻辑和常识，如果一名棒球投手以速度 p 将球投向本垒板，而一名击球手挥棒以速度 b 击球，那么球的有效速度应当是 $p + b$ （这里空气阻力和地球吸引力忽略不计）。这是很简单的两者速度相加的情况，如果这位投手“投掷”的是一束光而不是一个棒球，为什么应该有所不同呢？原理应该不一样吗？如果击球棒的速度仍是 b ，光速是 c ，当一束光遇到或通过击球棒时，那么测到的光速应该是 $p + c$ （原文如此——编著），这个速度肯定大于光速。为什么测到的速度并没有增加？

爱因斯坦的推论是：也许棒对球速的影响小于我们的预计值，即这个值略小于 b ，当球速（或者任何运动物体的速度）增加时，击球棒的影响继续减弱。对于以日常速度运动的物体来说，例如掷球，或美国全国铁路客运公司的列车（但不是在客运高峰期），或最快的宇宙飞船，这种影响的减弱可忽略不计，速度似乎是两者相加。但随着球的运动速度接近光速，击球棒的速度对总速度的影响减为零，因而， $b + c$ 变为 $0 + c$ ，或者 c ，即光速，这些假设佐证了严谨的数学分析。

长度是多少

鉴于米切尔森和莫利作出上述发现，而他们本人又设法极力证明充满以太的空间概念和绝对运动，爱尔兰物理学家乔治·菲茨杰惹提出，所有物体在它们的绝对运动方向上变得越来越短，这是他利用数学方法计算出来的，其缩短程度正好解释了米切尔森和莫利的零假设。物体长度随着运动产生缩短的概念就是著名的菲茨杰惹收缩（或菲茨杰惹—洛伦兹收缩，以后来进一步发展了这一假说的荷兰物理学家亨德里克·洛伦兹命名）。这一收缩定律的公式指出，以速度 v 运动的某物体会以下列值缩短：

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

尽管菲茨杰惹作出的努力很有价值，但是以太概念和绝对运动最终被否定，而他所提出的运动物体产生长度缩短效应的观点仍有效。某物体随其运动速度的增加而其长度缩短，这是相对论的一个重要的结果，而相对论则是菲茨杰惹试图驳斥的，但是最终得出的结果是他始料不及的。收缩只发生在运动方向上（当然是相对运动），而且只有在接近光速时才十分明显。事实上，一个物体必须以光速的八分之七的速度运动，其长度才能缩短为其其余长度的一半，如果物体的运动速度只有光速的一半，那么该物体的长度只会缩短八分之一左右。请记住，目前我们最快的宇宙飞船的速度只有光速的五千分之一。因此，以这样的速度运行，其缩短程度几乎微不足道。地球绕太阳公转的速度只有光速的万分之一，所以地球的赤道直径只缩短了 205 英尺（62.5 米），只有一个足球场长度的三分之二，而地球赤道的直径有 14 万个足球场那么大。

运动物体长度缩短只在运动的方向上产生，这个事实产生了有趣的结果，如果一个 6 英尺高的人站在一个以接近光速作水平运动的平台上，这个人会不断变胖，但其身高仍然是 6 英尺。而如果这个人以光速运动，则他会变得很瘦，瘦得看不见（这种现象让节食减肥者大惑不解）。

质量有多大

不仅长度，而且质量都随速度的变化而变化。这是狭义相对论的又一个结论。质量是物体拥有的物质量，质量和重量不是一码事，但往往将它们看作可以互相替用（重量是作用在物体上的引力的量度。在月球上，因为月球的引力较小，所以人的重量只有其在地球上的六分之一。在外层空间，人会失重，而物体的质量则不变）。

速度增加时，物体的质量也会增加。拿高尔夫球来说，放在球座时的质量要小于球在空中飞起时的质量。人坐下来看电视时的质量小于他看电视播放广告时起身去冰箱拿点心时的质量。如同长度一样，以上述很低速度运动的物体，其质量的变化很小，小得即使我们采用最先进的技术几乎测量不了。而物体以接近光的速度运动时，其质量将明显增加，因为质量随速度的增加而增加（这一点与长度变化正好相反）。质量变化公式是菲茨杰惹收缩公式的倒数，即：

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

为了使物体质量增加一倍，其运动速度必须达到光速的八分之七。目前任何飞行器或者大的物体都无法达到这一速度。但是亚原子粒子能够达到这一速度。粒子加速器已将电子的速度加速到光速的 99.999999% 以上。它们的质量为原来的 4 万多倍，以光速运动的电子，其质量将无穷大。

为什么质量会随速度的增加而增加呢？让我们用下述方式来分析一下：物体获得能量后，其运动速度增加，若速度远低于光速，则这些能量几乎完全变为运动，如果速度接近光速，那么，越来越多的能量就变成质量，也就是说越来越少的能量变成物体的运动。若以光速运动，则所有的能量都加到物体上而变成质量，不会再有能量变为运动，物体的速度不会继续增大，其质量无穷大。

质量—能量转换

上述概念明确地揭示了质量和能量之间的关系。在经典物理学中，物质和能量是分开的而且是分立的、性质不同的实体。质量占空间，能量不占空间。给定一个引力场，质量有重量，而能量没有重量。狭义相对论不这样区分质量和能量，它将质量和能量看作一块钱币的两个等效面，一方可转换成另一方，正如电能和热能互相转换一样。

爱因斯坦的著名方程： $E = mc^2$ （式中 E 为能量， m 为质量， c 为光速）清楚地表明了这种等效性，公式中将光速作为转换因子，表明在给定的质量中能获得多少能量。其数量很大。而实际上整个人类全年所用能量的质量当量只有几吨，即一头小象的重量。

在普通化学反应或非核化学反应中，只有几乎可以忽略不计的质量转换为能量。例如：汽车发动机内的 1 加仑汽油燃烧可行驶 30 英里（48 公里），但是，一滴汽油只有三万分之一转换为能量，其余汽油仍然为质量，即汽油燃烧过程的生成物。一般来说，在非核反应中，质量中转换成能量的部分太少，因而无法测量。事实上，科学家们有理由确信在化学反应中没有质量损失，因此，他们系统地阐述了质量守恒定律，也就是说，质量不会创生，也不消灭，质量只是发生变化而已。可以将纸烧掉，但燃烧后的灰和烟的重量和纸的重量一样（质量相同）。

核时代是从 1896 年发现放射现象开始的，后来又发现核裂变（见于原子弹和核反应堆）和核聚变（见于氢弹和各种天体的能源），所有这些都是核反应。原子核发生变化，而周围的电子壳层不发生变化，释放大量的能量，很容易测出损失的质量，质量转换为能量必定遵循爱因斯坦的方程式 $E = mc^2$ 。

随着核时代的发展，必须将质量转换定律改为质量—能量转换定律，质量可以消灭，或者更确切地说是将质量变为能量，但是该系统中总的质量和能量仍然一样。

在核反应中损失的能量作为质量令人难以置信地释放出来，这一现象帮助人们解释了科学上的一个大难题：即太阳所释放的巨大能量来自何方。远在 19 世纪中期，地质学家就认识到地球和太阳至少有几亿年的历史，然而，根据燃料常规燃烧所作的各种计算来看，太阳的历史几乎不可能那么长。著名的物理学家洛德·开尔文推测太阳的寿命最多为 3000 万年。

现在，我们都知道太阳的寿命为 46 亿年，为什么太阳能释放出这样大的能量，而且在这样漫长的岁月里燃料还没用完？核聚变正如 $E = mc^2$ 方程式所示的那样，质量变成能量。实际上，太阳燃料若按现在的速率燃烧，则耗尽太阳质量至少还要 46 亿年。

有一种有趣的想法，即是否可能出现逆转？能量能否转换为质量？答案是肯定的，能量能转换成质量。利用高能粒子加速器已经在实验室的小范围内做到这一点（这类创新性试验详见《揭示物质秘密的艰难历程》一文）。质量很小的物体由大量能量构成，这也是根据 $E = mc^2$ 方程式得出的。大约在 150 亿年前，在大得多的范围内，质量由一种密度大得难以想象的持续膨胀的能量球形成。这就是宇宙的创生。

什么时间了？

在狭义相对论中，另一个也许最令人感兴趣的方面是时间随着速度的增加而减少，《空间和时间旅行》一文已谈到这种现象，这种现象叫时间膨胀。将原子钟这种精度很高的计时器装在喷气式飞机和火箭上的经验已证明确实存在时间膨胀，飞行结束后，将飞机与火箭上的原子钟与留在地球上的原子钟作比较可见原子钟记下的消逝的时间，前者少于后者。飞行器速度越快，时间慢得越多。正如长度的变化一样，菲茨杰惹收缩中已谈到时间减慢。

我们从上述公式可知，物体运动速度接近光速时，其变化才明显。以十分之一的光速运行，时钟的计时只减慢 5%，以光速的八分之七的速度

运行，时钟的计时将减少一半，以光速运行，时间计时减为零。目前世界上飞得最快的宇宙飞船（其时速超过 40 多英里/秒），其计时只减慢亿分之二，即在一年半多的时间里，时间减慢还不到 1 秒钟。

时间减慢这个概念似乎与狭义相对论相抵触。例如：我们以物理学家所说的“孪生佯谬”或“时钟佯谬”现象为例。玛丽和贝蒂是孪生姐妹，在她们 30 岁生日那天，玛丽决定到宇宙中最明亮的天狼星 A 去旅行，她乘坐的宇宙飞船的速度是光速的八分之七，以这一速度飞行，对她来说，宇宙飞船上的计时与地球上的计时相比减少了一半，按地球上的计时，她一个来回花了约 20 年，玛丽回到家里，发现她的孪生姐姐头上的白发和皱纹比她的多，玛丽毕竟只有 40 岁，而贝蒂已经 50 岁了。时钟也可以显示出这种时间差异。

如果运动能够造成时间减慢，难道不能将时间作为长期以来一直在寻求的衡量绝对运动的参考系吗？如果玛丽比贝蒂年轻，或者宇宙飞船上的时钟表明旅行的时间消逝少，那么毕竟说明她处于运动状态，而不是贝蒂处于运动状态。运动不是相对的，而是绝对的。

更令人困惑的是，根据狭义相对论，可以说玛丽的宇宙飞船静止不动，而地球和宇宙的其他部分以八分之七于光速的速度离开玛丽的宇宙飞船。既然如此，对留在地球上的贝蒂来说时间会减慢，而她将会是年轻 10 岁的妹妹。

显然不可能出现这种情况。姐妹俩不可能彼此都比对方年轻，看来一定是狭义相对论已陷入了极大的困境。哲学家和科学家对这个问题争论不休。

总之，相对论和爱因斯坦的名声都得到保全。读者不难发现，玛丽和贝蒂都没有发现时间有任何变化，她们根据自己的参考系都认为时间的消逝正常。对她们来说，要发现时间消逝的任何变化，必须携带时钟并作比较，而能做到这一点的唯一办法是让其中一个时钟倒一圈并与另一个时钟对好时间，或者让这个时钟不走并完全改变时间。在两种情况下，时钟都会加速（科学家们认为，加速是速度变化或者方向变化）。基于匀速运动的相对论的内容是以恒速作直线运动。一旦玛丽的宇宙飞船或者贝蒂的地球转一圈再回到家里，那么狭义相对论就不再适用。

但广义相对论却适用。

（李向阳 译）

广义相对论

如果说狭义相对论确立了爱因斯坦伟大的科学家的地位，那么广义相对论则使他成为最伟大的科学家之一。据说世界上能弄懂广义相对论的人不超过 12 人（这种说法有点言过其实）。与狭义相对论相比，广义相对论更深奥、更简练，而且范围更广。狭义相对论重新规定了运动的定义，而广义相对论则重新规定了引力、空间和时间的定义，重新规定了宇宙的构造。

狭义相对论只适用于匀速运动，或恒速直线运动。它不适用于物体加速、减速、转弯等非匀速或加速运动。爱因斯坦想弄清楚这一点，还想搞清楚为什么相对论适用于一种运动而不适用于另一种运动？他像普通人那样，只是想找到简单的答案，结果一些例外现象使他困惑不解。后来，他用了 10 年时间对非匀速运动作了认真研究，终于在 1915 年创造了广义相对论。

引力和惯性

非匀速运动问题所产生的效果人们都能感受到。假如有两辆小汽车 A 和 B，它们以匀速相向运动，当它们会车的那一刻，很难说清楚是 A 在运动通过 B，还是 B 在运动通过 A。然而，当其中一辆车作非匀速运动，那么这辆车必定会加速、减速或者转弯，如果这辆车加速，则车里的乘客会向后仰；如果这辆车减速，则乘客会向前倾；如果转弯，则乘客会斜向一侧。这些加速结果表明运动是绝对的。相对论就这些内容吗？

这样说并不确切。物体被推、被拉或倒向一侧的现象就是惯性效应。在经典物理学中，惯性是物体对于物体上的作用力的阻力。物体作匀速运动时不会产生惯性效应。若不考虑摩擦力，物体将无穷地作匀速运动。投手诺兰·赖安在外层空间投出的时速为 98 英里的快球将会继续以这个速度运动下去。然而，如果给（比如弗兰克·托马斯挥动球棒猛击这个球）这个球加一外力，使球加速、减速或者转向，这时，惯性效应就会起作用；而球对这一外力会有阻力。车里的乘客后靠、前倾或者斜向一侧正是这种阻力的表现，这就是惯性效应。

惯性效应也见于其他方面。你是否提过一桶水让桶绕着竖圈旋转？当桶转到头顶上方桶口朝下桶底朝上的位置时，这时水本应流出来，但实际上只要继续让桶绕着竖圈旋转，桶里的水就不会流出来。桶里的水在桶的圆周运动（非匀速）作用下向外压，这种推力叫离心力，有了这种力桶内的水不至于流出来（对物理学家来说，事实上并不存在将水向外推的力，唯一真正存在的力是桶加在水上的力把水推向圆周轨迹的中心，让桶保持圆周运动。然而，对水来说，离心力或者外向力是客观存在的，而且对我们来说确实很有用）。这种离心力的作用像引力，但这种力的作用方向由中心向外部而不是由外向中心。它是一种惯性效应。

再举一个惯性效应的例子，设想有人在没有引力作用的太空中的一部电梯里（图 1 给出电梯的加速的方向），电梯向上作加速运动，结果，将这个人往电梯底面压去，这是一种惯性效应。这种惯性效应好像引力一样将人往下拉。人可从电梯底面跳起再落下，人有重量，这个重量就是引力

在身体上的作用力。如果这部电梯以 32 英尺/秒² (9.8 米/秒²) 的加速度加速，那么惯性效应就和作用在地球表面上或接近地球表面的电梯的地球引力相同（地球表面附近的物体以 32 英尺/秒² 的加速度落下）。

爱因斯坦断定既然惯性效应和引力给人以同样的感觉，那么它们是相同的作用力。引力和惯性是同一种作用力的两种说法，两种力是等效的。因此，可以说电梯并不是穿过宇宙上升，并对电梯内的乘客产生一种惯性效应，而是宇宙向下运动并经过电梯，从而产生一种引力效应（既然电梯不运动，就不能将这种效应称作惯性）。这是语义学措词问题。让我们再以对开的两辆小汽车 A 和 B 为例，如果 A 车内的乘客感受到惯性效应（例如迫使乘客后靠），但 B 车内的乘客没有感受到惯性效应，这只是意味着 A 车相对于宇宙而运动，B 车却没有。这并不能说明 A 车绝对运动。一切运动，无论是匀速运动还是非匀速运动，都是相对的，而且都可用同一组方程表示。不能将惯性效应用作衡量绝对运动的参考系。

空间和时间

广义相对论提供了认识引力的新途径，同时也提供了认识空间和时间的新途径。在经典物理学中，空间是三维的。观察三维空间的最简单的方法是想象出一个盒子。测量盒子的宽度、高度和深度可得到盒子的尺寸。其中测量的每一项都代表三轴或三维空间的一轴或一维。盒子内或者空间中的任何一个位置都可以用三轴表示。在这样的体系中，确实不存在四维空间。在数学图形中，数学家可以创造四维、五维甚至更多维的空间，但这些空间在现实世界中不存在。然而，在爱因斯坦的宇宙观中存在四维空间，而且这个空间确实存在。他的四维不属于空间范畴，而属于时间范畴。他推出的宇宙强调时空关系。爱因斯坦认为，时间和空间不可分，它们是宇宙的结构，这个宇宙叫时空（实际上，波兰数学家赫尔曼·明科夫斯基首先在数学上描述了时间作为四维空间的概念，爱因斯坦继续并发展了明科夫斯基的成果）。

将四维空间的任何事物概念化其难度很大。将四维称作时间，以代替空间的另一维并非真的有用。为了更加直观，设想空间结构是两维的，时间为第三维。那么时空宇宙的多维同样也可以用一个盒子来表示（见图 2）。如果一个物体静止在空间不运动，但却在时间这一维里运动，如图 2 中箭头 A 所示。这个物体在空间也作匀速运动，图 2 中用一条带箭头的直线 B 表示，非匀速运动以一条带箭头的曲线 C（为便于辨认用虚线表示）表示，这些在时空中的运动表示法就是所谓的世界线。

爱因斯坦及其“相对论”能解释一些狭义相对论现象，例如根据时空概念可以解释诸如长度缩短和时间减慢等现象。既然空间和时间独立存在而又不是绝对的事物，因此，一项可相当于另一项而变化。马丁·加德纳在他撰写的令人大开眼界的《相对论大爆炸》书中，用了一个很有趣的比拟：把一本书立在光的前面，将其阴影投射到墙上，转动该书将改变其阴影的形状。加德纳说：“把书放在某个位置上，其阴影是一个宽大的矩形，放在另一个位置时，则其阴影是一个细窄的矩形。”

当然，这本书无论大小和形状都不会变化，只是其投影发生了变化。

加德纳指出：“同样道理，一个观察者根据自身相对于一个四维结构的运动来观测有着不同投影的这个四维结构（例如一个宇宙飞船）。在某些情况下，投影显示空间较多，而显示时间较少，而在其他情况下，显示空间较少，显示时间较多也是对的。”投影变化正如轮船在时空中“转动”，或者改变其相对运动那样，投影有变化则表明投影本身是一种相对现象，例如像长度的缩短或者时间的减慢现象。

时空弯曲

在经典物理学中，引力是一种力，在接近引力的物体上作用一个推力。在这种推力的作用下，雨滴落到地面上，行星绕太阳公转。众所周知，相对论研究人员可摒弃传统的方式来研究引力。爱因斯坦认为，引力并不是一种力而是一种效应。引力并不会让物体运动，引力将空间或者时空弯曲。物体质量越大，其引力也越大，其弯曲时空的能力也越大。某颗行星不绕太阳作圆周运动是由于太阳作用在这颗行星上，让这颗行星沿椭圆轨道绕太阳运动，但由于太阳周围的时空以这种方式弯曲，所以沿着世界线运动的行星就围绕太阳沿椭圆轨道运行。相对论研究人员常用《相对论大爆炸》一书中所用的下述比拟将这一概念具体化。

设想有一块橡胶床单伸展成一张蹦床那样，把一个柚子（太阳）放在这块床单上就会呈现一个凹地，把一颗弹子球（行星之一）放在柚子附近，这颗弹子球就会滚向柚子，柚子并没有“吸引”弹子球，相反，柚子产生了一个凹区使弹子球滚向柚子，最后围绕着柚子呈成一个椭圆轨道。用爱因斯坦的话来说：“空间决定物体如何运动，物体决定空间如何弯曲。”

最后还要说明一点：随着引力造成时空弯曲或翘曲，不仅可见某物体的路径在将该物体投射到空间维时发生变化，而且可见的时间消逝在将该物体投射到时间维时发生变化。引力增加时，时间减慢。

广义相对论是真的吗？

在爱因斯坦提出他的广义相对论后的几年时间里，物理学家怀疑其真实性。狭义相对论的证据很多，这些证据包括：光的恒速，物体质量随其加速而增加，时间膨胀，根据 $E = mc^2$ 方程式，质量和能量之间的相互转换——所有这些通过无可置疑的实验得到证实。但是广义相对论却让科学实验人员感到如同作恶梦一般。引用米什内尔、索恩和惠勒 3 人合著的《引力作用》一书中的话来说：“还没有哪一种理论，其完善程度与检验难度可超过广义相对论的。”

1919 年发生了一次日全食，在这个过程中作了一次重要的检验。广义相对论提出，时空弯曲时出现一个强有力的引力场，结果使靠近这个引力场通过的一束光偏转。太阳产生了一个相当强有力的引力场，用通过太阳附近而达到地球的星光来研究偏转现象。必须要有日全食，否则，太阳晃眼的强光会使微弱的星光完全失色。当时在日全食发生前作过许多宣传，爱因斯坦的名声及其广义相对论的命运未卜。检验的结果是人们普遍接受了爱因斯坦的预测。星光略有折射这一点与他的预测大致相符。

对爱因斯坦广义相对论的另一次检验是精确测定绕太阳运行的水星轨

道。水星轨道存在一个小问题。水星并没有沿经典物理学家所预测的轨道精确运行。在将太阳和其他行星对水星所产生的引力效应列入经典力学公式计算时，水星轨道的方向本应发生很小的变化——轨道方向的变化，一个世纪为1度的七分之一。然而，水星轨道方向的变化有点快，天文学家推测可能有一颗尚未发现的行星在水星轨道内运行，这颗行星存在的引力可对这种差异作出解释。他们甚至给这颗行星起名为祝融星（这颗行星以前叫“牛车星”）。在19世纪后叶，出现了寻找“祝融星”热，但是一直没有发现。在爱因斯坦提出广义相对论以前，水星的轨道不规则现象一直是个谜。爱因斯坦的广义相对论解决了这个问题。这种额外的引力并不是来自水星轨道内的另一颗行星，而是来自太阳本身。用艾萨克·阿西莫夫撰写的《不存在的行星》一文中的一段话来说：

太阳具有巨大的引力场，这意味着拥有大量的能量，这些能量和某种少得多的质量是等效的，请记住，根据 $E=mc^2$ 方程式，能量和质量可以相互转换，既然所有的质量都可产生一个引力场，那么在将太阳的引力场看作质量时，它自身肯定会产生一个小引力场。

造成时空弯曲的这个较小的额外引力场正好解释了从水星上观察到的轨道和牛顿推断的轨道之间的差异。

前面已经谈到，广义相对论也认为引力造成时间减慢。引力场越强，时间减慢得越多。通过利用计时精度很高的原子钟，科学家们已测出时间减慢多少。事实上，在珠穆朗玛峰峰顶（引力较弱）上时钟每小时滴答的速度比在海平面（引力较强）上时钟滴答的速度快1秒的十亿分之三。在星际空间（没有引力），时钟滴答的速度更快。

时间减慢还产生光谱移向红端的效应（称之为红移），这种位移对诸如太阳之类的星体来说肯定很小。和质量较小的星体相比，太阳的引力大得多，但不如引力得到的红移那么大。1962年精确地确定了太阳的红移。

无疑广义相对论得到了证实，而且已成为科学思维不可缺少的一部分。

黑洞、重力波和引力透镜

广义相对论预测到或解释了一些可从现实世界证实的其他现象。在这些预测中，最不可思议的现象是黑洞。众所周知，广义相对论假定引力造成时空弯曲，这种弯曲造成物质乃至能量（例如光）沿一条曲线轨道向引力场中心传输（在牛顿物理学中，引力对能量不产生影响）。这种弯曲对物质来说可能影响很大，但对能量来说则影响极小。一束光在接近一颗行星或太阳乃至比太阳质量大几倍的星体旁通过时，这束光将会产生微弱的弯曲或偏斜。当物质密度增加至形成一个密度足够大的引力场，同时造成时空严重弯曲以至于光不仅向引力场中心弯曲，在进入引力场后不至于从引力场逃逸（黑洞由此得名）。光将不会偏转，但将被吸进一种无底漏斗里；在这个无底漏斗里，所有的物质和能量都将盘旋降到……谁知道降到哪儿？进入黑洞的物质的速度将加快到光速而且将密度挤压到无穷大，将时间减慢直至停止。多么不可思议的现象！

这种不可思议的现象真的存在吗？天文学家确信它们存在，黑洞现象

于 1994 年 5 月 25 日星期三得到证实。当时，科学家利用哈勃空间望远镜在距地球 5000 万光年远的银河系中心发现了一个名叫 M87 的很强的引力场。我们知道它是一个黑洞，因为它持续存在一个热气体旋涡，只有黑洞引力才有这种旋涡。尽管证据有说服力，但却是间接的证据：光和其他辐射都不可能从黑洞中逃逸并把存在黑洞的信息传送给人类。

还有其他间接证据可以证明黑洞的存在，在进入有去无回点之前（叫视界或史瓦西半径），据说物质将以很强的 X 射线辐射的方式发射能量。存在多个很强的 X 射线发射体，天文学家推测它们是黑洞。他们相信多数大银河系的高能中心可能都是黑洞（他们吃不准我们自身的银河系的能量，这种能量很小而且很平稳）。

探测重力波可得到关于黑洞的更多的直接证据，重力波是爱因斯坦广义相对论的一项引人注目的预测。它是时空结构中的波动，是由引力能量造成的。它们从发源地沿各方向向外运动，这些发源地可以是严重干扰或弯曲时空的物质。黑洞造成时空极其严重的弯曲，并且应当以可测量和可辨别的特征来传送重力波。

实际上已探测到重力波了吗？答案是否定的。自从 20 世纪 60 年代中叶以来人们就一直设计一系列煞费苦心的重力波实验，而且还制造了探测器，但迄今尚未得到确定的结果。

引力透镜与重力波相比还根本称不上理论，但确实存在引力透镜。引力透镜于 1979 年发现，是广义相对论的成就之一。很简单，它们是质量大量聚集所造成的时空弯曲。银河系产生了引力透镜。无法“看见”的物质叫“不可见物质”，因为它不产生或反射任何光或者其他辐射，因而形成引力透镜。这样的透镜可把来自背景星、银河或类星体的光分成两个、三个甚至四个分立的图像，它们可以把银河的形状畸变成不可思议的光弧或光环。

引力透镜有许多潜在的用途。据说宇宙的物质可成为看不见的有 99% 之多。但是看不见的物质的引力效应（例如，它作为引力透镜时）有助于科学家证实这种物质的存在，而且可以计算出它的质量。了解有多少物质可帮助我们决定宇宙的命运。宇宙会永远扩大吗？或者宇宙是否会停止扩展并缩成一个超密点？

广义相对论的很多内容都为牛顿的看法及其力学定律和引力定律作了佐证，相对论中有许多理论已超越牛顿的力学定律与引力定律的范围并以一种崭新的、不同的方法观察宇宙。难怪爱因斯坦的成就促使他在生命的最后时刻写道：“牛顿，请原谅我！”然而，没有必要说原谅。牛顿谈到他本人取得的引人注目的成就时说：“如果说我看得远一点……是因为我站在巨人的肩上。”因此，爱因斯坦站在科学界最伟大的巨人的肩上。

（李向阳 译）

法医入门

第一部分：法医与验尸

法 医

他杀是 15 至 25 岁年龄段的美国人死亡的主要原因；也是年龄不到 65 岁的所有美国人死亡的第四个主要原因。目前，在世的美国人，有 200 万人最终惨遭杀害。现在，在美国出生的妇女，在其一生中被强奸的比例高达 12%。美国每年约有 200 万人死亡，其中 8% 属于自杀、他杀或事故致死等非自然死亡。在年龄不到 35 岁死亡的美国人中，这个比例高得多，接近 50%。

上面列出的是统计数字。这些统计数字对法医学这门研究异常死亡的学科提出了日益严重的巨大挑战。

《韦氏足本大词典》将法医学定义为“论述医学与法律之间的关系的学科”。法医是驾驭这门学科的人物。现在，担任这项既需要十分熟练的技术，又备受人们崇敬的职务的人都是专攻异常死亡、训练有素、有病理学家背景的医生。尽管多数意外死亡事件与自杀事件并不属于他杀事件，法医仍然也要研究所有显而易见的他杀事件。率先促使人们注意儿童痛遭毒打的人们是法医。但是，法医的发展并非一帆风顺。让我们来看一下作为法医的发源地英国大约 800 年前的情况，当时法医的处境并不妙。

早在 1194 年，当时的法令首次提到英国的验尸官一职（法医的前身，两者往往同义）。英国载入史册的法学历史十分悠久，因而人们对法医源远流长并不感到意外。然而，在中世纪时期，验尸官主要关心确保王室的收入不致流失。个人的暴卒或因暴力致死后，王室往往将其财产或贵重物品没收。重罪犯死后往往将其全部财产交给国王，作为王室收入。人们还认为，自杀者的所作所为违背上帝的意志，对其也作同样的处理。

因此，验尸官的责任是研究反常死亡，并确定死因。然而也有问题。验尸官不是医生。他们是国王指定，且效忠国王的贵族；与其说他们是医生，不如说他们是收税人员。再说，为国王效劳很风光，他们甚至得不到犒赏。

英国很早就将验尸官一职推广到英国在美洲的殖民地，而且验尸官的地位很快与捕狗员的地位相当。那时，除前罪犯以外，任何人都有资格当验尸官；验尸官也不必获得医学学位。法医就是这样开场的，真是不吉利。难怪这一差使只对那些既腐败又没有能力的政治仆从们有吸引力。截止到美国内战爆发时，验尸官解剖一具尸体，作出死亡证明，只能拿到 11.5 美元的酬金，尸体也许要几经周折方可最后埋葬。很方便就可以为 50 个男性杀人凶手出具他们所需要的正常死亡的证明，这些杀人凶手只要花一些钱买通验尸官，即可获得自由。

这方面的情况之糟也许是旷古未闻的。当时曼哈顿区和布鲁克林区的验尸官争先恐后地将船划进东河（East River，美国纽约州东南部一海峡，在曼海顿岛与长岛之间——译注），在一场漂浮尸体争夺战中竞相向对方挥舞船桨。这类令人吃惊的场面促使纽约市市长约翰·珀罗伊·米切尔于 1914 年以法医一职取代验尸官一职。想担任这一新职位的人员必须是医生

和病理学家。更重要的是他们必须经过验尸方面的培训，并积累丰富的经验。

纽约市并不是率先以法医换下验尸官这一职位的城市。1877年，马萨诸塞州开始趋于采用领有执照的法医，在各州改进其异常死亡调查体制的过程中，这一趋势继续下去。然而即使时至今日，美国有很多州仍然沿用验尸官；这些验尸官不是法医病理学家，没有接受过关于人员暴卒或异常死亡或暴力致死等方面分析的训练。对约翰·F·肯尼迪总统遭暗杀的死因作过分析的医院病理学家在研究死因方面受过良好训练。但是，在这之前他从未剖析过枪杀死因。显而易见，他在这方面毫无经验。这位病理学家根本不了解已做过气管造口术的肯尼迪总统还有子弹的致命伤，他也无法断定子弹离开人体的部位。X射线检查的结果表明，在肯尼迪总统的尸体内并没有留下子弹，这位病理学家于是认定，枪弹就是从射入人体的那个枪眼飞离人体的。然而，子弹不可能这样做。再者，他所认定的枪伤部位，比枪伤的实际部位低4英寸。纽约市原首席法医米歇尔·M·巴登指出，对肯尼迪总统之死的验尸调查是法医史上拙劣透顶的调查之一（问题是肯尼迪总统的脑袋在验尸过程中已失窃，现在也许已落入珍品收藏家手中。阿尔伯特·爱因斯坦的脑袋也不翼而飞）。

令人十分遗憾的是，事实上任何医学院都不开设法医病理学这门课程。医务工作中这个“备受冷落的角落”既没有实习医师，也没有高级专科实习期。有志从事法医病理学工作的医生，从医学院毕业后要在法医这一职位上当一段时间的见习生，以接受培训。关于异常死亡与临终，要学的东西并不多。法医这门科学是科学上很多科目有关知识的结晶。

让我们进一步详细地分析一下法医对异常死亡所作的一次典型调查。

死亡时间

在被推定为他杀事件（或自杀事件）的现场，必须首先查明的内容之一就是死者的死亡时间。这项工作说起来容易，做起来很难。法医运用的方法有很多，但这些方法无一不依靠死者死后尸体出现的自然变化。其中一种变化叫尸冷，指的是尸体温度随着时间的消逝而下降。人死亡后，每隔1小时，体温一般下降 $1^{\circ}\text{F}\sim 1.5^{\circ}\text{F}$ 。诸如周围温度和身材大小等因素当然都会影响尸体温度下降的速度（胖子的尸体温度下降较慢）。因此，要作好气温与尸体的直肠用温度计读数记录。在死者死亡后数小时内进行尸冷测量最准确。

尸斑，也叫血液坠积，也可用作死亡时间的计算标准。从字面上讲，尸斑指“死亡色”，即被验的尸体发红的程度。但尸体发红程度各异。当心脏停止跳动，血液不再流动时，重力取而代之起主要作用，这样一来，红血球从血液中沉淀出来。死者死亡后1小时~2小时之内，在尸体的下表面部位出现微红色（下表面指与硬表面不接触的部位）。随着带蓝色的粉红色斑的出现，尸体的微红色开始消退。死者死亡6小时~8小时，这些粉红色斑汇成大片面积，并略带紫色，用手指按一下会变白。10~12小时后，红血球分解，从毛细管（最细的血管）渗出，充满全身各部位，颜色固定下来，长期不变。

完全以尸斑作为测定死亡时间的生物钟，是非常不准确的，而且也不

可靠。然而，它起另一种作用。将死者死后微红色的消退与人体有关部位作比较，就可以确定死者死亡后，尸体是否挪动过。凶手往往将受害人尸体从他杀地点转移，以掩盖他杀真相。

查明死者死亡时间还采用死后强直办法。我们对死后强直都很熟悉，在我们密切关注的有着浓厚的神秘色彩的事件中往往采用这种办法分析案例。人员死亡后，人体肌肉即刻完全松弛下来，人体变松。死后强直是指人死后人体随之变僵。人死后 1 小时~2 小时就开始出现死后强直，首先要数眼睑上的肌肉最明显。然后，颌部与脸上其他部位开始发僵，并慢慢扩展到颈部、胸部和臀部的所有随意肌与平滑肌，最后则扩展到躯体下部与两条腿。整个过程约为 12 小时。人死亡 36 小时后，人体不再发僵，又重新变松软。

这些能说明死者死亡时间的迹象，尽管不够精确，但曾有效地用于研究著名的喜剧演员约翰·贝鲁什的死亡。正如迈克尔·巴登医生在他撰写的《意外死亡：一位法医的自白》一文中所说的那样，贝鲁什连续 4 天注射成瘾性致幻毒品，并与他的加拿大籍女朋友卡西·史密斯饮酒作乐。据史密斯女士说，她回到旅馆与贝鲁什在一起，凌晨 3 点半，她给贝鲁什注射最后一次成瘾性致幻毒品。这是一种强效兴奋剂，是向可卡因中掺海洛因而制成。上午 10 点 15 分时，她离开贝鲁什，当时他已入睡，但还活着。到中午 12 点 30 分，贝鲁什的体操教练发现他已死去。史密斯女士讲的是否都是真话？让我们从已熟悉的尸冷、尸斑和死后强直中寻求答案。

尸 冷

发现贝鲁什尸体之时，这具尸体的下颌周围已有点发僵，急救医生难以将呼吸管插入他的嘴中也证明了这一点。从下颌的僵直程度看，他的死亡时间比发现他已死亡的 12 点 30 分这个时间约早 1~2 小时。他大致是在 10 点 30 分至 11 点 30 分这段时间死亡的。

尸 斑

下午四点三十分左右，验尸官拍下贝鲁什的照片。他仰天躺着，背部显然略呈紫色，在压力作用下，变白色（血液尚未凝固）。这一点与死亡时间为 6 小时~8 小时吻合。屈指一算，死者死亡时间为上午 8 点 30 分至 10 点 30 分。

尸 冷

下午 4 点 30 分，验尸官还测量到贝鲁什的体温为 95 °F。如果体温每小时下降 1 °F~1.5 °F，那么可推定他是在下午 1 点或 1 点以后死的。然而，人们发现他在中午 12 点 30 分已死亡，这时已开始出现死后强直现象。显而易见，尸冷的计算有错误。温度本来应当低得多，有两种情况足以说明这一点。一是贝鲁什太胖了。二是他身上注射可卡因后，极其兴奋，造成体温升高。尽管人的正常体温为 98.6 °F，可是贝鲁什的体温一开始就很容易达到 100 °F 以上。综合考虑各种因素，贝鲁什的死亡时间为上午

10 点 30 分，不可能早于 10 点 30 分。

让我们来看一下，我们从死亡时间有关数据可以了解哪些情况：

死后强直： 10 30.....上午 11 30

尸斑：上午 8 30.....10 30

尸冷： 10 30.....中午 12 30

上午 10 点 30 分这一时刻重叠。这是假定这一时刻为贝鲁什死亡时间。这就是说，在凌晨 3 点 30 分之后，卡西·史密斯一定又给约翰·贝鲁什注射过一次成瘾性致幻毒品。尽管她一直矢口否认，业已查明她犯有过失杀人罪，为此她被判监禁 15 个月。

最近，在断定死者死亡时间方面取得的一项进展是进行所谓的钾-眼液试验。人死后，红血球分解，释放钾；钾慢慢渗入充满眼球（即眼球玻璃体）的液体中。玻璃体吸收钾的速度很可靠，完全可以预测，且不受温度影响（人死后 6 小时~8 小时，眼球的角膜——眼球外十分清晰的覆盖物也变为带雾纹状）。

在对人已死亡一周或一周以上作出分析的很多事例中，采用这种确定死亡时间的方法很有价值。利用细针注射器消除胶状物似的眼睛流体，为了防止眼球萎缩，要向眼球注入等量的水。

有时，在人死亡后数周，甚至数月后才发现尸体。死后的时间越长，确定死亡确切时间的难度就越大。通过确定尸体腐败或腐烂程度，可大体估计出人死亡时间。人死后数天，尸体微带绿色，不久颜色逐渐消退，这一点在胁腹和腹部尤为明显。人死后，细菌将血液分解，结果尸体呈微绿色，这一颜色慢慢地扩展到全身。造成尸体腐败的细菌还产生硫化氢和有恶臭的其他气体。这些气体有恶臭，因而往往可借此发现掩盖着的尸体。

人死后 5 天~6 天，这些气体造成面部、颈部、腹部和生殖器肿胀；皮肤开始起水疱；液体可从鼻子、嘴、耳朵和阴道流出。到第二周，乃至第三周，尸体继续肿胀和出现水疱，这时尸体开始分解，会造成软组织液化。皮肤、毛发和指甲变松，很容易扯下。人死后 3 周~4 周，如果天气暖和，尸体可迅速分解，只剩下一具骷髅。

尸体通常会腐烂。然而，在特殊情况下可做到尸体不腐烂。例如，天气寒冷可减慢尸体腐烂的速度。例如，遗弃在雪地中的尸体根本不分解。反之，如果在诸如沙漠或锅炉房等温度较高与干燥的环境下，尸体会干瘪。在尸体干瘪过程中，整个尸体会风干，变得发硬且坚韧。骨骼周围的皮肤与肌肉皱缩。更重要的是，推迟乃至完全阻止了细菌的活动。因此，内脏和尸体的其他结构可多年保持完好。从干瘪的尸体中甚至可得到指纹印。

人死后不久（有时人在弥留但已失去知觉之际），苍蝇会叮在尸体上。苍蝇最喜欢将蝇卵下在人体的眼睛部位。大约 12 小时后，蝇卵开始孵化为蛆。很容易辨别昆虫的以后若干发展阶段，而且昆虫 1 周~2 周的发展有一定的规律。研究不同蛆生活史的专家在昆虫学家的帮助下能确定的时间很接近精确的死亡时间。尸体能招来的昆虫并非只有苍蝇一种。法医基思·D·威尔逊在他撰写的《死因》一文中列出了可能被昆虫感染的一份简明时刻表：

10 分钟：人死后 10 分钟，苍蝇叮在人体上，在尸体的嘴、鼻子和眼睛处产下数千个蝇卵。

12 小时：孵出蝇卵，且蛆以组织为食。

24 小时 ~ 36 小时：甲虫爬到尸体上，饱尝发干的皮肤。

48 小时：蜘蛛、螨和千足虫爬到尸体上以尸体上的微生物为食。

（信息要点：人死后毛发与指甲不再生长）

死 因

从上述内容显然可见，验尸官或法医要有坚强的性格，应当既是医生，又是侦探。确定死亡时间很棘手，而且精确性较差。与法医的其他重要工作相比，确定死亡时间只是“一块蛋糕”，是确定死因工作的一部分。

在人死后作尸体检查（即尸体解剖）时很有希望查明死因。法医进行可疑死亡调查，即进行医学—法律尸体解剖。在美国，最早记录在案的凶杀案件所作的尸体解剖于 1665 年在马里兰进行。一名名字叫弗朗西斯·卡彭特的被指控杀死他的佣人。事后解剖查明，卡彭特实际上猛击过这个可怜的男仆的头部，造成颅骨骨折、脑出血致死。

让我们回到验尸解剖台上。先检查并脱去死者的衣服，仔细检查尸体的外部特征。仔细观察诸如枪伤、刺伤和重击等明显损伤。在查出子弹射击通路或确定死者生前遭受攻击或刺伤的角度时，X 射线可能很有用。有时，死因并不像乍一看时那样明显。如果受害者躺在路面上，且后脑勺遭到严重损伤，就可以怀疑受害者后脑勺遭到凶手重击。但结果未必是这样。这个人也许晕倒，人向后仰，头部重重地撞在水泥地上。法医怎样才能断定这是一起凶杀事件或是一起不幸事故呢？检查脑部往往可解开疑点。如果人的后脑勺遭到坚硬的钝器打击，脑后部就会出现挫伤。反之，如果脑后部撞在路面上造成损伤，颅骨前部就会挤入脑壳，脑部出现挫伤。这个问题简单易答。

颈部周围挫伤并出血则表明受害者被勒死。如果眼睛的眼白明显出血，那么受害者被勒死的可能性就更大，因为这是毛细血管破裂了。切开颈部，若发现气管、喉或舌骨（位于喉的上方）的软骨破裂，则可断定是窒息致死。

拿窒息致死来说，应当指出，很多的所谓上吊自杀，尤其是男性的上吊自杀，实际上是性窒息所致。绳索勒紧脖子时会压紧将血液运送到脑部的颈动脉。切断人脑的氧气供应，即常说的窒息，结果会使人很快丧失知觉。在手淫过程中，缺氧还可增强性高潮的快感。实际上，在手淫过程中，很多男性都是这样进一步达到性满足的。这种做法是在性高潮后将绳索松开，尔后即失去知觉。侥幸脱险也往往违背试图这样满足性欲的人的本意。

窒息并非总是呼吸窒塞或呼吸困难的结果。人在河里淹死，其死因是窒息，即肺水肿，无法向血液供应氧气。如果是从河中发现的尸体，其肺部没有灌入很多的水，则受害者是先被人杀死，尔后弃尸河中的。

在火灾中死去的很多人，其死因也是窒息，这是这些人吸入烟雾所致，尔后再被火焰吞没。烟中的一氧化碳密度很高。一氧化碳见于汽车排气尾迹，在车库中发现的自杀者身亡也是这种气体所致。一氧化碳造成人员死亡的原因是它与红血球细胞化合，将红血球完全阻塞，致使红血球输送不了氧气。医生都很熟悉一氧化碳中毒的症状。一氧化碳将全身的血液变为晶莹透亮的鲜红色，即便通常呈紫红色或微蓝色的静脉血管也不例外。有意思的是，人死后 6 个月，还可查到尸体血液中的一氧化碳。要是有人纵

火是为了蓄意掩盖其杀人行径，只要查一下死者的血液与内脏就可以很快查清真相（血液与内脏也变为晶莹透亮的鲜红色）。人因一氧化碳中毒会停止呼吸。

在吞食不当造成气管堵塞时会很快出现窒息致死。施用海姆利克氏手法的目的就是消除这类呼吸障碍。然而，这类窒息性死亡与心力衰竭很可能难以分清。巴登医生在他撰写的题为《意外死亡：一位法医的自白》一文中谈到，有一次有人请他参加由一批著名医生欢聚一堂、为筹款而举办的奢华的宴会。一位女宾客突然开始喘气，接着向前一歪，倒在她跟前的食品上。医生们都断定她心脏病发作，只要巴登医生在死亡证明书上签个字就算了事。然而，巴登医生认为，这位女宾客属于窒息性死亡。巴登医生在饭店里就手拿起一把牛排餐刀，将餐刀插入她的喉结附近的喉头。巴登医生说，果真“有一块很大的浅绿色的花茎甘蓝嵌入肺的气道，将气道堵住”。

一份即将完稿的札记谈到窒息：在 19 世纪初的英国，医学复兴，医学院开始如雨后春笋般出现，因而对尸体的需求急剧增加。盗尸者或“掘墓盗尸人”应运而生。他们实际上是盗墓人：挖掘新埋葬的尸体，将尸体卖给医学院。悲痛欲绝的家属必须雇用守墓人看管坟墓 3 天，因为在 3 天时间里尸体会腐烂，足以使尸体失去医学解剖价值。

即便是出现了抢夺坟墓的现象，对尸体的需求仍在稳步增长。在这段胆大妄为的时期里，需要采取不顾一切后果的做法。当时有两名冒险精神十足的名叫威廉·伯克和威廉·黑尔的年轻人，提出了令人毛骨悚然的获得尸体的做法。在采用一种窒息致死方法中，一人坐在受害者的胸上，另一人捏住受害者的鼻子并将其嘴盖住。直到一名医学院学生发现他的女朋友躺在尸体解剖台上时，才最终将这两个人擒获。

一般说来，窒息致死或呼吸窒塞而死的人，其血液晶莹透亮，很美；留下的尸体很干净。尸体上不留伤痕，无血块，无出血，组织中不残留毒物。躺在尸体解剖台上的尸体看上去各方面都挺好，只有一项是例外，即人已死亡。

正因为没有查出可查明的死因，因而玛丽·贝思·廷宁才得以在长达 14 年的时间里杀死了 8 个~9 个她的年幼的子女。其中 3 名子女死于婴儿猝死症。如果生下的子女外貌丑陋，则可排除婴儿猝死症死亡的可能性。一开始，有些婴儿还醒着，他们死去时被廷宁女士恰好抓在手里。患婴儿猝死症的婴儿在睡着时死去，绝不会在被人抓在手里时死去。再者，廷宁女士的婴幼儿因缺氧而身上发绀或发蓝。患婴儿猝死症的婴儿的身体不会发蓝。最后，婴儿猝死症的死亡概率约为千分之一。两个同属一个母亲的婴儿患婴儿猝死症的概率为百万分之一。三个同属一个母亲的婴儿患婴儿猝死症的概率就更小。

廷宁的其他婴幼儿死亡的原因是他们存在遗传代谢缺陷、心肺功能停止、霉亥氏综合症（一种致命脑病，多发生于幼儿——译注）或急性肺水肿。据巴登医生说，这些结果均属于“废纸篓诊断”，是在没有任何真正发现的基础上作出的。

后来，有一位警察局长对廷宁女士的所有婴幼儿“正常”死亡发生怀疑，于是着手进行调查。将其中几个婴幼儿找出来进行调查，廷宁的说法与出示的证据矛盾百出，最后她承认，这多个婴幼儿是她害死的。

我们来看一下尸体解剖台。除了检查肉眼能看到的创伤外，还要彻底检查能表明死因的任何痕迹。尤其令人感兴趣的是一些很细小的刺痕；这些刺痕与注射令人致死的毒品或自身服毒相吻合。

用拭子从嘴中、阴道中和直肠中取下化验标本，并将其放在无菌的玻璃容器中。无论是否可直接看清楚性接触都这样做。

在进行彻底的外部检查之后，将尸体的躯干切开。切开躯干通常有两种方式。可以从颈部开始，沿着脑部与腹部的中线切开，一直切到耻骨。通常绕开肚脐；肚脐由坚韧、难以切开的连接组织组成，再者肚脐切开后更难以缝合。而现在则通常按Y形切开，即从一个肩部开始，切到胸骨下端，再往下切。检查完成后，将刀口由下往上缝合，给死者穿上衣服，供葬礼使用。

还需要收集尸体的液体。将颈部切开后从颈静脉可收集到至少 20 毫升的清洁的血液。在膀胱顶端处切开，将尿舀出，或用移液管排出。通常将这些液体以及从胸腔与腹腔吸出的任何液体进行一系列试验，其目的是查明是否有酒精、一氧化碳、葡萄糖、二氧化碳和大量毒物或麻醉剂（详见《法医入门》第二部分关于毒物的论述）。借助注射针与注射器收集脑脊液和玻璃体液（这是从眼球中抽出的，还记得吗）。

在将尸体自下而上缝合时，往往将心、肺、食管和气管一起移开，再分别加以检查。将胃打开，并收集胃中残留物。在怀疑死者是中毒身亡时，将整个胃以及小肠与大肠一起切除并保管好。肾与肝脏也一样，这些人体内部器官当然会将血液中的很多毒素滤除掉并存储起来。（内容要点：大约 50 年前，有教养的旧时妇女的肝脏因一直受到鲸须紧身胸衣恒压的作用而有所凹陷。）

最后，检查头与脑部。先从头颅顶端切开，由一只耳朵开到另一只耳朵，将头皮剪至遇到骨头为止。接着将头皮从脸部自上而下剥下，并用动力锯夹锯开头颅。最后将脑取下进行分析。

您是否想吃点什么？那好，我们现在就停下来去吃饭。（别叫脑这道菜哟，脑的胆固醇太高了！）

在尸体解剖全过程中，要拍摄很多反映尸体内部与外部状况的照片。把尸体解剖全过程录像还挺时髦的呐。如果一切顺利，死后检查可揭示死因。正如一位法医的事务所墙上用拉丁文写下的题辞：

静下来，别笑，这里是死者乐于帮助生者的地方。

第二部分：毒理学与罪犯识别

法医毒理学

在所有死亡中，引起验尸官注意的约占四分之一。如果验尸官怀疑死者生前曾遭到谋杀等暴行，就要进行验尸。然而，死因并不那么容易查明。例如，人因吸入、摄入或注入某种物质而死于非命，这类物质多达成百上千种。在尸体解剖过程中，法医无法确定尸体中是哪些物质的数量多得足以造成人员死亡。这项任务由法医毒理学家及其所用的种种化学办法来完成。

有毒物质大体分毒物和毒品两类。两者的区分有一定的任意性。如果

为了达到某种所谓的有益的效果（指吸入后而神魂颠倒，入睡，缓解疼痛和病痛等效果），通常吸入半致死量的物质，那么将这种物质看作毒品。否则，这种物质就是毒物。服毒是人们结束人生而采用的方法。在自杀总人数中，采用这种方法的占 90% 以上。然而上述数字仅仅是估计数字，因为，令人难以置信的是，在所有自杀的人中，有 75% 的人没留下任何遗言，因而很难断定他们实际上是否是服用剂量过量。

毒药被经常运用在他杀事件中，但在当今的谋杀案中，由于某些毒药的名声很臭，放毒只占很小的一部分。

砷

砷也叫遗传粉剂。由于某些显而易见的原因，长期以来杀人凶手都一直乐于采用这种毒药。在中世纪（公元 500 年左右至 1500 年左右），王族设专人检查给他们提供的食品中是否有砷。然而这些人的工作未必很出色：由于砷化合物无嗅、无味，人会慢慢中毒身亡。将砷摄入体内 4 小时 ~ 7 小时后，胃会剧烈疼痛，继而严重呕吐，而且在其呕吐物中可见到血。砷中毒往往引起人体的脱水与盐失调，经过一天乃至更长的时间人才死去。

服砷中毒的症状在很多方面与霍乱病人和胃肠受到其他严重感染的人员的症状相同。因此，人们未将服砷中毒看作死因。很多毒药造成的死亡与正常死亡看起来十分相似，而且因为验尸很费钱，除非人们怀疑死者生前曾遭到谋杀等暴行，通常不会对尸体进行毒理学检查。

获得砷十分容易，因而这很可能成为砷用得这样普遍的一个原因。尽管 18 世纪末 19 世纪初，在很多很容易得到的产品（例如除草剂和灭鼠药）中都可以找到砷。英国有一个贼胆包天的小伙子甚至从灭蝇纸中提取足以将人毒死的砷将其女友毒死。为了防止像使用食品添加剂那样方便地在实施残酷行为当中使用砷，英国于 1851 年通过砷法案。该法案要求所有的砷化合物必须与一种黑色或蓝色的色素混合，这样，使用了砷就不可能被遮掩。

砷有一些令人感兴趣的性质：人体中含有砷可以阻止细菌腐蚀；尸体中有大量的砷，尸体腐烂的速度会减慢。由于砷对细菌的这种作用，可以解释为什么在多种药剂，尤其是六六六中采用砷了（六六六因其为第 606 种被测试物质而命名）。在发现青霉素之前，人们将六六六当作魔弹（指能杀灭异性致病细菌、病毒或癌细胞而又不伤害宿主的药物——译注）来治疗梅毒。

在被毒死的受害者的身体各部分都可以发现砷。即便埋葬数年后挖出来的尸体的毛发与骨骼中仍含有砷。

尸体挖出来后，还有一个问题让法医毒理学家很担心。由于砷这种物质普遍存在，自然界很多生物体（包括人）的身上都有数量很少的砷；在土壤中也普遍存在砷，有时浓度还很高。在对挖出的尸体进行砷化验时，还必须进行土样试验，以排除砷从土壤中渗出而污染尸体的可能性。

氰化物

氰化物与砷有很大的区别。它的毒效快得多。剂量为 50 毫克的少量氰化物足以在 5 分钟内将人毒死。与一氧化碳一样，它抑制血液对氧的吸收能力。依据氰化物在血液中生成的独特的颜色以及皮肤发绀——暗猩红色可以识别氰化物，这一点与一氧化碳中毒也一样。

氰化物还有其他特点，如独特的气味、甜味，以及备受侦探小学作家青睐的很弱的杏仁味。实际上，人们对氰化物的这一特点有所夸大。一开始，用遗传学方法来确定对氰化物的察觉能力，发现在人口中只有 40% 的人有这种能力。拥有特有基因的人也许能闻出刚刚被杀死的人体呼吸中很微弱的杏仁味。在尸体解剖时，显然也可闻到这种气味（尤其是在清除胃中的残留物时）。可是，尸体会很快地将氰化物分解，数天后再也查不到杏仁味，只留下奇怪的青紫色。

纳粹战犯赫尔曼·戈林以吞服制成药片的氰化物避开了绞刑惩处。很多间谍，例如 1960 年飞越俄罗斯上空被击落的美国 U - 2 飞机驾驶员弗朗西斯·加里·鲍尔斯，为了在一旦被敌方抓获时便于自杀而随身带上氰化物丸。鲍尔斯本人则决心与围捕他的俄罗斯人周旋，而不愿吞下毒丸自杀。他的这一招还真灵。1962 年，他被判犯有间谍罪而被监禁 10 年，结果他仅被监禁 2 年，就在一起间谍交换交易中获释。

也许，氰化物能呈现的最致命的形式就是剧毒气体。捕捉蝴蝶的人员在其杀虫罐中采用氰化物，人们很快就发现，可将氰化物作为更加阴险地大规模杀害人的工具。氰化物是环酮（通指四芳基茂酮，专指四苯基茂酮——译注）的致命成分，曾被用于杀害了纳粹死亡集中营中数百万名犹太人。1984 年印度博帕尔的联合碳化物公司出现了一场化学物质泄漏的灾难性事故，有 3500 多人在这场事故中因中毒而死于非命。塑料燃烧时会释放有毒的氰化物气体，因而飞机失火时氰化物中毒成为旅客遇难的主要原因。

马钱子碱

马钱子碱是一种速效毒剂（尽管速效能力不如氰化物），它是从在印度生长的一种植物的浆果中提炼出来的。据称，当地居民食用这些浆果可确保不会因为接触毒蛇毒液，或被致命的眼镜蛇咬伤而中毒。然而，人不能食用过多的浆果。马钱子碱中毒致死时人很难受。这是一种类似于触电式死亡，其特点是神经冲动严重失控，致使肌肉剧烈抽搐。布赖恩·莱恩在他主笔的《法医学百科全书》分册中写到的典型马钱子碱中毒致死症状令人毛骨悚然：

……由于面部肌肉收缩，马钱子碱中毒者的脸部变为特有的龇牙咧嘴模样。这种模样通称“痉笑”。接着肌肉出现剧烈的痉挛性收缩，病人因剧痛而弯着身子，各种姿势迭出。有时，病人头后仰碰到脚跟，身子弯得像一把弓，这种现象叫角弓反张；接着，由于其他一些肌肉收缩，病人可以从床上跳起。

在短暂缓解之后，病继续发作，这时比上一次更厉害、更痛苦：

胃部肌肉开始发僵、绷紧，脸发青，眼珠子凝视且凸出。病人仍然完全有知觉，但由于牙关完全紧闭致使下颌呈固定状态而往往说不了话。在病阵阵发作过程中，脉搏跳得很快，无法数清。

在阵阵惊厥过程中，患者因呼吸系统肌肉麻痹，呼吸异常困难。由于肌肉介入的缘故，人们常将马钱子碱中毒误诊为破伤风与癫痫等疾病，尽管癫痫患者在这种发作过程中很少有神智完全清醒的。患者死后，肌肉放松，在尚未出具毒理学报告的情况下，无法阐明死因。

巴比妥类药物

在所有抑制药或“镇静剂”中，也许数巴比妥类药物（供催眠、镇静等用的药物——译注）最危险。巴比妥类药物往往介入异常死亡，尤其是自杀，因而毒理学家一般都在尸体解剖中进行这些药物的化验。从抑制剂可以顾名思义，巴比妥类药物抑制中枢神经系统（脑与脊髓），诱发轻度的欣快异常与睡眠。服用巴比妥类药物造成意外并非罕见，因为服用量比规定剂量高一倍即可造成死亡。服用剂量过高的患者会陷入酣睡，最终昏迷过去，直至完全停止呼吸而悄然死去。

玛丽莲·梦露就是因为巴比妥类药物服用过量致死的，尽管直到现在还不知道她的死亡是属于谋杀、自杀还是事故。说死因不明是因为巴比妥类药物的发现是在血液中，而不是在胃中。如果是服用药物过量致死应在胃中发现过量的巴比妥类药物。由此清楚可见，一定有人在她死前给她注射了这种致命的药剂。

当然，也许事实并非如此。正如米歇尔·M·巴登在他撰写的题为《异常死亡：一位法医的自白》一书中所说的那样，梦露女士是在体内循环血液中已吸收大部分巴比妥类药物之后死去的，这是完全可能的。再者，如果病理学实验室做不到十分细致小心（当时的化验不如现在精密），该实验室也有可能未注意到其胃部残留的少量巴比妥类药物。

验尸官在进行尸体解剖时，通常并非只化验巴比妥类药物这一种药剂。他们还化验酒精、可卡因、海洛因和其他很多致幻物质。不同于巴比妥类药物，在意外服用剂量过多中几乎总是可以发现这些毒品。

信息要点：1952年，美国多数家庭将甲烷取代照明气体（一氧化碳与氢气），用作供热源燃料。甲烷尽管易爆炸，但无毒。因此，自杀者再也无法像过去那样将头放在烤炉内呼吸有毒气体入体就能自杀了。另一方面，巴比妥类药物的可用性日益增加。因此，想寻死的人用这种药物来了结人生。60年代与70年代时，巴比妥类药物是人们自杀最常用的药物；到90年代人们可以普遍地用盐酸阿米替林和盐酸雨咪嗪之类的抗抑制药来取代它们。

可卡因与海洛因

尽管这两种药物都是致幻药，但两者在其造成的舒适感和死亡方式上差别很大。服用可卡因会产生异常快感，这是由成瘾性毒品引起的快感或恍惚状态。是一种狂躁不安与兴奋的感受。尽管可卡因致死很罕见，但可卡因会引起心律失常，即心律不稳定。心脏搏动失常就不能很好地向全身供血，患者不到半小时即可死亡。大学篮球明星莱恩·比阿斯就是这样无谓地断送了生命。

海洛因则是抑制人的中枢神经系统。这种药物所造成的欣快感是一种

“精神的低落状态”，即感到神情安详放松。大脑放松，从而入睡，不再发送呼吸信号。

有时，给人注射海洛因实际上是为了让其从吸入成瘾性毒品而出现的恍惚状态转入精神的低落状态。强效兴奋剂由可卡因与海洛因组合而成，很危险。法医毒理学家解剖约翰·贝鲁什尸体时发现，他身上留下的毒品足以害死两个人。

其实在毒理学家拿出实验室报告之前就有一些明显的迹象表明尸体中的海洛因剂量过高。当心脏停止搏动时，含水的液体从毛细血管渗出，并注满肺部。有泡沫沿气管向上运动进入鼻子与嘴。心脏病发作时也可以看到类似的症状。正如巴登所说的那样：“一般说来，如果发现溺死迹象，可断定死者死于毒品。如果发现死者是在家的老人并且他还服用毛地黄药丸，则可断定是心力衰竭致死。”

罪犯识别

人们越来越多地利用科学和科学家所用的研究手段来识别犯罪活动。这一点在罪犯识别方面比其他任何方面都更加明显。比较显微镜可用来同时观察两种不同的样品即为一例。利用这种双筒显微镜可以将犯罪现场发现的子弹、毛发、衣服上的纤维和尘粒等与嫌疑犯身上的这些东西作比较。事实证明，所作的比较结果对于把罪犯送上审判台有着无法估量的价值。

指纹学或指纹法是识别罪犯的独特手段。其在识别罪犯中的重要性远非双筒显微镜可以与之相比的。这是一项 19 世纪末 20 世纪初的发明。事实证明，这是罪犯识别学的最大的一项成就。

在指纹学问世前，警察对确定犯罪嫌疑犯有罪或无罪感到很棘手。英国编了一本《显著标志登记簿》，其实际作用顾名思义，一目了然。人体测量学或贝蒂隆人身测定法是以法国刑事侦探学家阿尔丰萨·贝蒂隆（法国刑事侦探学家；这种测定法是他根据年龄、骨骼，结合摄影及后来问世的指纹学等鉴别人身的方法——译注）命名的。19 世纪末有一段时间他在欧洲成功地采用了这种方法，很有名气。但这种方法不够精确，而且很麻烦，需要保持所有罪犯身体测量的详细记录。用这种方法确认，对任何两个人来说都不会有同样的测量结果。然而任何刑事审判都无法明确地确定嫌疑犯在犯罪现场怎样作案。

随着指纹学的出现，上述局面完全得到改观。指纹学作为一门人文科学与一门自然科学，使法医学出现一场变革。到 1901 年 7 月伦敦警察厅的指纹科取代了人体测量科；正如他们所说，其余内容均已载入史册。

指纹学

指纹学的前提是，对人的指纹作仔细分析可得到其指纹所特有的涡、弓与箕等图形（每个人，甚至双胞胎都有自己独特的指纹，这类指纹从胎儿发育第 6 个月就已形成，并一直到死都保持不变）。事实上确实如此。然而，许多指纹完全由皮肤中看不见的分泌物（如油、氨基酸以及汗中的脲和盐）组成。这些分泌物叫隐性指纹，需要设法加以增强才能看得见。

增强指纹所用的方法大多是在指纹上撒细粉：给浅色表面上的指纹撒炭黑粉，而给深色表面上的指纹撒白铝粉。但在某些特殊情况下则采用化学物质来揭示指纹。有一种试剂可将皮肤上的油变为深紫色。另一种试剂可将氨基酸变为紫红色。从很多方面看，指纹印分析已成为化学学科。

无论采用什么方法来增强指纹，接着都要利用胶布或橡皮垫来提取指纹印，并将其送到实验室加以分析。有意思的是，提取指纹还是相当新的一项发展，伦敦警察厅到 1970 年才采用这种方法。

到 60 年代，指纹学进入计算机时代。人们将指纹图像用扫描器记录下来输入到计算机中变成数字数据储存起来。现在，公安系统已拥有完善的计算机网络，每秒钟可作 6 万多次指纹印比较。如果指纹印很淡或有缺损，可运用激光图像增强法来加强与加深指纹印。

这项成就给人留下颇为深刻的印象。然而，更出色的成就还有待于继续工作。

脱氧核糖核酸剖析

一些法医实验室运用最新的分子遗传学手段找到另一种更强有力的识别罪犯的方法。这种方法叫脱氧核糖核酸指纹识别法或脱氧核糖核酸剖析法。也许后者的名称更好些，因为这种方法与指纹印毫无关系。

脱氧核糖核酸是活的生物体的遗传材料（参阅：《脱氧核糖核酸：生命的阶梯》），而且每个人的脱氧核糖核酸各异。人体的各个细胞都有各人全部的脱氧核糖核酸。精子细胞与卵细胞各含上述脱氧核糖核酸量的一半，但在明确地识别嫌疑人上使用绰绰有余。

脱氧核糖核酸剖析是在 1986 年左右问世的。这种剖析包括取出并分析血细胞、皮肤细胞、精子细胞的脱氧核糖核酸或者犯人因疏忽大意而留下的任何痕迹。对作案留下的痕迹没有很多要求，因为利用所谓的聚合酶链反应法可从微量的痕迹中复制出数百万个脱氧核糖核酸。一滴唾液所含的皮肤细胞或红血球是足以接受脱氧核糖核酸剖析的。1 根头发（指根部）足以让 1989 年的 1 名英国强奸犯认罪。用一种特殊的酶将很长一束的脱氧核糖核酸分解为限制分段长度多态现象的很多较小的小碎片。因为各人的脱氧核糖核酸各异，各人的脱氧核糖核酸可分为长度与成分不同的小段。将提取的某嫌疑犯的脱氧核糖核酸碎片放在一明胶表面上（所用方法叫凝胶电泳），并将其与在犯罪现场发现的脱氧核糖核酸作比较，就可以确实实验明……其精度至少达到 99.99999%，或者优于百万分之一。

脱氧核糖核酸剖析尤其适用于强奸这种犯罪活动的侦破，因为强奸犯留下自身的很多痕迹（即数亿个精子细胞）。据称，有的强奸犯在进行强奸犯罪活动时使用避孕套，也许是为了迷惑警察。然而，强奸犯不小心仍会将避孕套留在强奸现场。

对少数走运的人来说，脱氧核糖核酸实际上可用来证明他们无罪。自从 1990 年以来，美国用脱氧核糖核酸剖析法对十来名强奸嫌疑犯的遗传物质进行比较以判定他们是否有罪。

脱氧核糖核酸还是用来寻找下落不明的人的非常宝贵的依据。在 1976 年至 1983 年期间，阿根廷残酷的军事独裁政府逮捕并杀害了约 9000 人。人们将这些人称作失踪的人。其中大部分是二三十岁的年轻人，他们都有

年幼的孩子。当这些人死后，他们的孩子也销声匿迹。有证据表明，很多孩子已被无子女的军人夫妻领走，冒充成他们自己的孩子。现在，这些孩子的祖父母或外祖父母利用脱氧核糖核酸化验来查出他们长期失散的孙子、孙女或外孙子和外孙女。

人们还将脱氧核糖核酸剖析用于关于亲子关系的争端中，即某个人是否为一个孩子的生身父亲或生身母亲，以使孩子得到较好的保护与抚养。

气 味

长期以来，人们利用警犬根据罪犯在犯罪现场留下的气味来追踪并进而查到罪犯。很显然，某罪犯的气味有别于其他的气味。实际上我们每个人都具有遗传上已确定的、用化妆品或除臭剂都掩饰不了的独特的气味。

世界各地的法医实验室的研究人员都是以个人气味为前提而工作的，他们一直都在设法仿制出具有猎犬的那种能跟踪气味的绝技的设备，并在一定程度上取得了成功。其中，特别令人感兴趣的是最近制成的由大约十来个传感器组成的电子鼻。这种电子鼻不仅可以将酒与咖啡区分开，还可以将不同的酒与不同的咖啡区分开。诚然，人的气味极其复杂，但这项成就的取得正是一个令人鼓舞的良好开端。

在一项很有意思的研究中，利兹大学法医系的巴巴拉·萨默维尔医生用一种能吸收气味的树脂收集汗，再用气体色谱法将汗分解为数百种成分。这项研究会有助于画出各个人独特的汗曲线图，并可以完全像指纹印那样存储在计算机文件中。

气味识别与指纹印分析相比，其优点显而易见。人的气味无法像用一块布抹掉物体上的指纹那样被抹掉。在犯罪现场总是有气味，无论凶手是否戴手套、穿套鞋、用避孕套或使用其他企图掩盖罪行的用具。

法医学很有吸引力，令人着迷，而其他学科则没有这种魅力。因为法医学将独创性、先进的科学技术、爱岗精神以及种种极富戏剧性的人间悲剧结合在一起。随着法医学的发展，需要人们既有大智大勇，又有高潮迭起的激情。可惜，法医要关心的人真是太多了。

（桂如 译）

流星雨：陨石降雨般陨落

时间是 1966 年 11 月 17 日凌晨大约 3 点钟，地点在美国西部。那是个晴天，天色暗淡，天上缀满星星。每分钟都有流星划过长空，留下一道道闪光。人们以越来越浓厚的兴趣仰望星空，数着星星。每分钟有 2 颗……后来每分钟有 5 颗……10 颗。1 小时后，划过星空的闪光每秒钟不止 1 道。到凌晨 4 点 30 分，这类闪光每秒钟增加到 20 道，或每小时 7.2 万道。这类闪光多得再也数不清啦！闪光以令人眼花缭乱的速度划过长空。到凌晨 5 点钟，流星的陨落像暴风雨似的，每小时有 15 万颗流星划过长空（即每秒 40 颗）。这情景犹如天体放烟火（天国的隆重庆典）似的，十分激动人心。

这场 20 世纪最壮观的流星爆发事件持续了约 1 个小时，后来随着拂晓时刻的到来，流星陨落的数量逐渐减少而成为下“毛毛雨”了。您仍然在那儿依地躺着，亲眼所见的这一流星事件使得您眼花缭乱，而且很想知道，在这之前为什么人们对这一即将到来的令人惊奇的事件一无所知。您没有得到任何前兆，绝不是因为新闻媒体一时疏忽。您之所以事先对 1966 年这场奇异的狮子座流星雨一无所知，是因为任何人都不知道这场流星雨即将来临。为了了解为什么即便是流星雨领域的专家都未能对这场流星雨作出预测，您必须具有流星方面的一些基本常识。

流星：星际碎片

流星是一块岩石、一块金属或者这两者的结合体高速进入地球大气层，并由于其与大气层所产生的摩擦而开始闪光。当在天空中出现肉眼都看得见的一道闪光时，我们都知道，这是流星和它的余迹。在进入地球大气层前，这块空间碎片通常叫做流星体。令人难以理解的是，我们所见到的飞快地掠过天空的大部分流星都比一颗沙子还小。我们的肉眼能见到这些流星，只是因为它们的运动速度超过每秒钟 40 英里（即每秒 64 公里），而且燃烧起来十分耀眼。较大的流星掠过天空时看上去像一团火似的。因此，将它们称作火流星。有时，有些流星燃烧起来可以像一轮明月那样明亮，有的甚至是满月亮度的 100 倍。有时，流星还会在半空中爆炸破裂。

多数流星在大气层中完全烧毁。然而，如果流星足够大（指拳头那样大，甚至更大些），就会在尚未烧成灰烬之前，落到地球表面上。从世界各地看，每 2 小时大致有 1 颗流星陨落到地球表面上。陨落的流星叫陨星。有些人收集陨星，尽管往往很难将陨星与起源于地球的地面岩石区分开。金属陨星（主要成分为铁）比陨石容易识别。

既然每 2 小时就有 1 颗陨星陨落在地球上，您也许想知道，我们是否应当呆在家里或者戴好防撞头盔或随身带上钢伞来保护自己。显然这完全没有必要。您被雷电击中的可能性比被陨星落到头上的可能性高得多。有报道可查的，被陨落的流星打伤或打死的情况极为罕见。1992 年 10 月 9 日，在美国纽约州皮克斯基尔有一辆汽车被 1 颗 3 磅重的流星击中。幸运的是，没有任何人员受伤，但汽车被打坏了。

流星雨与流星暴

几乎所有夜晚，抬头凝视没有月光的晴空的 1 个小时，就可以看到流星。它们是偶现流星，一些大小不规则的空间碎片碰巧进入地球的大气层（在理想观测条件下每小时约出现 7 颗可探测的偶现流星）。一年有十几次，流星以高速掠过天空，这类事件一般可以预测；它们在每年同一时刻出现。这些流星是一些大小不规则的碎片，更确切地说，是因为当地球绕太阳公转时定期穿越过这条密集粒子带。这样一来，流星活动增加，称作流星雨（有时，地球会遇到一阵突如其来的、不反复出现的密集的流星，然而本文所说的流星雨指每年出现的或反复出现的流星雨）。

在流星雨高峰时刻每小时通常出现流星 10 次或更多次。如果流星出现次数太高（也许 1 秒钟 1 次或数次，对每秒具体次数不作规定），则这类流星事件称为流星暴。

彗 尾

流星雨的起因是彗星，尤其是穿过地球运行轨道的彗星。彗星与行星一样，是围绕太阳运行的太阳系的一员，然而具有明显拉长的彗尾或椭圆轨道：太阳明显偏向一端。彗星由水冰（由水直接结成——译注）与少量石块、金属与尘埃组成。美国哈佛观测所与史密森尼观测所的弗雷德·惠普尔将这些彗星称作“脏雪球”。

当这些直径通常不超过数英里的彗星在其空间旅行过程（这个过程从数年到数百万年不等）中接近太阳时，会变热。冰开始蒸发。在距太阳不到 2 亿英里时，形成尘埃彗尾。这种彗尾就是由在空间悬浮着且构成流星雨的物质组成，形成一个区域，在该区域的粒子沿着彗星的轨道以极慢的速度移动，而且在数年间它们所在位置没有多大变化，因此，地球沿轨道运行每年几乎在同一时刻都会穿过这个区域。

因此，流星雨与特定的彗星有关。表 1 列出其中最活跃的 9 种流星雨及其有关的观测情况。历来都数英仙座流星群与双子座流星群的流星雨现象表现最充分（当然，在任何指定年份，诸如晴空与没有月光等具体观测条件决定着任何流星雨的观测质量）。

表 1 值得观测的流星雨（按出现顺序排列）

流星雨名称	高峰时间	活动性 (流星数/小时)	有关彗星
象限仪座流星群	1 月 3 日	110	?
天琴座流星群	4 月 22 日	12	撒切尔
宝瓶座流星群	5 月 5 日	20	哈雷
宝瓶座流星群	7 月 28 日	35	?
英仙座流星群	8 月 12 日	68	斯威夫特·塔特尔
猎户座流星群	10 月 21 日	30	哈雷
金牛座流星群	11 月 4 日	12	艾克
狮子座流星群	11 月 17 日	不定	斯威夫特-塔特尔
双子座流星群	12 月 14 日	58	?

*高峰时间的逐年变化可能为 1~2 无。具体观测情况详见《天文学》或《天空与望远镜》月刊。

**逐年的活动性会有很大变化。列入记录的是多年的平均值。

表中未列出每次流星雨的有关彗星，其中多数彗星并不出名，而且一般人都几乎没有兴趣。然而，有 2 个流星群的出现则归因于一颗很出名的彗星，即哈雷彗星，这是一个宽 8 英里、土豆形的冰块团；该彗星每隔 75~76 年返回太阳附近（因此，这一次它于 1986 年向我们飞来）。这 2 个流星群是 流星群和猎户座流星群（见图 1）。

还值得一提的是与 8 月中旬出现的英仙座流星群有关的彗星，因为该彗星用了 130 年时间在空间运行了一圈之后于 1992 年 11 月底 12 月初返回太阳附近。（在 1992 年飞近太阳之前，上一次是在美国南北战争期间。）该彗星是以彗星搜寻者刘易斯·斯威夫特与霍勒斯·塔特尔命名的。天文学家们认为，上一次出现斯威夫特-塔特尔彗尾，因为新增加彗星尘而使英仙座流星群带活跃起来，并认为 1993 年的英仙座流星群是非同寻常的，令人十分激动的流星雨事件，也许还会是流星暴事件。（以往 30 年的英仙座流星群毕竟是 100 多年前留下的碎片的生成物！）结果，英仙座流星群真的出现了最近几年中最耐看的流星雨事件。1 小时有 110 颗流星，出现火流星的比例很高，但未成为流星暴。1994 年也未出现流星暴。

现在，你们也许会理解，为什么未能对 1966 年 11 月的狮子座流星暴作出预测。很简单，流星雨可预测，而流星暴则不然。在发生流星暴期间，流星从天空中似雨点般陨落，其数量太多，数不过来，因而天文学家无法进行事先的预测。形成流星暴所需的空间废弃物的密度极高，而且在流星体带内占了很有限的、难以明确划定的区域。

观察流星雨

那天，是 12 月 14 日凌晨约 3 点钟。天很冷，是个晴天。人们凝视漆黑的天空就会看到，每分钟都有一个光点掠过天空。有的短暂闪光；有的闪光时间较长，中途掠过天空，再逐渐消失。人们在亲眼目睹双子座，也许还可以看到有的流星体随流星雨偶尔无规律地断断续续陨落。您能说出两者的差别吗？

既然流星作为流星雨的一部分，来自在空间占有有一定区域的彗星碎片带，那么这些流星而不是零星流星的起源处应在空间同一处。流星雨辐射起源处称流星辐射点。实际上，流星雨是以流星辐射点所在的星座命名的（有时以靠近某星座的某星体命名，但这种情况并不多）。因此，英仙座流星群按英仙座起名为援救者；双子座流星群按双子座起名为双子；金牛座流星群按金牛座取名公牛；猎户座流星群按猎户座取名猎户；狮子座流星群按狮子座取名狮子，以此类推。

作为流星雨的组成部分的流星可以在天空中几乎任何部分出现（在观察流星雨时，不要只盯着流星辐射点方向）。而且，流星确实是稍纵即逝。作为流星雨的一部分的流星，其闪光或余迹总是自流星辐射点方向发出（见图 2）。将所有流星余迹反向延长，其汇合点就是流星辐射点。零星流星没有流星辐射点。

确定流星辐射点

在观察流星雨时，数一下一小时能看到多少颗流星倒挺有意思。拿出一张躺椅，如果天冷就在身上裹条毛毯，仰靠在躺椅上，放松身子。不要用望远镜，最好用肉眼观察流星雨，这样观察起来视野最宽。冲着天空，在一张纸上标出流星余迹，从而标出流星辐射点位置也挺有意思。有些流星雨还有五彩缤纷的流星。因为您只有两只手，一双眼睛，既要观察，又要记录，够忙乎的。为什么不与朋友一块观察“流星雨”呢？

一天中选择什么时间观察流星雨效果最佳？当然，必须选择夜间，天空晴朗，见不到月光。所选环境要暗，光污染会严重影响对流星雨壮观场面的观测效果。观察时间应尽量接近流星雨高峰时刻。而且，最好在子夜后到黎明前这段时间观察大部分流星。在这段时间，地球旋转位置在彗星散片区，地球大气层可加大流星的速度。流星燃烧起来更明亮，增加可观测情景，我们可以看到更多的流星雨的壮观场面。在子夜前，地球旋转偏离流星，因而流星总体的速度与亮度都在下降。

1966年爆发的十分壮观的狮子座流星暴是坦珀尔-塔特尔彗星引起的，该彗星每隔30年左右留下灰尘覆盖的新余迹。1833年与1866年，该彗星留下的碎片产生不寻常的流星暴。然而，1899年或1933年并未出现流星暴（尽管当时出现流星雨）。因而流星专家们认为，坦珀尔-塔特尔彗星已从地球的运行轨道移开，而壮观的狮子座流星暴则已成为历史。后来，到1966年又出现了一次迄今最壮观的流星暴。原来狮子座流星群根本没有寿终正寝，它们再度活跃起来。

1998年或1999年（很难精确地预测某彗星的轨道周期），坦珀尔-塔特尔彗星又飞近我们，又会再度出现在灰尘覆盖的犹如仙境般的靠近地球的天空中。这次新留下的碎片是否会像1966年那样成为我们人生中只有一次的事件呢？或者说，这次彗星事件是否会像仙境那样。谁也说不清。而到了这颗彗星重新飞近地球之后的11月16日夜晩，我打算将闹钟定时拨到3点，带上睡袋或毛毯作好观察准备。如果狮子座流星群再次飞近地球，我想好好看一看流星雨的壮丽情景。

（梦伊 译）

脱氧核糖核酸：生命的阶梯

人的每个细胞（不含成熟的红血球细胞）共有 20 万个基因（10 万对基因），把用这些基因所含的信息写满的教科书堆起来比 19 层楼还高。研究基因的生物学家荣获的诺贝尔奖金数量超过从事其他科研工作的科学家。研究生物最终要研究它们的基因。然而，基因究竟是什么？

格雷戈尔·孟德尔（1822—1884，奥地利遗传学家、孟德尔学派创始人。1865 年发现遗传基因原理，总结出分离定律和独立分配定律，提供遗传学的数学基础——译注）是 19 世纪中叶的奥地利天主教神父。在他看来，基因是亲代传给后代的很小的颗粒状遗传“因子”。在一个天主教堂的园子里，孟德尔在经过多轮栽培，培育出因遗传基因不同而具有 7 种不同特征的豌豆（例如植株高度、豌豆颜色和纹理等）。在将不同品种的豌豆杂交 8 年之后，孟德尔看到某些遗传方式，即著名的孟德尔定律；而这些分离的遗传因子的存在可以充分解释这一定律。他确信，一对因子支配着各个特征的显现。这些因子可以相同，但不一定。例如，豌豆颜色的因子，有一种黄色与一种绿色的变体。一种作物可以有两种黄色因子，或一种黄色因子和一种绿色因子，或两种绿色因子。就拥有一种黄色因子和一种绿色因子来说，黄色是显性性状，而且黄色特性的显现多于绿色特性。在多数不同的等位基因中，一种因子的显性多于另一种因子。

各亲代向其后代提供一种特性的一种因子。各亲代提供这两种因子中的哪一种因子（植物或精液通过花粉或卵细胞，动物通过卵细胞提供）决定着后代的遗传性。

孟德尔最初想用小鼠等实验室用的小型哺乳动物（而不是植物）来作试验，然而，天主教会认为不能搞动物的人工交配试验。对格雷戈尔·孟德尔来说，他们做了一件好事，因为小鼠的皮毛颜色并非由一对基因控制。多数特性都不是受基因控制。总共 63 个基因对互相配合，决定了小鼠皮毛的颜色。

尽管孟德尔很走运，他所作的一系列试验以及从试验中得出的结论很出色。他确实是走在他的那个时代前面的科学家，但也正因为这样，他的工作难免存在一些缺陷。缺陷之一是根本没有看到遗传因子的物质性。有哪些遗传因子呢？在细胞中何处有遗传因子呢？格雷戈尔·孟德尔一无所知。他怎么能知道遗传因子是在染色体中呢？要知道，发现染色体这类结构还需要花 20 年时间。

染色体是绝对存在于细胞核内的杆状体（实际上，染色体只是在细胞分裂时呈杆状，而在其他时刻无法看到）。人体的每个细胞都有 23 对染色体。只有无胞核的成熟的红血球才没有染色体。为了了解怎样揭示染色体在遗传学中的主要作用，我们必须将注意力从花园里的豌豆作物转到果蝇上来。果蝇（黑柄后腹果蝇）是一种爱吃香蕉的无害小生物。

正是这种讨厌的小生物引起了哥伦比亚大学的托马斯·亨特·摩根（1866—1945，美国胚胎学家、遗传学家，因建立遗传的染色体学说获 1933 年诺贝尔医学奖——译注）及其同事们的兴趣。他们开始用酸、碱、镭和 X 射线激发与刺激果蝇，其目的是产生一些新的特点，叫突变。如果通过很多代繁殖可以实现这些突变的遗传（一代需要 10 天时间），摩根就可以肯定或推翻孟德尔的看法；而摩根从一开始就不相信孟德尔的看法。

摩根搞了很多年都未能发现突变，真是不走运。最终，在 1910 年 5 月的一天，他看到了他培育的一种果蝇，都长有红眼睛，然而他吃惊地看到有一只长着白眼睛的果蝇直盯着他。这是预示着美好未来的良好开端。

在 1910 年至 1915 年期间，摩根跟踪研究无数代果蝇的数十种特性（眼睛的颜色、蝇翅的形状与大小、蝇体的颜色等）。他注意到，诸如眼睛的颜色和体色等两种不同的特性几乎总是互不相关地独立遗传的，但是，有时则不然。例如，如果将一种白眼睛、小翅膀的雄性果蝇与一种红眼睛、普通翅膀的雌性果蝇杂交，后代往往兼有亲代的 2 种特性。为什么会这样呢？

我们来谈谈染色体。染色体不可思议地存在于细胞核中。有一段时间，人们认为细胞核具有生物伴的遗传性，因为精子细胞尽管比卵细胞小得多，但这两者具有相等数量的核材料。而对摩根及其同事来说，新发现的染色体似乎完全可以在孟德尔所说的因子（基因）的核心部位。不仅染色体与特性基因一样成对出现，而且基因在染色体上的部位都可以合乎逻辑地扼要说明某些特点相互间的连锁。为了了解其原因，我们先看一下基础生物学有关情况。

人的每个细胞都有 23 对染色体。果蝇的每个细胞有 4 对染色体，所谓每个细胞指不含精子与卵子（它们称作配子）。在睾丸与卵巢中的特定细胞产生精子与卵子时，染色体的数量减半。其原因在于每对染色体仅向每个精子与卵子提供一个染色体。最重要的一条是：染色体的选择完全是随机的。一个配子只能与每对染色体的一个染色体交配。

染色体的这种独立交配对于位于染色体的基因具有某些后果。不同染色体上的基因都随机交配，因而它们的特性反映遗传的随机性。

然而，如果 2 个~3 个，乃至十来个基因都在同一染色体上，这些基因会作为 1 个单元传到获得该染色体的任何精子或卵子中，而且它们所确定的特性将显示遗传的连锁样式。图 1 为基因的这种独立交配与连锁过程示意图。

a 基因（白眼睛）与 A 基因（红眼睛）在 c 基因（体多毛）与 C 基因（体无毛）的不同染色体对上；它们之间不连锁。在将染色体分送到精子细胞与卵子细胞内时，基因的所有组合（ac、AC、aC、Ac）可能都一样。因此，白眼睛果蝇与红眼睛果蝇都同样有可能蝇体多毛或无毛。

a 基因（白眼睛）和 b 基因（小翅膀）在同一染色体上，它们之间连锁。这一点对 A 基因（红眼睛）和 B 基因（普通翅膀）也适用。在将染色体分送到精子与卵子内时，将连锁的基因一起传送。因此，正像红眼睛与普通翅膀那样，将白眼睛与小翅膀一起遗传下来。

然而，一个基因不会忠实地归于它的染色体配偶。在所谓的同源染色体间遗传物质交换的现象中，两个一对的染色体往往与对应的染色体交换，再前往各自的精子或卵子。如图 2 所示，这种交换有可能将两个连锁的基因分开。

两个基因在某染色体上越靠近，它们被染色体交换的可能性就越小。即两个基因保持连锁的次数取决于它们在染色体上的具体紧密度。摩根认识到，可以将连锁率或连锁次数的观测结果用来将基因“置入”或确定在染色体的特定序列之中。到 1915 年，他所编制的果蝇的 4 个染色体的连锁图已十分详细（每对染色体只需要画出一个染色体）。自从摩根作出这类

开创性工作以来，事实证明，同源染色体间遗传物质的交换已成为遗传学家设法确认与确定基因的极为有价值的手段。

因此，基因控制了动物的具体特性，而且位于染色体的特定序列中。有人将基因在染色体上的排列比作项链上的珍珠排列。尽管这种比喻并不完全确切，但便于讲清楚问题。

让我们对染色体进行仔细分析。染色体是由不同蛋白与脱氧核糖核酸组成的一种复杂结构。那么，这种化学嵌合体的哪个部分包含遗传物质呢？

20世纪前叶科学家主要研究的是蛋白。试验已证实，蛋白是活动能力极强的分子，它们在生物体物质中的作用令人惊奇。看来，不同蛋白分子的变化几乎无穷尽。难怪当时多数生物学家，包括诺贝尔奖金获得者莱纳斯·泡令（美国化学家，因其关于化学键本质的理论研究获1954年诺贝尔化学奖——译注）都认为，蛋白是构成基因的物质。但是，他们都错了。

遗传物质原来是脱氧核糖核酸。这项新发现让多数遗传学家震惊。用大科学家马克斯·德尔布鲁克的话来说：“当时，人们都认为，脱氧核糖核酸是一种笨头笨脑的物质……什么具体事都干不了。”奥斯瓦尔德·埃弗里于1944年宣布了他多年的研究结果。他的研究结果清楚地证明，这些人的看法是多么错误啊。埃弗里与他的合作者麦克林·麦卡蒂与科林·麦克劳德提纯并识别细胞中的一种名叫转化要素的物质。（当科学家称某物为要素时，一般都意味着他们并不知道它是什么东西。）这种要素，在由传染的肺炎双球菌菌株向无害细菌菌株转移时，能够给无害菌株带来病毒。更重要的是，转化细菌将这种新获得的性状遗传给其后代。令人吃惊的是，转化要素即为脱氧核糖核酸。1952年，科尔斯普林哈伯实验室的艾尔弗雷德·赫希与马莎·蔡斯进一步佐证脱氧核糖核酸是遗传物质。他们在一次富有创造力的试验中证明，某种病毒在细菌内感染且繁殖，是因为病毒的脱氧核糖核酸（而不是蛋白）进入细菌。

尽管已提出这种证据，有些科学家仍然坚持他们的看法，即蛋白是遗传物质。他们认为，在诸如埃弗里所作的试验中，脱氧核糖核酸仅仅是一种污染物质。然而，科学界的多数科学家都接受埃弗里的研究结果。接受并支持他的研究成果的两名科学家是詹姆斯·沃森和弗朗西斯·克里克。

当埃弗里公布他的研究结果时，脱氧核糖核酸对科学家们来说并不是一种新分子。18世纪70年代中期，约翰·弗里德里克·米谢尔将脱氧核糖核酸从白细胞与精子细胞的细胞核中分离出来，此后人们就一直进行脱氧核糖核酸的研究，但研究缺乏计划性。可是，到了1944年，脱氧核糖核酸研究突然成了科学研究的热门话题，非常引人注目。世界各国的实验室开始分离脱氧核糖核酸并加以分析。1952年，科学家已搞清楚它的基本分子结构。这种分子的基础是交变糖组与磷酸盐组。正如罗伯特·夏皮罗在他的论著《人的蓝图》谈到这些内容时所说，4种不同的氮碱基从这一基础悬挂下来，“犹如手镯的很多小饰物似的”。

脱氧核糖核酸作为遗传物质怎样发挥机能仍有待确定。它的结构编码以什么方式在其必须控制的无数事件中起作用？这种编码怎样传给细胞的各个后代？

沃森与克里克对这些问题作出了回答。这两个人对莱纳斯·泡令采用所谓的X射线晶体学（用以研究X射线衍射图）的新方法来确定蛋白分子的螺旋性的成就留下了十分深刻的印象。沃森确信，脱氧核糖核酸也是一

种螺旋结构。在研究脱氧核糖核酸的 X 射线晶体衍射图时，他开始研究脱氧核糖核酸的各种亚单元的切断形状，将它们作为七巧板单元处理，设法使它们符合有意义的分子形状。化学分析已证明，在一个脱氧核糖核酸分子中，存在等量的腺嘌呤（即 A 碱基）和胸腺嘧啶（即 T 碱基）。其余两种碱基，即胞嘧啶碱基（C 碱基）与鸟嘌呤（G 碱基）也等量地存在于一个脱氧核糖核酸分子中。令人难以理解的是，A 亚单元与 T 亚单元看上去像键合对似的，结合得很好，C 亚单元与 G 亚单元也是这样。

不久，莫里斯·威尔金斯（1916 出生于新西兰的英国生物物理学家，因对脱氧核糖核酸的 X 射线衍射的研究证明其分子结构，与克里克和沃森共获 1962 年诺贝尔医学奖——译注）和罗莎琳德·富兰克林（克里克和沃森与其合作，未获得诺贝尔奖金）所提供的晶体 X 射线衍射图开始将脱氧核糖核酸描写成一种双股螺旋线。最后，到 1953 年，该难题的所有方方面面都得到了解释。链式“手镯”及其悬挂的氨基“小饰物”只代表脱氧核糖核酸分子的一半。脱氧核糖核酸确实是有两个带“饰物”的“手镯”，这两个“手镯”排成一直线，因而它们的“小饰物”互相键合。一个“手镯”的 A“饰物”总是与另一个“手镯”的 T“饰物”键合，正如 C 碱基总是与 G 碱基键合那样。这双重链还总是明显地扭转。这幅新图谱犹如搓成的绳梯，而不是任何首饰，绳梯的竖立部分为糖-磷酸盐支柱，梯级代表碱基对。

遗传学家对绳梯的竖立部分几乎没有兴趣；这些竖立部分并不包含亲代细胞传下来的遗传信息。而阶梯则不然。这些碱基对就像字母表的字母，一系列碱基对拼写出能确切地说明某细胞如何发挥其机能的难解的密码。基因语言只用 AT、TA、CG、GC 4 个字母拼写，这一点与英语 26 个字母表不同。然而，一组 10 个碱基对（10 个字母组成的代码）在 10 个部位中的任何一个都可能具有 4 个碱基对中的任何一个。通过简单的数学计算可知，总共可能出现的不同的 10 种碱基对为 4^{10} ，即有 100 多万种的不同组合。人的基因组（人体细胞中的所有脱氧核糖核酸）的长度不止是 10 个碱基对。按每个染色体对有两个染色体计算可知，共有 30 亿个碱基对，数量很大。难怪生命体有这样大的差异。图 3 列出了具有碱基对任意顺序的一段双股脱氧核糖核酸。

现在，这个问题成为“一系列代码怎样才能为某细胞的行为编码”，通过控制某细胞所产生的蛋白可以做到这一点。人体有数百万亿个细胞，至少能产生 5 万种不同的蛋白。蛋白实际上是很多名叫氨基酸的较小的亚单元组成的长链。有 20 种不同的氨基酸，它们必须以正确的顺序连在一起才能产生正确的蛋白。

60 年代，美国国家卫生研究所的马歇尔·尼伦伯格已搞清楚怎样将某基因中的碱基顺序变为适当的氨基酸顺序。自从脱氧核糖核酸双股螺旋线中的一股上的 3 个相邻的碱基（叫密码子）确定一特定的氨基酸以来，人们终于了解到，这是一种三联体密码。因此，6 个相邻的碱基，或 2 个密码子，为某蛋白分子的两个相邻的氨基酸编码。就胰岛素而言，需要一段长 153 个的碱基来支配其 51 个氨基酸的集合。多个密码子给没有氨基酸的部分编码，实际上中止了蛋白的合成。

蛋白集合的实际部位不在细胞核内，它们是很小的粒子叫核蛋白体，它们在细胞质内到处游移。脱氧核糖核酸并不支配这种集合，因为脱氧核

糖核酸是一种很有用的分子，不可能在细胞中到处游移。它安全地留在细胞核内，结合成染色体结构。其中的信息必须接近核蛋白体，成为信使核糖核酸。这种分子的结构与脱氧核糖核酸的结构极其相似，尽管它只是单股螺旋线。多股信使核糖核酸只将其两股螺旋线中的一股（名叫编码股）用作模板，与脱氧核糖核酸一起生成。这样生成的信使脱氧核糖核酸有一个碱基顺序与其脱氧核糖核酸模板互补。信使核糖核酸将来自脱氧核糖核酸的密码转到核糖体，并直接参与蛋白合成。

我们仍然尚未答复“基因是什么”这个问题。严格地说，基因是为特定蛋白编码的一段脱氧核糖核酸。人体的 23 对染色体上约有 10 万对基因。1 号染色体是人体最大的染色体，拥有约 3 亿个脱氧核糖核酸碱基对，这些碱基对约分成 1 万个基因。这个数字是人体的最小染色体，即 21 号染色体所拥有的脱氧核糖核酸数目的 6 倍。

理想的情况是，基因应当沿脱氧核糖核酸分子排列成行，完全由密码子作为某一蛋白的结尾部分或另一蛋白的开头部分。但事实并非如此，脱氧核糖核酸的结构比上述情况复杂得多。启动阶段有脱氧核糖核酸区，叫调节基因，这种基因并不为蛋白编码，而是启用或停用真正的蛋白编码基因。弗兰索伊斯·雅各布、雅克·卢西恩·莫诺德和安德烈·卢沃夫因发现细菌中的调节基因而共获 1965 年的诺贝尔奖金。

后来，又发现了控制基因活动的其他非编码成分，并给它们起了丰富多彩的名称，例如强化基因、启动基因、抑制基因与沉寂基因。然而，1977 年有一项发现确实使基因界震惊。那一年，科学家们在鸡与兔的基因中发现了基因内区。基因内区是蛋白编码基因内的一段没有意义的脱氧核糖核酸。有些基因有很多基因内区，这些基因内区并不为任何蛋白编码，而且显然只用于中断基因的连接。由介入的基因内区中断的某基因内的各段蛋白编码脱氧核糖核酸叫外显子。

1977 年以来，在很多其他动物（包括人）体中发现基因内区。实际上，生物体越高度进化，似乎拥有脱氧核糖核酸越没有意义。令人吃惊的是，在我们人体的脱氧核糖核酸中，有 95% 以上是没有价值的基因内区段。肌肉营养不良基因就是一个很好的例子。克里斯托弗·威尔斯在他的题为《外显子、基因内区和谈谈基因》的论著中，对肌肉营养不良基因作了下列描述：

现在，大家都知道，沿着染色体的碱基有 250 万个，数量之大令人吃惊。由该基因（即肌肉营养不良基因）编码的蛋白非常大，即便这样，该基因只有 1.1 万个左右的碱基，只有在沿该基因长度上的很小的外显子中分布的所有碱基数的 0.5%。该基因的其余部分由 65 个以上的基因内区组成，这些基因内区不少都很大，足以将数十个其他基因隐蔽起来，尽管还没有人知道，实际情况是否这样。

也许，基因内区是剩余的零星病毒性传染成分……或者人类进化已抛弃的一度起过作用的零星基因。无论基因内区的起源是什么，对遗传学家们来说，基因内区过去是谜，现在仍然是谜。人们都认为，活性细胞应当是效率很高的分子，不过，人体大多数的基因组只是废料而已。将全部基因，即基因内区和所有的一切都转录为信使核糖核酸并没有什么意义。显然，细胞利用特殊的酶来作快速编辑工作，去掉所有无意义的信息，将其

余的外显子编码的信使核糖核酸拼合，然后将其送往核蛋白体来制取蛋白。看上去，这样做造成时间上与能量上的极大浪费。杰罗尔德·M·洛温斯坦在1992年12月号的《发现》杂志上发表了一篇题为《令人吃惊的遗传作用》的文章。引用他在这篇文章中的话来说：“是这么随便地进行基因组运行的吗？”

肯定不是这样，于是有些遗传学家就推断，也许基因内区具有某种尚未发现的功能。美国威斯康星大学的奥利弗·史密西斯所作的一项研究表明，基因内区是进行基因表达所必不可少的。当他将某个特定的基因转移到细胞内时，基因并不表达自己（给某蛋白编码），除非是涉及其多个基因内区。在有些情况下，基因内区用作基因的强化因子，将它们的活动力由很小变为很大。而纳塔利·安吉尔则在1994年6月号《纽约时代》的一篇题为《揭示废料脱氧核糖核酸奥秘的关键》一文中谈到废料脱氧核糖核酸的另一项可能的功能：

废料的某些区域可能用作变化储备区，以便脱氧核糖核酸更方便地改组、突变和重组成加快演进的新型式（通过产生新基因）。

脱氧核糖核酸是生命物质。某受精卵细胞按照它的指示而成为一个人、一棵树或一条蚯蚓。自然界的任何事件都不会比此更壮观或更惊人。而现在，分子遗传学家们的探索工作开始首次揭示脱氧核糖核酸的不可思议的很多秘密。基因内区是有待探索的很多谜之一。基因表达的调节肯定是另一个谜。为什么一组细胞应成为人的眼睛，而另一组细胞（该组细胞具有完全同样的基因组）则应成为人的大脚趾？

世界各地的科学家们和政府有关部门认识到人体的脱氧核糖核酸的重要性，于1990年10月1日召开会议，并设立人体的基因组项目。该项目期限为50年，其任务是将人的染色体内所含的、构成脱氧核糖核酸的所有30亿个碱基按顺序排好（只有一股螺旋需要排好顺序，因为另一股螺旋是相配的；就是说，在一股螺旋上的ATC顺序与另一股螺旋上的TAG相配）。按这个思路，我们很有希望发现碱基是以什么方法、在什么部位排列成数十万个功能单位（即基因）。

然而，这是一项令人生畏的任务。英国分子遗传学家西德尼·布伦纳博士认为，通过研究河豚（通常名叫^{河豚}）可加速这项任务的完成。河豚这种鱼是一种独特的生物，爱吃寿司的食客爱吃河豚肉，因为它无刺激性，富有弹性。然而，河豚的内脏毒性很大，日本厨师须接受两年培训方可进行这方面的独立操作。而每年仍然有百余人因吃生河豚肉而中毒致死。

不仅有毒性，而且具有已知最小基因组的脊椎动物的特点——该基因组为人的基因组的七分之一（多数哺乳动物——无论是人、猫或鼯鼠——在其基因组中大体都有30亿个碱基。令人费解的是，有些植物的基因组所拥有的碱基是这个数字的很多倍；例如，小麦有160亿个碱基，野百合花有1000亿个碱基）。布伦纳博士确信，短缺的脱氧核糖核酸大部分是废料基因内区，而且河豚拥有人所具有的很多基因，只是其形式有所变化而已。鉴于要处理的废料脱氧核糖核酸少得多，因而绘制河豚的基因图容易得多，尔后再将这种知识用于发现人的类似基因。依我看，这是件好事。

（黄海元译）

小行星撞击地球之时

世界末日小行星：科学家们作出预言，宽 7 英里的空间岩石将于 11 月 11 日撞击地球！这不是第一颗威胁地球的小行星，然而，这也许是最后一颗！

1993 年 7 月 20 日的《世界新闻周刊》这样写道。然而，11 月 11 日这一天瞬间即逝……地球仍然在转动。由于小行星并未对人类构成严重威胁，这种预测充其量是戏剧般的言过其实。然而，它提出了一些重要的问题，例如：人类是否会遇到诸如被小行星撞击的危险？这些小行星与来自空间的其他星体是否会与地球碰撞，并产生严重后果（如果称不上灾难性后果的话）？

夜闯地球的不速之客

小行星碰撞地球无疑会产生灾难性后果，而且已经产生这种后果。人们普遍认为，是小行星与地球碰撞造成恐龙灭绝；在过去 5 亿年里，地球上有过另外 4 次生命大灭绝时期。这类碰撞实际上支配着地球上的生物进化进程。

小行星是“较小的行星”，是太阳系内质量从未达到足以成为九大行星之一的天体。这些小行星由石头（石型）、碳（碳型）或金属（金属型）组成；它们按其所在部位列入以下 3 类中的一类：

1. 小行星带：位于火星与木星之间的一个空间区域。在该区域中，小行星以接近圆形的轨迹围绕太阳运行。多数小行星，尤其是最大的小行星都是该小行星带的成员。

2. 特洛伊小行星：与木星在同一轨道上的 2 个星团，其中一个星团在木星之前 60 度，另一个星团在木星之后 60 度。这些小行星是用特洛伊战争（古希腊人与特洛伊人之间的 10 年战争——译注）中的英雄命名的，例如赫克托耳和内斯特。

3. 不规则的小行星或阿波罗小行星：绕太阳运行时穿过地球轨道、且自身轨道明显伸长的一群小行星。这类小行星以古希腊与古罗马神话中司阳光之神阿波罗命名，它是有待发现的这类小行星中的第一颗。（还有人们不太熟悉的其他类不规则小行星，这些小行星穿过火星——爱神——主要在地球轨道内的星体——阿托恩的轨道。）

在这 3 类小行星中，对地球有危险的是阿波罗小行星。这些小行星在穿过地球运行轨道时（这些小行星通常每隔若干年穿越地球运行轨道一次），有可能与地球碰撞。它们主要是石型小行星，其平均直径略超过半英里（0.8 公里）。其中，最大的小行星直径为 24 英里（39 公里）；最新发现的最小的小行星，其直径不到 20 英尺（6 米）。迄今已发现近 200 颗阿波罗小行星，而且这个数字以每个月增加好多颗的速度增长。据天文学家估计，那儿可能有 4200 颗穿越地球运行轨道的小行星，小行星数量之多足以发生小行星撞击地球并对地球产生全面影响。

地球与小行星发生大碰撞的危险并不大，但存在这种危险，也就是说，那些数百万年或数千年才会有一次的低概率事件竟然也会发生。那么发生

这类碰撞的具体次数是多少呢？

碰撞次数与碰撞规模

小行星碰撞在诸如水星和月球等星体的表面留下永存的地质记录。利用小型望远镜，甚至双筒望远镜观测月球，可看到来自空间的不速之客无数次碰撞月球留下的凹陷与伤痕。然而，在地球表面上并未留下这种不可磨灭的记录。其原因是地球的大气层使很多闯入地球的小行星燃烧或者使它们在尚未落到地球表面上就爆炸。即使发生了碰撞，碰撞的伤痕也会逐渐消失，而且陨石坑变得平滑。众所周知，地球与水星或月球不同：地球上有风和水；水流过地球表面或雨落到地球表面上。随着岁月的消逝，风和流水起到砂纸一样的作用，将小行星与地球碰撞在地球表面形成的凹凸不平磨光。这个过程叫侵蚀。

即便小行星与地球碰撞处受到侵蚀的作用，地质学家仍然认出了在地球上约有 130 个受到小行星碰撞而产生的陨石坑。这类陨石坑的数字每年约增加 5 个~6 个。地球上密密麻麻地布满了这类陨石坑。例如，位于南非的弗雷德福陨石坑（直径 10 公里），位于德国的里斯构造陨石坑（直径 24 公里），位于美国亚利桑那州的巴里杰构造或陨石坑（直径 1.2 公里）。最大的撞击陨石坑在加拿大的安大略，其直径为 124 英里（200 公里）。

随着侵蚀作用继续消除这种地质学记录，越来越难以估计出地球曾与小行星碰撞的次数。然而，地质学家和天文学家依据其对小行星的运行轨道研究以及严密观测其他行星和月球的表面特点，已作出大致的近似估计。表 1 列出他们所作的估计，这些数字将撞击次数与小行星的大小和破坏能力联系起来。然而，依据小行星的速度和组成，以及小行星进入地球大气层的角度，这些数值会有很大差异。小行星进入地球大气层的速度通常约为 10 英里/秒（16 公里/秒）或 36,000 英里/小时（即 58,000 公里/小时）。多数小行星（其直径为不超过 150 英尺）在大气层高处爆炸，基本上不造成破坏，或根本不造成破坏。这些是了解某颗小行星的破坏能力的关键。“石头”与“金属”相比，通常在大气层更高处爆炸，而且爆炸来得更快些，造成的破坏更少些。正如表 1 所示，如果一颗直径为 150 英尺的小行星撞击地球或者在地球表面附近爆炸的话，它会产生相当大的破坏力。

据认为，环绕地球运行的月球也许是地球与一颗很大的小行星之间发生间接撞击的产物；这颗小行星也许有火星那样大（直径为 4000 英里，即 6400 公里），人们通常将其称作小行星或行星。这次碰撞发生在地球形成初期，从地球（和这颗小行星）中炸出的物质后来堆积成月球。

表 1

大小 (直径)	频率	破坏程度
不到 30 英尺 (9 米)	数天到数年。 直径不到 1 英尺的小行星每天撞击地球。它们叫流星。	破坏程度不等。较大的小行星可造成局部规模的严重破坏。
30 ~ 300 英尺 (9 ~ 91 米)	数年到数百年	释放的能量可能超过十来颗核弹的爆炸威力*。能够一瞬间夷平纽约那样大小的一座城市。有可能撞击地球,或在大气层中爆炸。
600 英尺 (约 180 米)	上千年	产生很大的局部影响。可夷平方圆超过 100 英里的一个地区。其能量约相当于 50 次核弹爆炸。
1000 英尺 (约 300 米)	10 万年	形成很多大陨石坑,并向大气层喷出大量尘埃。其能量约相当于 10,000 (原文如此——编者) 次核弹爆炸,即超过世界各国核武库的爆炸威力。
3000 英尺或约 0.6 英里 (1 公里)	25 万年	至少造成十分严重的全面影响。可以数年,乃至数十年毁掉地球上的生命与改变气候,造成农作物歉收与饥荒。其能量相当于数千颗核弹爆炸的能量。据认为,有 1050 ~ 4200 颗具有这样大小,甚至更大些的小行星穿过地球运行轨道。

*本表所述核弹爆炸指释放能量为 100 万吨 TNT 的一次爆炸。其爆炸威力比二战结束时投放到广岛与长崎的原子弹的威力大 50 倍。

靠近地球的小行星

在将近 100 年内,地球上没有发生过一起地球大气圈外的大碰撞。最近发生的一次是通古斯事件。1908 年 6 月 30 日,在西伯利亚中部通古斯地区的一片森林突然消失了。那是一个 800 平方英里(超过 2000 平方公里)的地区,树木被烧焦并被撞倒。多年来,科学家们对这起破坏性事件的原因进行争论。最合乎逻辑的说法是地球与一颗小行星发生了碰撞。然而却找不到一个撞击陨石坑,只能作出种种异想天开的推测:例如遇到一块反物质或一个很小的黑洞,或一个有敌意的不明飞行物。

最新的,也许是最好的解释是克里斯托弗·奇巴及其在加州芒特维尤的美国宇航局埃姆斯研究中心的同事们提出的。这种解释认为,造成通古斯事件的原因是一颗石型小行星(其直径为 150 英尺,即 46 米,大体有半个足球场那么大)在地球的大气层内变热,并在地球表面上方约 5 英里(8 公里)处猛烈爆炸(因而未出现由陨星撞击而成的撞击坑)。爆炸冲击波将该地区的数十万棵树夷平。如果通古斯小行星是金属型(铁)小行星,而不是石型小行星,则它会撞击地球表面,留下美国亚利桑那州的巴里杰陨石坑那样大小的坑,而且会造成大得多的破坏。

1908 年以来,这方面的情况较平静。1965 年 3 月 31 日,在加拿大西

南部的雷维尔斯托克市发生一起流星事件。数千人看到一颗大流星（一块星际碎片，其尺寸还不足以称得上小行星）在地面上空约 20 英里（32 公里）处爆炸。它的爆炸威力为 2 万吨 TNT，与二战期间在广岛和长崎上空爆炸的原子弹的威力大致相当。然而，幸好该流星爆炸时高度较高才没有造成生命损失（相比之下，通古斯小行星的爆炸能量为它的 1000 倍，爆炸时离地面的高度仅为它的四分之一）。

最近几年，人类曾多次从几乎是灾难性的流星事件中死里逃生。1968 年 6 月 14 日，一颗名叫伊卡鲁斯（小行星 1566 号——译注）的阿波罗小行星（伊卡鲁斯是希腊神话中的人物，他带着人造翅膀飞行，因离太阳太近而死亡；该小行星用他的名字命名）飞到距地球还不到 370 万英里（600 万公里）处。1989 年 3 月，1989FC 小行星与地球相距不到 69 万英里（110 万公里），这个距离比地球与月球之间的距离的 3 倍略小些。该小行星比伊卡鲁斯小行星略小些，但比通古斯小行星大 1000 倍。如果这颗小行星即便以 7 英里/秒（11 公里/秒）的速度撞击地球（这个速度并不高，大约是子弹射速的 2 倍），就会造成很大的破坏。它会飞快地穿过大气层坠毁，而且在不到 1 秒钟内汽化。爆炸和随后出现的冲击波会将周围 155 英里（250 公里）范围内之上的一切都夷为平地。如果它撞到水面上，就会产生海啸，将全世界的沿海地区都淹没，淹死的人会不计其数，造成数不清的财产损失。

1991 年 1 月中旬，一颗编号为 1991BA 的小行星与地球相距还不到 10.6 万英里（17 万公里）。这个距离还不到地球与月球之间的距离的一半，用天文学上的说法，这颗小行星几乎撞击地球。这颗小行星并不大，它的直径只有 30 英尺（9 米），是当时发现的穿越地球运行轨道的最小的行星。然而，如果这颗小行星以每秒 15 英里 ~ 20 英里的速度撞击地球，或靠近地球时爆炸，其爆炸威力比广岛或长崎上空核爆炸的威力还大，而且很可能摧毁某个城市的绝大部分。

与彗星相撞

小行星并不是太阳系中尺寸很大、对地球造成撞击威胁的唯一天体。彗星，尤其是那些以其椭圆形运行轨道运行穿越绕太阳公转轨道的那些彗星也可能与地球碰撞。我们在《流星雨：陨石降雨般陨落》一文中已谈到这些彗星，这些彗星导致地球每年发生流星雨。

斯威夫特-塔特尔彗星是最近出现动荡的一种特别的彗星，它造成每年 8 月中旬出现的英仙座流星群。该彗星围绕太阳运行，因而每隔一百三十年左右穿过地球的运行轨道。该彗星最近一次穿过地球的运行轨道是在 1992 年，据天体物理学家估计，它将在 2126 年再度出现。早先对它的轨道运动所作的一系列计算促使国际天文学联合会于 1992 年 10 月宣布，2126 年 8 月 14 日该彗星与地球碰撞的概率为万分之一，据认为这类碰撞会造成全球性动荡：广泛的死亡和破坏，文明社会的毁灭。截止 1992 年 12 月初，科学家对已收集到足够的其他数据加以研究来排除这种甚至非常小的可能性。

尽管人们将彗星和小行星看作是独立的实体，但这两者之间仍然有联系。彗星基本上是中心部分为很小的岩石结构的大雪球。当彗星飞近太阳

系内部并围绕太阳运行时，冰块汽化，有些物质消失。在长达数千年，乃至数百万年的漫长岁月里，彗星会失去其所有冰块，变得不再存在。这些彗星由岩石构成的中心会继续在其围绕太阳运行的轨道上运行。据认为，至少有一些穿过地球绕太阳运行轨道的阿波罗小行星是不再存在的彗星的石头结构的残余物。其他则可能是来自设法脱离火星与木星之间的小行星带中的小行星。

阿波罗小行星本身并非永久存在。小行星在穿越地球和其他行星的运行轨道时，它们自身的轨道发生变化，最终它们与这些行星中的一颗发生碰撞。1994年7月16日至22日期间，发生过一次或多次这类碰撞。一颗名叫休梅克-利维9号的彗星的残余物（它已碎成数十个大块与数千个小块）与木星碰撞。这是人类看到的首次这类碰撞。尽管从地球上用一具一般的望远镜就可以看到这次碰撞的结果（对木星这颗大行星根本没有造成任何破坏），然而它所具有的破坏力则远远超过地球上爆炸过的所有核武器。幸亏，休梅克-利维9号彗星选择与木星相遇，而不是选择与地球相遇。

始终保持警觉

据位于美国亚利桑那州塔克森的行星科学研究所的克拉克·查普曼和位于加州的美国航宇局艾姆斯研究中心的戴维·莫里森说，具有全面影响的小行星/彗星猛烈撞击地球的概率大体上为每30万年出现一次。对寿命为75岁的人来说，遇到这类大碰撞的概率为1/4000。查普曼和莫里森还将人遇到小行星/彗星撞击地球的死亡率与美国其他意外死亡原因作比较（详见表2）。

表2 美国的意外死亡概率

死亡原因	概率
汽车事故	1/100
凶杀	1/300
火灾	1/800
轻武器事故	1/2500
触电死亡	1/5000
小行星/彗星	撞击地球 1/20000
客机坠毁	1/20000
洪水	1/30000
飓风	1/60000
毒蚊咬伤或蜇伤	1/100000
焰火事故	1/1000000

出处：《自然》，1994年1月6日

地球与小行星/彗星的碰撞次数当然是统计数字。下一次大碰撞有可能在50万年内或5年内。然而，这使人们确信：在不太遥远的将来（按地质学时标计算），地球与一颗小行星或彗星之间将会发生一次灾难性碰撞。地球上的气候将会发生明显变化，世界的生态平衡将会被永久打乱。地球

上大部分植物与动物的生命将逐渐减少，乃至灭绝。在这类事件发生后一个时期，文明社会本身也许无法生存。要让人们都了解会出现这些严重后果，那么我们准备采取什么措施来防止这类后果呢？

可惜拿不出太多的防范措施。此时此刻，有相当多的人一直在“密切关注”。这些人中有尤金·休梅克和他的妻子卡罗琳；她与戴维·列维是休梅克-列维 9 号彗星的共同发现者，还有一些志愿者。在这些志愿者中，是一个名叫亨利·霍尔特的志愿者首先发现 1989FC 小行星的，而且以亚利桑那大学为基地的小型空间观测计划课题组一直在连续监视天空。1990 年，空间观测课题组在亚利桑那国家观测站的 36 英寸的望远镜上安装了一个灵敏度很高的叫电荷耦合器件的电子探测器。它可以探测到在照相胶片上出现的很暗淡的物体。利用电荷耦合器件增强的仪器可观测直径为 16 英尺（5 米）的小行星（这些这样大小的小行星接近流星体的尺寸。这样大小的界线很模糊）。

到 1993 年 6 月为止，空间观测课题组已识别直径比半个足球场还小的、穿越地球运行轨道的 12 颗小行星；这些小行星仍然能造成重大破坏。他们的观测结果还表明，每年都有很多物体撞击地球；这些物体的爆炸能量都与在广岛/长崎爆炸的原子弹相当。秘密军用卫星收集的数据表明，爆炸次数每年达到 80 次左右（它们一般不引人注意，因为它们在大气层高空爆炸。如果它们的爆炸位置低一点，人类就会遇到很大的麻烦）。

很多天文学家都认为，仅仅用一台灵敏度很高的大型电子望远镜扫描天空以发现穿过地球大气层的小行星还不够。据尤金·休梅克说，在地球周围部署千台这样的装置可发现 10 年内可能给地球带来危险的小行星或彗星中的 90%（美国宇航局的一群科学家们于 1992 年 1 月提出要建立一个名叫空间卫兵观察的预警系统；该预警系统由 6 台大型望远镜组成，可监视闯入星际空间的小行星或彗星，但是他们的提议一直没有得到批准）。一旦发现这些小行星或彗星中的某一颗将向地球飞来，就可以用高能炸药将其引爆，从而使其改变飞行方向或将其炸成碎片。我们已拥有可将它拉离地球的技术。

卓有成效地实现空间观测 10 年计划所需的总费用约为 2000 万美元，就是说每年费用为 200 万美元。这笔费用可以由全世界有关国家分担，因为这个问题是一个全球性的问题。这是一笔很小的费用，在美国宇航局的预算中只是很小的一部分；这笔钱可确保文明社会以及人类社会中的物种的生存。

只要想象一下，如果在 6500 万年以前已实施小行星/彗星撞击地球早期探测与拦截计划（当然，这需要有人始终将其管好），那么在地球上也许还会有活着的恐龙。

（黄海元 译）

寻找杀伤细胞基因

助产士向来都舔舔她们刚接生的新生儿的前额。如果辨出皮肤有咸味，就有理由令人担心，因为经验已表明，这个婴儿会很快生病并死去。因为汗含盐过多就是囊肿性纤维化的症状，这是一种致命的疾病，造成汗腺功能异常，又稠又黏的黏液会堵住肺与消化器官。这种黏液就是细菌的滋生处。为防止肺部受到肺炎等致命感染，每天必须连续重击囊肿性纤维化患者（囊肿性纤维化是一种遗传性胰腺病——译注）数小时，以驱散与去除黏液。囊肿性纤维化病人还必须靠连续口服抗菌素才能活下去。即便十分小心，多数囊肿性纤维化患者还是会死于肺病或心力衰竭，寿命不到30岁。

在80年代初以前，医生们对这种致命疾病折磨病人的机理一无所知。他们只知道膀胱性纤维化在家族中传播。实际上，囊肿性纤维化是在高加索地区的儿童与年轻人中最常见的致命性遗传病，每2500个新生儿中就有1人左右有这种病。很不幸，还有很多其他“遗传性疾病”，这类疾病共有4000种左右。多数遗传性疾病极为隐蔽与罕见，这类疾病的名称稀奇古怪，反映出它们最明显的症状：痴笑木偶综合症患者长期不适当地痴笑与傻笑，其动作像木偶似的。遗传性惊吓综合症患者被人突然触摸或突然听到音响时，其肌肉运动衰弱且强直，难以自制。槭糖尿病患者出现尿异常，癫痫发作与昏迷。莱希-尼享综合症（一种不常见的遗传性男童病症，症状为精神发育延迟、痉挛、自残肢体等——译注）的特点是患者咬唇与咬手指，不由自主地造成唇与手指伤残。然而受这些疾病影响的人还较少，受下述的大家更熟悉的遗传性杀伤细胞致病的患者有数百万人之多。这类遗传病有：血友病、肌肉退化、镰状细胞性贫血、亨廷顿舞蹈病（一种罕见的遗传性疾病，特征为慢性遗传性舞蹈病和精神衰退，最终导致痴呆，一般发病后15年即死亡，由常染色体显性遗传——译注）等。

最理想的情况是，对遗传性疾病所作的医学研究应当能清楚、明确地找出致病的原因，致病原因往往是一种有缺陷的蛋白。而由人体细胞组成的每种蛋白（蛋白有多种）都受到某种特定基因的控制（请参阅《脱氧核糖核酸：生命的阶梯》）。遗传学家通过确定有缺陷蛋白的结构，可将遗传密码（指核苷酸内四种含氮碱基的排列组合——译注）用于破译基因的结构，并最终确定其在染色体上的位置。

遗传学家的最终目标是在完成这类工作的基础上，用一种功能齐全的基因取代有缺陷的基因。在细胞这一最基本的层次上处理（最理想的情况是纠正）遗传性疾病，称作基因疗法。现在，我们利用脱氧核糖核酸的研究成就就有新的希望治好以前医治不好的疾病。

其中，最先取得医疗效果的疾病是镰状细胞性贫血。镰状细胞性贫血患者多见于非洲人，患者严重乏力，而且往往死亡。利用普通显微镜可以清楚地看到血肉红细胞萎陷或镰形化，因而给这种病起了这样一个名称。红细胞镰形化产生很多问题，其中包括贫血、令人非常痛苦的肌肉痉挛、很高的传染病发病率，而且最终损坏人体很多器官。

到1945年，人们确定，红细胞镰形化的原因是血红蛋白有缺陷。血红蛋白可确保红血球向人体全身运送大量的氧。然而，在患有镰状细胞性贫血病人的血液中，血红蛋白出了点毛病，造成分子病态扭曲，血红细胞变

形。

究竟血红蛋白出了什么毛病以至于让科学家们感到吃惊？血红蛋白分子与所有蛋白一样，均由按非常特殊的顺序连成一串的氨基酸长链组成。在镰形细胞中，第 146 号链有 1 个氨基酸不正确。尽管差错并不严重，但足以破坏血红蛋白分子的三维结构。

1978 年，遗传学家运用血红蛋白的氨基酸顺序以及他们对遗传密码的了解，跟踪找到难以捉摸的血红蛋白基因。这是人们首次确定造成基因严重故障的基因。数年后，人们利用这项成就搞了一次镰形细胞性贫血的妊娠试验。现在，人们已对 75 种以上的遗传性疾病作了妊娠试验。

实验发现，血红蛋白所出现的很小差错归因于血红蛋白的基因编码存在甚至更小的差错，即在构成基因的 1720 个碱基中，只有 1 个碱基不正确。很多遗传性疾病的起因是这类 1 个碱基突变或“点”突变。罗伯特·夏皮罗在他撰写的《人的遗传模板》一书中，将遗传性疾病称作“可怕的错误”。

然而，多数遗传性疾病并不像镰状细胞性贫血那样容易服从研究人员的意志。造成大量遗传性疾病的有缺陷的蛋白很难分离（如果说不是无法分离的话）。好在科学家可以另辟蹊径，利用这些疾病的遗传性质，首先找出并确定有缺陷的基因（这是问题的症结），然后，再回过头来找出是哪一种蛋白生成遗传材料。

当然，这种“逆向遗传学”方法并不像听起来那样简单。人体基因中有大量脱氧核糖核酸供大量信息编码使用。如果将人体遗传密码各字母录下来编成册，可成为 5000 本平装密码登记本。更糟糕的是，如果不利用功率最大的显微镜（指扫描隧道电子显微镜）就看不到脱氧核糖核酸的细节。当然，不可能将脱氧核糖核酸分子的单个碱基加以辨别（请参阅《脱氧核糖核酸：生命的阶梯》）。通过人体的基因组（所有的遗传物质）进行组合以发现特定的基因就好比将眼睛蒙住……在一个放满书的小图书馆里去找一句特定的句子。

那么，应从何处着手呢？有时，可归结为搜索特定的染色体。染色体为在各细胞的胞核中存在的类似蚯蚓形状的结构（这里不含红血球，因为红血球没有细胞核）。人体有 23 对染色体，这些染色体具有人体的 10 万对基因。22 对基因具有看上去有十分相似的两个染色体，它们是常染色体。第 23 对染色体，即性染色体决定性别。男性有两种不同的性染色体，即 X 性染色体与 Y 性染色体。女性具有两个形态相同的 X 性染色体。

然而，某些基因具有的某些特性可直接归因于 X 染色体（Y 染色体很小，其具有的基因几乎没有什么特性；其中一种特性是耳朵多毛）。这些特性是性连锁特性，很容易识别；这些特性主要见于男性。1911 年发现的首例红-绿色盲归因于 X 染色体的性连锁特性。凡是有一个 X 染色体包含能造成色盲的基因的男性都必然是色盲患者，而女性则受到保护。患这类病的女性，其 X 染色体必然都具有异常基因。再举一个例子，秃发是无害的性连锁特性；而血友病与肌肉营养不良也是性连锁特性，但对人体有危害。

肌肉营养不良

肌肉营养不良是一种很可怕的人体肌肉衰退的伤残疾病。患者心肌或呼吸肌严重衰退，失去功能，大多到 20 岁即可能死亡。性连锁（在遗传学

中，连锁指等位基因存在于同一染色体上——译注）可正确地确定，造成肌肉营养不良的基因归因于一种特定的染色体。然而，X 染色体仍然具有 1.66 亿个碱基对（由氢键结合起来的成对，即鸟嘌呤和胞嘧啶与腺嘌呤和胸腺嘧啶中任何一对嘌呤和嘧啶的配对组成脱氧核糖核酸，在组成核糖核酸时，尿嘧啶代替胸腺嘧啶——译注），并具有数千个基因。那么肌肉营养不良基因是在脱氧核糖核酸螺旋线上什么部位呢？寻找这种基因就好比只知道特定住宅所在的城市而要将该住宅找出来。

有一个从华盛顿的斯玻坎收养的名为布鲁斯·布赖的孩子曾得到肌肉营养不良研究人员的帮助。布鲁斯生下来就患有破坏性很大的 X 染色体三重疾病，其中一种疾病就是肌肉营养不良。只要对布鲁斯的白血球作简单的显微镜检查即可发现，其中有一块很小的 X 染色体已失踪。寻找特定的住宅这项工作现在缩小到只需要查找该城市的十来个街区。

为了了解怎样继续进行这项查找工作，必须了解脱氧核糖核酸，这是组成人体基因的材料。我们在《脱氧核糖核酸：生命的阶梯》一文中已谈到，脱氧核糖核酸是一个双股分子。两股通过各自的碱基顺序的配对与键合沿着自身的长度结合在一起。可见，这两股的顺序并非是随意的。一股的顺序决定了另一股的顺序，因为一股上的 A 碱基只能与另一股上的 T 碱基配对，一股上的 C 碱基只能与另一股上的 G 碱基配对。因此，如果一股的顺序为 ATACCGT，则邻近的（互补的）一股必须是 TATGGCA。

而碱基配对都具有这种选择性，因而科学家才得以找到一种杀伤细胞基因。寻找这种基因的主角是很小的单股脱氧核糖核酸（通常是全长十来个碱基的一对），名叫探针；现在已确定其在染色体上的行踪。探针具有单股性，因而可以与具有一互补碱基对顺序的任何其他单股脱氧核糖核酸键合。互补的两股的这种键合叫杂交。探针在与从所研究的一种染色体上取下的很多不同的单股脱氧核糖核酸分段混合时，极其精确地发现其配偶，并与之杂交，真是不可思议。在采用所谓的凝胶电泳法时，电流促使脱氧核糖核酸分段移动，再用一块明胶将其分开。接着用经过处理而具有放射性或能发荧光的探针洗涤已分开的脱氧核糖核酸分段。在经过杂交之后，就很容易确定已加好标签的探针。利用探针就可以将脱氧核糖核酸某特定的一段在染色体的同一部位上确定下来（见图 1）。

遗传学家采用这种得力的研究手段着手寻找肌肉营养不良基因。到 70 年代，已经有了很多取自一个染色体的探针。将这些探针放在细菌的脱氧核糖核酸内，与细菌性脱氧核糖核酸一起复制。

遗传学家们采用从健康人体上取下的探针，对很多肌肉营养不良的患者的脱氧核糖核酸分段进行杂交试验。如果发现一种与肌肉营养不良脱氧核糖核酸杂交不了的探针，遗传学家们就会知道，这段脱氧核糖核酸在肌肉营养不良患者身上已有了变化。遗传学家们会证明这种变化有望成为肌肉营养不良基因的一种突变（这种基因是致病基因）。

哈佛医学院的路易斯·孔克尔与安东尼·莫纳科最后将一种与很多脱氧核糖核酸样品杂交不了的探针分离出来。这是很小的遗传物质（其全长为 200 个碱基），而且是肌肉营养不良基因的一部分，很小的一部分。到 1985 年，发现了扩展为 250 万碱基对的很大一段脱氧核糖核酸，具有这样数量庞大的碱基对，真叫人难以置信。

最后一步是用基因的脱氧核糖核酸顺序来确定它所生成的蛋白。这又

谈何容易。尽管基因特别长，但是其中已给必要的肌肉蛋白编码的还不到1%。其余基因为“废弃”顺序叫基因内区。尽管这样，到1988年春天，孔克尔的课题组获得了一种造成肌肉营养不良的基因。这个课题组将这种基因称作营养不良酶。半年后注射营养不良酶纠正了一只小鼠的肌肉营养不良变体。至此，寻求基因工作告一段落。再也用不着找猎犬了……我是说再也不用找探子了。

囊肿性纤维化

我们再来看看含盐皮肤疾病。研究囊肿性纤维化的研究人员并不像寻找肌肉营养不良基因的研究人员那样走运。囊肿性纤维化不属于性连锁，因而不能很容易地指定一种特定的染色体。人们也找不到一个像布鲁斯·布赖那样的、在显微镜观察中能见到染色体异常的患者来缩小基因寻找范围。因而，我们又该从哪儿着手呢？

最初，我们可设法找到囊肿性纤维化与其基因已查明在某种特定的染色体上的其他特性之间的连锁。早在20世纪初，托马斯·亨特·摩根(1866—1945，美国胚胎学家、遗传学家，因建立遗传的染色体学说获1933年诺贝尔奖金——译注)就是用这种方法画出数十个果蝇基因的基因图的(显示基因在同一染色体上的直线排列——译注)。他寻找一起遗传下来的成对特性，推断出这些成对特性必然实际上连在同一染色体上。摩根通过指出已发生多少次杂交(指基因在同源染色体间杂交，见《脱氧核糖核酸：生命的阶梯》——译注)来确定基因在染色体上的相对位置。用来确定其未知基因的已知基因叫标记(用以研究群体中基因的分布和连锁分析——译注)。

摩根之所以成功是因为他能够将数千个果蝇在很多很多代上有选择地进行交配。然而，对人不可能这样做，因而遗传学家们寻求人的有缺陷的基因就是个大问题。他们能期待的最好办法是找到这种病的发病率很高的同系交配大群体，这并不意味着要找到一般说来十分罕见的疾病。一旦发现试验对象，需要在尽可能多的家族世系图的很多代中坚持采用一种遗传标记，以期发现与这种疾病连锁的一种特性。只要将标记图画出来，任何标记都可以做到这一点。问题在于画出来的标记图目前尚不尽人意。

到80年代初，囊肿性纤维化研究人员发现该领域的研究现状令人不安。他们对囊肿性纤维化基因在什么染色体上仍然一无所知。这并不是因为缺少尝试，说得更确切些从那时起情况开始突然变化，人体的遗传学研究工作突然好转。简言之，其原因可概括为发现了限制性内切酶。这种酶是1970年发现的，在寻找杀伤细胞基因中显示出极有价值。

在细菌中自然出现限制性内切酶，将它们用于断开侵袭人体的病毒性脱氧核糖核酸。人体中的限制性内切酶的功能就是断开脱氧核糖核酸。它犹如分子剪，将长股的脱氧核糖核酸剪成小段。但是，并非随机或随意剪短脱氧核糖核酸。特定的限制酶仅仅辨认与断开位于特定的碱基对顺序的部位上的脱氧核糖核酸(限制性内切酶断开双股脱氧核糖核酸)。限制性内切酶就是这样有选择地断开脱氧核糖核酸，因而它们在生成借以画出未知基因图的遗传新标记中极有价值。为了了解这些脱氧核糖核酸断开手段是怎样让遗传学家从中受益的，让我们打一个比方：一句句子代表一段脱

氧核糖核酸，而其字母代表各个碱基（在双股脱氧核糖核酸中则为碱基对）。这句子是“Suzy sells seashells”，我们将所有字母改为大写，并将词间的空间省略，以便这个例子更清楚：

SUZYSELLSSEASHELLS

这里，我们讲一下限制性内切酶。这种酶只辨别 ELLS 顺序，总是将 E 与 L 之间的脱氧核糖核酸断开。在限制性内切酶完成这一功能后，将上述顺序断为：

由限制酶断开 由限制酶断开

SUZYSE LLSSEASHE LLS

分别生成各有 6 个、9 个和 3 个碱基的较小分段。我们来看一下拼写错误，即脱氧核糖核酸中的突变。在脱氧核糖核酸的复制过程中，A 错误地取代了 SELLS 中的 E。这句子写成：

SUZYSALLSSEASHELLS

在这个发生突变的脱氧核糖核酸中加进限制性内切酶则得出下述结果：

由限制酶断开

SUZYSALLSSEASHE LLS

你们可以清楚地看到，只生成两个分段，长度分别为 15 个碱基与 3 个碱基。在脱氧核糖核酸中 1 个碱基对有 1 个错误则可形成明显不同的分段。脱氧核糖核酸的任何差异或变化称作多态现象（在一个群体中长期存在着两种或两种以上的基因型的现象——译注）。棕色眼睛与蓝眼睛是眼睛颜色基因的两种多态现象。血型 A、B、O 是某种特定血蛋白基因的 3 种多态现象。限制性内切酶分解某个脱氧核糖核酸分段的两种变异的差异称作限制分段长度多态现象。遗传学家们往往将组成这个名词的一长串拼写简称为 riflips，而且这种多态现象在人体基因组中到处都可以形成。

随着人们发现越来越多的限制性内切酶，限制分段长度多态现象犹如天赐食物一样开始向遗传学家大量涌来。它们不愧为天赐之物，基因组中的无害的改变十分醒目。只要在由白细胞提取的脱氧核糖核酸中施加限制性内切酶就可以逐代得到限制分段长度多态现象。

1985 年，崔拉奇运用这些限制分段长度多态现象以及从多伦多医院对红细胞镰形化囊肿性纤维化病人的大量取样，将囊肿性纤维化基因定为 7 号染色体。采用更多更好的限制分段长度多态现象作连锁的进一步研究，捕获了相隔 160 万碱基对的两个标记之间的基因。最后，到 1989 年夏末，崔先生等人获得了他们想要的基因。尽管这一基因还没有肌肉营养不良基因那么大，然而结果仍然证明相当大：它具有 27 个分离的蛋白编码脱氧核糖核酸分段；这些分段叫编码顺序，供 1480 个氨基酸的产物编码使用。基因、间断和所有一切都计算在内的总长度为 25 万碱基对。

找出可怕的错误已经给数十万遗传病患者带来新希望。1990 年，发现了象皮病的基因。到 1993 年 3 月，随着新基因的发现，在基因疾病名单上多了一种疾病，叫卢格里克疾病（抗淋巴细胞血清）。1 个月后，据称经过 10 年努力，成功地找到了伍迪·格思里杀伤细胞、亨廷顿舞蹈病的基因。1994 年 9 月这个月显得特别好：遗传学家们宣布已识别了胰岛素依赖

性糖尿病与一种造成遗传性乳腺癌的基因。随着继续发现杀伤细胞基因，成功地发现其他疾病的事例一再出现。然而这类事例不是以绘制基因的碱基顺序图并将这种顺序确定下来而告终的。最后，还必须发现疾病的疗法，即必须运用基因疗法。

基因疗法

中国有句古话：“授之于鱼，不如授之于渔。”遗传学家们在处理遗传性疾病时也在寻求让病人终生受益的疗法。给肌肉营养不良患者注射营养不良酶或给血友病患者注射血栓因子，能给患者带来数天的医疗效果。修复遗传编码错误，可使患者完全治愈。基因疗法是将患者完全治愈的疗法。

基因疗法的目标非常简单易行：将有缺陷基因的正确变体放入遗传性疾病患者的细胞中。首先在一个名叫琳达的4岁小女孩身上作试验。她患有腺苷脱氨酶缺陷，这是一种极为罕见的遗传性免疫缺陷。美国只有50人左右有这种病，其病因是有缺陷的基因无法生成重要的酶，使得名叫T白血球细胞的免疫系统无法消除患者体内的某种毒素，患者完全自毁。曾在1976年的一部名叫《塑料泡中的孩子》的电影中出任主角约翰·特拉沃尔塔的戴维也患有这种病。

1990年9月14日开始对琳达实施基因疗法，然而这是搞了多年研究之后才做到这一点的。早在1983年，就已经将造成腺苷脱氨酶缺陷的基因分离出来。采用限制性内切酶这种用来切断限制性片段长度多态现象的不可思议的切断工具，从人的脱氧核糖核酸中移接正常的腺苷脱氨酶缺陷基因（这种基因产生重要的酶），并变为细菌性脱氧核糖核酸。随着细菌的繁殖，在每次细胞分裂时复制它们的脱氧核糖核酸，也可以复制数千份腺苷脱氨酶基因。这叫做基因的克隆。

如果将已产生的足够数量的腺苷脱氨酶基因克隆出来，那么就可以找一种既安全又可靠的方法向人体的细胞提供基因。我们来看看病毒。病毒是由蛋白壳和壳内的脱氧核糖核酸（或核糖核酸）组成的一种很小的传染性粒子。鉴于基因是病毒的传染方式，那么是什么因素让病毒成为十分合适的媒介或媒介物的？病毒直接进入细胞，并利用细胞的机构生成更多的病毒蛋白和脱氧核糖核酸。某些病毒（例如逆转录酶病毒——一种致肿瘤病毒——译注）甚至将其自身的遗传物质与其宿主细胞的遗传物质合并，与其一起复制。

在控制逆转录酶病毒的基础上，利用限制性内切酶将正常的腺苷脱氨酶基因植入病毒基因组。

我们回过头来看看琳达和1990年9月14日那一天。在美国马里兰州贝塞斯达的美国国家卫生研究所，肯尼思·卡尔弗、R·迈克尔·布莱埃斯与W·弗伦奇·安德森将琳达与1台去除她身上的白血球细胞的机器相接。把这些细胞与已改变的逆转录酶病毒一起放在培养皿中使其发育。将她的白血球细胞繁殖10天，很有希望始终与正常的腺苷脱氨酶基因一起植入。最后，琳达回到该医院，在一次不到1小时的操作过程中，通过静脉将她的经过孵育的白血球细胞注入她的身体。

数周内，琳达的免疫系统明显改进。她的T细胞数明显上升，她对旨

在引起免疫反应的皮试呈阳性反应。她甚至长出了扁桃体（她天生缺少扁桃体），这是白血球细胞的存储处。但白血球只能生存数个月，然后又呈下降趋势，因此，琳达必须每隔6周~8周注射一次。

此后，医生们对长寿命骨髓细胞作类似的基因治疗；这种细胞叫干细胞，是制造白细胞的（参阅《人体的免疫系统》）。在1个有免疫缺陷的新生儿中，从该婴儿的脐带中重新得到干细胞；在脐带中，这些稀有的细胞很多。如果经过改变的干细胞能产生正常的T白细胞，那么就可以实现对腺苷脱氨酶缺陷这种致命的遗传性疾病的终生治疗。

然而，致命的囊肿性纤维化又怎样呢？基因疗法怎样治疗这种疾病？1993年4月18日，仍然是位于贝塞斯达的美国国家卫生研究所的肺专家罗恩·克里斯特尔将一根名叫支气管镜的软管通过喉头蜿蜒地置于囊肿性纤维化患者的体内。然而将一种聚藏囊肿性纤维化基因的正常变体的普通感冒病毒滴入患者肺中。这些病毒粒子将有希望侵袭呼吸系统细胞，并实现脱氧核糖核酸的持久治疗。迄今为止，这方面的研究成果似乎很有希望。

（董福海 译）

火星，我的第二家园

第一部分

1976年夏天，美国的“海盗1号”与“海盗2号”两艘航天器在火星上着陆。科学家们舀起火星上的土壤，发现这种土壤主要由硅和铁与氧化合而成（实际上，是铁与氧的化合物即铁锈使火星外观呈血红色）。科学家们详细地研究了火星土壤，找不到能证明生命存在的证据，更不用说生命赖以存在的有机化合物了。他们还对火星上的空气进行了研究，发现这种空气的主要成分是二氧化碳（占95%）、氮（占2.7%）和氩（占1.6%），这是不宜呼吸的气体混合物。他们还发现，火星的空气十分稀薄，致使人体血液汽化（相当于地球海拔20英里，即32公里处的大气压，而珠穆朗玛峰的山巅海拔不到6英里，即不到10公里）。他们仰视天空，发现天空为浅橙色，而不是粉蓝色。他们环顾四周，发现那儿的火山像蒙大那火山那样高，峡谷有美国大峡谷那样长，而其深度为美国大峡谷的4倍。他们寻找流动的水，结果是一滴水也没找着。他们携带的温度计显示那儿的平均温度约为零下76°F（零下60℃），比地球上任何地方都冷。

自从“海盗”号航天器登上火星以来，人类再也没有在火星土地上留下机器人的足迹。1988年，前苏联曾向火星发射“火卫一”与“火卫二”两艘宇宙飞船，但其结果令人失望。一艘宇宙飞船未能飞抵火星，另一艘则未能在火星上着陆。1992年，美国发射了一艘航天器，名叫“火星观测者”；尽管它飞抵火星，但后来却与地球中断了无线电联系。自从1976年登上火星以来的18年间，可以肯定情况基本上没有变化。火星是根本不适合人类居住的星球。然而，火星犹如塞壬（半人半鸟的女海妖，以美妙歌声诱惑过往海员，使驶近的船只触礁沉没——译注），对人类具有诱惑力。远在古代，人类就对火星着了迷。火星就是用罗马神话中的战神命名的，主要原因是那时人们认为这个星球呈现的浅红色是火星上的勇士流的血。1877年，意大利天文学家乔瓦尼·西巴莱里从望远镜中看到火星表面有很多纵横交错的规则的运河。科学家们曾经推测，这些运河或水路是由火星上具有高度智慧的一种物种，即文明世界建造的。这种想法流传很广，有这种想法的美国的主要代表人物是天文学家珀西瓦尔·洛瓦尔，这种想法一直持续到20世纪。

现在，众所周知，这些痕迹并不是具有高度智慧的火星建造工作的业绩，而是火星表面上一度流过的河流的天然雕刻品。远古时期，火星比现在要潮湿、温暖得多，气体也多得多。科学家们认为，火星上很可能曾经温暖、潮湿并充满气体，足以支持生命。如果是这样，那么火星上究竟发生过什么而地球未发生的变迁从而使火星今非昔比？我们能否将这一过程逆转，让火星再度成为适合人类生活的星球？这一逆转过程能作出什么技术上和生态上的奇迹，来使火星这颗按离太阳远近的次序计为第四颗的行星成为人类的第二家园？

什么环节出了毛病

大气是关键。火星在其生成后10亿年至20亿年期间大气消失了。而

地球则不然。在火星与地球中，它们的大气的主要成分是二氧化碳气体，而其成因是火山爆发；流星在大气层中汽化或与行星碰撞时汽化，将行星地壳的多孔岩石中所吸收的气体释放出来（这个过程称作从行星内部释放出气态物质）。这些自然过程在行星早期发展阶段中向地球和火星提供大量大气（参阅：《地球：不需要空气面罩》）。而在这一过程中，二氧化碳大气则吸收太阳热，这个过程叫温室效应（地球大气吸收太阳热的一种效应，大气起着温室一样的作用——译注）。由于温室效应，这两颗行星将流动的水加热，并让其像雨一样降下，然后再被蒸发。火星将液态水加热则更难些，因为火星与太阳的间隔距离是地球与太阳的间隔距离的 1 倍半，然而这并不是主要问题。火星上还有别的环节出了毛病。

问题的症结在于火星的大小。火星比地球小得多：火星的直径还不到地球直径的一半，火星的质量只有地球质量的十分之一。火星表面上的重力只有地球表面上的 38%。也就是说，地球上体重为 100 磅的人，在火星上体重只有 38 磅，在那儿，被大力击出的高尔夫球可飞出半英里（好在火星上没有湖和水塘，要不然我还得找一个高尔夫球）。火星上重力小，因而较轻的气体分子在长达数十亿年的岁月里，漏失在空间中了。

然而，气体漏失在空间中并不是主要问题。二氧化碳是相当重的气体分子，而且其漏失并非容易。然而，行星大小则在另一方面起作用。因为火星直径小，重力也小，因而其内部压力或地表下的热量都没有地球那样高。地球内部的压力与热量造成大块地壳（即地块）运动。这种运动称作地壳构造运动，它造成陆地运动或陆地移动。据认为，火星上没有可观的地壳构造运动。为此，火星失去它的大气层。

地壳构造运动与大气层之间的联系令人感兴趣。然而，在我们谈到这种联系在地球上的所产生的作用的时候，不能不说到这种联系在火星上不顶用。

二氧化碳会在一定程度上分解为液态的水，生成一种弱酸，叫碳酸。而这种物质与地壳物质化合生成石灰岩等碳酸盐。在火星上生成碳酸盐则实际上使二氧化碳从大气中漏出。在长达数百万年，乃至数十亿年的漫长岁月里，火星上的大气减到只有地球上的 1% 以下（确切数字为 0.8%）。因为火星的直径小，因而其中心比地球中心冷却得快，致使火山停止活动，要不然火山活动多少会充斥大气层。

火星不拥有十分好的大气层，于是变得又冷又干燥。液态水汽化（大气压很低，会使水在低温下汽化），接着由气体直接凝固（在地球高层大气中，由气体直接形成雪）。在火星表面下面吸收的水结冻。现在，人们认为火星上大部分的水存在于火星表面以下的永久冻土的固态层以及火星的极地冰冠（它以冻结的二氧化碳为主要成分）之中。实际上，在火星大气层压力的作用下，水无法作为液体存在。绝不可能有流动的河湖水流拍打铁锈般的河岸。到了夏令时节，随着火星上的水冰变热，它由固态直接变为气态（这个过程叫升华）。

然而，在地球上，地壳构造运动非常重要。随着地球的地壳板块运动与移动，各板块的边缘往往互相挤压，一块板块被推到另一块板块的下面，这种活动称作潜没。受到下压作用的岩块慢慢变热。这种热量促使岩石中的碳酸盐释放二氧化碳。二氧化碳气体最终渗透到地球表面，并充满大气层。火山活动同样使大气层继续增加气体（见图 1）。因此，地球保持温

暖，气压仍然很高，液态水继续流动，生命不断进化。

火星上的生命是否有机会进化？这是一个令人深思的问题。大约在 38 亿年至 40 亿年前，地球上首次出现生命。而那时，火星上很有可能仍然充满气体和水。很可能在火星上的情况尚未发展到对生命进化十分不利时，火星上确实发生过微生物生命进化。因此，这种生命的记录有可能隐藏在火星表面下的永久冻土或岩石层中。大概不会出现这样的可能性：这种生命已在火星这种对生命进化十分不利的环境下生存下来，并继续存在，在永久冻土下十分顽强地坚持下来；而在永久冻土中，环境可能较温暖，而且蓄积着到处飞溅的液态水（生命离不开液态水，参阅《奇妙的水分子》），来自太阳的紫外线尽管很强，而火星十分稀薄的大气层即便过滤不了，也不可能穿过永久冻土以至于摧毁那儿的生命。若单就低温和没有液态水而言，南极洲的部分环境与火星上的环境相似，因而，某种简单形式的生命则有可能在那儿生存下来。

明确地回答这些问题的唯一办法是回到火星上来，并全面寻找生命或已成为化石的生命。

寻找生命

我们已打算寻找生命。事实上，我们本来就应当做这件工作。美国宇航局的航天器“火星观测者”（前面已谈到）于 1993 年 8 月 24 日飞近火星，并绕过火星进入轨道，准备大显身手。接着，我们与“火星观测者”失去联系，真叫人不可思议，此后该航天器杳无音信。

从那时起，俄国将飞往火星这个球接了过来。俄国人已拥有由轨道飞行器、着陆舱和着陆车组成的一组航天器，准备在火星'94 和火星'96 两项计划中降临火星进行探测。这是一项包括美国与欧盟在内的广泛的探测工作。

火星'94

这项任务定于 1994 年 9 月实施，届时将向火星发射一艘航天器；该航天器将在发射后 11 个月，即 1995 年 8 月飞近火星。该航天器的硬件包括两个着陆舱和两个能钻进火星地表下的飞行器。它们犹如长矛，以每小时 300 英里（每小时 480 公里）以上的速度钻进火星地表下面。这些装置将分析火星地表下面的土壤，记录地震活动，进行天气测量。着陆舱将研究土壤，很可能是为了了解维持生命所必不可少的有机化合物以及使火星成为铁锈色的化学物质。还将拍摄火星的空中照片。

火星'96

这项研究计划的内容超过了火星'94。这次发射定于 1996 年 10 月进行，估计到达时间为 1997 年 9 月。这次航天任务包括发射一个大型轨道飞行器，以部署 1 辆着陆车和 1 个气球探测器（气球探测器是法、美联合资助的项目）。该着陆车将在火星表面上走动，研究很大一个区域的土壤与

地质情况。它可以包括 1 台或多台小型着陆车，以便到达主着陆车无法到达的小地方。火星由白昼转为黑夜（其周期与地球上的一样，也为 24 小时），火星表面的温度也由高变低，其时气球便会随之在大气层中由升起变为降落。气球将进行天气测量，从空中拍摄火星表面的图像。蛇形导索是一根从气球上垂下的很长的导索，其端部装有一些仪器，可分析火星表面和火星表面以下的土层。火星 '96 的全部计划尚未完成。然而，这些努力应包括搜索火星上的生命。

美国的工作

近来(截至 1994 年 2 月),美国单独搞一项自身的计划进行火星探索。在总统比尔·克林顿的支持下,美国宇航局正在制订一项切实可行的 10 年计划,并且已收到资助这项 10 年计划的启动费,以研究火星的大气层、土壤、气候和地貌。这项工作定于 1996 年 11 月开始,届时发射的 2 艘小型航天器要花费 10 个月的时间到达它们的目的地。其中,“火星观测者”航天器将绕火星轨道运行两年,拍摄火星照片,收集天气数据。另一艘名叫“探路者”的航天器会将一辆着陆车在火星上软着陆,以便连续 30 天研究那儿的地形。

另一组轨道飞行器和着陆舱定于 1998 年与 2001 年发射,发射所选日期将充分利用火星与地球之间的距离变得最近(每 26 个月出现一次)的一次机会。2001 年以后的航天器发射计划尚未确定。美国宇航局希望在航天发射计划中能利用机器人来采集火星的岩石、土壤和空气样品,并将其送回地球。

然而,在俄美的航天计划中,都不打算将人送上火星。到目前为止,将人送上天这一壮举——这一壮举也已完成——是否只停留在绕地球运行的月球上?再者,一旦到了火星上,人类能否将火星变为拥有可供人类进行呼吸的氧气和具有可饮用水的星球。人类能否将火星变为我们的第二家园?无论是否认为这会成为事实,反正认真的科学家都在认真思考这个问题。

到火星上去

我们可以考虑改造火星,而在这之前,我们必须到火星上去。只是让火星的大气层飘着气球,让着陆车在火星多尘的表面上活动,让钻地器钻入火星铁锈般的岩石与土壤,是完成不了将火星变为人类的第二家园的这一壮举的。我们必须进行火星载人飞行;从地球飞往火星比飞往月球远 200 倍。

关于怎样到火星上去有多种思路。据估计,向火星发射航天器,在火星上着陆,再向地球发射该航天器,并在地球上着陆,总共需要 100 吨燃料(因为最初向火星的移民不会永久留在火星上)。这样多的燃料太重。为了减少燃料需用量,科学家们已考虑在绕地球运行的空间站上建造航天器,例如,耗资 300 亿~400 亿美元定于 1999 年完成的“自由”号空间站。从空间站向火星发射航天器并使之在火星上着陆,因为不需要克服地球的重力,因而所需燃料少得多。

问题在于，尤其从目前的经济状况看，空间站的前途尚不明朗。克林顿总统已催促美国宇航局设计出一种比最初提出的“自由”号空间站还小、还要节省开支的空间站。俄国人已拥有“和平”号空间站；该空间站自1986年2月以来投入使用，然而能否将该空间站用于建造一艘由地球飞向火星的航天器，再者俄罗斯人是否有能力对其加以改进，这些都是回答不了的问题。

现在正在探索一项新技术，以减少该航天器在火星上着陆时所需的燃料量，这项技术叫航空捕获技术（指进入火星引力场——译注）。飞近某行星的航天器一般都利用火箭动力来减速，并被该行星捕获，最后建立绕该行星运行的轨道。这种减速制动消耗大量燃料。在航空捕捉技术中，要求被发射的航天器接近，并必须飞越火星而进入空间。火星的重力会使该航天器进入非封闭曲线轨道和围绕火星飞行的闭合轨道，不必制动该航天器，因而可节省大量燃料。

也许，最好的技术称作火星直快。它还不能说是新技术，只是一种新思路：用火星上的资源来完成任务。如果我们希望今后向火星移民，必须所有层次都认真对待这个问题。我们毕竟不能用我们的航天器将水组成的海洋或可呼吸的大气层带到火星上去。

在马丁·玛丽埃塔公司天文学部的罗伯特·朱柏林所提出的火星直达计划中（这家公司曾建造第一个“海盗”号着陆舱和“火星观测者”号），向火星发射的航天器除了拥有着手移民所需的设备外，还带有数吨液氢。让液氢与火星大气层中的二氧化碳化合（请记住，那儿二氧化碳占95%），生成甲烷（ CH_4 ）与水蒸气（ H_2O ）。甲烷是一种天然气，人们将它用于做饭和家庭取暖。它是一种燃料，可注入火箭的燃料箱，用来将宇航员送回地球。然而，甲烷需要氧气（ O_2 ）才能燃烧。利用电将生成的水分离可得到氧气。将氢这一副产品再循环让其参与反应（详见图2所示化学反应全过程）。

可是，当人类到了火星上又会发生什么呢？人类怎样着手改造火星，将其从一个寒冷、干燥、铁锈般的、几乎没有空气的尘埃弥漫的星球变为温暖、潮湿、充满生命的星球？请听下一章分解。

第二部分

1990年，乔治·布什总统保证，到2019年让人类的足迹踏上火星那铁锈般的土地。但是，让人类的足迹踏上火星要花费将近5000亿美元，由于经济衰退以及总的说来宇宙空间探索规模趋于缩小，布什总统的诺言已徒有其名。让我们想象一下，人类将他们的努力与技术放到向火星移民，并将火星改造为人类的第二家园（将火星或任何其他星体改造为地球那样的星体的过程叫作营造地球）。

尽管行星科学家们对具体策略的看法有所不同，但营造地球所用的方法总的说来大同小异。美国宇航局艾姆斯研究中心的行星科学家克里斯托弗·麦凯和大气科学家欧文·图恩以及宾州大学的大气科学家詹姆斯·卡斯汀作了将火星改造为地球的综合研究。下面将分3个阶段介绍营造地球的整个过程，基本上都是引用他们的研究成果。

第一阶段 在火星上设营（2010 年至 2030 年）

这个阶段的起始日期因空间研究重点不同而有很大差异，从技术角度看，这个阶段可能从 2010 年开始。这个阶段包括让首批人类登上火星，这些人当然要穿上宇航服。火星可不是适合生物生存的星球。火星的温度为零下 108 °F（零下 60 °C）；火星的大气层几乎不存在，那儿的压力可使人的耳膜破裂，血液沸腾；火星上的太阳辐射可让暴露在它下面的人数分钟内死亡。那儿没有饮用水或可呼吸的氧气。首批到达火星的移民必须在预先造好的生物圈或“透明圆室”中生活；这些设施也许每个可供十来人生活，并按生态自给或物质再循环的原则工作（很像亚利桑那州的 2 号生物圈多年来所做的工作，这项工作取得一定程度的成功）。移民们也许不是诗人或政治家……甚至连律师都不是！他们是各个不同领域的科学家，其中有生物学家、化学家、地质学家、工程师、技术人员、医务人员……他们的任务是进行火星探索；研究火星表面和地表下的物质，大气层、气候、辐射、磁场；照管生病的移民；维修无法使用的仪器；利用无线电设备与透明圆室外进行通信联络。这个阶段所需的费用估计为 4000 亿美元左右，这比美国人同一时期在熏红肠、比萨饼或有线电视上所花的钱少得多。

然而，第一阶段并不是营造地球阶段。在透明圆室中穿着宇航服生活是创造不了一个新世界的；这是旧瓶装新醋。

第二阶段 火星升温（2030 年至 2130 年）

一言以蔽之，火星太寒冷而且几乎没有大气层，以至维持不了生命。火星升温方面的部分问题是，火星离太阳的距离是地球离太阳的距离的 1.52 倍，它得到的阳光只有地球得到的阳光的 43%。一般说来，火星升温 and 保温比地球难。然而，行星科学家认为，可以对火星进行升温 and 保温。答案就在于给火星提供一个大气层。就像在寒冷的冬夜睡觉时，我们在身上盖了毯子来保温一样，大气层对行星也起到这种作用。这就是温室效应。但火星实际上根本就没有可供升温与保温的毯子，怎么办？科学家们打算在第二阶段，给火星准备一条“毯子”；这条毯子可将火星的温度从零下 76 °F（零下 60 °C）提高到冰点以上。

人们提出了大量方法，其中包括向死火山投放核弹，触发火山爆发，释放大量的二氧化碳气体和水蒸气。下面介绍最可行的一些方法：

1. 从在火星上设置的化工厂中生产能产生温室效应气体，并将这些气体注入大气层。在效能最好的温室效应气体中有含氯氟烃。这是在诸如氟利昂等致冷剂中用过的气体和和气溶胶推进剂中一度也采用过的气体。在地球上，这些气体在高层大气中分解，并破坏重要的臭氧层，因此现在限制这些气体的使用。在火星上根本不存在臭氧层，而且我们主要关心的是

2 号生物圈于 1991 年 9 月 26 日开始使用。它是一个假定能自给自足的、密封起来的、足足有 3.15 英亩的由玻璃与钢组成的场地。将它建成一个小地球，那儿有小型海洋、沙漠、雨林、草地和将近 3800 种动植物物种（包括 4 男 4 女，这 8 个人在那里生活了两年）。这期间，在维持其中的大气方面，以及作物生长方面存在严重问题（必须泵入氧气以补充 2 号生物圈中的氧气）。必须将该生物圈打开数次，以送进供给品。

让火星升温。天文学家们认为，火星的土地上蕴藏着大量的含氯氟烃的标准块，例如氯、氟、碳与氢——而且，化学家们在将这些标准块组合在一起而建成含氯氟烃的大储备库方面不应当有任何困难。据大气科学家欧文·图恩说：“我们所作的估计说明，开始将火星上的环境升温每年所需的含氯氟烃并不比地球每年的含氯氟烃的产量（数百万吨）多多少”。问题在于太阳产生的紫外线辐射可相当迅速地破坏含氯氟烃。营造地球工作者所面临的挑战是将防紫外线辐射的含氯氟烃分子组合在一起。

2. 在极地冰冠上喷撒一种深色物质。深色物质吸收红外辐射或吸热的效果比浅色物质好（冬天穿深色服装，夏天穿浅色服装的道理就在这里）。它们可将主要成分是二氧化碳与水的极地冰冠升温。极地冰冠升温可使冰由固态汽化（升华），并给大气层增加含氯氟烃。二氧化碳气体和水蒸气也是强效的温室效应气体（水蒸气实际上是地球大气层最重要的温室效应气体）。

可以从火星的2颗小卫星火卫一和火卫二上（它们是太阳系中最暗和最无反射的物体）提取深色物质。

3. 在火星的两极上悬置聚酯薄膜大型聚光镜（其直径为数英里），以便在极地冰冠上聚集阳光，将其汽化并放出二氧化碳和水蒸气。

随着在大气层中含氯氟烃、二氧化碳气体和水蒸气的积聚，一个循环开始工作。这些气体通过吸收热量将火星升温，将冻结的二氧化碳和水进一步汽化，从而火星进一步升温。而且，随着火星升温，在土壤层和多孔岩石层中吸收的二氧化碳、氮气和水蒸气会向外渗透，并增加它们在大气层中的数量。永久冻土会融化和汽化而进入大气层。由于上述所有各项活动都放出气体，因而火星将明显升温。在数十年内，火星上的温度可从零下76°F提高到零下40°F（零下40℃）。在50年至100年内，火星可升温到水的熔点。然而，如果永久冻土在火星表面下深处（即使在火星表面下半公里），则要用数十万年（而不是100年）才能取得上述效果！

第二阶段所花费的钱比第一阶段多得多。要花费数十万亿美元。

最近对火星的一系列研究已表明，随着火星上温度的增加，以及冰冠和永久冻土融化，火星比过去想象的环境潮湿得多，产生池塘、湖泊，乃至海洋。当然，这是好事。生命需要水。然而也存在与上述情况相反的下降趋势。正如本文第一部分已经谈到的那样，二氧化碳对水有亲和力。它在水中溶解，并最终与地壳中的无机物结合而生成石灰岩。在地球上，地壳运动将石灰岩加热，又向大气层放出二氧化碳。而在火星上则不然，营造地球工作者必须设法将整个火星上的石灰岩加热。图恩说：“否则，新形成的大气层会慢慢地遭到破坏”。正如第一部分所谈到的那样，天文学家们认为这正是火星失去其大气层的主要原因之一。

假定地球营造工作者能设法克服这一障碍（也许所用方法是开采石灰岩，并将其在大型加热炉中加热），那么情况会大有改善。那儿的温度将会达到或高于冰点。大气压力与地球大气压力一样，因而人的耳膜不再会破裂，血液不再会沸腾。大气层可屏蔽有害的太阳辐射，并作为传输声波的媒质。届时不必用无线电传输方式就可以通过空气面罩中的声音放大器与移民到火星上的伙伴直接谈话了。那时，在火星上的人可多达数万人，乃至数十万人，然而，他们仍然在遍布火星表面上的透明圆室中生活。那儿必须采用空气面罩和透明圆室，其理由很简单：火星上的空气不能用于

呼吸。生产可供人呼吸的空气是有待地球营造工作者完成的又一伟大奇迹。

第三阶段：呼吸新鲜空气

地球大气层之所以适宜于呼吸，是因为地球上有着奇妙的绿色分子，即叶绿素。叶绿素的魅力是它能够吸收阳光的能量，并同二氧化碳和水一起，制造有机物质并释放出氧气（这个过程叫光合作用）。大气层必须让其含有的氧气（不能太多，否则会燃烧；也不能太少，否则动物仍然会窒息），以适合人呼吸使用。氧气在空气中所占的比例最好是 20% ~ 30%（地球上的大气中氧气约占 21%）。

叶绿素可见于所有绿色植物（如苔藓、草、灌木、树以及滞留水中的很小的名叫藻类的微生物）。在地球上，通过光合作用形成含氧量丰富的大气层至少用了数十万年时间。也就是说，即使地球营造工作者在整个火星地面上都种植树，撒播草种，而且在每个湖泊和海洋（其含盐量也许不会很高）的边缘都培育苔藓，也要用上十万年的时间才能在火星上生成利于人类生存的大气层（植物也需要氮。此刻或在此之前，必须向土壤和水中添加特定的细菌才能将大气层的氮变为植物可加以利用的形式——即硝酸盐）。

我们再谈谈遗传工程师的问题。遗传工程师的任务就是完善光合作用机构，提高植物与藻类产生氧气的效率。行星科学家克里斯托弗·麦凯认为，这也许是最棘手的问题。他解释说：“植物，在地球上已存在数十亿年，并生成氧，这是植物为生物作出的贡献。很可能自然界已将这个过程优化，已从植物中获得尽可能多的氧气”。

然而，也许情况并非如此。让我们持乐观态度，并假定植物与藻类经遗传学处理后可“实现强力呼吸”，并设想化学家与地质学家还可以想方设法释放出被火星上的岩石中的其他元素吸收的氧气。在 100 年里，火星可出现适合人类呼吸的环境。同时，火星上的温度有可能上升到 50 °F (10)，这是令人感到舒适的温度。利用太阳辐射来轰击普通氧气分子，从而在高层大气中可形成臭气层。这一臭气层可为火星上的生命提供高效的防辐射屏蔽（这里，任何留下的温室效应的含氯氟烃都必须有助于臭氧层的继续存在）。人将能够走出他们的透明圆室而不必穿着宇航服或戴着空气面罩。他们抬头看到的天空将不再是铁锈般的尘埃构成的粉红色，而是像地球那样飘着波状白云的蔚蓝色。只有在营造地球的这个阶段，火星才会真的变为我们的第二家园。

创建人类的第二家园需要付出的代价难以估计。它所需费用肯定比第二阶段所需费用高好几个数量级。

着力保持火星环境平衡

将火星改造成地球那样是一码事；而将改造后的状态保持下去是另一码事。行星科学家认为，以前的火星曾经像地球一样，即既温暖又潮湿，还有丰富的大气层（尽管氧气并不丰富）。营造地球工作者必须着手防止火星上再重犯过去的错误。我们已谈过火星与地球之间存在的 3 项重大区

别，现在的问题是：

1. 火星的大小与质量都较小，其重力为地球表面重力的五分之二，就是说，有一段时间，火星上的大气与地球上的大气相比，其漏失的速度快得多。营造地球工作者必须想方设法补充这个大气层。

2. 火星没有地壳运动，这意味着营造地球工作者必须释放已被火星岩石吸收的二氧化碳气体，否则火星的大气层会慢慢地“变为石头”。利用很多炉子广泛地将岩石加热可以达到预期目的。

3. 火星远离太阳，相对缺少阳光，因此，火星这颗行星更难保温。然而，如果营造地球工作者能让火星裹上一层厚厚的产生温室效应的气体，能沿着绕火星运行的轨道部署太阳反射镜来聚集减弱的阳光，火星应当能够保持足以让人们舒适地生活的温度。

为什么要向火星移民？

地球与火星之间的距离大约是地球与月球之间的距离的 200 倍，大约是地球与金星之间的距离的 2 倍。那么，人类为什么要向火星移民呢？

很难将月球选作营造地球的星球，因为月球的尺寸和质量都很小，甚至比火星小得多。月球上的重力大约是地球上的重力的六分之一，就是说几乎不可能将大气层保持较长时间。如果没有大气层，月球就几乎完全没有希望达到有利于动物生长的环境（温度或辐射级）或者不可能保持液态水，甚至不可能存在任何可供呼吸用的气体。目前，月球上没有空气，极其干燥；不，实际上干燥到了极点。

至于金星，它是一个沸腾的大锅，那儿的温度继续超过铅的沸点（接近 900 °F，即 480 ），那儿的大气层比地球的大气层稠密一百多倍。对一颗行星进行空气调节并减少其大气层的密度所遇到的问题比将一颗行星升温，并给其增加一个大气层所遇到的问题还多。

这就是火星的基本情况。人类运用技术上的才能已成功地对火星进行营造地球工作，那就是将一颗十分干燥、荒芜，岩石与冰层遍布的星球变为适合生存的恒温箱。然而，人们是否有权在将一颗行星改造为能达到我们的目的的星球上有所作为？据克里斯托弗·麦凯说：

在地球上，生命的概念和自然的概念两者密不可分。然而，在火星上以及在我们太阳系的其他星球上，生命和自然是两码事。看来，火星是一颗死行星，然而不可否认，它是一颗很美、很有价值的行星。我们是否应当改变那儿的自然环境？我们是否有这种权利呢？麦凯说：

就向其他一些行星引入生命的伦理学而言，我的意见是同意向其他行星引入生命。“海盗”号航天器拍摄的种种照片表明那儿是一个很美的天地，然而我认为让那儿种上树与花草，让小动物到处奔跑，就会更美，我喜欢生命。而且，我身体力行！

（黄海元译）

时区的来历

自从人类开始直立行走，就至少有了粗略的计时。当时的时钟就是地球本身，地球绕轴自转，产生有规律的昼夜不断交替的现象。当时的计时方法很不精确，短时间间隔更是如此，好在那个时候还没有发明电视机，精确地按小时来计时的方法还不是至关重要的。

随着原人智力的发展和文明程度的提高，人类需要更准确的计时方法。埃及人早在公元前 3000 年以前就采用日晷将白昼分为更小的统一时间单位，其工作原理也是利用地球自转。由于地球自转，太阳看上去就好像在天空穿行，就像人骑马时看到树木在视野中移动一样。（如果要保持与太阳同步，让太阳看上去是停在空中的，那么在赤道上的人必须以每小时 1038 英里的速度向西运动。由于受到海洋潮汐与海岸间的摩擦力的影响，地球自转每过一个世纪就会延缓 1 微秒，因此随着时间的推移这个速度值将慢慢变化。）太阳所处位置的这种变化造成了影子的变化。日出时，太阳从东方的地平线上冉冉升起。将日晷指时针笔直地插在地上，其西侧就会出现长长的影子。到中午时，影子已经移动了。这时影子变短并指向北方（这里指北半球的情况）。到了下午，太阳继续一如既往地西方地平线移动，这时日晷指时针的影子又会变长，并转向东方。日晷指时针稍稍倾斜，地面上的影子就会按照一个半圆形轨迹移动。从而可将白天分为 12 个小时，这是埃及人的第一个时钟。

随后必然出现那些不依赖于天气是否晴好、不随季节变化而改变 1 小时长度的时钟了。其中有利用蜡烛燃烧的速度计时的蜡烛钟，还有沙漏和水漏，利用沙子和水滴从容器上部以一定速率流入容器下部标出 1 小时的长短。到了 17 世纪中叶，荷兰物理学家格里斯蒂安·惠更斯制作出利用钟摆工作的时钟，其精度已足以将小时细分成分钟。这是 17 世纪很了不起的成就。（现在，我们已经能制造出利用铯或氢的原子振动原理制成的原子钟，其精度已达到每 1 亿年误差不到 1 秒。此外，利用激光和超低温技术还可以制造出更精确的时钟。）

后来又出现了铁路。有了火车，人们就能作长途旅行，铁路将许多相距遥远的城镇连接起来。可惜，当时人们虽然可以准确地知道某地的时间，但各个城镇都有自己的地方时。例如纽约市的时间与其邻近城市（如纽瓦克或南安普顿）不同。这个原因很好理解。按照定义，中午（12 00）就是太阳出现在天空中最高位置的时间，所以东西相邻的两个地区不可能时间一样。在纽约的正午时刻，纽约以西还是上午，而纽约以东则刚刚进入下午。

这些事实虽然很好理解却很难接受——特别是在坐火车旅行时，而电报的发展又加剧了解决这一问题的紧迫性。到了 1884 年，这一问题已经很突出，于是召开了一次国际性会议，旨在实现时间标准化。时区的划分应运而生。

时区是其所在的所有地区的时间完全相同的区域。时区是地球表面上由北极向南极的名为子午线的经线界定的。子午线将地球像桔子那样分成 24 个大小相等的时区。为什么分成 24 个时区呢？因为地球自转一周需要 24 小时。将地球分成 24 段所产生的时区各异，它们分别各为 1 小时的倍数。

英格兰的格林尼治（位于伦敦附近）是享有崇高声誉的皇家天文观测站，因此被选定为划分时区的起点。一条从北极到南极的精确地通过格林尼治天文台的线称为本初子午线，即数值为零度的经线。再按每隔 15° 画一条经线，将整个地球划分成与 24 小时对应的时区。本初子午线以东的经线以东经度标识，本初子午线以西的经线以西经度标识（见图 1）。东西经 180° 经线重合。 180° 子午线位于地球另一侧，与本初子午线相对；在时间上它与本初子午线相差 12 小时。这一点下文还将谈到。

本初子午线并非两个相邻时区的分界线。按照 15° 划分的其他 23 条经线也不是时区分界线，而大致处于 24 个时区的中心位置。这里用“大致”一词是因为事实上在穿过有人居住的大片陆地时，时区分界线是弯弯曲曲的，有时甚至弯曲得很厉害，这是为了避免将同一城市、州乃至国家划分在不同时区里。图 2 和图 3 表明了为适应行政区划和地理界线的划分，时区划分线参差不齐的状况。

1996 年，美国国会通过了《统一时间法案》，为美国及其属地建立的时区是 8 个，而不是 4 个。除了美国大陆本土的 4 个时区以外，还有波多黎各的大西洋时区（比东部时间早 1 小时）、育空时区、阿拉斯加及夏威夷时区（当然阿拉斯加和夏威夷处于同一时区）以及阿留申群岛的白令时区。

夏令时

也许世界上总有人嫌事情还不够复杂，伟大的美国科学家和政治家本杰明·弗兰克林在他的一篇异想天开的文章中提出了夏令时（日光节约时间）的概念——就是在 1 年中的某些时间段将时钟调快 1 小时。这样，早晨提前了 1 小时，而晚上的白昼时间相应地顺延了 1 小时。

这种办法在当时（1784 年）未被采纳，甚至没有引起注意。农民更是反对夏令时。他们的工作日仍然严格地遵循太阳时，即日出而作日落而息。把日落时间从下午 7 00 推迟到下午 8 00 意味着要晚 1 小时收工，收工后的时间就少了 1 小时。

但是到了 1915 年，实施夏令时的想法却得到了社会的认同。这一年德国率先在历法中采用夏令时。1916 年和 1918 年英国和美国相继步其后尘。将时钟拨快 1 小时后，人们起床后开始活动的白天时间就多出 1 小时，希望通过采用这种办法能节省家庭用电，从而将发电所用的燃料省下来用于第一次世界大战。实际上国会通过了一项法律，规定在战争期间全国实行夏令时。在 1974 年到 1975 年，这种节约能源的办法——主要是节省白昼时间——实行了大体一年，当时正值中东地区的石油生产国对美国实行石油禁运。

1966 年《统一时间法案》出台后，美国大部分地区从 4 月的最后一个星期天到 10 月的最后一个星期天，即一年中有 6 个月的时间实施夏令时。1987 年，罗纳德·里根通过了一项立法，将夏令时开始实施的时间从 4 月的最后一个星期天提前到第一个星期天。有趣的是据美国运输部估计：将夏令时起始日期提前，节省了交通事故费用超过 2800 万美元，而且每年还

能分别避免交通伤人事件 1500 起以上，以及交通亡人事件 20 起。尽管如此，还是有好几个州议会投票否决夏令时。这些全年实行标准时的州包括亚利桑那州、夏威夷州、波多黎各州以及印第安纳州的部分地区。

世界各国对夏令时的规定非常混乱。西欧多数国家是从 3 月的最后一个星期天到 9 月的最后一个星期天实行夏令时。但英格兰的夏令时要持续到 10 月的最后一个星期天。还有些国家实行双夏令时（即比标准时提早 2 个小时），而其他国家，特别是几个中东国家，相互之间相差 30 乃至 40 分钟。尼泊尔的时间与其邻国印度仅相差 10 分钟。这些国家就不遵循标准时区划分。计时谈何容易？

国际日期变更线

1519 年到 1522 年间，费迪南德·麦哲伦和他的那些幸存下来的骨干船员成功地完成了首次环球旅行。当他们到家时，他们疑惑不解，不知怎的，在航行期间他们“失去”了一天。他们的日历比家中亲友的要晚一天。

是不是他们未作记录？是不是他们在历尽艰辛的旅途中忘了记录日出？都不是，他们不仅有记录而且记录很准确。事实是这样的：地球自西向东转动（如果从北极上空看去就是按逆时针方向转动）。如果由东向西作一次环球旅行，他们就会比呆在家中的人少看到一次日出。从另一个角度来看，如果麦哲伦在现在作环球旅行，他就必须在每进入一个新时区时将表调慢一小时。当他结束旅行时就正好将表调慢了 24 个小时，这样就失去了一整天。相反，如果沿东行路线作环球旅行，就会在日历上增加一天。

但不管绕地球旅行多少圈，对同一地区的人来说不能让一个人过星期一而另一个人过星期二。因此必须有一种办法让环球旅行者能够重新调整日历以便和那些不旅行的人的日历保持一致。这种方法就是规定国际日期变更线。

国际日期变更线是一条经线。实际上，这条经线大致处于 180° 的位置，位于地球另一侧，和本初子午线正好相对。如果一个人由东穿过这条经线向西，就需将日历向前推一天，以弥补失去的一次日出，星期一下午 5 00 变成了星期二下午 5 00。如果由西越过这条经线向东，则需将日期往回推一天。

因为 180° 子午线主要位于海洋，确切地说位于北冰洋和太平洋，因此选择这条经线作为国际日期变更线。这条线上有一处向东弯曲，通过白令海峡将西伯利亚和阿拉斯加分开。另外几处也有转向，以避免阿留申群岛和北太平洋和南太平洋上的岛屿（见图 4）。

凡尔纳在他脍炙人口的小说《环球 80 天》中有趣地利用了国际日期变更线。小说讲述一位名叫菲利阿斯·福格的英国绅士与他人赌 2 万英镑，说他能在 80 天内作一次环球旅行。当时是 1872 年，所以当然不可能坐飞机来保证自己能赢，当时只有可靠性很差的火车和更不可靠的轮船。尽管如此，菲利阿斯仍然坚持不懈，途中还被一位美丽的印度公主的大象搭救。为了让这个漫长的故事更长一点，他完成了这次旅行，但是按照他自己的计算，他错过了最后期限，因而赌输了。然而幸运的是，福格先生是一直向东环球一圈，因此在不知不觉中他在通过国际日期变更线时争取到了一

天的时间。最后他不仅赢得了赌金，还赢得了可爱的公主，他们结婚了。

尽管故事中的主人公在婚姻上如愿以偿并赢得了赌金，但时区并非总是那么好对付的。每个坐过飞机有过倒时差经历的人对此都会深有体会。假定下午 7 00 飞机从纽约起飞到伦敦，飞机飞了 6 个小时，到希思罗机场时，您手上的手表与自身的感觉都认为当时是夜里 1 点，你满脑子想的都是小糖果和旅馆的床位，但是伦敦的时间比纽约标准时要早 5 个小时——正好是上午 6 00。新的一天到了，那么你是睡觉呢还是拖着疲惫的身子逛伦敦城呢。

时区有时确实令人烦恼。有时时区问题可能会使一个中学生无法通过地理考试（如果他没有在考试之前阅读本文他就傻了）。但是只要地球继续自转，而太阳继续照耀，时区就是人们日常生活中少不了的。

（任海燕译）

超导：无电阻线路

让我们想象一下以下情景：

其一：磁悬浮列车在 1 英寸高的气垫上以远超出 300 英里/小时（即 483 公里/小时）的速度行驶。

其二：电力传输线从地球的另一面没有任何能耗地将电能输送到普通家庭，进行照明和供热。

其三：特大功率掌上电脑。

其四：用不侵害人体的医疗技术检查心脏功能和血液化学成分，发现溃疡和肿瘤。

其五：功率空前的高能粒子加速器，有助于更好地了解物质性质和宇宙的起源。

这是几例运用超导技术可能生产出来的产品，这项技术有可能使人类生活跃进到 21 世纪中叶。远距离、无损耗电力传输能节省大量资金，节约自然资源，从而可以在世界上安全的边远地带建造核电站。（还记得切尔诺贝利核电站的事故吗？）利用这种特殊的线路中无电阻的超导技术，掌上电脑就可以具备当今大型超级计算机同样的能力。利用改进的磁共振图像显示器（MRI）和超导量子干扰器（SQUIDS），可让医疗技术上一个新台阶。超导电磁铁的功率比现在所有商用电磁铁的功率高几百倍，可用于探索宇宙奥秘。

既然我们拥有这一技术，为什么这些设想还没有实现呢？

原因之一在于，仅就我们目前对超导的认识而言，我们还无法驾驭超导体。

什么是超导？

当你打开电视机、微波炉或空调器时，这些设备之所以能工作就在于一种被称为电的功劳。电即电子流，而电子是所有原子中的一种带负电的微小粒子。易于电子流通过的某些材料被称为导体。大部分金属都是良导体：例如铜、铝、银和金等。像多数金属一样，唯一一种在常温下呈液态的金属汞，无论是液态还是固态，均为良导体。

但良导体并不完美。即使在最好的导体中，电子也会受到周围原子的吸引或排斥或因导体内存在缺陷致使电子运动速度下降并损耗一定的能量，通常能量损耗呈现为热的形式。这种能量损耗即电阻，是一种原子一级的摩擦力，这就是电器运行时会发热的原因。事实上，有些电器是利用电阻达到目的的，如电暖气、理发吹风机，还有电炉，均靠电阻产生所需热能。

即使最好的导体也有电阻。铜线和铝线由于电阻而损失的电能高达 20%。如果没有能量损耗我们将节省多少资金和资源啊！实现无电阻就要看超导体了：在超导材料中，电流通过时没有任何能量损失，这种没有电阻的电流叫超导现象。

升温竞赛

早在 1911 年，人类就认识到了超导现象，由于超导尚未得到广泛应用，读者或许会对此感到惊讶。1911 年荷兰物理学家海科·卡默林·昂内斯发现可将汞制成超导体，方法是将其冷却，即大幅度降温。使人感觉舒适的室温约为 75°F (297K)。水在 32°F (273K) 时结冰。汞在 -38°F (234K) 时凝固。为了把汞制成超导体，卡默林·昂内斯必须将汞的温度降至 -452°F (4K)，仅比绝对零度高几度，这是可能实现的最低温度了。人呼吸的空气在 -452°F 时变成固态。由于发展了氦气液化技术，卡默林·昂内斯可以使汞达到该温度。在所有的元素中，氦的液化温度最低，为 -452°F 。他将汞放入液氦中，使其成为超导体。这是一个举世震惊的发现，这位荷兰科学家为此荣获了 1913 年诺贝尔物理学奖。

但是这种需冷却到接近绝对零度的超导体在商业上几乎无法应用。达到这样的低温所需费用高得惊人。于是展开了一场寻找（更确切地说是合成）在较高温度下能变成超导体的材料的角逐。开始出现超导现象的温度称为转变温度或临界温度，用 T_c 表示。

这次角逐举步维艰，直到近期才有所进展。用于实验的材料是纯金属或金属的混合物，称为合金。其中最好的要数铌、锆这两种稀有金属的合金了，1973 年，其 T_c 达到了 -418°F (23K)。（高温超导，又称 HTS，通常是指 23K 以上。）该记录一直保持了十多年，直到 1986 年 1 月 27 日这一天，IBM 公司苏黎世研究实验室的两位物理学家乔格·贝德诺茨和阿利克斯·缪勒，将 T_c 提高到 -405°F (30K)。比突破记录更重要的是发现了超导体的性质。它并非金属或金属的混合物，而是一种含有氧的化合物，即氧化物。具体地说，它包括金属钡、镧、铜和氧，以一种特殊的结晶排列形式存在。这类金属氧化物从性质上说更像陶瓷而不是金属，这种陶瓷超导体的发现为超导研究工作打开了新局面，贝德诺茨和缪勒也因此荣获 1987 年诺贝尔物理学奖。

在这场竞赛的下一阶段，休斯敦大学的物理学家保罗·朱及其助手接过接力棒。1986 年 12 月，他们将 T_c 提高到 -387°F (40K)——这是他们创下的数项世界记录中的第一项，然后用铟——这种原子更小的金属代替钡，他们又将 T_c 提高到 -365°F (52K)。朱像一位炼金术士一样，将金属与氧进行各种组合，努力寻求那神奇的组合：一种真正的高温超导体。

1987 年 1 月 20 日，奇迹出现了，朱将钇、钡、铜与氧化合（即 YBCO 化合物，读作“yibco”），在 -292°F (93K) 时获得超导现象。可是，这一温度仍然很低，无实用价值。

温度很低，是的；无实用价值，不。实际上，这是一项重大发现。朱突破了 77K 的大关（ 77K 为氮的凝结温度）。卡耐基研究院地球物理实验室的研究员罗伯特·黑曾曾对 YBCO 的结构作出了如下阐释：

它不仅仅是又一种很好的导体。该超导体可在高于 77K 的温度下工作，而这一温度是用成本低而且易操作的液氮实现的： 77K 就像一道坚固的屏障……是衡量所有低温物质的界线。 77K 以下的所有现象……都是几乎没有实用价值的难解之谜，但是每

物理学家倾向于采用开氏温标（Kelvin scale）。本文将采用大家都很熟悉的华氏温度，关于温标的论述见《温度的极限》。

个人都可以买到液氮。保罗·朱的研究小组已经发现了突破这一界限的材料，从而超导从新奇变为日常的现实。

然而，高温超导体研究的竞赛仍在继续。不管朱的发现如何不同凡响，-292 °F 这一温度仍然很低。1988 年研究人员用铌代替钇，将 T_c 提高到 -231 °F (127K)。在以后的 5 年中没有重大突破。一些研究人员认为这大约接近了这一温度的极限，然而他们错了。

1993 年 5 月 6 日，位于苏黎世的联邦技术研究院的汉斯·欧特创下超导温度为 -220 °F (133K) 的记录，其方法是在汞中加进一种新成分。4 个半月后，保罗·朱，这位超导体大师采用同样的材料，但施加 15 万个大气压的压力（我们周围的空气压力为 1 个大气压），将 T_c 提高到 -184 °F (153K)。在随后的一个月中这一记录被多次打破，到 1994 年 8 月， T_c 仍然是 -164 °F (164K)。

朱认为，打破 150K 的界限意义重大。“首先，现在我们可以用氟利昂或普通的家用空调技术将材料冷却了。”这比液氮易操作，而且价格低。至于温度上限，朱说：“我相信可以实现 180K (-135 °F)，尽管我们还吃不准该如何做。”他将设法从元素周期表中寻找出路。

超导还出现在材料研究的各个不同领域：有机化学（研究碳化合物的化学）。1985 年，一种空心足球状结构的分子在实验室诞生，其主要结构包括五边形和六边形。这种结构以因设计网格球顶而著称的建筑师巴克敏斯特·富勒命名，叫作“巴克敏斯特·富勒结构”，简称“巴克球”或“富勒结构”。巴克球是小型网格球顶，其直径为 1 英寸的四百亿分之一。它们是一族有趣的有机化合物，有着许多神奇的特性——其中一种特性是超导。尽管富勒结构前景可观，但其临界温度 T_c 仍远远低于陶瓷氧化物。

梅斯纳效应

迄今为止，超导的定义始终是电通过某种材料而不产生电阻的现象。超导体的另一项同样重要的特征就是它们排斥磁场。这种排斥是全面的，超导体内不存在磁场。沃尔瑟·梅斯纳和他的研究生罗伯特·奥克森菲尔德于 1933 年首次发现这一现象，即所谓的梅斯纳效应。这一效应可在教室中演示：将磁铁置于超导体之上，磁铁将悬浮在超导体上面，就像在稀薄的空气中漂浮一样。这叫作磁悬浮，并且具有一种几乎很神奇的性质。

但这并不神秘，超导，确实令人惊奇。

超导的工作原理

液氮的价格约为每品脱 4 美元，并且会很快挥发。液氮的价格约为每品脱 0.10 美元——价格是液氮的四十分之一——保存时间也比液氮长 60 倍。

1993 年 12 月法国研究小组称已将临界温度提高到 250K（这一温度值尚未得到证实）——这几乎是西伯利亚的室内温度！然而其他科学家非常怀疑这一数据，认为它“有趣，但尚不足以令人信服”。

对该论证感兴趣的任何人都可以通过威斯康星大学化学教育学院订购一个工具箱，其中有一个 1 英寸的球状超导化合物和一组磁铁，但没有采用将化合物温度降低到临界温度所需的液氮，也没有处理液氮时所需的绝缘手套和安全头盔。

著名物理学家弗莱克斯·布洛克曾经说过：“有关超导的法则中唯一能被证实的就是所有超导理论都是可驳倒的。”锡拉丘兹大学物理学教授詹弗兰克·维达利在他的学术专著《超导：新革命？》中有这样一段陈述：“我们仍然不了解高温超导如何真正工作。”阿尔伯特·爱因斯坦也曾试图对此作出解释，但收效甚微。

答案很复杂，并且涉及物理学中极为抽象的领域——量子力学。不过，好在我们不借助于量子理论也可大致了解超导工作原理——或者说我们认为超导如何工作。

在普通寻线中（例如一段铜线），原子最外层的电子受到的引力很弱。接通电池或发电机等电源时，这些电子在电压的作用下开始流动，流过构成线路的原子。这些原子按照一种被称为“晶格”的特殊图形排列。它们所处位置是固定的，形成晶体。但是它们的确会振动。当温度超过绝对零度时，所有的原子都会振动（见《温度的极限》），温度越高，振动越强。这是产生电阻的主要原因之一。原子振动会妨碍电子滑过原子，相反电子会撞在原子上，从而阻碍电子流动并导致电子损失能量，产生阻抗。温度越低，原子的振动越弱，电阻越小。但即使温度很低，原子仍然会振动，仍然会产生一定的电阻。那么，超导体怎样才能避免这种电阻呢？更奇怪的是，超导体在温度为 -164°F 时为什么不产生电阻？

答案是利用电子对。电子对理论是1957年由3位美国物理学家提出的，他们是：约翰·巴丁，1956年因发明晶体管获得诺贝尔物理学奖；里昂·库珀，哥伦比亚大学的量子力学专家；以及约翰·施里弗，麻省理工学院电气工程师出身的物理学家。该理论按3位物理学家姓氏首字母缩写，称为BCS理论。

电子对的概念并非新概念。早在20世纪30年代物理学家弗里茨·伦敦就提出了这一概念，但因为他对成对的电子如何克服它们之间自然的互相排斥力未能作出充分的解释，而没有推广起来（昔日冲击波：像电荷排斥一样，所有的电子均带负电并互相排斥）。

BCS理论认为，电子与晶体内振动的原子相互作用，导致晶格变形。这种变形会将电子成对地拉在一起，从而克服其自然斥力。这种电子晶格的相互作用犹如一个重量很大的球在软垫上快速滚动。用维达利的话来说：

如果球滚动得足够快，弹簧就没有时间在球通过后马上恢复原位，而是要花一定的时间恢复原状。在其附近运动的另一个球就可能会遇到这种抑制，并与之相碰。我们可以说是两个球“相互作用”，因为它们感受到互相的存在。由于第二个球被推到第一个球先前的位置，我们可以说这种相互作用是吸引。

这种相互作用导致了电子对的产生，即所谓的库珀对。而正是这种库珀对的运动造成了所有的差异。

约翰·拉贡在他的著作《超导：新炼金术》一书中对此作了十分生动的描述：

可将超导体中的电子比作一个排的士兵，他们要通过沟壑、洞穴和岩石遍布的地域，如果他们单个行进就可能被障碍物绊倒。但是如果他们排成紧密的队形，成对地手挽手地走，就能更

顺利前进：如果一个人摔倒了，他的同伴可以扶起他继续向前。

由于每组都有人一前一后稳步行进，人几乎不可能摔倒。

巴丁、库珀以及施里弗由于对超导现象作出解释，因而荣获了 1972 年诺贝尔物理学奖。这是巴丁第二次获得诺贝尔物理学奖，是其他人从未取得过的成就。

BCS 理论在早期超导研究中得到了很好的应用，直到 20 世纪 80 年代中期， T_c 值较低的金属和合金都一直是超导的支柱，此后高温超导研究开始蓬勃发展，然后才进入了新陶瓷（金属氧化物）时代。BCS 理论似乎没有充分地解释这些以铜和氧为主要成分的材料中的高温超导现象。库珀对现象似乎依旧十分重要，但是其他一些过程可能也起作用。科学家们注意到，氧的含量很重要——氧越多越好——这些氧原子与铜结合，形成超导电流似乎通过的链和平面。陶瓷中的其他一些金属也很重要，因为它们为库珀对提供电子。迄今尚无人能够确切地了解这一过程。正像杜邦实业公司的亚瑟·斯莱特所说：“每个理论家至少有一套理论”。

前 景

迄今为止，还没有哪个理论家能解决超导的实际应用问题。其中一个问题就和梅斯纳效应有关。困难在于，如果磁场足够强，就能克服超导体的斥力，穿透超导体并且破坏超导现象。出现这一现象的磁场强度叫作临界场强（critical magnetic field）。这里的问题是电流产生磁场（人们设想将来可利用超导技术制造大型电磁铁就是因为这个原因）。这一课题也成为世界第 22 号难题。如果采用超导体输送电流，而电流强度足以应用于商业，那么超体会产生足以破坏自身超导现象的磁场。就这一问题而言，超导体目前的临界场强还不够高，因而不能在实践中大规模应用。

然而希望还是有的。超导体分为两大类：第一类超导体是较早的一种，纯金属只有在温度极低的情况下才出现超导现象，它们的临界场强很低。第二类超导体是金属混合物及氧化陶瓷，可在较高温度下出现超导现象。它们的临界场强相当高，并且有可能在不远的将来提高到可供商用的水平。

但是还有一个问题。当通过某种材料的电流超过一定限度时，超导现象就消失，这种现象叫作临界电流密度。目前，在液氮温度范围内工作的超导体的临界电流密度比实用的电流密度要低近 100 倍。

现实确实是严峻的。只有出现大规模技术革命，超导研究才有可能出现飞跃性进展。然而问题仍然存在。事物总有两面性。超导已经限于军用或在私人企业中有限度地利用，而尚未扩展到商业领域。这项技术尚未成熟，而且成本高得惊人。以磁悬浮列车为例，我们虽然可以建造出磁力悬浮列车，但铺设每英里轨道的造价却高达 3000 万美元。

每年我们都会向实现美好前景迈进一步。“新炼金术士”正在研制更好的材料，以达到更高的临界温度，更高的临界场强和更高的临界电流密度。迄今已为探索这一课题的科学家们先后颁发了 9 项诺贝尔奖。在我们能够乘坐磁力悬浮列车出差或利用来自南极圈的核电站的电力照明之前还得颁发多少这类诺贝尔奖呢？

（任海燕译）

人体的免疫系统

1976年，在一部名为《塑料试管中的婴儿》的电影中有一个生来就没有完全免疫系统的小伙子，他的名字叫戴维。他必须在一个绝对无菌的环境中生活，因为如果在有细菌、病毒或原生动物的环境中生活，他就会受到感染以至有生命危险。

80年代，戴维从他姐姐的身上移植了骨髓，以期建立一种免疫系统。然而，给戴维做骨髓移植手术的医生根本就不知道，在戴维的姐姐的骨髓细胞中潜伏着爱泼斯坦-巴尔病毒（一种疱疹病毒，与淋巴瘤及鼻咽癌有关，由英国人M.A. Epstein和Y.M. Barr于1964年首次分离——译注）。尽管这种病毒通常会造一种不太严重的名叫单核白血球增多症（俗称接吻病）的疾病，但在戴维的毫无防御能力的人体中，病毒肆行，戴维得了癌症（病毒确实会引发癌症）。不到4个月，戴维死于癌症，他的肠道、肝、肺和脑长满了肿瘤。

戴维死于癌症，是因为他身上缺乏一种免疫系统。爱德华·埃德尔森在他撰写的一本题为《免疫系统》的专著中将这种免疫系统描写为“一批组织、细胞和分子共同致力于识别与攻击在世界上到处隐蔽活动的小敌人（从生物学角度看，这些小敌人通过损害人体健康而受益）”。在这些组织、细胞和分子中，种类多得惊人的一系列白血球细胞起主要作用。白血球在人体的免疫系统中是很重要的。白血球通过人体的血液和淋巴管流动，在脾、扁桃体、腺样增殖体、阑尾、小肠和数十个淋巴结中聚集。它们聚集在人体的这些部分，时刻准备迎击侵入人体的微生物。了解我们人体的免疫系统的过程，就是了解人体内的多种不同的白血球的过程。

第二次世界大战结束时，在广岛与长崎爆炸了令人恐惧的原子弹。人们从这两次核爆炸中才首次真正了解白血球细胞的起源与起因。暴露在大剂量核辐射环境下的人们会很快死亡，其原因在于这些人在10天~15天内发生内出血与/或感染。这种病症叫辐射并发症，很显然，这类并发症会破坏人体免疫系统及其他系统。向病人注射来自遗传上亲和的供体的骨髓细胞可成功地医治这种病症。最后，科学家们发现，所有各种白血球细胞和红血球细胞都由一种名叫干细胞的数量很少的特殊骨髓细胞发展而成。

1988年，斯坦福大学的欧文·L·魏斯曼首次认出鼠体内的干细胞。此后，人们将人体的干细胞分离出来，进行深入研究。对干细胞所产生的多种白血球细胞可大体分成多种不同的细胞系列，每种细胞系列在免疫应答（指机体对抗原产生的特异性应答，包括细胞免疫、体液免疫和免疫耐受性——译注）中发挥重大作用。

非特异性应答

特化程度最低的最基本的细胞是以词意为“吞噬”的希腊词命名的吞噬细胞。吞噬细胞是像阿米巴虫那样渗出的一种白细胞，可吞食并吃掉细菌或病毒。这一过程叫噬菌作用。在吞噬细胞中，数外形像阿米巴虫的巨细胞，即巨噬细胞最常见。吞噬细胞为非特异性细胞，可攻击与吞下侵入人体的任何种类的细菌。

自然杀伤细胞是第二种白血球系列，也有这样的作用。然而自然杀伤

细胞与吞噬细胞的区别在于它并不攻击自由活动的病菌。它们攻击并吞下有缺陷（含病毒或已发生癌变）的人体细胞。自然杀伤细胞不是通过吞食，而是通过在细胞膜壁上打孔起到杀伤作用。

诸如此类的非特异性应答是一条重要防线。实际上，它们只是诸如昆虫、软体虫、蛤蜊和海星等简单无骨动物，即无脊椎动物才拥有的免疫系统。然而人类这方面的需要远不止这一点。好在人类的白细胞类型多得多，其中淋巴细胞是第三类白血球，十分重要。

特异性应答

毫无疑问，淋巴细胞在防止人体因微生物引起的疾病方面所起作用最大。它们是步兵、骑兵与空军汇合成的一支力量。让我们将淋巴细胞一分为二，因为尽管显微镜观察到的所有淋巴结外形相仿，然而实际上有两种明显区别的淋巴结群体，即 B 淋巴细胞（B 细胞）与 T 淋巴细胞（T 细胞）。这两种群体生长的途径因其赖以成熟的人体所在部位而异。会衍化为 B 细胞的淋巴结留在骨髓内继续生长。肯定会分化为 T 细胞的淋巴结则在其生长初期即移到胸腺；胸腺很小，位于胸骨后的胸腔上部（图 1 列出干细胞分化的不同白血球的谱系）。所有这些淋巴结构成具有两方面的潜在防御能力的系统。让我们仔细地研究这些细胞的工作机理吧。

B 细胞

从成熟的 B 细胞中抽出一种名叫抗体的蛋白质分子。抽出的抗体对特定的微生物作出应答，抗体只有在其与这些微生物接触之后才能起作用。所谓接种疫苗无非就是生成抗体。接种脊髓灰质炎疫苗就是接种已减弱的脊髓灰质炎病毒。减弱的病菌不会引发传染病，而只会促进 B 细胞生长。这时，B 细胞成为大量的微型工厂来生产抗体；每小时可生产数千万个抗体，其速度确实惊人。就是说，每秒钟大体可生成 3000 个抗体分子。

抗体分子有明显的特异性。预防脊髓灰质炎的疫苗预防不了破伤风或天花。这种特异性归因于一种抗体分子与名叫抗原的病菌上的某些表面分子之间的适应性十分独特。这好比一把钥匙开一把锁，由特定的 B 细胞组成的抗体分子只能用于一种抗原。由已减弱的脊髓灰质炎病毒产生的抗体只能用于脊髓灰质炎病毒分子。

多年来，科学家对这种特异性困惑不解。显而易见，人体需要产生抗体来预防数百万种不同的抗原。有人设想，抗原是作为模板活动的，这种设想是合理的。在一个 B 细胞围绕这种模板将自身包围起来时，它按一定的指令或程序产生适当形状的抗体。

这一理论听起来还行，但却是谬论。抗体是蛋白分子。因此，B 细胞中的特异基因都有其编码。看来，抗原上的某种特定形状根本不可能影响基因所产生的蛋白的类型。进一步的研究产生了抗体形成的另一种理论，即无性繁殖理论。目前，这一理论已被人们普遍接受。这一理论假定，不同的 B 细胞多达 1 亿多种，每种都能识别某种特定的抗原，尔后再产生特定的抗体。这种理论认为，在抗体与抗原相互作用并仅仅等待激活之前，B

细胞中已存在构成抗体的基因。

这项理论存在的唯一问题是，上亿个抗体蛋白需要上亿个基因。然而人的细胞只有上亿个基因，其中大部分基因都与生成抗体无关。好在生成抗体的基因由多节不同部分组成。人体的基因材料中都有各节的很多变异。有些节具有多达 300 种的不同变异，所有这些变异在免疫 B 细胞中都存在。随着细胞在骨髓中成熟，细胞随意取若干节，将其结合成一种独特的、功能齐全的抗体基因。我们获得 B 细胞的各种群体，其中每个细胞都能识别并生成能对付某种抗原的抗体。将抗原与在 B 细胞表面散布的抗体分子结合起来即可识别抗体（请记住，B 细胞是生成抗体的繁殖工厂）。

将抗体与抗原结合通常都破坏不了侵入人体的细菌。一般说来，抗体可启动一类破坏性的酶，而不是杀伤这类酶（尽管抗体可使细菌的毒素与病毒失效）。这些酶多达 20 多种，因其作为抗体的补体而统称补体，它们通过破坏细菌的外膜而起到灭菌的作用。在将细菌杀伤与/或使其失效之后，由吞噬细胞吞噬这些细菌（图 2 概括了 B 细胞的免疫作用）。

在任何给定时刻，身体健康的人的血液系统和淋巴系统中约有 10 万亿个 B 细胞在活动。它们生成的抗体约占血液中所含蛋白质的五分之一。B 细胞及其抗体是免疫系统的重要组成部分，名叫体液（介导）免疫；所谓体液是指抗体分泌物液体。而 T 细胞则起细胞（介导）免疫作用，因为在细胞（介导）免疫中起主要作用的是 T 细胞本身，而不是体液。

T 细胞

T（淋巴）细胞（胸腺依赖性细胞——译注）中的字母 T 反映了该细胞由骨髓向胸腺迁移，随后又在胸腺中成熟这一特点。在其成熟过程中，T 细胞与 B 细胞一样，呈现免疫活性（是指在抗原性攻击后，能发生免疫应答的能力——译注）。就是说，这些细胞具有特异性，即只对一种抗原作出应答的能力。然而 T 细胞的作用机理则复杂得多。胸腺为起始物生成三种截然不同的 T 细胞群体。它们是 T 杀伤细胞、T 协助细胞（能协助 B 细胞形成抗体的细胞——译注）和 T 抑制细胞。T 抑制细胞的抑制作用令人失望。T 抑制细胞在后来发生的免疫应答中被触发（指启动一系列连锁免疫反应的第一步——译注）释放出化学物质；这些化学物质只是在已消灭有威胁的微生物之后才帮助抑制免疫活动。而 T 杀伤细胞与 T 协助细胞则不然，这些细胞从一开始就积极介入免疫活动。

T 杀伤细胞与 T 协助细胞对我们人体中潜伏的自由的细菌、病毒或其他致病因子并不作出应答。它们与 B 细胞的区别在于：在其细胞表面并无识别这些入侵者的适当的受体。它们识别的对象是我们人体中已受到微生物感染的那些细胞。它们怎样作出应答则取决于它们是 T 杀伤细胞，抑或 T 协助细胞。

T 杀伤细胞是 T 细胞中仅有的杀伤细胞。它们的主要杀伤对象是具有病毒和十分难对付的微生物的人体细胞，而这些病毒和微生物只是在透过活细胞之后才有活力。病毒体进入细胞后，十分忙碌地利用受感染的细胞机构大量地复制这些病毒体。然而，细胞已发展了防止这样复制病毒的种种方法。有些名叫主组织相容性复合基因的细胞蛋白获取若干片断的病毒蛋白，并将其带到细胞膜。主组织相容性复合基因与其外展的病毒抗原和

细胞膜一起繁殖，并与它们可能遇到的任何 T 杀伤细胞相互作用。适当的 T 杀伤细胞一到达就会与细胞表面上的主组织相容性复合基因——病毒抗原复合物结合。这时，从酶的角度看，T 杀伤细胞会在受感染的细胞上打孔（图 3 为 T 杀伤细胞的活动示意图）。

蜜蜂为了保卫蜂巢，将威胁蜂巢的动物蜇伤而付出生命；与蜜蜂一样，受感染的细胞也会因为受感染而被 T 杀伤细胞消灭。这样一来，细胞阻止了病毒进一步繁殖，并让这些病毒受到 B 细胞及其抗体与吞噬细胞的作用。T 杀伤细胞还清除已发生癌变的细胞，然而 T 杀伤细胞也攻击与排斥移植器官的组织。

综上所述，看来该系统的能力相当强，而且很全面。B 细胞产生抗体，抗体在吞噬细胞与补体的帮助下，破坏自由的微生物。T 杀伤细胞控制那些会进入人体细胞的任何病菌。尽管这种组合造成 T 协助细胞看上去过剩，但情况并非如此：对诱发艾滋病的人体免疫缺损病毒起破坏作用的就是 T 协助细胞。要让临终的艾滋病病人了解这一事实，这样你就会有不同的看法。恰恰是人体免疫缺损病毒破坏了 T 协助细胞。

T 协助细胞像胶一样，将整个免疫系统结合在一起。它们的分泌物将该系统的其他各分支都动员起来，而且它们根本不是从属物。吞噬细胞、B 细胞和 T 杀伤细胞都在其与 T 协助细胞的相互作用下启动。这一作用机理和 T 杀伤细胞与受病毒感染的人体细胞的相互作用很相似。在吞噬细胞与 B 细胞表面出现一些病毒蛋白，但其数量微不足道。通过 T 协助细胞的识别与结合，激发吞噬细胞消化其微生物食物，并激发 B 细胞增殖与产生抗体（图 4 为 T 协助细胞作用的示意图）。

T 协助细胞与免疫系统的各种细胞结合时还释放大量的化学物质，这些化学物质叫细胞分裂素或中间白细胞杀菌素。这些分泌物不仅催醒 T 杀伤细胞，还进一步刺激吞噬细胞与 B 细胞的活性。当免疫系统的所有分支都卓有成效地工作时，该系统就是由相互作用的细胞和分泌物以及就在免疫系统中心的 T 协助细胞所组成的极其复杂的网络。

记忆细胞

2500 年前，雅典的修昔底德（约公元前 460 年至公元前 400 年，古希腊历史学家——译注），在描写一种流行病时指出，由恢复健康的人来照顾临终垂危病人，“因为任何人都不会再次犯这种病”。这段话指出了免疫系统的一种基本性质，即免疫系统有免疫能力。流行性腮腺炎病人或麻疹病人康复后可以放心的一点就是不会再犯这种病。疫苗就是依据这一原理。将疫苗注入人体（即便人体很虚弱、不省人事）可以使人终身具有抵御这种疾病的能力。

这个问题的答案是：在人体中已产生了寿命很长的记忆细胞。B 细胞对首次遇到一种特定的病毒或细菌作出应答时，B 细胞被变为生成抗体的机构。然而，完成这种变化需要 5 天多的时间；在这段时间里，免疫应答遭到严重损害。不过，有些 B 细胞（和 T 细胞）变为记忆细胞，而记忆细胞通常可留在人体内若干年。在再次遇到该微生物时，记忆细胞（即 B 记忆细胞）一接触抗原（指免疫系统的细胞已处在被某一抗原持续地激活的

状态——译注），就可以流出带抗体的血流。因此，要是人体已受到某微生物的首次侵袭，就不会再受感染。人们再犯诸如感冒等疾病的唯一原因就是因为有数百种感冒病毒，所有感冒病毒差别很大，以至于记忆细胞识别不了。

在长达数十亿年的漫长岁月里，生命一直在自我完善。看来，生命已发展了一种完全能满足需要的抵御疾病的系统。结构复杂的免疫系统是人体中复杂程度仅次于神经系统的一种系统。然而，免疫系统存在着很多薄弱环节。变态反应、自身免疫性疾病和艾滋病都是免疫系统或多或少存在缺陷的例子。在某些情况下，我们人体的免疫系统为什么不能令人满意？因为涉及其他工作机理，请参阅其他文章。

（楠静译）

变应性：对付不存在的敌人

有一天，一位青年男子在明尼阿波利斯的一家优雅的法国饭店落座。他点了一道菜，菜名叫“新法国”，这是加了一种浅棕色佐料的牛排。这道菜上了桌子，他津津有味地品尝这盘美味可口的佳肴。正如马克·P·小弗里德兰德和特里·M·菲利斯在他们撰写的一本题为《赢得人体内部的战争》的专著中所写的那样，小伙子的好景不长：“仅在短短的数分钟之后，他喘不过气来。他喘了两次，嘴开始麻木，并大口呼吸空气。他挣扎着张口呼吸，两只手紧紧抓住桌边。”与他一起进餐的一位朋友在一旁拍打他的后背。就餐的另一位朋友对他施用了海姆利克氏手法（在哽噎者的上腹部迅速向上施压，以将异物压出气管的手法——译注），这位朋友认为，他被一块牛排噎住了。然而无济于事，这时他喘着气，开始陷入无意识状态。

好在一位护理人员及时赶到现场，他看到这位不幸的食客的额头和面颊上出现红斑；他意识到：这位食客身上出现了急性变应性反应。原来是这位食客对带壳的水生动物过敏。这位食客哪里知道，“新法国”这道菜的佐料是由虾酱和其他成分配制而成的。给这位食客打了一针肾上腺素，他的呼吸道又畅通了，很快又恢复了知觉。

这种变应性应答叫过敏症，会全身发作，还有可能致命。干果，尤其是花生等食品也会在对这类食品过敏的人的身上引起严重反应，然而造成人们过敏反应的物质未必都是食品的某种成分。有一块石碑记载：埃及国王美尼斯（埃及统一后第一代国王——译注）于公元前2641年被一种昆虫蜇伤后死去。这一记载很可能是首次记述过敏症致死。然而，还有很多人也死于过敏症。据估计，美国每年有数千人死于过敏症。这些人往往在休克或窒息后死去。

好在数百万其他人（占美国人口的20%~25%）的变应性症状轻得多——鼻子流黏液、眼睛发痒、打喷嚏、荨麻疹，也许还有胃肠疼痛。然而，这些症状令人很难受，而且缓解这些症状每年要耗费数十亿美元。难怪医学界投入大量时间与精力来揭开变应性的秘密。

人体的免疫系统一出毛病就会出现变应性。侵袭人体的有害微生物一般都激发免疫应答。免疫应答保护人体不受感染。然而，由于某种原因，一些名叫变应原（能引起变态反应或过敏的物质——译注）的无害物质会激发过敏病人的免疫系统。

在户外，吸入的花粉往往会促使变应性发作。在室内，尘埃或具体地说令人讨厌的名叫尘螨的有八只脚的微生物会让人变应性发作。尘螨在多尘环境中大量生长，以脱落皮肤（毛发皮屑）的很小斑点为食，且在上面到处乱爬。蜘蛛的这些很小的亲缘微生物的粪便被人吸入体内就会患变应性鼻炎，出现打喷嚏、流鼻涕的症状。

有意思的是，猫的变应性的起因不是猫毛或猫毛的皮屑，而是猫用嘴舔皮毛时在猫毛上沉积的猫的唾液中的蛋白。连续3个~8个月，每个月给猫洗一次澡，猫身上就不再有唾液蛋白。仅作这样简单的处理，猫就不会出现变应性。

无论在什么变应原的作用下，都会引发一系列事件，结果会发作变态反应，有时发作来势之快令人吃惊。

致敏作用

在将变应原吃下、吸入或注入之后仅仅数分钟，就会出现变应性症状。原因在于过敏者以前接触过变应原（即受到致敏作用）。在发生致敏作用阶段，没有任何变应性症状，然而细胞的活性持续作用则可打开随后遇到一系列变应原的制约物。致敏作用可持续数周、数月，乃至数年，接着在第二次遇到变应原时会触发变应性应答。

假定已经吸入变应原，则在呼吸道的衬里开始出现致敏作用。在人体组织中四处觅食的一种名叫巨噬细胞的白血球会吞食并消化尘螨的排泄物或任何其他变应原。就是说，免疫应答已经开始。这时在巨噬细胞的表面出现源自自己消化的粪便的少量蛋白；某些 T 协助细胞的白血球从中识别它们。

人们对这一情况似乎还挺熟悉的吧？在发生典型的细菌侵袭过程中，恰恰就出现这一情景。我们在上一篇文章《人体的免疫系统》中已作过这方面的介绍。然而，在发生变应性致敏作用的这一时刻，活动方式略有差异。T 协助细胞所释放的化学物质激发 B 白血球产生抗体，这个过程与微生物感染中的一样。然而在感染过程中所产生的抗体，其类型则与变应性应答过程中所释放的抗体类型有区别。

依据抗体的一般结构和作用方式可将抗体分为 5 种：免疫球蛋白 IgG、IgM、IgA、IgD、IgE。

IgG 与 IgM 是在通常的病毒感染和细菌感染过程中产生的最常见的抗体；但是，IgE 抗体很罕见。可是，在 B 细胞大量释放 IgE 分子时而发生变应性致敏作用的过程中，情况可不是这样。这些 Y 形抗体分子于是以尾在前的方式与肥大细胞和嗜碱性细胞结合。肥大细胞源自骨髓，并在全身移动，在皮肤内和黏膜内固定下来，接着在遍布肺与内脏的组织中固定下来。嗜碱性细胞也源自骨髓，但它是一类白血球细胞。嗜碱性细胞在血流中循环。IgE 抗体对肥大细胞和嗜碱性细胞均有特殊的亲和力，而且在发生致敏作用之后布满这些细胞的表面（参阅图 1 关于致敏作用的详细示意图）。

在首次接触变应原之后生成 IgE 抗体需要数周时间。在这段时间里，变应原也许早已死去，然而已造成破坏。肥大细胞已发生致病作用，肥大细胞有胞衣的抗体的伸展支路耐心地等待着以捕捉适当的变应原，准备在第二次遇到变应原时就投入工作。随着第二次遇到变应原，即可出现变应性应答的第二阶段，即肥大细胞的活化。

肥大细胞的活化

在向人体重新引入特定的变应原后数秒钟内，这些变应原将与已在肥大细胞上的 IgE 分子结合。在变应原分子与相邻的两个 IgE 分子相连且交叉连接时，从肥大细胞中突发性释放出名叫变应性介体的化学物质。这些介体引起变应性症状，再者，如果超敏反应性很严重，患者会在数分钟内死亡（见图 2：肥大细胞活化详细示意图）。

在所有介体中，人们在研究中最下功夫的是组胺；当然，也数这种介

体最令人生厌。从 1911 年以来，人们早就知道组胺在变应性症状发作中起着很坏的作用。使组胺不起作用的抗组胺药以变应性间介作用为主。然而，可能还有其他介体，最主要的是前列腺素与白细胞三烯。不久的将来，实践很可能证明：将那些能将白细胞三烯作用中和的变应性间介用作抗组胺药物来缓解变应性症状很有价值。

变应性介体这组介体有种种作用，但这些作用都对人体很不利。这些介体在伤害人体的开始阶段，让小血管膨胀并渗漏。如果能继续将变应原抑制住，而且使其只与附近的肥大细胞结合，那么患者身上就会出现局部红肿与肿胀。蚊子或蜜蜂将人蜇伤后，往往会出现这一现象。变应原（毒液）还刺激人体皮肤的神经末梢，被刺激部位出现疼痛与/或充血。

在对人进行皮肤试验时，变态反应学家是在利用人体对某变应原的炎性应答。典型的皮试，就是在皮下接种致病剂。如果机体对某种特定的接种物存在超敏反应性，则在接种部位会发红、肿胀，出现疹块与皮肤红肿块反应。

然而，对于某些状态未必都像在诊所中那样能加以控制。有时，对变应原抑制不了，于是变应原进入循环的血液中。出现这种情况就很糟糕。将变应原送到遍布全身的致敏肥大细胞，从而广泛地释放介体。如果液体从血管渗漏入声带，声带就可膨胀，致使气管阻塞。上述在法国饭店就餐的男子就遇到这种情况。血管流失液体也可造成血压致命性下降。这就是变应性休克，是变应性反应过度致死的主要原因。

介体活性还造成平滑肌缩窄。这类平滑肌见于人体内部器官。肠的平滑肌缩窄时，可产生痛性痉挛和腹泻。在肺部的支气管中，平滑肌缩窄造成喘息和呼吸困难。在肺的气道中，黏液分泌增加，这是另一种变应性症状，只会使这个问题愈发严重。

变应性与哮喘（人们对哮喘并不完全了解）之间存在奇特的联系。哮喘发作时，支气管缩窄，呼吸艰难。吸入的变应原造成外源性哮喘病发作，而变应性介体则是这类哮喘病发作的根本原因。可是，哮喘往往在体内发作。在这种发作的一开始，并非是变应原造成的。激烈运动、情绪紧张和吸入冷空气等都会造成内源性哮喘发作，而且人们尚未真正了解其原因所在。

晚期反应

由肥大细胞活化起居间作用所造成的变应性应答进入急性发作阶段，这个阶段可持续 1 小时，而且有可能危及生命。然而变应性应答往往并不在这一阶段结束。在急性发作阶段平静下来之后，所谓的晚期反应症状会反复发作。

在约翰·霍普金斯大学和其他研究机构的实验室的研究作业已说明，晚期应答的出现与持续则主要归因于致敏嗜碱性细胞（白血球细胞被 IgE 抗体分子与肥大细胞包住）。先将致敏嗜碱性细胞吸引到肥大细胞活性活跃部位，再促使其分泌自身的变应性介体。尽管晚期反应是在急性发作逐渐消失之后数小时才起作用，但这种反应持续的时间更长，而且最终

会出现变应性的慢性症状。毫无疑问，有些花粉病患者有慢性症状则归因于继续存在、并很容易转为晚期的炎症。

从多方面看，可将变应性应答比作友军炮火所致，即己方人员被友军炮火误伤。在变应性发作的病人中，身体自身的免疫系统及其大量细胞与分泌物的作用失调，对身体的有害作用超过有益作用。

变应性发作主要归因于 IgE 抗体的生成量不当。如果医生能设法让 B 细胞不产生这类抗体，就可以不再出现变应性应答。这就是给变应性患者注射，设法使其变应性脱敏的主要原因。在脱敏过程中，给患者注射的时间长达数月乃至数年，结果带来麻烦的变应原越来越多。这种治疗方法与民间治疗宿醉（酗酒或吸毒后出现头痛、恶心等不适反应——译注）的老办法相像：用将受害者咬伤的狗的一小段狗毛来治疗患者。希望在于：少量变应原会诱发生成 IgG 抗体。这些 IgG 抗体在其尚未来得及触发 IgE 应答之前将变应原中和。

变应性发作的原因

这里，笔者想从 IgE 抗体的角度谈一谈。IgE 抗体确实是变应性发作的主要原因，然而人体的进化不会这样令人失望，以至于用大量时间与精力去生成对身体有害或完全无用的蛋白。尽管 IgE 抗体不能有效地消灭细菌与病毒，但它们是可用来对付诸如原生动物和极小的软体动物的较大的寄生虫。

线状丝虫的例子能很好地说明那种能促使 IgE 作出强有力应答的寄生虫类型。因蚊子叮咬流传开来的变应性在位于热带的很多第三世界国家流行。寄生虫开始在人体宿主（指寄生另一机体的动物或植物——译注）存在后，便迅速繁殖。一滴血可含数千条膜状的蠕虫寄生。最后，这些寄生虫将淋巴管阻塞，造成身体患部严重肿胀。腿往往肿胀得像象腿似的，因此给这种病起名象皮病。

在对付诸如丝虫等入侵者的过程中，很多专家发觉 IgE 的应答有所进化。这种寄生虫一进入人体，免疫系统即杀死大量的 IgE 分子；在变应性应答中，被杀死的 IgE 分子的数量是 IgE 分子生成量的 10 倍。在寄生虫最初入侵人体的 14 天内，各肥大细胞包上数 10 万这类抗体。这时，与某种寄生虫有任何接触可将已接触抗原的肥大细胞打开，使人体充满他们的变应性介体。这些介体造成患部肿胀并发炎来捕获这种寄生虫，避免其蔓延。

然而，为什么 IgE 抗体能行动起来对付草莓、巧克力、青霉素和香水呢？是否仅仅是因为它们的蛋白与有害的寄生虫的蛋白碰巧相似呢？在免疫系统看上去异常地执行机能中，是否还有我们尚不了解的更好的特意设计呢？再者，如果寄生虫会导致释放 IgE 抗体，那么为什么人们不厌恶自己的孩子呢？

任何人都没有真正了解变应性在进化论方面的意义，当然，如果确实有任何这种意义的话。变应性的随机性让研究人员感到很棘手。由于变应性的根本不可预测性，变应性的确趋于世代相传。约翰·霍普金斯大学的遗传变态反应学家戴维·马什相信，他已找到一种隐性基因（指只有在父母双方都有遗传，即只有在个体是纯分子情况下才表现出来的基因——译注）；这种基因至少可以部分地说明变应性敏感的成因。人们还搞不清楚

它的活动方式。进一步的研究是否能发现与变应性有关的基因呢？可能性很大。我们已经学到关于细胞与分子一级变应性应答的很多知识。然而，还有很多秘密有待人们去发现。

（楠静译）

花生酱变钻石

1957年，电视台播放了一部名叫《超人》的电视连续剧，这位传奇故事中的钢人一只手拿着一块煤，用他的X射线视力照射这块煤，并用超凡的压力将其用力挤压。过了一会儿，超人将手打开时，煤已不翼而飞。拿过煤块的手中会出现一块核桃大小、闪闪发光、晶莹剔透的钻石。

当然，超人并不存在，然而这部电视剧编导关于怎样才能形成钻石的想法抓住了要害，因为他们知道，这种显然不费吹灰之力就能生成钻石的可能性会极大地激发电视观众的好奇心。数千年来，人们一直将钻石看作珍宝，其中很大程度上归因于钻石的性质，还归因于钻石十分罕见。如果《超人》这部电视剧的观众已经了解到早在3年前实验室已将钻石复制出来，他们还会对这一绝技留下如此深刻的印象吗？

为了了解我们怎样才有可能生成矿石，即钻石，就需要了解它们在自然界的成因。

自然界的钻石制造厂

钻石生成的必要条件可归纳为热与压力。要是没有超人，那么自然界生成钻石的条件不是在地球表面，而是在地球内部。钻石在地球表面下的名叫地幔的岩石层中生成；而地幔在地球表面下至少100英里~300英里处。在这样深处的碳层，经过长达数百万年的漫长岁月并且在高压与高热的作用下，生成的钻石有南瓜那样大。多数钻石是在33亿年前生成的，可称岁月悠悠。实际上，钻石是地球上最古老的矿石之一，在地球上出现最早的生命时就存在。

名叫火山筒的很长、很窄的火山井状通道将钻石推到地球表面。与不带钻石的普通火山的火山筒相比，上述火山筒长得多，在地下深得多。据认为，钻石从地球内部冒到地球表面，其所需时间还不到一天，而且在没有任何熔岩流的情况下，钻石靠爆炸力喷射到地球表面上。任何人没有见过钻石喷发现象。

第一块钻石是4000多年前在混杂砾石与沙石的河床中发现的。以往，埋藏钻石最丰富的矿床一直在南非。那儿的钻石埋藏地区的发现纯属偶然。1866年，一名农家子弟在一条河岸附近发现一块“漂亮的卵石”。原来这块卵石是一块价值2500美元的钻石。1979年，在澳大利亚西部发现一个很大的钻石矿床。实际上，当今世界上天然钻石的最大生产基地在澳大利亚。扎伊尔次之。南非、博茨瓦纳和俄罗斯也是钻石的主要出产国（尽管在加拿大西北部已发现伴有钻石的火山管——这是在北美洲的首例这类发现，然而在美国尚未发现有商业开采价值的钻石矿）。世界各地的钻石矿的年开采量接近25吨。

近年来，能赢利的钻石勘探或开采没有很大变化。探矿人员一般通过在河中淘洗钻石，或通过石榴石等指示矿物而发现含钻石的火山管。地质学家都基本上了解在哪些地层能找到钻石，但寻找钻石的活动还是时而成功，时而失败。

世界各地的人都渴望找到这些年代久远的岩石，是什么东西这样有吸引力呢？

兽性

自古以来，我们一直在力求得到这些石块；古人认为，石块是天上掉下来的星块，或者一些水长期冻结的生成物。事实上，这些石块正像铅笔芯所用的“铅”那样（铅笔芯中根本不是铅，而是一种名叫石墨的碳），是大量的碳和煤块。这些物质之所以有区别，是因为它们的碳原子组合方式不同。

您也许还记得中学化学课本讲到过的碳原子与其他原子（包括其他碳原子）键合四次。在石墨这种最常见的碳形式中，原子键合形成层次。在每层中，碳-碳键的键合力很强，而连接上一层与下一层的键的键合力则弱得多（见图 1）。实际上，这些键的键合力很弱，因而一层碳很容易在另一层上滑动。从而石墨让人感到很滑，可用作润滑剂。

钻石则不然，它没有键合力很弱的键。各原子与其他四个碳原子键合的特点是：各原子构成棱锥体的角（见图 2）。

结果，紧密键合的原子构成紧密耦合的网络，从而使钻石的熔点特别高，硬度高得令人难以置信。（在单位给定体积中，钻石所含的原子数高于其他任何物质所含的原子数。）事实上，钻石是目前硬度最高的物质。钻石的硬度比硬度居第二的天然矿物的硬度高 5 倍，而且比任何其他物质（天然物质或人造物质）的硬度高 1 倍 [有一种物质可能属于例外：1993 年 7 月，人们合成一种名叫氮化碳（ C_3N_4 ）的物质，其硬度与钻石几乎不分伯仲。如果能去除这种物质中所含的杂质，科学家认为其硬度可以更高]。与任何其他物质相比，钻石也更加闪闪发光与晶莹剔透，因为它减慢光线的能力超过其他任何透明材料。在真空中，光的传播速度最快，达到每秒 18.6 万英里。在水中，光的传播速度减慢到每秒 14 万英里。窗玻璃减慢光传播速度的能力更强，降到每秒 12 万英里。在钻石中，光传播速度每秒低于 7.7 万英里！即比在真空中的光传播速度低 60%。

将光传播速度减慢有两重意义。一是光折射加剧（光从一种透明材料射入另一种透明材料时光传播速度减慢得越多，其折射越严重）。在光线射入钻石时，折射造成光线绕钻石内某段反射。很多反射造成光线可从钻石很多部位射出，从而使钻石显得晶莹闪亮。钻石晶莹闪亮的的能力令人惊叹。二是光线折射时，分成各种颜色，这个过程叫色散。光折射能力越强，其色散能力就越强。结果在钻石内生成多种不同的颜色，使得钻石不仅晶莹剔透，而且还闪烁着不同的颜色。

钻石的强度之高也令人难以置信。钻石不会受到盐、酸和其他破坏性化学物质的腐蚀。它不易受腐蚀，因而基本上不受各种元素的影响。其实，钻石一词源自硬石，意即“坚硬无敌手”。钻石基本上名符其实。然而，钻石由纯碳组成，在高温下能与氧化合为二氧化碳从而完全消失。钻石在无氧高温条件下能恢复为石墨，这是碳的更常见的形式。

闪闪发光，光彩夺目，硬度与强度无与伦比，难怪钻石如此珍贵。

宝石与砂轮

钻石十分珍贵，因而成为种种传奇故事的题材。大多数人都知道，世界上最著名的钻石之一名叫希望。迄今发现的钻石数名叫卡利南的钻石最大，这颗钻石是以其在南非产地的发现者卡利南命名的。它重 3106 克拉，约 $1\frac{1}{3}$ 磅，或 0.6 千克（1 克拉为 0.2 克或 0.007 盎司，约 142 克拉为 1 盎司）。自这颗钻石被发现以来，人们将其分成 9 大块和 96 小块。世界上最大的经过雕琢的钻石就来自卡利南，这颗名叫非洲明星的钻石重 530 克拉。经过雕琢的、大小名列世界第二的钻石也来自卡利南。

多数宝石级的钻石颜色透明，略带浅黄色。无色或略呈蓝色的钻石更稀少，更贵重。钻石也有红色的、绿色的、橙色的、棕色的与黑色的，其中红色的最稀少。一块钻石的最高售价为每克拉 926, 315 美元。

精加工的钻石一般都价值增加。钻石精加工包括劈开或“雕琢”与磨光等工序。钻石经雕刻成形，形成小平面。常见形状为圆形、梨形、直角形与卵形（见图 3）

多数精加工的钻石有 58 个小平面。精加工的钻石与未精加工的钻石相比，一般都更加熠熠发光，而且颜色更悦目。做到这一点是因为得益于小平面将钻石内较多部分周围的光线反射出来。钻石雕刻师都是经过严格训练的能工巧匠；他们在将钻石雕刻好之前，可以对钻石琢磨上若干年。

传奇故事中的钻石总是宝石，然而，实际上世界各国开采出来的钻石只有一小部分变为首饰。多数钻石都很小，不完全透光，呈灰色或棕色。这些钻石的质量不够高，算不上宝石，但是它们的硬度与强度都很高，可广泛应用于工业上。显而易见，也许可将它们用于雕刻其他钻石；或在汽车、卡车、火车、飞机和各种机器的制造中将它们镀在刀具上对所需要的坚硬的金属部件进行切割与成形；或将它们粉碎成细磨料或细粉末，用作研磨与磨光坚硬物质表面的磨料；或将它们镀在钻头尖上，用于钻透岩石，以便于矿山开采与进行地壳研究，还可将它们用作电唱机的唱针。

钻石的价值这样高，又无比美丽，而且硬度无与伦比，用途十分广泛，因而想方设法复制天然钻石就很有意义了。所谓复制就是在实验室造出钻石，而不是等着钻石从地球内部喷出（别将人造钻石与诸如方体锆等仿造钻石搞混；方体锆根本不是钻石。仿造钻石的亮度、强度或硬度都比不上真钻石）。

增 压

这种想法并无新意。科学家们对钻石研究了数个世纪，而且自 19 世纪初以来一直在设法合成钻石。1797 年，英国有一位化学家通过实验说明，钻石几乎是纯碳，而且与煤和石墨相比只是外形不同而已。1828 年，有多名化学家声称，他们利用溶液已实现钻石晶体生长，然而他们都错了。他们只是实现了氧化铝与氧化锰（即生成钻石的黄铁矿）而已。其他人则声称利用电弧炉或其他加热器已制成钻石。这些最初的尝试存在的问题是，他们只注意了温度因素。只是在 1866 年发现南非有钻石，而且接着广泛开采钻石之后，钻石生产者才认识到压力在钻石生成过程中的重要作用。

物理教科书将压力定义为单位面积上承受的力。压力的英制计量单位为磅/平方英寸。海平面的大气压力约为 14.7 磅/平方英寸。该压力值称为一个大气压。压力测量采用很多其他单位，例如托（真空压强单位，相当于 1 毫米水银柱的压强——译注）、帕（压力、压强单位，牛顿/平方米——译注）与巴（达因/平方厘米——译注）。本文将大气压用作压力单位。

钻石生成的要素

为什么制取钻石的难度这样大。为什么生成钻石需要这么多特别的条件？钻石是纯碳，进行痕量杂质的交换，而且碳就如人们呼吸的空气那样极其普通。塑料的主要成分是碳，木材的主要成分是碳，我们人体的主要成分也是碳。水则是例外。名叫有机化学的整个工业与学科都是以碳为基础的。碳化合物比所有非碳化合物加在一起还多得多。既然如此，为什么钻石还这样稀少，而且组合在一起的难度又这样大？

仍然与其键合方式有关。那些生成石墨的碳键很容易形成，它们是低能键。而形成钻石的键则不然，其所需的能量高得多。必须将原子挤压在一起，使之在高温下将这些键黏在一起。这好比将球从山下滚往山上，其中球为石墨，在山脚；山顶为钻石。从山下滚到山顶不容易，留在山顶也不容易。在温度与压力都足够高的情况下，球能向上滚到山上，而且能留在山上，不至于又滚回山下。就是说，在温度与压力都足够高的情况下，我们能造出钻石。

钻石制造机

压力是个大问题。20 世纪初，从事高压研究的多数实验室还做不到让持续压力超过 3000 个大气压。压力超过这个数值时，系统会损坏或漏泄（请记住，3000 个大气压的压力是很大的数字。海洋最深处的压力只有 1000 多个大气压。但是，还不足以生成钻石）。

珀西·布里奇曼是一位很有发明才干的实验家，他将压力研究上了一个档次，乃至好几个档次。他用了毕生精力（50 年）从事高压研究。1905 年，他将 1 台机器加以改装后产生高压，取得了 7000 个大气压的压力，即每平方英寸 50 吨的压力。1910 年，他获得的压力超过 2 万个大气压。随后的 20 年间，他对数百种化合物进行高压试验后发现了这些材料的一些新性质和新的结晶形式。在室温下，他能将水变成冰。

到 30 年代，布里奇曼着手改进他的高压设备的设计，最终获得了 40 万个大气压，即每平方英寸接近 3000 吨的压力！这样大的压力肯定足以生成钻石。布里奇曼用了 2 年的时间将一个又一个石墨样品放进他的高压舱中试验，其目的是生成贵重的宝石。没有成功。压力不能持久，或者高压下温度不尽如人意。布里奇曼以为他已接近目标，但离实现目标还不够近。现在，人们已经搞清楚，生成钻石的条件是要求温度至少为 1800 °F (1000)，并将这种状况持续一段时间。

珀西·布里奇曼作出了一切努力，但是从未获得一块钻石单晶。然而，1946 年，他因投入毕生精力在高压研究领域取得的成就而荣获诺贝尔物理学奖。

为了了解制取金刚石下一篇章的不凡业绩，我们必须越过大西洋看看瑞典斯德哥尔摩的情况。ASEA 是位于斯德哥尔摩的一家大的电气公司；该公司认真从事钻石制造。巴尔查·冯普拉登是 ASEA 公司钻石项目的主要人物，人们称他为“天才狂人”；他极其古怪，而且由于某些原因颇为狂热。他因想发明第一台永动机来解决世界上日益突出的能源问题而一举成名。为了实现这一目标，他宣布热力学第二定律不成立（热力学第二定律指出，物体做功时总是失去能量，在能量得不到不断补充的情况下，机器不可能永远转动）。

然而，冯普拉登在实验室中干得很出色。他在 ASEA 公司设计了一台所产生的压力超过 6 万个大气压的钻石制造机。他对 ASEA 公司中愿意跟着他干的人都加以鼓励。埃里克·伦德布莱德就是这中间的一个人，他身材魁梧，仪表堂堂，是该公司都知道的生活舒适、讲究吃喝的人。1953 年 2 月 16 日，他默默地作出了值得载入史册的业绩。他将石墨放在 8.3 万个大气压的高压高温下整整 1 个小时，制成了世界上第一块合成钻石。到此，制造钻石的竞赛告一段落。

当时果真有这种情况吗？由于无法说明的原因，ASEA 公司决定：对该公司的这项历史性成就的专利的态度是不宣布、不公开、不归档，保持沉默。在科学界，为了让试验结果得到承认，必须发表试验结果，再让其他科学家去重复验证。而这一切都没有发生。罗伯特·黑曾写过一本题为《新炼金术士》的专著。他在这本论述钻石制造的权威性著作中谈到：“在这件事发生之后很多年，冯普拉登对 ASEA 公司不宣布人造钻石的问世深表遗憾。由于未能让世界分享他的秘密，巴尔查·冯普拉登失去了一举成名的极好机会”。

人造钻石的竞赛仍在继续！

为了了解人造钻石史的最后篇章，我们必须再次横渡大西洋来看看美国的情况。1950 年，美国通用电气公司答应制造人造钻石。该公司是根据托马斯·爱迪生的设想而设立的，截止 1950 年该公司已率先搞了无数发明与改进，其中有长寿命钨丝灯泡、荧光灯、电冰箱、空调设备、现代 X 射线管 and 电车，而且他们正在制造第一颗人工钻石。

该公司实验了两次。

1954 年 12 月 8 日星期三晚上，研究科学家赫布·斯特朗在他的高压舱中放进一件炭黑粉末样品，将压力加大到 5 万个大气压，将温度升到 2280 °F (1250)，将该样品“熬炼”16 小时（比他以前作过的 150 次尝试所用的时间长得多），得到了两小块人造钻石。

1954 年 12 月 16 日，星期四，通用电气公司的另一位名叫特雷西·霍尔的科学家将一块石墨碳放在 10 万个大气压、2900 °F (1600) 中 38 分钟。当打开高压舱时，霍尔回忆道：

……我的双手开始发抖。我的心跳得很厉害。我的腿发软，站不起来。当时我激动不已，难以自制，我得找个地方坐下来！

八面体数十个三角形表面在我眼前闪闪发光……我知道，人造钻石最后取得了成功。

这场制造人造钻石的竞赛真的告一段落。然而谁是这场竞赛的优胜者呢？是斯特朗，还是霍尔？从逻辑上说，斯特朗本应成为优胜者，是他最早做试验的。然而，他的试验结果未能再现，而再现性对于科学上的任何

主张被人确认与接受来说是至关重要的。霍尔的试验结果可以再现。随后几年，专家们也广泛地研究了斯特朗制成的两种晶体，并断定这两种晶体无法实现人造。这些晶体很大，其形状与颜色都不对，而且它们的X射线图与红外线谱（波长0.75微米至1000微米——译注）表明，这些特点只能在天然钻石中见到。

因此，第一块人造钻石是特雷西·霍尔于1954年12月16日在通用电气公司他的实验室中造出来的。

此后，制取人造钻石成为屡见不鲜的工作。利用任何富碳源都可制成人造钻石。下面又是引自《新炼金术士》一书的一段话：

1955年12月冬天，有一天天很冷，罗伯特·小温特沃夫走到当地的食物合作商店……买了一瓶他爱吃的花生酱。回到附近的通用电气公司他工作的实验室，他舀出一匙花生酱，将其放到高温与高压的环境中，并完成最后一道烹饪绝技：他将花生酱变为钻石的细小晶体。

例如，人们已利用塑料、糖、木材、铺屋面的沥青与卫生球片等制成了钻石（实际上，本文的标题本来是可以取《卫生球变钻石》的）。

在目前使用的钻石中，合成钻石占80%以上。其年产量超过100吨。然而，它们主要是工业用的钻石，而不是装饰手指、手腕或耳垂的钻石。尽管实验室已制成超过14克拉的大块钻石，但是制造价格十分昂贵。最好还是让自然界出宝石吧。

（黄海元译）

揭示物质秘密的艰难历程

昨天，3名科学家因发现宇宙中的最小物质而荣获诺贝尔奖金。原来这种物质是丹尼家的牛排。

杰伊·莱诺

那是1990年，理查德·泰勒、杰罗姆·弗里德曼与亨利·肯德尔3名科学家因其用实验方法证实夸克的真实性而荣获诺贝尔奖金（实际工作于60年代末完成）。众所周知，夸克是构成物质的最基本的、看不见的的基本粒子。他们的发现是一直可追溯到公元前600年的有极大吸引力的探索工作的一个侧面，这种发现也可追溯到古希腊3名哲学家的仔细思考。

古希腊人

这个世界极其复杂，由数百万种、数十亿种乃至数万亿种不同物质组成。这种复杂性并未被哲学家与科学家很好地接受，这些人都确信世界的内在简单性。阿尔伯特·爱因斯坦说：“自然界，尽管难以理解，应当既简单又美丽。”一定会有一种或多种基本物质（即物质的结构单元），这些物质结合在一起形成现在这个世界。

泰勒斯（公元前624年至前546年，古希腊哲学家、数学家、天文学家，“希腊七贤”之一，认为水为万物之本源——译注）确信基本物质为水。的确，为什么不是水呢？基本物质肯定普遍存在，再者将多数物质加热会释放水。水也是可以很方便地变为固态、液态与气态三态中的任何一种的少数几种物质之一。然而，泰勒斯又错了。

后来的恩培多克勒（公元前490年至前430年，古希腊哲学家、诗人、医生，持物活论观点，认为万物皆由火、水、土、气4种元素所形成，动力是爱和憎，爱使元素结合，憎使元素分离——译注）则同意泰勒斯的观点，然而他认为存在火、水、土、气4种元素，这4种元素形成万物；后来亚里士多德（公元前384年至前322年，古希腊哲学家与科学家，柏拉图的学生——译注）及其拥护者也持这种观点。他认为，物质呈现的形式多种多样，几乎无穷无尽，是这些元素结合的结果。例如，骨头由2份土，2份水和4份火组成。恩培多克勒还认为，元素结合需要力，即爱与憎这两种动力。亚里士多德也提出两种宇宙力，即浮力与重力。

公元前420年前后，出现了德谟克利特（约公元前460年至前370年，古希腊唯物主义哲学家、原子论创始人之一——译注）。他因提出原子论而一举成名；所谓原子是物质能获得的很微小的、互不关联的、看不见的粒子。在闻到新烤好的面包片散发的香味时，他提出这是原子在起作用的设想（在希腊语中原子一词表示“不可分割”）。他是怎样闻到香味的？很简单。是因为原子从面包迅速地移向他的鼻子，然而原子太小，肉眼看不到。而且，原子并不完全是面包原子。更确切地说，少量形状不同的原子能以各种不同方式结合成面包、酒……或任何其他物质的粒子。有甜味的东西主要由平滑的原子组成。有苦味的东西由轮廓分明的原子组成。液体由圆形的原子组成，金属由互相啮合的原子组成。

尽管现在科学家们并不赞成由各种形状的原子组成物质的观念，然而

他们对德谟克利特的洞察力感到惊奇。这位古代的数学家与天文学家，在不用仪器研究物质构成的情况下提出了非常深奥微妙的概念。德谟克利特说，“没有东西存在”，“除了原子与空的空间以外，所有别的事物仅仅是看法而已”。他说得很对。

接受原子论

然而，要人们接受原子论并非容易，因为原子论向亚里士多德的教诲提出了挑战；亚里士多德认为，物质是连续的，而不是粒子。这种概念假定物质（例如钉子）可以无穷尽地分为更小的部分。而粒子论则假定存在不能再分割的铁粒子。

在以后的几个世纪里，没有出现什么理论能取代原来的气、土、水、火的物活论观点。敏锐的科学家经过仔细研究，将这4种元素扩展到包括盐、硫、汞、油、酒精、酸、碱和粘液（人们不能忘记黏液）。亚里士多德的非粒子宇宙观占统治地位，然而德谟克利特关于不可分割的原子的观念不会消失。例如，化学家们发现，如果将气体看作一大群气体原子的话，能很好地解释气体的行为。元素化合成化合物（例如氢与氧化合成水），其重量比恒定不变，使人联想到元素的原子结构。

很多伟大的科学家都同意原子学家的宇宙观，因为能证明物质的基本微粒性质的证据在继续增加。伽利略与牛顿都是原子学家。粒子论看来讲得通。

最后，约翰·道尔顿（1766—1844，英国化学家、物理学家，提出有关气体分压的道尔顿定律、倍比定律和最初的原子量表——译注）于1808年将当时大量主要的科学思想纳入一种连贯论（指按各命题间的连贯性检验真理的理论——译注）。那时，化学家们已发现20多种元素；他们根据元素的重量将元素排成一张周期表。道尔顿提出，每种元素由其特有的原子及其特有的重量组成。这些原子组成化合物分子，每种化合物都有自身原子的独特混合。例如，水的分子式为 H_2O ，由水分子组成，每个水分子由键合在一起的2个氢原子与1个氧原子组成。人们终于搞清楚物质难以捉摸的结构单元。嗯，这样说还不太确切，然而这是个开始。

将不可分的原子分开

在整个19世纪，继续发现一系列新元素。到18世纪末，已发现大约50种元素，每种元素均具有其独特的不可分的原子。后来，X射线管的试验结果开始令人对原子的不可分性产生怀疑。关于物质结构既美丽又简单的模型荡然无存，引用托马斯·赫克斯利的话来说，这是“科学上的大悲剧”的表现，“一件丑陋的事实扼杀了一种美丽的假说”。

一块广告牌的霓虹灯是一种阴极射线管。一只电视显像管是一种阴极射线管。然而，在20世纪，一只阴极射线管仅仅是已抽成真空并充满一种特定气体的一根密封的玻璃管而已。玻璃管每一端配有一金属附件，便于电池通过它发送电流。将电池接好，明亮的窄光束透过玻璃管向外发射。这一结果对科学家们有很强的吸引力，在这之前他们对明亮的光束怎样构成一无所知。

约瑟夫·约翰·汤姆逊在剑桥大学著名的卡文迪什实验室工作。他设法寻找有关答案。他用一些磁铁和带电板极将光束偏转来表明光束的粒子性；粒子有密度并带负电。出人意料的是，无论气体是否在阴极射线管中，束粒子的质量与电荷保持不变。显而易见，束粒子并非由充满玻璃管的气体原子组成。粒子的质量之小令人吃惊：它比所有原子中最轻的氢原子至少轻 1000 倍。汤姆逊发现了电子。

科学家们不得不接受原子并非不可分这样一个令人吃惊的事实，存在一种更小、更基本的粒子。如果这些带负电的电子是原子的组成部分，那么它们不会是原子的唯一组成部分，因为原子一般呈中性，而且其质量比电子大得多。原子必然还存在一个大得多、带正电的组成部分。汤姆逊认为，原子的绝大部分由这种大的带正电的实体（一块海绵似的面团）组成，而且电子分散在这一实体中，正好像葡萄干分散在葡萄干布丁中那样。

这种将原子看作无穷小的葡萄干布丁的模型看上去还挺合理，却被欧内斯特·卢瑟福（1871—1937，英国物理学家，生于新西兰，因对元素衰变的研究获 1908 年诺贝尔化学奖。1911 年，他通过 α 粒子散射试验发现原子核，并据以提出核型原子模型——译注）的一项试验无情地否定；这项试验是史无前例的伟大科学试验之一。卢瑟福是一位才华横溢的新西兰人，19 世纪末 20 世纪初他在放射性这一新发现的现象中做了大量工作。并因此荣获 1908 年诺贝尔化学奖。这一发现也为他所作出的最伟大的发现（发现原子核）创造了条件。下面将扼要地介绍他是如何发现原子核的。

卢瑟福知道，放射性物质发射不同的粒子。其中一种粒子叫 α 粒子。它是由镭等放射性物质发射的。 α 粒子是密度相当高的带正电的射体。如果 α 粒子射中一张薄金箔，就应当正好穿过布丁似的金原子。可是金原子具有其自身的负电荷与正电荷，会使 α 粒子略微偏转。在记录这些轻微偏转的基础上，可在一定程度上确定金原子的性质。

为了检验自己的假设正确与否，卢瑟福将一小块镭放在一个带小孔的铅容器中。他将小孔对准一片薄金箔。将金箔完全围住的硫化锌屏蔽在被 α 粒子击中时会闪亮。这时，他需要做的全部工作就是坐下来观察屏蔽上哪些部位出现闪亮。

正如预测的那样，多数 α 粒子要么正好穿过金箔，要么略有偏转。但有极少的粒子（约八千分之一）实际上是从金箔弹回。正如他后来所说的，这些现象使他大吃一惊。“这是有生以来我遇到的简直最难以置信的事件。这好比您向一张薄纸发射一发 15 英寸的炮弹，它返回来击中您。”

必须再度修改原子模型。到 1911 年，卢瑟福提出经改进的新模型。原子并不是布满很小的电子的一团海绵。电子根本不是嵌在布丁中，而是绕着位于原子中心的一个很小、密度很大的原子核高速转动。卢瑟福提出的关于原子结构的理论认为，这种结构是在核子与旋转的电子之间只有空的空间的极小的太阳系。这种理论取代了汤姆逊提出的关于原子结构的葡萄干布丁设想。那么，这一空间有多大呢？利昂·莱德曼在他撰写的《神粒子》一书中作了以下比拟：“为了了解卢瑟福所说的原子，如果我们将核子比作豌豆大小（其直径约为 1/4 英寸），原子则是半径为 300 英尺的一个球。”

对，说得对，一块实心的钢块有 99.9% 空的空间。只有亚原子粒子之间静电力的相互作用才会造成固体的错觉。

卢瑟福及其课题组成员尚未大功告成。卢瑟福的学生之一欧内斯特·马斯登发现：原子核由更小的粒子组成，这些粒子的质量几乎比电子大 2000 倍，但其电荷大小与电子相等，而方向相反。这些粒子名叫质子。

氢原子的原子核只有一个质子。质子组合而成为较重的原子核。

1932 年，即发现质子之后 12 年，英国物理学家詹姆斯·查德威克先生发现了原子核内的第二种粒子。这种粒子的质量与质子的质量几乎相等，但呈电中性，因而取名中子。看来，中子发现后就可以全面地勾画原子：特别重的质子与中子组成密度很大的小小原子核，特别轻的电子绕原子核旋转。量子论有助于确定绕原子核有多少电子。人们已经最后揭示了物质最基本的破坏不了的粒子的秘密。这种说法对吗？错啦。更基本的粒子还有待发现，人类在经历发现它们的历程中迈入物理的现代时期。

探索更基本的粒子

在发现原子核及组成原子核的粒子中起关键作用的因素是放射性元素镭。罗伯特·克里斯与查尔斯·C·曼合作撰写了一本题为《第二次创造》的书，引用他们的话来说：

剑桥大学卡文迪什实验室中的这 1 克镭正是揭示更基本的粒子的秘密的精品……将这 1 克镭放在用铅砖砌成的一种炉子内；这个炉子放在实验室顶部围有蒙皮的塔内。放置镭的特别重的匣子被视若圣坛；只有得到信任的极个别的人可以靠近它。

用镭衰变过程中释放的 α 粒子轰击原子核，揭示原子核的亚原子性质。然而，卢瑟福及其学生曾经成功地采用的这些粒子实际上其内能很低。尽管运用足够大的能量可以促使从原子结构看显得肥大的原子核破裂，并揭示原子核的组成，但是探索质子与中子本身的结构则需要运用能量大得多的粒子；而这些粒子将从粒子加速器获得它们的能量。

这些装置只有一个目的，那就是将电子与质子等带电粒子加速，然而将一种粒子轰击成另一种。粒子的运动速度越高，其拥有的能量越大，它们探测靶核的效果就越好。工作程序并非特别深奥。有一位物理学家将这项工作比作“将两块十分精美的瑞士手表一起打碎，接着通过迅速散开的嵌齿轮与螺丝来设法搞清楚这些手表是怎样设计的”。

50 年代，美国斯坦福大学的罗伯特·霍夫施塔特将一束能量较低的电子瞄准一桶液氢。电子轰击只有一个质子的氢原子核，而自身则偏转或散射。科学家利用散射图就不仅可以确定氢原子的大小，而且还可以确定质子的正电荷分布，这是一项荣获诺贝尔奖的成就。

1968 年，利用能量高得多的电子束重复了这项试验，出现了区别十分明显的质子图像。这是分辨率更高的图像；据利昂·莱德曼说，从这一图像中“可见到有 3 个十分小的东西在质子内部各处运动”。显而易见，甚至质子都不是实心的，并非不可分，并不是最基本的粒子。

这 3 个很小的东西是能证明夸克存在的真实性的最早的试验证据。在这之前的数年前，荣获诺贝尔奖的理论家默里·盖尔曼就设想夸克的存在，但他认为夸克只是数学构造而已。夸克每 3 个一组进行“交往”让他想起了詹姆斯·乔伊斯撰写的《芬尼根的行踪》一文中的一句话：“用作集合标志的 3 个夸克”。因此，他将粒子称作夸克。当时多数物理学家认

为，盖尔曼设想的夸克与乔伊斯写到的夸克是一个意思。立刻有越来越多的人谈起夸克。

60年代以来作了很多试验，让电子与质子相撞，让质子与质子相撞，让质子与反质子等其他亚原子相撞。粒子的速度与随后由此产生的能量稳定增长。由于开展这些高能碰撞研究，力求获得基本粒子图像的散射研究才能逐渐成为研究重点。然而，粒子加速器已作出的成绩远不止这些。以接近光速实现这类碰撞已完成了令人吃惊的另一项业绩：这些碰撞已创造了以前从未见过的一系列新粒子……这些粒子多达数百种，科学家们将其称作核粒子园。

这种情况是怎样形成的？上帝难道不是能造就一棵树或一种基本粒子的唯一的神吗？上帝与粒子加速器。根据爱因斯坦提出的 $E = mc^2$ 方程（该方程表示创造很小的质量，需要很多的能量（参阅《一切事物都是相对的：狭义相对论》一文），高能粒子碰撞时，它们的能量可变为质量。能量更大的碰撞能产生更大的粒子。其中多数粒子不稳定，稍纵即逝。量子理论家们认为，空的空间充满大量的这类粒子；在以足够大的能量作瞬息碰撞时，这些粒子时隐时现。可是，为什么会有那么多不同的粒子呢？

我们来谈谈夸克，将这3种夸克变为盖尔曼的夸克。盖尔曼指出，将上夸克、下夸克和奇异夸克这3种不同的夸克组合可以形成核粒子园的所有粒子或几乎所有粒子。如果他说得对，夸克确实就是自从德谟克利特以来，每个物理学家一直都在寻找的那些“原子”。

盖尔曼说得对，然而，他提出的模型并不完全。70年代，又发现2种夸克，叫粲夸克与底夸克。（您喜欢这些名称吗？）最后，科学家们于1994年在费米实验室利用世界上功率最大的粒子加速器发现第6种夸克，这很可能是最后一种夸克（费米实验室的粒子加速器设置在从伊利诺斯州的芝加哥驱车1小时即可到达的地点。这台加速器是由管径比消防水管还窄的不锈钢管组成，它被弯成长4英里的圆环，埋在一块经过改建的玉米田下面30英尺处。这台加速器蜿蜒穿过上千个电磁体；这些电磁体引导高速运动的质子与反质子发生对头碰撞。与这台加速器相接的是一个十分庞大的、重5000吨、高3层楼的碰撞探测器设备。这是任何文明社会已建造的设备中最大的一种）。

现在，这6种夸克已成为所谓的标准模型的一部分。

标准模型

建成这种模型是一大胜利，是物理学探索、发展历程2500年以来的最伟大的成就。这是得到实验证明的理论上的一项伟业；简而言之，它对创世大爆炸（一些学者认为，这次爆炸发生于100至150亿年前，宇宙由此形成——译注）以来存在的所有事物以及目前的所有事物都作出了解释。总之，它说明了宇宙是怎样形成的。根据斯坦福模型，物质是由夸克和轻子这两类基本上不同的粒子组成的。

夸克

前面已谈到，有6种夸克（即上夸克、下夸克、奇异夸克、粲夸克、

底夸克和顶夸克)以及名字起得稀奇古怪的味(味指一种用以区分不同类型的夸克及不同种类的轻子的性质——译注)。各种不同的味实际上指量子力学性质,因为所有夸克的味道都好得很,犹如童子鸡(每种有味的夸克有3种不同“颜色”,反映量子上的很小差别)。

夸克包括又大又重的基本粒子。实际上,顶夸克特别大,重量为质子的200倍,与整个金原子几乎一样大。夸克之所以难以发现,根据 $E = mc^2$,它的形成需要很大的能量。有意思的是,只有在普通物质中才能发现上夸克与下夸克。质子由2个上夸克和1个下夸克组成。中子则由2个下夸克和1个上夸克组成。其他味则2个~3个为一组结合成粒子加速器的粒子园的奇异的产物。(来自空间的高能辐射叫宇宙射线,在其轰击地球时,产生自然界的异常粒子。宇宙射线主要由质子组成,它与大气的原子碰撞,产生短寿命的异常粒子。通过研究宇宙射线轰击发现了第一个反物质粒子,即正电子或反电子。)

决不会单独发现夸克,尽管在创世大爆炸大量爆发热量与能量时,单个的夸克则有可能存在不到一万亿分之一秒。

轻子

轻子是质量轻的基本粒子。正如夸克的情况一样,也有6种轻子。其中包括电子、 μ 子和 τ 子(所有这些粒子基本上相似,只是质量不同)以及3种完全无质量的粒子,叫中微子。在所有轻子中,只有电子是普通物质的组成部分。

这就是关于夸克的基本情况。当然,您很想知道,一种夸克为什么总是与别的夸克结合。或者开灯时,灯泡为什么会亮。或者棒球被唐·马丁利的球棒打中为什么行程为400英尺。为了了解这些现象,我们必须更仔细地考察另一类粒子,即传送力的粒子。对,事情变得越来越离奇。

但愿力能与您常在

宇宙有4种基本的力。我们都熟悉其中的两种力,即电磁与重力,因为我们日常生活的世界中发生的现象都与它们有关。然而,在亚原子级,其他两种力在起作用。这两种力是强相互作用与弱相互作用。强相互作用将夸克结合在一起,甚至将质子与中子一起留在原子的原子核中。弱相互作用促使放射性衰变以及某些粒子的分解。

就标准模型而言,这些力之所以令人感兴趣,是因为它们都由名叫玻色子(以20世纪印度数学家和物理学家S. N. Bose的姓命名——译注)的基本粒子起中介作用。可使夸克黏在一起的强相互作用得益于一些粒子,把这些粒子称作胶子较贴切。借助于胶子,夸克似乎起到亚原子热土豆的作用,那就是将夸克有效地结合起来。光子是电磁力的介体。受热物体发光,是因为被激励的电子放射出光子。磁铁吸引一块铁,是因为两者之间交换光子。在中外场打本垒打,挥出的球棒将飞来的球弹回或打掉,是因为在击球过程中进行了光子交换。

弱相互作用由以下3种粒子起中介作用,即带正电的W粒子(W^+ 粒子),带负电的W粒子(W^- 粒子)和Z粒子。尽管它们都是力,而不是物质粒子,

但是 W 粒子和 Z 粒子都有质量，而且多少有点物质。这 3 种粒子的重量分别约为一个质子的 80 倍。50 年代，理论上提出的 W 粒子与 Z 粒子到 1983 年才在试验中证实。只是到那时才能够在粒子加速器中产生足够的碰撞来产生这样大的粒子（请记住： $E = mc^2$ ）。

这样一来，我们就有了重力，即在有质量的物体之间存在的万有引力。这个力比电磁力弱 10^{41} 倍，确实是个 10^{41} 倍棘手的问题。重力的介体是一种名叫引力子（指由理论推导得出的一种假设作为引力场量子的粒子——译注）的粒子。迄今人们尚未发现这种粒子，也许是因为这种粒子太大，也许是因为这种粒子并不存在。物理学家并不喜欢重力，因为他们尚无法让重力服从他们的意志。只有重力一种力的方程不完全符合其他 3 种力所拥有的量子数学式。为此，物理学家们很伤脑筋；物理学家们认为，所有这些力互相有关，它们实际上就是创世大爆炸之后 10^{54} 分之 1 秒极其短暂地存在的那个唯一的力。冷却将力分离，正如冷却将物质粒子分离那样。

尽管存在重力，标准模型仍然起作用，还挺管用。此刻，该模型只是不完全而已。重力不是唯一失踪的粒子。很多物理学家都认为，存在一种神秘的伙伴，叫希格斯(Higgs)玻色子，这种玻色子与各种其他粒子相互作用，使这些粒子具有质量的特性。诺贝尔奖金获得者利昂·莱德曼将希格斯玻色子称作“神粒子”；他认为，这种玻色子的发现对了解神、宇宙和一切事物来说是至关重要的。

据称，使用超导超级对撞机是为了发现希格斯玻色子。这种超级对撞机应是一台长 54 英里的环形加速器，其功率比现有任何对撞机高数倍。然而，美国国会认为，这台超级对撞机造价 110 亿美元，太昂贵了，终于在 1993 年 10 月，这个项目被放弃了。也许您还记得这一事件。这一时刻，粒子物理学家所作的努力在失望中消失殆尽，但是他们又在作新的努力。

爱因斯坦寻求他所说的“世界既简单又清晰的形象，即一项原则就可以说明各种力与形形色色的粒子之间令人迷惑的差异”。从某种意义上说，我们目前对宇宙的了解，在这方面是失败的。即使在宇宙最基本的一级，有 6 种夸克、6 种轻子和 5~6 种的力粒子。每种夸克有 3 种不同颜色，8 种不同的胶子，而且每种物质粒子都有其反粒子，因而共有 60 种基本粒子。今后是否会揭示组成这 60 种粒子的更小的、更基本的粒子？物理学家们不相信这种前景。我认为，他们决不会在丹尼家吃饭。

（黄海元 译）

书 名 火星：我的第二家园
编 著 者 [美]巴里·E·齐然尔曼戴维·J·齐然尔曼
责任编辑 左衡
出版发行 江苏人民出版社
经 销 江苏省新华书店
地 址 南京中央路 165 号
邮政编码 210009
印 刷 者 扬州印刷总厂
开 本 850×1168 毫米 1/32
印 张 9.125 插页 2
印 数 1—10170 册
字 数 232 千字
版 次 1998 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号 ISBN 7—214—02145—5/G·662
定 价 12.60 元
(江苏人民版图书凡印装错误可向承印厂调换)

