

简介

《万物简史》

作者：[美] 比尔·布莱森

翻译：严维明 陈 邕

接力出版社出版 2005 年 2 月第一版

关于本书：

这是一部有关现代科学发展史的既通俗易懂又引人入胜的书，作者用清晰明了、幽默风趣的笔法，将宇宙大爆炸到人类文明发展进程中所发生的繁多妙趣横生的故事一一收入笔下。惊奇和感叹组成了本书，历历在目的天下万物组成了本书，益于人们了解大千世界的无穷奥妙，掌握万事万物的发展脉络。

书中回溯了科学史上那些伟大与奇妙的时刻，引用了近年来发现的最新科学史料，几乎每一个被作者描述的事件都奇特而且惊人：宇宙起源于一个要用显微镜才看得见的奇点；全球气候变暖可能会使北美洲和欧洲北部地区变得更加寒冷；1815 年印度尼西亚松巴哇岛坦博拉火山喷发引发的海啸夺走了 10 万人的生命；美国黄石国家公园是“世界上最大的活火山”……而那些沉迷于科学的科学家们也是千奇百怪：达尔文居然为蚯蚓弹起了钢琴；牛顿将一根大针眼缝针插进眼窝，为的只是看看会有什么事情发生；富兰克林不顾生命危险在大雷雨里放风筝；卡文迪许在自己身上做电击强度实验，竟然到了失去知觉的地步；发现第一批陆地动物鱼甲龙化石的瑞典古生物学家贾维克居然数错了手指、脚趾的数量，还把化石藏了 48 年不让别人看……

本书在讲述科学的奇迹与成就的同时，还浸润着浓郁的悲天悯人的人文关怀。全书从科学发展史的角度对“我们从哪里来？我们是谁？我们到哪里去？”这一千古命题作了极为精当的阐释，每一个人在阅读此书之后，都会对生命、对人生、对我们所生活的世界产生全新的感悟。一位美国小读者的父亲说，读过《万物简史》之后，他对死亡不再感到恐惧……作者认为，这是一本书所能获得的最高评价。

本书 2003 年 5 月在美国出版后，连续数十周高居《纽约时报》、《泰晤士报》排行榜最前列，荣登亚马逊网站 2003 年度十大畅销书之列，在年度科学图书排行榜中，本书更是勇夺桂冠。2004 年初，被美国《科学》杂志评选为 2003 年度最佳科学著作之一。2004 年 6 月，又一举夺得了由英国皇家学会颁发的世界最著名的科普图书大奖——安万特(Aventis) 奖。

关于作者：

比尔·布莱森，享誉世界的旅游文学作家。1951 年出生于美国艾奥瓦州，毕业于美国德雷克大学。从 1973 年起，曾在英国居住 20 年之久，任职于《泰晤士报》与《独立报》，同时也为《纽约时报》、《国家地理杂志》等刊物撰文。后搬回美国，现与妻子和四个小孩居住于新罕布什尔州的汉诺威市。

布莱森擅长用不同的眼光来看待他所游历的世界，在他的书里，英国式的睿智幽默与美国式的搞笑绝妙地融合在了一起。他的尖刻加上他的博学，让他的文字充满了幽默、机敏和智慧，使他自己成为“目前活在世上的最有趣的旅游文学作家”（《泰晤士报》）。

代表作有《哈！小不列颠》、《欧洲在发酵》、《一脚踩进小美国》、《别跟山过不去》、《请

问这里是美国吗？》等多种，每本均高居美、英、加畅销书排行榜前列。其中《哈！小不列颠》更被英国读者推选为“最能深刻传达出英国灵魂的作品”。

作者不但才华横溢，兴趣亦十分广泛，在语言学方面著有《麻烦词汇词典》、《母语》、《美式英语》等书，皆为拥有广大拥趸的幽默之作。

关于译者：

严维明，原解放军外国语学院教授。曾留学英国伦敦大学，美国哥伦比亚特区大学及乔治·华盛顿大学访问学者。1995年起享受国务院特殊津贴。主要译有《雾都孤儿》、《汤姆·索耶历险记》等几十种，以及散文集《西欧见闻》和《大洋彼岸》。

陈邕，文学硕士，1989年毕业于四川大学外文系英国语言文学专业，1996年毕业于南京大学中文系现当代文学专业。

媒体赞誉：

《万物简史》似乎注定要成为一部现代科普著作的经典。——《纽约时报》

迄今为止为普通读者所写的有关现代科学发现的最好的书。——《星期日电讯报》

阅读布莱森的作品，就像是在聆听一个妙趣横生的故事。和作者一起，穿越时空的隧道，去与达尔文、爱因斯坦、牛顿这样的巨匠一起遨游科学的海洋，探索宇宙和世界的奥秘，对于大多数读者来说，都是十分有意义的一件事。——《出版商周刊》

再过一二十年，布莱森一定会收到不少年轻科学家的来信。他们告诉他，是他的书引领他们走进了科学的殿堂，使他们明白了应该怎样度过他们的一生。——《俄勒冈人报》

《万物简史》必将引发销售狂潮，其结果是数以百万计的人将对宇宙万事万物和万千生命比以前有更多的了解。——《每日电讯》

国内外知名科学家推荐：

科学其实并不如人们想像的那样神秘和高深，它每天都发生在我们的周围。——许智宏（北京大学校长、中科院院士）

一次富于智慧、风趣幽默而又大开眼界的科学之旅。——甘子钊（中科院院士、国家超导专家委员会第一首席科学家）

我认为这是值得向所有青少年朋友们推荐的一本优秀科普读物。——何祚庥（中科院院士、著名理论物理学家）

《万物简史》可以跻身于最引人入胜的图书之列。——彼特·阿金斯（牛津大学著名教授、国际理论和应用化学联合会会长）

这部雄心勃勃的著作，通过一种富于智慧和极易理解的方式，将科学与最广大的潜在读者联系在了一起。——罗伯特·温斯顿（英国皇家学会安万特奖评委会主席）

一本具有里程碑意义的作品……如果所有学校都将其列入科学教育的首选教材，那么它们将变得更加富有吸引力。——提姆·弗兰纳里（南澳科学委员会主席、《自然的缺环》作者）

引言

物理学家利奥·西拉德有一次对他的朋友汉斯·贝特说，他准备写日记：“我不打算发表。我只是想记下事实，供上帝参考。”

“难道上帝不知道那些事实吗？”贝特问。

“知道，”西拉德说，“他知道那些事实，可他不知道这样描述的事实。”--汉斯·克里琴·冯·拜耳《征服原子》

欢迎，欢迎。恭喜，恭喜。我很高兴，你居然成功了。我知道，来到这个世界很不容易。事实上，我认为比你知道的还要难一些。

首先，你现在来到这个世界，几万亿个游离的原子不得不以某种方式聚集在一起，以复杂而又奇特的方式创造了你。这种安排非常专门，非常特别，过去从未有过，存在仅此一回。在此后的许多年里，（我希望）这些小粒子将任劳任怨地进行几十亿次的巧妙合作，把你保持完好，让你经历一次极其惬意而又赏心悦目的旅程，那就是生存。

为什么原子这样自找麻烦，这还搞不大清楚。形成你，对原子来说并不是一件心旷神怡的事情。尽管它们如此全神贯注，组成你的原子其实对你并不在乎--实际上甚至不知道你在哪里。它们实际上也不知道自己在哪里。它们毕竟是没有头脑的粒子，连自己也没有生命。（要是你拿起一把镊子，把原子一个一个从你的身上夹下来，你就会变成一大堆细微的原子尘土，其中哪个原子也从未有过生命，而它们又都曾是你的组成部分，这是个挺有意思的想法。）然而，在你的生存期间，它们都担负着同一个任务：使你成为你。

原子很脆弱，它们的献身时刻倏忽而过--简直是倏忽而过，这是个坏消息。连寿命很长的人也总共只活大约 100 万个小时。而当那个不太遥远的终结点或沿途某个别的终点飞快地出现在你眼前的时候，由于未知的原因，你的原子们将宣告你生命的结束，然后散伙，悄然离去成为别的东西。你也到此为止。

不过，这事儿还是发生了，你可以感到高兴。总的来说，据我们所知，这类事情在宇宙别的地方是没有的。这的确很怪，原子们如此大方、如此协调地聚集在一起，构成地球上的生物，而同一批原子在别处是不肯这么做的。不说别的，从化学的角度来说，生命只有这个世界上才有，真是不可思议：碳、氢、氧、氮、一点儿钙、一点儿硫，再加上一点儿很普通的别的元素--在任何普通药房里都找得着的东西--这些就是你的全部需要。原子们惟一特别的地方就是：它们形成了你。当然，这正是生命的奇迹。

不管原子在宇宙的别的角落是不是形成生命，它们形成许多其他东西；实际上，除了生命以外，它们还形成别的任何东西。没有原子，就没有水，就没有空气，就没有岩石，就没有恒星和行星，就没有远方的云团，就没有旋转的星云，就没有使宇宙如此动人、如此具体的任何别的东西。原子如此之多，如此必不可少，我们很容易忽视它们实际存在的必要性。

没有法则要求宇宙间充满物质微粒，产生我们所赖以生存的光、引力和其他物理性质。实际上也根本不需要宇宙。在很长时间内就没有宇宙。那时候没有原子，没有供原子到处飘浮的宇宙。什么也没有--任何地方什么也没有。

所以，谢天谢地，有了原子。不过，有了原子，它们心甘情愿地聚集在一起，这只是你来到这个世界的部分条件。你现在在这个地方，生活在 21 世纪，聪明地知道有这回事，你还必须是生物方面一连串极不寻常的好运气的受益者。在地球上幸存下来，这是一件非常微妙的事。自开天辟地以来，存在过上百上千亿物种，其中大多数--据认为是 99.9%--已经不复存在。你看，地球上的生命不仅是短暂的，而且是令人沮丧的脆弱的。我们产生于一颗行

星,这颗行星善于创造生命,但又更善于毁灭生命,这是我们的存在的一个很有意思的特点。

地球上的普通物种只能延续大约 400 万年,因此,若要在这里待上几十亿年,你不得不像制造你的原子那样变个不停。你要准备自己身上的一切都发生变化--形状、大小、颜色、物种属性等等--反复地发生变化。这说起来容易做起来难,因为变化的过程是无定规的。从“细胞质的原始原子颗粒”(用吉尔伯特和沙利文的话来说),到有知觉、能直立的现代人,要求你在特别长的时间里,以特别精确的方式,不断产生新的特点。因此,在过去 38 亿年的不同时期里,你先是讨厌氧气,后又酷爱氧气,长过鳍、肢和漂亮的翅膀,生过蛋,用叉子般的舌头舔过空气,曾经长得油光光、毛茸茸,住过地下,住过树上,曾经大得像麋鹿,小得像老鼠,以及超过 100 万种别的東西。这些都是必不可少的演变步骤,只要发生哪怕最细微的一点偏差,你现在也许就会在舔食长在洞壁上的藻类,或者像海象那样懒洋洋地躺在哪个卵石海滩上,或者用你头顶的鼻孔吐出空气,然后钻到 18 米的深处去吃一口美味的蚯蚓。

你不光自古以来一直非常走运,属于一个受到优待的进化过程,而且在自己的祖宗方面,你还极其--可以说是奇迹般地--好运气。想一想啊,在 38 亿年的时间里,在这段比地球上的山脉、河流和海洋还要久远的时间里,你父母双方的哪个祖先都很有魅力,都能找到配偶,都健康得能生儿育女,都运气好得能活到生儿育女的年龄。这些跟你有关的祖先,一个都没有被压死,被吃掉,被淹死,被饿死,被卡住,早年就受了伤,或者无法在其生命过程中在恰当的时刻把一小泡遗传物质释放给恰当的伴侣,以使这惟一可能的遗传组合过程持续下去,最终在极其短暂的时间里令人吃惊地--产生了你。

本书要说一说这事儿是怎样发生的--尤其是我们怎样从根本不存在变成某种存在,然后那种存在的一小点儿又怎样变成了我们。我还要说一说在此期间和在此以前的事。这当然要涉及好多事情,所以这本书就叫做《万物简史》,虽然实际上并非如此,也不可能如此。

但是,要是运气好的话,等你读完本书的时候,你也许会在一定程度上有那种感觉。

我写本书的最初灵感,不管其价值如何,来自我在念小学四、五年级时有过的一本科普读物。那是 20 世纪 50 年代学校发的一本教科书--乍一看去,皱皱巴巴,招人生厌,又笨又重--但书的前几页有一幅插图,一下子把我迷住了:一幅剖面图,显示地球的内部,样子就像你拿起一把大刀,切到行星里面,然后小心翼翼地取出一块楔形物,代表这庞然大物的大约四分之一。

很难相信,我以前怎么从没有见过这类插图,我记得完全给迷住了。我的确认为,起初,我的兴趣只是基于一种个人的想像,美国平原上各州川流不息的车流毫无提防地向东驶去,突然越过边缘,坠入中美洲和北极之间一个 6000 多公里高的悬崖,但我的注意力渐渐地转向这幅插图的科学含义,意识到地球由明确的层次组成,中心是一个铁和镍的发热球体。

根据上面的说明,这个球体与太阳表面一样灼热。我记得当时我无限惊讶地想:“他们是怎么知道的?”

我对这个信息坚信不疑--我至今仍然容易像相信医生、管道工和别的神秘信息的拥有者那样相信科学家的说法--但是,我无论如何也无法想像,人的脑子怎么能确定在离我们几千里下面的地方是个什么样子,是由什么构成的,而那可是肉眼根本看不见、X 射线也穿不透的呀。在我看来,那简直是个奇迹。自那以后,这一直是我对待科学的态度。

那天晚上,我很兴奋,把这本书抱回了家,晚饭之前就把书打开--我想,正是由于这个举动,我的母亲摸了摸我的额头,看看我是不是病了--翻到第一页,读了起来。

结果发现，这本书毫不激动人心。实际上，它不是包罗万象的。首先，它没有回答插图在正常人好奇的脑子里产生的任何问题：我们行星的中央怎么会冒出来一个太阳，他们怎么知道它的温度？要是它在下面熊熊燃烧，我们脚下的地面怎么摸上去不是烫的？为什么内部的其余部分不在熔化，或者正在熔化？要是地心最终烧尽以后，地球的某个部分是不是会塌进那个空间，在地面上留下一个大坑？而你是怎么知道这个的？你是怎么测算出来的？

但是，说来也怪，作者对这些具体疑问只字不提--实际上对任何疑问都只字不提，只是说些什么背斜呀，向斜呀，地轴偏差呀，等等。他似乎有意把一切都弄得深不可测，以便守住好东西的秘密。随着岁月流逝，我开始认为这不完全是个个人动机。教科书的作者似乎有个普遍的阴谋，他们要极力确保他们写的材料绝不过于接近稍有意思的东西，起码总是远远回避明显有意思的东西。

现在，我知道有好多好多科普作家，他们写出了通俗易懂而又激动人心的散文--我一下子就可以点出蒂姆西·费里斯、理查德·福泰和提姆·弗兰纳里等三位（且不说已故的出类拔萃的理查德·费曼）--但是，令人伤心的是，他们没有一人写过我用过的教科书。我用过的教科书全都出自那些怀有一种挺有意思的想法的男人（始终都是男人）的笔下，美国的孩子会喜欢各个章节的结尾都带有问题部分，供他们在自己的时代冥思苦想。因此，我在成长过程中确信，科学是极其枯燥的，但同时我又认为大可不必如此：科学也可以是非常有趣的，要是我办得到的话。在很长的时间里，这成了我的立场。

接着，很久以后--我想大约是在四五年之前--我正做一次飞越太平洋的长途旅行，我漫不经心地朝飞机的舷窗外望去，只见一轮皓月挂在天空，下面是洒满银色月光的一望无际的海洋，突然，一种强烈的不安感涌上我的心头，足迹遍及世界各地的我，对于自己长期以来置身其间，而且这辈子也只能生活其间的地球，竟然是那样的缺乏了解。比如，我不知道为什么海水是咸的，而五大湖的湖水却是淡的。我一点儿也不知道。我不知道随着时间的过去，海水会变得越来越咸，还是越来越淡，不知道海水的咸度是不是我该关心的问题。（我很乐意告诉你，直到 20 世纪 70 年代，科学家们也不知道这些问题的答案。他们只是悄悄地议论这些事。）

当然，海水的咸度只是我不知道的事情中的极小部分。我不知道什么是质子，什么是蛋白质，不知道类星体的夸克，不理解地质学家怎么只要看一眼峡谷壁上的一层岩石，就能说出它的年龄--我确实什么也不知道。我心里渐渐迫切想要知道一点儿这些问题，尤其想懂得人家是怎样测算出来的。科学家们是怎样解决这些问题的--这对我来说始终是最大的奇事。他们怎么知道地球的重量，怎么知道岩石的年龄，怎么知道地心深处实际上是什么东西？他们怎么知道宇宙是怎样开始的，什么时候开始的，它开始的时候又是什么样子的？他们怎么知道原子内部的情况？科学家怎么往往好像差不多什么都知道，而又仍不能预测地震，甚至不能准确地告诉我们下星期三看比赛时该不该带雨伞？这到底是怎么回事--尤其是在经过回想以后？

于是，我决定今生要拿出一部分时间--结果是花了三年时间--来读书看报，寻访很有耐心、德高望重、愿意回答许多无人吭声的特别问题的专家。我倒想要看看，是不是有可能在不专门或不需要很多知识的，而又不完全是很肤浅的层面上，理解和领会--甚至是赞叹和欣赏--科学的奇迹和成就。

这曾经是我的想法，我的希望，本书就是按照这个意图来写的。反正，我们要涉及的范围很广，而办这件事又远远用不着 100 万个小时，因此我们就开始吧。

第一章 如何营造一个宇宙

它们都处于同一平面。它们都在沿同一方向转动.....你要知道，这真是完美无缺的，这真是不可思议的，这几乎是很神奇的。--天文学家杰弗里·马西对太阳系的描述

无论怎么努力，你都永远也想像不出质子有多么微小，占有多么小的空间。它实在太小了。

质子是原子极其微小的组成部分，而原子本身当然也小不可言。质子小到什么程度？像字母“i”上的点这样大小的一滴墨水，就可以拥有约莫 5000 亿个质子，说得更确切一点，要比组成 1.5 万年的秒数还多。因此，起码可以说，质子是极其微小的。

现在，请你想像一下，假如你能（你当然不能）把一个质子缩小到它正常大小的十亿分之一，放进一个极小的空间，使它显得很大，然后，你把大约 30 克物质装进那个极小极小的空间。很好，你已作好创建一个宇宙的准备。

我当然估计到，你希望创建一个会膨胀的宇宙。不过，要是你愿意创建一个比较老式而又标准的大爆炸型宇宙，你还需要别的材料。事实上，你需要收集现有的一切东西--从现在到宇宙创建之时的每个粒子--把它塞进一个根本谈不上大小的极小地方。这就是所谓的奇点。

无论哪种情况，准备好来一次真正的大爆炸。很自然，你希望退避到一个安全的地方来观察这个奇观。不幸的是，你无处可以退避，因为奇点之外没有任何地方。当宇宙开始膨胀的时候，它不会向外扩展，充满一个更大的空间。仅有的空间是它一面扩展一面创造的空间。

把奇点看成是一个悬在漆黑无边的虚空中的孕点，这是很自然的，然而却是错误的。没有空间，没有黑暗。奇点四周没有四周。那里没有空间供它去占有，没有地方供它去存在。我们甚至无法问一声它在那里已经多久--它是刚刚产生的，就像个好主意那样，还是一直在那里，默默地等待着合适的时刻的到来。时间并不存在。它没有从过去产生这一说。

于是，我们的宇宙就从无到有了。

刹那间，一个光辉的时刻来到了，其速度之快，范围之广，无法用言语来形容，奇点有了天地之大，有了无法想像的空间。这充满活力的第一秒钟（许多宇宙学家将花费毕生的精力来将其分割成越来越小部分的 1 秒钟）产生了引力和支配物理学的其他力。不到 1 分钟，宇宙的直径已经有 1600 万亿公里，而且还在迅速扩大。这时候产生了大量热量，温度高达 1000 万摄氏度，足以引发核反应，其结果是创造出较轻的元素--主要是氢和氦，还有少量锂（大约是 1000 万个原子中有 1 个锂原子）。3 分钟以后，98% 的目前存在的或将会存在的物质都产生了。我们有了一个宇宙。这是个美妙无比的地方，而且还很漂亮。这一切都是在大约做完一块三明治的时间里形成的。

这个重大时刻的发生时间还是个有点争议的问题。宇宙到底是在 100 亿年以前形成的，还是在 200 亿年以前形成的，还是在 100 亿年到 200 亿年之间形成的，这个问题宇宙学家已经争论很长时间。大家似乎越来越赞成大约 137 亿年这个数字。但是，我们在后面将会进一步看到，这种事情是极难计算的。其实，我们只能说，在那十分遥远的过去，在某个无法确定的时刻，由于不知道的原因，科学上称之为 $t=0$ 的时刻来到了。我们于是踏上了旅程。

当然，有大量的事情我们不知道，还有大量的事情我们现在或在过去很长时间里以为自己知道而其实并不知道。连大爆炸理论也是不久以前才提出来的。这个概念自 20 世纪 20 年代以来一直很流行，是一位名叫乔治·勒梅特的比利时教士兼学者首先提出了这种假设。但是，直到 20 世纪 60 年代中，这种理论才在宇宙学界活跃起来。当时，两位年轻的射电

天文学家无意中发现了一种非同寻常的现象。

他们的名字分别叫做阿诺·彭齐亚斯和罗伯特·威尔逊。1965年，他们在美国新泽西州霍尔姆德尔的贝尔实验室，想要使用一根大型通信天线，可是不断受到一个本底噪声--一种连续不断的蒸汽般的滋滋声的干扰，使得实验无法进行下去。那个噪声是一刻不停的，很不集中的。它来自天空的各个方位，日日夜夜，一年四季。有一年时间，两位年轻的天文学家想尽了办法，想要跟踪和除去这个噪声。他们测试了每个电器系统。他们重新组装了仪器，检查了线路，察看了电线，掸掉了插座上的灰尘。他们爬进抛物面天线，用管道胶布盖住每一条接缝，每一颗铆钉。他们拿起扫帚和抹布再次爬进抛物面天线，小心翼翼地把他们后来在一篇论文中称之为“白色电介质”的、用更通常的说法是鸟粪的东西扫得干干净净。可是他们的努力丝毫不起作用。

他们不知道，就在50公里以外的普林斯顿大学，一组以罗伯特·迪克为首的科学家正在设法寻找的，就是这两位天文学家想要除去的东西。普林斯顿大学的研究人员正在研究20世纪40年代在苏联出生的天文物理学家乔治·伽莫夫提出的假设：要是你看到空间深处，你就会发现大爆炸残留下来的某种宇宙背景辐射。伽莫夫估计，那种辐射穿过茫茫的宇宙以后，便会以微波的形式抵达地球。在新近发表的一篇论文中，他甚至提出可以用一种仪器达到这个目的，这种仪器就是霍尔姆德尔的贝尔天线。不幸的是，无论是彭齐亚斯和威尔逊，还是普林斯顿大学小组的任何专家，都没有看过伽莫夫的论文。

彭齐亚斯和威尔逊听到的噪声，正是伽莫夫所假设的。他们已经找到了宇宙的边缘，至少是宇宙150亿光年以外的可见部分。他们在“观望”第一批质子--宇宙中最古老的光--果然不出伽莫夫所料，时间和距离已经将其转变成了微波。艾伦·古思在他的《不断膨胀的宇宙》一书中提出一种类比，有利于摆正这一发现的位置。要是你把观望宇宙深处比做是在美国纽约帝国大厦的100层上往下看（假设100层代表现在，街面代表大爆炸的时刻），那么在彭齐亚斯和威尔逊发现那个现象的时候，已经有人发现的最远的星系是在大约60层，最远的东西--类星体--是在大约20层。彭齐亚斯和威尔逊的发现，把我们对宇宙可见部分的认识在大厅的地板上推进了约1厘米。

彭齐亚斯和威尔逊仍然找不到噪声的原因，便打电话给普林斯顿大学的迪克，向他描述了他们遇到的问题，希望他能作出一种解释。迪克马上意识到两位年轻人发现了什么。“哎呀，好家伙，人家抢在我们前面了。”他一面挂电话，一面对他的同事们说。

此后不久，《天体物理学》杂志刊登了两篇文章：一篇为彭齐亚斯和威尔逊所作，描述了听到滋滋声的经历；另一篇为迪克小组所作，解释了它的性质。尽管彭齐亚斯和威尔逊并不是在寻找宇宙的本底辐射，发现的时候也不知道是什么东西，也没有发表任何论文来描述或解释它的性质，但他们获得了1978年诺贝尔物理学奖。普林斯顿大学的研究人员只获得了同情。据丹尼斯·奥弗比在《宇宙孤心》一文中说，彭齐亚斯和威尔逊都不清楚自己这一发现的重要意义，直到看到《纽约时报》上的一篇报道。

顺便说一句，来自宇宙本底辐射的干扰，我们大家都经历过。把你的电视机调到任何接收不着信号的频道，你所看到的锯齿形静电中，大约有1%是由这种古老的大爆炸残留物造成的。记住，下次你抱怨接收不到图像的时候，你总能观看到宇宙的诞生。

虽然人人都称其为大爆炸，但许多书上都提醒我们，不要把它看做是普通意义上的爆炸，而是一次范围和规模都极其大的突然爆炸。那么，它的原因是什么？

有人认为，那个奇点也许是早年业已毁灭的宇宙的残余--我们的宇宙只是一系列宇宙中

的一个。这些宇宙周而复始，不停地扩大和毁灭，就像一台制氧机上的气囊。有的人把大爆炸归因于所谓的“伪真空”，或“标量场”，或“真空能”--反正是某种物质或东西，将一定量的不稳定性带进了当时的不存在。从不存在获得某种存在，这似乎不大可能，但过去什么也不存在，现在有了个宇宙，事实证明这显然是可能的。情况也许是，我们的宇宙只是众多更大的、大小不等的宇宙的部分，大爆炸到处不停地发生。要不然也许是，在那次大爆炸之前，时间和空间具有某种完全不同的形式--那些形式我们非常不熟悉，因此无法想像--大爆炸代表某个过渡阶段，宇宙从一种我们无法理解的形式过渡到一种我们几乎可以理解的形式。“这与宗教问题很相似。”斯坦福大学的宇宙学家安德烈·林德博士 2001 年对《纽约时报》的记者说。

大爆炸理论并不是关于爆炸本身，而是关于爆炸以后发生的事。注意，是爆炸以后不久。科学家们做了大量计算，仔细观察粒子加速器里的情况，然后认为，他们可以回顾爆炸发生 10 - 43 秒之后的情况，当时宇宙仍然很小，要用显微镜才看得见。对于每个出现在我们面前的非同寻常的数字，我们无须把自己搞得头昏脑涨，但有时候也许不妨理解一个，只是为了不忘其难以掌握、令人惊奇的程度。于是，10 - 43 秒就是 0.000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 1 秒，或者是一千亿亿亿亿分之一秒。我们知道的或认为知道的有关宇宙初期的大部分情况，都要归功于一位年轻的粒子物理学家于 1979 年首先提出的膨胀理论。他的名字叫艾伦·古思，他当时在斯坦福大学工作，现在任职于麻省理工学院。他当时 32 岁，自己承认以前从没有作出过很大的成绩。要是他没有恰好去听那个关于大爆炸的讲座的话，很可能永远也提不出那个伟大的理论。开那个讲座的不是别人，正是罗伯特·迪克。讲座使古思对宇宙学，尤其是对宇宙的形成产生了兴趣。

最后，他提出了膨胀理论。该理论认为，在爆炸后的刹那间，宇宙突然经历了戏剧性的扩大。它不停地膨胀--实际上是带着自身逃跑，每 10 - 34 秒它的大小就翻一番。整个过程也许只持续了不到 10 - 30 秒--也就是一百万亿亿亿分之一秒--但是，宇宙从手都拿得住的东西变成了至少 10 亿亿亿倍大的东西。膨胀理论解释了使我们的宇宙成为可能的脉动和旋转。要是没有这种脉动和旋转的话，就不会有物质团块，因此也就没有星星，而只有飘浮的气体和永恒的黑暗。

根据古思的理论，在一千亿亿亿亿亿分之一秒之内产生了引力。又过了极其短暂的时刻，又产生了电磁以及强核力和弱核力--物理学的材料。之后，又很快出现了大批基本粒子--材料。从无到有，突然有了大批光子、质子、电子、中子和许多别的东西--根据标准的大爆炸理论，每种达 1079-1089 个之多。

这么大的数量当然是难以理解的。我们只要知道，刹那间，我们有了一个巨大的宇宙，这就够了--根据该理论，这个宇宙是如此之大，直径至少有 1 000 亿光年，但有可能是从任何大小直至无穷大--安排得非常完美，为恒星、星系和其他复杂体系的创建准备了条件。

从我们的角度来看，令人不可思议的是，这个结果对我们来说是那么完美。只要宇宙的形式稍稍不同--只要引力稍稍强一点或弱一点，只要膨胀稍稍慢一点或快一点--那么，也许就永远不会有稳定的元素来制造你和我，制造我们脚底下的地面。只要引力稍稍强一点，宇宙本身会像个没有支好的帐篷那样塌下来，也就没有恰到好处的值来赋予自己必要的大小、密度和组成部分。然而，要是弱了一点，什么东西也不会聚集在一起。宇宙会永远是单调、分散、虚空的。

有的专家之所以认为也许有好多别的大爆炸，也许有几万亿次大爆炸，分布在无穷无尽的永恒里，这就是原因之一；我们之所以存在于这个特定的宇宙，是因为这个宇宙适合于我

们的存在。正如哥伦比亚大学的爱德华·P.特赖恩所说：“要回答它为什么产生了，我的意见是，我们的宇宙只是那些不时产生的东西之一。”对此，古思补充说：“虽然创建一个宇宙不大可能，但特赖恩强调说，谁也没有统计过失败的次数。”

英国皇家天文学家马丁·里斯认为，有许多个宇宙，很可能是无数个，每个都有不同的特性，不同的组合，我们只是生活在一个其组合的方式恰好适于我们存在的宇宙里。他以一家大服装店作为例子来进行类比：“要是服装品种很多，你就不难挑到一件合身的衣服。要是有许多宇宙，而每个宇宙都由一套不同的数据控制，那么就会有一个宇宙，它的一套特定的数据适合于生命。我们恰好在这样的一个宇宙里。”

里斯认为，我们的宇宙受到6个数据的支配，要是哪个值发生哪怕是非常细微的变化，事物就不可能是现在的这个模样。比如，现在的宇宙若要存在，就要求氢以准确而较为稳定的方式--说得具体一点，要以将千分之七的质量转化为能量的方式--转化为氦。要是那个值稍稍低一点--比如从千分之七降至千分之六--那么就不可能发生转化：宇宙只会由氢组成。要是那个值稍稍高一点--高到千分之八--结合就会不间断地发生，氢早已消耗殆尽。无论是哪种情况，只要这个数据稍有变动，我们所知的而又需要的宇宙就不会存在。

我要说，到目前为止，一切都恰到好处。从长远来说，引力也许会变得稍强一点；有朝一日，它可能阻止宇宙膨胀，让自己将自己压瘪，最后坍缩成又一个奇点，整个过程很可能重新开始。另一方面，引力也许会变得过弱，那样的话，宇宙会永远地膨胀，直到一切都互相远离，不再可能发生实质性的相互作用，于是宇宙就成为一个非常空旷呆滞而又没有生命的地方。第三种可能是，引力恰如其分--就是宇宙学所谓的“临界密度”--它把宇宙控制在一个恰当的范围，使事物永远继续下去。宇宙学家有时轻浮地把这称之为“金发姑娘效应”--一切都处于恰如其分的状态。（需要说明的是，这三种可能出现的宇宙分别叫做封闭式宇宙、开放式宇宙和扁平式宇宙。）

大家迟早会想到一个问题，那就是，假设你来到宇宙边缘，把头伸出帘幕，那会发生什么？你的头会在什么地方（要是它不再是在宇宙里的话）？你会看到对面是什么？回答是令人失望的：你永远也到不了宇宙的边缘。倒不是因为去那里要花很长时间--虽然没错儿，的确要花很长时间--而是因为，即使你沿着一条直线往外走，不停地坚持往外走，你也永远到不了宇宙的边缘。恰恰相反，你会回到起始的地方（到了这种地步，你很可能会灰心丧气，放弃这种努力）。其原因是，按照爱因斯坦的相对论（我们届时将会讲到），宇宙是弯曲的。至于怎么弯曲，我们也不大能想像出来。眼下，你只要知道，我们并不是在一个不断膨胀的大气泡里飘浮，这就足够了。确切点说，空间是弯曲的，恰好使其无限而又有限。恰当地说，甚至不能说空间在不断膨胀，这是因为，正如诺贝尔奖获得者、物理学家史蒂文·温伯格指出的：“太阳系和星系不在膨胀，空间本身也不在膨胀。”倒是星系在飞速彼此远离。这对直觉都是一种挑战。生物学家J.B.S.霍尔丹有一句名言：“宇宙不仅比我们想像的要古怪，而且比我们可能想像的还要古怪。”

为了解释空间是弯曲的，人们经常提出一个类比，他们试图想像，有个来自平面宇宙、从来没有见过球体的人来到了地球。不管他在这颗行星的表面上走得有多远，他永远也走不到边。他很可能最终回到始发地点。他当然会稀里糊涂，说不清这是怎么回事。哎呀，我们在空间的处境，跟那位先生的处境完全相同。我们只是糊涂得更厉害罢了。

如同你找不着宇宙的边缘一样，你也不可能站在宇宙的中心，说：“宇宙就是从这儿开始。这是一切的最中央。”我们大家都在一切的最中央。实际上，我们对此缺少把握。我们无法用数学来加以证实。科学家们只是推测，我们确实是在宇宙的中央--想一想，这会意味

着什么--但是，这种现象对所有地方的所有观察者来说都是一样的。不过，我们真的没有把握。

据我们所知，自形成以来，宇宙只发展到光走了几十亿年那么远的距离。这个可见的宇宙--这个我们知道而且在谈论的宇宙--的直径是 1.5 亿亿亿（即 1 500 000 000 000 000 000 000 000 公里）。但是，根据大多数理论，整个宇宙--有时候称之为超宇宙--还要宽敞得多。根据里斯的说法，到这个更大的、看不见的宇宙边缘的光年数，不是“用 10 个 0，也不是用 100 个 0，而是用几百万个 0”来表示。简而言之，现有的空间比你想像的还要大，你不必再去想像空间外面还有空间。

很长时间以来，大爆炸理论有个巨大的漏洞，许多人对此感到不解--那就是，它根本无法解释我们是怎么来到这个世界上的。虽然存在的全部物质中有 98% 是大爆炸创造的，但那个物质完全由轻的气体组成：我们上面提到过的氢、氦和锂。对于我们的存在至关重要的重物质--碳、氮、氧以及其他一切，没有一个粒子是宇宙创建过程中产生的气体。但是--难点就在这里--若要打造这些重元素，你却非要有大爆炸释放出来的那种热量和能量不可。可是，大爆炸只发生过一次，而那次大爆炸没有产生重元素。因此，它们是从哪儿来的？有意思的是，找到这个问题答案的人却是一位压根儿瞧不起大爆炸理论的宇宙学家，他还创造了大爆炸这个词来加以讽刺挖苦。

我们很快就会讲到他。不过，在讨论我们怎么来到这里之前，我们先花几分钟时间来考虑一下到底什么是“这里”，这也许是很值得的。

第二章 欢迎光临太阳系

如今，天文学家可以办到最令人瞠目的事。要是有人在月球上划一根火柴，他们能看到那个火焰。根据远处星星最细微的搏动和抖动，他们能推算出行星的大小和性质，甚至潜在的适于栖居的可能性，而这些行星可是远得根本看不见的啊--它们如此遥远，我们乘宇宙飞船去那里也要花 250 万年。他们能用射电望远镜捕捉到一丝一毫的辐射，而这种辐射是如此微弱，自开始采集（1951 年）以来，所采集到的来自太阳系之外的全部能量，用卡尔·萨根的话来说：“还不到一片雪花落地时所产生的能量。”

总之，宇宙里没有多少东西是天文学家发现不了的，只要他们愿意。因此，想起为什么在 1978 年之前还没有人注意到冥王星有一颗卫星，这就更为寻常了。那年夏天，亚利桑那州弗拉格斯塔夫的美国海军天文台有一位名叫詹姆斯·克里斯蒂的年轻天文学家，正在对冥王星的照片作例行审查，突然发现那里有什么东西--模模糊糊、不大确定的东西，反正肯定不是冥王星。他跟一位名叫罗伯特·哈灵顿的同事讨论片刻以后下了结论：他观察到的是颗卫星。它还不是一般的卫星。相对于那颗行星而言，它是太阳系里最大的卫星。

这对冥王星的行星地位实际上是个打击，而这个地位又从来没有牢固过。原先认为，那颗卫星占有的和冥王星占有的是同一个空间。这意味着，冥王星比任何人想像的要小得多--比水星还要小。实际上，太阳系里的七颗卫星，包括我们地球的卫星，都要比冥王星的卫星大。

此刻，你自然会问，为什么发现我们自己太阳系里的一颗卫星要花那么长的时间。回答是：这跟天文学家把仪器对准什么地方、他们的仪器旨在探测什么东西有关系，也跟冥王星本身有关系。最重要的是他们把仪器对准什么地方。用天文学家克拉克·查普曼的话来说：“大多数人认为，天文学家在夜间去天文台扫视天空。这是不真实的。世界上差不多所有的望远镜都旨在观察遥远天空中的极小东西，观察一颗类星体，或寻找黑洞，或观察一个遥远

的星系。惟一真正用来扫视天空的望远镜网络是由军方设计和制造的。”

我们受了艺术家艺术表达的不良影响，以为图像的清晰度很高，这在天文学里其实是不存在的。在克里斯蒂的照片上，冥王星暗淡无光，非常模糊--只是一片宇宙绒花--它的卫星并不像你会在美国《国家地理杂志》上看到的那种球体：背景很亮，非常浪漫，线条清晰，陪伴着冥王星；而只是小小的、极其模糊的一团。事实上，正是由于这种模糊，人们过了7年时间才再次见到那颗卫星，从而确认它的独立存在。

克里斯蒂的发现有一点妙处：它发生在弗拉格斯塔夫，冥王星就是1930年在那里首次发现的。这个天文学上的重大发现，很大程度上要归功于天文学家珀西瓦尔·洛厄尔。洛厄尔出生于波士顿一个最古老、最富裕的家族（就是那首关于波士顿是豆子和鳕鱼故乡的著名歌谣中提到的家族。歌词中说，洛厄尔家族只跟卡伯特家族说话，卡伯特家族只跟上帝说话）。他捐赠了以他的名字冠名的著名天文台，但人们最不会忘记的是他这样的看法：火星上到处是由勤劳的火星星人修建的运河，用来积储来自极地的水，以灌溉赤道附近那干旱而又丰产的土地。

洛厄尔另一个令人不忘的看法是：在海王星以远的某个地方，存在着未被发现的第九颗行星，他给它起名为行星X。洛厄尔的这种看法是基于他在天王星和海王星的轨道上发现的不规律的现象。于是，他把生命的最后几年致力于找到那颗气态巨星。他断定它就在那里。

不幸的是，他于1916年突然去世。至少在一定程度上，这是他的探索工作过于疲劳所致。洛厄尔的继承人为了遗产争吵不休，探索工作暂时搁置下来。然而，1929年，某种程度上是为了转移对火星运河传说的注意力（到那个时候，它已经成为一件非常令人难堪的事），洛厄尔天文台的负责人决定恢复探索，并为此从堪萨斯州请来了一位名叫克莱德·汤博的年轻人。

汤博没有受过成为天文学家的专门训练，但他既勤奋又聪明。经过一年的搜索以后，他在明亮的天空里终于看到了一个暗淡的光点：冥王星。这是个奇迹般的发现。这个发现更引人注目的是，它证明洛厄尔的观测结果是错误的。虽然是可以理解的，洛厄尔曾根据这些观测结果来预言海王星以远的地方存在一颗行星。汤博马上意识到，这颗新的行星根本不是像洛厄尔所预料的那样是个巨大的气球--但是，他或别人有关这颗新行星的性质所持的任何保留，在极其兴奋之中很快就一扫而光。在那个容易激动的时代，差不多任何重大的新闻故事都会激起这种情绪。这是第一颗由美国人发现的行星。有人认为它其实只不过是远方的一颗冰粒，但谁也不会被这种看法转移视线。它被命名为冥王星，至少一定程度上是因为它的头两个字母是由洛厄尔姓名的首字母组成的交织字母。已经不在人世的洛厄尔到处被颂扬为一流的天才人物，而汤博在很大程度上已被人们忘得一干二净，除了在研究行星的天文学家当中，他们往往对他怀有崇敬之情。

现在，有的天文学家继续认为，冥王星之外也许还有行星X--一颗真正的庞然大物，也许有木星的10倍之大，只是它太遥远，我们看不见。（它被照到的阳光太少，几乎没有反射的光。）他们认为，它不会是像木星或土星这样的普通行星--它太远，不可能是那个样子；我们推测也许有7.2万亿公里之远--而更会像一个没有形成的太阳。宇宙中的大多数恒星体系都是成双的（双星体），这就使我们孤零零的太阳显得有点儿怪。

至于冥王星本身，谁也不大清楚它有多大，是什么组成的，有什么样的大气，甚至它到底是个什么东西。许多天文学家认为，它其实算不上是颗行星，而只是我们在银河的废墟带（称之为凯珀带）发现的最大的物体。凯珀带理论实际上是1930年由一位名叫F.G.伦纳德的天文学家提出来的，他用这个名字来纪念一位在美国工作的荷兰人杰勒德·凯珀。凯珀发

展了这个理论。凯珀带是所谓短命彗星的源泉--那种经常一闪而过的星星--其中最著名的就是哈雷彗星。比较长命的彗星（其中有最近光顾的海尔-博普彗星和百武彗星）产生于遥远的奥尔特云，我们过一会儿就会谈到这个问题。

冥王星的表现与别的行星很不一样，这种看法肯定没错儿。它不但又小又模糊，而且它的运行方式变化不定，一个世纪以后谁也说不准冥王星到底会在哪里。别的行星多少在同一平面上转动，而冥王星的运行轨道（似乎）是倾斜的，不和别的行星处于同一平面，而是形成一个 17 度的角，犹如有人头上潇洒地歪戴着帽子。它的轨道很不规则，在它寂寞地绕太阳转动的过程中，每一圈都在相当长的时间里比海王星距离我们更近。事实上，在 20 世纪 80 年代和 90 年代的大部分时间里，海王星是太阳系里离我们最远的行星。只是到了 1999 年 2 月 11 日，冥王星才回到外侧的轨道，此后它将在那里停留 228 年的时间。

因此，如果冥王星真是一颗行星，那肯定是一颗很怪的行星。它很小，只有地球的四百分之一大。假如你把它盖在美国上面，它还盖不住美国本土 48 州的一半面积。光这一点就使它显得极其反常，这说明，我们的行星系统是由 4 颗稳固的内行星、4 颗气态的外行星和 1 颗孤独的小冰球组成的。接着，问题又来了。克里斯蒂发现冥王星的卫星以后，天文学家开始更加仔细地观察宇宙的这一部分，截至 2002 年 12 月初止，又在天王星以外发现了 600 多个物体，其中一颗被命名为伐楼拿星，差不多和冥王星的卫星一般大小。天文学家现在认为，也许存在几十亿个这类物体。困难在于，它们当中有许多暗淡无光。一般来说，它们的反射度只有 4%，大约相当于一块木炭的反射度--当然，这些“木炭”是在 60 多亿公里以外。

这到底有多远？几乎难以想像。你看，空间大得不得了--简直大得不得了。出于了解和娱乐的目的，我们来想像一下，我们就要乘火箭飞行器进行旅行。我们不会走得太远--只到我们自己太阳系的边缘--不过，我们先要明白：空间是个多么大的地方，我们占据的是个多么小的部分。

哎呀，恐怕是坏消息，我们回不了家吃晚饭了。即使以光的速度（每秒 30 万公里）前进，也要花 7 个小时才能到达冥王星。而且，我们当然无法以这种速度进行旅行。我们不得不以宇宙飞船的速度前进。这个速度就很慢了。任何人造物体所能达到的最高速度是“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”宇宙飞船的速度，它们现在正以每小时 5.6 万公里的速度远离我们。

当时（1977 年 8 月和 9 月）之所以发射“旅行者”号飞船，是因为木星、土星、天王星和海王星排成了一条直线，这种现象每隔 175 年才发生一次。这就使得两艘“旅行者”号飞船能够利用“引力帮助”技术，以一种宇宙甩鞭的形式，被从一颗气态巨星连续甩到下一颗气态巨星。即使这样，它们也要花 9 年时间才能到达天王星，要花 12 年时间才能越过冥王星的轨道。好的消息是，要是我们等到 2006 年 1 月（这是美国国家航空和航天局暂定向冥王星发射“新地平线”号宇宙飞船的时间），我们就可以利用有利的木星定位法，加上一些先进的技术，只用 10 年左右的时间便能抵达那里--虽然再次回到家里恐怕要花上相当长的时间。

无论如何，这是一次漫长的旅行。

你可能首先意识到，空间这个名字起得极其恰当，空间是个平淡无奇的地方。在几万亿公里范围内，最充满生气的要算我们的太阳系，而所有可看得见的东西--太阳、行星及其卫星、小行星带的上亿块翻滚的岩石、彗星和别的各种飘浮的碎石--仅仅充满不足现有空间的万亿分之一。你还很快意识到，你所见到的太阳系图是根本不按比例制作的。在教室里的

多数图上，行星们一颗挨着一颗，相距很近--在许多插图里，外侧巨星的影子实际上落在彼此身上--但是，为了把所有的行星画在同一张纸上，这种骗术也是必不可少的。海王星其实不是在土星以外一点儿，而是在土星以外很远的地方--它离土星的距离比土星离我们的距离还要远 5 倍。它在外面那么遥远的地方，接受的阳光只有土星的 3 %。

实际上，距离是那么遥远，无论如何不可能按比例来画太阳系图。即使你在教科书里增加许许多多折页，或者使用长得不得了的标语纸，你也无法接近这个比例。在一张成比例的太阳系图上，如果将地球的直径缩小到大约一粒豆子的直径，土星便会在 300 多米以外，冥王星会在 2.5 公里外的远处（约为一个细菌的大小，因此你怎么也看不见它）。按照同样的比例，离我们最近的恒星比邻星会在 1.6 万公里以外。即使你把一切都加以缩小，土星会像英文的句点那么小，冥王星不超过分子的个儿，那么冥王星依然在 10 多米以外。

所以，太阳系确实是巨大的。当我们抵达冥王星的时候，我们已经走得那么遥远，太阳--我们那暖暖和和、晒黑我们皮肤、赋予我们生命的亲爱的太阳--已经缩小到了针尖大小。它比一颗明亮的恒星大不了多少。在这样冷清清的空间里，你会开始理解，为什么即使是最重要的物体--比如冥王星的卫星--也逃过了人们的注意力。在这方面，绝不只是冥王星。在“旅行者”号探险之前，人们以为海王星只有两颗卫星，“旅行者”号又发现了 6 颗。在我小时候，人们以为太阳系只有 30 颗卫星。现在的卫星总数至少已经达到 60 颗，其中起码三分之一是在刚刚过去的 10 年里发现的。在考虑整个宇宙的时候，你当然需要记住，我们其实还不知道我们太阳系的家底。

现在，当我们飞越冥王星的时候，你会注意到另一件事：我们在飞越冥王星。要是你查一查旅行计划，你会明白这次旅行的目的地是我们太阳系的边缘，我们恐怕还没有到达。冥王星也许是标在教室挂图上的最后一个物体，但太阳系并不到此为止。实际上，离终点还远着呢。要到达太阳系的边缘，我们非得穿过奥尔特云，那是个彗星飘游的茫茫天际。而我们--我为此感到很遗憾--还要再花 1 万年时间才能抵达奥尔特云。冥王星远不是太阳系外缘的标志，就像教室里的挂图上随便暗示的那样，它仅仅是在五万分之一路程的地方。

当然，我们没有打算去做这样一次旅行。做一次 38.6 万公里远的月球旅行，对我们来说依然是一件了不起的大事。老布什总统曾一时头脑发昏，提出要执行一次去火星的载人任务，但后来不了了之。有人估计，这要花费 4500 亿美元，最后很可能落个全体乘员命归黄泉的结局（他们无法遮挡高能的太阳粒子，DNA 会被撕得粉碎）。

根据我们目前掌握的知识和理智的想像，任何人都绝对不会前往我们自己太阳系的边缘--永远不会。实在太遥远了。事实上，即便使用哈勃望远镜，我们也看不到奥尔特云，因此我们实际上不知道它在哪里。它的存在是可能的，但完全是假设的。¹

关于奥尔特云，有把握的只能说到这种程度：它始于冥王星以外，向宇宙里伸展大约两光年。太阳系里的基本计量单位是天文单位（AU），代表太阳和地球之间的平均距离。冥王星距离我们大约 40 个天文单位，奥尔特云的中心离我们大约 5 万个天文单位。一句话，它非常遥远。

但是，我们再作一次假设：我们已经到达奥尔特云。你首先注意到的是，这里非常宁静。现在，我们离哪个地方都非常遥远--离我们自己的太阳那么遥远，它甚至算不上是天空里最明亮的星星。想一想啊，远处那个不停闪烁的亮点是那么微小，却有足够的引力拖住所有这些彗星，这真是不可思议。这种引力并不很强，因此这些彗星只是很壮观地慢慢移动，速度大约仅为每小时 354 公里。由于引力的细微摄动--也许是由于一颗路过的恒星，在这些孤独的彗星中，不时会有一颗被推出正常轨道。有时候，它们被弹进空荡荡的空间，再也没有

踪影。但是，有时候它们会进入围绕太阳的漫长轨道。每年大约有三四颗这类彗星，即所谓的长命彗星，从太阳系里侧行通过。这些迷途的访客只是偶然会撞上坚硬的东西，比如地球。这就是我们现在到这里来的道理--因为我们见到的那颗彗星刚刚开始朝着太阳系的中央经历漫长的坠落过程。在这么多的地方中，它的方向偏偏是艾奥瓦州的曼森。它要花很长时间才能抵达那里--至少三四百万年--因此我们先把它搁置一下，到本书快要结束时再来讨论它。

这就是你所在的太阳系。太阳系之外还有别的什么？哎呀，也许什么也没有，也许有很多东西，这取决于你怎么看这个问题。

从短期来说，什么也没有。人类创造的最完美的真空，都不如星际空间那样空空荡荡。

那里有大量的这种“空空荡荡”，直到你抵达下一个“有点东西”。宇宙里我们最近的邻居是比邻星，它是那个三星云团的组成部分，名叫α星，位于 4.3 光年以外，这在星系用语中只是微不足道的一点时间，但仍然要比去月球旅行远 1 亿倍。乘宇宙飞船去那里，至少要花 25 000 年；即使你真的做这次旅行，你仍然到不了任何地方，只会看到茫茫空间的中央悬着一簇寂寞的星星。若要抵达下一个有意义的陆标天狼星，还有 4.6 光年的行程。因此，如果你想要以“越星”的方式穿越宇宙的话，情况就会是这样。即使抵达我们自己银河系的中心，也要花上比我们作为人的存在长得多的时间。

我再来重复一遍，空间是巨大的。恒星之间的平均距离超过 30 万亿公里。即使以光的速度去那里，这对任何想去旅行的个人来说都是极富挑战性的距离。当然，为了逗乐，外星人有可能旅行几十亿公里来到威尔特郡种植庄稼，或者来到亚利桑那州哪一条人迹稀少的路上，把行驶中的小卡车上的哪个可怜虫吓得魂飞胆丧，但这种事似乎永远不会发生。

不过，从统计角度来看，外层空间存在有思想的生物的可能性还是很大。谁也不清楚银河系里有多少颗恒星--估计有 1000 亿颗到 4000 亿颗--而银河系只是大约 1400 亿个星系之一，其他许多比我们的银河系还要大。20 世纪 60 年代，康奈尔大学的一位名叫弗兰克·德雷克的教授为这么巨大的数字所振奋，根据一系列不断缩小的可能性，想出了一个著名的方程式，旨在计算宇宙中存在高级生命的可能性。

按照德雷克的方程式，你把宇宙某个部分的恒星数除以恒星可能拥有行星系的数；再用那个商除以理论上能够存在生命的行星系数；再用那个商除以已经出现生命，而且生命提高到了有智力的状态的行星系数；如此等等。每这样除一次，那个数字就大大缩小--然而，即使以最保守的输入，仅在银河系里，得出的高等文明社会的数字也总是在几百万个。

这种看法多么有意思，多么激动人心。我们也许只是几百万个高等文明社会中的一个。

不幸的是，空间浩瀚，据测算，任何两个文明社会之间的平均距离至少在 200 光年。为了让你有个清楚的概念，光这么说还不行，还要作更多的解释。首先，这意味着，即使那些生物知道我们在这里，而且能从望远镜里看到我们，他们所看到的也只是 200 年以前离开地球的光。因此，他们看到的不是你和我。他们看到的是法国大革命、托马斯·杰斐逊以及穿长丝袜、戴假发套的人--是不懂得什么是原子或什么是基因的人，是用一块毛皮摩擦琥珀棒生电、认为这挺好玩的人。我们收到这些观察者发来的电文，很可能以“亲爱的大人”开头，祝贺我们牵着骏马，能够熟练地使用鲸油。200 光年是如此遥远的距离，我们简直无法想像。

因此，即使我们其实并不孤单，实际上我们还是很孤单。卡尔·萨根推算，宇宙里有可能存在生命的行星多达 100 万亿亿颗--这个数字远远超出我们的想像力。但是，同样超出我们想像力的，是它们所散落的宇宙的范围。“要是我们被随意塞进宇宙，”萨根写道，“你

在一颗行星上或靠近一颗行星的可能性不足十亿亿亿亿分之一（即 10^{-33} ）。世界是很宝贵的。”

因此，这也许是好消息：1999 年 2 月，国际天文学联合会正式裁定，冥王星是一颗行星。宇宙是个又大又寂寞的地方。我们能有多少个邻居就要多少个邻居。

第三章 埃文斯牧师的宇宙

罗伯特·埃文斯牧师是个说话不多、性格开朗的人，家住澳大利亚的蓝山山脉，在悉尼以西大约 80 公里的地方。当天空晴朗，月亮不太明亮的时候，他带着一台又笨又大的望远镜来到自家的后阳台，干一件非同寻常的事。他观察遥远的过去，寻找临终的恒星。

观察过去当然是其中容易的部分。朝夜空瞥上一眼，你就看到了历史，大量历史--你看到的恒星不是它们现在的状态，而是它们的光射出时的状态。据我们所知，我们忠实的伙伴北极星，实际上也许在去年 1 月，或 1854 年，或 14 世纪初以后的任何时候就已经熄灭，因为这信息到现在还无法传到这里。我们至多只能说--永远只能说--它在 680 年以前的今天还在发光。恒星在不断死亡。罗伯特·埃文斯干得比别人更出色的地方是，他发现了天体举行告别仪式的时刻。

白天，埃文斯是澳大利亚统一教会一位和蔼可亲、快要退休的牧师，干点临时工作，研究 19 世纪的宗教运动史。到了夜间，他悄悄地成为一位天空之神，寻找超新星。

当一颗巨大的恒星--一颗比我们的太阳还大的恒星--坍塌的时候，它接着会壮观地爆炸，刹那间释放出 1000 亿颗太阳的能量，一时之间比自己星系里所有的恒星的亮度加起来还要明亮。于是，一颗超新星诞生了。“这景象犹如突然之间引爆了 1 万亿枚氢弹。”埃文斯说。他还说，要是超新星爆炸发生在离我们只有 500 光年远的地方，我们会完蛋--“彻底把锅砸了。”他乐呵呵地说。但是，宇宙是浩瀚的，超新星通常离我们很远很远，不会对我们造成伤害。事实上，大多数远得难以想像，它们的光传到我们这里时不过是淡淡的一闪。有一个月左右的时间，它们可以看得见。它们与天空里别的恒星的惟一不同之处是，它们占领了一点儿以前空无一物的空间。埃文斯在夜间满天星斗的苍穹里寻找的，就是这种很不寻常、非常偶然发生的闪光。

为了理解这是一种多么高超的本事，我们来想像一下，在一张标准的餐桌上铺一块黑桌布，然后撒上一把盐。我们把撒开的盐粒比做一个星系。现在，我们来想像一下，再增加 1500 张这样的餐桌--足以形成 3 公里长的一条直线--每一张餐桌上都随意撒上一把盐。现在，在任意一张餐桌上再加一粒盐，让罗伯特·埃文斯在中间行走。他一眼就看到了那粒盐。那粒盐就是超新星。

埃文斯是个杰出的天才人物，奥利弗·萨克斯在《一位火星上的人类学家》中有一章谈到孤僻的学者，专门用一段文字来描述埃文斯--但他马上补充说：“绝没有说他孤僻的意思。”埃文斯从来没有见过萨克斯，对说他性格孤僻也罢，一位学者也罢，都报以哈哈大笑，但他不太说得清自己怎么会有这种天才。

埃文斯的家在黑兹尔布鲁克村边缘的一栋平房里，环境幽静，景色如画，悉尼就到这里为止，再往前便是无边无际的澳大利亚丛林。有一次，我去拜访了他和他的夫人伊莱恩。“我好像恰好有记住星场的本事。”他对我说，还表露出不好意思的样子，“别的事我都不特别擅长，”他接着说，“我连名字都不太记得住。”

“也记不住东西搁在哪儿。”伊莱恩从厨房里喊着说。

他又坦率地点了点头，咧嘴一笑，接着问我是不是愿意去看一眼他的望远镜。我原来以为，埃文斯在后院有个不错的天文台--一个小型的威尔逊山天文台或帕洛马天文台，配有滑动的穹形屋顶和一把移动方便的机械椅子。实际上，他没有把我带出屋外，而是领着我走进离厨房不远的一个拥挤不堪的贮藏室，里面堆满了书和文献。他的望远镜--一个白色的圆筒，大小和形状像个家用热水箱--就放在一个他自己做的、能够转动的胶合板架子上面。要进行观测的时候，他分两次把它们搬上离厨房不远处的阳台。斜坡下面长满了桉树，只看得见屋檐和树梢之间一片信箱大小的天空，但他说这对于他的观测工作来说已经绰绰有余。就是在那里，当天空晴朗、月亮不太明亮的时候，他寻找超新星。

超新星这个名字，是一位脾气极其古怪的天文物理学家在 20 世纪 30 年代创造的，他的名字叫弗里茨·兹威基。他出生在保加利亚，在瑞士长大，20 世纪 20 年代来到加州理工学院，很快以粗暴的性格和卓越的才华闻名遐迩。他似乎并不特别聪明，他的许多同事认为他只不过是“恼人的小丑”。他是个健身狂，经常会扑倒在加州理工学院饭厅或别的公共场所的地板上做单臂俯卧撑，向任何表示怀疑的人显示他的男子气概。他咄咄逼人，最后变得如此气势汹汹，连他最亲密的合作者--性格温和的沃尔特·巴德--也不愿意跟他单独在一起。兹威基还指责巴德是个纳粹分子，因为他是德国人。其实，他不是。巴德在山上的威尔逊山天文台工作。兹威基不止一次扬言，要是他在加州理工学院校园里碰上，他要把巴德杀了。

然而，兹威基聪明过人，具有敏锐的洞察力。20 世纪 30 年代初，他把注意力转向一个长期困扰天文学家的问题：天空中偶尔出现而又无法解释的光点--新的恒星。令人难以置信的是，他怀疑问题的核心是否在于中子--英国的詹姆斯·查德威克刚刚发现的，因而是新奇而时髦的亚原子粒子。他突然想到，要是恒星坍缩到原子的核心那种密度，便会变成一个极其坚实的核。原子实际上已经被压成一团，它们的电子不得不变成核子，形成了中子。这样就形成了一颗中子星。想像一下，把 100 万枚很重的炮弹挤压成一颗弹子的大小--哎呀，这还差得远呢。一颗中子星核的密度如此之大，里面的一调羹物质会重达 900 亿千克。只是一调羹啊！然而，不仅如此。兹威基意识到，这样的一颗恒星坍缩以后会释放出大量的能量--足以产生宇宙里最大的爆炸。他把这种由此产生的爆炸叫做超新星。它们会是--实际上也是--创建宇宙过程中最大的事件。

1934 年 1 月 15 日，《物理学评论》杂志刊登了一篇论文的简短摘要。论文是由兹威基和巴德前一个月在斯坦福大学发表的。尽管摘要极其短小--只有 24 行字--但它包含了大量新的科学知识：它首次提到超新星和中子星；它令人信服地解释了它们的形成方法；它准确地计算出它们爆炸的等级；作为一种结论，它把超新星爆炸与所谓的宇宙射线这一神秘的新现象的产生联系起来。宇宙射线大批穿过宇宙，是新近才被发现的。这些理念至少可以说是革命性的。中子星的存在要再过 34 年才得以确认。宇宙射线的理念虽然被认为很有道理，但还没有得到证实。总而言之，用加州理工学院天文物理学家基普·S.索恩的话来说，这篇摘要“是物理学和天文学史上最有先见之明的文献之一”。

有意思的是，兹威基几乎不知道这一切发生的原因。据索恩说：“他不大懂物理学定律，因此不能证明他的思想。兹威基的才华是用来考虑大问题的，而收集数据是别人--主要是巴德--的事。”

兹威基也是第一个认识到，宇宙里的可见物质远远不足以把宇宙连成一片，肯定有某种别的引力影响--就是我们现在所谓的暗物质。有一点他没有注意到，即中子星坍缩得很紧，密度很大，连光也无法摆脱它的巨大引力。这就形成了一个黑洞。不幸的是，他的大多数同事都瞧不起他，因此他的思想几乎没有引起注意。5 年以后，当伟大的罗伯特·奥本海默

在一篇有划时代意义的论文中把注意力转向中子星的时候，他没有一次提到兹威基的成就，虽然兹威基多年来一直在致力于同一个问题，而且就在走廊那头的办公室里。在差不多 40 年的时间里，兹威基有关暗物质的推论没有引起认真的注意。我们只能认为，他在此期间做了许多俯卧撑。

令人吃惊的是，当我们把脑袋探向天空的时候，我们只能看见宇宙的极小部分。从地球上，肉眼只能见到大约 6 000 颗恒星，从一个角度只能见到大约 2000 颗。如果用了望远镜，我们从一处看见的星星就可以增加到大约 5000 颗；要是用一台 5 厘米的小型天文望远镜，这个数字便猛增到 30 万颗。假如使用像埃文斯使用的那种 40 厘米天文望远镜，我们就不仅可以数恒星，而且可以数星系。埃文斯估计，他从阳台上可以看到的星系可达 5 万-10 万个，每个星系都由几百亿颗恒星组成。这当然是个可观的数字，但即使能看到这么多，超新星也是极其少见的。一颗恒星可以燃烧几十亿年，而死亡却是一下子的事儿。只有少量的临终恒星发生爆炸，大多数默默地熄灭，就像黎明时的篝火那样。在一个由几千亿颗恒星组成的典型星系里，平均每二百年会出现一颗超新星。因此，寻找一颗超新星，有点像立在纽约帝国大厦的观景台上，用望远镜搜索窗户外面的曼哈顿四周，希望发现--比如说--有人在点着 21 岁生日蛋糕上的蜡烛。

因此，要是有一位满怀希望、说话细声细气的牧师前来联系，问一声他们有没有可用的星场地图，以便寻找超新星，天文学界一定会认为他的脑子出了毛病。当时，埃文斯只有一台 5 厘米的天文望远镜--这供业余观星之用倒差不多，但用那玩意儿来搞严肃的宇宙研究还远远不够--他却提出要寻找宇宙里比较稀罕的现象。埃文斯于 1980 年开始观察，在此之前，整个天文学史上发现的超新星还不到 60 颗。（到我 2001 年 8 月拜访他的时候，他已经记录了他的第 34 次目视发现；3 个月以后，他有了第 35 次发现；2003 年初，第 36 次。）

然而，埃文斯有着某些优势。大部分观察者像大部分人口一样身处北半球，因此身处南半球的他在很大程度上独自拥有一大片天空，尤其是在最初的时候。他还拥有速度和超人的记忆力。大型天文望远镜是很笨重的东西，移动到位要花掉好多操作时间。埃文斯可以像近距离空战中的机尾射手那样把 5 厘米小型望远镜转来转去，用几秒钟时间就可以瞄准天空中任何一个特定的点。因此，他一个晚上也许可以观测 400 个星系，而一台大型专业天文望远镜能观测五六十个就很不错了。

寻找超新星的工作大多一无所获。从 1980 年到 1996 年，他平均每年有两次发现--那要花几百个夜晚来观测呀观测呀，真不划算。有一回他 15 天里有 3 次发现，但另一回 3 年里也没有发现 1 次。

“实际上，一无所获也有一定价值，”他说，“它有利于宇宙学家计算出星系演变的速度。在那种极少有所发现的区域，没有迹象就是迹象。”

在望远镜旁边的一张桌子上，堆放着跟他的研究有关的照片和文献。现在，他把其中一些拿给我看。要是你翻阅过天文学的通俗出版物，你就会知道，上面大多是远处星云之类的色彩鲜艳的照片--那是由天光形成的彩色云团，华美动人，异常壮观。埃文斯拍下的形象根本无法与之相比。它们只是模模糊糊的黑白照片，上面有带有光环的小亮点。他让我看一幅照片，它描述了一大群恒星，上面有一点儿光焰，我不得不凑近了才看得清楚。埃文斯对我说，这是天炉星座的一颗恒星，天文学上称之为 NGC1365。（NGC 代表“新编总目录”，上面记录着这些材料。过去是都柏林某人书桌上的一本笨重的书；不用说，如今是一个数据库。）在 6000 万年时间里，这颗恒星的壮丽死亡时所发出的光，不停地越过太空，最后在 2001 年 8 月的一天夜里以一点微光的形式抵达了地球。当然是身处桉树芬芳的山坡上的罗

伯特·埃文斯发现了它。

“我想，这还是挺令人满意的啊，”埃文斯说，“想一想，那个光在太空里走了几百万年，抵达地球的时候恰好有个人在不偏不倚地望着那片天空，结果看到了它。能亲眼目睹这样一个重大事件，这似乎是挺不错的。”

超新星远远不止让你产生一种惊奇感。它们分为几种类型（有一种是埃文斯发现的），其中之一名叫 Ia 超新星，它对天文学来说尤其重要，因为这类超新星总是以同样的方式爆炸，拥有同样关键的质量。因此，它们可以被用做“标准烛光”——用来衡量其他恒星的亮度（因此也是衡量相对距离）的标准，从而衡量宇宙的膨胀率。

1987 年，由于需要比目测所能提供的更多的超新星数目，加利福尼亚州劳伦斯·伯克利实验室的索尔·珀尔马特开始寻找一种更加系统的搜寻方法。珀尔马特利用先进的计算机和电荷耦合器件设计了一个绝妙的系统——实质上是一流的数码相机。它使寻找超新星的工作自动化了。现在，天文望远镜可以拍下几千幅照片，然后利用计算机来发现能够说明发生了超新星爆炸的亮点。在 5 年时间里，珀尔马特和他的同事们在伯克利利用这种新技术发现了 42 颗超新星。如今，连业余爱好者也在用电荷耦合器件发现超新星。“使用电荷耦合器件，你可以把天文望远镜瞄准天空，然后走开去看电视，”埃文斯不大高兴地说，“那种神奇的味道已经不复存在了。”

我问埃文斯，他是不是想采取这种新技术。“哦，不，”他说，“我很喜欢自己的办法，而且，”他朝新近拍摄的一幅超新星照片点了点头，微微一笑，“有时候我仍能超过他们。”

很自然产生了这样的问题：要是一颗恒星在近处爆炸，情况会怎么样？我们已经知道，离我们最近的恒星是 α 星，在 4.3 光年以外。我曾经想像，要是那里发生一次爆炸，我们在 4.3 年时间里都看得到大爆炸的光洒向整个天空，仿佛是从一个大罐子里泼出来的那样。要是我们有 4 年零 4 个月的时间来观看一次无法逃脱的末日渐渐向我们逼近，知道它最后到达之时会把我们的皮肉从骨头上刮得一干二净，情况会怎么样？人们还会上班吗？农民还会种庄稼吗？还有人把农产品运到商店去吗？

几个星期以后，我回到了我居住的那个新罕布什尔州小镇，向达特茅斯学院的天文学家约翰·索尔斯坦森提出了这几个问题。“哦，不会了，”他笑着说，“这么一件大事的消息会以光的速度传开，还有那个破坏性，你一听顿时会被吓死。不过，别担心，这种事情不会发生。”

至于超新星爆炸的冲击波会要你的命的问题，他解释说，你非得“离得近到荒唐可笑的程度”——很可能是 10 光年左右之内。“危险来自各种辐射——宇宙射线等等”。辐射会产生惊人的极光，像闪闪发亮的怪异光幕，充斥整个天空。这不会是一件好事情。任何有本事上演这么一幕的事儿会把磁层——地球高空通常使我们不受紫外线和其他宇宙袭击的磁场——一扫而光。没有了磁层，任何倒霉蛋只要踏进阳光，很快就会看上去——比如说——像个烤焦的比萨饼。

索尔斯坦森说，有理由相信，这种事情在星系的我们这个角落里不会发生，这是因为，首先，形成一颗超新星要有一种特别的恒星。恒星非得要有我们的太阳 10-20 倍那么大小才有资格，而“我们附近没有任何符合这个条件的星球”。非常运气，宇宙是个大地方。他接着说，离我们最近的、很可能有资格的，是猎户座；多年来，它一直在喷出各种东西，表明那里不大稳定，引起了大家的注意。但是，猎户座离我们有 5 万光年之远。

在有记载的历史上，只有五六次超新星是近到肉眼看得见的。一次是 1054 年的爆炸，形成了蟹状星云。另一次是在 1604 年，创造了一颗亮得在 3 个多星期里连在白天都看得见

的恒星。最近一次是在 1987 年，有一颗超新星在宇宙一个名叫大麦哲伦云的区域闪了一下，然而仅仅勉强看得见，而且仅仅在南半球看得见--它在 16.9 万光年以外，对我们毫无危险。

超新星还有一方面对我们来说是绝对重要的。要是没有了超新星，我们就不会来到这个世界上。你会想得起来，第一章快结束的时候，我们谈到宇宙之谜--大爆炸产生了许多轻的气体，但没有创造重的元素。重元素是后来才有的，但在很长时间内，谁也搞不清它们后来是怎么产生的。问题是，你需要有某种温度确实很高的东西--比温度最高的恒星中央的温度还要高--来锻造碳、铁和其他元素；要是没有这些元素，我们就令人苦恼地不会存在。超新星提供了解释。这个解释是一位几乎像弗里茨·兹威基一样行为古怪的英国宇宙学家作出的。

他是约克郡人，名叫弗雷德·霍伊尔。霍伊尔死于 2001 年，在《自然》杂志的悼文里被描写成一位“宇宙学家和好辩论的人”，二者他都受之无愧。《自然》杂志的悼文说，他“在一生的大部分时间里都卷入了争论”，并“使自己名声扫地”。比如，他声称，而且是毫无根据地声称，伦敦自然史博物馆里珍藏的那件始祖鸟化石是假的，与皮尔当人头盖骨的骗局如出一辙，这使得博物馆的古生物学家们非常恼火。他们不得不花了几天工夫来回答记者们从世界各地打来的电话。他还认为，地球不仅从空间接受了生命的种子，而且接受了它的许多疾病，比如感冒和腺鼠疫。他有一次还提出，人类在进化过程中有了突出的鼻子和朝下的鼻孔，就是为了阻止宇宙病原菌掉进去。

是他 1952 年在一篇广播稿中开玩笑地创造了大爆炸这个名字。他指出，我们在理解物理学的时候，怎么也解释不了为什么一切会聚合成一点，然后又突然戏剧性地开始膨胀。霍伊尔赞成恒稳态学说，该学说认为宇宙在不断膨胀，在此过程中不断创造新的物质。霍伊尔还意识到，要是恒星发生爆聚，便会释放出大量热量--温度在 1 亿摄氏度以上，足以在被称之为核合成的过程中产生较重的元素。1957 年，霍伊尔和别人一起，展示重元素是如何在超新星的爆炸中形成的。由于这项工作，他的合作者 W.A.福勒获得了诺贝尔奖。霍伊尔则没有，很难为情。

根据霍伊尔的理论，一颗爆炸中的恒星会释放出足够的热量来产生所有的新元素，并把它们洒在宇宙里。这些元素会形成气云--就是所谓的星际媒介--最终聚合成新的太阳系。有了这些理论，我们终于可以为我们的怎么会来到这个世界的问题构筑一个貌似有理的设想。我们现在认为自己知道的情况如下：

大约 46 亿年之前，一股直径约为 240 亿公里、由气体和尘埃组成的巨大涡流，积储在我们现在所在的空间，并开始聚积。实际上，太阳系里的全部物质--99.9%的物质--都被用来形成了太阳。在剩下的飘浮物质当中，两颗微粒飘到很近的地方，被静电吸到一起。

这是我们的行星孕育的时刻。在整个初生的太阳系里，同样的情况正在发生。尘粒互相碰撞，构成越来越大的团块。最后，这些团块大到了一定程度，可以被称做微行星。随着这些微行星无休止地碰撞，它们或破裂，或分解，或在无休止而又随意的置换中重新合并，但每次碰撞都有一个赢家，有的赢家越来越大，最后主宰了它们运行的轨道。

这一切都发生得相当快。据认为，从小小的一簇尘粒变成一颗直径为几百公里的幼星，只要花几万年的时间。在不过 2 亿年的时间里，很可能还不到，地球就基本形成了，虽然仍是灼热的，还经常受到仍在到处飘浮的碎片的撞击。

在这个时刻，大约在 45 亿年以前，一个火星大小的物体撞上了地球，炸飞了足够的材料来形成一颗伴星--月球。据认为，不出几个星期，被炸飞的材料已经重新聚成一团；不出一年，它变成了那个现在还陪伴着我们的岩石球体。据认为，构成月球的大部分材料来自地

壳，不是地核，这就是月球上极少有铁的原因，而地球上铁却很多。顺便说一句，这个理论几乎总是被说成是最近提出的，而事实上，它最初由哈佛大学的雷金纳德·戴利于 20 世纪 40 年代提出。关于这个理论，惟一最近的事儿就是人们已经不大重视它了。

当地球还是它最终大小的大约三分之一的时候，它很可能已经开始形成大气，主要由二氧化碳、氮、甲烷和硫组成。我们几乎不会把这些东西与生命联系起来；然而，在这有毒的混杂物中，生命形成了。二氧化碳是一种强有力的温室气体。它是一样好东西，因为当时太阳已经弱多了。要是我们没有受益于温室效应，地球很可能已经永久被冰雪覆盖。生命也许永远找不到一块立足之地。但是，生命以某种方式出现了。

在之后的 5 亿年里，年轻的地球继续受到彗星、陨石和银河系里其他碎块的无情撞击。

这个过程产生了蓄满海洋的水，产生了成功形成生命所必不可少的成分。这是个极不友好的环境，然而生命还是以某种方式开始了。有一小袋化学物质抽动一下，变成了活的。我们快要来到这个世界上了。

40 亿年以后，人们开始想，这一切到底是怎么发生的？下面，我们就来讲讲这个故事。

第四章 事物的测定

大自然和大自然的法则藏匿于黑夜之中；上帝说，让牛顿出世吧！于是世界一片光明。
--亚历山大·蒲柏

要是让你挑出有史以来最不愉快的实地科学考察，你肯定很难挑得出比 1735 年法国皇家科学院的秘鲁远征更加倒霉的。在一位名叫皮埃尔·布格的水文工作者和一位名叫查理·玛丽·孔达米纳的军人数学家的率领下，一个由科学家和冒险家组成的小组前往秘鲁，旨在用三角测量法测定穿越安第斯山脉的距离。

那个时候，人们感染上了一种了解地球的强烈欲望--想要确定地球有多大年龄，多少体积，悬在宇宙的哪个部分，是怎样形成的。法国小组的任务是要沿着一条直线，从基多附近的雅罗基开始，到如今位于厄瓜多尔的昆卡过去一点，测量 1 度经线（即地球圆周的三百六十分之一）的长度，全长约为 320 公里，从而帮助解决这颗行星的周长问题。

事情几乎从一开始就出了问题，有时候还是令人瞠目的大问题。在基多，访客们不知怎的激怒了当地人，被手拿石头的暴民撵出了城。过不多久，由于跟某个女人产生误解，测量小组的一名医生被谋杀。组里的植物学家精神错乱。其他人或发热死去，或坠落丧命。考察队的第三号人物--一个名叫让·戈丁的男人--跟一位 13 岁的姑娘私奔，怎么也劝不回来。

测量小组有一次不得不停止工作 8 个月；同时，孔达米纳骑马去利马，解决一个许可证问题。他最后和布格互不说话，拒绝合作。这个人数越来越少的测量小组每到一处都让当地官员们心存狐疑。他们很难相信，这批法国科学家为了测量世界而会绕过半个地球。这根本说不通。两个半世纪以后，这似乎仍是个很有道理的问题。法国人犯不着吃那么多苦头跑到安第斯山脉，干吗不就在法国搞测量？

一方面，这是因为 18 世纪的科学家，尤其是法国科学家，办事很少用简单的办法。另一方面，这与一个实际问题有关。这个问题起源于多年以前--早在布格和孔达米纳梦想去南美洲之前，更不用说有理由这么做之前--英国天文学家埃德蒙·哈雷。

哈雷是个不同凡响的人物。在漫长而又多产的生涯中，他当过船长、地图绘制员、牛津大学几何学教授、皇家制币厂副厂长、皇家天文学家，是深海潜水钟的发明人。他写过有关

磁力、潮汐和行星运动方面的权威文章，还天真地写过关于鸦片的效果的文章。他发明了气象图和运算表，提出了测算地球的年龄和地球到太阳的距离的方法，甚至发明了一种把鱼类保鲜到淡季的实用方法。他惟一没有干过的就是发现那颗冠以他名字的彗星。他只是承认，他在 1682 年见到的那颗彗星，就是别人分别在 1456 年、1531 年和 1607 年见到的同一颗彗星。

这颗彗星直到 1758 年才被命名为哈雷彗星，那是在他去世大约 16 年之后。

然而，尽管他取得了这么多的成就，但他对人类知识的最大贡献也许只在于他参加了一次科学上的打赌。赌注不大，对方是那个时代的另外两位杰出人物。一位是罗伯特·胡克，人们现在记得最清楚的兴许是他描述了细胞；另一位是伟大而又威严的克里斯托弗·雷恩爵士，他起先其实是一位天文学家，后来还当过建筑师，虽然这一点人们现在往往不大记得。

1683 年，哈雷、胡克和雷恩在伦敦吃饭，突然间谈话内容转向天体运动。据认为，行星往往倾向于以一种特殊的卵行线即以椭圆形在轨道上运行--用理查德·费曼的话来说，“一条特殊而精确的曲线”--但不知道什么原因。雷恩慷慨地提出，要是他们中间谁能找到个答案，他愿意发给他价值 40 先令（相当于两个星期的工资）的奖品。

胡克以好大喜功闻名，尽管有的见解不一定是他自己的。他声称他已经解决这个问题，但现在不愿意告诉大家，他的理由有趣而巧妙，说是这么做会使别人失去自己找出答案的机会。因此，他要“把答案保密一段时间，别人因此会知道怎么珍视它”。没有迹象表明，他后来有没有再想过这件事。可是，哈雷着了迷，一定要找到这个答案，还于次年前往剑桥大学，冒昧拜访该大学的数学教授艾萨克·牛顿，希望得到他的帮助。

牛顿绝对是个怪人--他聪明过人，而又离群索居，沉闷无趣，敏感多疑，注意力很不集中（据说，早晨他把脚伸出被窝以后，有时候突然之间思潮汹涌，会一动不动地坐上几个小时），干得出非常有趣的怪事。他建立了自己的实验室，也是剑桥大学的第一个实验室，但接着就从事异乎寻常的实验。有一次，他把一根大针眼缝针--一种用来缝皮革的长针--插进眼窝，然后在“眼睛和尽可能接近眼睛后部的骨头之间”揉来揉去，目的只是为了看看会有什么事发生。结果，说来也奇怪，什么事儿也没有--至少没有产生持久的后果。另一次，他瞪大眼睛望着太阳，能望多久就望多久，以便发现对他的视力有什么影响。他又一次没有受到严重的伤害，虽然他不得不在暗室里待了几天，等着眼睛恢复过来。

与他的非凡天才相比，这些奇异的信念和古怪的特点算不了什么--即使在以常规方法工作的时候，他也往往显得很特别。在学生时代，他觉得普通数学局限性很大，十分失望，便发明了一种崭新的形式--微积分，但有 27 年时间对谁也没有说起过这件事。他以同样的方式在光学领域工作，改变了我们对光的理解，为光谱学奠定了基础，但还是过了 30 年才把成果与别人分享。

尽管他那么聪明，真正的科学只占他兴趣的一部分。他至少有一半工作年龄花在炼金术和反复无常的宗教活动方面。这些活动不是涉猎，而是全身心地扑了进去。他偷偷信仰一种很危险的名叫阿里乌斯教的异教。该教的主要教义是认为根本没有三位一体（这有点儿讽刺意味，因为牛顿的工作单位就是剑桥大学的三一学院）。他花了无数个小时来研究耶路撒冷不复存在的所罗门王神殿的平面图（在此过程中自学了希伯来语，以便阅读原文作品），认为自己掌握着数学方面的线索，知道基督第二次降临和世界末日的日期。他对炼金术同样无比热心。1936 年，经济学家约翰·梅纳德在拍卖会上购得一箱子牛顿的文件，吃惊地发现那些材料绝大部分与光学或行星运动没有任何关系，而是些有关他潜心探索把低贱金属变成贵重金属的资料。20 世纪 70 年代，人们通过分析牛顿的一绺头发发现，里面含有汞--这种

元素，除了炼金术士、制帽商和温度计制造商以外，别人几乎不会感兴趣--其浓度大约是常人的 40 倍。他早晨有想不到起床的毛病，这也许是不足为怪的。

1684 年 8 月，哈雷不请自来，登门拜访牛顿。他指望从牛顿那里得到什么帮助，我们只能猜测。但是，多亏一位牛顿的密友--亚伯拉罕·棣莫佛后来写的一篇叙述，我们才有了一篇有关科学界一次最有历史意义的会见的记录：

1684 年，哈雷博士来剑桥拜访。他们在一起待了一会儿以后，博士问他，要是太阳的引力与行星离太阳距离的平方成反比，他认为行星运行的曲线会是什么样的。

这里提到的是一个数学问题，名叫平方反比律。哈雷坚信，这是解释问题的关键，虽然他对其中的奥妙没有把握。

艾萨克·牛顿马上回答说，会是一个椭圆。博士又高兴又惊讶，问他是怎么知道的。“哎呀，”他说，“我已经计算过。”接着，哈雷博士马上要他的计算材料。艾萨克爵士在材料堆里翻了一会儿，但是找不着。

这是很令人吃惊的--犹如有人说他已经找到了治愈癌症的方法，但又记不清处方放在哪里了。在哈雷的敦促之下，牛顿答应再算一遍，便拿出了一张纸。他按诺言做了，但做得要多得多。有两年时间，他闭门不出，精心思考，涂涂画画，最后拿出了他的杰作：《自然哲学的数学原理》，更经常被称之为《原理》。

极其偶然，历史也只有过几次吧，有人作出如此敏锐而又出人意料的观察，人们无法确定究竟哪个更加惊人--是那个事实还是他的思想。《原理》的问世就是这样的一个时刻。

它顿时使牛顿闻名遐迩。在他的余生里，他将生活在赞扬声和荣誉堆里，尤其成了英国因科学成就而被封为爵士的第一人。连伟大的德国数学家戈特弗里德·莱布尼兹也认为，他对数学的贡献比得上在他之前的所有成就的总和，尽管在谁先发明微积分的问题上，牛顿曾跟他进行过长期而又激烈的斗争。“没有任何凡人比牛顿本人更接近神。”哈雷深有感触地写道。他的同时代人以及此后的许多别人对此一直怀有同感。

《原理》一直被称为“最难看懂的书之一”（牛顿故意把书写得很难，那样就不会被他所谓的数学“门外汉”纠缠不休），但对看得懂的人来说，它是一盏明灯。它不仅从数学的角度解释了天体的轨道，而且指出了使天体运行的引力--万有引力。突然之间，宇宙里的每种运动都说得通了。

《原理》的核心是牛顿的三大运动定律（定律非常明确地指出，物体朝着推力的方向运动；它始终做直线运动，直到某种别的力起了作用，使它慢下来或改变它的方向；每个作用都有相等的反作用）以及他的万有引力定律。这说明，宇宙里的每个物体都吸引每个别的物体。这似乎不大可能，但当你在这里坐着的时候，你在用你自己小小的（的确很小）引力场吸引你周围的一切事物--墙壁、天花板、灯、宠物猫。而这些东西也在吸引你。是牛顿认识到，任何两个物体的引力，再用费曼的话来说，“与每个物体的质量成正比，以两者之间距离的平方反比来变化”。换一种说法，要是你将两个物体之间的距离翻一番，两者之间的引力就弱 4 倍。这可以用下面的公式来表示：

$$F=G$$

这个公式对我们大多数人来说当然是根本没有实际用途的，但至少我们欣赏它的优美，它的简洁。无论你走到哪里，只要做两个快速的乘法，一个简单的除法，嘿，你就知道你的引力状况。这是人类提出的第一个真正有普遍意义的自然定律，也是牛顿到处深受人们尊敬

的原因。

《原理》的产生不是不带戏剧性的。令哈雷感到震惊的是，当这项工作快要完成的时候，牛顿和胡克为谁先发明了平方反比定律吵了起来，牛顿拒绝公开关键的第三卷，而没有这一卷，前面两卷就意义不大。只是在进行了紧张的穿梭外交，说了许多好话以后，哈雷才最后设法从那位脾气怪僻的教授那里索得了最后一卷。

哈雷的烦恼并没有完全结束。英国皇家学会本来答应出版这部作品，但现在打了退堂鼓，说是财政有困难。前一年，该学会曾经为《鱼类史》下了赌注，该书成本很高，结果赔了老本；他们担心一本关于数学原理的书不会有多大销路。哈雷尽管不很富裕，还是自己掏钱支付了这本书的出版费用。和以往一样，牛顿分文不出。更糟糕的是，哈雷这时候刚刚接受学会的书记员的职位，他被告知，学会已经无力给他答应过的 50 英镑年薪，只能用几本《鱼类史》来支付。

牛顿定律解释了许多事情--海洋里潮水的飞溅和翻腾；行星的运动；为什么炮弹着地前沿着一条特定的弹道飞行；虽然我们脚下的行星在以每小时几百公里的速度旋转，为什么我们没有被甩进太空--这些定律的全部意义要费好大工夫才能领会。但是，它们揭示的事实几乎马上引发了争议。

这意味着，地球不是滴溜滚圆的。根据牛顿的学说，地球自转产生的离心力，造成两极有点扁平，赤道有点鼓起。因此，这颗行星稍稍呈扁圆形。这意味着，1 度经线的长度，在意大利和苏格兰是不相等的。说得确切一点，离两极越远，长度越短。这对那些认为地球是个滴溜滚圆的球体，并以此来测量这颗行星的人来说不是个好消息。那些人就是大家。

在半个世纪的时间里，人们想要测算出地球的大小，大多使用很严格的测量方法。最先做这种尝试的人当中有一位英国数学家，名叫理查德·诺伍德。诺伍德在年轻时代曾带着个按照哈雷的式样制作的潜水钟去过百慕大，想要从海底捞点珍珠发大财。这个计划没有成功，因为那里没有珍珠，而且诺伍德的潜水钟也不灵，但浪费一次经历的也不止诺伍德一个人。17 世纪初，百慕大在船长中间以难以确定位置著称。问题是海洋太大，百慕大太小，用来解决这个差异的航海仪器严重不足。连 1 海里的长度还都说法不一。关于海洋的宽度，最细小的计算错误也会变得很大，因此船只往往以极大的误差找不到百慕大这样大小的目标。诺伍德爱好三角学，因此也爱好三角形，他想在航海方面用上一点数学，于是决定计算 1 度经线的长度。

诺伍德背靠着伦敦塔踏上了征途，历时两年向北走了 450 公里来到约克，一边走一边不停地拉直和测量一根链子。在此过程中，他考虑到土地的起伏、道路的弯曲，始终一丝不苟地对数据进行校正。最后一道工序，是在一年的同一天，一天的同一时间，在约克测量太阳的角度。他已经在伦敦做完第一次测量。根据这次测量，他推断，他可以得出地球 1 度经线的长度，从而计算出地球的整个周长。这几乎是一项雄心勃勃的工作--1 度的长度只要算错一点儿，整个长度就会相差许多公里--但实际上，就像诺伍德自豪地竭力声称的那样，他的计算非常精确，相差“微乎其微”--说得更确切一点，相差不到 550 米。以米制来表达，他得出的数字是每度经线的长度为 110.72 公里。

1637 年，诺伍德一部在航海方面的杰作《水手的实践》出版，立即赢得一批读者。它再版了 17 次，他去世 25 年以后仍在印刷。诺伍德携家人回到了百慕大，成为一名成功的种植园主，空闲时间便以他心爱的三角学来消遣。他在那里活了 38 年。要是对大家说，他这 38 年过得很幸福，受到了人们的敬仰，大家一定会很高兴。但是，实际上并非如此。在离开英格兰以后的航行途中，他两个年幼的儿子跟纳撒尼尔·怀特牧师同住一个船舱，不知

怎的让这位年轻的牧师深受精神创伤，在他余生的许多时间里会想方设法来找诺伍德的麻烦。

诺伍德的两个女儿的婚姻都不尽如人意，给她们的父亲带来了额外的痛苦。有个女婿可能受那位牧师的唆使，不断为了小事去法院控告诺伍德，惹得他非常气愤，还不得不经常去百慕大的那一头为自己辩护。最后，在 17 世纪 50 年代，百慕大开始流行审讯巫师，诺伍德提心吊胆地度过了最后的岁月，担心自己那些带有神秘符号的三角学论文会被看做在跟魔鬼交流，自己会被可怕地判处死刑。我们对诺伍德的情况知之甚少，反正他在不愉快环境中度过了晚年，实际上也许是活该。肯定没错的是，他的晚年确实是这样度过的。

与此同时，测定地球周长的势头已经到达法国。在那里，天文学家让·皮卡尔发明了一种极其复杂的三角测绘法，用上了扇形板、摆钟、天顶象限仪和天文望远镜（用来观察土星卫星的运动）。他花了两年时间穿越法国，用三角测绘法进行测量；之后，他宣布了一个更加精确的测量结果：1 度经线为 110.46 公里。法国人为此感到非常自豪，但这个结果是建立在地球是个圆球这个假设上的--而现在牛顿说地球不是这种形状的。

更为复杂的是，皮卡尔死后，乔瓦尼和雅克·卡西尼父子在更大的区域内重复了皮卡尔的实验。他们得出的结果显示，地球鼓起的地方不是在赤道，而是在两极--换句话说，牛顿完全错了。正因为如此，科学院才派遣布格和孔达米纳去南美洲重新测量。

他们选择了安第斯山脉，因为他们需要测量靠近赤道的地方，以确定那里的圆度是否有差异，还因为他们认为山区的视野比较开阔。实际上，秘鲁的大山经常云雾笼罩，这个小组常常不得不等上几个星期，才等得上一个小时的晴天来进行测量。不仅如此，他们选了个地球上几乎最难对付的地形。秘鲁人称这种地形是“非常少见”的--这话绝对没错儿。两个法国人不仅不得不翻越几座世界上最具挑战性的 大山--连他们的骡子也过不去的大山--而且，若要抵达那些大山，他们不得不涉过几条湍急的河流，钻过密密的丛林，穿越几公里高高的卵石沙漠，这些地方在地图上几乎没有标记，远离供给来源。但是，布格和孔达米纳是坚忍不拔的人。他们不屈不挠，不怕风吹日晒，坚持执行任务，度过了漫长的九年半时间。在这个项目快要完成的时候，他们突然得到消息，说另一个法国考察队在斯堪的纳维亚半岛北部进行测量（面对自己的艰难困苦，从寸步难行的沼泽地，到危机四伏的浮冰），发现 1 度经线在两极附近果真要长，正如牛顿断言的那样。地球在赤道地区的测量结果，要比环绕两极从上到下测量的结果厚出 43 公里。

因此，布格和孔达米纳花了将近 10 年时间，得出了一个他们不希望得出的结果，而且发现这个结果还不是他们第一个得出的。他们没精打采地结束了测量工作，只是证明第一个法国小组是正确的。然后，他们依然默不作声地回到海边，分别乘船踏上了归途。

牛顿在《原理》中作的另一个推测是：一根挂在大山附近的铅锤线，会受到大山和地球引力质量的影响，稍稍向着大山倾斜。这个推测很有意思。要是你精确测量那个偏差，计算大山的质量，你可以算出万有引力的常数--即引力的基本值，叫做 G --同时还可以算出地球的质量。

布格和孔达米纳在秘鲁的钦博拉索山做过这种试验，但是没有成功，一方面是因为技术难度很大，一方面是因为他们内部吵得不可开交。因此，这件事被暂时搁置下来，30 年后才在英国由皇家天文学家内维尔·马斯基林重新启动。达娃·索贝尔在她的畅销书《经线》中，把马斯基林说成是个傻瓜和坏蛋，不会欣赏钟匠约翰·哈里森的卓越才华，这话也许没错儿。但是，我们要在她书里没有提到的其他方面感激马斯基林，尤其要感激他制定了称地球质量的成功方案。

马斯基林意识到，问题的关键在于找到一座形状规则的山，能够估测它的质量。在他的敦促之下，英国皇家学会同意聘请一位可靠的人去考察英伦三岛，看看能否找到这样的一座山。马斯基林恰好认识这样的一个人--天文学家和测量学家查尔斯·梅森。马斯基林和梅森 11 年前已经成为朋友，他们曾一块儿承担一个测量一起重大天文事件的项目：金星凌日现象。不知疲倦的埃德蒙·哈雷几年前已经建议，要是在地球上选定几个位置测量一次这种现象，你就可用三角测绘法的定律来计算地球到太阳的距离，并由此计算出到太阳系所有其他天体的距离。

不幸的是，所谓的金星凌日是一件不规则的事。这一现象结对而来，相隔 8 年，然后一个世纪甚至更长时间都不发生一次。在哈雷的生命期里不会发生这种现象。¹ 但是，这个想法一直存在。1761 年，在哈雷去世将近 20 年以后，当下一次凌日准时来到的时候，科学界已经作好准备工作--准备得比观测以往任何一次天文现象都要充分。

凭着吃苦的本能--这是那个时代的特点--科学家们奔赴全球 100 多个地点--其中有俄罗斯西伯利亚、中国、南非、印度尼西亚以及美国威斯康星州的丛林。法国派出了 32 名观测人员，英国 18 名，还有来自瑞典、俄罗斯、意大利、德国、冰岛等国的观测人员。

这是历史上第一次国际合作的科学活动，但它几乎到处困难重重。许多观测人员遇上了战争、疾病或海难。有的抵达了目的地，但打开箱子一看，只见仪器已经破碎或被热带的灼人的阳光烤弯。法国人似乎命中注定要再一次遭遇倒霉的厄运。让·沙佩乘马车呀，乘船呀，乘雪橇呀，花了几个月才到达西伯利亚，每一颠簸都得小心护着容易损坏的仪器。最后只剩下关键的一段行程，却被一条涨水的河流挡住了去路。原来，就在他到达前不久，当地下了一场罕见的春雨。当地人马上归罪于他，因为他们看到他把古怪的仪器对准天空。沙佩设法逃得性命，但没有进行任何有意义的测量工作。

更倒霉的是纪晓姆·让蒂，他的经历蒂姆西·费里斯在《在银河系里成长》一书里作了精彩而简要的描述。让蒂提前一年从法国出发，打算在印度观测这次凌日现象，但遇到了种种挫折，发生凌日的那一天还在海上--这几乎是最糟糕的地方，因为测量需要保持平稳状态，而这在颠簸的船上根本无法做到。

让蒂并不气馁，继续前往印度，等待 1769 年的下一次凌日现象。他有 8 年的准备时间，因此建立了一个一流的观察站，他一次又一次测试他的仪器，把准备工作做得完美无缺。1769 年 6 月 4 日是发生第二次凌日现象的日子。早晨醒来，他看到是个艳阳天；但是，正当金星从太阳表面通过的时候，一朵乌云挡住了太阳，在那里停留了 3 小时 14 分 7 秒的时间，等到云开雾散，金星凌日的过程已经结束了。

让蒂大失所望地收拾仪器，前往最近的港口，途中患了痢疾，有将近一年时间卧床不起。他不顾身体依然虚弱，最后登上了一条船。这条船在非洲近海的一次飓风中几乎失事。出门十一年半以后，他终于回到家里。他一无所获，却发现他的亲戚已经宣布他死亡，争先恐后地夺走了他的财产。

比较而言，英国派到各地的 18 名观测人员所经历的失望就不算一回事。梅森与一位名叫杰里迈亚·狄克逊的年轻测量员搭档，相处得显然不错，两人还结成了持久的伙伴关系。他们奉命去印度后西迁苏门答腊，在那里绘制凌日图。但他们的船出海的第二天晚上就受到了一条法国护卫舰的攻击。（尽管科学家们处于一种国际合作的心态之中，但国家并非如此。

）梅森和狄克逊给皇家学会发了一封短信，说看来公海上非常危险，不知道整个计划是不是应该取消。他们很快收到一封令人寒心的回信，信中先是对他们一顿臭骂，然后又说他

他们已经拿了钱，国家和科学界都对他们寄予希望，他们不把计划进行下去就会令国人颜面扫地。

他们改变了想法，继续往前驶去，但途中传来消息说，苏门答腊已经落入法国人之手。因此，他们最终是在好望角观测这次凌日现象的，效果很不好。回国途中，他们来到大西洋一个孤零零的小岛--圣赫勒拿岛上，作了短暂停留，在那里遇上了马斯基林。由于乌云覆盖，马斯基林的观测工作无法进行。梅森和马斯基林建立起了牢固的友谊，一起绘制潮流图，度过了几周快活的，甚至是比较有意义的日子。

此后不久，马斯基林回到英国，成为皇家天文学家，而梅森和狄克逊--这时候显然更加成熟--启程前往美洲，度过漫长而时常是险象环生的4年。他们穿越393公里危险的荒原，一路上搞测量工作，以解决威廉·佩恩和巴尔的摩勋爵两人地产之间的以及他们各自殖民地--宾夕法尼亚和马里兰--之间的边界纠纷。结果就是那条著名的梅森-狄克逊线。后来，这条线象征性地被看做是美国奴隶州和自由州之间的分界线。（这条线是他们的主要任务，但他们还进行了几次天文观测。其中有一次，他们对1度经线的长度作了当时那个世纪最精确的测量。由于这项成就，他们在英国赢得了比解决两位被宠坏了的贵族之间的边界纠纷高得多的赞扬。）

回到欧洲以后，马斯基林与他的德国和法国同行不得不下结论，1761年的凌日观测工作基本失败。具有讽刺意味的是，问题之一在于观测的次数太多。把观测结果放在一起，往往证明互相矛盾，无法统一。成功绘制金星凌日图的却是一位不知名的约克郡出生的船长，名叫詹姆斯·库克。他在塔希提岛一个阳光普照的山顶上观看了1769年的凌日现象，接着又绘制了澳大利亚的地图，宣布它为英国皇家殖民地。他一回到国内，就听说法国天文学家约瑟夫·拉朗德已经计算出，地球到太阳的平均距离略略超过1.5亿公里。（19世纪又发生两次凌日现象，天文学由此得出的距离是1.4959亿公里，这个数字一直保持到现在。我们现在知道，确切的距离应该是1.495 978 706 91亿公里。）地球在太空中终于有了个方位。

梅森和狄克逊回到英国，成了科学上的英雄；但是，不知什么原因，他们的伙伴关系却无可挽回地破裂了。考虑到他们经常出现在18世纪的重大科学活动中，对这两个人情况知道得如此之少，这是很引人注目的。没有照片，极少文字资料。关于狄克逊，《英国人名词典》巧妙地提到，他“据说生在煤矿里”，然后让读者去发挥自己的想像力，提供合理的解释。《词典》接着说，他1777年死于达勒姆。除了他的名字和他与梅森的长期伙伴关系以外，别的一无所知。

关于梅森的情况，资料稍多一点。我们知道，1772年，他应马斯基林的请求，奉命寻找一座山，供测量引力偏差之用；最后，他发回报告，他们需要的山位于苏格兰高地中部，就在泰湖那里，名叫斯希哈林山。然而，他怎么也不肯花一个夏天来对它进行测量。他再也没有回到现场。人们知道，他的下一个活动是在1786年。他突然神秘地带着他的妻子和8个孩子出现在费城，显然穷困潦倒，令人惨不忍睹。他18年前完成测量工作以后没有回过美洲，这次回来没有明显的理由，也没有朋友或资助入迎接他。几个星期以后，他死了。

由于梅森不愿意测量那座山，这个工作落在了马斯基林身上。1774年夏天，有4个月时间，马斯基林在一个遥远的苏格兰峡谷的帐篷里指挥一组测量员。他们从每个可能的位置作了数百次测量。要从这么一大堆的数据中得出那座大山的质量，需要进行大量而又枯燥的计算。承担这项工作的是一位名叫查尔斯·赫顿的数学家。测量员们在地图上写满了几十个数据，每一个都表示山上或山边某个位置的高度。这些数字真是又多又乱。但是，赫顿注意到，只要用铅笔把高度相等的点连起来，一切就显得很有次序了。实际上，你马上可以知道

这座山的整体形状和坡度。于是，他发明了等高线。

根据斯希哈林山的测量结果，赫顿计算出地球的质量为 5000 万亿吨。在此基础上，可以推算出太阳系里包括太阳在内的所有主要天体的质量。因此，我们从这一次实验知道了地球、太阳、月球和其他行星及其卫星的质量，另外还发明了等高线--这一个夏天的收获真是不小。

然而，不是人人都对结果感到很满意。斯希哈林山实验的不足之处在于，你不知道该山的真正密度，因此不可能得出一个真正确切的数字。为了方便起见，赫顿假设这座山的密度与普通石头相等，即大约是水的密度的 2.5 倍，但这不过是根据经验所作的估计。

有一个人把注意力转向这个问题。他是个乡下人，名叫约翰·米歇尔，家住约克郡人迹稀少的桑希尔村。尽管环境偏僻而简陋，米歇尔却是 18 世纪一位伟大的科学思想家，深受人们的尊敬。

尤其是，他认识到地震的波动性质，对磁场和引力进行了大量创造性的研究，比任何人都早 200 年设想过黑洞的存在，这是相当了不起的--连牛顿都跨不出这么一大步。当德国出生的音乐家威廉·赫歇尔认为自己生活中的真正兴趣是天文学的时候，他就是向米歇尔讨教了天文望远镜的制作方法。自那以来，行星科学界一直对他怀有感激之情。¹

然而，在米歇尔的成就当中，最精巧或最有影响的莫过于他自己设计、自己制作的一台用于测量地球质量的仪器。不幸的是，他生前没能完成这项试验。这项试验以及必要的设备都传给了一位杰出而又离群索居的伦敦科学家，他的名字叫亨利·卡文迪许。

卡文迪许本身就是一部书。他生于一个生活奢华的权贵家庭--祖父和外祖父分别是德文郡公爵和肯特公爵--是那个年代最有才华而又极其古怪的英国科学家。几位作家为他写过传记。用其中一位的话来说，他特别腼腆，“几乎到了病态的程度”。他跟任何人接触都会感到局促不安，连他的管家都要以书信的方式跟他交流。

有一回，他打开房门，只见前门台阶上立着一位刚从维也纳来的奥地利仰慕者。那奥地利人非常激动，对他赞不绝口。一时之间，卡文迪许听着那个赞扬，仿佛挨了一记闷棍；接着，他再也无法忍受，顺着小路飞奔而去，出了大门，连前门也顾不得关上。几个小时以后，他才被劝说回家。

有时候，他也大胆涉足社交界--尤其热心于每周一次的由伟大的博物学家约瑟夫·班克斯举办的科学界聚会--但班克斯总是对别的客人讲清楚，大家决不能靠近卡文迪许，甚至不能看他一眼。那些想要听取他的意见的人被建议晃悠到他的附近，仿佛不是有意的，然后“只当那里没有人那样说话”。如果他们的话算得上是在谈论科学，他们也许会得到一个含糊的回答，但更经常的情形是听到一声怒气冲冲的尖叫（他好像一直是尖声尖气的），转过身来发现真的没有人，只见卡文迪许飞也似的逃向一个比较安静的角落。

卡文迪许钱又多，性格又孤僻，正好有条件把他在克拉彭的房子变成个大实验室，以便不受干扰地探索物理学的每个角落--电、热、引力、气体以及任何跟物质的性质有关的问题。18 世纪末叶，是爱好科学的人们对基本物质--尤其是气体和电--的性质发生浓厚兴趣的时代，又是开始知道怎么对付它们的时代，但往往是热情有余，理智不足。在美国，本杰明·富兰克林不顾生命危险在大雷雨里放风筝，这是很有名的。在法国，一位名叫皮拉特·罗齐耶的化学家含了一口氢喷在明火上，以测试氢的可燃性，其结果是证明了氢确实是易爆物质，眉毛也不一定是人的脸上一个永久的特征。卡文迪许也做了许多实验，他曾经逐步加大在自己身上的电击强度，仔细体会逐渐厉害的痛苦，直到只拿得住手里的羽毛管，但有时候再也

留不住自己的知觉。

在卡文迪许漫长的一生中，他取得了一系列重大发现--其中，他是分离氢的第一人，把氢和氧化合成水的第一人--但是，他所做的一切都脱离不了“古怪”两个字。他经常在出版的作品中提到从没有告诉过任何人的实验结果，这使他的科学家同行们老是很气恼。但是，尽管遮遮掩掩，他不光模仿牛顿，而且想要努力超过他。他对导电性能的实验超前了时代一个世纪，但不幸的是，直到那个世纪过去才被人发现。实际上，他的大部分成就直到 19 世纪末才为人所知。那个时候，剑桥大学物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦承担了编辑卡文迪许文献的任务。在此之前，发现虽然是他的，但功劳几乎总是别人的。

卡文迪许发现或预见到了能量守恒定律、欧姆定律、道尔顿的分压定律、里克特的反比定律、查理的气体定律以及电传导定律，但都没有告诉别人。这只是其中的一部分。据科学史家 J.G.克劳瑟说，他还预见了“开尔文和 G.H.达尔文关于潮汐摩擦对减慢地球自转速度的作用的成果、拉摩尔关于局部大气变冷的作用的发现（发表于 1915 年）.....皮克林关于冷冻混合物的成就以及罗斯布姆关于异质平衡的某些成果”。最后，他还留下线索，直接导致一组名叫惰性气体的元素的发现。其中有几种是极难获得的，最后一种直到 1962 年才发现。不过，我们现在的兴趣是卡文迪许所做的最后一次著名的试验。1797 年夏末，67 岁高龄的他把注意力转向约翰·米歇尔显然只是出于科学上的敬意留给他的几箱子设备。

装配完毕以后，米歇尔的仪器看上去很像是一台 18 世纪的鸚鵡螺牌举重练习机。它由重物、砝码、摆锤、轴和扭转钢丝组成。仪器的核心是两个 635 千克重的铅球，悬在两个较小球体的两侧。装配这台设备的目的是要测量两个大球给小球造成的引力偏差。这将使首次测量一种难以捉摸的力--所谓的引力常数--成为可能，并由此推测地球的重量（严格来说是质量）¹。

引力使行星保持在轨道上，使物体砰然坠落，因此很容易被认为是一种强大的力，其实不然。它只是在整体意义上强大：一个巨大的物体，比如太阳，牵住另一个巨大的物体，比如地球。在基础的层面上，引力极小。每次你从桌子上拿起一本书，或从地板上拾起一枚硬币，你毫不费劲就克服了整个行星施加的引力。卡文迪许想要做的，就是在极轻的层面上测量引力。

精密是个关键词。设备所在的屋子里，容不得半点儿干扰。因此，卡文迪许就待在旁边的一间屋里，用望远镜瞄准一个窥孔来进行观察。这项工作是极其费劲的，要做 17 次精密而又互不关联的测量，他总共花了将近一年时间才完成。卡文迪许终于计算完毕，宣布地球的重量略略超过 1300 000 000 000000 000 000 000 磅，用现代的计量单位来说就是 6 000 000 000 000 000000 吨（1 吨约等于 2205 磅）。

今天科学家手里的仪器，其精确度之高，可以测定一个细菌的重量；其灵敏度之高，有人在 25 米以外打个呵欠都会干扰读数。但是，他们对卡文迪许 1797 年的测量结果没有重大改动。目前对地球重量的最准确估计数是 59725 亿亿吨，与卡文迪许的结果只相差 1 % 左右。

有意思的是，这一切都只是证实了在卡文迪许 110 年之前牛顿的估计，而且没有迹象表明牛顿做过任何试验。

无论如何，到 18 世纪末，科学家们已经知道地球的确切形状和大小，以及地球到太阳和各个行星的距离。连足不出户的卡文迪许都已算出了它们的重量。于是，你或许会认为，确定地球的年龄会是一件相对容易的事。毕竟，他们实际上已经掌握一切必要的资料。然而，

实际情形并非如此。人类要等到能够分裂原子、发明电视、尼龙和速溶咖啡以后，才算得出我们自己这颗行星的年龄。

若要知道其中的原因，我们必须北上去一趟苏格兰，先去拜访一位杰出而又可亲的人。

这个人很少有人听说过，他刚刚发明了一门新学科：地质学。

第五章 敲石头的人们

正当亨利·卡文迪许在伦敦完成试验的时候，在 650 公里之外的爱丁堡，另一个重大时刻随着詹姆斯·赫顿的去世而即将到来。这对赫顿来说当然是坏消息，但对科学界来说却是个好消息，因为它为一个名叫约翰·普莱费尔的人无愧地改写赫顿的作品铺平了道路。

赫顿毫无疑问是个目光敏锐、非常健谈的人，一个愉快的伙伴。他在了解地球那神秘而又缓慢的形成过程方面是无与伦比的。不幸的是，他不会以人人都能基本理解的形式写下他的见解。有一位传记作家长叹一声，说，他“几乎完全不懂得怎么使用语言”。他差不多每次写一行字就要想睡觉。在他 1795 年的杰作《地球论以及证据与说明》中，他是这样讨论……哎呀，某个问题的：

我们居住的世界不是由组成当时地球的直接前身的物质所构成的，而是从当今往前追溯，由我们认为是第三代的地球的物质所构成的，那个地球出现在陆地露出海面之前，而我们现今的陆地还在海水底下。

不过，他几乎独自一人，而且非常英明地开创了地质学，改变了我们对地球的认识。赫顿 1726 年生于一个富裕的苏格兰家庭，享受着舒适的物质条件，所以能以工作轻松、全面提高学识的方式度过大半辈子。他学的是医学，但发现自己不喜欢医学，于是改学农业。他一直在贝里克郡的自家农场里以从容而又科学的方式务农。1768 年，他对土地和羊群感到厌倦，迁到了爱丁堡。他建立了一家很成功的企业，用煤烟生产氯化铵，同时忙于各种科学研究。那个时候，爱丁堡是知识分子活跃的中心，赫顿在这种充满希望的环境里如鱼得水。他成为一个名叫牡蛎俱乐部的学会的主要成员。他在那里和其他人一起度过了许多夜晚，其中有经济学家亚当·斯密、化学家约瑟夫·布莱克和哲学家戴维·休谟，还有偶尔光临的本杰明·富兰克林和詹姆斯·瓦特。

按照那个年代的传统，赫顿差不多对什么都有兴趣，从矿物学到玄学。其中，他用化学用品搞试验，调查开采煤矿和修筑运河的方法，考察盐矿，推测遗传机制，收集化石，提出关于雨、空气的组成和运动定律方面的理论。但是，他最感兴趣的还是地质学。

在那个爱好钻研的时代，在许多令人感兴趣的问题当中，有个问题长期以来困扰着人们——即山顶上为什么经常发现古代的蛤蜊壳和别的海生物化石。它们到底是怎么到那里的？

许多人认为自己已经找到答案。他们分为两个对立的阵营。水成论者认为，地球上的一切，包括在高处的海洋贝壳，可以用海平面的升高和降低来解释。他们认为，山脉、丘陵和其他地貌与地球本身一样古老，只是在全球洪水时期被水冲刷的过程中发生了一些变化。

对立面是火成论者。他们认为有许多充满活力的动因，其中，火山和地震不断改变这颗行星的表面，但显然跟遥远的大海毫无关系。火成论者还提出难以回答的问题：不发洪水的时候，这水都流到哪里去了？要是有时候存在足以淹没阿尔卑斯山的水，那么请问，在平静下来以后，比如现在，这水都流到哪里去了？他们认为，地球受到内部深处的力和表面的力的作用。然而，他们无法令人信服地解释，蛤蜊的壳是怎么跑到山顶上去的。

就是在考虑这些问题的过程中，赫顿提出了一系列不同凡响的见解。他朝自己的农田一看，只见岩石经过腐蚀变成了土壤，土壤粒子被溪水和河水冲刷，带到别处沉积下来。他意识到，要是这个过程持续到地球的自然灭亡之时，那么地球最终会被磨得非常光滑。然而，他身边到处是丘陵。显而易见，肯定还有某种别的过程，某种形式的更新和隆起，创造了新的丘陵和新的大山，不停地如此循环。他认为，山顶上的海洋生物化石不是发洪水期间沉积的，而是跟大山本身一起隆起来的。他还推测，是地球内部的地热创造了新的岩石和大陆，顶起了新的山脉。说得客气一点，地质学家不愿意理解这种见解的全部含义，直到 200 年之后。这时候，他们终于采纳了板块构造论。赫顿的理论尤其提出，形成地球的过程需要很长时间，比任何人想像的还要长得多。这里面有好多深刻的见解，足以彻底改变我们对这颗行星的认识。

1785 年，赫顿把他的看法写成一篇很长的论文，并在爱丁堡皇家学会的几次会议上宣读。它几乎没有引起大家的注意。原因不难找到。一定程度上，他就是这样向听众宣读论文的：

在一种情况下，形成的力量在独立存在的物体内部。这是因为，这个物体被热激活以后，是通过物体的特有物质的反应，形成了构成脉络的裂口。在另一种情况下，还是一样，相对于在其内部形成脉络的物体来说，原因是外在的。已经发生了最猛烈的断裂和扯裂；但是那个原因还在努力；它不是出现在脉络里，因为它不是在我们地球坚实的物体内部--那里找到矿物或矿脉的特定物质--的每条缝隙和每个断层里。

不用说，听众里几乎谁也不懂他在说些什么。朋友们鼓励他把他的理论展开一下，希望他能在更大的篇幅里碰巧讲得清楚一点。这是很感人的。赫顿花了此后的 10 年时间准备他的巨著，并且于 1795 年以两卷本出版。

这两本书加起来有将近 1000 页，写得比他最悲观的朋友担心的还要糟糕，真是不可思议。此外，这部作品的内容将近一半引自法国的资料，仍然以法文的形式出现。第三卷非常缺少吸引力，直到 1899 年才出版，那是在赫顿去世一个多世纪以后。第四卷即最后一卷根本没有出版。赫顿的《地球论》很有资格当选为读者最少的重要科学著作（要是没有大量别的这样的书的话，那就可以这样说）。连 19 世纪最伟大的地质学家、什么书都看过的查尔斯·莱尔也承认，这本书他实在读不下去。

还算运气，赫顿在约翰·普莱费尔身上找到了一个鲍斯韦尔式的人物。普莱费尔是爱丁堡大学的数学教授，赫顿的一位密友。他不但写得出漂亮的散文，而且--幸亏多年在赫顿身边--在大多数情况下知道赫顿其实想要说些什么。1802 年，在赫顿去世 5 年以后，普莱费尔推出了赫顿原理的简写本，题目叫做《关于赫顿地球论的说明》。这本书受到了对地质学感兴趣的人的欢迎。这种人在 1802 年还为数不多。然而，情况快要发生变化。那么，情况是怎么发生变化的？

1807 年，伦敦 13 个志同道合的人在科文特加登广场朗埃克街的共济会酒店聚会，成立了一个餐饮俱乐部，后来取名为地质学会。学会每月碰一次头，一边喝一两杯马德拉白葡萄酒，吃一顿交际饭，一边交换对地质学的看法。这顿饭的价钱故意定在昂贵的 15 先令，以便使那些没有头脑的人望而却步。然而，事情很快就变得一清二楚，需要有个设有永久性总部的合适机构，人们可以在那里分享和讨论新的发现。不到 10 年，成员就发展到 400 名--当然仍都是绅士--地质学会看来要使皇家学会相形见绌，成为该国的首要科学社团。

从 11 月到次年 6 月，会员每月碰头两次，因为到这个时候，实际上所有的人都已出门，整个夏天在做野外工作。你要知道，这些人出去找矿石不是为了挣钱，在大多数情况下甚至

也不是学者。它不过是既有钱又有时间的绅士在不大专业的层面上从事的一种爱好。到 1830 年，已经发展到 745 名会员，世界上再也不会出现那种情况。

这种情形在现在是难以想像的，但地质学激活了 19 世纪的人--完全抓住了他们的注意力--这是任何科学以前没有过，或许将来也不会有情况。1839 年，罗德里克·默奇森出版了《志留纪体系》，一本又厚又重的书，研究一种名叫杂砂岩的岩石。它顿时成为一本畅销书，很快出了 4 版，虽然一册要卖到 8 个几尼，而且具有真正的赫顿风格，即毫无可读性。

（连默奇森的支持者也承认，它“毫无文学作品的魅力”。）而当伟大的查尔斯·莱尔于 1841 年去美国，在波士顿开设一系列讲座的时候，每次都有 3000 名听众挤进洛韦尔学院，静静地听他描述海洋沸石和地震在坎帕尼亚引起的震动。

在整个近代思想界，尤其在英国，有学问的人都会下乡去干一点他们所谓的“敲石头”

的活儿。这项工作干得还一本正经。他们往往打扮得很有吸引力：头戴高顶大礼帽，身穿黑色套装。只有牛津大学的威廉·巴克兰牧师是个例外，他习惯于穿博士服做野外工作。

野外吸引了许多杰出人士，尤其是上面提到的默奇森，他大约花了前半生近 30 年时间来骑着马追赶狐狸，用猎枪把空中飞行的鸟儿变成一簇簇飘扬的羽毛。除了阅读《泰晤士报》和打一手好牌以外，他没有显示出任何会动脑子的迹象。接着，他对岩石发生了兴趣，以吃惊的速度一跃成为地质学思想界的巨人。

再就是詹姆斯·帕金森博士，他还是早期的社会主义者，写过许多富有鼓动性的小册子，比如《不流血的革命》。1794 年，发生了一次听上去有点儿发疯的阴谋，叫做“玩具气枪计划”，有人打算趁国王乔治三世在剧院包厢里看戏的机会用带毒的飞镖射中他的脖子。帕金森跟这件事有牵连，被带到枢密院进行盘问，差一点给戴上镣铐发配到澳大利亚。但是，对他的指控后来不了了之。他渐渐对生活采取比较保守的态度，并开始对地质学产生了兴趣，最终成为地质学会的创始人之一和一部重要的地质学作品《上个世界的有机遗骸》的作者。有半个世纪时间，这本书不停地印刷。他再也没有制造过麻烦。然而，今天我们所以记得他，是因为他对一种疾病的具有划时代意义的研究。这种疾病在当时被称之为“震颤性麻痹”，但之后一直被叫做帕金森综合征。（帕金森在另一个方面也稍有名气。1785 年，他很可能成了历史上独一无二的人，在一次兑奖销售活动中赢得一个自然史博物馆。这家博物馆位于伦敦的莱斯特广场，原本是阿什顿·利弗建立的，但利弗无节制地搜集自然宝物，最后搞得倾家荡产。帕金森将这个博物馆保留到 1805 年，再也维持不下去，便把收藏品拆卖了。）

有个人在性格上不如帕金森那样引人注目，但影响比当时所有地质界的人的影响加起来还要大，这个人就是查尔斯·莱尔。莱尔生于赫顿去世的那一年，离赫顿家只有 113 公里的金诺迪村。他的父母是苏格兰人，但他在遥远的南方--英格兰汉普郡的新森林长大，因为他的母亲认为苏格兰人又懒又爱喝酒。总的来说，他和 19 世纪绅士科学家一模一样，也来自生活优裕、思想活跃的家庭。他的父亲也叫查尔斯，是个大名鼎鼎的人，是研究诗人但丁和藓沼（即莱尔藓，大多数去过英国乡村的人都在上面坐过，就是以他的姓氏命名的）方面的主要权威。莱尔受他父亲的感染，对自然史产生了兴趣，然而，是在牛津大学，在威廉·巴克兰--身穿飘逸长袍的巴克兰--的影响之下，莱尔才开始把毕生的精力献给了地质学。

巴克兰多少是个有魅力的怪人。他作出过一些真正的成就，但人们至少也是因为他的怪僻性格才记得他。他尤其以养了一群野兽出名，其中有的很大，有的很危险。他还以吃遍开天辟地以来有过的每一种动物闻名。他会以烘豚鼠、面糊耗子、烤刺猬或煮东南亚海参来招

待家里的客人，这取决于他的一时冲动和是否有货。巴克兰觉得它们的味道都不错，但菜园里的普通鼯鼠除外，他宣称这种动物的味道是令人恶心的。他几乎势必成为粪便化石的权威，家里有一张桌子几乎完全用收集来的这类标本制成。

即使在从事严肃的科学活动的时候，他的方式一般来说也是怪怪的。有一次，巴克兰半夜里于兴奋之中把他的太太推醒，大叫一声：“天哪，我认为，化石上的脚印肯定是乌龟的脚印。”夫妻俩穿着睡衣匆匆地来到厨房。巴克兰太太和了面团，铺在那张桌上，巴克兰牧师拿来家里养的乌龟。他们把乌龟往面团上一扔，赶着它往前走。他们高兴地发现，它的脚印果然和巴克兰一直在研究的化石上的脚印完全一致。查尔斯·达尔文认为巴克兰是个小丑--这是他的原话--而莱尔却似乎觉得他对自己很有启发，还很喜欢他，1824年和他一块儿去了苏格兰。就是在那次苏格兰之行以后，莱尔决定放弃律师职业，把全部时间投入了地质学。

莱尔近视得厉害，在一生的大部分时间里痛苦地眯着眼睛，因此露出一副愁眉苦脸的样子。（最后，他完全丧失了视力。）他还有一个有点古怪的地方，当他想得出神的时候，他会在家具上摆出难以想像的姿势--要么横在两张椅子上，要么（用他的朋友达尔文的话来说）“头枕着椅子面，身体伸得笔直”。一旦陷入沉思，他往往会慢慢地从椅子上滑下来，臀部几乎贴着地板。莱尔一生中的惟一工作是在1831-1833年期间当过伦敦大学国王学院的地质学教授。就是在这段时间里，他写出了《地质学原理》，并在1831-1833年期间分3卷出版。这部书在许多方面巩固和阐述了一代人之前由赫顿首先提出的见解。（虽然莱尔从来没有读过赫顿作品的原文，但他怀着浓厚的兴趣研究过普莱费尔的改写本。）

在赫顿时代和莱尔时代之间，地质学界发生了一场新的争论。它在很大程度上取代了过去的水成论与火成论之争，而又往往交混在一起。新的战斗成为灾变论和均变论之争。给一场重要而又旷日持久的争论起这样的名字，似乎有点儿不够味儿。灾变论者--顾名思义--认为，地球是由突发的灾难性事件形成的--主要是洪水。这就是人们常常把灾变论和水成论互相混淆的原因。灾变论尤其迎合巴克兰这样的教士的心理，这样他们可以把《圣经》里诺亚时代的洪水纳入严肃的科学讨论。均变论者恰恰相反，认为地球上的变化是逐渐形成的，几乎所有的地质变化过程都是缓慢的，都要经历漫长的时间。最先提出这种见解的与其说是莱尔，不如说是赫顿，但大多数人读的是莱尔的作品，因此在大多数人的脑海里，无论是当时还是现在，他成了近代地质学之父。

莱尔认为，地球的变迁是一贯的，缓慢的--过去已经发生过的一切都可以用今天仍在发生的事情来解释。莱尔和他的信徒们不但瞧不起灾变论，而且对它深恶痛绝。灾变论者认为，绝种是一系列过程的组成部分，在此过程中，动物不断灭亡，被新的动物取而代之--博物学家T.H.赫胥黎把这种看法挖苦地比做是“惠斯特牌戏里的一连串胜局，到了最后，打牌的人推翻桌子，要求换一副新牌”。以这种方法来解释未知的事物未免过于俗套。“从来没有见过比这样的一种教条更蓄意助长懒汉精神，更削弱人们的好奇心的了。”莱尔嗤之以鼻地说。

莱尔的失误并不算少。他没有令人信服地解释山脉是怎么形成的，没有看到冰河是个变化的动因。他不愿意接受阿加西斯关于冰期的观点--他轻描淡写地将其称之为“地球制冷”--坚信“在最古老的化石床里会发现”哺乳动物。他拒绝接受关于动物和植物突然死亡的看法，认为所有主要的动物群体--哺乳动物、爬行动物、鱼类等等--自古以来一直同时存在。在这些问题上，最后证明他是完全错误的。

然而，莱尔的影响你几乎怎么说也不会过分。《地质学原理》在他生前出了12版；直到20世纪，书里包含的一些观点依然被地质学界奉为圭臬。达尔文乘“猎犬”号环球航行

途中还随身带着一本《地质学原理》，而且是该书的第1版。他后来写道：“《原理》的最大优点在于它改变了一个人的整个思想状态；因此，当见到一样莱尔从没有见到过的东西的时候，你在一定程度上是以他的眼光来看的。”总之，他差不多把莱尔看做是个神，就像他那一代人的许多人一样。20世纪80年代，当地质学家不得不摈弃他的一部分理论，以适应关于绝种的撞击理论的时候，他们简直痛苦得要命。这充分说明了莱尔的影响之大。不过，那是后话了。

与此同时，地质学有大量的分类工作要做，这项工作不是什么都一帆风顺的。从一开始，地质学家就想把岩石按其形成的时期来进行分类，但在怎么划分时期的问题上经常发生激烈的争论--而且是一场旷日持久的争论，后来被称之为“泥盆纪大争论”。剑桥大学的亚当·塞奇威克断言有一层岩石是寒武纪的，而罗德里克·默奇森认为它完全属于志留纪，争论于是就发生了。争论持续了好多年，而且越来越激烈。“巴谢是个下流痞子。”默奇森在给一位朋友的信中气呼呼地说。

在《泥盆纪大争论》一书里，马丁·J.S.鲁迪克极好而又有些沮丧地描述了这场争论。只要瞥一眼该书各章的标题，就可以知道一点上述感情的强烈程度。开头几章的标题的语气倒还温和，比如《绅士们的辩论舞台》和《破译杂砂岩之谜》，但接着就是《捍卫杂砂岩与攻击杂砂岩》、《指摘与反驳》、《散布恶毒的谣言》、《韦弗撤回邪说》、《杀杀乡下人的气焰》（惟恐你还怀疑这不是一场战争）、《默奇森发起莱茵兰战役》等等。争论于1879年得以解决，办法很简单，在寒武纪和志留纪中间加一个时期：奥陶纪。

在这门学科的早期，英国人是最活跃的，因此在地质词语中英国的名称占了绝大部分。

泥盆系（即德文系）当然源自英格兰的德文郡。寒武纪来自罗马人对威尔士的叫法，而奥陶纪和志留纪使人想起了古代的威尔士人部落：奥陶人和志留人。但是，随着地质学后来在其他地方的崛起，世界各地的名称渐渐出现。侏罗纪跟法国和瑞士交界处的侏罗山有关。二叠纪使人想起俄罗斯乌拉尔山脉里的彼尔姆，而白垩纪（源自拉丁文白垩）是由一位比利时地质学家命名的，他自己也有个漂亮的名字，叫做J.J.德奥马利马斯·德霍洛伊。

原先，地质史分为4个时期：第一纪、第二纪、第三纪和第四纪。这个体系过于简单，因此寿命不太长。地质学家很快就用新的划分方法来替代这种划分方法。第一纪和第二纪已经完全不用，第四纪有的人已经不用，但有的人仍然在用。今天，只有第三纪还在广泛使用，虽然已经不代表第三纪任何东西。

莱尔在《原理》中使用了新的单位，叫做“世”或“段”来涵盖恐龙以后的时代，其中有更新世（“最近”）、上新世（“较近”）、中新世（“颇近”）和意思很含糊的渐新世（“有点儿近”）。

如今，一般来说，地质时代划分为四大块，叫做“代”：前寒武纪、古生代（源自希腊文，意为“古代生命”）、中生代（“中期生命”）和新生代（“新的生命”）。这4个代又分为12-20个部分，通常叫做“纪”，有时候也称“系”。其中大多数是大家比较熟悉的：白垩纪、侏罗纪、三叠纪、志留纪等等。

接着就是莱尔所谓的“世”--更新世、中新世等--这些名称仅仅用来指最近的（但又是古生物学研究很活跃的）6500万年；最后，便是一大堆更细的分类，名叫“期”或“代”。其中大多数以地名命名，读起来几乎总是很拗口：伊利诺期、得梅因期、克罗伊期、金默里奇期等等，都具有同一特色。据约翰·麦克菲说，这类名称总共多达“几百个”。幸运的是，除非把地质学作为你的专业，你从此以后再也不大可能听到这些名称了。

更加混乱的是，北美的“期”或“代”跟欧洲的说法不一，在时间上往往只是大体交叉。因此，北美的辛辛那提期在很大程度上相当于欧洲的阿什吉利期，再加上一点儿稍早的喀拉多克期。

而且，这一切，不同的教科书、不同的人都有不同的叫法，因此有的权威提出 7 个代，而有的权威满足于 4 个代。在有的书里，你还会发现不用第三纪和第四纪，而是用不同长度的系来取而代之，称做下第三系和上第三系。有的人还把前寒武纪分成两个代，即非常古老的太古代和较近的元古代。有时候，你还可看到“显生宙”这个词，用来涵盖新生代、中生代和古生代。

而且，这一切都只用做时间的单位。岩石的单位还另有一套，叫做系、段和期。而且，还有早、晚（指时间）之分和上、下（指岩层）之别。对于不是专家的人来说，这简直是一锅粥；但对于地质学家来说，这都可能是会动感情的东西。“我看到大人们为了生命史上一毫秒的问题争得脸红脖子粗。”英国的理查德·福蒂在谈到 20 世纪为寒武纪和奥陶纪的分界线而展开的旷日持久的辩论时这样写道。

今天，我们至少可以使用某些先进的技术来确定年代。在 19 世纪的大部分时间里，地质学家们只能依赖于推测。他们可以按照时代来排列各种岩石和化石，但根本不知道这些年代的长短，这是很令人泄气的。当巴克兰推测一副鱼龙骨骼的古老程度的时候，他只能认为，它生活在大约“10000 或 10000 以上乘以 10000 ” 年以前。

虽然没有可靠的方法来确定年代，却不乏愿意试一试的人。1650 年，爱尔兰教会的詹姆斯·厄舍大主教进行了早年最著名的尝试。他对《圣经》和其他历史资料进行了仔细的研究，最后在一部名叫《旧约编年史》的巨著中下结论说，地球创造于公元前 4004 年 10 月 23 日中午。后来，历史学家和教科书作者一直把这个日期当做笑料。

顺便提一句，有个很久不灭的神话——它在许多严肃的书里都提到过——厄舍的观点主宰了科学界，直到 19 世纪的很长时间内。是莱尔把这一切纠正了过来。作为一个典型例子，斯蒂芬·杰伊·古尔德在《时代之箭》中引用了 20 世纪 80 年代一本很热门的书里的一句话：“在莱尔出版他的书以前，大多数思想家都接受了这种看法，即地球还很年轻。”实际并非如此。正如马丁·J.S.鲁迪克说的，“哪个国家的地质学家也不会主张把时标限死在《创世记》拘泥于字面意义的诠注的范围之内，要是他的作品被别的地质学家认真对待的话”。

连巴克兰牧师这样一位 19 世纪很虔诚的人也认为，《圣经》里哪个地方也没有提到上帝是在第一天创造天地的，只是提到“起初”。他认为，那个开始也许持续了“几百几千万年”。

大家都认为地球已经很古老。问题只在于：古老到什么程度？

在确定这颗行星的年龄的问题上，早期有个比较合理的看法。它是由始终可靠的埃德蒙·哈雷提出来的。1715 年，他提出，要是你把全世界海洋里的盐的总量，除以每年增加的量，你就会得出海洋存在的年数，从而可以大致知道地球的年龄。这个道理很吸引人，但不幸的是，谁也不知道海洋里究竟有多少盐，也不知道每年到底增加多少，这就使得这项实验无法付诸实施。

第一次称得上比较符合科学的尝试是由法国的布丰伯爵乔治-路易·勒克莱尔进行的，那是在 18 世纪 70 年代。很长时间以来，大家都知道，地球释放出相当可观的热量——下过煤矿的人都清楚——但是，没有办法来估计散逸率。布丰在实验过程中先把球体加热到白炽的程度，然后在其冷却的过程中用触摸的办法（可能开头是轻轻的）来估计热的损耗率。根据这

项实验，他推测地球的年龄在 75000-168000 年之间。这当然是大大地低估了；但是，这是一种很激进的见解。布丰发现，要是把这见解加以发表，他有被开除教籍的危险。他是个讲究实际的人，连忙为自己缺乏考虑的那说表示歉意，然后轻松愉快地在随后的著作中不断重复他的看法。

到 19 世纪中叶，大多数学者认为地球的年龄起码有几百万年，甚至也许几千万年，但也很可能没有那么大。因此，当 1859 年查尔斯·达尔文在《物种起源》一书中宣称，根据他的计算，创造威尔德地区--英格兰南部的一个地区，包括肯特、萨里和苏塞克斯--的地质进程花了 306662400 年时间才完成时，人们不由得大吃一惊。这个结论是很了不起的，部分原因是他说得那么确切，但更因为是他公然不顾公认的有关地球年龄的看法。结果，它引起了激烈的争议，达尔文在该书的第三版中收回了他的看法。然而，问题实际上依然存在。

达尔文和他的地质界朋友希望地球很古老，但谁也想不出办法。

这个问题引起了开尔文勋爵大人（他肯定是一位了不起的人物，但到 1892 年才被提升为贵族，当时他已经 68 岁，接近他生命的尽头，但我在这里还是按照惯例，溯及既往地使用这个名称）的注意，这对达尔文以及对进步来说是很不幸的。开尔文是 19 世纪的--也是任何世纪的--最杰出的人物之一。德国科学家赫尔曼·冯·亥姆霍茨--他本人也是科学上的高手--写道，开尔文是他遇到过的最“理解力强、洞察事理、思想活跃”的人。“在他的面前，我有时候觉得自己是木头木脑的。”他不无沮丧地说。

这种心态是可以理解的，因为开尔文确实是维多利亚时代的超人。他 1824 年生于贝尔法斯特，父亲是皇家学院的数学教授，过不多久就调到格拉斯哥。开尔文证明自己是个神童，小小年纪(10 岁)就考上了格拉斯哥大学。20 岁出头，他已经在伦敦和巴黎的学府学习过，毕业于剑桥大学（他赢得该大学在赛艇和数学两个方面的最高奖，还抽空创建了一个音乐俱乐部），当选为彼得学院的研究员，（以英文和法文）写了 10 多篇关于纯粹数学和应用数学的论文。这些作品都很有创见，他不得不匿名发表，免得使他的长辈们感到难堪。他 22 岁回到格拉斯哥，担任自然哲学教授。在此后的 53 年里，他一直保有这个职位。

在漫长的生涯里（他活到 1907 年，享年 83 岁），他写了 661 篇论文，总共获得 69 项专利（因此变得很富裕），在物理学的差不多每个学科都享有盛誉。其中，他提出一个方法，后来直接导致制冷技术的发明；设计了绝对温标，至今仍冠以他的名字；发明了增压装置，使越洋发送电报成为可能；还对海运和航海作了无数改进，从发明一个深受欢迎的航海罗盘，到创造第一个深度探测器。这些只是他有实用价值的成果。

他在电磁学、热力学 1 和光的波动等理论方面的成果同样是革命性的。他实际上只有一个瑕疵，那就是没能计算出地球的年龄。这个问题占去了他后半生的许多时间，但他从来没有得出个比较正确的数字。1862 年，在为了一本名叫《麦克米伦》的通俗杂志写的一篇文章里，他第一次提出地球的年龄是 9800 万年，但谨慎地认为这个数字最小可为 2000 万年，最大可达 4 亿年。他还小心翼翼地承认，他的计算可能是错的，要是“造物主的大仓库里备有我们目前没有掌握的资料”的话--但是，他显然认为那是不可能的。

随着时间的过去，开尔文的结论变得越来越确切，越来越不正确。他不停地把自己的估计数字往下降，从最大的 4 亿年降到 1 亿年，然后又降到 5000 万年，最后在 1897 年降到了仅仅 2400 万年。开尔文并不是在随心所欲，只是因为物理学无法解释为什么像太阳这么个庞然大物可以连续燃烧几千万年以上，而又耗不尽其燃料。因此，他就想当然地认为，太阳及其行星必然相对年轻。

问题在于，几乎所有的化石都证明和这个结论相矛盾。而突然之间，19 世纪发现了大量的化石。

第六章 势不两立的科学

1787 年，新泽西州有个人--到底是谁，如今似乎已被忘却--在伍德伯里溪发现一根巨大的大腿骨戳出一处岸边。那根骨头显然不属于尚存的任何物种，也肯定不是新泽西州的。根据现在掌握的一点情况，人们认为它属于一只鸭嘴龙，那是一种长着鸭嘴的大恐龙。当时，人们还没有听说过恐龙。

骨头被送交给当时美国最杰出的解剖学家卡斯帕·威斯塔博士。同年秋天，他在费城召开的美国哲学学会的一次会议上作了描述。威斯塔没有完全认识到这根骨头的重要意义，只是小心翼翼地讲了几句不痛不痒的话，大意是，它真是个庞然大物。他就这样错过了先于别人半个世纪发现恐龙的机会。实际上，这根骨头没有引起多大兴趣，后来被放在贮藏室里，最后彻底不见了。因此，历史上第一根被发现的恐龙骨头，也是第一根被丢失的恐龙骨头。

骨头没有引起很大的兴趣，这有点儿令人费解，因为发现这根骨头恰好是在美国人对古代大动物的遗骸着迷的时候。伟大的法国博物学家布丰伯爵--就是前一章里提到的做加热球体试验的人--对这种着迷的原因作出了奇怪的断言：新大陆的生物几乎在哪一方面都要比旧大陆的生物低一等。布丰在那部评价很高的巨著《自然史》里写道，在美洲这块土地上，水源发臭，土地不长五谷，动物个儿很小，缺乏活力，肌体被从腐烂的沼泽和晒不着太阳的森林里逸出的“毒气”弄得十分虚弱。在这样的环境里，连土著印第安人也缺乏生殖力。

“他们不长胡子，身上也没有毛，”布丰煞有介事地在私下说，“女人没有激情。”她们的生殖器“又小又没有劲儿”。

布丰的观察结果在别的作家中间--尤其在那些其实对这个国家不大熟悉，因而自己的结论也是缺乏根据的人中间--获得了出人意料的热烈支持。有个名叫科梅耶·波夫的荷兰人在一本名叫《关于美洲人的哲学研究》的通俗作品中宣称，美洲的土著男人不但在繁殖方面给人印象不深，而且“如此缺乏生殖能力，他们的乳房都流着奶汁”。这种观点奇怪地流行了很长时间，在欧洲的文献中反复出现或得到反响，直到 19 世纪快要结束的时候。

这类诽谤在美国受到了愤怒的谴责，这是不足为怪的。托马斯·杰斐逊在他的《弗吉尼亚州笔记》中气愤地（而又令人费解地，除非你知道来龙去脉）进行反驳，还劝他在新罕布什尔州的朋友约翰·沙利文派 20 名士兵去北部丛林，找一头麋鹿送给布丰，以证明美洲四足动物的高大和威武。士兵们花了两个星期才找到合适的目标。不幸的是，麋鹿被击毙以后，他们发现它没有杰斐逊专门提到的一对威风凛凛的角，但沙利文周到地加上了一对驼鹿角或是赤鹿角，意思是，这是另外附上的。毕竟，在法国，谁会知道呢？

与此同时，在威斯塔的家乡费城，博物学家着手装配一头大象似的大动物的骨头。起初它被称做“不知名的美洲大动物”，后来又不大正确地被确定为一头哺乳动物。第一批这种骨头是在肯塔基州一个名叫大骨地的地方发现的，但很快在各地都发现了。看来美洲一度生活着某种大动物--那种动物肯定能证明法国人布丰的可笑论点不能成立。

在热心展示那头不知名动物如何庞大和如何凶猛的过程中，博物学家们似乎有点儿得意忘形。他们把它的个儿拔高了 6 倍，还给它加上了可怕的爪子。实际上，那不过是在附近发现的一只大树懒的爪子。很有意思的是，他们认为那种动物“灵活和凶猛得像老虎”，在插图里把它描绘成躲在巨砾后面，以猫科动物的优美姿态准备扑向猎物。长牙发现以后，他们又挖空心思地以各种方式把它们安在它的头上。有一位用螺丝把长牙倒着拧在上面，就像

剑齿虎的犬牙那样，使其看上去特别气势逼人。另一位把长牙向后弯曲，其动听的道理是，那个家伙原本是水生动物，打盹时用牙齿将自己泊在树上。然而，最贴近事实的看法是，这种不知名的动物已经灭绝--布丰连忙抓住了这一点，把它作为那种动物已经无可争议地退化的证据。

布丰死于 1788 年，但争论没有停止。1795 年，一批精心挑选的骨头运到了巴黎，接受古生物学界的新秀、年少气盛的贵族乔治·居维叶的审查。居维叶不费多少工夫就能把一堆堆支离破碎的骨头安放成形，人们已经对他的才华赞叹不已。据说，只要看一颗牙齿或一块下巴骨，他就可以描述出那个动物的样子和性情，而且往往还说得出它是哪个种，哪个属。居维叶发现美国还没有人想到要写一本正式描述那类大动物的书，便自己动手写了，于是成了发现那种动物的第一人。他把它叫做“乳齿象”（意思是“长有乳头般隆起的牙齿的象”。出人意料的是，这还真有点儿像）。

在那场争论的启发之下，居维叶于 1796 年写了一篇具有划时代意义的论文《关于活着的象和变成化石的象的说明》。在这篇论文里，他第一次正式提出了绝种的理论。他认为，地球不时经历全球性的灾难；在此过程中，一批批的生物彻底死亡。对于宗教人士来说，包括居维叶本人，这种看法具有令人不快的含义，因为这意味着上帝是捉摸不定的，莫名其妙的。上帝创造了物种，然后又消灭这些物种，他究竟要干什么？这种看法跟“大生物链”的信念绝对相反。那种信念认为，世界是精心安排的，世界上的每种生物都有一定位置，都有一个目的，过去从来就有，将来也总是会有。杰斐逊无法接受这种看法：整个物种有朝一日会消亡（或者会到那种地步，会演变）。因此，当有人问他，派个考察队去密西西比河以里的美国内地进行考察有没有科学和政治价值的时候，他马上肯定了这个建议，希望勇敢的探险家们会发现一群群健康的乳齿象和别的超大动物在富饶的平原上吃草。杰斐逊的私人秘书和知心朋友梅里韦瑟·刘易斯被选定和威廉·克拉克一起担任领队，而且还是这次远征的首席博物学家。被选定来指点他该找什么活的动物和死的动物的不是别人，正是卡斯帕·威斯特塔。

大名鼎鼎的贵族居维叶在巴黎提出了绝种论。同年--实际上是同月，在英吉利海峡对岸，一个不大知名的英国人在发表对化石价值的见解。他的见解也具有持久的影响。威廉·史密斯是萨默塞特的科尔运河建筑工地上的年轻监督员。1796 年 1 月 5 日，他坐在萨默塞特一家马车旅店里，记下了那个最终会使他名扬天下的观点。若要解释岩石，你非得有某种并置对比的东西。在这个基础上，你可以知道德文的那些石炭纪岩石要比威尔士的这些寒武纪岩石年轻。随着岩层的每一变化，有的物种的化石消失了，而有的化石一直延伸到随后的岩层。通过发现哪种物种在哪个岩层出现，你就可以计算出岩石的年龄，无论这些岩石是在哪里。凭着他作为测量员所拥有的知识，史密斯马上动手绘制英国的岩层图。经过多次试用以后，这些图于 1815 年出版，成为近代地质学的奠基石。（西蒙·温切斯特在他深受欢迎的《改变世界的地图》一书里对这件事作了全面的记述。）

不幸的是，尽管史密斯具有敏锐的见解，但说来也怪，他没有兴趣搞清为什么岩石偏偏以那种方式埋在地下。“我没有再研究岩层的起源，满足于知道情况就是那样，”他写道，“什么原因，什么缘故，那不属于一名矿藏测量员的研究范围。”

史密斯对岩层内情的披露，更增加了绝种论引起的在道德上的难堪程度。首先，它证实了上帝消灭生灵不是偶然的，而是经常的。这么看来，上帝与其说是粗心大意，不如说是极不友好。而且，还有必要花点力气来进行解释，为什么有的物种彻底灭绝，而有的物种却顺利地存活到随后的年代。显而易见，绝种不是诺亚时代的一场“大激流”--即大家知道的《圣经》里的那场洪水--能解释清楚的。居维叶作出了自我满意的解释，认为《创世记》只是指

最近的那场洪水。上帝似乎不希望用先前不相干的绝种来分散摩西的注意力或引起他的惊慌。

因此，到 19 世纪初，化石势必具有了某种重要性。威斯塔就显得更不幸了，竟然没有看到恐龙骨的意义。无论如何，这类骨头在世界各地相继发现。又有了几个机会让美国人来宣布发现了恐龙，但这些机会都没有抓住。1806 年，刘易斯和克拉克的考察队穿越蒙大拿的黑尔沟岩组。在这个地方，实际上他们脚底下恐龙骨比比皆是，他们还发现一样东西嵌在岩石里，显然是恐龙骨，但没有把它当一回事。在新英格兰，有个名叫普利纳斯·穆迪的男孩子在马萨诸塞州南哈德利的一处岩架上发现了古老的足迹；之后，又有人在康涅狄格河谷发现了骨头和足迹的化石。至少其中有一些留存至今--令人注目的是一头安琪龙的骨头--现在由耶鲁大学的皮博迪博物馆收藏。这批恐龙骨发现于 1818 年，是第一批经过检验和保存下来的恐龙骨，不幸的是，1855 年之前无人识货。那一年，卡斯珀·威斯塔去世。不过，威斯塔没有想到的是，植物学家托马斯·纳特以他的名字命名了一种可爱的攀附灌木，这倒使威斯塔在一定意义上获得了永生。植物界有的纯粹主义者迄今仍然坚持把这类植物的名字写作“威斯塔里亚”。

然而，到这个时候，古生物研究的热潮已经移到英国。1812 年，在多塞特郡的莱姆里吉斯，有个名叫玛丽·安宁的杰出小女孩--当时只有 11 岁、12 岁或 13 岁，取决于你看的是谁写的故事--发现一块 5 米长、样子古怪的海生动物化石，嵌在英吉利海峡岸边一处陡峭而又危险的悬崖上。这类动物现在叫做鱼龙。

安宁就这样开始了她不同凡响的一生。在之后的 35 年里，安宁采集化石，并把它们卖给游客。（人们普遍认为，她就是那首著名的绕口令《她在海边卖贝壳》的原始素材。）她还发现了第一块蛇颈龙（另一种海生动物）化石以及第一批最好的翼手龙化石中的一块。严格来说，这些都不是恐龙，但也没有多大关系，因为当时谁也不知道什么是恐龙。只要知道世界上生活过跟我们现在所能看到的完全不同的动物，这也就够了。

安宁不仅善于发现化石--显然她在这方面是无与伦比的--而且能小心翼翼地、完好无损地把化石挖出来。要是你有机会去参观伦敦自然史博物馆的古代海生爬行动物馆，我劝你不要错过这个机会。只有在这里，你才能欣赏到这位年轻女子使用最简单的工具，在极其困难的条件下，实际上是在孤立无援的情况下，所取得的巨大而又出色的成就。光挖那块蛇颈龙化石她就耐心地花了 10 年时间。安宁没有受过训练，但她也为学者们提供像模像样的图片和说明。但是，尽管她具有这等技能，重大的发现毕竟是不多的，因此她一生的大部分时间是在极度贫困中度过的。

在古生物学史上，很难想得出还有谁比玛丽·安宁更不受人重视，但实际上还有一个人的情况跟她差不多。他叫吉迪恩·阿尔杰农·曼特尔，是苏塞克斯的一名乡村医生。

曼特尔有一大堆不足之处--他虚荣心强，只顾自己，自命不凡，不关心家庭--但再也找不出一名像他这样投入的业余古生物学工作者。他还很有运气，有一位既忠心耿耿又留心观察的太太。1822 年，他去苏塞克斯农村出诊的时候，曼特尔太太正顺着附近的一条小路散步，在一堆用来填平路面凹坑的碎石里发现了一样古怪的东西--一块弧形的棕色骨头，大约有小胡桃那么大小。她认为那是一块化石。她知道自己的丈夫对化石很感兴趣，便拿给了他。曼特尔马上看出，那是一颗牙齿的化石。稍加研究以后，他断定，这是一颗动物牙齿，那种动物生活在白垩纪，食草，爬行，体形庞大--有几十米长。他的估测完全正确；但他的胆量也真够大的，因为在此之前，即使在想像中，谁也没有见过这样的东西。

曼特尔意识到，自己的发现会彻底推翻人们对过去的认识。威廉·巴克兰--那位身穿长袍、爱好试验的学者--也劝他小心行事。因此，曼特尔花了 3 年时间，努力寻找支持自己的

结论的证据。他把牙齿送交巴黎的居维叶，征求他的看法，但那位伟大的法国人轻描淡写地认为，那只不过是河马的牙齿。（居维叶姿态很高，后来为这个不常犯的错误道了歉。）有一天，曼特尔在伦敦的亨特博物馆作研究，跟一位同事攀谈起来。那位同事对他说，它看上去很像是他一直在研究的那种动物--南美鬣蜥的牙齿。他们马上进行了比较，确认了它们的相似之处。于是，曼特尔手里的动物以热带一种爱晒太阳的蜥蜴命名，被叫做禽龙。

其实，二者之间没有任何关系。

曼特尔写了一篇论文，准备递交给英国皇家学会。不幸的是，恰好又有一块恐龙骨头在牛津郡的一处采石场被发现，而且刚刚有人作过正式描述--这个人不是别人，就是敦促曼特尔不要仓促行事的巴克兰牧师。它被取名为斑龙。这个名字其实是他的朋友詹姆斯·帕金森博士--那位未来的激进分子、帕金森综合征的鼻祖--向巴克兰建议的。大家也许记得，帕金森最初是个地质学家，他对斑龙的研究显示了他在这方面的成就。在为《伦敦地质学会学报》写的报告中，他注意到，那种动物的牙齿不像蜥蜴那样直接连着颌骨，而像鳄鱼那样长在牙槽里。不过，巴克兰就注意到这么多，没有认识到它的意义，即斑龙完全是一种新发现的动物。不过，尽管他的报告缺少敏锐的目光和深刻的见解，它仍是发表过的描述斑龙的第一篇文章。因此，人们把发现这种古代动物的功劳归给了巴克兰，而不是更有资格的曼特尔。

曼特尔不知道失望会伴随自己的一生，继续寻找化石--1833 年，他发现了另一个庞大生物雨蛙龙--并从采石场工人和农夫手里买回别的化石，最后很可能成了英国最大的化石收藏家。曼特尔是一位杰出的医生，在搜集骨头方面也同样很有天赋，但他无法同时维持这两方面的才能。随着他越来越热衷于搜集工作，他忽视了医生职业。过不多久，他在布赖顿的家里几乎塞满了化石，花掉了大部分收入。剩下的钱被用来支付书的出版费用，而他的书又极少人愿意购买。1827 年出版的《苏塞克斯的地质说明》只卖掉了 50 本，很不开心地倒贴了 300 英镑--这在当时是一笔不小的数目。

曼特尔在绝望之中灵机一动，把自己的房子改成了博物馆，收取门票费。然而，他后来意识到这种商业行为会损害他的绅士地位，且不说科学家的地位--于是就让别人免费参观他的家庭博物馆。成百上千的人前来参观，一个星期又一个星期，既中断了他的行医工作，又扰乱了他的家庭生活。最后，为了偿还债务，他不得不变卖绝大部分收藏品。过不多久，他的妻子带着他的四个孩子离他而去。

值得注意的是，他的麻烦才刚刚开始。

在伦敦南部的西德纳姆区，有个地方名叫水晶宫公园。那里耸立着一片被人遗忘的奇观：世界上第一批实物大小的恐龙模型。近来去那里的人不太多，但一度这里是伦敦游客最多的胜地之一--事实上，正如理查德·福蒂说的，它是世界上第一个主题公园。严格来说，那些模型在许多方面是不正确的。禽龙的大拇指顶在鼻子上，变成了一根尖刺；它长着四条粗壮的腿，看上去像一条肥肥胖胖、不成比例的狗。（其实，禽龙不用四条腿蹲着，而是一种两足动物。）现在望着它们，你几乎想不到这些古怪而行动缓慢的动物会引起积怨和仇恨，但事实却是如此。在自然史上，也许从来没有哪种动物像名叫恐龙的古代动物那样成为强烈而又持久的仇恨的中心。

建造恐龙模型的时候，西德纳姆位于伦敦边缘，宽敞的公园被认为是重建著名的水晶宫的理想之地。玻璃和铸铁结构的水晶宫曾是 1851 年博览会的中心场所。新建的公园很自然地以此冠名。用混凝土建成的恐龙模型是一种很有经济效益的景观。1853 年除夕，在尚未完工的禽龙模型内为 21 名科学家举行了一次著名的晚宴。那位发现并确认禽龙的人吉迪恩·曼特尔不在其中。坐在餐桌上手的是古生物学这门年轻的科学里最伟大的人物，他的名

字叫理查德·欧文。到这个时候，他已经花费几年心血，成果累累，害得吉迪思·曼特尔的日子很不好过。

欧文在英格兰北部的兰开斯特长大，受过训练准备当医生。他是个天生的解剖学家，对研究工作不遗余力，有时候非法取下尸体上的四肢、器官和别的部位，拿回家里慢慢地解剖。有一回，他用麻袋搬回刚从一具非洲黑人水手的尸体上取下的头，不慎绊着湿漉漉的石头滑了一跤，惊慌地望着那个头从身边一蹦一跳地顺着小巷滚去，钻进一户人家开着的门洞里，在前厅里停了下来。至于那户人家的主人见到一个头滚到自己的脚边会说些什么，我们只能想像了。有人讲，他们还来不及搞清是怎么回事，突然间一个焦急万分的年轻人冲进来拾起那个头，又冲了出去。

1825 年，欧文 21 岁，他搬到了伦敦，不久就被英国皇家外科学院聘用，帮助清理又多又乱的医学和解剖标本。其中，大部分是杰出的外科医生、医学珍品的孜孜不倦的收藏家约翰·亨特留给这个学院的，但从来没有分过类和清理过，很大程度上因为亨特死后不久，说明每件物品的意义的文字材料丢失了。

欧文很快以他的组织能力和演绎能力受人注意。同时，他证明自己是个无与伦比的解剖学家，具有很强的复原本能，几乎可以与巴黎伟大的居维叶相比。他成为解剖动物方面的一名专家，对伦敦动物园里死去的任何动物拥有优先取舍权，而那一类东西又无一例外地送到他的家里供他来检查。有一回，他的妻子回到家里，只见一头刚死的犀牛堵住了前门走廊。他很快成为一名各种动物方面的杰出专家，无论是现存的还是绝种的动物--从鸭嘴兽、针鼹和别的新发现的有袋动物，到倒霉的渡渡鸟以及已经绝了种的大鸟--恐鸟。后者本来自由自在地生活在新西兰，最后被毛里人吃个干净。1861 年，他在巴伐利亚发现了始祖鸟，是描述始祖鸟的第一人，也是为渡渡鸟写正式墓志铭的第一人。他总共发表了大约 600 篇关于解剖学的论文，这个数字真够庞大了。

不过，是由于他在恐龙方面的成就，欧文才为人们记得。他在 1841 年创造了“恐龙”这个名称。它的意思是“可怕的蜥蜴”，这是个极不合适的名字。现在我们知道，恐龙毫不可怕--有的还没有兔子大，很可能是离群索居的。有一点是肯定的：它们不是蜥蜴。实际上，恐龙是一个古老得多的家族（距今大约 3 亿年前）。欧文很清楚，它们是爬行动物，希腊文里已经有了个很合适的名词--爬行动物，但由于某种原因他不愿意采用。他还犯了个更加可以原谅的错误（考虑到当时标本很少），那就是，他没有注意到，恐龙不是由一种而是由两种爬行动物组成：臀部像鸟的鸟臀目恐龙和臀部像蜥蜴的蜥臀目恐龙。

欧文并不是个很有魅力的人，无论在外表上还是脾性上。在一张中年的照片上，他看上去又瘦削又阴险，长着又长又直的头发，眼睛向外鼓出，活像维多利亚时代情节剧里的坏蛋--有一张可以用来吓唬小孩子的脸。在举止方面，他又冷漠又傲慢，无所顾忌地实现他的雄心壮志。据知，查尔斯·达尔文惟一讨厌的人就是他。连欧文的儿子（他没过多久就自杀了）也提到他父亲的“可悲的冷酷之心”。

作为解剖学家，他的才华是毋庸置疑的，因此他能做出最不要脸的坏事而又不受人指责。1857 年，博物学家 T.H.赫胥黎在翻阅一本新版的《丘吉尔医学指南》时，突然注意到欧文被列为政府采矿学院的比较解剖学和生理学教授，他感到相当吃惊，因为这正是达尔文现在拥有的职位。当他询问这本指南怎么会犯这么低级的错误时，他被告知那个信息是欧文博士本人提供的。同时，有一位跟欧文一起工作的、名叫休·福尔克纳的博物学家当场揭穿欧文把他的一项发现归功于自己。别人还指责他盗用标本，后来又否认他这么干过。欧文甚至为了一个有关牙齿生理学理论的功劳与女王的牙科医生发生激烈的争吵。

他毫不犹豫地迫害他不喜欢的人。早年，他利用自己在地质学会的影响排斥一位名叫罗伯特·格兰特的年轻人，而格兰特惟一的罪过就是显示出他很有希望成为一名解剖学家。格兰特吃惊地发现自己突然被剥夺了使用解剖标本的权利，而这是他进行研究所必不可缺的。

由于无法再从事他的工作，他变得灰心丧气，默默无闻，这是可以理解的。

欧文如此不客气，受到伤害最大的要算是越来越悲惨的倒霉蛋吉迪恩·曼特尔。在失去妻子、子女、医生职业和大部分化石收藏品以后，曼特尔搬到了伦敦。1841年是决定性的一年，欧文在伦敦将获得命名和发现恐龙的殊荣--而曼特尔遇上了一场可怕的故事。当马车穿过克莱翰公地的时候，他不知怎的从车座上掉下来，缠在缰绳中间，被受惊的马匹飞快拉过粗糙的地面。这起事故造成他背部弯曲，走路跛脚，常年疼痛，脊椎受损，再也无法恢复。

欧文利用曼特尔体弱多病的状态，着手系统地从档案中勾销他的贡献，重新命名曼特尔多年以前已经命名过的物种，把他发现这些物种的功劳占为己有。曼特尔还想搞一些创新的研究工作，但欧文利用自己在皇家学会的影响，确保曼特尔的大部分论文被拒绝采用。1852年，曼特尔再也无法忍受疼痛或迫害，结束了自己的生命。他那根变了形的脊椎被取出来送到皇家外科学院--这又是一件很有讽刺意味的事--由该学院的亨特博物馆馆长理查德·欧文保管。

但是，污辱没有完全结束。曼特尔死后不久，《文学》杂志刊登了一篇极其无情的悼文。在那篇文章里，曼特尔被描述成一名二流的解剖学家，他对古生物学的一点儿贡献“由于缺乏过硬的知识”而受到限制。悼文甚至抹去了他发现禽龙的功劳，把这个功劳归于居维叶和欧文等人。悼文没有署名，但其风格是欧文的，自然科学界谁也不会怀疑作者是谁。

不过，到这个时候，欧文的坏事快干到头了。他的垮台之日到来了。英国皇家学会的一个委员会--欧文恰好是该委员会的主席--决定授予他最高的荣誉：英国皇家勋章，表彰他写的一篇关于一种名叫箭石的、已经绝种的软体动物的论文。“然而，”德博拉·卡德伯里在《可怕的蜥蜴》里对那段历史有绝好的记述，“这项成就并不像看起来那么有创意。”

结果发现，箭石已经于4年前由一位名叫查宁·皮尔斯的业余博物学家发现，而且在地质学会的一次会议上已经充分发表。欧文出席了那次会议，但他向皇家学会提交自己的报告的时候没有提及这个情况。在那份报告里，他把那种动物重新命名为“欧文的软体动物”以纪念他自己，这不是偶然的。尽管欧文被允许保留英国皇家勋章，但这件事使得他永远名声扫地，即使在他剩下的为数不多的支持者中间也同样如此。

最后，赫胥黎以其人之道还治其人之身：他通过投票使欧文在动物学会和皇家学会的许多委员会里落选。最后，赫胥黎成为英国皇家外科学院亨特博物馆的新一任教授，结束了对欧文的惩罚。

欧文再也没有从事重要的研究，但在后半生致力于一件非同寻常的事，我们对此表示感激。1856年，他成为大英博物馆自然史部主任，在那个岗位上推动了伦敦自然史博物馆的创建。那栋位于南肯辛顿的宏伟而可爱的哥特式建筑物于1880年向公众开放，几乎完全成了他远见卓识的见证。

欧文之前，博物馆主要供少数精英使用和陶冶情操，连他们也很难进门。大英博物馆建立之初，想参观的人不得不写一份申请书，经过一个简单的面试，才能决定他们是否适合进场。然后，他们还得回来取票--那就是说，假如他们的面试获得通过的话--最后再次回来观看博物馆里的宝贝。即使到了那个时刻，他们也只能集体参观，被赶着快速往前走，不得随便停留。欧文的计划是人人都受欢迎，甚至鼓励工人们利用晚上时间来参观。他把博物馆绝

大部分的地方用来陈列公开展品。他甚至很激进地提出为每件展品安放说明，以便让人们欣赏自己眼前的东西。他在这个问题上遭到了 T.H.赫胥黎的反对，这是有点儿没有想到的。赫胥黎认为，博物馆主要应当是研究机构。通过把自然史博物馆变成人人可去的地方，欧文改变了我们原先建博物馆的目的。

不过，他对人类的无私精神并没有使他忘记自己的对手。他最后一个正式举动是到处游说，反对一项关于修建纪念查尔斯·达尔文的雕像的建议。他的这次努力没有成功--虽然他无意之中为自己赢得了一个胜利，只是晚了一些。今天，他自己的雕像从自然史博物馆大厅的楼梯上像主人般地俯瞰着下面，而达尔文和赫胥黎的雕像却不大显著地放在博物馆的咖啡店里，以严肃的目光凝视着人们喝茶，吃果酱炸面包圈。

有理由认为，理查德·欧文那心胸狭窄的对抗行为，标志着 19 世纪的地质学进入低谷，但更严重的对抗即又发生，这一次来自海外。在那个世纪的最后几十年里，美国也发生了一次对抗，其程度要恶毒得多，尽管破坏力没有那么大。这场对抗发生在两个古怪而又冷酷的人之间：爱德华·德林克·柯普和奥斯尼尔·查尔斯·马什。

他们有许多共同之处。两个人都已被宠坏，有紧迫感，以自我为中心，动辄吵架，妒忌心强，不信任别人，老是郁郁不乐。他俩一起改变了古生物学界。

他们一开始是朋友和互相崇拜者，甚至互相用对方的名字来命名化石种类，1868 年还愉快地在一起工作了一个星期。后来，两人的关系出了问题--谁也搞不清出了什么问题--到了第二年，他们之间已经成为一种敌对关系；那种关系在随后的 30 年里发展为强烈的仇恨。可以有把握地说，自然科学领域里再也找不出另外两个人比他们更互相鄙视对方的了。

马什比对方大 8 岁。他是个离群索居的书呆子，衣冠楚楚，留着整齐的胡子，极少去野外工作，去了也很不善于发现东西。有一次他去怀俄明州参观著名的科摩崖恐龙地带，却没有注意到--用一位历史学家的话来说--恐龙骨头简直“像木头那样满地都是”。但是，他有的是钱，差不多可以想买什么就买什么。虽然他来自一个不大富裕的家庭--他的父亲是纽约州北部的一名农场主--但他的叔叔却是那位富得冒油、极其宽容的金融家乔治·皮博迪。当马什流露出对自然史感兴趣的时候，皮博迪为他在耶鲁大学盖了个博物馆，并给了他足够的资金来装满他看得中的差不多任何东西。

柯普生于一个特权家庭--他的父亲是费城一位有钱的商人--比马什更富有冒险精神，1876 年夏天，在蒙大拿州，当乔治·阿姆斯特朗·卡斯特和他的部队在小比格角被消灭的时候，柯普还在附近找骨头。有人提醒他，这时候来印第安人领地取宝，很可能是很不明智的。他想了片刻，决定继续往下干。他的收获太大了。有一次，他遇上了几个疑心重重的克劳族印第安人，但他不停地取下和装上他的假牙，赢得了他们的信任。

有 10 年左右的时间，马什和柯普之间的敌对关系主要以暗斗的形式出现，但到了 1877 年，暗斗突然变成了大规模的冲突。那年，一位名叫阿瑟·莱克斯的科罗拉多州小学老师和他的一位朋友出门徒步旅行，在莫里森附近发现了几根骨头。莱克斯认为那些骨头属于一条“巨蜥”；他想得很周到，把一些样品寄给了马什和柯普两个人。柯普很高兴，给莱克斯寄了 100 美元作为报酬，吩咐他不要把他的发现告诉任何人，尤其不要告诉马什。莱克斯不大明白，便请马什把骨头转交给柯普。马什这么做了，但遭到了一番他永生难忘的羞辱。

这事儿也标志着两人间一场对抗的开始。对抗变得越来越激烈，越来越肮脏，而且还很可笑。有时候，竟然卑鄙到一方的发掘人员向另一方的发掘人员投掷石块的程度。有一次，有人发现柯普在撬开马什的箱子。他们在文章中互相污辱对方，瞧不起对方取得的成果。科

学往往是--也许从来是--在对抗之中发展得更快、更有成果。在随后的几年里，通过两个人的共同努力，美国已知的恐龙种类数量从 9 种增加到将近 150 种。普通人说得出的每一种恐龙--剑龙、雷龙、梁龙、三角龙--差不多都是他们两人中的一位发现的。¹ 不幸的是，他们干得过于拼命，过于草率，往往把已经知道的当做一项新的发现。他俩“发现”一个名叫“尤因他兽”的物种不下 22 次。他们乱七八糟的分类，别人花了几年时间才整理出来，而有的至今还没有整理清楚。

两人当中，柯普的科学成果要多得多。在他极其勤奋的一生中，他写出了大约 1400 篇学术论文，描述了近 1300 种新的化石（各种各样的化石，不仅仅是恐龙的化石）--在这两方面都超过马什的成果两倍以上。柯普本来可作出更大的贡献，但不幸的是，他在后来的几年中急速走下坡路。他在 1875 年继承了一笔财产，不大明智地把钱投资于金融业，结果全部泡汤。他最后住在费城一家寄居宿舍的单人房间里，身边堆满了书、文献和骨头。而马什的晚年是在纽黑文一栋富丽堂皇的房子里度过的。柯普死于 1897 年，两年后马什也与世长辞。

在最后的几年里，柯普产生了另一个有意思的念头。他殷切希望自己被宣布为“人类”

的模式标本--即，把他的骨头作为人类的正式样板。在一般情况下，一个物种的模式标本就是被发现的第一副骨头，但由于“人类”的第一副骨头并不存在，就产生了一个空缺。柯普希望填补这个空缺。这是一个古怪而又没有价值的愿望，但谁也想不出理由来加以反对。

为此，柯普立下遗嘱，把自己的骨头捐献给费城的威斯塔研究所。那是个学术团体，是由好像无处不在的卡斯珀·威斯塔的后裔捐资成立的。不幸的是，经过处理和装配以后，人们发现他的骨头显示出患了早期梅毒的症状，谁也不愿意把这种特征保留在代表人类本身的模式标本上。于是，柯普的请求和他的骨头就不了了之。直到现在，现代人类仍然没有模式标本。

至于这个舞台上的其他人物，欧文于 1892 年去世，比柯普或马什早几年。巴克兰最后精神失常，成了个话都说不清的废人，在克莱翰的一家精神病院里度过了最后的岁月，恰好就在离造成曼特尔终生残疾的出事地点不太远的地方。曼特尔那变了形的脊椎在亨特博物馆展出了将近一个世纪，后来在二战快结束时突袭伦敦的闪电战中大慈大悲地被一枚炸弹击中，不见了踪影。曼特尔死后，剩下的收藏品传给了他的子女，其中许多被他的儿子沃尔特带到了新西兰，他于 1840 年移居到那个国家。沃尔特成为一名杰出的新西兰人，最后官至土著居民事务部部长。1865 年，他把他父亲收藏品中的主要标本，包括那颗著名的禽龙牙齿，捐赠给了惠灵顿的殖民博物馆（就是现在的新西兰博物馆），此后一直存放在那里。而那颗引发这一切的禽龙牙齿--很可能是古生物学里最重要的牙齿--现在不再对外展出。

当然，寻找恐龙的工作，没有随着 19 世纪伟大的恐龙搜寻家的去世而结束。实际上，在某种出人意料程度上，这项工作才刚刚开始。1898 年，也就是柯普和马什两人相继去世的中间一年，发现了--其实是注意到--一件比以前发现过的任何东西都要了不起的宝贝，地点是在“骨屋采石场”，离马什的主要搜寻场所--怀俄明州的科摩崖只有几公里。人们发现成百上千块骨头化石露在山体外面任凭风吹雨打。骨头的数量如此之多，竟有人用骨头盖起一间小屋--采石场的名字由此而来。仅仅在最初的两个季节里，发掘出来的古代骨头就达 5 万千克之多；在之后的 6 年里，每年又挖出成千上万千克。

结果，进入 20 世纪的时候，古生物学家实际上有着几吨重的古骨来供他们选择。问题在于，他们仍然搞不清这些骨头的年龄。更糟糕的是，大家公认的地球的年龄，与过去的岁月所显然包含的时期、年代和时代的数量不大吻合。要是地球真的只有 2000 万年历史，就

像开尔文勋爵坚持认为的那样，那么各种古代生物都会在同一地质年代产生和消亡。这根本说不通。

除开尔文以外，别的科学家也把注意力转向这个问题，得出的结果只是加深了那种不确定性。都柏林的三一学院有一位受人尊敬的地质学家，名叫塞缪尔·霍顿。他宣称，地球的年龄约为 23 亿年--大大超出了任何人的看法。他注意到了这个情况，用同样的数据重新算了一遍，得出的数字是 1.53 亿年。也是三一学院的约翰·乔利决定试一试埃德蒙·哈雷提出的海盐测算法，但这种方法是以许多不完善的假设为基础的，他只好顺水推舟地干了一下。他得出的结果是：地球的年龄是 8900 万年--这个年龄与开尔文的假设完全吻合，不幸的是与现实根本不符。

情况如此混乱，到 19 世纪末，你可以获知--取决于你查的是哪种资料--我们距离开始出现复杂生命的寒武纪的年数是 300 万年、1800 万年、6 亿年、7.94 亿年或 24 亿年--或者是这个范围里其他数量的年。直到 1910 年，美国人乔治·贝克尔才作出了一个最受人尊重的估计，他认为地球的年龄也许不超过 5500 万年。

正当事情似乎乱作一团的时候，出了另一位杰出人物，有了一种崭新的方法。他是个直率而又聪明的新西兰农家孩子，名叫欧内斯特·卢瑟福。他拿出了无可辩驳的证据：地球至少已经存在许多亿年，很可能还更古老。

值得注意的是，他的证据是以炼金术为基础的--天然，自发，科学上信得过，毫不神秘，尽管是炼金术。结果证明，牛顿毕竟没有大错。那种方法到底是怎么知道的，当然要等下一章来叙述。

第七章 基本物质

人们常说，化学作为一门严肃而受人尊敬的科学始于 1661 年。当时，牛津大学的罗伯特·玻义耳发表了“怀疑的化学家”--这是第一篇区分化学家和炼金术士的论文--但这一转变是缓慢的，常常是不确定的。进入 18 世纪以后，两大阵营的学者们都觉得适得其所--比如，德国人约翰·贝歇尔写出了一篇关于矿物学的严肃而又不同凡响的作品，题目叫做《地下物理学》，但他也很有把握，只要有合适的材料，他可以把自己变成隐身人。

早年，最能体现化学那奇特而往往又很偶然的性质的，要算是德国人亨内希·布兰德在 1675 年的一次发现。布兰德确信，人尿可以以某种方法蒸馏出黄金。（类似的颜色似乎是他得出这个结论的一个因素。）他收集了 50 桶人尿，在地窖里存放了几个月。通过各种奥妙的过程，他先把尿变成了一种有毒的糊状物，然后再把糊状物变成一种半透明的蜡状物。当然，他没有得到黄金，但一件奇怪而有趣的事情发生了。过了一段时间，那东西开始发光。而且，当暴露在空气里的时候，它常常突然自燃起来。

它很快被称之为磷，这个名字源自希腊文和拉丁文，意思是“会发光的”。有眼光的实业界人士看到了这种物质的潜在商业价值，但生产的难度很大，成本太高，不好开发。一盎司（约 28.35 克）磷的零售价高达 6 几尼--很可能相当于今天的 300 英镑--换句话说，比黄金还要贵。

起先，人们号召士兵们提供原料，但这样的做法对工业规模的生产几乎无济于事。18 世纪 50 年代，一位名叫卡尔·金勒的瑞典化学家发明了一种方法，不用又脏又臭的尿就能大量生产磷。很大程度上就是因为掌握了这种生产磷的方法，瑞典才成为--而且现在还是--火柴的一个主要生产国。

金勒既是个非同寻常的，又是个极其倒霉的人。他是个地位低下的药剂师，几乎在没有任何先进仪器的情况下发现了 8 种元素--氯、氟、锰、钡、钼、钨、氮和氧--但什么功劳也没有得到。每一次，他的发现要么不受人注意，要么在别人独立做出同样的发现以后才加以发表。他还发现了许多有用的化合物，其中有氨、甘油和单宁酸；他还认为氯可以用做漂白剂--具有潜在商业价值的第一人--这些重大的成就都使别人发了大财。

金勒有个明显的缺点，他对做试验用的什么东西都感到好奇，坚持要尝一点儿，包括一些又难闻又有毒的物质，比如汞、氢氰酸（这也是他的一项发现）和甲腈。甲腈是一种有名的有毒化合物，150 年以后，欧文·薛定谔在一次著名的思维实验中选它作为最佳毒素。金勒鲁莽的工作方法最后断送了他的性命。1786 年，才 43 岁的他被发现死在工作台旁，身边堆满了有毒的化学品，其中任何一种都可以造成他脸上那目瞪口呆的最后一个表情。

要是这世界是公正的话，要是大家都会说瑞典语的话，金勒本来会在全世界享有盛誉。

实际上，赞扬声往往都给了更有名的化学家，其中大多数是英语国家的化学家。金勒在 1772 年发现了氧，但由于种种辛酸而复杂的原因，无法及时发表他的论文。功劳最终归给了约瑟夫·普里斯特利，他独立发现了同一个元素，但时间要晚，是在 1774 年的夏天。更令人瞩目的是，金勒没有得到发现氯的功劳。几乎所有的教科书现在仍把氯的发现归功于汉弗莱·戴维。他确实发现了，但要比金勒晚 36 年。

从牛顿和玻义耳，到金勒、普里斯特利和亨利·卡文迪许，中间隔着一个世纪。在这个世纪里，化学得到了长足的发展，但还有很长的路要走。直到 18 世纪的最后几年（就普里斯特利而言，还要晚一点），各地的科学家们还在寻找--有时候认为真的已经发现--完全不存在的东西：变质的气体、没有燃素的海洋酸、福祿考、氧化钙石灰、水陆气味，尤其是燃素。当时，燃素被认为是燃烧的原动力。他们认为，在这一切的中间，还存在一种神秘的生命力，即能赋予无生命物体生命的力。谁也不知道这种难以捉摸的东西在哪里，但有两点是可信的：其一，你可以用电把它激活（玛丽·谢利在她的小说《弗兰肯斯坦因》里充分利用了这种认识）；其二，它存在于某种物质，而不存在于别的物质。这就是化学最后分成两大部分的原因：有机的（指被认为有那种东西的物质）和无机的（指被认为没有那种东西的物质）。

这时候，需要有个目光敏锐的人来把化学推进到现代。法国出了这么个人。他的名字叫安托万-洛朗·拉瓦锡。拉瓦锡生于 1743 年，是一个小贵族家族的成员（他的父亲为这个家族出钱买了一个头衔）。1768 年，他在一家深受人们讨厌的机构里买了个开业股。那个机构叫做“税务总公司”，代表政府负责收取税金和费用。根据各种说法，拉瓦锡本人又温和，又公正，但他工作的那家公司两方面都不具备。一方面，它只向穷人征税，不向富人征税；另一方面，它往往很武断。对拉瓦锡来说，那家机构之所以很有吸引力，是因为它为他提供了大量的钱来从事他的主要工作，那就是科学。最多的时候，他每年挣的钱多达 15 万里弗赫--差不多相当于今天的 1200 万英镑。

走上这条赚钱很多的职业道路 3 年之后，他娶了他的老板的一个 14 岁的女儿。这是一桩心和脑都很匹配的婚事。拉瓦锡太太有着机灵的头脑和出众的才华，很快在她的丈夫身边作出了许多成绩。尽管工作有压力，社交生活很繁忙，在大多数日子里他们都要用 5 个小时--清晨 2 个小时，晚上 3 个小时--以及整个星期天（他们称其为“快活的日子”）来从事科学工作。不知怎的，拉瓦锡还挤出时间来担任火药专员，监督修建巴黎的一段城墙来防范走私分子，协助建立米制，还和别人合著了一本名叫《化学命名法》的手册。这本书成了统一元素名字的“圣经”。

作为英国皇家科学院的一名主要成员，无论时下有什么值得关注的事，他还都得知，

积极参与--催眠术研究呀，监狱改革呀，昆虫的呼吸呀，巴黎的水供应呀，等等。1870年，一位很有前途的年轻科学家向科学院提交一篇论文，阐述一种新的燃烧理论；就是在那个岗位上，拉瓦锡说了几句轻蔑的话。这种理论的确是错的，但那位科学家再也没有原谅他。

他的名字叫让-保罗·马拉。

只有一件事拉瓦锡从来没有做过，那就是发现一种元素。在一个仿佛任何手拿烧杯、火焰和什么有意思的粉末的人都能发现新东西的时代--还要特别说一句，是一个大约有三分之二的元素还没有被发现的时代里--拉瓦锡没有发现一种元素。原因当然不是由于缺少烧杯。他有着天底下最好的私人实验室，好到了差不多荒谬的程度，里面竟有 13000 只烧杯。

恰恰相反，他把别人的发现拿过来，说明这些发现的意义。他摒弃了燃素和有害气体。

他确定了氧和氢到底是什么，并且给二者起了现今的名字。简而言之，他为化学的严格化、明晰化和条理化出了力。

他的想像力实际上是得来全不费工夫的。多年来，他和拉瓦锡太太一直在忙于艰苦的研究工作，那些研究要求最精密的计算。比如，他们确定，生锈的物体不会像大家长期以来认为的那样变轻，而会变重--这是一项了不起的发现。物体在生锈的过程中以某种方式从空气中吸引基本粒子。认识到物质只会变形，不会消失，这还是第一次。假如你现在把这本书烧了，它的物质会变成灰和烟，但物质在宇宙中的总量不会改变。后来，这被称之为物质不灭，是一个革命性的理念。不幸的是，它恰好与另一场革命--法国大革命--同时发生，而在这场革命中，拉瓦锡完全站错了队。

他不但是税务总公司的一名成员，而且劲头十足地修建过巴黎的城墙--起义的市民们对该建筑物厌恶之极，首先攻打的就是这东西。1791年，这时候已经是国民议会中一位重要人物的马拉利用了这一点，对拉瓦锡进行谴责，认为他早该被绞死。过不了多久，马拉在洗澡时被一名受迫害的年轻女子杀害，她的名字叫夏洛特·科黛，但这对拉瓦锡来说已经为时太晚。

1793年，已经很紧张的“恐怖统治”达到了一个新的高度。10月，玛丽·安托瓦妮特被送上断头台。11月，正当拉瓦锡和他的妻子在拖拖拉拉地制订计划准备逃亡苏格兰的时候，他被捕了。次年5月，他和31名税务总公司的同事一起被送上了革命法庭（在一个放着马拉半身像的审判室里）。其中8人被无罪释放，但拉瓦锡和其他几人被直接带到革命广场（现在的协和广场），也就是设置法国那个最忙碌的断头台的地方。拉瓦锡望着他的岳父脑袋落地，然后走上前去接受同样的命运。不到3个月，7月27日，罗伯斯庇尔被以同样的方式、在同一地点送上了西天。恐怖统治很快结束了。

他去世100年以后，一座拉瓦锡的雕像在巴黎落成，受到很多人的瞻仰，直到有人指出它看上去根本不像他。在盘问之下，雕刻师承认，他用了数学家和哲学家孔多塞的头像--他显然备了一个--希望谁也不会注意到，或者即使注意到也不会在乎。他的后一种想法是正确的。拉瓦锡兼孔多塞的雕像被准许留在原地，又留了半个世纪，直到第二次世界大战爆发。一天早晨，有人把它取走，当作废铁熔化了。

19世纪初，英国开始风行吸入一氧化二氮，或称笑气，因为有人发现，使用这种气体会“给人一种高度的快感和刺激”。在随后的半个世纪里，它成了年轻人使用的一种高档毒品。有个名叫阿斯克协会的学术团体一度不再致力于别的事情，专场举办“笑气晚会”，志愿者可以在那里狠狠吸上一口，提提精神，然后以摇摇摆摆的滑稽姿态逗乐观众。

直到 1846 年，才有人有时间为一氧化二氮找到了一条实用途径：用做麻醉药。事情是明摆着的，过去怎么谁也没有想到，害得天知道有多少万人在外科医生的刀下吃了不必要的苦头。

我提这一点是为了说明，在 18 世纪得到如此发展的化学，在 19 世纪的头几十年里有点儿失去方向，就像地质学在 20 世纪头几十年里的情况一样。部分原因跟仪器的局限性有关系--比如，直到那个世纪末叶才有了离心机，极大地限制了许多种类的实验工作。还有部分原因是社会。总的来说，化学是商人的科学，是与煤炭、钾碱和染料打交道的人的科学，不是绅士的科学。绅士阶层往往对地质学、自然史和物理学感兴趣。（与英国相比，欧洲大陆的情况有点儿不一样，但仅仅是有点儿。）有一件事兴许能说明问题。那个世纪最重要的一次观察，即确定分子运动性质的布朗运动，不是化学家做的，而是苏格兰植物学家罗伯特·布朗做的。（布朗在 1827 年注意到，悬在水里的花粉微粒永远处于运动状态，无论时间持续多久。这样不停运动的原因--即看不见的分子的作用--在很长时间里是个谜。）

要不是出了个名叫伦福德伯爵的杰出人物，情况或许还要糟糕。尽管有个高贵的头衔，他本是普普通通的本杰明·汤普森，1753 年生于美国马萨诸塞州的沃本。汤普森英俊漂亮，精力充沛，雄心勃勃，偶尔还非常勇敢，聪明过人，而又毫无顾忌。19 岁那年，他娶了一位比他大 14 岁的有钱寡妇。但是，当殖民地爆发革命的时候，他愚蠢地站在保皇派一边，一度还为他们做间谍工作。在灾难性的 1776 年，他面临以“对自由事业不够热心”的罪名而被捕的危险，抢在一伙手提几桶热柏油和几袋鸡毛，打算用那两样东西把他打扮一下的反保皇派分子前面，他抛弃了老婆孩子仓皇出逃。

他先逃到英国，然后来到德国，在那里担任巴伐利亚政府的军事顾问。他深深打动了当局，1791 年被授予“神圣罗马帝国伦福德伯爵”的称号。在慕尼黑期间，他还设计和筹建了那个名叫英国花园的著名公园。

在此期间，他挤出时间搞了大量纯科学工作。他成为世界上最著名的热力学权威，成为阐述液体对流和洋流循环原理的第一人。他还发明了几样有用的东西，包括滴滤咖啡壶、保暖内衣和一种现在仍叫做伦福德火炉的炉灶。1805 年在法国逗留期间，他向安托万-洛朗·拉瓦锡的遗孀拉瓦锡太太求爱，娶她当了夫人。这桩婚事并不成功，他们很快就分道扬镳。

伦福德继续留在法国，直到 1814 年去世。他受到法国人的普遍尊敬，除了他的几位前妻。

我们之所以在这里提到他，是因为 1799 年他在伦敦的短暂停留期间创建了皇家科学研究所。18 世纪末和 19 世纪初，英国各地涌现了许多学术团体，它成了其中的又一名成员。在一段时间里，它几乎是惟一的一所旨在积极发展化学这门新兴科学的有名望的机构，而这几乎完全要归功于一位名叫汉弗莱·戴维的杰出的年轻人。这个机构成立之后不久，戴维被任命为该研究所的化学教授，很快就名噪一时，成为一位卓越的授课者和多产的实验师。

上任不久，戴维开始宣布发现一种又一种新的元素：钾、钠、锰、钙、锶和铝。他发现那么多种元素，与其说是因为他搞清了元素的排列，不如说是因为他发明了一项巧妙的技术：把电流通过一种熔融状态的物质--就是现在所谓的电解。他总共发现了 12 种元素，占他那个时代已知总数的五分之一。戴维本来会作出更大的成绩，但不幸的是，他是个年轻人，渐渐沉迷于一氧化二氮所带来的那种心旷神怡的乐趣。他简直离不开那种气体，一天要吸入三四次。最后，在 1829 年，据认为就是这种气体断送了他的性命。

幸亏别处还有别的严肃的人在从事这项工作。1808 年，一位名叫约翰·道尔顿的年轻而顽强的贵格会教徒，成为宣布原子性质的第一人（过一会儿我们将更加充分地讨论这个进展）；1811 年，一个有着歌剧似的漂亮名字--洛伦佐·罗马诺·阿马德奥·卡洛·阿伏伽德罗--的意大利人取得了一项从长远来看将证明是具有重大意义的发现--即体积相等的任何两种气体，在压力相等和温度相等的情况下，拥有的原子数量相等。

它后来被称做阿伏伽德罗定律。这个简单而有趣的定律在两个方面值得注意。第一，它为更精确地测定原子的大小和重量奠定了基础。化学家们利用阿伏伽德罗数最终测出，比如，一个典型的原子的直径是 0.00000008 厘米。这个数字确实很小。第二，差不多有 50 年时间，几乎谁也不知道这件事。

一方面，是因为阿伏伽德罗是个离群索居的人--他一个人搞研究，从来不参加会议；另一方面，也是因为没有会议可以参加，很少有几家化学杂志可以发表文章。这是一件很怪的事。工业革命的动力在很大程度上来自化学的发展，而在几十年的时间里化学却几乎没有作为一门系统的科学独立存在。

直到 1841 年，才成立了伦敦化学学会；直到 1848 年，那个学会才定期出版一份杂志。而到那个时候，英国的大多数学术团体--地质学会、地理学会、动物学学会、园艺学学会和（由博物学家和植物学家组成的）林奈学会--至少已经存在 20 年，有的还要长得更多。它的竞争对手化学研究所直到 1877 年才问世，那是在美国化学学会成立一年之后。由于化学界的组织工作如此缓慢，有关阿伏伽德罗 1811 年的重大发现的消息，直到 1860 年在卡尔斯鲁厄召开第一次国际化学代表大会才开始传开。

由于化学家们长期在隔绝的环境里工作，形成统一用语的速度很慢。直到 19 世纪末叶， H_2O 对一个化学家来说意为水，对另一个化学家来说意为过氧化氢。 C_2H_2 可以指乙烯，也可以指沼气。几乎没有哪种分子符号在各地是统一的。

化学家们还使用各种令人困惑的符号和缩写，常常是自己发明的。瑞典的 J.J.伯采留斯发明了一种非常急需的排列方法，规定元素应当依照其希腊文或拉丁文名字加以缩写。这就是为什么铁的缩写是 Fe（源自拉丁文 ferrum），银的缩写是 Ag（源自拉丁文 argentum）。

许多别的缩写与英文名字一致（氮是 N，氧是 O，氢是 H 等等），这反映了英语的拉丁语支性质，并不是因为它的地位高。为了表示分子里的原子数量，伯采留斯使用了一种上标方法，如 H_2O 。后来，也没有特别的理由，大家流行把数字改为下标，如 H_2O 。

尽管偶尔有人整理一番，直到 19 世纪末叶，化学在一定程度上仍处于混乱状态。因此，当俄罗斯圣彼得堡大学的一位模样古怪而又不修边幅的教授跻身于显赫地位的时候，人人都感到很高兴。那位教授的名字叫德米特里·伊凡诺维奇·门捷列夫。

1834 年，在遥远的俄罗斯西伯利亚西部的托博尔斯克，门捷列夫生于一个受过良好教育的、比较富裕的大家庭。这个家庭如此之大，史书上已经搞不清究竟有多少个姓门捷列夫的人：有的资料说是有 14 个孩子，有的说是 17 个。不过，反正大家都认为德米特里是其中最小的一个。门捷列夫一家并不总是福星高照。德米特里很小的时候，他的父亲--当地一所小学的校长--就双目失明，母亲不得不出门工作。她无疑是一位杰出的女性，最后成为一家很成功的玻璃厂的经理。一切都很顺利，直到 1848 年一场大火把工厂烧为灰烬，一家人陷于贫困。坚强的门捷列夫太太决心要让自己的小儿子接受教育，带着小德米特里搭便车跋涉 6000 多公里（相当于伦敦到赤道几内亚的距离）来到圣彼得堡把他送进教育学院。她筋疲力尽，过不了多久就死了。

门捷列夫兢兢业业地完成了学业，最后任职于当地的一所大学。他在那里是个称职的而又不很突出的化学家，更以他乱蓬蓬的头发和胡子而不是以他在实验室里的才华知名。他的头发和胡子每年只修剪一次。

然而，1869 年，在他 35 岁的那一年，他开始琢磨元素的排列方法。当时，元素通常以两种方法排列--要么按照原子量（使用阿伏伽德罗定律），要么按照普通的性质（比如，是金属还是气体）。门捷列夫的创新在于，他发现二者可以合在一张表上。

实际上，门捷列夫的方法，3 年以前一位名叫约翰·纽兰兹的英格兰业余化学家已经提出过，这是科学上常有的事。纽兰兹认为，如果元素按照原子量来进行排列，它们似乎依次每隔 8 个位置重复某些特点--从某种意义上说，和谐一致。有点不大聪明的是--因为这么做时间还不成熟--纽兰兹将其命名为“八度定律”，把这种安排比做钢琴键盘上的八度音阶。纽兰兹的说法也许有点道理，但这种做法被认为是完全荒谬的，受到了众人的嘲笑。

在集会上，有的爱开玩笑的听众有时候会问他，他能不能用他的元素来弹个小曲子。纽兰兹灰心丧气，没有再研究下去，不久就销声匿迹了。

门捷列夫采用了一种稍稍不同的方法，把每七个元素分成一组，但使用了完全相同的前提。突然之间，这方法似乎很出色，视角很清晰。由于那些特点周期性地重复出现，所以这项发明就被叫做“周期表”。

据说，门捷列夫是从北美洲的单人牌戏获得了灵感，从别处获得了耐心。在那种牌戏里，纸牌按花色排成横列，按点数排成纵行。他利用一种十分相似的概念，把横列叫做周期，纵行叫做族。上下看，马上可以看出一组关系；左右看，看出另一组关系。具体来说，纵列把性质类似的元素放在一起。因此，铜的位置在银的上面，银的位置在金的上面，因为它们都具有金属的化学亲和性；而氢、氦和氩处于同一纵行，因为它们都是气体。（决定排列顺序的，实际上是它们的电子价。若要搞懂电子价，你非得去报名上夜校。）与此同时，元素按照它们核里的质子数--叫做原子序数--从少到多地排成横列。

有关原子的结构和质子的意义，我们将在下一章加以叙述。眼下，我们只来认识一下那个排列原则：氢只有一个质子，因此它的原子序数是 1，排在表上第一位；铯有 92 个质子，因此快要排到末尾，它的原子序数是 92。在这个意义上，正如菲利普·鲍尔指出的，化学实际上只是个数数的问题。（顺便说一句，不要把原子序数和原子量混在一起。原子量是某个元素的质子数加中子数之和。）

还有大量的东西人们不知道或不懂得。宇宙中最常见的元素是氢；然而，在后来的 30 年里，对它的认识到此为止。氦是第二多的元素，是在此之前一年才发现的--以前谁也没有想到它的存在--而即使发现，也不是在地球上，而是在太阳里。它是在一次日食时用分光镜发现的，因此以希腊太阳神赫利奥斯命名。直到 1895 年，氦才被分离出来。即使那样，还是多亏了门捷列夫的发明，化学现在才站稳了脚跟。

对我们大多数人来说，周期表是一件美丽而抽象的东西，而对化学家来说，它顿时使化学变得有条有理，明明白白，怎么说也不会过分。“毫无疑问，化学元素周期表是人类发明出来的最优美、最系统的图表。”罗伯特·E.克雷布斯在《我们地球上的化学元素：历史与应用》一书中写道--实际上，你在每一部化学史里都可以看到类似的评价。

今天，已知的元素有“120 种左右”--92 种是天然存在的，还有 20 多种是实验室里制造出来的。实际的数目稍有争议，那些合成的重元素只能存在百万分之几秒，是不是真的测到了，化学家们有时候意见不一。在门捷列夫时代，已知的元素只有 63 种。之所以说他聪

明，在一定程度上是因为他意识到当时已知的还不是全部元素，许多元素还没有发现。他的周期表准确地预言，新的元素一旦发现就可以各就各位。

顺便说一句，没有人知道元素的数目最多会达到多少，虽然原子量超过 168 的任何东西都被认为是“纯粹的推测”；但是，可以肯定，凡是找到的元素都可以利索地纳入门捷列夫那张伟大的图表。

19 世纪给了化学家们最后一个重要的惊喜。这件事始于 1896 年。亨利·贝克勒尔在巴黎不慎把一包铀盐忘在抽屉里包着的感光板上。过一些时候以后，当他取出感光板的时候，他吃惊地发现铀盐在上面烧了个印子，犹如感光板曝过了光。铀盐在释放某种射线。

考虑到这项发现的重要性，贝克勒尔干了一件很古怪的事：他把这事儿交给一名研究生来调查。说来运气，这位学生恰好是一位新来的波兰移民，名叫玛丽·居里。居里和她的新丈夫皮埃尔合作，发现有的岩石源源不断地释放出大量能量，而体积又没有变小，也没有发生可以测到的变化。她和她的丈夫不可能知道的是--下个世纪爱因斯坦作出解释之前谁也不可能知道的是--岩石在极其有效地把质量转变成能量。玛丽·居里把它称之为“放射作用”。在合作过程中，居里夫妇还发现两种新的元素--钋和铀。钋以她的祖国波兰命名。

1903 年，居里夫妇和贝克勒尔一起获得了诺贝尔物理学奖。（1911 年，玛丽·居里又获得了诺贝尔化学奖；她是既获化学奖又获物理学奖的惟一一人。）

在蒙特利尔的麦克吉尔大学，新西兰出生的年轻人欧内斯特·卢瑟福对新的放射性材料产生了兴趣。他与一位名叫弗雷德里克·索迪的同事一起，发现很少量的物质里就储备着巨大的能量，地球的大部分热量都来自这种储备的放射衰变。他们还发现放射性元素衰变成别的元素--比如，今天你手里有一个铀原子，明天它就成了一个铅原子。这的确是非同寻常的。这是地地道道的炼金术；过去谁也没有想到这样的事儿会自然而自发地发生。

卢瑟福向来是个实用主义者，第一个从中看到了宝贵的实用价值。他注意到，无论哪种放射物质，其一半衰变成其他元素的时间总是一样的--著名的半衰期--这种稳定而可靠的衰变速度可以用做一种时钟。只要计算出一种物质现在有多少放射量，在以多快的速度衰变，你就可以推算出它的年龄。他测试了一块沥青铀矿石--铀的主要矿石--发现它已经有 7 亿年--比大多数人认为的地球的年龄还要古老。

1904 年春，卢瑟福来到伦敦给英国皇家科学研究所开了一个讲座--该研究所是伦福德伯爵创建的，只有 150 年历史，虽然在那些卷起袖子准备大干一场的维多利亚时代末期的人看来，那个搽白粉、戴假发的时代已经显得那么遥远。卢瑟福准备讲的是关于他新发现的放射现象的蜕变理论；作为讲课内容的一部分，他拿出了那块沥青铀矿石。卢瑟福很机灵地指出--因为年迈的开尔文在场，虽然不总是全醒着--开尔文本人曾经说过，要是发现某种别的热源，他的计算结果会被推翻。卢瑟福已经发现那种别的热源。多亏了放射现象，可以算出地球很可能--不言而喻就是--要比开尔文最终计算出的结果 2 400 万年古老得多。

听到卢瑟福怀着敬意的陈述，开尔文面露喜色，但实际上无动于衷。他拒不接受那个修改的数字，直到临终那天还认为自己算出的地球年龄是对科学最有眼光、最重要的贡献--要比他在热力学方面的成果重要得多。

与大多数科学革命一样，卢瑟福的新发现没有受到普遍欢迎。都柏林的约翰·乔利到 20 世纪 30 年代还竭力认为地球的年龄不超过 8900 万年，坚持到死也没有改变。别的人开始担心，卢瑟福现在说的时间是不是太长了点。但是，即使利用放射性测定年代法，即后来所谓的衰变计算法，也要等几十年以后我们才得出地球的真正年龄大约是在 10 亿年以内。

科学已经走上正轨，但仍然任重而道远。

开尔文死于 1907 年。德米特里·门捷列夫也在那年去世。和开尔文一样，他的累累成果将流芳百世，但他的晚年生活显然不大平静。随着人越来越老，门捷列夫变得越来越古怪——他拒不承认放射现象、电子以及许多别的新鲜东西的存在——也越来越难以相处。在最后的几十年里，无论在欧洲什么地方，他大多怒气冲冲地退出实验室和课堂。1955 年，第 101 号元素被命名为钷，作为对他的纪念。“非常恰当，” 保罗·斯特拉森认为，“它是一种不稳定的元素。”

当然，放射现象实际上在不停地发生，以谁也估计不到的方式发生。20 世纪初，皮埃尔·居里开始出现放射病的明显症状——骨头里隐隐作痛，经常有不舒服的感觉——那些症状本来肯定会不断加剧。但是，我们永远也无法确切知道，因为他 1906 年在巴黎过马路时被马车撞死了。

玛丽·居里在余生干得很出色，1914 年帮助建立了著名的巴黎大学铀研究所。尽管她两次获得诺贝尔奖，但她从来没有当选过科学院院士。在很大程度上，这是因为皮埃尔死了以后，她跟一位有妻室的物理学家发生了暧昧关系。她的行为如此不检点，连法国人都觉得很丢脸——至少掌管科学院的老头儿们觉得很丢脸。当然，这件事也许跟本书不相干了。

在很长时间里，人们认为，任何像放射性这样拥有很大能量的现象肯定是可以派上用场的。有好几年时间，牙膏和通便剂的制造商在自己的产品里放入了有放射作用的钷；至少到 20 世纪 20 年代，纽约州芬格湖地区的格伦泉宾馆（肯定还有别的宾馆）还骄傲地以其“放射性矿泉”的疗效作为自己的特色。直到 1938 年，才禁止在消费品里放入放射性物质。到这个时候，对居里夫人来说已经为时太晚。她 1934 年死于白血病。事实上，放射性危害性极大，持续的时间极长，即使到了现在，动她的文献——甚至她的烹饪书——还是很危险的。她实验室的图书保存在铅皮衬里的箱子里，谁想看这些书都得穿上防护服。

多亏第一代原子科学家的献身精神和不惧高度危险的工作，20 世纪初的人们越来越清楚，地球毫无疑问是很古老的，虽然科学界还要付出半个世纪的努力才能很有把握地说它有多么古老。与此同时，科学很快要进入一个新时代——原子时代。

第八章 爱因斯坦的宇宙

随着 19 世纪渐渐远去，科学家们可以满意地回想，他们已经解开物理学的大部分谜团。

我们略举数例：电学、磁学、气体学、光学、声学、动力学及统计力学，都已经在他们的前面俯首称臣。他们已经发现了 X 射线、阴极射线、电子和放射现象，发明了计量单位欧姆、瓦特、开尔文、焦耳、安培和小小的尔格。

凡是能被振荡的，能被加速的，能被干扰的，能被蒸馏的，能被化合的，能被称质量的，或能被变成气体的，他们都做到了；在此过程中，他们提出了一大堆普遍定律。这些定律非常重要，非常神气，直到今天我们还往往以大写来书写：“光的电磁场理论”、“里氏互比定律”、“查理气体定律”、“体积结合定律”、“第零定律”、“原子价概念”、“质量作用定律”等等，多得数也数不清。整个世界丁丁当当、喀嚓喀嚓地回响着他们发明创造出来的机器和仪器的声音。许多聪明人认为，科学家们已经没有多少事可干了。

1875 年，德国基尔有一位名叫马克斯·普朗克的年轻人犹豫不决，不知道这辈子究竟是该从事数学还是该从事物理学。人们由衷地劝他不要选择物理学，因为物理学的重大问题都已得到解决。他们斩钉截铁地告诉他，下个世纪将是个巩固和提高的世纪，不是个革命的

世纪。普朗克不听，他钻研理论物理学，潜心投入了热力学的核心问题--熵的研究工作。

在一个雄心勃勃的年轻人看来，研究这个问题似乎很有前途。1891年，他做出了成果，却吃惊地发现，关于熵的这项重要工作实际上已经有人做过。他是耶鲁大学一位离群索居的学者，名叫 J.威拉德·吉布斯。

吉布斯是个很杰出的人物，但大多数人也许没有听说过。他行为检束，很少抛头露面。

除了去欧洲搞了三年研究以外，他的一辈子差不多都是在一个三个街区的范围之内度过的：一边是他的家，一边是耶鲁大学在康涅狄格州纽黑文的校园。在耶鲁大学的最初十年里，他连工资都懒得去领。（他有另外的收入。）从 1871 年起，他成为该大学的一名教授，直到 1903 年去世。在此期间，每学期选他的课的学生平均只有一名。他写的东西晦涩难懂，经常使用自己发明的符号，许多人觉得简直是天书。但是，在那些神秘的公式深处，隐藏着最英明、最深刻的见解。

1875-1878 年期间，吉布斯写出了一系列论文，编成了《论多相物质的平衡》的集子。

该书出色地阐述了近乎一切热力学原理--用威廉·H.库珀的话来说，包括“气体、混合物、平面、固体、相移.....化学反应、电化电池、沉淀以及渗透”。归根结底，吉布斯想要表明，热力学不仅适用于蒸汽机这样的庞大而又嘈杂的范围里的热量和能量，而且在化学反应的原子层面上也同样存在，而且影响很大。吉布斯的《平衡》一直被称为“热力学原理”，但出于无法猜测的原因，吉布斯情愿将这些具有划时代意义的见解发表在《康涅狄格州艺术与科学院学报》上，那是一份即使在康涅狄格州也毫无名气的杂志。这就是为什么普朗克直到很晚的时候才听说他的名字的原因。

普朗克没有泄气--哎呀，也许稍稍有点胆怯，开始把注意力转向别的问题。¹ 这方面的事，我们等一会儿再说，先稍稍地（而又恰当地）换个方向，前往俄亥俄州的克利夫兰，去一家当时被称为凯斯实用科学学校的机构。19 世纪 80 年代，那里有一位刚到中年的物理学家，名叫阿尔伯特·迈克尔逊。他在他的朋友化学家爱德华·莫雷的协助之下，进行了一系列试验。那些试验得出了很有意思而又令人吃惊的结果，将对以后的许多事情产生重大的影响。

迈克尔逊和莫雷所做的--实际上是在无意之中所做的--破坏了长期以来人们对一种所谓光以太的东西的信念。那是一种稳定、看不见、没有重量、没有摩擦力、不幸又完全是想像出来的媒质。据认为，这种媒质充满宇宙。以太是笛卡儿假设的，牛顿加以接受，之后差不多人人都对它怀有崇敬之情，在 19 世纪物理学中占有绝对的中心地位，用来解释为什么光能够在空荡荡的太空里传播。它在 19 世纪初尤其必不可少，因为光和电磁在这时候被看成是波，也就是说某种振动。振动必须在什么东西里面才能发生，因此，就需要一种以太，并长期认为存在一种以太。直到 1909 年，伟大的英国物理学家 J.J.汤姆森仍坚持说：“以太不是哪位爱好思索的哲学家的凭空想像，它对我们来说就像我们呼吸的空气那样不可缺少。”--他说这番话 4 年多以后，就无可争议地确定以太并不存在。总而言之，人们确实离不开以太。

如果你需要说明 19 世纪的美国是个机会之乡的理念，那么你很难再找到像阿尔伯特·迈克尔逊这样的例子。他 1852 年生于德国和波兰边境地区的一个贫苦的犹太商人家庭，小时候随家人来到美国，在加利福尼亚州一个淘金热地区的矿工村里长大。他的父亲在那里做干货生意。家里太穷，他上不起大学，便来到首都华盛顿，在白宫的正门口游来晃去，希望能在尤利塞斯·S.格兰特每天出来散步时碰上这位总统。（那显然是个比较朴实的年代。）在这

样散步的过程中，迈克尔逊深深博得了总统的欢心，格兰特竟然答应免费送他去美国海军学院学习。就是在那里，迈克尔逊攻读了物理学。

10 年以后，迈克尔逊已经是克利夫兰凯斯学校的一名教授，开始有兴趣测量一种名叫以太漂移的东西--运动物体穿越空间所产生的一种顶头风。牛顿物理学的预言之一是，在观察者看来，光在穿越以太过程中的速度是不一样的，取决于观察者是朝着还是逆着光源的方向移动。但谁也想不出对此进行测量的方法。迈克尔逊突然想到，地球有半年时间是朝着太阳的方向运动，有半年时间是逆着太阳的方向运动的。他认为，只要在相对的季节里进行仔细测量，把两者之间光的运动速度进行比较，就能找到答案。

迈克尔逊说服电话的发明者、刚刚发了财的亚历山大·格雷厄姆·贝尔提供资金，制造了一台迈克尔逊自己设计的巧妙而灵敏的仪器，名叫干涉仪，用来非常精确地测定光的速度。接着，在和蔼而又神秘的莫雷的协助下，迈克尔逊进行了几年的精心测量。这是一件非常细致而又很花力气的活儿，迈克尔逊的精神一下子完全垮了，工作不得不中断了一段时间。

但是，到 1887 年，他们有了结果。而且，这个结果完全出乎这两位科学家的意料。

加州理工大学天体物理学家基普·S.索恩写道：“结果证明，光的速度在各个方向、各个季节都是一样的。”这是 200 年来--实际上恰好是 200 年--出现的第一个迹象，说明牛顿定律也许不是在任何时候、任何地方都适用的。用威廉·H.克罗珀的话来说，迈克尔逊-莫雷结果成为“很可能是物理学史上最负面的结果”。为此，迈克尔逊获得了诺贝尔物理学奖--从而成为获此殊荣的第一位美国人--但要过 20 年之后。与此同时，迈克尔逊-莫雷实验像一股霉味那样令人不快地浮动在科学家的脑海深处。

令人注目的是，尽管他有了这项发现，当 20 世纪来到的时候，迈克尔逊觉得自己和别人一样，认为科学工作快要走到尽头--用一位作者在《自然》杂志上的话来说：“只要添上几个角楼和尖顶，在房顶上刻几处浮雕就够了。”

当然，实际上，世界即将进入一个科学的世纪。到时候，谁都会懂得一点，谁都不会什么都懂。科学家快要发现自己在粒子和反粒子的汪洋大海里漂浮，东西瞬间存在，瞬间消失，使毫微秒时间也显得十分缓慢，平平常常，一切都是那么古怪。科学正从宏观物理学向微观物理学转变。前者，物体看得见，摸得着，量得出；后者，事情倏忽发生，快得不可思议，完全超出了想像的范围。我们快要进入一个量子时代，而推动其大门的第一人就是那位迄今为止一直很倒霉的马克斯·普朗克。

1900 年，普朗克 42 岁，已是柏林大学的理论物理学家。他揭示了一种新的“量子理论”

，该理论认为，能量不是一种流水般连续的，而是一包包地传送的东西，他称其为量子。这确实是一种新奇的概念，而且是一种很好的概念。从短期来说，它能为迈克尔逊-莫雷实验之谜提供一种解释，因为它表明光原来不一定是一种波动。从长远来说，它将为整个现代物理学奠定基础。无论如何，它是第一个迹象，表明世界快要发生变化。

但是，划时代意义的事件--一个新时代的黎明--要到 1905 年才发生。当时，德国的物理学杂志《物理学年鉴》发表了一系列论文，作者是一位年轻的瑞士职员。他没有上过大学，没有用过实验室，通常跑的也只是伯尔尼国家专利局的小小图书馆。他是专利局的三级技术审查员。（他申请提升为二级审查员，但遭到了拒绝。）

他的名字叫阿尔伯特·爱因斯坦。在那个重要的一年，他向《物理学年鉴》递交了五篇

论文，用 C.P.斯诺的话来说，其中三篇“称得上是物理学史上最伟大的作品”——一篇使用普朗克刚刚提出的量子理论审视光电效应，一篇论述悬浮小粒子的状况（即现在所谓的布朗运动），一篇概述了狭义相对论。

第一篇解释了光的性质（还促使许多事情成为可能，其中包括电视），为作者赢得了一个诺贝尔奖。第二篇提供了证据，证明原子确实存在——令人吃惊的是，这个事实过去一直存在一些争议。第三篇完全改变了世界。

爱因斯坦 1879 年生于德国南部的乌尔姆，但在慕尼黑长大。他的早年生活几乎难以说明他将来会成为大人物。大家都知道，他到三岁才学会说话。19 世纪 90 年代，他父亲的电器生意破产，举家迁往米兰，但这时候已经十来岁的阿尔伯特去了瑞士继续他的学业——虽然他一开始就没有通过大学入学考试。1896 年，他放弃了德国籍，以免被征入伍，进入了苏黎世联邦工业大学，攻读旨在培养中学教师的四年制课程。他是一名聪明而又不突出的学生。

1900 年，他从学校毕业，没过几个月就开始把论文投给《物理学年鉴》。他的第一篇论文论述（在那么多可写的东西中偏偏论述）吸管里流体的物理学，与普朗克的量子理论发表在同一期上。从 1902 年到 1904 年，他写出了一系列关于统计力学的论文，结果发现，多产的 J.威拉德·吉布斯 1901 年在康涅狄格州已经悄悄地发表了同样的作品：《统计力学的基本原理》。

阿尔伯特曾爱上一位同学，一位名叫米勒娃·玛丽奇的匈牙利姑娘。1901 年，他们没有结婚就生了个孩子，一个女儿。他们很谨慎，把孩子给了人家。爱因斯坦从没有见过自己的孩子。两年以后，他和玛丽奇结了婚。在此期间，爱因斯坦接受了瑞士专利局的一个职位，在那里待了随后的 7 年。他很喜欢这份工作：它很有挑战性，能使他的脑子忙个不停，但又不至于转移他对物理学的注意力。就是在这种背景下，他于 1905 年创立了狭义相对论。

《论动体的电动力学》，无论是在表达方式还是在内容上，都是发表过的最优秀的科学论文之一。它没有脚注，也没有引语，几乎不用数学，没有提及影响过该论文或在该论文之前的任何作品，只是对一个人的帮助致以谢意。他是专利局的一名同事，名叫米歇尔·贝索。C.P.斯诺写道，爱因斯坦好像“全凭思索，独自一人，没有听取别人的意见就得出了结论。在很大程度上，情况就是这样”。

他著名的等式 $E=mc^2$ 在这篇论文中没有出现，但出现在几个月以后的一篇短小的补充里。你可以回忆一下学校里学过的东西，等式中的 E 代表能量， m 代表质量， c^2 代表光速的平方。

用最简单的话来说，这个等式的意思是：质量和能量是等价的。它们是同一东西的两种形式：能量是获释的质量；质量是等待获释的能量。由于 c^2 （光速的平方）是个大得不得了数字，这个等式意味着，每个物体里都包含着极其大量——真正极其大量——的能量。¹

你或许觉得自己不大健壮，但是，如果你是个普通个子的成人，你那不起眼的躯体里包含着不少于 7×10^{18} 焦耳的潜能——爆炸的威力足足抵得上 30 颗氢弹，要是你知道怎么释放它，而且确实愿意这么做的话。每种物体内部都蕴藏着这样的能量。我们只是不大善于把它释放出来而已。连一颗铀弹——我们迄今为止制造出的能量最大的家伙——释放出的能量还不足它可以释放出的能量的 1%，要是我们更聪明点的话。

其中，爱因斯坦的理论解释了放射作用是怎么发生的：一块铀怎么源源不断地释放出强辐射能量，而又不像冰块那样融化。（只要把质量极其有效地转变为能量，这是办得到的： $E=mc^2$ 。）该理论解释了恒星为什么可以燃烧几十亿年而又不把燃料用尽。（同上。）爱因

斯坦用一个简单的公式，一下子使地质学家和天文学家的视界开阔了几十亿年。该理论尤其表明，光速是不变的，最快的，什么速度也超不过它。因此，这使我们一下子弄清了宇宙性质的核心。而且，该理论还解决了光以太的问题，说明它并不存在。爱因斯坦的宇宙不需要以太。

物理学家一般不大重视瑞士专利局职员发表的东西，因此尽管提供的信息又多又有用，爱因斯坦的论文并没有引起多少注意。由于刚刚解开宇宙中几个最难解开的谜团，爱因斯坦申请大学讲师的职位，但是遭到拒绝，接着又申请中学教师的职位，再次遭到拒绝。于是，他重新干起三级审查员的活儿--不过，他当然没有停止思索。他离大功告成还远着呢。

有一次，诗人保罗·瓦莱里问爱因斯坦，他是不是随身带着个笔记本记录自己的思想，爱因斯坦稍稍而又着实吃惊地看了他一眼。“哦，那是没有必要的，”他回答说，“我极少带个笔记本。”我无须指出，要是他真的带个本子的话，倒是很有好处的。爱因斯坦的下一个点子，是一切点子中最伟大的点子--布尔斯、莫茨和韦弗在他们很有创见的原子科学史中说，这确实是最伟大的点子。“作为一个脑子的独创，”他们写道，“这无疑是人类最高的智力成就。”这个评价当然很高。

1907年，反正有时候书上是这么写的，有个工人从房顶上掉了下来，爱因斯坦就开始考虑引力的问题。天哪，像许多动人的故事一样，这个故事的真实性似乎存在问题。据爱因斯坦自己说，他想到引力问题的时候，当时只是坐在椅子上。

实际上，爱因斯坦想到的更像是开始为引力问题找个答案。他从一开头就清楚地认识到，狭义相对论里缺少一样东西，那就是引力。狭义相对论之所以“狭义”，是因为它研究的完全是在无障碍的状态下运动的东西。但是，要是运动中的东西--尤其是光--遇到了比如引力这样的障碍会怎么样？在此后10年的大部分时间里，他一直在思索这个问题，最后于1917年初发表了题为《关于广义相对论的宇宙学思考》的论文。当然，1905年的狭义相对论是一项深刻而又重要的成就。但是，正如C.P.斯诺有一次指出的，要是爱因斯坦没有想到，别人也会想到，很可能在5年之内。这是一件在等着要发生的事。但是，那个广义相对论完全是另一回事。“没有它，”斯诺在1979年写道，“我们今天有可能还在等待那个理论。”

爱因斯坦常手拿烟斗，和蔼可亲，不爱露面，一头乱发，真是个非凡人物。这样的人物不可能永远默默无闻。1919年，战争结束了，世界突然发现了。几乎同时，他的相对论以普通人无法搞懂出了名。《纽约时报》决定写一篇报道--由于永远令人想不通的原因--派了该报一个名叫亨利·克劳奇的高尔夫运动记者去负责这次采访，结果正如戴维·博丹尼斯在他出色的《 $E=mc^2$ 》一书中指出的，根本不解决问题。

这次采访令克劳奇力不从心，他差不多把什么都搞错了。他的报道里有许多令人难忘的错误，其中之一，他断言，爱因斯坦找了个胆子很大的出版商，敢于出版一本全世界只有12个人看得懂的书。当然，根本不存在这样的书，根本不存在这样的出版商，也根本不存在这么狭小的学术界，但这种看法已深入了人心。过不多久，在人们的想像中，搞得懂相对论的人数又少了许多--应当指出，科学界对这种神话没有去加以澄清。

有一位记者问英国天文学家阿瑟·爱丁顿，他是不是真的就是世界上仅有的三个能理解爱因斯坦的相对论的人之一。爱丁顿认真地想了片刻，然后回答说：“我正在想谁是第三个人呢。”实际上，相对论的问题并不在于它涉及许多微分方程、洛伦兹变换和其他复杂的数学（虽然它确实涉及--有的方面连爱因斯坦也需要别人帮忙），而是在于它不是凭直觉所能完全搞懂的。

实质上，相对论的内容是：空间和时间不是绝对的，而是既相对于观察者，又相对于被观察者；一个人移动得越快，这种效果就越明显。我们永远也无法将自己加速到光的速度；相对于旁观者而言，我们越是努力（因此我们走得越快），我们的模样就越会失真。

几乎同时，从事科学普及的人想要设法使广大群众弄懂这些概念。数学家和哲学家罗素写的《相对论 ABC》就是一次比较成功的尝试--至少在商业上可以这么说。罗素在这本书里使用了至今已经多次使用过的比喻。他让读者想像一列 90 米长的火车在以光速的 60% 行驶。对于立在站台上望着它驶过的人来说，那列火车看上去会只有 70 余米长，车上的一切都会同样缩小。要是我们听得见车上的人在说话，他们的声音听上去会含糊不清，十分缓慢，犹如唱片放得太慢，他们的行动看上去也会变得很笨拙。连车上的钟也会似乎只在以平常速度的五分之四走动。

然而--问题就在这里--车上的人并不觉得自己变了形。在他们看来，车上的一切似乎都很正常。倒是立在站台上的我们古怪地变小了，动作变慢了。你看，这一切都和你与移动物体的相对位置有关系。

实际上，你每次移动都会产生这样的效果。乘飞机越过美国，你会用大约一百亿亿分之一秒踏出飞机，比在你后面离开飞机的人要年轻一些。即使从屋子的这头走到那头的时候，你自己所经历的时间和空间也会稍有改变。据计算，一个以每小时 160 公里的速度抛出去的棒球，在抵达本垒板的过程中会获得 0.000 000 000002 克物质。因此，相对论的作用是具体的，可以测定的。问题在于，这种变化太小，我们毫无察觉。但是，对于宇宙中别的东西来说--光、引力、宇宙本身--这些就都是举足轻重的大事了。

因此，如果说相对论的概念好像有点儿怪，那只是因为我们在正常的生活中没有经历这类相互作用。不过，又不得不求助于博尼丹斯，我们大家都经常遇到其他种类的相对论--比如声音。要是你在公园里，有人在演奏难听的音乐，你知道，要是你走得远一点，音乐好像就会轻一点。当然，那并不是因为音乐真的轻了点，而只是因为你对于音乐的位置发生了变化。对于体积很小的或行动缓慢的，因此无法有同样经历的东西来说--比如蜗牛--也许难以置信，一个喇叭似乎同时能对两个听众放出两种音量的音乐。

在“广义相对论”的众多概念中，最具挑战性的，最直觉不到的，在于时间是空间的组成部分这个概念。我们本能地把时间看做是永恒的，绝对的，不可改变的，相信什么也干扰不了它的坚定步伐。事实上，爱因斯坦认为，时间是可以更改的，不断变化的。时间甚至还有形状。一份时间与三份空间结合在一起--用斯蒂芬·霍金的话来说是“无法解脱地交织在一起”--不可思议地形成一份“时空”。

通常，时空是这样解释的：请你想像一样平坦而又柔韧的东西--比如一块地毯或一块伸直的橡皮垫子--上面放个又重又圆的物体，比如铁球。铁球的重量使得下面的底垫稍稍伸展和下陷。这大致类似于太阳这样的庞然大物（铁球）对于时空（底垫）的作用：铁球使底垫伸展、弯曲、翘起。现在，要是你让一个较小的球从底垫上滚过去，它试图做直线运动，就像牛顿运动定律要求的那样。然而，当它接近大球以及底垫下陷部分的时候，它就滚向低处，不可避免地被大球吸了过去。这就是引力--时空弯曲的一种产物。

凡有质量的物体在宇宙的底垫上都能造成一个小小的凹坑。因此，正如丹尼斯·奥弗比说的，宇宙是个“最终的下陷底垫”。从这个观点来看，引力与其说是一种东西，不如说是一种结果--用物理学家米奇奥·卡库的话来说：“不是一种‘力’，而是时空弯曲的一件副产品。”卡库接着又说：“在某种意义上，引力并不存在；使行星和恒星运动的是空间和时间的变形。”

当然，以下陷的底垫来作比喻，只能帮助我们理解到这种程度，因为没有包含时间的作用。话虽这么说，其实我们的大脑也只能想像到这个地步。若要想像空间和时间以 3 : 1 的比例像线织成一块格子地垫那样织成一份时空，这几乎是不可能的。无论如何，我想我们会一致认为，对于一位凝视着瑞士首都专利局窗外的年轻人来说，这确实是个了不起的见解。

爱因斯坦的广义相对论提出了许多见解。其中，他认为，宇宙心总是或者膨胀或者收缩的。但是，爱因斯坦不是一位宇宙学家，他接受了流行的看法，即宇宙是固定的，永恒的。

多少出于本能，他在自己的等式里加进了他所谓的宇宙常数。他把它作为一种数学暂停键，武断地以此来抵消引力的作用。科学史书总是原谅爱因斯坦的这个失误，但这其实是科学上一件很可怕的事。他把它称之为“我一生中所犯的最大错误”。

说来也巧，大约就在爱因斯坦为自己的理论添上一个常数的时候，在亚利桑那州的洛厄尔天文台，有一位天文学家在记录远方恒星的光谱图上的读数，发现恒星好像在离我们远去。该天文学家有个来自星系的动听名字：维斯托·斯莱弗（他其实是印第安纳州人）。原来，宇宙不是静止的。斯莱弗发现，这些恒星明确显示出一种多普勒频移的迹象--跟赛车场上飞驰而过的汽车发出的那种连贯而又特有的“嚓--嗖”的声音属于同一机制。¹ 这种现象也适用于光；就不停远去的星系而言，它被称之为红移（因为离我们远去的光是向光谱的红端移动的，而朝我们射来的光是向蓝端移动的）。

斯莱弗第一个注意到光的这种作用，意识到这对将来理解宇宙的运动十分重要。不幸的是，谁也没有太多注意他。你会记得，珀西瓦尔·洛厄尔在这里潜心研究过火星上的运河，因此洛厄尔天文台是个比较独特的地方。到了 20 世纪的前 10 年，它在任何意义上都成了研究天文的前哨阵地。斯莱弗不知道爱因斯坦的相对论，世界也同样不知道斯莱弗，因此，他的发现没有影响。

荣誉反而属于一个非常自负的大人物，他的名字叫埃德温·哈勃。哈勃 1889 年生于欧扎克高原边缘的一个密苏里州小镇，比爱因斯坦小 10 岁；他在那里及芝加哥郊区伊利诺伊的惠顿长大。他的父亲是一名成功的保险公司经理，因此家里的生活总是很优裕。埃德温还天生有个好的身体。他是个有实力、有天赋的运动员，魅力十足，时髦潇洒，相貌堂堂--用威廉·H. 克罗珀的话来说，“英俊到了不适当的程度”；用另一位崇拜者的话来说，“美得像美神阿多尼斯”。用他自己的话来说，他生活中还经常干一些见义勇为的事--抢救落水的人；领着吓坏了的人穿越法国战场，把他们带到安全的地方；在表演赛中几下子就把世界冠军级的拳击手打倒在地，弄得他们不胜难堪。这一切都好得简直令人难以置信，但都是真的。尽管才华出众，但哈勃也是个顽固不化的说谎大王。

这就很不寻常了，因为哈勃的生活中从小就充满真正的奇特之处，有时候简直令人难以置信地出类拔萃。仅在 1906 年的一次中学田径运动会上，他就赢得了撑杆跳高、铅球、铁饼、链球、立定跳高、助跑跳高的冠军，还是接力赛跑获胜队的成员--那就是说，他在一次运动会上获得了 7 个第一名。同年，他创造了伊利诺伊州跳高记录。

作为一名学者，他也是出色得不得了，不费吹灰之力就考上芝加哥大学，攻读物理学和天文学（说来也巧，系主任就是阿尔伯特·迈克尔逊）。他在那里被选为牛津大学的首批罗兹奖学金获得者之一。3 年的英国生活显然冲昏了他的头脑。1913 年他返回惠顿的时候，披着长披风，衔着烟斗，说起话来怪腔怪调，滔滔不绝--不大像英国人，而又有点像英国人--这种模样他竟保留终生。他后来声称，他在 20 世纪 20 年代的大部分时间里一直在肯塔基州当律师，但实际上他在印第安纳州新奥尔巴尼当中学教师和篮球教练，后来才获得博士学位，并在陆军待了很短时间。（他是在签订停战协定前一个星期抵达法国的，几乎肯定没有

听到过愤怒的枪炮声。)

1919 年，他已经 30 岁。他迁到加利福尼亚州，在洛杉矶附近的威尔逊山天文台找了个职位。非常出人意料的是，他很快成为 20 世纪最杰出的天文学家。

让我们稍停片刻，先来考虑一下当时人们对宇宙的了解是如何少得可怜，这是值得的。

今天的天文学家认为，在可见的宇宙里也许有 1400 亿个星系。这是个巨大的数字，比你听了这话认为的还要巨大得多。假如把一个星系比做一粒冻豆子，这些豆子就可以塞满一个大礼堂--比如，老波士顿花园或皇家艾伯特大厅。(有一位名叫布鲁斯·格雷戈里的天体物理学家还真的计算过。) 1919 年，当哈勃第一次把脑袋伸向望远镜的时候，我们已知的星系数只有一个：银河系。其他的一切要么被认为是银河系的组成部分，要么被认为是远方天际众多气体中的一团气体。哈勃很快证明这种看法是极其错误的。

在之后的 10 年里，哈勃着手研究有关宇宙的两个最基本的问题：宇宙已经存在多久？宇宙的范围有多大？为了回答这两个问题，首先必须知道两件事--某类星系离我们有多远，它们在以多快的速度远离我们而去（即现在所谓的退行速度）。红移能使我们知道星系后退的速度，但不能使我们知道它们离得有多远。为此，你需要有所谓的“标准烛光”--即准确测得的某个恒星的亮度，作为测算其他恒星的亮度（并由此计算其相对距离）的基准。

哈勃的好运气来了。此前不久，有一位名叫亨利埃塔·斯旺·莱维特的才女想出了一种找到这类恒星的方法。莱维特在哈佛大学学院天文台担任当时所谓的计算员。计算员终生研究恒星的图片并进行计算--计算员由此得名。计算员不过是个干苦活的代名词。但是，在那个年代，无论在哈佛大学，还是在任何地方，这是妇女离天文学最近的地方。这种制度虽然不大公平，但也有某个意想不到的好处：这意味着半数最聪明的脑子会投入本来不大会有人来动脑子的的工作，确保妇女最终能觉察到男同事们往往会疏忽的宇宙之细微结构。

有一位名叫安妮·江普·坎农的哈佛大学计算员利用她熟悉恒星的有利条件，发明了一种恒星分类系统。这种系统如此实用，直到今天还在使用。莱维特的贡献更加意义深远。她注意到，有一种名叫造父变星（以仙王星座命名，第一颗造父变星就是在那里发现的）的恒星在有节奏地搏动--一种星体的“心跳”。造父变星是极少见的，但至少其中之一是我们大多数人所熟悉的。北极星就是一颗造父变星。

我们现在知道，造父变星之所以搏动，是因为--用天文学家的行话来说--它们已经走过“主序阶段”，变成了红巨星。红巨星的化学过程有点儿难懂，已经超出了本书的宗旨（它要求了解很多东西，其中之一就是单离子化的氢原子的性质）。但是，简而言之，在燃烧剩余的燃料的过程中，它们产生了一种很有节奏、不停地一亮一暗的现象。莱维特的天才在于，她发现，通过比较造父变星在天空中不同角度的大小，就可以计算出它们之间的相对位置。它们可以被作为标准烛光--这个名称也是她创造的，现在依然广泛使用。用这种方法得到的只是相对距离，不是绝对距离。但是，即使这样，这也是第一次有人想出了一个计算浩瀚宇宙的实用方法。

(为了合理评价这些深邃的见解，也许值得注意的是，当莱维特和坎农在根据照片上远方星星的模糊影子推定宇宙的基本特性的时候，哈佛大学的天文学家威廉·H.皮克林--他当然能从一流的天文望远镜里想观察多少次就观察多少次--却在建立自己的理论，认为月球上的黑影是由大群大群的、随着季节迁徙的昆虫形成的。)

哈勃把莱维特测量宇宙的标准和维斯托·斯莱弗的红移结合起来，开始以焕然一新的目光有选择地测量空间的点。1923 年，他证明，仙女座里一团代号为 M31 的薄雾状的东西

根本不是气云，而是一大堆光华夺目的恒星，其本身就是一个星系，直径有 1 万光年，离我们至少有 90 万光年之远。宇宙比任何人想像的还要大--大得多。1924 年，哈勃写出了一篇具有划时代意义的论文，题目为《漩涡星云里的造父变星》（“星云”源自拉丁语，意为“云”，哈勃喜欢用这个词来指星系），证明宇宙不仅仅有银河系，还有大量独立的星系--“孤岛宇宙”--其中许多比银河系要大，要远得多。

仅仅这一项发现就足以使哈勃名扬天下，但是，他接着把注意力转向另一个问题，想要计算宇宙到底大了多少，于是有了一个更加令人瞩目的发现。哈勃开始测量远方星系的光谱--斯莱弗已经在亚利桑那州开始做的那项工作。他利用威尔逊山天文台那台新的 254 厘米天文望远镜，加上一些聪明的推断，到 20 世纪 30 年代初已经得出结论：天空中的所有星系（除我们自己的星系以外）都在离我们远去。而且，它们的速率和距离完全成正比：星系距离我们越远，退行速率越快。

这的确是令人吃惊的。宇宙在扩大，速度很快，而且朝着各个方向。你无须有多么丰富的想像力就能从这点往后推测，发现它必定是从哪个中心点出发的。宇宙远不是稳定的，固定的，永恒的，就像大家总是以为的那样，而是有个起点。因此，它或许也有个终点。

正如斯蒂芬·霍金指出的，奇怪的是以前谁也没有想到要解释宇宙。一个静止的宇宙会自行坍塌，这一点牛顿以及之后的每个有头脑的天文学家都应当明白。还有一个问题：要是恒星在一个静止的宇宙里不停燃烧，就会使整个宇宙酷热难当--对于我们这样的生物来说当然是太热了。一个不断膨胀的宇宙一下子把这个问题基本解决了。

哈勃擅长观察，不大擅长动脑子，因此没有充分认识到自己的发现的重大意义。在一定程度上，那是因为他可悲地不知道爱因斯坦的广义相对论。这是很有意思的，因为一方面爱因斯坦和他的理论在这时候已经世界闻名，另一方面，1929 年，阿尔伯特·迈克尔逊--这时候已经进入暮年，但仍是世界上最敏锐、最受人尊敬的科学家之一--接受了威尔逊山天文台的一个职位，用他可靠的干涉仪来测量光的速度，至少可以肯定已经向哈勃提到过，爱因斯坦的理论适用于他的发现。

无论如何，哈勃没有抓住机会在理论上有所收获，而是把机会留给了一位名叫乔治·勒梅特的比利时教士学者（他获得过麻省理工学院的博士学位）。勒梅特把实践和理论结合起来，创造了自己的“烟火理论”。该理论认为，宇宙一开始是个几何点，一个“原始的原子”；它突然五彩缤纷地爆发，此后一直向四面八方散开。这种看法极好地预示了现代的大爆炸理论，但要比那种理论早得多。因此，除了在这里三言两语提他一下以外，勒梅特几乎没有取得别的进展。世界还需要几十年时间，还要等彭齐亚斯和威尔逊在新泽西州啾啾作响的天线上无意中发现宇宙背景辐射，大爆炸才会从一种有趣的想法变成一种固定的理论。

无论是哈勃还是爱因斯坦，哪条大新闻里都不会提及多少。然而，尽管当时他们谁也想不到，他们已经作出自己所能作出的贡献。

1936 年，哈勃写出了一本广受欢迎的书，名叫《星云王国》。他在这本书里以得意的笔调阐述了自己的重要成就，并终于表明他知道爱因斯坦的理论--反正在某种程度上：在大约 200 页的篇幅中，他用了 4 页来谈论这种理论。

1953 年，哈勃心脏病发作去世。然而，还有最后一件小小的怪事在等待着他。出于秘而不宣的原因，他的妻子拒绝举行葬礼，而且再也没有说明她怎么处理了他的遗体。半个世纪以后，该世纪最伟大的天文学家的去向仍然无人知道。若要表示纪念，你非得遥望天空，遥望 1990 年美国发射的、以他的名字命名的哈勃天文望远镜。

第九章 威力巨大的原子

当爱因斯坦和哈勃在弄清宇宙的大尺度结构方面成果累累的时候,另一些人在努力搞懂近在手边的而从他们的角度来看又是非常遥远的东西:微小而又永远神秘的原子。

加州理工学院伟大的物理学家理查德·费曼有一次发现,要是你不得不把科学史压缩成一句重要的话,它就会是:“一切东西都是由原子构成的。”哪里都有原子,原子构成一切。你四下里望一眼,全是原子。不但墙壁、桌子和沙发这样的固体是原子,中间的空气也是原子。原子大量存在,多得简直无法想像。

原子的基本工作形式是分子(源自拉丁文,意思是“小团物质”)。一个分子就是两个或两个以上以相对稳定的形式一起工作的原子:一个氧原子加上两个氢原子,你就得到一个水分子。化学家往往以分子而不是以元素来考虑问题,就像作家往往以单词而不是以字母来考虑问题一样,因此他们计算的是分子。分子的数量起码可以说是很多的。在海平面的高度、零摄氏度温度的情况下,一立方厘米空气(大约相当于一块方糖所占的空间)所含的分子多达 4 500 亿亿个。而你周围的每一立方厘米空间都有这么多分子。想一想,你窗外的世界有多少个立方厘米--要用多少块方糖才能填满你的视野。然后再想一想,要多少个这样的空间才能构成宇宙。总而言之,原子是很多的。

原子还不可思议地长寿。由于原子那么长寿,它们真的可以到处漫游。你身上的每个原子肯定已经穿越几个恒星,曾是上百万种生物的组成部分,然后才成为了你。我们每个人身上都有大量原子;这些原子的生命力很强,在我们死后可以重新利用;在我们身上的原子当中,有相当一部分--有人测算,我们每个人身上多达 10 亿个原子--原先很可能是莎士比亚身上的原子,释迦牟尼、成吉思汗、贝多芬以及其他你点得出的历史人物又每人贡献 10 亿个原子。(显然非得是历史人物,因为原子要花大约几十年的时间才能彻底地重新分配;无论你的愿望多么强烈,你身上还不可能有一个埃尔维斯·普雷斯利的原子。)

因此,我们都是别人转世化身来的--虽然是短命的。我们死了以后,我们的原子就会天各一方,去别处寻找新的用武之地--成为一片叶子或别的人体或一滴露水的组成部分。

而原子本身实际上将永远活下去。其实,谁也不知道一个原子的寿命,但据马丁·里斯说,它的寿命大约为 1035 年--这个数字太大,连我也乐意用数学符号来表示。

而且,原子很小--确实很小。50 万个原子排成一行还遮不住一根人的头发。以这样的比例,一个原子小得简直无法想像。不过,我们当然可以试一试。

先从 1 毫米着手,就是这么长的一根线:—。现在,我们来想像一下,这根线被分成了宽度相等的 1000 段。每一段的宽度是 1 微米。这就是微生物的大小。比如,一个标准的草履虫--一种单细胞的淡水小生物--大约为 2 微米宽,也就是 0.002 毫米,它确实小得不得了。要是你想用肉眼看到草履虫在一滴水里游,你非得把这滴水放大到 12 米宽。然而,要是你想看到同一滴水里的原子,你非得把这滴水放大到 24 公里宽。

换句话说,原子完全存在于另一种微小的尺度上。若要知道原子的大小,你就得拿起这类微米大小的东西,把它切成 10000 个更小的东西。那才是原子的大小:1 毫米的千万分之一。这么小的东西远远超出了我们的想像范围。但是,只要记住,一个原子对于上述那条 1 毫米的线,相当于一张纸的厚度对于纽约帝国大厦的高度,它的大小你就有了个大致的概念。

当然,原子之所以如此有用,是因为它们数量众多,寿命极长,而之所以难以被察觉和

认识，是因为它们太小。首先发现原子有三个特点--即小、多、实际上不可毁灭--以及一切事物都是由原子组成的，不是你也许会以为的安托万-洛朗·拉瓦锡，甚至不是亨利·卡文迪许或汉弗莱·戴维，而是一名业余的、没有受过多少教育的英国贵格会教徒，名叫约翰·道尔顿发现的，我们在第七章里第一次提到过他的名字。

道尔顿的故乡位于英国湖泊地区边缘，离科克默思不远。他 1766 年生于一个贫苦而虔诚的贵格会织布工家庭。（4 年以后，诗人威廉·华兹华斯也来到科克默思。）他是个聪明过人的学生--他确实聪明，12 岁的小小年纪就当上了当地贵格会学校的校长。这也许说明了道尔顿的早熟，也说明了那所学校的状况，也许什么也说明不了。我们从他的日记里知道，大约这时候他正在阅读牛顿的《原理》--还是拉丁文原文的--和别的具有类似挑战性的著作。到了 15 岁，他一方面继续当校长，一方面在附近的肯达尔镇找了个工作；10 年以后，他迁往曼彻斯特，在他生命的最后 50 年里几乎没有挪动过。在曼彻斯特，他成了一股智力旋风，出书呀，写论文呀，内容涉及从气象学到语法。他患有色盲，在很长时间里色盲被称做道尔顿症，因为他从事这方面的研究。但是，是 1808 年出版的一本名叫《化学哲学的新体系》的厚书，终于使他出了名。

在该书只有 4 页的短短的一章里（该书共有 900 多页），学术界人士第一次接触到了近乎现代概念的原子。道尔顿的见解很简单：在一切物质的基部，都是极其微小而又不可还原的粒子。“创造或毁灭一个氢粒子，也许就像向太阳系引进一颗新的行星或毁灭一颗业已存在的行星那样不可能。”他写道。

无论是原子的概念，还是“原子”这个词本身，都称不上是新鲜事。二者都是古希腊人发明的。道尔顿的贡献在于，他考虑了这些原子的相对大小和性质，以及它们的结合方法。

例如，他知道氢是最轻的元素，因此他给出的原子量是 1。他还认为水由七份氧和一份氢组成，因此他给氧的原子量是 7。通过这种办法，他就能得出已知元素的相对重量。他并不总是十分准确--氧的原子量实际上是 16，不是 7，但这个原理是很合理的，成了整个现代化学以及许多其他科学的基础。

这项成就使道尔顿闻名遐迩--即使是以一种英国贵格会式的低调。1826 年，法国化学家 P.J.佩尔蒂埃来到曼彻斯特，想会一会这位原子英雄。佩尔蒂埃以为他属于哪个大机构，因此，当他发现道尔顿在小巷里的一所小学教孩子们基础算术的时候，不由得大吃一惊。

据科学史家 E.J.霍姆亚德说，佩尔蒂埃一见到这位大人物顿时不知所措，结结巴巴地说：

“请问，这位是道尔顿先生吗？”因为他无法相信自己的眼睛，这位欧洲赫赫有名的化学家竟然在教小孩子加减乘除。“没错儿，”那位贵格会教徒干巴巴地说，“请坐，让我先教会孩子这道算术题。”

虽然道尔顿想要远离一切荣誉，但他仍违心地当选为皇家学会会员，捧回一大堆奖章，获得一笔可观的政府退休金。他 1844 年去世的时候，40000 人出来瞻仰他的棺木，送葬队伍长达 3 公里多。他在《英国人名词典》中的条目是字数最多的之一，在 19 世纪的科学界人士当中，论长度只有达尔文和莱尔能与之相比。

在道尔顿提出他的见解以后的一个世纪时间里，它仍然完全是一种假说。一些杰出的科学家--尤其是奥地利物理学家恩斯特·马赫，声速单位就是以他的名字命名的--还压根儿怀疑原子是不是存在。“原子看不见摸不着.....它们是脑子想像出来的东西。”他写道。

尤其在德语世界，人们就是以这种怀疑目光来看待原子的存在。据说，这也是导致伟大

的理论物理学家和原子的热心支持者路德维希·玻尔茨曼自杀的原因之一。

是爱因斯坦在 1905 年以那篇论布朗运动的论文首次提出了无可争议的证据，证明原子的存在，但没有引起多大注意。无论如何，爱因斯坦很快就忙于广义相对论的研究。因此，原子时代的第一位真正的英雄是欧内斯特·卢瑟福，如果他不是当时涌现出来的第一人的话。

卢瑟福 1871 年生于新西兰的“内陆地区”。用斯蒂芬·温伯格的话来说，他的父母为了种植一点亚麻、抚养一大堆孩子，从苏格兰移居到新西兰。他在一个遥远国度的遥远地区长大，离科学的主流也同样很遥远。但是，1895 年，他获得了一项奖学金，从而有机会来到剑桥大学的卡文迪许实验室。这里快要成为世界上搞物理学的最热门的地方。

物理学家特别瞧不起其他领域的科学家。当伟大的奥地利物理学家沃尔夫冈·泡利的妻子离他而去，嫁了个化学家的时候，他吃惊得简直不敢相信。“要是她嫁个斗牛士，我倒还能理解，”他惊讶地对一位朋友说，“可是，嫁个化学家……”

卢瑟福能理解这种感情。“科学要么是物理学，要么是集邮。”他有一回说。这句话后来反复被人引用。但是，具有某种讽刺意味的是，他 1908 年获得的是诺贝尔化学奖，不是物理学奖。

卢瑟福是个很幸运的人--很幸运是一位天才；但更幸运的是，他生活在一个物理学和化学如此激动人心而又如此势不两立的年代（且不说他自己的情感）。这两门学科再也不会像从前那样重合在一起了。

尽管他取得那么多成就，但他不是个特别聪明的人，实际上在数学方面还很差劲。在讲课过程中，他往往把自己的等式搞乱，不得不中途停下来，让学生自己去算出结果。据与他长期共事的同事、中子的发现者詹姆斯·查德威克说，他对实验也不是特别擅长。他只是有一股子韧劲儿，思想比较开放。他以精明和一点胆量代替了聪明。用一位传记作家的话来说，在他看来，他的脑子“总是不着边际，比大多数人走得远得多”。要是遇上一个难题，他愿意付出比大多数人更大的努力，花出更多的时间，而且更容易接受非正统的解释。由于他愿意坐在荧光屏前，花上许多极其乏味的时间来统计所谓 α 粒子的闪烁次数--这种工作通常分配给别人去做--所以他才有了最伟大的突破。他是最先的人之一--很可能就是最先的人--发现原子中所固有的能量一旦得到利用可以制造炸弹，其威力之大足以“使这个旧世界在烟雾中消失”。

就身体而言，他块儿很大，体格壮实，说话声音能把胆小的人吓一大跳。有一次，一位同事获悉卢瑟福就要向大西洋彼岸发表广播演说，便冷冷地问：“干吗要用广播？”他还非常自信，心态不错。当有人对他说，他好像总是生活在浪尖上，他回答说：“哎呀，这个浪头毕竟是我制造的，难道不是吗？”C.P.斯诺回忆说，有一次他在剑桥的一家裁缝店里偷听到卢瑟福在说：“我的腰围日渐变粗，同时，知识日渐增加。”

但是，1895 年他离开了卡文迪许实验室。在遥远的将来，他的腰围会变得更粗，名声会变得更响。卢瑟福抵达剑桥大学的那一年，威廉·伦琴在德国的维尔茨堡大学发现了 X 射线；次年，亨利·贝克勒尔发现了放射现象。卡文迪许实验室本身就要踏上一条漫长的辉煌之路。1897 年，J.J.汤普森和他的同事将在那里发现电子；1911 年，C.T.R.威尔逊将在那里制造出第一台粒子探测器（我们将会谈到）；1932 年，詹姆斯·查德威克将在那里发现中子。在更远的将来，1953 年，詹姆斯·沃森和弗朗西斯·克里克将在卡文迪许实验室发现 DNA 结构。

开头，卢瑟福研究无线电波，取得了一点成绩--他成功地把一个清脆的信号发送到了 1

公里之外，这在当时是一个相当可以的成就--但是，他放弃了，因为有一位资深同事劝他，无线电没有多大前途。总的来说，卢瑟福在卡文迪许实验室的事业不算兴旺。他在那里待了3年，觉得自己没有多大作为，便接受了蒙特利尔麦克·吉尔大学的一个职位，从此稳步走上了通向辉煌的漫长之路。到他获得诺贝尔奖的时候，他已经转到曼彻斯特大学。其实是在那里，他将取得最重要的成果，确定原子的结构和性质。

到20世纪初，大家已经知道，原子是由几个部分构成的--汤姆逊发现电子，就确立了这种见解--但是，大家还不知道的是：到底有多少个部分；它们是怎样合在一起的；它们呈什么形状。有的物理学家认为，原子可能是立方体的，因为立方体可以整齐地叠在一起，不会浪费任何空间。然而，更普遍的看法是，原子更像一块葡萄干面包，或者像一份葡萄干布丁：一个密度很大的固体，带有正电荷，上面布满了带负电荷的电子，就像葡萄干面包上的葡萄干。

1910年，卢瑟福（在他的学生汉斯·盖格的协助之下。盖格后来将发明冠有他名字的辐射探测器）朝一块金箔发射电离的氢原子，或称 α 粒子。令卢瑟福吃惊的是，有的粒子竟会反弹回来。他说，他就像朝一张纸发射了一发38厘米的炮弹，结果炮弹反弹到了他的膝部。这是不该发生的事。经过冥思苦想以后，他觉得只有一种解释：那些反弹回来的粒子击中了原子当中又小又密的东西，而别的粒子则畅通无阻地穿了过去。卢瑟福意识到，原子内部主要是空无一物的空间，只有当中是密度很大的核。这是个很令人满意的发现。但马上产生了一个问题，根据传统物理学的全部定律，原子因此就不应该存在。

让我们稍停片刻，先来考虑一下现在我们所知道的原子结构。每个原子都由三种基本粒子组成：带正电荷的质子，带负电荷的电子，以及不带电荷的中子。质子和中子装在原子核里，而电子在外面绕着旋转。质子的数量决定一个原子的化学特性。有一个质子的原子是氢原子；有两个质子的原子是氦原子；有三个质子的原子是锂原子；如此往上增加。你每增加一个质子就得到一种新元素。（由于原子中的质子数量总是与同样数量的电子保持平衡，因此你有时候会发现有的书里以电子的数量来界定一种元素，结果完全一样。有人是这样向我解释的：质子决定一个原子的身份，电子决定一个原子的性情。）

中子不影响原子的身份，但却增加了它的质量。一般来说，中子数量与质子数量大致相等，但也可以稍稍多一点或少一点。增加或减少一两个中子，你就得到了同位素。考古学里就是用同位素来确定年代的--比如，碳-14是由6个质子和8个中子组成的碳原子（因为二者之和是14）。

中子和质子占据了原子核。原子核很小--只有原子全部容量的千万亿分之一，但密度极大，它实际上构成了原子的全部物质。克罗珀说，要是把原子扩大到一座教堂那么大，原子核只有大约一只苍蝇那么大--但苍蝇要比教堂重几千倍。1910年卢瑟福在苦苦思索的，就是这种宽敞的空间--这种令人吃惊、料想不到的宽敞空间。

认为原子主要是空荡荡的空间，我们身边的实体只是一种幻觉，这个见解现在依然令人吃惊。要是两个物体在现实世界里碰在一起--我们常用台球来作为例子--它们其实并不互相撞击。“而是，”蒂姆西·费里斯解释说，“两个球的负电荷场互相排斥.....要是不带电荷，它们很可能会像星系那样安然无事地互相穿堂而过。”你坐在椅子上，其实没有坐在上面，而是以1埃（一亿分之一厘米）的高度浮在上面，你的电子和它的电子不可调和地互相排斥，不可能达到更密切的程度。

差不多所有人的脑海里都有一幅原子图，即一两个电子绕着原子核飞速转动，就像行星绕着太阳转动一样。这个形象是1904年由一位名叫长冈半太郎的日本物理学家创建的，完全

是一种聪明的凭空想像。它是完全错的，但照样很有生命力。正如艾萨克·阿西莫夫喜欢指出的，它给了一代又一代的科幻作家灵感，创作了世界中的世界的故事，原子成了有人居住的太阳系，我们的太阳系成了一个大得多的体系里的一颗微粒。连欧洲核子研究中心也把长冈所提出的图像作为它网站的标记。物理学家很快就意识到，实际上，电子根本不像在轨道上运行的行星，更像是电扇旋转着的叶片，想要同时填满轨道上的每一空间。（但有个重要的不同之处，那就是，电扇叶片只是好像同时在每个地方，电子真的就同时在每个地方。）

不用说，在 1910 年，或在此后的许多年里，知道这类知识的人为数甚少。卢瑟福的发现马上产生了几大问题。尤其是，围绕原子核转动的电子可能会坠毁。传统的电动力学理论认为，飞速转动的电子很快会把能量消耗殆尽——只是一刹那间——然后盘旋着飞进原子核，给二者都带来灾难性的后果。还有一个问题，带正电荷的质子怎么能一起待在原子核里面，而又不把自己及原子的其他部分炸得粉碎。显而易见，那个小天地里在发生的事，是不受适用于我们宏观世界的规律支配的。

随着物理学家们深入这个亚原子世界，他们意识到，那里不仅不同于我们所熟悉的任何东西，也不同于所能想像的任何东西。“由于原子的行为如此不同于普通的经验，”理查德·费曼有一次说，“你是很难习惯的。在大家看来，无论在新手还是在有经验的物理学家看来，它显得又古怪，又神秘。”到费曼发表这番评论的时候，物理学家们已经有半个世纪的时间来适应原子的古怪行为。因此，你可以想像，卢瑟福和他的同事们在 20 世纪初会有什么感觉。它在当时还完全是个新鲜事物。

与卢瑟福一起工作的人当中，有个和蔼可亲的丹麦年轻人，名叫尼尔斯·玻尔。1913 年，他在思索原子结构的过程中，突然有了个激动人心的想法。他推迟了蜜月，写出了一篇具有划时代意义的论文。

物理学家们看不见原子这样的小东西，他们不得不试图根据它在外来条件作用下的表现方式来确定它的结构，比如像卢瑟福那样向金箔发射 α 粒子。有时候，这类实验的结果是令人费解的，那也不足为怪。有个存在很久的难题跟氢的波长的光谱读数有关。它们产生的形状显示，氢原子在有的波长释放能量，在有的波长不释放能量。这犹如一个受到监视的人，不断出现在特定的地点，但永远也看不到他是怎么跑过来跑过去的。谁也说不清是什么原因。

就是在思索这个问题的时候，玻尔突然想到一个答案，迅速写出了他的著名论文。论文的题目为《论原子和分子的构造》，认为电子只能留在某些明确界定的轨道上，不会坠入原子核。根据这种新的理论，在两个轨道之间运行的电子会在一个轨道消失，立即在另一轨道出现，而又不通过中间的空间。这种见解——即著名的“量子跃迁”——当然是极其奇特的，而又实在太棒，不能不信。它不但说明了电子不会灾难性地盘旋着飞进原子核，而且解释了氢的令人费解的波长。电子只出现在某些轨道，因为它们只存在于某些轨道。这是个了不起的见解，玻尔因此获得了 1922 年——即爱因斯坦获得该奖的第二年——的诺贝尔物理学奖。

与此同时，不知疲倦的卢瑟福这时候已经返回剑桥大学，接替 J.J.汤姆逊担任卡文迪许实验室主任。他设计出了一种模型，说明原子核不会爆炸的原因。他认为，质子的正电荷一定已被某种起中和作用的粒子抵消，他把这种粒子叫做中子。这个想法简单而动人，但不容易证明。卢瑟福的同事詹姆斯·查德威克忙碌了整整 11 个年头寻找中子，终于在 1932 年获得成功。1935 年，他也获得了诺贝尔物理学奖。正如布尔斯及其同事在他们的物理学史中指出的，较晚发现中子或许是一件很好的事，因为发展原子弹必须掌握中子。（由于中子不带电荷，它们不会被原子中心的电场排斥，因此可以像小鱼雷那样被射进原子核，启动名叫裂变的破坏过程。）他们认为，要是在 20 世纪 20 年代就能分离中子，“原子弹很可能先

在欧洲研制出来，毫无疑问是被德国人”。

实际上，欧洲人当时忙得不亦乐乎，试图搞清电子的古怪表现。他们面临的主要问题是，电子有时候表现得很像粒子，有时候很像波。这种令人难以置信的两重性几乎把物理学家逼上绝境。在此后的 10 年里，全欧洲的物理学家都在思索呀，乱涂呀，提出互相矛盾的假设呀。在法国，公爵世家出身的路易－维克多·德布罗意亲王发现如果把电子看做是波，那么电子行为的某些反常就消失了。这一发现引起了奥地利人埃尔文·薛定谔的注意。他巧妙地做了一些提炼，设计了一种容易理解的理论，名叫波动力学。几乎同时，德国物理学家维尔纳·海森伯提出了一种对立的理论，叫做矩阵力学。那种理论牵涉到复杂的数学，实际上几乎没有人搞得明白，包括海森伯本人在内（“我连什么是矩阵都不知道。”海森伯有一次绝望地对一位朋友说），但似乎确实解决了薛定谔的波动力学里一些无法解释的问题。

结果，物理学有了两种理论，它们基于互相冲突的前提，但得出同样的结果。这是个令人难以置信的局面。

1926 年，海森伯终于想出个极好的妥协办法，提出了一种后来被称之为量子力学的新理论。该理论的核心是“海森伯测不准原理”。它认为，电子是一种粒子，不过是一种可以用波来描述的粒子。作为建立该理论基础的“测不准原理”认为，我们可以知道电子穿越空间所经过的路径，我们也可以知道电子在某个特定时刻的位置，但我们无法两者都知道。任何想要测定其中之一的努力，势必会干扰其中之二。这不是个需要更精密的仪器的简单问题；这是宇宙的一种不可改变的特性。

真正的意思是，你永远也无法预测电子在任何特定时刻的位置。你只能认为它有可能在那里。在某种意义上，正如丹尼斯·奥弗比所说，电子只有等到被观察到了，你才能说它确实存在。换句稍稍不同的话来说，在电子被观察到之前，你非得认为电子“哪里都有，而又哪里都没有”。

如果你觉得被这种说法弄得稀里糊涂，你要知道，它也把物理学家们弄得稀里糊涂，这是值得安慰的。奥弗比说：“有一次，玻尔说，要是谁第一次听说量子理论时没有发火，这说明他没有理解意思。”当有人问海森伯是不是可以想像一下原子的模样，他回答说：“别这么干。”

因此，结果证明，原子不完全是大多数人创造的那个模样。电子并不像行星绕着太阳转动那样在绕着原子核飞速转动，而更像是一朵没有固定形状的云。原子的“壳”并不是某种坚硬而光滑的外皮，就像许多插图有时候怂恿我们去想像的那样，而只是这种绒毛状电子云的最外层。实质上，云团本身只是个统计概率的地带，表示电子只是在极少情况下才越过这个范围。因此，要是你弄得明白的话，原子更像是个毛茸茸的网球，而不太像个外缘坚硬的金属球。（其实，二者都不大像，换句话说，不大像你见过的任何东西。毕竟，我们在这里讨论的世界，跟我们身边的世界是非常不同的。）

古怪的事情似乎层出不穷。正如詹姆斯·特雷菲尔所说，科学家们首次碰到了“宇宙里我们的大脑无法理解的一个区域”。或者像费曼说的：“小东西的表现，根本不像大东西的表现。”随着深入钻研，物理学家们意识到，他们已经发现了一个世界：在那个世界里，电子可以从一个轨道跳到另一个轨道，而又不经过中间的任何空间；物质突然从无到有--“不过，”用麻省理工学院艾伦·莱特曼的话来说，“又倏忽从有到无。”

量子理论有许多令人难以置信的地方，其中最引人注目的是沃尔夫冈·泡利在 1925 年的“不相容原理”中提出的看法：某些成双结对的亚原子粒子，即使被分开很远的距离，一

方马上会“知道”另一方的情况。粒子有个特性，叫做自旋，根据量子理论，你一确定一个粒子的自旋，那个姐妹粒子马上以相反的方向、相等的速率开始自旋，无论它在多远的地方。

用科学作家劳伦斯·约瑟夫的话来说，这就好比你有两个相同的台球，一个在美国俄亥俄州，一个在斐济，当你旋转其中一个的时候，另一个马上以相反的方向旋转，而且速度完全一样。令人惊叹的是，这个现象在 1997 年得到了证实，瑞士日内瓦大学的物理学家把两个光子朝相反方向发送到相隔 11 公里的位置，结果表明，只要干扰其中一个，另一个马上作出反应。

事情达到了这样的一种程度：有一次会议上，玻尔在谈到一种新的理论时说，问题不是它是否荒唐，而是它是否足够荒唐。为了说明量子世界那无法直觉的性质，薛定谔提出了一个著名的思想实验：假设把猫儿放进一只箱子，同时放进一个放射性物质的原子，连着一小瓶氢氰酸。要是粒子在一个小时内发生衰变，它就会启动一种机制，把瓶子击破，使猫儿中毒。要不然，猫儿便会活着。但是，我们无法知道会是哪种情况，因此从科学的角度来看无法作出抉择，只能同时认为猫儿百分之百地活着、百分之百地死了。正如斯蒂芬·霍金有点儿激动地（这可以理解）说，这意味着，你无法“确切预知未来的事情，要是你连宇宙的现状都无法确切测定的话”。

由于存在这么多古怪的特点，许多物理学家不喜欢量子理论，至少不喜欢这个理论的某些方面，尤其是爱因斯坦。这是很有讽刺意味的，因为正是他在 1905 年这个奇迹年中很有说服力地解释说，光子有时候可以表现得像粒子，有时候表现得像波--这是新物理学的核心见解。“量子理论很值得重视。”他彬彬有礼地认为，但心里并不喜欢，“上帝不玩骰子。

”他说。

爱因斯坦无法忍受这样的看法：上帝创造了一个宇宙，而里面的有些事情却永远无法知道。而且，关于超距作用的见解--即一个粒子可以在几万亿公里以外立即影响另一个粒子--完全违反了狭义相对论。什么也超不过光速，而物理学家们却在这里坚持认为，在亚原子的层面上，信息是可以以某种方法办到的。（顺便说一句，迄今谁也解释不清楚粒子是如何办到这件事的。据物理学家雅基尔·阿哈拉诺夫说，科学家们对待这个问题的办法是“不予考虑”。）

最大的问题是，量子物理学在一定程度上打乱了物理学，这种情况以前是不存在的。突然之间，你需要有两套规律来解释宇宙的表现--用来解释小世界的量子理论和用来解释外面大宇宙的相对论。相对论的引力出色地解释了行星为什么绕太阳转动，星系为什么容易聚集在一起，而在粒子的层面上又证明不起作用。为了解释是什么把原子拢在一起，你就需要有别的力。20 世纪 30 年代发现了两种：强核力和弱核力。强核力把原子捆在一起，是它将质子拢在原子核里；弱核力从事各种工作，主要与控制某种放射衰变的速率有关。

弱核力尽管叫做弱核力，它比万有引力要强 1 亿亿倍；强核力比这还要强--实际上要强得多--但它的影响只传到极小的距离。强核力的影响只能传到原子直径的大约十万分之一的地方。这就是原子核的体积如此之小、密度如此之大的原因，也是原子核又大又多的元素往往很不稳定的原因：强核力无法抓住所有的质子。

结果，物理学最后有了两套规律--一套用来解释小世界，一套用来解释大宇宙--各过各的日子。爱因斯坦也不喜欢这种状况。在他的余生里，他潜心寻找一种“大统一理论”

来扎紧这些松开的绳头，但总是以失败告终。他有时候认为自己已经找到，但最后总是觉得白费工夫。随着时间的过去，他越来越不受人重视，甚至有点儿被人可怜。又是斯诺写

道：“他的同事们过去认为，现在依然认为，他浪费了他的后半生。”

然而，别处正在取得实质性的进展。到 20 世纪 40 年代，科学家们已经达到这样一种程度：他们在极其深的层次上了解了原子--1945 年 8 月，他们提供了最有力的证据：在日本上空爆炸了两颗原子弹。

到那个时候，科学家们情有可原地认为，他们马上就要征服原子了。实际上，粒子物理学所涉及的一切，即将变得复杂得多。不过，我们在继续讲述这个有点儿包罗万象的故事之前，应当先把到最近为止的另一部分历史作个交待，考虑一下一个重要而又有益的故事，一个关于贪婪、欺骗、伪科学、几起不必要的死亡事件以及最终确定地球年龄的故事。

第十章 把铅撵出去

20 世纪 40 年代末，芝加哥大学一位名叫克莱尔·彼得森（尽管姓彼得森，他原先是艾奥瓦州的一个农家孩子）的研究生在用一种新的铅同位素测量法，对地球的确切年龄作最后的测定。不幸的是，他的岩石样品全部给污染了--而且还污染得很厉害。大多数样品里的铅含量超过正常浓度的大约 200 倍。许多年以后，彼得森才明白，问题出在俄亥俄州一个名叫小托马斯·米奇利的人身上。

米奇利是一名受过训练的工程师，要是他一直当工程师，世界本来会太平一些。但是，他对化学的工业用途发生了兴趣。1921 年，他在位于俄亥俄州代顿的通用汽车研究公司工作期间，对一种名叫四乙铅的化合物作了研究，发现它能大大减少震动现象，即所谓的发动机爆震。

到 20 世纪初，大家都知道铅很危险，但它仍然以各种形式存在于消费品之中。罐头食品以焊铅来封口；水常常储存在铅皮罐里；砷酸铅用做杀虫剂喷洒在水果上。铅甚至还是牙膏管子的组成材料。几乎每一件产品都会给消费者的身体里增加一点儿铅。然而，人接触机会最多、接触时间最长的，还是添加在汽油里的铅。

铅是一种神经毒素。体内铅的含量过高，就会无可挽回地损害大脑和中枢神经系统。与铅过分接触会引起很多病症，其中有丧失视力、失眠、肾功能衰竭、失聪、癌症、瘫痪和抽搐。急性发作的时候，人可以突然产生恐怖的幻觉，令患者和旁人措手不及。一般来说，这种症状接着会导致昏迷或死亡。谁也不愿意让自己的身体摄入过量的铅。

另一方面，铅很容易提炼和开采，大规模生产极其有利可图--四乙铅确实可以防止发动机爆震。所以，在 1923 年，美国三家最大的公司--通用汽车公司、杜邦公司和新泽西美孚石油公司--成立了一家合资企业，名叫四乙铅汽油公司（后来又简称为四乙公司），世界愿买多少四乙铅，它就生产多少四乙铅。结果证明，世界的需要量很大。他们之所以把公司称做“四乙公司”，是因为“四乙”听上去比较悦耳，不像“铅”那样含有毒物的意味。

1923 年 2 月 1 日，他们把这个名字（以比大多数人知道的更多方式）推向市场，让公众接受。

第一线的工人几乎马上出现走路不稳、官能混乱等症状，这是中毒不久后的标志。四乙公司也几乎马上执行一条行若无事、坚决否认的方针，而且在几十年里行之有效。正如沙伦·伯奇·麦格雷恩在她的工业化学史《实验室里的普罗米修斯》一书中指出的，要是哪家工厂的雇员得了不可治愈的幻觉症，发言人便会厚颜无耻地告诉记者：“这些人之所以精神失常，很可能是因为工作太辛苦。”在生产含铅汽油的初期，至少有 15 名工人死亡，数不清的人得病，常常是大病。确切的数字无法知道，因为公司几乎总是能掩盖过去，从不透露

令人难堪的泄漏、溢出和中毒等消息。然而，有的时候，压制消息已经不可能--尤其值得注意的是在 1924 年，在几天时间里，光在一个通风不良的场所就有 5 名生产工人死亡，35 名工人终身残疾。

随着有关新产品很危险的谣言四起，为了打消人们的担心，四乙铅汽油的发明者托马斯·米奇利决定当着记者的面作一次现场表演。他一面大谈公司如何确保安全，一面往自己的手上泼含铅汽油，还把一烧杯这类汽油放在鼻子跟前达 60 秒之久，不停声称他每天可以这么干而不受任何伤害。其实，米奇利心里对铅中毒的危险很清楚：他几个月之前还因接触太多而害了一场大病，现在除了在记者面前以外决不接近那玩意儿，只要可能的话。

加铅汽油获得成功，米奇利深受鼓舞，现在又把注意力转向那个时代的另一个技术问题。20 世纪 20 年代，冰箱使用有毒而危险的气体，时常泄漏，风险很大。1929 年，俄亥俄州克利夫兰有家医院发生冰箱泄漏事故，造成 100 多人死亡。米奇利着手发明一种很稳定、不易燃、不腐蚀、吸入很安全的气体。凭着办事几乎从不后悔的本能，他发明了含氯氟烃。

很少有哪个工业产品如此快速而又不幸地被大家接受。20 世纪 30 年代初，含氯氟烃投入生产，结果派上了一千种用场，从汽车空调器到除臭喷雾剂什么都离不开它。半个世纪以后人们才发现，这玩意儿正吞噬着平流层里的臭氧。你将会明白，这不是一件好事情。

臭氧是氧的一种形式，每个分子含有三个而不是通常的两个原子。它的化学特性有点古怪：它在地面上是一种有害物质，在高高的平流层却是一种有益物质，因为它吸收危险的紫外辐射。然而，有益的臭氧的量并不很大。即使均匀地分布在平流层里，它也只能形成大约两毫米厚的一层。这就是它很容易受扰动的原因。

含氯氟烃的量也不大--只占整个大气的大约十亿分之一--但是，这种气体的破坏力很强。1 千克含氯氟烃能在大气里捕捉和消灭 7 万千克臭氧。含氯氟烃悬浮的时间还很长--平均一个世纪左右--不停地造成破坏。它吸收大量热量。一个含氯氟烃分子增加温室效应的本事，要比一个二氧化碳分子强 1 万倍左右--当然，二氧化碳本身也是加剧温室效应的能手。总之，最后可能证明，含氯氟烃差不多是 20 世纪最糟糕的发明。

这一点米奇利永远不会知道。在人们意识到含氯氟烃的破坏力之前，他早已不在人世。

他的死亡本身也是极不寻常的。米奇利患脊髓灰质炎变成跛子以后，发明了一个机械装置，利用一系列机动滑轮自动帮他在床上抬身或翻身。1944 年，当这台机器启动的时候，他被缠在绳索里窒息而死。

要是你对确定事物的年龄感兴趣，20 世纪 40 年代的芝加哥大学是个该去的地方。威拉德·利比快要发明放射性碳年代测定法，使科学家们能测出骨头和别的有机残骸的精确年代，这在过去是办不到的。到这个时候，可靠的年代最远只达埃及的第一王朝--公元前 3000 年左右。例如，谁也没有把握说出，最后一批冰盖是在什么时候退缩的，法国的克罗马农人是在过去什么时候装饰拉斯科山洞的。

利比的方法用途很广，他因此获得了 1960 年的诺贝尔奖。这种方法基于一种认识：生物内部都有一种碳的同位素--名叫碳-14，生物一死，该同位素马上以可以测定的速度开始衰变。碳-14 大约有 5600 年的半衰期--即任何样品消失一半所需的时间--因此，通过确定某种特定的碳样的衰变程度，利比就可以有效地锁定一个物体的年代--虽然是在一定限度以内。经过八个半衰期以后，原先的放射性碳只剩下 0.39%。这个量太小，无法进行可靠的测算，因此碳-14 年代测定法只适用于年代不超过 4 万年左右的物体。

有意思的是，随着这项技术的广泛使用，有些疵点也日渐显露出来。首先，人们发现，利比公式里有个名叫衰变常数的基本成分存在 3 % 的误差。而到了这个时候，全世界已经进行了数千次计算。科学家们没有修正每个计算结果，而是决定保留这个不准确的常数。“这样，”提姆·弗兰纳里说，“你只要把今天见到的每一个以放射性碳年代测定法测定的年代减去大约 3 %。”问题没有完全解决。人们又很快发现，碳-14 的样品很容易被别处的碳污染--比如，一小点儿连同样品一起被采集来的而又没有被注意到的植物。对于年代不大久远的样品来说--年代小于大约 2 万年的样品--稍有污染并不总是关系很大，而对于年代比较久远的样品来说，这有可能是个严重的问题，因为统计中的剩余原子数实在太少了。借用弗兰纳里的话来说，在第一种情况下，就像是 1000 美元里少数 1 美元；而在第二种情况下，就像是仅有的 2 美元里少数了 1 美元。

而且，利比的方法是以如下假设为基础的，即大气里碳-14 的含量以及生物吸收这种物质的速度，在整个历史进程中是始终不变的。事实并非如此。我们现在知道，大气里碳-14 的数量变化不定，取决于地球的磁场能否有效地改变宇宙射线的方向；在漫长的时间里，变化的幅度可能很大。这意味着，有些以碳-14 年代测定法测定的年代要比别的这类年代更无把握。在比较缺少把握的年代当中，有人类首次抵达美洲前后这一段时期的年代。这就是为什么那个问题老是争论不休的原因之一。

最后，也许有点儿出人意料的是，计算结果可能由于表面看来毫不相干的外因--比如动物的饮食结构--而完全失去意义。最近有个案例引起了广泛激烈的争论，即梅毒究竟起源于新大陆还是旧大陆。赫尔的考古学家们发现，修道院坟地里的修道士患有梅毒。最初的结论是，修道士在哥伦布航行之前就已经患上了梅毒。但是，该结论受到了质疑，因为科学家们发现，他们吃了大量的鱼，这会使他们骨头的年代看上去比实际的要古老。修道士可能患有梅毒，但究竟是怎么患上的，什么时候患上的，问题似乎容易解决，却依然没有解决。

由于碳-14 年代测定法的缺点加起来还真不少，科学家们发明了别的办法来测定古代物质的年代，其中有发热光测定法和电子自旋共振测定法。前者用来测定存留在泥土里的电子数；后者以电磁波轰击一件样品来测定电子的振动。但是，即使用最好的方法，你也无法测定 20 万年以上的东西的年代，也根本无法测定岩石那样的无机物质的年代。然而，若要确定我们这颗行星的年龄，这当然是必不可少的。

测定岩石年代的问题在于，世界上几乎人人都一度不抱希望。要不是出了一位决心很大的、名叫阿瑟·霍姆斯的英国教授，这项探索很可能会完全停顿下来。

无论在克服困难方面，还是在取得的成就方面，霍姆斯都很有英雄气概。20 世纪 20 年代，正当他的事业进入全盛期的时候，地质学已经不再吃香--物理学是那个时代的热门科学，资金严重缺乏，尤其在它的精神诞生地英国。多少年来，他是达勒姆大学地质系的惟一人员。为了进行测定岩石年代的工作，他常常不得不借用或拼凑设备。有一次，为了等校方为他提供一台简单的加法机，他的计算工作竟然耽搁了 1 年时间。有时候，他不得不完全停止学术工作，以便挣钱来养家糊口--一度在纽卡斯尔开了个古董店，有时候他连地质学会每年 5 英镑的会费也缴不起。

霍姆斯在研究工作中使用的方法，在理论上其实并不复杂，直接产生于欧内斯特·卢瑟福于 1904 年最初发现的那个过程，即，有的原子以一种可以预测的比率从一种元素衰变成另一种元素，因此这个过程可以用来当时钟。要是你知道钾-40 要经过多长时间才变成氩-40，并且测定样品里这两种元素的量，你就可以得出那种物质的年代。霍姆斯的贡献在于，以测定铀衰变成铅的比率来测定岩石的年代，从而--他希望--能测定地球的年龄。

但是，有许多技术上的困难需要克服。霍姆斯还需要--至少会很高兴拥有--一种能对细小样品进行精密测量的先进仪器，而我们已经知道，他所能得到的不过是一台简单的加法机。因此，他竟然能在 1946 年较有把握地宣布，地球至少已经存在 30 亿年，很可能还要长。这是一项相当了不起的成就。不幸的是，他又一次遇到了巨大的障碍：他的科学界同行们非常保守，对他的成就拒不承认。许多人尽管乐意赞赏他的方法，却认为他得出的不是地球的年龄，而只是组成地球的材料年龄。

就在这个时候，芝加哥大学的哈里森·布朗发明了一种统计火成岩（即通过加热形成的岩石，而不是通过沉积形成的岩石）里铅同位素的新方法。他意识到这项工作相当乏味，便把它交给了年轻的克莱尔·彼得森，作为他的论文项目。他向彼得森保证，以他的新方法来测定地球的年龄会“易如反掌”。实际上，这项工作花了几年时间。

1948 年，彼得森着手从事这个项目。与托马斯·米奇利丰富多彩、不断推动历史前进的贡献相比，彼得森测定地球年龄的工作有点儿平平庸庸的味道。有 7 年时间，先是在芝加哥大学，后在加州理工学院（他于 1952 年迁往那里），他在无菌实验室里埋头苦干，仔细选择古老岩石的样品，精密测定里面铅/铀的比例。

测定地球年龄的问题在于，你需要有极其古老的岩石，内有含铅和铀的晶体，其古老程度几乎与这颗行星一样--要是岩石年轻得多，测出的年代显然会比较年轻，从而得出错误的结论，而真正古老的岩石在地球上是很难找得着的。到 20 世纪 40 年代末，谁也不知道这是什么原因。实际上，要等到太空时代，才可能有人貌似有理地说明地球上古老岩石的去向，这真是不可思议的。（答案在于板块构造，我们当然将谈到这个问题。）与此同时，彼得森只能在材料非常有限的情况下把这一切搞清楚。最后，他突然聪明地想到，他可以利用地球之外的岩石，从而绕开缺少岩石的问题。他把注意力转向陨石。

他提出了一个假设--一个很有远见的假设，结果证明非常正确，即，许多陨石实际上是太阳系早期留下来的建筑材料，因此多少保留着原始的内部化学结构。测定了这些四处游荡的岩石的年代，你也就（接近于）测定了地球的年龄。

然而，通常来说，总是说来容易做起来难。陨石数量不多，陨石样品不是很容易能采集到手。而且，布朗的测量方法过分注重细节，需要做很多改进。最大的问题是，彼得森的样品只要接触空气，就莫名其妙地不断地受到大气里铅的严重污染。正是由于这个原因，他最后建立了一个消过毒的实验室--世界上第一个无菌实验室，至少有一份材料里是这么说的。

彼得森任劳任怨地干了 7 年，才收集到可用于最后测试的样品。1953 年春，他把样品送到伊利诺伊州的阿冈尼国家实验室。他及时获得了一台新型的质谱仪，可以用来发现和测定秘藏在古晶体里的微量铀和铅。彼得森终于得出了结果。他激动万分，直接驱车去艾奥瓦州他度过少年时代的家中，让他的母亲把他送进医院，因为他认为自己在发心脏病。

此后不久，在威斯康星州的一次会议上，彼得森宣布地球的确切年龄为 45.5 亿年（误差 7000 万年）--麦格雷恩赞赏地说：“这数字保持了 50 年。”经过 200 年的努力，地球终于有了个年龄。

彼得森几乎马上把注意力转向大气里那个铅的问题。他吃惊地发现，有关铅对人体的影响，人们仅有的一点儿认识几乎无一例外是错误的，或者是令人产生误解的--这也不足为怪，因为 40 年来对铅的影响的每项研究，全是由铅添加剂的制造商们提供资金的。

在一项这样的研究中，一名没有受过化学病理学专门训练的医生承担了一个五年计划。

根据计划，他让志愿者们吸入或吞下越来越大量的铅，然后对他们的大小便进行化验。不幸的是，那位医生似乎也不懂，铅不会被作为废物排泄出体外，只会积累在骨头和血液里--这正是铅很危险的原因，他既没有检查骨头，也没有化验血液。结果，铅被宣布对健康毫无影响。

彼得森很快确认，大气里有过大量的铅--实际上现在仍有大量的铅，因为铅从来没有消失--其中大约 90%来自汽车的废气管，但他无法加以证明。他需要一种方法，把现在大气里铅的浓度，与 1923 年四乙铅开始商业生产之前的浓度进行比较。他突然想到，冰核可能会提供这个答案。

人们知道，在格陵兰岛这样的地方，每年的积雪层次很分明（因为季节温差使得冬季到夏季的颜色稍有不同）。只要往前数一数这些层次，测量一下每一层里铅的含量，你就可以计算出几百甚至几千年里任何时候全球大气里铅的浓度。这个见解成为冰核研究的基础。许多现代气候学的研究工作都是建立在这个基础上的。

彼得森发现，1923 年之前，大气里几乎没有铅；自那以后，铅的浓度不断危险地攀升。

现在，把铅撵出汽油成了他一生的追求。为此，他经常批评铅工业及其利益集团，而且往往言辞很激烈。

这证明是一场残酷的斗争。四乙公司是全球一家势力很大的公司，上头有很多朋友。（它的董事当中有最高法院的法官刘易斯·鲍威尔和美国地理学会的吉尔伯特·格罗夫纳。）彼得森突然发现研究资金要么被收回，要么很难获得。美国石油研究所取消了他签订的一项合同，美国公共卫生署也是，后者还算是个中立的政府机关呢。

彼得森成了一个对本单位越来越不利的人。铅工业界官员不断向加州理工学院董事会成员施加压力，要么让他闭嘴，要么让他滚蛋。杰米·林肯·基特曼在 2000 年的《国家》杂志中写道，据说，四乙公司愿意向加州理工大学无偿提供一名教授讲席的费用，“如果能让彼得森卷铺盖走人的话”。荒唐的是，一个美国研究委员小组被指派来调查大气中铅毒的危险程度，他竟然被排除在外，尽管他这时候毫无疑问已经是美国大气铅问题的主要专家。

幸好，彼得森从来没有动摇过。由于他的努力，最后提出了《1970 年洁净空气法》，并于 1986 年在美国停止销售一切含铅汽油。美国人血液里的铅浓度几乎马上下降了 80%。但是，由于铅是一种难以消除的物质，今天每个活着的美国人血液里的铅浓度，仍要比一个世纪以前的人高出大约 625 倍。大气里铅的含量还在以大约每年 10 万吨的速度继续增加，而且完全是以合法的方式，主要来自采矿、冶炼和工业活动。美国还禁止在家用油漆中添加铅，正如麦格雷恩所说，“比大多数欧洲国家晚了 44 年”。考虑到铅的惊人毒性，美国直到 1993 年才在食品罐头上停止使用焊铅，这是不可思议的。

至于四乙公司，它仍在发展，虽然通用汽车公司、美孚石油公司和杜邦公司在该公司已经没有股份。（1962 年，它们把股份卖给了奥尔马尔造纸公司。）据麦格雷恩说，直到 2001 年 2 月，四乙公司依然坚持认为，“研究表明，含铅汽油无论对人的健康还是对环境都不构成威胁”。在它的网站上，公司的历史没有提及铅--也没有提及乔治·米奇利--只是简单地提到原先的产品里含有“某种化学混合物”。

四乙公司不再生产含铅汽油，但据 2001 年的公司报表，2000 年四乙铅的销售额仍达到 2510 万美元（它的全部销售额为 79500 万美元），比 1999 年的 2410 万美元略有增长，但低于 1998 年的 11700 万美元。公司在它的报告中说，它决心“使四乙铅产生的现金收入增加到最大程度，尽管全世界的使用量在不断下降”。四乙公司通过与英国奥克特尔联合

公司的一项协议在全世界销售四乙铅。

至于乔治·米奇利留给我们的另一个祸害含氯氟烃，美国在 1974 年已经禁止使用，但它是个顽固不化的小魔鬼，以前（比如从除臭剂或喷发定型剂）排放到大气的这种东西几乎肯定还在那里，等你我上了西天很久以后还会在吞食臭氧。更为糟糕的是，我们每年仍在向大气里排放大量含氯氟烃。韦恩·比德尔说，每年仍有 2700 万千克以上的这种东西在市场上销售，价值 15 亿美元。那么，是谁在生产含氯氟烃？是我们--那就是说，许多大公司仍在其海外的工厂里生产这种产品。第三世界国家要到 2010 年才加以禁止。

克莱尔·彼得森于 1995 年去世。他没有因为自己的成就而获得诺贝尔奖。地质学家向来没有这个资格。更令人不解的是，尽管他在半个世纪的时间里坚持不懈，大公无私，取得越来越大的成就，他也没有获得多少名气，甚至没有受到多大重视。我们有理由认为，他是 20 世纪最有影响的地质学家。然而，谁听说过克莱尔·彼得森来着？大多数地质学教科书没有提到他的名字。最近出版的两本有关测定地球年龄的历史的畅销书，竟然还把他的名字拼错了。2001 年初，有人在《自然》杂志里就其中的一本书写了一篇书评，结果又犯了一个错误，令人吃惊地认为彼得森是个女人。

无论如何，多亏克莱尔·彼得森的工作，到 1953 年，地球终于有了个人人都能接受的年龄。现在惟一的问题是，它比它周围的世界还要古老。

第十一章 马斯特·马克的夸克

1911 年，一位名叫 C.T.R.威尔逊的英国科学家经常爬到本尼维斯山顶去研究云层的构造。这座山位于苏格兰，以潮湿闻名。他突然想到，肯定还有一种比较简单的方法。回到剑桥大学的卡文迪许实验室以后，他建起了一个人工云室--一种简单的装置，他在里面可以冷却和湿润空气，在实验室现有的条件下创建一个说得过去的云层模型。

那个装置运转良好，而且还有个意料之外的好处。当威尔逊使一个 α 粒子加速通过云室制造人工云团的时候，它留下一条明显的轨迹--很像一架飞过的飞机留下的凝迹。他刚刚发明了粒子探测器，提供了令人信服的证据，证明亚原子粒子确实存在。

最后，卡文迪许实验室的另外两位科学家发明了功率更大的质子束装置，欧内斯特·劳伦斯在加州大学伯克利分校造出了著名的回旋加速器，或称原子粉碎机，这类设备在很长时间内就是这么称呼的。所有这些新发明的原理大体相同，无论是过去还是现在，即，将一个质子或别的带电粒子沿着一条轨道（有时是环形的，有时是直线的）加速到极快的速度，然后砰地撞向另一粒子，看看撞飞了什么。所以，它被称之为原子粉碎机。严格来说，这算不上是科学，但一般来说是很管用的。

随着物理学家建造越来越大、越来越雄心勃勃的机器，他们开始或推断出似乎永无穷尽的粒子或粒子族： π 介子、 μ 介子、超子、介子、K 介子、希格斯玻色子、中间矢量玻色子、重子、超光速粒子。连物理学家都开始觉得不大舒服。“年轻人，”当有个学生问恩里科·费米某个粒子的名字的时候，他回答说，“要是我记得清这些粒子的名字，那我就成了植物学家了。”

今天，加速器的名字听上去有点像是弗莱什·戈登用于打仗的武器：超级质子同步加速器呀，大型正负电子对撞机呀，大型强子对撞机呀，相对论性重离子对撞机呀。使用的能量是如此之大（有的只能在夜间操作，这样，设备点火时邻近城镇的居民才不至于注意到自己的灯光暗淡下去），它们可以把粒子激活到这样的状态：一个电子在不到 1 秒的时间里能沿着 7 公里长的隧道击打 47000 圈。人们担心，科学家们在头脑发热的时候会无意之中创

建一个黑洞，甚至所谓的“奇异夸克”。从理论上说，这些粒子可以与别的亚原子粒子相互作用，产生连锁反应，完全失去控制。要是你现在还活着在看这本书的话，说明那种情况没有发生。

寻找粒子需要集中一定精力。粒子不但个儿很小，速度很快，而且转瞬即逝。粒子可以在短达 0.000 000 000 000 000 000 001 秒(10^{-24} 秒) 时间里出现和消失。连最缺乏活力的不稳定的粒子，存在的时间也不超过 0.000 000 1 秒(10^{-7} 秒)。

有的粒子几乎捕捉不到。每一秒钟，就有 1 万亿亿个微小的、几乎没有质量的中微子抵达地球（大多数是太阳的热核反应辐射出的），实际上径直穿过这颗行星以及上面的一切东西，包括你和我，就仿佛地球并不存在。为了捕捉几个粒子，科学家们需要在地下室（通常是废矿井里），用容器盛放多达 57000 立方米重水（即含氘相对丰富的水），因为这种地方受不到其他类型辐射的干扰。

在非常偶然的情况下，一个经过的中微子会砰地撞击水里的一个原子核，产生一丁点儿能量。科学家们通过统计有几个一丁点儿而逐步了解宇宙的基本性质。1998 年，日本观察人员报告说，中微子确有质量，但是不大--大约是电子的一千万分之一。

如今，寻找粒子真正要花的是钱，而且是大量的钱。在现代物理学中，寻找的东西的大小，与所需设备的大小，往往有意思地成反比关系。欧洲核研究组织简直像个大城市。它地跨法国和瑞士边境，有 3000 名雇员，占地几平方公里。欧洲核研究组织有一排比埃菲尔铁塔还要重的磁铁，周围有一条大约 26 公里长的地下坑道。

詹姆斯·特雷菲尔说，击碎原子倒还容易，每次只要把日光灯一开。然而，击碎原子核就需要大量的金钱和大量的电力。把粒子变成夸克--即构成粒子的粒子--就需要更多的电和更多的钱：几万亿瓦电和相当于一个中美洲小国的预算。欧洲核研究组织的一台新的大强子对撞机定于 2005 年开始运转，它将产生 14 万亿瓦能量，建设费超过 15 亿美元。然而，这两个数字与那台超级超导对撞机本来所能产生的能量和所需的建设费用相比，那简直是小巫见大巫。20 世纪 80 年代，得克萨斯州附近开始建设一台超级超导对撞机，然后本身与美国国会发生了超级对撞，结果很不幸，现在永远建不成了。这台对撞机的意图是：让科学家们重建尽可能接近于宇宙最初十万亿分之一秒里的情况，以探索“物质的最终性质”（老是这么说的）。该计划要把粒子甩进一条 84 公里长的隧道，获得实在令人吃惊的 99 万亿瓦能量。这是个宏伟的计划，但建设费用高达 80 亿美元（最后增加到 100 亿美元），每年的运行费还要花上几亿美元。

这也许是历史上把钱倒进地洞的最好例子。美国国会为此花掉了 22 亿美元，然后在建成一条 22 公里长的隧道以后取消了这项工程。现在，得克萨斯人可以为拥有一个全宇宙代价最高的地洞而感到自豪。我的朋友、《价值连城的堡垒》的作者杰夫·吉恩对我说：“那实际上是一大片空地，周围布满了一连串失望的小城镇。”

超级对撞机化为泡影以后，粒子物理学家们的眼界放低了点。但是，即使是比较一般的项目的成本也可能相当惊人，要是与，哎呀，几乎任何项目相比的话。有人建议在南达科他州莱德的一座废矿--霍姆斯特克矿--建个中微子观察站，其成本就高达 5 亿美元，还不算每年的运转费用。而且，还要花 2.81 亿美元的“一般改建费”。与此同时，伊利诺伊州费尔米莱布的一个粒子加速器仅更新材料就要花费 2.6 亿美元。

总之，粒子物理学是个花钱很多的事业--但又是收获巨大的事业。今天，粒子的数量已经大大超过 150 种，还有 100 种左右被怀疑存在。但不幸的是，用理查德·费曼的话来

说：“很难搞清所有这些粒子的关系，大自然要它们干什么，彼此有什么联系。”每打开一个盒子的时候，我们总是发现里面还有一个紧闭的盒子。有的人认为存在超光速粒子，其运动速度超过光速。有的渴望找到引力子--引力的根子。我们刨根问底儿已经刨到什么程度，现在还很难说。卡尔·萨根在《宇宙》一书中说，要是你钻进一个电子深处，你会发现它本身就是一个宇宙，使你回想起 20 世纪 50 年代的那些科幻故事。“里面，大量小得多的别的粒子组成了相当于当地的星系和较小的结构，它们本身就是下一层次的宇宙，如此永远下去--一个逐步往里推进的过程，宇宙中的宇宙，永无尽头--往上也是一个样。”

对于我们大多数人来说，这是个不可想像的世界。如今，即使看一本有关粒子物理学的初级指南，你也必须克服语言方面的重重障碍，比如：“带电的 π 介子和反 π 介子分别衰变成一个 μ 介子加上反中微子和一个反 μ 介子加上中微子，平均寿命为 2.603×10^{-8} 秒；中性 π 介子衰变成 2 个光子，平均寿命大约为 0.8×10^{-16} 秒； μ 介子和反 μ 介子分别衰变成.....”如此等等--而且，这段话还是从（通常）文笔浅显的作家斯蒂芬·温伯格为普通读者写的一本书里引来的。

20 世纪 60 年代，加州理工学院物理学家默里·盖尔曼试图把事情简化一下，发明了一种新的粒子分类法，用斯蒂芬·温伯格的话来说，实际上“在一定程度上使大量的强子重新变得一目了然”--强子是个集体名词，物理学家用来指受强核力支配的质子、中子和其他粒子。盖尔曼的理论认为，所有强子都是由更小的，甚至更基本的粒子组成的。他的同事理查德·费曼想跟多利那样把这些新的基本粒子叫做部分子，但是没有获得通过。它们最后被称做夸克。

盖尔曼从小说《芬内根的觉醒》的一句话中取了这个名字：“给马斯特·马克来三夸克(quarks)!”（敏锐的物理学家把 storks 或 larks 作为该词的韵脚，尽管乔伊斯脑子里想的几乎显然是后者的发音。¹）夸克的这种基本的简洁性并没有持续很久。随着人们对夸克的进一步了解，需要更细的分类。尽管夸克太小，不可能有颜色、味道或任何别的可以识别的化学特性，它们还是被分成六类--上、下、奇、粲、顶和底，物理学家们奇怪地把这些统称为它们的“味”；它们又进一步被分成红、绿和蓝三种颜色。（人们怀疑，这些名称原先在迷幻药时代在加利福尼亚州使用过。这不完全是一种巧合。）

最后，出现了所谓的标准模型。对亚原子世界来说，它实际上是一个元件箱。标准模型的组成成分是：6 种夸克、6 种轻子、5 种已知的玻色子和 1 种假设的玻色子（即希格斯玻色子，以苏格兰科学家彼得·希格斯的名字命名），加上 4 种物理力中的 3 种：强核力、弱核力和电磁力。

这种安排其实说明，在物质的基本材料中有夸克；夸克由名叫胶子的粒子黏合在一起；夸克和胶子一起形成了原子核的材料，即质子和中子。轻子是电子和中微子的来源。夸克和轻子统称为费密子。玻色子（以印度物理学家 S.N.玻色的名字命名）是产生和携带力的粒子，包括光子和胶子。希格斯玻色子也许存在，也许不存在；这完全是为了赋予粒子质量而发明出来的。

你看得出，这个模型真是有点儿笨拙，但这是可以用来解释粒子世界全部情况的最简单的模式。大多数粒子物理学家觉得，正如利昂·莱德曼在 1985 年的一部电视片里说的，标准模型不大优美，不大简明。“它过于复杂，有许多过于武断的参数。”莱德曼说，“我们其实不明白，为了创造我们都知道的宇宙，造物主干吗要转动 20 个门把来设定 20 条参数。”实际上，物理学的任务是探索最终的简洁性，而迄今为止的一切都乱成了美丽的一团--或者就像莱德曼说的：“我们深深地感到，这幅图画并不美丽。”

标准模型不但很笨拙，而且不完整。一方面，它根本没有谈到引力。找遍整个标准模型，你找不出任何解释，为什么放在桌上的帽子不会飞上天花板。为了赋予粒子以质量，你不得不引入假设的希格斯玻色子，它是否真的存在，要靠 21 世纪的物理学来解决。正如费曼所由衷地认为的那样：“因此，我们对这个理论处于进退两难的境地，不知道它是对的还是错的，但我们确实知道它是有点儿错的，或者至少是不完整的。”

物理学家试图把什么都扯到一起，结果想出来一种所谓的超弦理论。这种理论假设，以前我们认为是粒子的夸克和轻子，实际上都是“弦”——振动的能弦，它们在 11 维中摆动，包括我们已知的 3 个，维度再加上时间，以及 7 个别的维度，它们，哎呀，我们现在还无法知道。这种弦非常微小——小得可以被看成是点粒子。

通过引入额外的维度，超弦理论使科学家能把量子定律和引力定律相对比较融洽地合在一起，但是，这也意味着，科学家关于这个理论的任何解释，听上去都会令人惴惴不安，犹如公园凳子上的陌生人告诉你某个想法，你听了会慢慢走开一样。比如，物理学家米奇奥·卡库是这样从超弦理论的角度来解释宇宙的结构：

杂化弦由一根闭合的弦组成，它有两种振动模式，顺时针方向的和逆时针方向的，要以不同的方式来对待。顺时针方向的振动存在于一个 10 维空间。逆时针方向的振动存在于一个 26 维的空间，其中有 16 维已经被压实了。（我们知道，在卡鲁扎原先的 5 维空间里，第 5 维被卷成一个圈，已经给压实了。）

如此等等，洋洋洒洒 350 页左右。

弦理论又进一步产生了所谓的 M 理论。该理论把所谓“膜”的面，纳入了物理学世界的灵魂。说到这里，我们恐怕到了知识公路的站点，大多数人该下车了。下面引了《纽约时报》上的一句话，它以尽可能简单的语言向普通读者解释了这种理论：

在那遥远遥远的过去，火成过程以一对又平又空的膜开始；它们互相平行地处于一个卷曲的 5 维空间里……两张膜构成了第 5 维的壁，很可能在更遥远的过去作为一个量子涨落产生于无，然后又飘散了。

无法与之争辩，也无法理解。顺便说一句，“火成”源自希腊文，意为“燃烧”。

现在，物理学的问题已经达到这样的一种高度，正如保罗·戴维斯在《自然》杂志里说的，“非物理学家几乎不可能区分你是合乎常情的怪人，还是彻头彻尾的疯子”。有意思的是，2002 年秋，这个问题到了关键时刻。两位法国物理学家——孪生兄弟伊戈尔·波格丹诺夫和格里希卡·波格丹诺夫——提出了一种关于极高密度的理论，包括“想像的时间”和“库珀-施温格-马丁条件”这样的概念，旨在描述无，即大爆炸以前的宇宙——这段时间一直被认为是无法知道的（因为它发生在物理现象及其特性诞生之前）。

波格丹诺夫理论几乎立即在物理学家中间引起争论：它到底是胡说八道，一项天才的成就，还是一个骗局？“从科学的角度来看，显而易见，它多少是彻头彻尾的胡说八道。”哥伦比亚大学的物理学家彼得·沃伊特对《纽约时报》记者说，“不过，近来，它跟许多别的文献没有多大区别。”

卡尔·波普尔被斯蒂芬·温伯格称之为“现代科学哲学家的泰斗”。有一次，他提出，物理学很可能没有一种终极理论——每一种解释都需要进一步的解释，形成“永无穷尽的一连串越来越基本的原理”。与之相对的可能性是，这种知识也许是我们完全无法理解的。“幸亏，迄今为止，”温伯格在《终极理论之梦》中写道，“我们的理智资源似乎尚未耗尽。”

”

几乎可以肯定的是，这个领域将出现更多的见解；几乎同样可以肯定的是，这些见解将是我们大多数人所无法理解的。

正当 20 世纪中叶的物理学家在迷惑不解地观测小世界的时候，天文学家发现，同样引人注目的是，对大宇宙的理解也是不完整的。

上次谈到，埃德温·哈勃已经确认，我们视野里的几乎所有星系都在离我们远去，这种退行的速度和距离是成正比的：星系离得越远，运动的速度越快。哈勃发现，这可以用个简单的等式来加以表示： $H_0=v/d$ （ H_0 是常数， v 是星系飞离的速度， d 是它离开我们的距离）。

自那以后， H_0 一直被称之为哈勃常数，整个等式被称之为哈勃定律。哈勃利用自己的等式，计算出宇宙的年龄大约为 20 亿年。这个数字有点儿别扭，因为即使到 20 世纪 20 年代末，情况已经越来越明显，宇宙里的许多东西--很可能包括地球本身--的年龄都要比它大。完善这个数字是宇宙学界一直关心的事情。

关于哈勃常数，惟一常年不变的是对它的评价意见不一。1956 年，天文学家们发现，造父变星比他们认为的还要变化多端；造父变星可以分为两类，而不是一类。于是，他们重新进行计算，得出宇宙新的年龄大约为 70 亿年到 200 亿年--不是特别精确，但至少相当古老，终于可以把地球的形成涵盖其中。

在此后的几年里，爆发了一场旷日持久的争论，一方是哈勃在威尔逊山天文台的继承人阿伦·桑德奇，另一方是法国出生的、得克萨斯大学的天文学家热拉尔·德·沃库勒。桑德奇经过几年的精心计算以后，得出哈勃常数的值为 50，宇宙的年龄为 200 亿年。沃库勒同样很有把握，哈勃常数为 100。¹ 这意味着，宇宙的大小和年龄只有桑德奇认为的一半--100 亿年。1994 年，情况突然变得更不确定，加利福尼亚州卡内基天文台的一个小组根据哈勃天文望远镜的测量结果，提出宇宙的年龄只有 80 亿年--连他们也承认，这个年龄比宇宙里某些恒星的年龄还要小。2003 年 2 月，一个来自美国国家航空和航天局及马里兰州高达德太空飞行中心的小组，利用一种名叫威尔金森微波各向异性探测器的新型卫星，信心十足地宣布，宇宙的年龄为 137 亿年，误差 1000 万年左右。事情被搁置下来，至少在一段时间里。

若要作出最后的定论，难度确实很大，因为往往有很大的解释余地。想像一下，你夜间站在一片空地上，想要确定远处两盏电灯之间的距离。如果使用比较简单的天文学工具，你很容易确定两个灯泡的亮度一样，以及一个灯泡要比另一个灯泡远 50% 的距离。但是，你无法确定的是，较近的那盏灯，比如是 37 米以外的那个 58 瓦的灯泡，还是 36.5 米外的那个 61 瓦的灯泡。此外，你还必须考虑到由几个原因造成的失真：地球大气的变化，星际尘埃，背景恒星对光的污染，以及许多别的因素。因此，你的计算结果势必是以一系列嵌套的假设为基础的，其中任何一个都可能引起争议。还有一个问题：使用天文望远镜总是代价很高，在历史上，测量红移要长时间使用天文望远镜，令人注目地花钱很多。很可能要花上整整一个夜晚才能获得一张底片。结果，天文学家不得不（或者愿意）根据少得可怜的证据就下了结论。在宇宙学方面，正如记者杰弗里·卡尔指出的，我们“在鼯鼠丘似的证据上建立起大山似的理论”。或者像马丁·里斯说的：“我们目前的满足（于我们的认识状态）也许反映了数据的匮乏，而不是理论的高超。”

顺便说一句，这种不确定状态适用于比较近的东西，也适用于遥远的宇宙边缘。当天文

学家说 M87 星系在 6000 万光年以外的時候，正如唐纳德·戈德史密斯说的，他们其实是在说它大约在 4 000 万-9000 万光年之间--二者不完全是一码事。大宇宙里的事情自然是被夸大的。有鉴于此，我们目前有关宇宙最好的估计似乎是 120 亿-135 亿年之间，但距离意见一致还差得很远。

近来有人提出了一种很有意思的理论，认为宇宙根本没有我们原来以为的那么大；我们凝望远方所看到的有些星系，也许只是映像，是反射的光产生的重像。

实际上，还有很多东西我们不知道，甚至在很基本的层面上--至少不知道宇宙是怎么构成的。当科学家们计算使东西保持在一起所需的物质的量的时候，结果总是发现远远不够。宇宙的至少 90%，也许多达 99%，似乎是由弗里茨·兹维基认为的“暗物质”组成的--那种生性我们看不见的东西。我们生活在一个多半连看都看不见的宇宙里，而却毫无办法，想到这一点真让人觉得有点儿不是滋味。至少有两个主要嫌疑的名字受到注意：据说，它们不是“WIMP”（“弱相互作用大质量粒子”，即大爆炸留下的看不见的微小物质），就是“MACHO”（“晕状大质量致密天体”，实际上只是黑洞、棕色矮星和其他光线很暗的恒星的另一种说法）。

粒子物理学家往往赞成解释为粒子，即 WIMP；天体物理学家赞成解释为星体，即 MACHO。MACHO 一度占了上风，但根本找不到足够的数量，所以风向又转向 WIMP--问题是 WIMP 从来没有发现过。由于它们的相互作用很弱，因此很难识别它们（即使假设它们的存在）。宇宙射线会造成太多干扰。因此，科学家们必须钻到地下深处。在地下一公里的地方，宇宙射线的轰击强度只有地面的百万分之一。但是，即使把这一切都加上去，正如有一位评论家说的：“宇宙在决算表上还相差三分之二。”眼下，我不妨把它们称之为“DUNNOS”（某处未知非反射不可测物体）。

近来有迹象表明，宇宙的星系不仅在离我们远去，而且离去的速度越来越快。这与人们的期望是背道而驰的。看来宇宙不仅充满暗物质，而且充满暗能量。科学家们有时将这称之为真空能或第五元素。无论如何，宇宙似乎在不断膨胀，谁也说不清这是什么道理。有理论认为，空空荡荡的太空其实并不空空荡荡--物质和反物质的粒子在不停地产生和消失--是它们在把宇宙以越来越快的速度往外推移。令人不可思议的是，解决这一切的恰恰是爱因斯坦的宇宙常数--他为了驳斥关于宇宙在不断膨胀的假设而在广义相对论里顺便引入的，也是他自称是“我一生中最大的失误”的那个小小的算式。现在看来，他毕竟还是对的。

归根结底，我们生活在一个宇宙里，它的年龄我们算不大清楚；我们的四周都是恒星，它们到我们的距离以及它们彼此之间的距离我们并不完全知道；宇宙里充满着我们无法识别的物质；宇宙在按照物理学定律运行，这些定律的性质我们并不真的理解。

以这样的一种很不确定的基调，让我们再回到地球，考虑一下我们确实理解的东西--虽然到目前为止，要是你听到我们并没有完全理解它这类话，你也许不会再感到吃惊--以及我们长期以来不理解而现在理解了的东西。

第十二章 大地在移动

1955 年，阿尔伯特·爱因斯坦办了生前最后一件专业方面的事--为一本书写了个短小而生动的前言。该书的题目是《移动的地壳：解答地球科学中的一些问题》，作者是一位名叫查尔斯·哈普古德的地质学家。哈普古德在书里坚决驳斥了关于大陆在漂移的观点。他以逗大家与他一起发笑的口气指出，少数容易上当受骗的人认为“有些大陆的形狀显然吻合”

。他接着说，似乎“南美洲可以和非洲拼在一起，如此等等，有人甚至声称，大西洋两

岸的岩石结构完全一致”。

哈普古德先生断然摈弃了任何这类观点，并且指出，地质学家 K.E.卡斯特和 J.C.门德斯已经在大西洋两岸进行了大量实地考察，毫无疑问地确定这些相似之处压根儿就不存在。天知道卡斯特和门德斯两位先生考察了哪些地方，因为大西洋两岸的许多岩石结构确实是一样的--不仅非常类似，而且完全一样。

无论是哈普古德先生，还是那个年代的许多别的地质学家，这个观点怎么也听不进去。

哈普古德提到的理论，最初是由一位名叫弗兰克·伯斯利·泰勒的美国业余地质学家在 1908 年提出来的。泰勒出生于一个富裕家庭，既有足够的财力，又不受学术约束，可以按照不同寻常的办法来从事研究。他突然发现，非洲海岸与对面的南美洲海岸的形状十分相似。根据这个观察结果，他提出了大陆曾经到处滑动的见解。他提出--结果证明很有先见之明地提出--几块大陆轰然撞在一起，形成了世界上的山脉。不过，他没有拿出多少证据，该理论被认为不切实际，不值得予以重视。

然而，在德国，有一位理论家接受了泰勒的观点，而且予以高度重视。他就是马尔堡大学的气象学家阿尔弗雷德·魏格纳。魏格纳考察了许多植物和化石的反常现象，那些现象无法纳入地球历史的标准模型。他认识到，要是用常规的方法来加以解释，那简直说不通。动物化石不断在海洋两岸出现，而海洋很宽，动物显然是游不过去的。他心里转念，有袋动物是怎么从南美洲跑到澳大利亚去的？为什么同样的蜗牛出现在斯堪的纳维亚半岛和新英格兰？你怎么说明煤层和其他亚热带遗迹会出现在斯匹次卑尔根群岛这样的寒带地区，如果它们不是以某种方式从气候较热的地方迁移过来的话？

魏格纳提出了一种理论，认为世界上的大陆原先属于一个陆块，他称其为“泛大陆”，植物群和动物群可以混杂在一起；只是到了后来，联合古陆才裂成几块，漂移到现在的位置。他写了《海陆的起源》一书来阐述他的观点。1912 年，该书以德文出版--尽管两年后爆发了第一次世界大战--三年以后又出版了英文本。

由于战争，魏格纳的理论起初没有引起多大注意。但是，他在 1920 年出版了修订本，并进行了扩充，它很快成了人们讨论的话题。大家都认为，大陆在移动--不是左右移动，而是上下移动。垂直移动的过程，即所谓的地壳均衡，是几代人地质信念的一个基础，虽然谁也提不出令人信服的理论来解释它是怎样发生的，或为什么发生。有一种见解直到我上小学时还在教科书里出现过，那就是在世纪之交由奥地利人爱德华·休伊斯提出的“云莓干”理论。该理论认为，随着灼热的地球冷却下来，它皱缩成云莓干的模样，创建了海洋和山脉。

且不说詹姆斯·赫顿早就说过：真是这样一种静止的安排的话，由于侵蚀作用夷平了凸处，填平了凹处，地球会成为一个毫无特色的球体。卢瑟福和索迪在 20 世纪初还指出了另一个问题：地球蕴藏着巨大的热量--巨大得根本谈不上休伊斯所说的冷却和皱缩。无论如何，要是休伊斯的理论真是正确的话，山脉就会在地球表面上分布得很均匀，而实际情况显然不是那样的；年龄也会差不多一样，而到 20 世纪初，情况已经一清二楚，有的山脉（比如乌拉尔山脉和阿巴拉契亚山脉）要比别的山脉（比如阿尔卑斯山脉和落基山脉）古老几亿年。提出一种新的理论的时机显然已经成熟。不幸的是，地质学家们不希望把这个任务交给阿尔弗雷德·魏格纳来完成。

首先，他的观点很激进，对他们学科的基础提出了质疑，不大可能在听众中产生多大热情。这样的一种挑战即使来自一位地质学家，也会是相当痛苦的，而魏格纳没有地质学的背景。天哪，他是一位气象学家，一名气象员--德国的气象员。这个缺陷是无法弥补的。

所以，地质学家们想方设法要驳斥他的证据，贬低他的见解。为了回避化石分布的问题，他们就架起古代“陆桥”，只要那里需要。当发现一种名叫“三趾马”的古马同时生活在法国和美国佛罗里达州的时候，一座陆桥就在大西洋上架起来了。当发现古代的獭同时存在于南美洲和东南亚，他们又架起了一座陆桥。过不多久，史前海洋的地图上几乎到处都是假想的陆桥--从北美洲到欧洲，从巴西到非洲，从东南亚到澳大利亚，从澳大利亚到南极洲。这种髯须状的连接物出现得很快，只要需要，把一种生物从一个大陆搬到另一个大陆，消失得也很快，最后就无影无踪了。当然，这种东西没有一丝一毫的根据--是大错特错的。

然而，在此后的半个世纪里，它是地质学的正统观念。

有的事情，即使陆桥也无法解释。人们发现，有一种在欧洲很著名的三叶虫在纽芬兰也生活过--但只是在该岛的一侧。谁也无法令人信服地解释，三叶虫怎么能跨越 3000 公里的汹涌大海，却又绕不过那个 300 公里宽的岛角。另一种三叶虫的情况更是反常，它出现在欧洲和美国西北部的太平洋沿岸，而中间地带却不见踪影。这与其说需要一座陆桥，不如说需要一座立交桥。然而，直到 1964 年，《大英百科全书》在讨论各种不同的理论时，倒是把魏格纳的理论说成是“充满了许多严重的理论问题”。魏格纳犯过错误，这点不假。他断言格陵兰岛在以每年大约 1.6 公里的速度向西漂移，这完全是胡说八道。（更可能是 1 厘米。）尤其是，他对大陆移动不能作出有说服力的解释。若要相信他的理论，你不得不承认大陆不知怎的像农犁耕地那样被推过坚实的地壳，而又没有在后面留下犁沟。根据当时的认识，无法解释是什么力驱动了这样大规模的移动。

英国地质学家阿瑟·霍姆斯曾为确定地球的年龄作出了很大贡献。这次又是他提出了一种看法。霍姆斯是知道辐射热会在地球内部产生对流的第一位科学家。从理论上说，这种对流可能力量很大，能使大陆平面滑动。1944 年，霍姆斯首次出版了一本深受欢迎、很有影响的教材《物理地质学原理》。在这本书里，他提出了大陆漂移学说。该理论的许多基本原则今天依然盛行。它在当时仍是一种很激进的见解，受到了许多人的批评，尤其在美国。美国人抵制漂移学说的时间比别处要长。有一位美国评论家发愁地说，霍姆斯论点清楚，令人信服，学生们慢慢会信以为真。他的话毫无挖苦之意。然而，在别处，新理论受到了坚决的同时又是谨慎的支持。1950 年，英国科学促进协会在年会上进行了一次表决，表明大约半数代表现在已经欣然接受了大陆漂移的观点。（过不多久，哈普古德引用了这个数字作为一个证据，证明英国地质学家已经多么可悲地误入歧途。）有意思的是，霍姆斯本人有时候对自己的看法也有点动摇。1953 年，他承认：“对于大陆漂移学说，我从来没有摆脱过一种令人不安的反感；在作为地质学家的骨子里，恕我直言，我觉得这个假设是个荒唐的假设。”

大陆漂移学说在美国不是完全无人支持。哈佛大学的雷金纳德·戴利就为它辩护。但是，也许你还记得，他就是提出月球是由一次宇宙撞击形成的那位先生。人们往往认为他的看法很有意义，甚至很有价值，但有点儿华而不实，因此不值得认真考虑。因此，大多数美国学者坚持认为，大陆向来就在现在的位置，它们的表面特征可以归因于侧向移动之外的原因。

有意思的是，石油公司的地质工作者多年来已经知道，要想找到石油，你不得不考虑的正是板块构造所必然包含的这种表面移动。但是，石油地质工作者不写学术论文。他们只找石油。

地球理论还有一个谁也没有解决过的，或接近于解决过的问题。那就是，这么多沉积物都上哪里去了？地球上的江河每年要把大量被侵蚀的材料--比如，5 亿吨钙--带进大海。要是你把这一过程的年数乘以沉积速度，你就会得出一个惊人的数字：海底应该有一层大约 20 公里厚的沉积物--或者换一种说法，海底现在应该远远高出海面。科学家们以最简单的办

法来对付这个不可思议的问题--不予理会。但是，终于到了--一个时刻，不理睬已经不行了。

第二次世界大战期间，普林斯顿大学的矿物学家哈里·赫斯负责指挥一条攻击运输舰“约翰逊角”号。舰上配有一台高级的新型测深器，名叫回声测深仪，以便在海滩登陆过程中操作更加方便。但是，赫斯意识到，这台仪器也可以用于科学目的，因此即使到了远海，即使在战斗最激烈的时候，也从不关掉。他的发现完全出人意料。如果海底像大家认为的那样很古老，那么就该有一层厚厚的沉积物，就像河底或湖底的淤泥那样。但是，赫斯的测量结果表明，海底只有一层又黏糊又平滑的古代泥沙。那里到处都是悬崖、沟壑和裂缝，还有星罗棋布的--海底火山，即平顶海山。他称其为盖约特，以纪念早年普林斯顿大学的地质学家阿诺德·盖约特。这一切都是个谜，但赫斯的任务是打仗，他便把这些想法搁置脑后了。

战争结束以后，赫斯回到普林斯顿，主要从事教学工作，但海底之谜仍在他的脑海里占有一席之地。与此同时，在整个 20 世纪 50 年代，海洋学家对海底的考察日渐深入。在此过程中，他们发现了一件更加出人意料的事：地球上最雄伟、最大的山脉是在--主要部分是在--水下。它沿着世界的海床不断延伸，犹如网球上的花纹。要是从冰岛开始向南进发，你顺着这山脉可以抵达大西洋的中心，然后绕过非洲底部，越过印度洋和南太平洋，进入澳大利亚下方的太平洋；接着，它从斜里穿越太平洋，仿佛要去加利福尼亚半岛，实际上突然隆起，成为美国本土到阿拉斯加的西海岸。偶尔，它的山峰戳出水面，形成海岛或群岛--比如，大西洋上的亚速尔群岛和加那利群岛、太平洋上的夏威夷群岛，但大部分淹没在几公里深的海水下面，无人知晓，无人想到。如果把所有的支脉加在一起，该山脉总长达 75000 公里。

在一段时间里，人们对这些知之甚少。19 世纪铺设海底电缆的人已经发现，大西洋中部有山脉妨碍电缆的走向，但山脉的连贯性质和整体范围完全出乎人们意料。而且，它的形状很不规则，难以解释。在大西洋中部那座山冈的中段，下面有个峡谷--一条裂缝--宽达 20 公里，全长 19000 公里。这似乎表明，地球在沿着裂缝裂成两半，就像果仁爆裂出壳那样。这种看法荒诞不经而又扰乱人心，但那种迹象是不可否认的。

接着，1960 年，岩心样品显示，大西洋中部海底的山脊还相当年轻，但由此向东或由此向西，却变得越来越古老。经过考虑，哈里·赫斯觉得那种情况只有一种意思：新的海底地壳正在中央裂缝的两侧形成，然后被后面随即产生的更新的地壳向外推开。大西洋洋底实际上是两条大的传送带，一条把地壳传向北美洲，一条把地壳传向欧洲。这个过程后来被称之为海底扩展。

地壳抵达与大陆交界处的终点以后，又突然折回地球内部，这个过程称之为潜没。该学说解释了那么多沉积物的去向。原来，它源源不断地回到了地球的肚子里。该学说还说明了那里的海底都比较年轻的原因。人们发现，那里的海底年龄都不超过 1.75 亿年。这是个谜，因为大陆上的岩石年龄往往有几十亿年。现在，赫斯终于明白了，海底岩石的存在时间，只是它来到海边所花的时间。这是一种美好的理论，解释了不少事情。赫斯在一篇重要的论文里阐述了他的观点。但是，这些观点几乎没有引起广泛的重视。有时候，世界对好的见解确实缺乏思想准备。

与此同时，有两位独立开展工作的研究人员，正利用几十年前已经发现的一个有意思的地球史实，获得一些惊人的结果。1906 年，法国物理学家贝尔纳·布吕纳发现，这颗行星的磁场不时自行逆转，逆转的情况永久记录在某些正在形成的岩石里。具体来说，岩石里的铁矿石小粒子指向磁极，无论在它们形成之时磁极恰好在哪里，然后在岩石冷却和凝固的过程中永远指着那个方向。实际上，岩石“记住”了自己形成之时磁极的方向。多年来，人们只是觉得这很有意思。但是，在 20 世纪 50 年代，伦敦大学的帕特里克·布莱克特和纽卡

斯尔大学的 S.K.朗科恩研究了凝固在英国岩石里的古代磁场模式，说轻一点也是感到非常吃惊地发现，那些岩石表明，在遥远过去的某个时候，英国曾发生自转，向北移动了一段距离，仿佛是不知怎的脱了缆绳。而且，他们还发现，要是你把一幅欧洲的磁场模式图放在同一时期的美国磁场模式图旁边，二者完全合拍，就像是一封被撕成两半的信。这有点儿怪。他们的发现也没有引起注意。

最后，是剑桥大学的两个人把这些线头拢到一起。一位是地质学家德拉蒙德·马修斯，另一位是他的一名研究生，名叫弗雷德·瓦因。他们利用对大西洋海床的磁场的研究成果，很有说服力地表明，海床正以赫斯所推测的方式不断扩展，而且大陆也在移动。加拿大地质学家劳伦斯·莫雷很倒霉，他在同一时间得出了同一结论，但找不到人发表他的论文。《地球物理研究杂志》的编辑对他说：“这些推测拿到鸡尾酒会上去当做聊天资料倒还挺有意思，但不该拿到一份严肃的科学杂志来发表。”这件事成了一个冷落他人的著名例子。有一位地质学家后来把它描述成“很可能是有史以来被拒绝发表的最有意义的地球科学论文”。

无论如何，提出地壳移动的观点的时刻终于来到了。1964 年，该领域许多最重要的人物出席了由英国皇家学会在伦敦主办的研讨会。突然之间，好像人人都改变了观点。会议一致认为，地球是一幅由互相连接的断片组成的镶嵌画。它们挤挤搡搡的样子说明了地球表面的许多现象。

过不多久，“大陆漂移”的名字便被弃之不用，因为人们意识到，在移动的不光是大陆，而是整个地壳。但是，过了一段时间才为那些断片确定了名字。起先，人们称其为“地壳积木”，有时候还称其为“铺路石”。直到 1968 年末，三名美国地震学家在《地球物理研究杂志》发表了一篇文章，那些断片才从此有了现在的名字：板块。同一篇文章称这种新断片为“板块构造”。

旧的思想很难咽气，不是人人都马上接受那种激动人心的新理论。直到 20 世纪 70 年代，一本深受欢迎而又影响很大的、由德高望重的哈罗德·杰弗里斯撰写的地质学教材，还像 1924 年初版时那样，坚持认为板块构造学说在物理上不能成立。它同样不承认对流理论和海床扩展理论。在 1980 年出版的《海洋与山脉》一书中，约翰·麦克菲指出，即使到了那个时候，每 8 名美国地质学家中仍有 1 名不相信板块构造学说。

今天，我们知道，地球表面是由 8-12 个大的板块（取决于你怎么界定大小）组成的；它们都在以不同的速度朝不同的方向移动。有的板块很大，不大活跃；有的很小，但能量很大。它们与所在陆块只有一种附带关系。比如，北美板块比跟它有关的大陆要大得多。它大致沿着该大陆的西海岸伸展（由于板块边界上的磕磕碰碰，因此那个地区经常发生地震），但与东海岸完全没有关系，而是越过大西洋的一半路程，抵达大西洋中部的山脊。冰岛从中间一分为二，在板块上一半属于美洲，一半属于欧洲。与此同时，新西兰是巨大的印度洋板块的组成部分，虽然这个国家远离印度洋。大多数板块都是这种情况。

人们发现，现代陆块和古代陆块之间的关系，比想像的要复杂得多。哈萨克斯坦原来一度与挪威和新英格兰相连。斯塔滕岛的一角，仅仅是一角，属于欧洲。部分纽芬兰也是。在马萨诸塞州的海滩拾起一块石头，你会发现它最近的亲属如今在非洲。苏格兰高地以及斯堪的纳维亚半岛的很多地区，有相当部分属于美洲。据认为，南极洲的沙克尔顿山脉的有些地区可能一度属于美国东部的阿巴拉契亚山脉。总之，岩石是会来来往往的。

由于连续不断的动荡，这些板块不会合成一个静止的板块。如果大体上按照目前的情况发展下去，大西洋最终会比太平洋大得多。加利福尼亚州的很大一部分将漂离大陆，成为太平洋里的马达加斯加岛。非洲将朝北向欧洲推进，把地中海挤出局去，在巴黎和加尔各答之

间隆起一座雄伟的喜马拉雅山脉。奥地利将与北面的海岛连成一片，隔着一条狭长的地峡与亚洲相望。这些都是未来的结果，不是未来的事情。事情现在已在发生。我们在这里坐着的时候，大陆正在漂动，就像池塘里的一片叶子那样。多亏有了全球定位系统，我们可以看到欧洲和北美洲正以指甲生长的速度--大约以人的一生两米的速度--渐渐远离。要是你愿意久等的话，你可以从洛杉矶一直乘到旧金山。只是因为人的寿命太短，我们才无法享受这种变化。要是你看一眼地球仪，你看到的其实只是一张快照，记录着大陆在地球史的千分之一时间里的状态。

在岩质行星中，只有地球才有板块。为什么是这样，这多少是个谜。这不仅是个大小或密度的问题--在这些方面，金星几乎是地球的孪生兄弟，但它没有板块活动。据认为--真的仅仅是认为--板块是地球机体的重要组成部分。正如物理学家兼作家詹姆斯·特雷菲尔所说：“如果说构造板块的移动对地球的生命发展没有影响，这是难以想像的。”他认为，构造地质学引发的挑战--比如气候变化--对知识进步是个重要的促进。还有人认为，大陆漂移至少是地球上某些绝种现象的原因。2002年11月，剑桥大学的托尼·迪克森在《科学》杂志上写了一篇报道，强烈认为岩石史和生命史也许有联系。迪克森确认，在过去的50亿年里，世界海洋的化学结构时常突然发生戏剧性的变化；这些变化往往与生物史上的重大事件有关联--比如，大批微生物突然出现，后来形成了英格兰南部海岸的白垩悬崖；寒武纪贝类动物在海洋生物中突然增加；等等。谁也说不清什么原因导致了海洋化学成分不时发生戏剧性的变化。但是，海脊的张开和合拢显然可能是个原因。

无论如何，板块构造学不仅解释了地球的表面动力学--比如，古代三趾马是怎么从法国跑到了佛罗里达，而且还解释了它的许多内部活动。地震、群岛的形成、碳循环、山脉的位置、冰期的到来、生命本身的起源--几乎没有一样不是受这种了不起的新理论的影响的。麦克菲指出，地质学家们觉得眼花缭乱，“整个地球突然之间都说得通了”。

但是，只是在某种程度上。以往年代的大陆分布并不像大多数非地球物理学界人士认为的那样已经得到很好解决。虽然教科书上好像很有把握地列出了古代的陆块，什么劳拉古陆呀，冈瓦纳大陆呀，罗迪尼亚大陆呀，泛大陆呀，但它们有时候是以不完全能成立的结论为基础的。乔治·盖洛德·辛普森在《化石与生命史》中指出，古代世界的许多种动植物出现在不该出现的地方，而却没有出现在该出现的地方。

冈瓦纳大陆一度是一块很大的陆块，连接澳大利亚、非洲、南极洲和南美洲。它的版图在很大程度上是根据古代一种名叫石苇的舌羊齿属植物的分布确定的。石苇在该发现的地方都有发现。然而，很久以后，世界的其他地方也发现了舌羊齿属植物，那些地方跟冈瓦纳大陆并不相连。在很大程度上，这个令人不安的矛盾过去--现在仍然--很大程度上被忽略了。同样，一种名叫水龙兽的三叠纪爬行动物从南极洲到亚洲都有发现，但据认为这两个地方在同一时间曾经属于同一大陆。

还有许多地面特征构造地质学无法解释。以美国科罗拉多州丹佛为例。大家知道，这个地方海拔1500米，但那个高度是近来才有的事。在恐龙漫步地球的年代，丹佛还是海底的组成部分，在几千米深的海水底下。然而，丹佛底下的岩石没有磨损，没有变形。要是丹佛是被互相撞击的板块托起来的话，情况不该是这样。无论如何，丹佛离板块的边缘很远，不可能受到它们的作用。这就好比推一下地毯边缘，希望在对面的一端产生一个褶皱。在几百万年时间里，丹佛好像一直在神秘地上升，就像烤面包那样。非洲南部的许多地区也是这样。其中有一片1600公里宽的地方，在1000万年里隆起了大约1.5公里，而据知没有任何有关的构造活动。与此同时，澳大利亚却在渐渐倾斜、下沉。在过去的1000万年里，它一方面朝北向亚洲漂移，另一方面它的主要边缘下沉了将近200米。看来，印度尼西亚

在慢慢地没入水中，而且拖着澳大利亚一起下去。构造理论根本无法解释这些现象。

阿尔弗雷德·魏格纳没有活到看到自己的思想证明是正确的。1930 年，他在 50 岁生日那天独自一人出发去格陵兰岛探险，检查空投的补给品。他再也没有回来。几天以后，有人发现他冻死在冰面上。他被埋在那里，至今还在那里长眠，只是比他死的那天离北美洲近了大约 1 米。

爱因斯坦也没有活着看到自己支持了错误的一方。他 1955 年死于新泽西州的普林斯顿，实际上是在查尔斯·哈普古德发表“胡说八道”的大陆漂移理论之前。

提出构造理论的另一个主要人物哈里·赫斯当时也在普林斯顿，将在那里度过他的余生。他的一位学生是个聪明的年轻人，名叫沃尔特·阿尔瓦雷斯，他最终将以完全不同的方式改变科学界。

至于地质学本身，大变革还刚刚开始，年轻的阿尔瓦雷斯为启动这个过程发挥了作用。