

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

人之上升



序言

《人之上升》的大纲写成于 1969 年 7 月，而电视片到 1972 年 12 月才拍摄完毕。承担这样大规模的工作，令人非常激动，但要着手进行，却不是轻而易举的事情。这项工作要求作者始终不懈地保持旺盛的精力，投入全部身心。因此，我必须保证自己能够心甘情愿地做到这一点。比如说，我不得不毅然推迟已经开始的研究工作。我应当在这里说明一下，究竟是什么原因使得我去这样做的。

在过去的 20 年里，科学的发展趋势产生了深刻的变化：人们注意力的焦点已从物理科学转移到生命科学上。于是，科学越来越趋向于对个体的研究。但是，即使对于那些有心的旁观者来说，他们还未曾意识到，这在改变科学所塑造的人的形象方面，将会产生多么深远的影响。我作为一个在物理学专业受过训练的数学家，要不是因为一连串偶然的机，使我在步入中年之时有幸涉猎生命科学的话，我对此也会是茫然无知的。我有幸在我的一生中投身于两种富于创造力的科学领域，对此我十分感激。尽管我也不知道该感谢谁，但我是怀着一种感恩图报的心情来构思《人之上升》的。

英国广播公司向我发出邀请，是要我以电视系列节目的形式表现科学的发展历程，与克拉克爵士创作的有关“文明”的节目相配合。从好几个方面来说，电视都是一种令人赞叹的表现工具，它直接作用于人的视觉，形成强烈的印象，能使观众对所描述的地方和过程有身临其境之感，它谈吐自然，富于亲切感，使观众意识到自己所目睹的是人的种种行动，而不是事件。我认为，电视的后一个优点是最有说服力的，这也是我在同意以“电视随笔”的形式编写一部人的思想传记时最看重的一点。这里最主要的一点是，一般所说的知识，以及具体而言的科学，都是由人们提出的具体的思想观点，而不是由抽象的概念构成的。从知识的初始阶段到近代的和独特的模式与构想，莫不如此。因此，那些揭示了自然奥秘的种种重要观念都产生于人类处于最原始的文化状态时具备的基本的官能。使这些观念发生越来越复杂的联系的科学发现，也同样应当看作是人力所为：是人，而不仅仅是人的头脑，作出了种种科学发现，这些发现因此成为活生生的，并带有鲜明的个性特征。假如电视不用来使上述思想具体化，那么它就失去了效用。

在任何情况下，对各种思想的阐明都是一种个人的精心努力的结果。在这里，我们接触到了电视节目与这本书的共同基础。与讲座和电影不同，电视不在大庭广众之中播放。它只面对呆在一个房间里的两三个人，很像是一种面对面的交谈——而且是一种如话家常的、苏格拉底对话式的交谈：虽然在很大程度上也像这本书一样，是一种单方面的谈话。对于我这个十分注意研究知识的哲理性质的的人来说，这正是电视最有吸引力的一种禀赋，有了这种禀赋，电视也可以像这本书一样，成为一种富于说服力的精神力量。

这本印行的书还别具一种自由：它不像口头谈话，总是要受到时间流逝的无情的局限。

读者所享有的行动自由是听众和观众享受不到的：他可以中途停下来进行思考，也可以倒回去重读，反复推敲书中的论点，还可以把书中谈到的这件事与那件事作一番比较，而且一般说来，他可以欣赏书中翔实的论据，

思路却不会被打乱。当我现在把电视屏幕上最初讲到的内容形诸文字时，我尽量使思想的进程更加从容不迫。但是，仅仅是电视屏幕上最初讲到的那些内容，就需要长篇大论，涉及许多事先没有想到的关系和种种奇特之处，如果不把一些非常丰富的内容收录在这本书中，那将是十分令人遗憾的。其实我本来想多收集一些内容，在正文中间，详细补充一些所依据的原始材料和引文。然而，这样做就使这本书成为学者用书，而不是一般读者的读物了。

在改编电视节目脚本时，出于两个原因，我力图使本书文字接近口语。其一，我想保持口头语表达思想时的自发性特点，不管我写到哪里，我总是努力做到这一点。（出于同样原因，拍电视片时，只要可能，我也总是选择那些在我和观众的眼中显得新奇的地方。）其二，也是更为重要的一点，我还要维护论证的自发性；它突出问题的核心，尽量使它显得重要而又新颖，并指出解决问题的方向、路子。因此，尽管以这种方式进行的论证已被简化。

其逻辑仍然是正确的。对我来说，论证的这种哲理化的形式正是科学的基础，这是不容混淆的。

本书中这些文章的内容，实际上比科学所涉及的领域更为宽广。假如我不认为人类文化的进化还有别的方式，我就不会把这本书取名为《人之上升》。我在本书中的抱负与我在其它著作——无论是文学著作还是科学著作——中的并无二致：这就是，为 20 世纪创造一种哲学，这种哲学将是一个完整的整体。因此，正如我的其它著作一样，这本书与其说是表现了一部历史，倒不如说是表达了一种哲学；与其说是关于科学的哲学，不如说是关于自然的哲学。这种哲学的主题就是过去所说的自然哲学的当代版本。在我看来，我们今天的思维结构比过去 300 年来任何时候都更能使我们构想出一种自然哲学。这是因为，在关于人的生物学研究中最近的发现已经为科学思想指出了新的发展方向，即从一般向个体转变；自从文艺复兴打开了进入物质世界的大门以来，这还是第一次。

没有人类，就不会有哲学，也就不会有真正的科学。我希望本书明白无误地肯定了这一点。对我来说，了解自然的目的莫过于了解人类的本质，了解自然之中的人类的境况。

雅可布·布洛诺夫斯基

1973 年 8 月于加利福尼亚

第一章 人不是天使

人是一种非凡的动物。人具有一整套使自己在所有动物中显得无与伦比的天赋才能：因此，人并不像其它动物，只是自然景观中的一个景物，而是直然景观的塑造者。在肉体与精神两方面，人都是大自然的开拓者，是一种无所不至的动物，他在每一块陆地上不是发现、而是用双手创建了自己的家园。

据说，还在 1769 年西班牙人越过美洲大陆，抵达太平洋海岸时，他们就常听见加利福尼亚地方的印第安人说，每当月圆时分，鱼就会跃出水面，

在沙滩上蹦跳。的确，当地真有一种叫作格鲁尼昂的银鱼，常在月圆时分从水中游到高于正常潮线的沙滩上来产卵。雌鱼将尾部埋进沙里，雄鱼则盘桓其侧。雌鱼产下卵后，雄鱼使卵受精。所谓“月圆时分”，这一点最为重要，因为只有在两次涨潮之间的那 9 天到 10 天内，鱼苗才能够不受惊扰地孵化出来，在下次涨潮时，海水将孵出的鱼苗冲回海里去。

世界上每一种自然景观都表现出这种精确而美妙的适应性。凭借这种适应能力，每一种动物都像一个齿轮与另一个齿轮紧紧啮合那样适应着自己的生存环境。冬眠的豪猪等到春天来临，又开始了生气勃勃的新陈代谢。蜂鸟用翅膀急速地拍击空气，把尖细的嘴伸进那悬在高处的花蕊之中。蝴蝶模拟树叶的形状和颜色，甚至模拟有毒的东西，以欺骗天敌，免遭侵害。鼯鼠在地下打洞，仿佛是一种天设地造的穿梭机。

于是，千万年的进化，使银鱼完全适应了潮涨潮落的规律，能够准确无误地游到潮汐线附近。但是，自然——就是说，生物的进化——并未使人类适应任何特定的环境，恰恰相反，和银鱼相比，人类的适应本领相当笨拙；而正是这一点——人的状况自相矛盾的地方——使人类能够适应一切环境。在我们周围许许多多飞翔的、爬行的、打洞的和游水的动物中间，只有人不受其生存环境的束缚。人的想象、理智、敏感和刚毅，使人有可能改变自己的生存环境，而不仅仅是随遇而安。人类作出了一系列的发明，一代又一代地改造着自己的生存环境。这些发明是一种完全不同的进化——不是生物的进化，而是文明的演进。我们将人类走向文明演进顶峰的光辉历程称之为“人的上升”。

我在这里使用“上升”一词意义十分明确。人类以其富于想象的天赋与其它动物区别开来。人类综合运用自己的种种才能，制订计划，从事发明与创新。当人类学会以更复杂、更精巧的方式综合运用这些不同才能时，人类的创造发明也就更加复杂、更加精深了。因此，不同时代、不同文化形态在技术、科学和艺术领域的种种伟大发现。无一不表明人类才能的日益丰富和复杂的联系，表明人类智慧的常春藤的攀援上升。

当然，希望人类最富于独创性的智慧成果，同时也是人类最新的成果，这引动着我们的心；对于一位科学家来说，尤其如此。只要一想到脱氧核糖核酸（DNA）螺旋形遗传密码的解开，一想到在对人脑特殊功能的研究方面取得的进展，一想到建立相对论的自然科学研究上的洞察力，一想到物质的原子量级的细微运动，我们确实有充分的理由为人类在现代所作出的某些建树感到骄傲。

然而，如果一味赞美我们自己的成就，仿佛这些成就无须经历一段发展过程，那将是对人类知识的莫大讽刺。因为人类的成就，特别是人类的科学成就，并不是一座已经建成的博物馆，而只是漫长的进步过程中的里程碑。在这个进步过程中，炼金术士们的最初试验，以及中美洲玛雅天文学家们独立发明的精确计算都占有一定的重要地位。在相去 5 个世纪后的今天，安第斯山区的马丘比丘城（Machu Picchu）的石器和西班牙摩尔人的艾勒汉卜拉宫（Alhambra）的几何图形结构，在我们看来，都是装饰艺术的杰作。但是，如果我们对这些作品的鉴赏仅止于此，我们就无法领略那创造它们的两种不同文化的独到之处。对当时的人们来说，这些成就，正像今天脱氧核糖核酸结构对于我们一样，既引人注目，又至关重要。

每一个时代，都有一个转折点，有一种认识和说明世界的一致往的崭

新方式。所谓复活节岛（Easter Island）上的雕像中止了时光的流逝，这已成为不容否认的事实；而欧洲中世纪的时钟似乎也曾一劳永逸地宣告了关于天体运行的定论。每一种文化，当它被一种关于自然或人的新观念所左右而发生变化时，总是力图使自己的理想成份保持不变。但是，在回首往事时，同样使我们极为关注的是文化发展的连续性——从一种文明至另一种文明得以传播或再现的种种思想。在近代化学中，最出人意外的莫过于制成具有新的特性的合金，而在公元纪年以后的南美洲，甚至在那以前很久的亚洲，就已发现有合金制品了。有关原子分离和结合的概念也来源于人类在史前时期的一项发现：石头和一切物质都具有一种结构，按照这种结构，它可以以新的方式分解和重新组合起来。差不多与此同时，人类就在生物学方面作出了种种发明：农业，例如对野生小麦的栽培，以及关于驯养和驾驭马匹的令人难以置信的想法。

在追溯人类文化的转折和延续时，我将按照一般的而不是严格的编年顺序进行，因为使我感兴趣的是人的心智的历史，即人类发挥自己各种不同才能的历史。我打算把人的思想，特别是人的科学思想，与自然赋予人类的、从而使人变得无与伦比的才能的来源联系起来。

我所描述的，也就是多年来令我心驰神往的，即人类思想以什么样的方式来表达他本质中最基本的人性。

因此，本书或称系列文章，实际上反映了人类智慧的发展历程，也是人类到达他迄今所取得的成就高峰的亲身经历。人的地位不断上升，是因为人在不断地发现和认识自己天赋（他的种种禀赋与才能）的丰富内涵。人类在上升过程中的一切建树都是人对自然和对自身的认识的各个发展阶段的纪念碑——恰如叶芝（w.D.Yeats）所说，是“不朽智慧的丰碑”。

那么，应该从哪儿谈起呢？让我们从“创世”说开始——从人自身的创造讲起吧。查尔斯·达尔文（Charles Darwin）在他于 1859 年问世的《物种起源》和于 1871 年问世的《人类原始及类择》两书中，为我们指明了道路。现在几乎可以完全确定，人类最初是在靠近赤道的非洲地区发展起来的。人类进化开始的典型地区，可能就是延伸到北肯雅河流域（Northern Kenya）和埃塞俄比亚西南部，靠近卢多尔夫湖（Lake Rudolf）的热带荒原。这湖泊象一条长长的带子，从南到北，贯穿整个大裂谷（the Great Rift Valley），被厚厚的、有 400 多万年历史的沉积岩所环绕，而这里原先是一个面积大得多的湖泊洼地。卢多尔夫湖湖水多半来自曲折蜿蜒、缓缓流动的奥莫河（Omo）。这里很可能正是我们人类的一个发源地，即位于埃塞俄比亚、靠近卢多尔夫湖的奥莫河谷。

古代的许多传说常常把有关人的创造的故事放在一个黄金时代，在一种神奇的、风光旖旎的背景下加以描述。如果我想讲述创世纪的故事，此刻我就应当站在伊甸园中。但这里确实不是什么伊甸园。我是站在世界的肚脐上，在人类的诞生地，在靠近赤道的东非大裂谷。

这奥莫河谷的沉积平面，这重峦叠嶂，这荒芜的三角洲，无处不记录着人类的往昔。如果说这里曾是一座伊甸园，那么，这座乐园也早在几百万年前就已经衰败消亡了。

我之所以选择这个地方，是因为这里的地质构造颇为奇特。在过去 400 万年中，峡谷里堆积了一层又一层火山灰，其间夹杂着大片的页岩和泥岩。深厚的沉积物形成于不同时代，层层相叠，其年代的久远程度可以明显区分

开来：400 万年前的，300 万年前的，200 万年前的，以及不到 200 万年的。后来，大裂谷的形成使地面变得起伏不平，并使沉积物暴露无遗。这样，终于构成了一幅地图，从这幅地图上，我们一直可以看到那旷古久远的人类的过去。地层结构所揭示的时间记录——这种记录就埋藏在我们脚下——就镌刻在奥莫河两侧成扇状延伸的峭壁之上。

这些峭壁正是那层层相叠的断层：在前景部位，断层的底部已有 400 万年历史，仅次于此的断层也有足足 300 万年的历史。人这类生物以及与他同期生存的其它动物的遗骸就分布在这一断层之上。

这些动物的遗骸表明，它们至今仍未发生多少变化，这真是一个奇迹。当我们在距今 200 万年前的泥土中发现那些将要变成人类的生物的化石时，这些骨骼化石与我们的骨骼之间的差异如此明显，真令人不胜惊诧——例如，头骨就发生了很大的变化。因此，我们很自然地设想这里埋藏的其它动物骨骼也有过很大的变化。但是，在非洲发现的化石记录表明，情况并非如此。让我们象猎人那样看看今天的托皮羚羊 (Topi) 吧。200 万年前猎取这些羚羊祖先的人类祖先会一下子认出今天的羚羊。但他却认不出今天的猎人——他自己的白种的或黑种的后裔。

当然，决不仅仅是狩猎（或任何单一的活动）改变了人本身，因为，我们发现，在动物中间，猎食者也像被猎食者一样很少变化。狮子在捕食时仍然凶猛有力，而非洲大羚羊在逃跑时仍然疾奔如飞，二者之间仍然保持着很久以前的那种关系。当非洲出现干旱气候时，人类的进化就开始了：湖面缩小，森林变得稀疏，成了茫茫荒原。显然，这对于本来并不适应这种环境的人类祖先来说，倒是一件幸事。因为这种环境使那些能够适应环境的幸存者付出了代价，环境束缚了它们。当格雷维 (Grevy) 地方的斑马之类的动物适应了干旱荒原的环境时，这种环境不仅终于成了它们的生存空间，也成了它们难以逃离的陷阱，它们不得不待在那块地方，所有动物中最为适应这种环境变化的自然是格兰特 (Grant) 地方的瞪羚 (gazelle)；但它那妙不可言的跳跃也没有能够使它跳出这广袤的荒原。

正是在奥莫河谷这样的干旱地带，人第一次直立起来。人类上升的历程就这样开始了。

这一点看起来平淡无奇，但却至关重要。200 万年前，人类的第一个祖先用与今天人类毫无区别的脚直立行走。事实上，当他一旦足踏地面，直立行走时，人类就开始了生命的新的构成关系，从而导致了人的躯体各部份的新的协同关系。

当然，值得注意的首先是人类的头部，因为在人的所有器官中，头部经历了影响最为深远的变化。令人庆幸的是，头颅给我们留下了长久存在的化石（这一点不同于人体软组织）。尽管我们不能指望大脑组织本身提供什么信息，至少头骨遗骸可以告诉我们当时人脑的尺寸。在过去五十年中，在南非发现的许多头骨化石表明，这些动物已开始具备类似于人的结构特征。但是，具有历史意义的头骨化石是在赤道以南的一个叫作汤恩 (Taung) 的地方，而不是在奥莫河谷，由一位名叫莱蒙德·达特 (Raymond Dart) 的体质人类学家发现的。这是一个五六岁孩子的头骨，面部几乎是完整的，只有头盖骨稍有残缺。在 1924 年，这还是一个令人迷惑不解的发现，而且是同类化石中被发现的第一个，因此，在达特的开创性研究之后，它仍然受到人们的关注。

达特很快看出了这块化石的两个异乎寻常的特点：第一，这个头骨的孔容（即头骨上脊髓通过的孔）是直立着的；因此，这是一个头颅昂然竖立的孩子头骨。这是一个类似于人的特征，因为猴子和猩猩的头颅向前倾斜，而不是竖立在脊椎之上。第二个特征是牙齿。牙齿总是能够说明问题的。这个头骨的牙齿很小，呈方形——它们还是孩子的乳牙，但已不再是猩猩那种巨大的、用于搏斗撕咬的犬齿。这说明，这个生物用手而不是用嘴去获取食物。

这些牙齿还表明，它可能常吃生肉；而且，几乎可以肯定，这个用于的生物可以制造石斧之类的工具，以切割肉食和进行狩猎。

达特把这个生物叫作“南方古猿”（*Australopithecus*）。我不喜欢这个名称，因为它仅仅意味着“南方的类人猿”。对一个第一次不再是猿的、生长于非洲的生物来说，这是一个容易引起颠倒混淆的名称。我怀疑因为达特本人生于澳大利亚，他才胡诌瞎编了这么个名字。

此后，人们又花了十年时间，发现了更多的猿人头骨化石，——现在是成年的头骨化石了——直到 20 世纪 50 年代，关于所谓“南方古猿”的故事才拼缀完整。这个故事开始于南非，向北推移至坦桑尼亚的奥都维峡谷（Olduvai Gorge）。最近，人们在卢多尔夫湖盆地发现了迄今为止最为丰富的化石和工具遗存。这段历史是本世纪最令人欢欣鼓舞的科学发现之一；它就像 1940 年以前的物理学和 1950 年以来的生物学的发现一样，令人兴奋不已；它揭示了我們作为人类的本质。同那两门科学一样，这一发现使我们获益非浅。

在我看来，这个小“南方古猿”自有它的来历。1950 年，当其人类的属性尚未被人们确认时，我应邀承担一些与此有关的数学方面的工作。我能否测出这个汤恩孩子的牙齿形状和尺寸，以便把它与猿猴的牙齿区别开来？我手里从未拿过这样的化石，我也不是研究牙齿的专家。但我的工作干得很不错，至今我仍记得这件工作使我产生的激动之情。当时我已年过 40，以前一直干着关于物体形状的抽象的数学研究，突然我发现自己的知识已涉及到 200 万年以前，在对人类历史的探求中放射光华。这真是了不起呵。

从此，在我从事的科学研究中，在我创作的文学作品中，以及在眼下这本书中，我苦苦思考着的一个问题是：人究竟是怎样成其为人的呢？猿猴又是怎样变成了令我十分崇敬、灵巧机敏、善于思考、感情丰富、熟谙语言象征与数学，并具有从事艺术、几何、诗歌和科学等创造性活动能力、想象力丰富的人类的呢？人类的上升历程又是怎样使人从动物开始，发展到热心探索自然奥秘、不断追求新的知识，而笔者这些文字正是这种求知热情的一种表现的呢？我不知道这个汤恩孩子的生命是怎样开始的，但对我来说，这个头骨仍然保持着原始的幼稚状态，而整个人类的经历就是从这种幼稚状态开始的。人类的婴儿，人，是动物与天使的一种组合。例如，胎儿在母亲的子宫里会因生理反应而乱踢乱动——每一个母亲都知道这一点——所有的脊椎动物无不如此。这种反应能力虽是生物的一种本能，但却为日后熟练掌握种种更复杂的动作打下了基础。在出生后十一个月时，这种反应使孩子开始爬行。这就导致了新的运动，这些运动使人脑布满了蜿蜒曲折的沟纹（特别是在使肌肉的运动和平衡得到统一的小脑上），并使这些沟纹不断加深，由此形成了人的复杂运动的全部技能，使其成为人的第二天性。这时小脑活动已得到控制。人的自觉意识所要做的不过是发出一个指令。

到第十四个月时，这个指令就是“站起来！”于是，这个孩子就开始了直立行走的人的生涯。

人类的每一种行为都可以在某种程度上追溯到我们的动物的本原，假如脱离了生活的热流，我们不过是一些冷漠而孤独的生物。但是，应当探讨一下这样一个差别，即人与动物有哪些共同的生理本能，人又有哪些使他与动物相区别的天赋？可以任意设想一个例子，但要越简单越好，例，瞩运动员在奔跑或跳跃时的简单动作。在听到发令枪响时，运动员起跑的反应与瞪羚飞奔时的反应是一样的。在奔跑时，他似乎完全是动物性的。他的心跳加速，当他以最高速度冲刺时，他的心脏输送着相当于平时五倍的血液，其中90%输送给肌肉。他在一分钟内需要吸入20加仑的空气，给血液输入氧气，再由血液带给肌肉。

血液的急速流动和空气的输入是可以观测到的，可以象热量那样在对热辐射敏感的红外线照片上显示出来。（蓝色或浅色区是最热部分，红色或深色区则是温度较低部分。）我们这里所看到的和用红外照相所分析的情形只是一种表明肌肉运动限度的副产物。因为主要的化学反应是糖份的“燃烧”而使肌肉获得力量；其中3/4的热量在运动中散失了。还有一种更为严重的局限，对运动员和瞪羚来说都是如此。在以这样快的速度奔跑时，肌肉中的化学热量会因烧得太快而不能充分燃尽。来充分燃烧的废物，主要是乳酸，充斥在血液中，从而使人感到疲劳，并阻碍肌肉的活动，直到吸入新鲜氧气，使血液又变得清洁时为止。

至此，运动员与瞪羚之间并无任何区别——所有这些，都是任何一种动物在急速奔跑时正常的新陈代谢作用。但是，这里有一个基本的不同之处：那就是，奔跑着的运动员并不是在逃窜。发令枪声使他起步飞奔，但认真说来，当时他所体验的不是恐惧，而是一种意气风发的感受。运动员好似游戏中的孩子；他的行为是一种自由自在的冒险，他身体内部那一连串令人凝神屏息的化学反应是为了使他突破自身力量的局限。

不言而喻，人与动物之间，甚至人与猩猩之间，还是有一些生理上的差异的。例如，在撑竿跳高时，运动员能够准确无误地握住撑竿的恰当部位，这是猩猩所做不到的。而且，这个运动员是一个成年人，他的行为并不受眼前环境的支配，而动物则不然。与这种压倒一切的差异相比，上述差异就是次要的了。运动员的行为本身没有什么实际意义，只是一种力量的发挥。但是，他事先已有明确意图，然后运用技巧，最后，他怀着对未来成功的期望而跃过横竿。

做好了起跳的准备；这位撑竿跳高运动员俨然成为人类全部能力的一个缩影：手里紧握撑竿，足背拱起，两肩和骨盆的肌肉收紧——以及撑竿本身等，运动员就这样积蓄起力量，然后爆发出来，像离弦之箭，一跃而起。在这一连串的复杂行为中，最重要的一个因素就是预见意识，也就是预先确定某个行为的目的，并一丝不苟地集中全部注意力去完成的能力。

运动员的行为显示了一种连续性的计划，从撑竿的发明，直到运动员在腾跃前一瞬间思想的集中，这一切都深深打下了人性的烙印。

头颅并不仅仅是人的象征性标志，它是人深谋远虑之依托。从这个意义上说，头颅也是人类推进文化发展的力量的源泉。因此，如果我要追溯人类上升历程在动物阶段的开端，我就必须追溯人脑及其头骨的演化过程。不幸的是，在我们将要涉及的5000多万年的时间内，只有六七种有明显差异

的头骨化石可供我们据以划分这一演化过程的不同阶段。在这类化石的记录中，必然还埋没着许多阶段，其中有些可能会被人们发现；同时我们还必须在已知的人类头骨化石的序列之间大致地推测一下所发生的种种情形。分析一种头骨化石几何形状变化的最好办法是运用电子计算机。

开始是 5000 万年前生活在树上的一种小动物，一只狐猴；这个名字（Lemur）恰好是古罗马死亡之神的名字。这个头骨化石属于狐猴种类中的阿达皮斯（Adapis），发现于巴黎郊外的白垩纪地层中。把这个头骨化石倒过来，你就可以看到它的孔容位于头骨的背面。这是一个头颅悬伸而不是竖立在颈椎上的动物。它可能既吃昆虫又吃水果，它有 32 颗牙齿，比人和大多数灵长类动物的牙齿还多。

这个狐猴化石也具有一些灵长类的特征，就是说，猴科动物的特征，即猩猩和人的特征。从狐猴完整的遗骸来看，我们可知它有指甲，而不是爪子。其拇指至少可以与掌心垂直。而且，这个化石还确实具有两个表明它通向人类起源之路的特征。鼻子短，眼睛大，而且隔得很开。这意味着自然选择的结果有利于视觉而不利嗅觉。其眼窝仍位于头骨两侧，但与其它古代食昆虫动物相比，狐猴的眼窝已开始从两侧移到正面，从而开始产生立体视觉。狐猴已经育了向人类复杂的面部构造演化的微小痕迹；而人类正是从这时开始形成的。

总而言之，这是 5000 万年前的情形。在以后的 2000 万年中，在猴类演化的主线上，产生了一个分支，即向猩猩和人类进化的分支。沿主线发展的 3000 万年前的第二个化石发现于埃及的法信（Fayum），被命名为“埃及古猿”（Aegytopithecus）。“埃及古猿”的鼻吻较狐猴更短，牙齿与类人猿相似，身材高大，但仍在树上生活。不过，类人猿和人类的这位祖先偶尔也会下到地面活动。

又过了 1000 万年，我们回到了距今 2000 万年前。这时，我们所说的类人猿已生活在东非、欧洲和亚洲。路易斯·利基（Louis Leakey）发现的一个典型化石被夸张地命名为“总督”（proconsul），另外当时至少还有一种广泛分布着的种类，即“森林古猿”（Dryopithecus）。“总督”这个名字是人类学家的游戏之作；它用来暗示这种古猿是 1931 年伦敦动物园那只绰号叫“领事”的黑猩猩的祖先。）这种动物的脑容量明显增大，眼睛完全处于立体视觉的位置。这些动向告诉我们从猿到人的主线是怎样发展的。但是，如果这条路线再次产生分支（这完全可能），那么，这种动物就属于通向猿猴的那一支。它的牙齿表明它还是一只猿猴，因为其犬齿与颌部咬合的方式与人不同。

正是牙齿的变化表明了向人类演进的路线产生了分化。我们知道，在肯尼亚和印度发现的“腊玛古猿”（Ramapithecus）第一次宣告了人类的诞生。这种化石已有长达 1400 万年之久的历史，但我们只拥有其下颌骨的化石碎片。不过，可以看出，它的牙齿是水平排列的，更像人的牙齿，类人猿那种巨大的犬齿这时已不复存在，其面部也更加平坦，这时，我们显然已接近进化树的又一分枝，某些人类学家也许会不无唐突地把“腊玛古猿”算作人科动物（hominids）。

这时，在从距今 500 万年到 1000 万年间的化石记录中，出现了一段空白。因此，当人科动物向人发展的线索最终与现代猩猩发展的线索分离时，最令人好奇的那段历史便湮灭无闻了。不过，我们还没有发现上述历史过程

有什么颠倒混乱之处。于是，我们可以肯定，在距今大约 500 万年前，人类的远亲已经出现。

人类非直系的远亲是一种身体魁梧、喜素食的“南方古猿”。“南方古猿”粗壮种 (*Australopithecus robustus*) 与人相似，但没有向别的方向演化，只是灭绝了而已。它的牙齿是它以植物为生的证据；在那残存的牙齿化石上，有它吞食草根时泥沙留下的擦痕。

“南方古猿”的表亲在向人类进化的路线上走得顺利一些，而且——从颌骨的构造来看也是如此——它很可能是肉食者。它最接近我们前面谈到的“缺环”：它被称作“非洲南猿” (*Australopithecus africanus*)，是在非洲德兰士瓦等地发现的大量头骨化石之一。

这是一个成年女性的化石。我在开始时讲到的那个汤恩孩子，长大后就像这个样子，完全直立，步行，脑重一磅到一磅半。大猩猩的脑容量也不过如此；然而，这只是一个站立起来的、4 英尺高的小动物。理查德·利基 (Richard Leakey) 最近的发现表明，在距今 200 万年时，这种猿的脑容量要比前一种大些。

正是凭借这样大的脑容量，人类的这些祖先做出了两项重要的发明。关于其中一项，我们已有确切的证据，至于另一项，我们则只有一些推断性的证据。先说第一项发明。200 万年前，“南方古猿”仅能十分简单地把砾石砸出一个锐利的刃角，做成了最初的石制工具。

在以后的几百万年中，人在其进一步的演化中，也没有改变这种工具的样式。人的这一重要发明，是一种有目的、有计划的行动，这就是，准备并储存一块砾石，以便有一天派上用场。运用这种技艺，发挥预见的作用，是一种对于未来具有象征意义的行动，人类由此解除了生存环境强加给其它动物的那种束缚。对同一种工具的长期使用，体现了人类创造发明的力量。人类只须把这种石器粗钝的一端抵住掌心，用力攥紧，就行了。而且，这显然是肉食者用以切肉的工具。

另一项发明是社会性的，而且更多地是我们运用精确的计算推断出来的。已发现的大量“南方古猿”的头骨和骨骼化石表明，这些生物大多数不满 20 岁就去世了。这就意味着，一定有不少孤儿被弃诸身后。正如其它灵长类动物一样，“南方古猿”必定有一个漫长的童年时光：即使长到 10 岁，那些幸存者仍然是孩子。因此，一定有某种社会组织形式，使这些孩子得到照顾和收养，组成某种团体，接受某种意义上的教育。这是人类文明进化的伟大的一步。

在什么情况下我们可以说人类的这些前辈变成了人类本身呢？这是一个很微妙的问题，因为这种变化毕竟不是在一夜之间发生的。假如我们使这种变化显得比实际上更为突然，未免太愚妄可笑了——人们总是要么刻板地确定变化的进程，要么为变化的称谓争论不休。在 200 万年前，我们还不是真正意义上的人。在 100 万年前，我们已经变成了人，因为这时可以被称为人——直立人 (*Homo erectus*) ——的生物已经出现。这种生物的分布范围远远超出了非洲大陆。事实上，典型的直立人是在中国发现的。这就是北京人。北京人差不多有 40 万年的历史，而且肯定是最早使用火的动物。

100 多万年以来，在从直立人向我们今天的人类发展进程中，发生了重大的变化，但这种变化较之以往，又是循序渐进的。人们熟知的直立人的后继者已于上个世纪在德国被发现：这是又一个典型的人类头骨化石，即尼安

德特人 (Neanderthal) 化石。尼安德特人已有 3 磅重的大脑，与现代人不相上下。尼安德特人演化的某些线索可能已经中断，但其分布在中东的一支很可能直接进化成今人 (Homo sapiens)。

在过去的 100 万年中，人改变了自己使用的工具的性质——这种改变大概可以说是因为在这段时间内，人手有了生物学意义上的精巧的发展，特别是支配手的大脑中心有了发展。

在大约 50 万年间发展起来的生理上和文化上都更为复杂的这种生物，并不仅仅限于模仿“南方古猿”创制的老式的石斧。他制作的石器，需要更加精心的打制，也需要更加精心的使用。

人的这种技艺的发展和火的使用，绝非孤立偶然之举。恰恰相反，我们必须随时记住，生物进化和文化进化的真实内容，就是人类行为的日趋精巧与复杂化。只是由于这些行为本身不会留下化石，我们才不得不在人类遗留的骨骼和牙齿化石中去探寻究竟。骨骼和牙齿本身并不令人感兴趣，即便对它们所属的生物来说也是如此，它们不过是作为行动的工具和装备为其主人出力效劳而已——但是，对我们来说，这些东西就饶有趣味了。因为，作为装备，它们反映了人的行为，装备的变化反映了人类行为及其技艺的变化。

因此，处于进化过程中的人的变化并不是支离破碎的。人决不是某种灵长类动物的头盖骨与另一种的下颌骨的拼凑——这种误解实在太幼稚了，只能教人造出“辟尔唐人”(Piltdown) 这样的欺世之作。任何动物，更不用说人，都是浑然天成的整体。当行为发生变化时，这个整体的每一部分也必然发生变化。脑、手、眼、足、牙，以及整个人体的进化，导致了人的特殊天赋的组合——在某种意义上，可以说本书各章就是关于人类特殊天赋的论文。正是这些天赋，使人成其为人，比其它动物进化更快，行为方式也更加灵活多变。

与那些历经 500 万年、1000 万年、乃至 5000 万年而没有变化的动物(如某些昆虫)不同，人在这样的时间长度内已变得面目全非。人并不是世上最威严奇特的动物。甚至在哺乳动物产生以前，世界上还有过更为奇特的恐龙。但是，人具有其它动物所不具备的各种官能的巧妙组合。在生命诞生 30 亿年后，这种组合使得人成为最富创造性的动物。每一种动物都留下了它过去生活的痕迹，然而只有人留下了他过去创造的遗迹。

在漫漫 5000 万年的物种演化中，各种动物的食物变化是很重要的内容。在人的进化序列中位居首位的是那些眼灵手巧的吃昆虫、水果的动物，如狐猴。早期的类人猿和人科动物，从“埃及古猿”和“总督”到笨拙的“南方古猿”、都被认为是整天寻觅植物充饥的动物。但另一种体型较小的“南方古猿”则打破了古代灵长类素食的习惯。

仅就直立人而言，从素食到杂食的变化，曾经导致了尼安德特人和智人的出现。从体型较小的“南方古猿”发端，人类开始吃些肉食：先是小动物，后是大动物。肉比植物含有更多的蛋白质，而食肉使进食的时间和份量减少了 2/3。这一变化的后果对人的进化影响殊为深远。人从此有了更多的时间，可以用更为间接的方式获取食物(如从猎获的大型动物身上)，而不致于因饥饿而争抢食物，引起纠纷。显然，这使(由于自然选择)所有灵长类动物逐渐减慢了大脑对外界刺激做出反应行动的速度，直到发展成为人所独有的延缓满足自身欲望的特殊能力。

然而，增加食物供应的这种间接方式最显著的后果，是促进了人的社

会行为与社会交流。像人这样行动缓慢的动物，只有依靠集体合作，才能逐步追寻、发现和堵截在茫茫荒原上奔跑着的庞大动物。狩猎活动需用语言有意识地作出计划和安排，集结成伙需要制作特殊的武器。的确，语言在为人们所使用时，本身就具有某种狩猎计划的性质。也就是说，人不像其他动物，他可以使用语言，用一些由可变单位组成的句子相互提醒，协调动作。狩猎是一项集体活动，这种活动的高潮——也仅仅是高潮——就是齐心协力把捕获的动物杀死。

仅仅依靠狩猎，无法在一个地方维持不断增长的人口的生计；在这片荒原上，当时每一平方英里的面积只能维持两个人的生活。按照这样的人口分布，整个地球表面仅能维持今天加利福尼亚州所拥有的人口，即大约 2000 万人，连英国这样一个国家的人口都无法容纳。

于是，狩猎者们面临着严峻的抉择：要么饿死，要么迁徙。

人们的迁徙跨越了惊人的距离。100 万年前，他们在北非。70 万年前，或者更早些，他们到了爪哇。40 万年前，他们呈扇形分布到东方的中国和西方的欧洲。正是通过这种令人不可思议的迁徙，人类很早就成为一种分布广泛的生物，尽管当时人类的总数还很少——可能仅有 100 万人。

想来更加令人生畏的是，人类向北半球的迁徙恰好正是当那里的气候降到冰点以后。当时，那里气候奇冷，大地冰封。亿万年来，地球北部的气候曾经是温和可人的。然而，在人类涉足今天的中国和北欧以前，地球先后经历了三次冰河期。

40 万年前，在第一次冰河期最为严酷的时候，北京人正栖息在山洞里。因此，在这些山洞里发现人类用火的痕迹是并不奇怪的。冰雪向南延伸，又退缩回去，如此反复三次，大地随之发生变化。冰帽覆盖着大片地区，凝聚起大量的水分，致使海平面下降了 400 英尺。

20 多万年前，在第二次冰河期以后，有着巨大脑容量的尼安德特人出现了。而在最后一次冰河期中，他已成为地球上举足轻重的角色。

我们已知的人类的各种文化形态，形成于过去 10 万年至 5 万年之间的最近一次冰河期。我们发现了人类在这段时间制成的精巧工具，这些工具反映出人们狩猎活动的复杂方式：例如梭镖，甚至棍棒也被用作工具；以及装有倒钩的鱼叉；适于制作一切工具的燧石，自然也用来制作狩猎工具。

很清楚，那时也像今天一样，人类的发明虽然不多，但却很快传遍一种文化形态。例如，15000 年前，南欧的马格德林人（Magdalenian）的猎人发明了骨制鱼叉，最初，这种马格德林鱼叉上没有倒刺，后来装上了一排倒刺，到这个时期末，即当岩穴艺术蓬勃兴起时，这种鱼叉已安上了两排倒刺。由于这些马格德林猎人对他们的骨制工具的精心改进，我们可以根据其使用方式的演变，确定的制作年代和地理位置。它们真正是记述人类文化发展程序的化石。

人类之所以经受住了冰河期的严峻考验，是因为人的头脑的精密程度已经使人可以作出种种发明创造，并把这些发明创造变成社会财富。显然，冰河期导致了人类生活方式的改变。人类被迫较少地依赖植物、更多地依赖动物过活。在冰雪边缘地带从事狩猎的艰辛也改变了过去狩猎的策略。围捕一只动物，不管它有多大，已不大吸引人了。更好的选择是毫不放松地追随成群的野兽——并注意学会如何分析、培养它们的生活习性，包括它们四处迁徙的习性。这是一种有特殊意义的适应性变化，人类生活的游猎方式从此

发轫。当时，这种方式还有一些早期狩猎的性质，因为这仍然是一种追捕活动，狩猎的地点和速度都取决于所追捕的动物。但这种方式已带有某些后来游牧的性质，因此这些动物得到了人们的照料，被人们保护起来，成为源源不断的食物来源。

这种游猎生活方式本身就是一种人类文化的化石，而且很少保存至今。现在仍以这种方式生活的唯一民族是斯堪的纳维亚最北端的拉普人（Lapps），他们仍像当年在冰河时期一样，追随着驯鹿群。很可能，拉普人的祖先是距今 12000 年前尾随驯鹿群，来自比利牛斯山区的法兰西坎增布利安（FrancoCantabrian）岩穴地区的先住民，当时大地上的冰帽正最后一次从南欧向北方退缩。今天的拉普人约当 3 之数，而驯鹿则有 30 万头之众。这个民族的生活方式正在接近其尾声。驯鹿群不断迁移，渡过海湾，到那一片又一片的苔藓地带去觅食，而拉普人则随之前往。但是，拉普人并不是牧人；他们并没有控制鹿群，也没有驯化它们。他们仅仅是迁移到这些动物所迁移的地方去。

虽然驯鹿群实际上仍然是野生的，拉普人还是运用了某些传统方法来控制单个的动物，这些方法在别的人类文化形态中，也有所发现。例如，他们把雄鹿阉割了，用作拖载的挽畜。这是一种异乎寻常的关系。拉普人完全依赖驯鹿为生。他们吃驯鹿肉，每人每天一磅；利用驯鹿的体力以及毛皮和骨头，喝驯鹿奶，还将驯鹿角也派上了用场。但是，拉普人还是要比驯鹿更自由一些，因为他们的生活方式是一种文化的适应，而不是生物学的适应。拉普人所作出的适应性选择，即在冰天雪地中的游猎生活，是一种能够由他们自己加以调节的选择，并不象生物的突变（biological mutations）那样，是不可逆转的。所谓生物学的适应，是一种与生俱来的行为方式；而任何一种文化都是后天习得的行为方式，是一种约定俗成的社会生活方式，就是说，这种方式（就像其它发明一样）已为整个社会所接受。

文化适应与生物学适应有着根本的差异。这两种适应都可以在拉普人生活中得到证实。

用驯鹿皮作帐篷，就是一种拉普人明天即可改变的适应性选择，而他们的多数人目前正在这样做。从另一方面来看，拉普人，或者早于拉普人的先民，也经历过某种程度的生物学适应性变化，不过现代人类的生物学适应性差异并不大，因为我们人类最初是从一个中心迅速散布到世界各地的，可以说是一种同质的物种（ahomogeneous species）。然而，众所周知，在不同的人种之间，确实存在着生物学的种种差异。我们称之为“种族差异”，就是说，这些差异不会因为习惯和生存环境的改变而改变。例如，人无法改变其肤色。为什么拉普人是白种人？人类诞生之初，他们的皮肤是黑色的；阳光照射在皮肤上，使人体内产生维生素 D，假如在非洲的是白人，他的体内就会产生过多的维生素 D。而在北欧，人需要吸收几乎所有的阳光，以产生足够的维生素 D，因此自然的选择有利于皮肤更白的人。

不过，不同种族之间的生物学差异仅此而已。拉普人并不是凭借生物学意义上的适应能力得以生存至今，而是凭借他们的种种发明创造：凭借对驯鹿习性及其产物的富于想象力的利用，凭借把驯鹿变成挽畜，凭借种种人工制品和雪橇。要在冰天雪地中生存下来，并不取决于肤色，拉普人幸存下来，以及人类经受住冰河期的严峻考验而幸存下来，他们所借助的是所有发明中最重要的一种——火。

火是温暖家庭的象征。当 3 万年前古人类从此在地球上留下他们的踪迹时，他们是以岩穴为其居处的。可以肯定，人类象一个觅食者或猎人那样生活了 100 万年。我们没有关于史前这段漫长时期的历史记载。而这段时期却比有记载的、人类的任何一段历史都要长得多。

仅仅是在这段时期结束时，在曾复盖欧洲大陆的冰慢的边缘地带，在阿尔塔米拉（Altamira）的洞穴中，以及西班牙和法国南部的一些地方，人们才发现了支配作为猎人的类思想的记录。在那里，我们看到了人生活字其间的世界的模样以及他的种种心事和想法。有大约 2 万年历史的岩穴壁画把当时人类文化的共同基础，即关于他围捕和赖以生存的动物的知识，永远保存下来了。

像岩穴壁画那样的生动艺术，竟会显得如此年轻而罕见，不能不使人们感到迷惑不解：为什么人类视觉想象力的遗迹并不比他所制作的物品留存得更多呢？但当我们对此加以深入思考时，值得注意的就不是这种遗迹如此之少，而是毕竟还有那么一些了。人类原是一种孱弱、迟钝、笨拙、身上没有任何武器的动物——他不得不发明砾石器、燧石、刀、矛等。但是，为什么除了这些对人的生存至关重要的科学发明以外，人类又创造出这些今天看来仍令人叹为观止的艺术作品呢？首先，为什么人不在他们居住的地方，而要在这黑暗、秘密、荒凉、隐蔽、险峻难至的洞穴里创作这些动物图画呢？显而易见，只有在这种地方，动物形象才具有魔力。这无疑是对的，但“有魔力”只是一句空话，不是答案。这个词本身并未说明任何问题。它仅仅表明人类相信自己有力量，但这是怎样的一种力量呢？我们仍想弄清那些猎人们相信他们从这些图画中汲取的是什么样的力量。

这里，我只能提出我个人的看法。我认为，我们看到的这些图画第一次表达了类的预见能力。即向前展望的想象力。通过这些图画，猎人能够熟悉那些必将降临而又尚未降临的危险情景。一个猎人被带到这隐秘、黑暗的地方，用火光突然照亮这些图画时，他看到的是他将不得不面对的野牛和飞奔的鹿，以及正转过头来的野猪。他会产生孤身一人面对野兽的感觉，正如在实际狩猎中的体会一样。可怕的情景显现在他的眼前，他凭借已有的经验，握紧长矛柄，并不感到害怕。画家将那可怕的一瞬间描绘下来，而猎人则通过画面体验那一瞬间的感受。

对我们来说，这些岩穴壁画再现了当年猎人的生活方式，好似往事一瞥；通过它们，我们看到了人类的过去。但是，我认为，对古代的猎人来说，这些画面则是预见未来的了望孔；他们从这里向前展望。总括起来，这些图画好比是人类想象力的望远镜：它们把人的思想从已见之物引向臆想和假设之物。丹青赋彩，无非如此，对人类异乎寻常的观察力来说，平面图画对视觉也只具某种意义，而人却用思维的立体感和动感充实了这些画面，造成一种臆想中的真实情景。人们虽然看不见这种真情实景，但却可以诉诸想象。

除了作为动物能做的那些事情之外，艺术和科学都是人类特有的行为。在这里，我们已经看到，艺术和科学产生于人的同一本领：这就是使未来情景形象化的能力，凭借这种能力，人们可以预见将要发生的事情。人们通过照射在岩穴阴暗石壁上的一束光线和电视屏幕，或通过头脑中的种种形象，把它们表现出来。

我们现在也是通过想象力的镜头来观察事物的。想象力是一具时间的望远镜，我们正通过它回首往事。创作这些图画的人，以及当时身临其境的

人，正是通过这具望远镜展望未来。他们朝着人类上升的方向展望未来，而我们所谓的“文化进化”，实质上就是人类想象力的持续增长和不断扩展。

那些制作武器的人和创作图画的人实际上做着同样一件事——展望未来，推测将有什么会从眼前之事中产生出来，这是只有人类才能做到的。人具有许多无与伦比的天赋；但是。

这些天赋的核心，人类全部知识形成的根源，是从已见之物推知未知之物，使思想跨越时空，认识迄今发展起来的人类自身的能力。在这些岩穴中，人类留下的手迹在向我们宣称：“这是我的标志。这就是人。”

第二章 四季收获

人类历史的划分很不平衡。首先是人的生物学进化时期，即将我们人类与我们的猿猴祖先分离开来的各个阶段。这花费了几百万年的时间。然后是人类文化史：人类文明浪潮的长久激荡，终于使我们与少数残存至今的非洲狩猎部落、或澳洲的采集食物者相分离。但各种文化形态之间的差别加起来也不过几千年时间。追溯起来，这段历史仅约 12000 年——反正远远不到 2 年。从现在起，我将只讲述发生在差不多包括人类上升全部历程中的这 12000 年之间的事。然而，这两个数据，即人类生物学进化的时间跨度与人类文化进化的时间跨度差距太大，我不可能完全置之不顾，不赞一辞。

人类花了至少 200 万年时间，才从非洲中部的“南方古猿”那种手握石块、又黑又小的动物，变成古人。这就是人的生物学进化的进度——尽管人的生物学进化要比其它任何动物的进化快得多。但是，古人则只花了不到 2 年时间，就变成了你我渴望成为的人物：艺术家和科学家，城市建设者和未来计划制定者，读书人和旅行家，以及自然现象和人类情感的热心探索者。这些人的阅历比我们的祖先更为丰富多彩，想象力也更加狂放不羁。这就是人类文化进化的进度；这种进化一旦开始，按照这两种进化速度的比率，至少比人类的生物学进化快出 100 倍。

一旦开始：这是一个关键的短语。为什么使人类成为地球主人的文化竟开始得如此之晚呢？2 年前，在人迹所至的世界各地，人只是一个觅食者或狩猎者，其最发达的技艺莫过于像今天的拉普人那样，在迁移不定的动物后面紧追不舍。到了距今 1 年时，情况改变了，在有些地方，人类开始驯养动物，种植庄稼，这是标志着文明起步的一大变化。仅仅在过去 12000 年间，人类文明才开始起步，对此切不可等闲视之。在公元前 1 年前后，一定有过一次不同寻常的爆炸性事变——也确实有过这样一次事变。但这是一次悄然无声的爆炸，这就是最后一次冰河期的终结。

我们可以在某种冰川一类的景观中去把握这次变化的情景。在冰岛，春天一年一度降临。而当冰河期的积雪消融之时，欧亚大陆也曾春光烂漫。人类从非洲大陆动身，漫游了 100 万年之久，历尽难以想象的艰辛，终于突然发现大地鲜花盛开，四周动物成群，从此开始了一种与从前迥然不同的生活。

这就是人们通常所谓的“农业革命”。不过我却把它看作是含义广泛得多的“生物革命”。在这场革命中，植物的耕种和动物的驯养交织在一起，

交替发展，有如蛙跳游戏。就这样，人类在最重要的方面，即不是在物质的水平上，而是在生命的水平上，实现了对自身生存环境的主宰，即对动物和植物的主宰，伴随这样一场革命，发生了同样强有力的社会革命。因为，对这时的人类来说，定居不仅是可能的，而且是必要的了。这时，人这样一种浪迹天涯达百万年之久的生物，不得不作出一个极为重要的决定：是否中止流浪生涯，而成为定居的村民。关于某个曾作出这种决定的民族所经历的良心斗争，我们有一些人类学记录：这就是《圣经·旧约》。我相信，人类文明的进程取决于这一决定。也有一些民族始终未能作出这种决定。至今仍有一些游牧部落，从一个放牧地迁到另一个放牧地，过着逐水草而居的流浪生活：例如波斯的巴克提亚利人（Bakhtiari）。要明白为什么在这种游徙不定的生活中不可能产生人类文明，就得亲自与这些民族一道漫游，一道生活。

游牧生活的一切都是无从追忆的。巴克提亚利人总是独自迁徙，难以找到他们的踪迹。

象其他游牧民族一样，他们也认为自己同属一个家庭，是同一始祖的子孙。（同样，犹太人也把自己称作以色列或雅各的后裔。）巴克提亚利得名于蒙古人时代的一个传奇人物巴克泰尔（Bakhtyar）。关于巴克提亚利人起源的传说是这样提及这个人物的：我们的始祖，山人巴克泰尔，在古代，来自南方山区荒僻之地。他的后代好似山上的石块，不可胜数，他的子民繁荣昌盛。随着这个传说故事情节的发展，《圣经》式的回声一次又一次响起。《圣经》上说，始祖雅各有两个妻子，他作为收入分别为她们干了7年活儿。

试比较关于巴克提亚利人始祖的传说：巴克泰尔的第一个妻子生了7个儿子，即我们的7个有兄弟关系的父亲。他的第二个妻子有4个儿子。我们的儿子应从他们的叔伯那里娶得妻子，以免羊群与帐篷分离失散。

对以色列的孩子来说，羊群是最为重要的财富，故事讲述者（也就是婚姻监督人）一刻也没有忽视羊群聚散的问题。

在公元前1年以前，游猎民族曾紧紧追随野生动物的自然迁移。在大约1年前，绵羊和山羊首先被人们驯养，唯有狗比它们更早成为人们游牧生活的伴随者。当人们驯养这些动物时，人就肩负起对自然界的责任，也就是说，这些游牧的人们必须引导那些无力自助的动物。

在游牧生活中，对妇女的作用有严格的规定。首先，妇女的职能是生育男孩；女孩过多；会很快导致不幸，因为从长远看，过多的女孩儿预示着灾难的降临。除此以外，妇女还得为人们的衣食操劳。例如，巴克提亚利妇女要烤制面包——以恰如《圣经》上记载的方式，在烧热的石块上焙制未经发酵的面饼。但女孩和妇人要等男人吃过之后才能进食。女人和男人一样，整天围着羊群忙碌。她们挤出羊奶，倒入挂在粗糙的木架上的羊皮口袋中，使劲搅拌，从中提取凝固的奶酪。她们采用的办法很简单，唯有如此，才能在每天迁徙的中途随时取用。这种简朴并非出于浪漫，这是关乎生计的大事。每一样东西都必须十分轻巧，便于携带，每晚能很快地安顿下来，第二天早晨又利索地收拾起来带走。妇女们还用简单而古老的方法纺制毛线，她们这样做也只是为了应付旅途中必不可少的缝补之需、仅此而已。

在游牧生活中，人们不可能制作那类在几个星期内都派不上用场的东西。因为这种东西不便携带。而且，巴克提亚利人实际上也不知道怎样制作这种东西。如果他们需要金属锅，他们就从定居的人们那里，或者从专门制作金属用品的吉普赛人那里用以物易物的方式换取。钉子、马镫、玩具或小

孩玩耍的铃铛都从部落以外的换货交易中获得。巴克提亚利人的生活范围十分狭窄，他们没有时间，也没有精力去发展个人的特长。也谈不上创造发明。因此，在迁徙不定的生活中，人们从早到晚忙于生活琐事，无暇发展什么新方法或萌生什么新思想——也不可能有什么新的生活态度。他们至今保持的唯一习惯，就是自古沿袭下来的习惯。儿子的唯一抱负，就是做个像父亲那样的人。

这是一种乏味的生活。每一个夜晚都像前一天一样，不过是白天的终结，每一个清晨也和前一天一样，不过是旅行的又一次开始。东方初晓，每一个人都只想着同一个问题，羊群能被赶过下一这高高的山隘吗？在迁徙中，人们终究要翻越那最高的山隘。比如，在越过扎格罗斯山(Zagros)12000英尺高处的扎德库山隘(Zadeku)时，羊群必须奋力攀登，或沿着山崖突出部位小心翼翼地绕行。部落必须不断迁徙，牧人必须每天找到一块新的放牧地，因为在这高高的山上，一个地方的牧草一天之内就会被羊群吃光。

巴克提亚利人每年要跨越六座山脉（还得再次越过这些山脉，回到原来的地方）。他们在冰天雪地里艰难跋涉，在春天涉过那湍急的河流。只是在—件事情上，他们的生活方式要比一万年前的人们更为先进。那时，人们不得不肩扛背驮，徒步迁徙，而巴克提亚利人已经有自那时以来驯化的牲畜——马、驴、骡。除此之外，他们的生活并没有多少新鲜事物。也没有什么值得记忆的。游牧民族从不纪念死者。（有谁知道巴克泰尔在哪里？雅各又葬在何方？）他们堆砌的石块仅仅是为了在象“娘子关”(thepassofwomen)那样的地方标出路径。那里险状丛生，但对牲畜来说，要比那高山隘口更容易通过。

巴克提亚利人在春天的迁徙看起来真是一次充满英雄气概的冒险，但巴克提亚利人自己则不过是惯于吃苦耐劳而已。他们顺其自然，不知所终。夏季的放牧地仅仅是一个歇息之处——与以色列的子孙不同，对巴克提亚利人来说，没有什么由上帝赐予的希望之乡。一家之长，像雅各那样，操劳7年，可能会拥有50只绵羊和山羊。即使万事如意，他的这50只羊也许会在迁徙中损失10只。如果时命乖蹇，则可能损失20只。到头来，他只能像自古以来的人们那样逆来顺受。

有谁知道，在某一年中，那些老人在越过重重山隘后是否还能经受住最后的考验？这考验就是涉过巴祖夫特河(BazuftRiver)。每年有3个月时间，冰雪消融，河水猛涨。此时，部落里的男人、妇女、牲畜和羊群都已疲乏不堪。人们要花费一整天时间，用人力把牲畜牵过河去。而这正是人们经受考验的一天。在这一天，年轻人要成为男子汉，因为家人和牲畜的生死存亡取决于他们的努力，巴克提亚利人涉过巴祖夫特河，就好似犹太人渡过约旦河；这是男子成年的洗礼。对年轻小伙子来说，生活顿时会变得生气勃勃。但是，对老年人来说，生活便从此终结。

那么，当那些老年人不能涉过这最后一道急流时，他们会怎样呢？什么也不会发生。他们仅仅是留下来坐以待毙。只有那些狗看到有人被弃之不顾时会感到迷惑不解。这些人服从了游牧民族的习俗：他们走完了最后的历程，再也没有别的选择了。

从游牧到村居的变化，是人类在其上升历程中跨出的最大一步。是什么使这一变化得以发生的呢？当然，是人类的意志使然，但同时又是大自然奇特而神秘的造化之功使然。在冰河期终结时，新的植物突然间布满大地，

一种杂种麦也在中东地区出现了。很多地方都发生过这种事情，而其典型之地则是耶利哥（Jericho）那片，古老的沙漠绿洲。

耶利哥早在有农业之前便存在了。最初，在这荒原上的泉水边定居下来的人们只知收获而不知种植。我们知道这一点，是因为他们制作了用于收割野生植物的石镰。这真是不同凡响的远见卓识。他们用燧石制成保留至今的石镰。约翰·加斯顿（J. Garstang）于本世纪 30 年代在这里进行考古发掘时发现了这些石镰。这种古老石镰的边缘表明，它可能是装在用瞪羚的角或骨骼做成的手柄上的。

在山岗和斜坡上，最早的居民收获的那种野生麦已不复存在。但是，今天这里仍有一些野草，看上去一定很像野生麦，那种最初用于采集、而后又用石镰飞快地刈割的野生麦。从那时起，收割者沿用这种镰刀达 1 年之久。这就是纳图夫（Natufian）的前农业文明。

当然，这一文明未能长久延续下去。但它已处于农业兴起的前夜。农业文明接踵而来，发源地就在耶利哥的山岗上。

几乎可以肯定，古代世界农业发展的转折点，是两种麦穗硕大、籽粒饱满的麦子品种的出现。在公元前 8000 年以前，小麦并不像今天这样是一种高产作物；它只是遍布中东大地的众多野草中的一种。由于某种遗传学因素的偶然作用，这种野麦与一种天然牧草杂交，形成一种丰产的杂交品种。最后一次冰河期之后，植物重又茁壮生长起来，其时必定发生过多次这种偶然事变。作物生长的遗传机制使野生麦的 14 条染色体和牧草的 14 条染色体相结合，产生出带有 28 条染色体的二粒小麦（Emmer）。二粒小麦籽粒饱满，可以自然而然地传播开来，因为麦壳包裹种子的方式使种子可以随风飘散。

就这种杂交品种而言，其产量之丰是十分罕见的，但在所有植物中，这还不是独一无二的。冰河期以后关于众多植物的变化的传说更加惊人。后来又发生了第二次遗传学的偶然事变，这时二粒小麦已得到人工的栽培。二粒小麦又与另一种牧草杂交，形成一种带有 42 条染色体的大型品种，这就是小麦。总之，假如不是因为某一条特定的染色体发生了遗传突变，小麦本来也不会成为丰产作物的。

有些事情还要离奇。现在我们有一种非常美观的麦穗。但是，由于这种麦穗裹得太紧，风力不能将它吹开，麦粒也就不能随风播散了。倘若硬把麦穗掰开，麦壳便会被风吹走，而麦粒只会坠落在它原来生长的地方。请注意，这一点和野生麦以及最初的杂交种二粒小麦大不一样。那些原始品种的麦穗是张开的，如果麦穗破裂，结果就不一样了——麦粒将随风而去。耐小麦已不复具有这种特性。于是，突然之间，人类的生活方式与这种植物的生长特点配合起来了。人类获得了他所赖以生存的麦子，而此种麦子也依附于人类，因为只有依靠人们的播种，它才得以繁衍。小麦要靠人们的帮助才能增殖，人类必须收割麦穗，撒播麦种，人类和小麦休戚相关，相互依赖。这是一个关于生物遗传的美妙的真实故事，似乎人类文明的产生，事先已得到修道院院长格里戈·孟德尔（Gregor Mendel）遗传学说精神的庇佑。

自然界与人类生活实现了一种令人可喜的结合，从而缔造了农业。这种结合于 1 年前发生在旧大陆中东的“肥沃新月”地带（Fertile Crescent）。但是，它决不止发生过一次。几乎可以肯定，新大陆的人们也独立地发明了农业——或者，根据现有材料，我们可以确信，在新大陆，玉米之于人类，恰如旧大陆的小麦。至于在中东，农业传遍了从死海延伸到约地（Judea）

耶利哥荒凉地区这样广阔的地带，这仅仅是一个颇具特色的地区而已。实际上，在这个“肥沃新月”地带，农业很可能曾经有过好几个不同的发源地，有的可能早于耶利哥。

然而，耶利哥自有一些使它在历史上无与伦比、并使它具有重要的象征意义的种种特点。和别的那些早已被人遗忘的村落不同，耶利哥是一个比《圣经》还要古老、耸立在层层累积的历史陈迹之上的不朽城市。这座古老的、拥有淡水水源的城市是这片荒漠边缘的一块绿洲，从史前时代到于今，那里的泉水源源不断地流入耶利哥城。在那里，麦子与清泉相得益彰，也正是在那儿，人类开始了自己的文明历史。贝都因人（Bedouin）用头巾蒙住脸：从沙漠中冲出来，满怀妒意地望着这种新的生活方式：那里的人们把这块土地变成了一个奶和蜜不尽流淌的希望之乡。麦子和水源使这片往昔的不毛之地耸立起世界上最古老的城市。

曾几何时，耶利哥旧貌换新颜。来到这里的人们很快成为邻近人们嫉恨的对象，于是，他们不得不构筑城防，使耶利哥成为一座有城墙环绕的城市。早在9000年前，他们就修建了一座高塔。这座塔的塔基有30英尺宽，与此相应，其地基也差不多深达30英尺。考古发掘展示了层层相叠的过去的文明：早期陶器发明以前的人类文明，随后是早期陶器发明时的人类文明，7000年前陶器的出现；早期铜器，早期青铜器，中期青铜器。每一种文明相继产生，先后占据了耶利哥，并把它埋在自己脚下，使自己站立起来，因此，在今天看来，这座塔并不是埋在45英尺厚的泥土之下，而是埋在45英尺厚的文化积累之下。

耶利哥是人类历史的一个缩影。今后，还可能发现别的文化遗址，从而改变我们关于人类文明起源的描述（现在已经有了一些重要的新发现）。然而，站在这个地方，回顾现代人类上升的历程，在我们的思想和感情上都留下了十分强烈而深刻的印象。在我年轻时，人们认为人类对自然界的主宰地位来自人类对其生存环境的控制。现在我们懂得了，对自然界的真正主宰，来自人类对其生存环境的理解和改造，在这“肥沃新月”地带，人类与植物和动物不期而遇，他们学会了与这些植物和动物共同相处并进而改造客观世界，以适应自身需要，人类文明就这样开始了。当凯瑟琳·肯尼恩（Kathleen Kenyon）在20世纪50年代重新发现这座古塔的遗址时，她看见里面空空如也，一无所有，而在我看来，这阶梯就是一条主要线索，一个探知人类文明坚实基础的窗口，人类文明的坚实基础是活生生的人，而不是物质世界。

到了公元前6000年，耶利哥已成为一个广大的农业定居区。肯尼恩估计那里容纳了3000人，城墙以内占地面积达8至10英亩。妇女们用石制工具播种和收割小麦，这种沉重的工具也表明这是一个定居的社会。男人们则揉合、拍打粘土，制作建房用的泥砖，这是人们知的最早的砖。制砖人手指的印迹至今还清晰可辨，人类，就像小麦那样，从此固定在他们生长的地方。一个定居社会对生者与死者关系的处理也就不同以往了。耶利哥的居民保存了一些死者的头骨，在上面精心装饰。没有人知道这是为了什么，只知道这是一种出于敬畏之情的行为。

没有一个按照《旧约》信条教育成长的人，例如笔者，可以在谈及耶利哥时不提出这样两个问题：约书亚（Joshua）最后真的毁掉了这个城市吗？这里的城墙真的轰然倒塌了吗？正是这些问题把人们带到了这处遗址，并使

关于这个遗址的故事成为生动的传奇。关于第一个问题，我们可以简捷地回答：是的。以色列人的部落曾极力想进入这片上至地中海、并沿安纳托利亚山脉延伸到底格里斯和幼发拉底河流域的“肥沃新月”地带。而耶利哥正好是扼制他们通过约地山岗进入富饶的地中海沿岸地区的要冲。这是他们不得不占领的地方，他们也确实这样做了，大约是在公元前 1400 年——距今 3300 年或 3400 年以前。而直到大约公元前 700 年时《圣经》故事才写成问世。这就是说，作为一种文字记载，《圣经》所描述的大约只有 2600 年的历史。

但是，这里的城墙真的轰然倒塌了吗？我们无从得知。关于这处遗址，在考古学上没有证据表明某一天这里的全部城墙无端夷为平地。但在不同时代，这里的城墙的确曾经多次坍塌。仅在青铜时代，这座城墙就至少被重修了 6 次。这里是地震频仍的地区。大地每天都在微微震动；在一个世纪以内，就发生了 4 次大地震。仅仅是在过去几年里，人们才开始明白为什么地震总是沿着这条山谷发生。红海和死海位于东非裂谷大断层的延伸地带。两块大陆板块由地幔托着，紧紧相依。当这两块板块沿着这条断裂带相互挤压时、地面上就相应地受到来自地下的震动。因此，这里的地震总是沿着死海所处的中轴线爆发。而且，我认为，这就是为什么《圣经》里充满了关于自然界灾变的记载的原因：古代的洪水泛滥，红海和约旦河地区的持续干旱，以及那利哥城墙的坍塌等。

《圣经》是一部奇妙的史书，一半是传奇，一半是纪实。当然，历史总是由胜利者写成的。而当以色列人不期而至时，他们就成为历史的载运者。《圣经》故事就是他们的故事：这就是，一个民族不得不中止游牧和畜牧生活，成为农业部落的历史。

种田和放牧看上去都是些简单的行道，但在纳图夫地方发现的镰刀表明，这些行道并非静止不前。植物和动物驯化的每一阶段都需要人们做出发明创造，而这些发明创造开初只是一些技术手段，然后才从中萌发出科学的种种原理。人们始料不及，这些通过人类精巧的头脑发明的基本方法，在世界上任何地方的任何村落中都可以看到。各种各样的针、钻头、锅、火盆、铲、钉和螺钉、风箱、绳子、绳套、织机、铠甲、挂钩、纽扣、鞋——人们可以一口气举出上百种——制作之精巧，及其在人类上升历程中的重要性，不下于今天任何一种原子物理学仪器。人类发明的丰富多彩，是各种发明相互影响的结果，一种文化，就是各种思想成果的乘法器，其中任何一种新的方法都加速了其它新方法的产生，增强了其它方法的威力。

稳定的农业生活创造了一种技术，并且从中产生出今天整个物理学和全部科学。我们可以从早期镰刀到晚期镰刀的变化中看出这一点来。乍一看去，这两种镰刀非常相似：采集觅食者在 1 年前使用的镰刀与 9000 年前人们收割小麦时使用的镰刀。但是，只要仔细观察，就不难发现，收割用的镰刀上有一条锯齿状的刃，使麦子在收割时能保持完整：如果撞击麦穗，麦粒就会掉落在地上，而如果轻轻锯断麦秆，麦粒仍然裹在里面。从那时起，镰刀都制成这个样式——第一次世界大战时，我还是个孩子，那时人们还在使用带锯齿的弯曲的镰刀收割麦子。这样一种技术，这样一种物理学知识，如此不着痕迹地从农业生活中产生出来，以致于使我们觉得是这些思想发现了人类，而不是相反或别的什么。

当然，整个农业中最强有力的发明是犁的发明。我们把犁看作是开垦

土地的楔子。而楔子本身也是一件重要的早期机械发明：它是掘起土壤的杠杆，也是一项杠杆原理最初的应用成果。很久以后，阿基米德（Archimedes）在向希腊人解释杠杆原理时说，只要有一个杠杆的支点，他就可以移动地球。而早在几千年以前，中东地区的犁夫就已经在说：“给我一个支点，我将养活这个世界。”我已经指出，在晚得多的时候，人类至少又在美洲再一次发明了农业。但是，他们却没在那儿发明出犁和车轮。而这些东西的发明有待于驮马耕畜的使用。除了单纯的农业耕作本身，在中东地区，人类上升历程中重要的一步是驮马耕畜的驯养。正是由于没有取得这一生物学上的进展，新大陆的农业仍然停留在掘土棍和背筐的落后水平上；在那里，甚至连陶轮也没有出现过。

首次发现的轮子是公元前 300 年以前的遗物，地点在今天俄国南部。这些早期发现的遗物是坚硬的木制轮子，人们把这些轮子安在木排或雪橇上，用来拖运货物，于是，这种木排似的的东西或雪橇就变成了一驾马车。从此，车轮和车轴成为人类发明创造不断推陈出新的双重根源。例如，它后来又成为磨麦的器具，而且利用的是自然力：首先是畜力，而后是风力和水力。这种轮子成为一切旋转运动的典范，成为解释物质运动的准则，成为科学和艺术中超乎人类力量的绝妙象征。太阳是装有轮子的凯旋之车，而天空本身也是一个轮子，当时巴比伦人和希腊人就是这样描绘灿烂星空的旋转运动的。按照近代科学理论，自然运动（即未受干扰的运动）是直线运动；而对希腊科学来说，看起来自然的（即自然固有的）和事实上纯粹而完美的运动是圆周运动。

大约在约书亚进攻耶利哥城时，即公元前 1400 年，苏美尔（sumer）和亚述（Assyria）两地的机械工程师把车轮改变为一种滑轮，用来提水。同时，他们设计了大规模的水利灌溉体系。垂直的蓄水竖井至今像标点符号一样遍布波斯大地，这些竖井深入地下 300 英尺，与在地下构成水利系统的暗渠或地下水渠相通，只有在那样的深度，天然水才可免于蒸发。在这些工程建成 3000 年以后，胡齐斯坦（Khuzistan）的乡村妇女仍然从井中提取适量的水，以敷古老村社居民的日常之用。

暗渠是一种城市文明的晚近建筑结构，这意味着当时已有控制用水权、土地所有权以及其它社会关系的法律的存在。在一个农业社会（如苏美尔这样从事大规模耕作的社会）中，法律准则的性质与游牧民族的法律不同，后者只涉及一只山羊或一只绵羊被盗窃的问题。到了这时，社会结构和影响整个社会事务的规则发生密切关系：获得土地的权利、饮用水的控制和管理，以及轮流使用这些四季收获丰歉所系的珍贵水利设施的权利。

这时，村里的手艺人已经凭借自己的本事成为发明家。他们在制作精巧的工具中综合了各种基本的机械原理，这些工具实际上就是早期的机器。这些工具在中东地区已经成为文化传统的一部分。例如，旋弓（bow-lath）就是把直线运动转变为圆周运动的经典设计之一。这一设计十分巧妙，用一条绳子缠在一个滚筒上，把绳子的两端分别拴在一种类似小提琴琴弓的装置的两端，再把准备加工的木料固定在滚筒上，然后前后拉动弓弦，绳子和装有木料的滚筒也跟着转动，凿子开始来回切削着木料。这种综合性工具已有几千年的历史，1945 年，我在英国曾亲眼看见吉普赛人用这种工具制作椅子腿。

一种机械就是开发自然力的一种手段。从最简单的巴克提利亚妇女携

带的纺锤，到历史上第一座核反应堆，以及后来的种种成就，无不如此。然而，当这种机械开发出更大的能量来源时，它就越来越超出它原来的自然效用。不过，现代形式的机器似乎已经成为我们今天的一种威胁，这又是怎么回事呢？对这个惊人问题的回答，取决于机器所开发的能量的大小。关于这一点，我们可以用不同的方式来表达：功率是在机器的设计能力范围以内呢，还是二者完全不相称，以致使用者无法驾驭机器，正常地使用机器呢？这样，我们又回到那个古老的问题上去了，当人类第一次利用超乎自身的力量，即动物的力量时，这个问题就产生了。每种机械都是一种挽畜——甚至核反应堆也不例外。机械的应用，增加了人类开始从事农业生产以来从自然界获取的剩余产品。因此，每一种机械的发明都重复地引出这个原来的二难推理：机械开发能量，是为了满足实际应用的需求呢，还是要成为一种超出建设性应用范围的自行其是的力量源泉？关于机械力的限度的这一冲突，可以一直追溯到人类历史的泰初时代。

农业的兴起只是这场生物学革命的一部分，另一部分则是牲)；的习 i l 【t 和使用。动物驯 l 【t 的进程井然有序。首先是狗的驯 l 养，其时可能早于公元前 1 年。接着是食用牲畜的驯 l 养，开始是山羊和绵羊，然后是驮畜，如中亚地区野驴的驯 l 养。这些动物增“。的剩余产品远远超过它介) 所消耗的。不过，只有这些动物恪守本份，甘愿充当人类从事农业的仆役时，才是如此。

人类并未料到，从这时起，这些家畜已经孕育着对定居社会所赖以生存的剩余粮食的威胁。这确实出乎人们的意料之外；因为正是这些牛和驴，作为挽畜或驮畜，帮助人们增加了剩余产品。（《旧约》郑重其事地告诫人们要恰如其份地对待这些动物；例如，它禁止农夫把一头牛和一头驴套在同一张犁上，因为它们劳作的方式各不相同。）大约在 5000 年前，一种新的驮畜出现了——这就是马。这种动物比起先前的家畜来，速度快得多，强壮得多，从而拥有更多的优势，但是，从这时起，马却成为对村社的剩余产品的威胁。

马起初用来拖曳有轮子的大车，就像牛一样——但马拉的车豪华得多，那是首领们络绎出巡时乘坐的战车。大约在公元前 2000 年左右，人类学会了骑马。骑马的念头在那时必定像当初发明飞行机械的念头一样，令人惊愕不已。要做到这一点，必须要有更高大、更强壮的马——马本来是很小的动物，就像南美洲的无峰驼一样，不能长时间地驮载人。因此，煞有介事地把马当作坐骑这件事，开始于那些饲养和繁育马匹的游牧部落。这是一些来自中亚、波斯和阿富汗等地的民族；在西方，他们被称作“西徐亚人”（Scythians），这是对一种新兴的、惊人的东西，一种自然现象的统称。

骑在马上的人看上去要比一个寻常的人神气得多，他比别人高出一头，以令人瞠目结舌的速度奔驰向前，好像是高踞于世人之上似的。当那些植物和动物已被驯化，并为人使用时，骑马驰骋就不仅仅是一种超人的姿态，或是一种凌驾万物的象征性行为了。我们知道，当骑马的西班牙人于 1532 年扫荡从未见过马匹的秘鲁军队时，马在历史上又一次引起人们的恐惧和敬畏。因此，西徐亚人当时已成为席卷一切不懂骑马术的国度的恐怖之物。当希腊人看见西徐亚骑兵时，他们也以为马与骑手浑然一体；于是，他们创造出有关半人半马的怪物的传说。希腊人想象中的另一个半人半兽的杂种林神萨泰尔（Satyr），最初也是半人半马，而不是半人半羊的模样；来自东方的这种奔驰的动物引起的不安竟是如此之深。

今天，我们已不能指望重现当人骑着马第一次出现时，给中东和东欧等地民族带来的那种强烈的恐怖情景。我只能用 1939 年德国的坦克开到波兰，把面前的一切压得粉碎时的情景与之相比，两者只是在程度上有所不同而已。我相信，马在欧洲历史上的重要性历来被人们低估了。在某种意义上，作为游牧民族的活动，战争也是马创造出来的。匈奴人（Huns）带来了战争，弗里吉亚人（Phrygians）带来了战争，最后蒙古人带来的也是战争，这在后来的成吉思汗（Genghis Khan）时期达到了登峰造极的地步。特别是，这些能跑善追的动物改变了战争的组织方式。它们造成一种不同以往的战略战术——这种战略战术就象一种战争游戏，而战争贩子们又总是那么热衷于玩弄这种游戏。

骑马作战的策略取决于驾驭马的技术、迅速的联络、一连串出其不意的实战动作，这些特征仍然残存于亚洲的各种模仿战争的游戏之中，如象棋和马球。战争的策划总是被赢得战争的人看作是一种竞赛。直到今天，在阿富汗，人们仍然举行一种叫作“布日卡什”（Buzkashi）由当年的蒙古人流传下来的骑马竞赛。

参加“布日卡什”竞赛的都是职业骑手——就是说，他们都是受雇者，他们及其坐骑都经过训练，目的是争取胜利的荣誉。在盛大的节日庆典上，有来自不同部落的 300 多人参加角逐，不过，直到二、三十年以后我们才来组织这种竞赛。

参加“布日卡什”的人们并不组队。举行这种竞赛的目的不是要证明这一队比另一队更强，而是要产生一个夺标者。自古以来，竞赛中涌现出不少冠军，他们为人们所深深怀念。

这种竞赛的主持人由不再参赛的往届冠军担任。这位主持人通过一位传令官传达他发布的各种号令，这位传令官也可能是以前参加过比赛的人，只不过不那么杰出罢了。在竞赛中，我们看到的不是一只球，而是一只砍了头的牛犊。（这个形容可憎的玩物正在诉说着什么，似乎这些骑手正在玩弄农夫们的身家所系之物。）牛犊身躯重约 50 磅，竞赛的目的是看谁能抓住它，而不让别人夺去，并带着它通过两个阶段。第一阶段是纵马奔驰，绕过赛场边上竖立着的旗帜。然后，最困难的是返回出发点，夺得牛犊的人在掠过旗帜后，不断受到挑战，但这位骑手仍不顾一切往回跑向最终目标，冲向混乱争夺的人群中、地上画有一个圆圈的地方。

只有达到这个唯一的终点，才算赢得了比赛，因此没有宽客怨让可言。这不是什么体育竞技，日此无所谓“弗厄泼赖”。这纯粹是蒙古人式的战术，是一种突袭的训练方式。在这种竞赛中，令人惊叹的是那使蒙古人的敌手溃不成军的东西：看起来粗野无文的混乱争夺，实际上诡计多端。一旦胜利者胜券在握，争夺便突然停息下来。

人们的印象是，旁观的人们比参赛者还要狂热，感情更加难以自制。相形之下，参赛者倒显得沉着冷静；他们仪态万方地骑在马上，却又分明冷酷无情，他们关注的不是竞赛，而只是获胜。只是在竞赛结束之后，胜利者才会陶醉在胜利的兴奋之中，久久不能平静。他还得要求主持人认可他达到了目标，如果在混乱之中忘记这个仪式，他的成功可能不会被承认。最好记住每一个人都可以争取达到目的。

“布日卡什”是一种战争式的竞赛。使人惊心动魄的是那种有如美国西部牛仔式的道德原则，以临战的姿态骑马奔驰。这表现了那种偏执于征服的

文化状态；强盗显得像英雄，只是因为他骑在马上，风驰电掣般地掠过。但这股风是空虚的。无论是马，还是坦克，成吉思汗，还是希特勒，都是靠别的民族辛勤劳作养活的。游牧民族在历史上扮演的最后一个角色，就是战争贩子，但这是一个时代错误。而更糟糕的是，在迄今发现的世界里，在过去12000年中，不是游牧民族，而是那些定居的民族创造了人类的文明。

本章通篇贯穿着游牧生活与定居生活的冲突，波斯萨尔特尼亚（sultaniyeh）高原上，狂风劲吹，人迹罕至，阻挡了企图以游牧生活方式征服一切的蒙古人、成吉思汗的最后一次进攻。谈及这一切，就像吟诵一首悠长的哀歌。问题在于，12000年前兴起的农业发明本身并没有建立或确立定居生活方式。与此相反，与农业同时发展起来的动物驯养，却给游牧经济注入了新的活力。例如，绵羊和山羊的驯养，以及马匹的驯养，使成吉思汗具备了征服中国和穆斯林城市的力量和组织形式，使他得以挥师直叩中欧门户。

成吉思汗是一个牧人，又是一种强有力的战争机器的发明人——这种关系，道出了人类历史上战争起源的重要特点。而人们往往对历史事实视而不见。推测战争起源于人类的某种动物本能：似乎我们人类就像狮子一样，不得不以杀戮来寻求生存，或者像知更鸟一样，只知捍卫自己鸟巢的领域范围。但是，战争，有组织的战争，决不是一种人的本能。战争是人们经过周密计划、以合作方式进行的窃掠，1年以前，就有了这种窃掠，当人们收获了麦子，把余粮积蓄起来时，这些游牧民族从荒漠深处突然冲出来，抢走那些他们自己不能生产的粮食。从耶利哥的城墙和它那史前时代修筑起的塔楼，我们已经看到这方面的证据。这就是战争的发端。

成吉思汗及其蒙古王朝，把这种窃掠的生活方式带到人们想象中的黄金时代。从公元1200年到1300年，蒙古人作出了最后的努力，试图建立强盗的世界霸权，这些强盗，什么也不生产，无所用心，只知道从无处逃逸的农民那里抢劫农业生产所积蓄的粮食。

但是，他们的努力失败了，其所以失败，是因为对这些蒙古人来说，除了采取被他们征服的民族的生活方式之外，别无它途。当他们征服了穆斯林民族，他们也就变成了穆斯林。

他们后来也成为定居者，因为他们无法长期忍受战争、抢劫之苦。成吉思汗死后，他的遗骸仍由他的军队当作纪念物带到战场上去。但他的孙子忽必烈汗则成为中国的一个建设者和一个定居的君王，你们一定还记得柯勒律治（Coleridge）的诗句：

在夏那都（Xanadu），
忽必烈汗发号施令。
无比威严，令人欢欣。

成吉思汗身后的第五个继承人是完者都（Oljeitu）苏丹，他来到波斯这片荒凉的高原，修建了一座叫作萨尔特尼亚的宏伟的新都城。他本人的陵墓遗留至今，成为许多穆斯林建筑的样板。完者都苏丹是一位开明的君主，他的臣民来自世界各地。他是一位基督教徒，又是一位佛教徒，最后成为一位穆斯林，而且他确实试图——在这座宫殿中——建立一个世界性王朝。这个游牧民族对人类文明的贡献就在于此：从世界各地汇集各种文化，使它们熔铸为一体，再传播开来，使这个世界更加丰富多采。

蒙古这一游牧民族谋求霸权的结果真是一个辛辣的讽刺，完者都苏丹

身后享有“建设者”的声名。但事实上，农业和定居生活方式已在人类上升历程中逐步确立，而且为人类和谐的生活树立了一个新的标准，这在遥远的将来将结出丰硕的果实：这就是城市的组成。

第三章 石纹的启示

他手里，
拿着金制的圆规，
上帝在那无穷宝库中已将它准备，
划出所有的造物，和这个寰宇，
一只脚放在中心，另一只旋转，
向那广阔、深沉、混沌中划去，
说道：周边就这么遥远，世界就这么宽阔。
这就是你们的疆域，这就是你们的大地。
——弥尔顿《失乐园》

第 7 卷约翰·弥尔顿（John Milton）形容的和威廉·布莱克（William Blake）描绘的地球，只是上帝用圆规划出的一个单线的圆圈。但这是一种对自然过程的过份静止的描述。地球已存在 400 亿年以上。在整个这段时间中，地球由于两种力的作用而形成，而变化。地球内部的力使地幔突兀不平，使几块大陆板块上升和飘移。在地球表面，雨、雪、雹、河流、海洋、阳光和狂风的侵蚀，塑造出一种自然的建筑。

人类也成为自己生存环境的建筑师，尽管他们并没有掌握像大自然那样强大的力量。人类采用的方法一直是有选择和探索性的：行动总是取决于理解事物的某种理性方法。在此之前，我已在较之欧亚文明更为年轻的新大陆的文化形态中开始探寻这种理性方法的历史渊源。我在本书第一章 就已集中谈到了赤道非洲的情况，因为那里是人类的发源地。我在第二章 中谈及近东，则是因为那里是人类文明起步的地方。此时此刻，我们应该记起，人类在其浪迹天涯的漫游中已经到达别的大陆。

位于美国亚利桑那州的克尼翁德谢里大峡谷（CanyonaeChelly）是一个动人心魄的神秘峡谷，自耶稣诞生以来的 2000 年间，这里曾不间断地居住过一个又一个印第安人部落，为时比北美其它任何地方都要长久。托马斯·布朗爵士（Thomas Browne）曾经十分简洁有力他说过这样的话：“这些猎人在波斯睡了一觉，又在美洲起床了。”在耶稣诞生前后，猎人们开始在大峡谷定居下来，从事农业生产，从而在人类上升的历程中迈出了与人类当初在中东的“肥沃新月”地带开始的同样的前进步伐。

为什么新大陆文明的开始要比旧大陆晚得多？这显然是因为人类是新大陆上的后来者。

他们在船舶发明以前就来到新大陆；这意味着他们是在最后一次冰河期白令海峡变成一座宽阔的陆桥时徒步走过来的。冰山研究的证据表明，人类在两个可能的时期内，从旧大陆西伯利亚东端海岬跋涉到达新大陆阿拉斯加西部岩石嶙峋的荒原。一个时期是在公元前 28000 年到 23000 年之间，另

一时期是在公元前 14000 年到 1 年之间。此后，在最后一次冰河期末，冰雪融化，使海平面上升了几百英尺，从而关闭了新大陆居民的出路。

这就意味着，人类从亚洲来到美洲的时间不会晚于 1 年以前，也不会早于 3 年前。而且，他们也不是一下子蜂拥而至。考古学的发现证明（如早期的遗址和工具），有两股不同的文化潮流涌入美洲大陆。在我看来，更能说明问题的是一些微妙的生物学上的证据，我可以解释为：人类通过两次小规模迁徙，先后抵达美洲。

在北美洲和南美洲的印第安人部落中，人们的血型没有其它地方的居民中发现的 O、A、B、AB 四型血这样完整的血型。这一生物学上的变异现象揭示了他们祖先来源的奥妙。

由于所有人的血型都是从遗传得来的，因此血型提供了过去历史上的某些遗传学记录。一个民族的人全然缺少 A 型血，表明他们的祖先也是肯定没有 A 型血；B 型血也是这样。事实上，美洲印第安人的情况正是如此。中美洲和南美洲的印第安部落中的人们[如在亚马孙，在安第斯，在火地岛（TierradelFuego）全属 O 型血；一些北美部落亦复如此。其它一些部落，如苏族（Sioux）、奇珀瓦（Chippewa）和普韦布罗（Pueblo）的印第安人，则同时包含 O 型血和百分之十到百分之十五的 A 型血。

总之，所有这些证据都表明，在美洲任何地方根本没有人有 B 型血，这一点有别于世界上其它大多数地区的居民。在中美洲和南美洲，所有印第安人先住民都是 O 型血。在北美洲，则是 O 型血和 A 型血。对此，目前尚难做出恰当的解释。但是，可以相信，有一个小型的、具有亲属关系的团体（其成员全是 O 型血）迁徙到了美洲；人口增殖后，又散布到了南美洲。随后，第二个小型的团体，包含 A 型血，或者 A 型和 O 型血，接踵而至，但只抵达北美洲。北美洲的印第安人中自然包含一些后来这批的移民，比较而言，他们是新大陆的后来者。

大峡谷的农业状态也反映出这种晚近的性质。在中美洲和南美洲，人们一直种植玉米，但在这里，却只是耶稣诞生前后才开始的。这里的人生活非常简朴。没有居室，在山洞里栖身。在大约公元 500 年时，引进了陶器。人们就在山洞里掘穴居住，用泥坯和粘土筑成房顶。不过，在这一发展阶段，大峡谷的社会十分稳定，一直保持到大约公元 1000 年普韦布罗文明与砖石建筑一同来临之时。

我在这里不过是把作为建筑构件的组的泥筑和砌筑两种方法加以大致的区分。这种区别看上去非常简单：不过是泥筑和砌筑而已。但是，事实上，这表现了人类智慧的重大差异，而不仅仅是技术上的不同。而且，我相信，这无论如何也是人类所采取的最重要的步骤之一；人手的塑造行为和分解行为互相区分开来。

取来一些粘土，捏成一个球体，一个小陶土人像，一个杯子，一座陶制房舍模型，看起来是这个世界上最自然不过的事情了。我们甚至会觉得这种东西从来就具有这种自然形态。

事实上当然并非如此。这是人工制作的形态。陶罐反映的是作怀状的手掌；陶舍体现的是人手的构造行为。当人类赋予自然物这些令人感到温暖的、浑圆的、柔和而又具有艺术性的形态时，还谈不上对大自然本身有多少知识。人们所表现的只是人类自己的手的形态。

但是，人手的另外一种行为则与此不同，甚或可以说截然相反。这就

是对木材和石料的分解；由于人手（借助于某种工具）通过这种行为探求和触及到了材料表层下面的东西，从而使人手本身也成为一种“发现”的工具。当人们劈开木材，或砸开石头，使大自然在这些材料中留下的印迹暴露无遗时，人类就开始迈出了智慧发展的伟大的一步。普韦布罗人正是从那高出亚利桑那居住地 1000 英尺的红色砂岩峭壁上，学会了如何迈出这一步的。那里的岩石构造适于开采；大块大块的岩石沿同一断层走向分布在大峡谷高高的峭壁上。

自远古以来，人类就通过打击石块来制作石器。有时，人们根据石头自然形成的纹理砸制石器；有时，工具制作者琢磨打制方法，自行摸索出一套开石线路。这也许最初是从劈木头发展而来的，因为木材具有明显的纹理，人们容易顺着纹理将其劈开，而很难从横断面将其剖开。这样，人们揭示了物质的内在本质，揭示了由这种结构所支配和反映出来的种种规律。人手从此不再局限物质的外形塑造。相反，它变成了一种令人愉快的“发现”的工具，因为在人的掌握之中，工具超越了它的直接用途，深入并揭示了材料内部隐藏着的性质和形式。正如一个人剖开了一个结晶体，我们发现了以这种形式存在的自然的内在规律。人类探索大自然，旨在发现事物的潜在秩序。物质的构成方式反映了其表层下面的某种结构，这种结构一旦揭示出来，人们就有可能按照其自然形态将其分解，并且以新的方式将其重新组合起来。在我看来，在人类上升的历程中，理论科学正是从这一步骤开始的。人类组成自己的社会的方式，也像他们形成关于自然的概念的方式一样，是天生如此的。

人类以家庭形式，家庭以血缘团体形式，血缘团体以部族形式，部族以部落形式，部落以民族形式，联系在一起。等级观念，层层相叠的金字塔式的观念，贯穿于我们看待自然现象的一切方式之中。基本粒子构成原子核，原子核组成原子，原子组成分子，分子组成基因，基因构成核酸，核酸又组成蛋白质。由此，我们再次发现，在自然界，有某种东西看上去竟与人类社会关系的构成方式有着深刻的相似之处。

大峡谷是人类不同文化的一个缩影，当普依布罗人于公元 1000 年以后在这里修起那些宏伟建筑之时，他们的文化已经达到了很高的水平。人们在这些石砌建筑中不仅表现了对自然的某种理解，而且也反映出对人类社会关系的一种理解；因为普依布罗人在这以及别的地方修建了一种类似微型城市的村落。这种崖洞住所成阶梯形，有时有五六层之多，一层一层地凹进去。底层的前缘与悬崖的边沿对齐，其后部则嵌进悬崖。这些结构复杂的庞大建筑物占地面积达二三英亩，拥有 400 个或更多的房间。用石块砌成墙，墙构成房屋，座座房屋构成街巷，条条街巷构成城市。无数石头建起一座城市，城里住着无数居民；但城市并不是石块的堆积，也不是人的聚合。正是在这从村庄向城市发展的阶段，一种以劳动分工和连续不断的需求为基础的社会组织形式才得以产生。然而，只有在一种已经消亡的文化形态中，只有亲身漫步在我们无从得见的这样一座城市街道上，才有可能重新领略当年的情景。

马丘比丘城（MachPicchu）座落在南美洲海拔 8000 英尺的安第斯高原上。它是印加人在其帝国鼎盛时期，即大约公元 1500 年或更早一些时候修建的（差不多与哥伦布（Columbus）抵达西印度群岛同时）。在那个时候，制订修建一座城市的计划，是这些印加人最了不起的成就。1532 年，当西

班人攻占并洗劫秘鲁时，他们忽略了马丘比丘及其姊妹城市。此后，这个城市被人们遗忘了近 400 年之久，直到 1911 年冬季的一天，耶鲁大学的年轻考古学家海拉姆·宾厄姆（Hiram Bingham）（1）才偶然地发现了它。到这时，这座城市已被废弃了几个世纪，只剩下断壁颓垣。不过，正是在这座城市的遗迹中，包含着各个时代及世界各地的各种城市文明的结构形态。

一座城市必须有一个物资供应区，作为它赖以存在的基础，而这个地区将能够提供充足的农业剩余产品；对印加文明来说，这基础就是那层层梯田上生长着的粮食作物。当然，这些梯田如今已是荒草丛生，一片萧瑟景象，而当时上面曾生长着马铃薯（它至今仍是秘鲁的特产），和在很长一段时间内都是当地特产的玉米。玉米最初是由北方传来的。这座城市又是一个举行各种庆典的场所，当印加人到来时，这里无疑生长着热带地区的奢侈品——古柯，印加贵族咀嚼着古柯叶，使庆典的狂欢达到高潮，而人们今天则从古柯叶中提取可卡因。

这种剃田文化的核心，是水利灌溉体系。这一体系先后由前印加帝国和印加帝国修建；它联结起所有的梯田，并通过水渠和水管，流经山间深深的沟壑，一直通向延伸至太平洋海岸的辽阔荒原，使这片荒原变得繁荣富饶起来。在中东的“肥沃新月”地带，文明是对用水量的控制，而在秘鲁，印加文明则建立在对灌溉系统的控制基础之上。遍及整个帝国的庞大水利工程体系需要一个强有力的中央政权来管理。在美索不达米亚是这样；在埃及是这样，在印加帝国也是这样。就是说，这座城市和其它所有的城市由一个无形的网络联结起来，通过这个网络，当局的权威无处不在，人们能听到统治者的声音，收到他从中央发布的命令和信息。有三项发明支撑着当局的统治体系，它们是：道路、桥梁（尤其在像这样的一片荒原上）和通讯。它们从四面八方汇合到印加王所在的中心，又从这个中心散布开去。它们是一个城市与其它城市紧密联系的三大媒介，但是，我们突然发现，在马丘比丘这个城市，情况却有所不同。

在一个大帝国里，道路、桥梁、通讯总是先进的发明，因为如果它们一旦中断，帝国的统治也就随之而终止，甚至导致统治阶层的垮台——在近代的革命中，它们是典型的首当其冲的攻击目标。我们知道，印加王一直在精心保护这些设施。但是，在这些道路上没有车辆往来，在桥梁的建筑上也没有采用圆拱，信函也不是用文字写成。印加人的文化在 1500 年时还没有作出上述发明。这是因为美洲文明的开端延缓了几千年之久的缘故，而在它未来得及作出旧大陆已有的全部发明之前，就被外族征服了。

这看起来似乎很奇怪：已经知道如何利用滚木运送大块石料的建筑学竟没有发展到应用车轮；我们忘记了关于丰轮的应用，关键是固定的车轴。这一点也颇为奇怪：人们修建了悬索吊桥，却没有想到建造拱桥。而奇中称奇的是，一种能够精心保存数字资料的文明形态，却没有将这些资料以书面形式记录下来。这是否因为印加王也像他那些卑贱的臣民一样冥顽不化，抑或像推翻他的西班牙海盗一粗野无知呢？

印加王用一节一节剪断的绳子，以数字形式记录信息，这种记事的绳结被称为“奎普斯”（Quipus）（2）。“奎普斯”只记录数字（其结头的安排恰如十进制），作为一位数学家，我对此倍感亲切，可以说，这些数字是一种像言语那样信息丰富、富于人性的标记；但它们毕竟不是语言。要而言之，描述一个秘鲁印加人生平的数字，就像电脑打孔卡片背面的数字一样，而卡

片上凹凸不平的纹路，也就好比这些打结的绳索。当这个人结婚时，有关他的一段绳结就与另一家族的绳结联在一起。印加王军队的每一件装备，每一座谷仓和货栈，都如数在“奎普斯”上记录下来。事实上，秘鲁已经成为未来那种令人生畏的大都会，成为一座记忆库，帝国冷漠无情地用数字形式记载每一位臣民的行为，安排他的劳作，确认他的地位。

这是一种相当严密的社会组织结构。每一个人都有一个位置；每一个人都供给衣食；每一个人——农民、工匠、士兵——都为同一个人工作。这就是至高无上的印加王。他既是国家的主宰，又是神明的化身。那些为印王效劳的匠人，怀着敬畏的心情刻石作画，以象征太阳、太阳神与印加王的关系。

然而，这又必然地是一个非常脆弱、外强中干的帝国。从 1438 年起，在不到 100 年的时间内，印加王征服了 3000 英里的海岸线，从安第斯山脉以至太平洋海岸，莫非王土。但是，到了 1532 年，几乎是目不识丁的西班牙冒险家弗朗西斯戈·皮萨罗（Francisco Pizarro），仅率 62 匹令当地土著不胜恐惧的战马和 106 个步兵，进入秘鲁，转瞬之间，就征服了整个印加帝国。他是怎么做到这一点的呢？砍去金字塔的顶端——俘获印加王。从此，这个帝国一蹶不振，而那些城市，那些美丽的城市，则被贪得无厌的西班牙强盗洗劫一空。然而，一座城市毕竟不只仅育一个中央政权。何为城市？城市即人民。城市是有生命的。它是以比村落富饶得多的农业区域为生存基础的社会，足以负担每一种手艺人的生计，使他得以终身专操其业。

这些手艺人早已谢世。他们的作品也已湮没无闻。那些缔造了马丘比丘文化的人们——金匠、铜匠、织工、陶工——的作品被抢劫殆尽。编织物腐朽了，铜器锈蚀了。留下来的只有石匠的作品，这是那些创造了这座城市的城市的人们绝妙而高超的技艺的见证。——创造城市的不是印加王，而是那些手工匠人。自然，如果你为印加王工作（或为任何一个人工作），他的鉴赏趣味就会支配你，你自己也就不能有什么独创和发明。直至印加帝国来日来临，主匠们使用的仍然是横梁；他们从未发明拱形结构。这就是新大陆与旧大陆之间文化时滞的差距，因为横梁的发明恰好是 2000 年前希腊人达到的最高成就，也是他们止步不前的所在。

帕埃斯图姆（Paestum）（1）位于意大利南部，曾是希腊的一个殖民地，那里的神庙比帕特农神庙（Parthenon）更为古老：始建于大约公元前 500 年。现在，那里的河流早已淤塞，帕埃斯图姆隔着一片干涸的盐碱平原，与大海遥遥相望。但它昔日的风采仍然蔚为壮观。尽管在 9 世纪时，这里曾遭萨拉森人（Saracen）海盗的洗劫，在 11 世纪时又经历了十字军骑士的枪掠，成为一片废墟，但是，帕埃斯图姆仍然是希腊建筑的一大奇观。

帕埃斯图姆兴起之时，正是希腊数学发端之日；毕达哥拉斯（Pythagoras）背井离乡，就在离帕埃斯图姆不远的另一个希腊殖民地克洛同（Crotona）传授学问。正如 2000 年以后秘鲁数学的成果一样，这里的希腊神庙完全由直角和方形结构组成。希腊人当时也没有发明拱形结构，因此，在他们修建的神庙中，石柱拥挤，通道交道地错。在这些神庙成为废墟后，它们看上去显得空阔，但事实上它们是一些内部没有什么空间的纪念性建筑。这是因为，它们要靠一根一根的立柱支撑，而每根横梁所允许的跨度又受到其强度的限制。

如果我们用图像显示横跨两根立柱的横梁，电子计算机的分析表明，

当立柱之间的距离拉开时，横梁的应力就会增加。横梁越长，其自身重量从上面产生的压力就越大，其底部产生的张力也就越大。石头所能承受的张力很小；如果只承受到压力，立柱尚不会倒塌，但如果张力过大，横梁就会断裂。除非立柱相互靠近，否则横梁就会从底部发生断裂。

希腊人真是足智多谋，为了使建筑物变得轻巧一些，他们使用了两层支柱。但这也不过是权宜之计；从根本上讲，石头的物理学上的局限性是无法克服的，除非有一种全新的发明创造。虽然希腊人热衷于几何学，但奇怪的是他们竟然没有构想出拱形建筑。事实上，拱是一种工程技术上的创新，或者更恰如其分地说，拱是一种比希腊文化和秘鲁文化都更具有实践意义、更世俗化的发现。

位于西班牙塞戈维亚（segovia）的高架水渠于大约公元 1000 年时由罗马人建成，其时正值图拉真（Trajan）皇帝统治时期。这条水渠输送着从十英里以外的塞那纳高地流出的里奥弗里奥河水。水渠横跨谷地处长达半英里，有 100 多个双层圆拱，完全用粗糙凿成的花岗岩石块砌成，没用任何石灰或水泥之类的砌料。这项规模宏大、惊人的工程使此后生于更为迷信时代的西班牙人和摩尔人徒生敬畏之情。他们对此惊叹不已，把这一段高架水渠称为 El puente del Diablo，意为“魔鬼之桥”（the devil's bridge）。

在我们看来，这座建筑显得过于庞大，与其输水的功能不相称。但是，这不过是因为我们今天拧开水龙头就可以得到水，因此容易忘记当时所有城市文明所共同面临的供水问题。

每一种将有一技之长的人们集中在城市里的先进文化之所以存在，无不依赖于由塞戈维亚罗马水渠所体现的这种创造性和组织性。

罗马人最初并不是用石头创造出拱形建筑，而是用某种凝结物塑造而成。从结构上看，拱是一种使建筑构件在跨越空间时，其悬空部分负载与其它部分均等的方法；也就是一种使压力平均地分布开来的方法。正因为如此，整体的拱可以由各别的部分组成，即由各自承受压力的石块砌成。在这种意义上，拱的发明是人类理性方法的胜利。这种方法将自然物分割成块，再把它们重新组合起来，成为新的、更有力的组合物。

罗马人总是把拱做成半圆形；他们自有一种行之有效的现成数学方法，因此不愿再作新的尝试。阿拉伯国家在大兴土木时，也总是采用这种以圆形为基础的拱形结构。这在摩尔人的修道院式的宗教建筑上可以看得很清楚，例如在科尔多瓦（Cordoba）的大清真寺，以及阿拉伯人占领西班牙后于公元 785 年在那里修建的清真寺。这是一种内部空间比帕埃斯图姆的希腊神庙更为宽敞的结构；但它们显然还是遇到了类似的困难；就是说，里面仍然充斥着砖石。在另一种全新的发明创造问世之前，事情就只能如此。

引出重要结果的理论发现，通常看上去就不同凡响，独具匠心。而实用性的发现，即使影响深远，看上去却较为平庸，易于被人忘却。突破罗马式拱形建筑局限的结构终于诞生了，它最初是从欧洲地区悄然传入的。这就是以椭圆形而不是以圆形为基础的新型拱的发明。看起来，这似乎算不上什么伟大的变革；但它对于建筑物联结部位的构造方式的影响却是十分惊人的。当然，尖顶拱可以使建筑物修得更高，从而获得更多的空间和光线；但是，更为重要的是，如莱茵地区的那些建筑一样，哥特式拱的延伸使建筑物有可能以一种崭新的方式获得空间。墙壁的负载减轻了，人们可以在上面开窗户，装玻璃，从而使房子像一个笼子那样倒挂在拱形屋顶之下。由于骨架

安在建筑物的表面，内部空间变得宽敞而开阔。

约翰·罗斯金（John Ruskin）满怀崇敬地描绘了哥特式拱形建筑的影响：“埃及和希腊的建筑大多是靠本身的重量和庞大站立起来的，一块石头钝态地叠压在另一块上面。如此而已。”

然而，在哥特式拱顶和窗花格中，具有类似动物肢骨和树木纤维的劲度，具有弹性应力和各部之间的力的传递，而建筑物的每一根线条都无不刻意求工地表现着这种力量。

在人类冒昧尝试的所有建筑遗迹中，没有什么可以与公元 1200 年前在北欧突然出现的饰以玻璃和花格窗的巍峨高塔媲美。这些咄咄逼人的庞然大物的建成，是人类预见力的一个惊人成就——我应该说，既然它们早在数学家懂得如何计算其中的力学变化之前就已经建成，因此又是人类洞察力的一个惊人成就。当然，这类建筑物的出现，不会没有错误和某些重大失败的经历。然而，令数学家最为惊讶的是，人类的洞察力是多么的精细入微，一种建筑结构向另一种建筑结构演变的进程又是多么的了无痕迹，多么的富于理性。

这类大教堂的修建得到了市民的一致赞同，由普通的石匠施工完成。它们与当时日常的、实用的建筑几乎毫不相干，而工匠们的即兴之作则随时成为创新之举。作为一个力学问题，这种设计使罗马式的半圆形拱变成了高耸的哥特式尖顶拱，从而使应力通过拱肋传递到建筑物的外墙。到了 12 世纪，又发生了一场惊人的变革，尖顶拱变成了半截拱，即飞拱垛。正如我举起手时，压力沿着手臂延伸而下的道理一样，建筑物的应力也沿着飞拱垛传递开去，反过来产生推力托住建筑物，好像在支撑着它似的——因此，在没有应力的地方，也就不必使用砖石。即使在钢筋和混凝土发明以后，建筑学的基本原则仍是如此，并没增添什么新的内容。

人们也许会有这样的感受：那些构思出这样高大建筑的人们一定陶醉于他们对石头力量的新的认识和驾驭之中。如果他们根本不懂得如何计算建筑物的应力，他们怎么可能异想天开，要修建高达 125 英尺和 150 英尺的拱顶呢？但是，那座 150 英尺高的拱顶——在距莱因不到 100 英里的博韦城（Beauvais）——已经倒塌。或迟或早，这些建筑的修建者也必然会遇得某种灾难：因为这些建筑物，即或是大教堂，它们的规模必然要受到建筑材料在物理学上的局限。博韦教堂的尖顶在建成后不久，就于 1284 年倒塌了，这使人们一味追求哥特式建筑高度的冒险行为有所收敛：从此再也没有人尝试修建这样的高大建筑了。（当然，如果采用经验主义的设计或许会好得多，可能仅仅因为博韦的地基不够坚实，使建筑物在重压之下移动了位置。）而高达 125 英尺的莱因教堂的拱顶却一如既往，巍然屹立。于是，从 1250 年起，莱因就成为欧洲艺术的中心之一。

拱、飞拱、穹窿顶（这也是将拱旋转而形成的）还不能说是使自然物弯曲变形，从而使其性能适合人类需求的最后步骤。必定还有某种更微妙的性质隐藏其后：我们不得不探求建筑材料本身的局限性。建筑学似乎也同物理学一样，把注意力的焦点转移到了物质的微观水平上。实际上，近代建筑学的问题再也不是根据材料的质如夹设计建筑结构，而是为了一种结构而设计建筑材料。

石匠头脑里有一些构想，但却没有那么多现成模式，这些构想产生于他们从一处工地到另一处工地的游历之中。他们随身携带轻便的工具。他们

用圆规画出拱顶的椭圆形和花格窗的圆圈。他们用两脚规确定这些圆圈的交汇点，使它们排列起来，组成连续不断的重复的样式。垂直线和水平线则用丁字尺的直角联结起来，就像按照希腊数学方法所做的那样。这就是说，垂直线用铅锤来确定，但水平线却不是用酒精水平仪，而是用与垂直线相交的直角来确定。

四处游历的建筑师是才智上的贵族（就象 500 年后的钟表匠一样），到欧洲任何地方都肯定能找到工作，并且受到人们的欢迎。早在 14 世纪，他们就被称为“自由石匠”（Freemasons）。在别人看来，他们双手的技巧和头脑中的灵感，是一种既神秘又古老的传统，是卓然独立于大学教授的说教式枯燥学术之外的奇妙的知识宝藏。到了 17 世纪，这些自由石匠的创作灵感渐趋枯竭，于是他们开始吸收一些荣誉成员，这些人自以为他们的技艺可以溯源至金字塔那样的建筑艺术。这并不是什么恭维的说法，因为修建金字塔所运用的几何学知识要比修建大教堂所运用的简单得多。

但是，从几何学的角度来看，确有一些东西具有普遍性。让我用一些美丽的古老建筑作为例证，来说明我的这一先入之见，例如，莱因大教堂。建筑与科学究竟有什么关系？特别是在本世纪初，当时所谓科学不过是关于金属的膨胀系数，或关于振荡频率之类的数据，建筑与我们曾经理解的科学是什么关系？

事实上，我们今天关于科学的概念，到 20 世纪末，已有很大变化。现在，我们把科学看作是对自然界基本结构的描述和解释；在我们试图作出的每一种描述中，经常出现“结构”、“模式”、“方案”、“排列”、“建构”这样的字眼。我碰巧一辈子与这些东西打交道，喜不自胜：因为我从少年时代起搞的就是几何学。但是，这在今天已不再是个人的或职业的偏爱，不过是一种阐释科学原理的常用语汇罢了。试看不同晶体聚合的方式，或原子组成的方式——首先是有生命的分子组成的方式。最近几年，脱氧核糖核酸的螺旋形结构已成为科学的最为生动的形象。而这种形象也存在于拱形建筑之中。

那些建造了这样那样类似建筑的人们究竟做了些什么呢？他们找来一大堆无生命的石头，这些石头当然还不是尖顶大教堂，但他们利用重力的自然力量，以石头在岩床中处于自然状态的方式，做出了拱和飞拱这样辉煌的发明。通过对自然物的分解，他们创造出宏伟壮观的综合性结构。今天对这种用自然物建成的建筑感兴趣的人，与近 800 年前建造这些建筑物的人可谓如出一辙。这是人超越其它动物的首要天赋，这种天赋随时随地表现出来：这就是，人类对运用和发展自己技能的极大兴趣。

一种颇为流行的哲学上的陈词滥调宣称，所谓科学仅仅是一种分析或简化，如同把彩虹分解成为色彩斑斓的碎片一样；而艺术则仅仅是一种综合，好比是把彩虹拼缀起来。事实却并非如此。人类所有的想象无一不是从分解自然物开始的。米开朗基罗（Michelangelo）在他的雕塑作品中（在他未完成的雕塑中尤为明显），含蓄而生动地表达了这一思想，而在他关于自己创作活动的十四行诗中，说得尤为明显：

当我们鬼使神差，要塑造人像时，
头脑和手互相配合
仿照那仅有的柔弱轻盈的模特儿，
用艺术的自由力量，
赋予这石头新的生命。

“大脑和手互相配合”：材料通过人手表明自己的属性，同时也为头脑预示了作品的形状，雕塑家，和石匠一样，在自然之物内部去体会作品的形态，对他来说，这种形态早已存在于石块之中。这条原则万古不移。

艺术大师想过，要展示粗糙岩石多余的外表下面所包藏的东西：去掉大理石那迷人的外衣，这就是为头脑效力的手所能做的事。

在米开朗基罗雕刻布鲁图（Brutus）头像时，是别人为他开采石料。最初，米开朗基罗本人也是卡拉拉（carrara）地方的一位采石匠。这时，他仍然觉得，他和那些石匠手中的铁锤正在石头上探寻那已存在其中的某种形状。

如今，卡拉拉的石匠们仍在为来自各地的现代雕塑家开采石料——如马利诺·马利尼（Marino Marini）、贾奎斯·里普希茨（Jacques Lipchitz）和亨利·摩尔（Henry Moore）。他们关于自己工作的描述虽然不像米开朗基罗那样富有诗意，但他们的感受是很相同的。当他们谈及米开朗基罗这位出自卡拉拉的头号天才时，亨利·摩尔的想法最能说明问题：作为一个年轻雕塑家，起初我买不起昂贵的石料，于是我走遍整个采石场，找出那些被人们称之为“不规则的石块”，从而获得我所需要的石料。然后，我不得不以米开朗基罗那样的方式思考，也就是说；人们不得不等待，直到一个适合于这块石头形状的想法产生出来，并且能够在这块石头里面看见这一思想。

当然，并不是说，雕塑家构想和刻划的形象真的蕴藏在这些石块里面。但是，这种比喻确也道出了人类与自然物之间发现与被发现的真实关系；值得注意的是，科学哲学家们，特别是莱布尼茨（Leibniz），也已采用关于人类理性活动的同样比喻，而且也是石料的纹理激发了他们的联翩浮想。因此，在某种意义上，可以说我们发现的一切都早已存在：一尊雕像和自然的法则都已隐藏在这种粗糙未凿的原始材料之中。从另外一种意义上说，一个人的发现是由他个人作出的：在他人手中，表现方式不可能完全一样——不同时代的不同个人无法制作完全一样的雕塑，或发现同一条自然法则。发现，是分析和综合双重关系的结果。就分析而言，目的在于探索存在的为何物；而综合则是以某种方式将分割的部分组合起来。于是，人类富于创造性的头脑就这样超越了大自然提供的原始框架结构的种种局限。

雕塑是一门唤起人的美感的艺术。（但爱斯基摩人（the Eskimos）制作的小型雕塑，却不是让人观赏，而只是供人把玩。）我选择雕塑和建筑这种热情洋溢而又具体的艺术活动，作为通常认为冷漠而抽象的科学的例证，似乎有些奇怪。但这样做是正当的。我们必须懂得，这个世界只能由行动而不是冥想来把握。手比眼更为重要。我们的文明已不是远东或欧洲中世纪那种逆来顺受、静思默想的文明，那种文明确信，大千世界仅仅供人们观察和思考——他们并没有我们所特有的科学实践。我们锐意进取；我们也确实懂得，正是人手的进化促进了人脑的进化，在人类进化过程中，这决不仅仅是具有象征意义的偶然事件。今天，我们发现了人在成其为人之前所创造的种种工具。本杰明·富兰克林（Benjamin Franklin）在 1778 年把人称之为“一种能制造工具的动物”，这真是千真万确。

我已经描述了手在使用某种工具从事创造发现的过程中的作用；这就是本章的主旨。我们时常可以看到小孩学习如何使自己的手与工具结合起来的情景——系鞋带、穿针、掷纸飞机或吹六孔笛。随着这种实践活动的进行，发生了另一件事情，这就是在这种实践活动中，人们体味到了乐趣——在这

种行为和技能中，在这种出于兴奋好奇而不断加以完善的行为和技能中，人们体味到了乐趣。说到底，每一种艺术和科学无不归因于此：这就是，人类的所作所为，之所以具有愉悦性情的盎然诗意，是因为人能够这样去做。而最激动人心的，是这种富于诗意的科学或艺术活动，最终导致了真正具有深远意义的结果。甚至在史前时期，人类就制作出超过实际需要的精巧的带刃工具。这种制作精细的锋刃，反过来又使工具发挥出更为精巧的作用，并在实践中得到进一步改进，扩大了应用的范围，这些都大大超出了原先的设计。

亨利·摩尔把他的一座雕塑题名为“刀刃”。而人手就是人类智慧的刀刃。人类文明并不是已完成的人工制品的汇集，而是各种创造过程的总和。人类的发展进程最终意味着人手在实践活动中的不断完善。

在人类上升的历程中，最强大的动力是人从施展自己的技能中获得的无穷乐趣。他喜欢做他善于做的事，而对已经做好的事，他又想做得更好。你可以从人类的科学实践中看出这一点。在他们兴之所至、满腔热情、而又不揣冒昧地开凿和建造的辉煌杰作中，也可以看出这一点。这些千古不朽之作从来被看作对帝王、英雄和宗教信条的纪念，但实际上是颂扬那些建造者们的一座座丰碑。

因此，每一种文明形态中的宏伟的庙宇建筑表明了不同民族的个性特征。仅仅把它们看作祖先崇拜的产物，如在中国那样，未免过于狭隘。这类遗址成为死者对生者的代言人，由此产生一种永恒的意义，一种人类特有的观念：人类生活具有一种能够超越个人，又通过个人使之绵延不绝的连续性。那些终生被埋在马背上的或在萨顿胡（SuttonHoo）的航船上备受崇敬的人们，在后世修建的石砌纪念碑中，成了人类信仰的代言人，证明人类是一个整体，而我们每一个人，无论是生前还是身后，都是这个整体自代表。

有我结束本章时，我不能不转而谈及我所喜爱的一些遗迹。这些遗迹由一位并不比哥特时代的石匠有更多科学设备的人建成。这就是位于美国洛杉矶的瓦茨塔群（theWattsTowers），它们由一位名叫西蒙·罗迪阿（SimonRodia）的意大利人建造。罗氏在他12岁时从意大利移居美国，后来成为一名瓦匠和修理工。在他42岁那一年，他突然决定在他的后花园里用软铁丝、轨枕碎片、钢条、水泥、贝壳、瓶渣、当然还有瓦片——用他能找到或邻居孩子所能带给他的一切——修建这些惊人的建筑物。他前前后后花费了33年时间。他没有找任何人帮忙，因为，正如他所说：“很多时候，我自己都不知道该做些什么。”他于1954年完成这些建筑，时年75岁。后来他把他的住房、花园和这些塔统统送给一位邻居，然后一走了之。

“我当时一门心思想干一番大事”，西蒙·罗迪阿说，“我确实这么做了。一个人要么行善，要么作恶，才能让人记住。”在他做这些事并由此而自得其乐时，他学会了建筑的技艺。后来，城市建筑部认为这些塔不安全，于1959年对它们进行了检测。图为他们试图推倒的那座塔。但令人高兴的是，他们未能得逞。就这样，瓦茨塔群，这些由西蒙·罗迪阿用双手创造的作品保存下来了，成为我们在20世纪回顾作为我们关于力学法则的全部知识来源的、简朴的、令人愉快的重要技艺的纪念遗址。

扩大了人手能力的工具，也就是一种想象力的装备。这种装备揭示了物质的结构，使人们能够以某种新的、富于想象力的方式将其重新组合起来。但是，不言而喻，可见的结构并非世界上唯一的结构形态。除此之外，还有一种更精细入微的内在结构。人类上升历程的下一步，就是发现一种工具，

去揭示物质内部的不可见的结构。

第四章 隐秘的结构

正是由于火，铁匠们才能将铁块
铸成美妙的形状，他们思想的形象：
没有火，任何艺术大师也不能使
黄金呈现出最纯真的色调。

不，无与伦比的凤凰也不能重新再生，
除非经历烈火的煅烧。

——米开朗基罗《十四行诗》第五十九首

火使炼金术臻于完善，无论是在熔炉中，还是在炉灶中。

——柏拉塞尔苏斯（Paracelsus）

人类与火的关系神秘而离奇，火是希腊人四种元素中唯一没有被动物形象占有的一个元素（甚至没有火神）。近代物理学非常关注物质的不可见的细微结构，而这种结构又正是人们借助于火的锋芒揭示出来的。虽然，在几千年前，人们就在实践中进行过这种分析（例如对食盐以及各种金属的提炼），但是，这一进程最初产生于熊熊火焰所造成的神秘的魔幻气氛中：这是一种炼金术的感觉，以为各种物质实体都可以用一些不期而然的方式加以改变。

正是这种神奇的性质使火成为生命的一个源泉，成为一种把我们带进物质世界里隐秘的内在结构的活生生的东西。许多古老的秘诀都表明了这一点。

汞化物就是如此，越是加热，它的升华物就越奇妙。

朱砂变成了氧化汞，经过多次其它形式的升华，它将再一次变成朱砂，因此，它可以使人长生不老，这就是使从中国到西班牙的中世纪炼金术士们用以在围观者中引起敬畏之情的传统实验。他们取来朱砂这种红色颜料而这种颜料其实就是汞的硫化物，把它放在火上加热。热量排除了硫的成份，只留下神奇的银色液态金属汞的颗粒，这使得他们的赞助人不胜惊诧，敬畏之情油然而生。而当这种金属升华汞在空气中加热时，它受到氧化，又变成——不是如秘诀所说又变成朱砂——汞的红色氧化物。不过，那个秘诀也不算错：这种氧化汞可以再次变成升华汞，从红色又变成银白色，然后又变成氧化汞，又从银白色变成红色，这一切都是加热作用的结果。

尽管公元 1500 年前的炼金术士认为硫化汞和升华汞是构宇宙的两大要素，这一实验本身却并不重要。但这个实验确实表明了一个重要的事实，这就是，火并不总被认为是一种破坏性的元素，它也是一种改造性的元素。这始终是火的奇妙之处。

我仍然记得，阿尔多斯·赫胥黎（Aldous Huxley）在与我作彻夜长谈时，曾将他那白晰的手伸向壁炉中的火焰，说：“这就是变革之物。种种传说都表明了这一点。首先，是凤凰涅槃的传说，凤凰从火中再生，一次又一次，生生不息。”火是青春和热血的象征，并具有红宝石和朱砂、赭石和赤

铁矿那样富于象征意义的色调，人们正是用这些颜色郑重其事地描绘着自己的形象。当希腊神话中的普罗米修斯（Prometheus）为人类盗来天火时，他也给人类带来了生命，使他们成为半神半人的人——这就是众神之所以要惩罚普罗米修斯的缘故。

从更为实用的意义上讲，火为远古人类所知已有数 10 万年的历史。这就意味着，远在智人时期，人类就已开始用火，正如我已强调过的，在北京人居住的洞穴中确实发现了用火的痕迹。从那时起，每一种文化形态中的人都一直在用火，尽管尚不清楚他们是否已经知道如何生火，过去人们曾经发现，有一个部落（缅甸南部的安达曼岛（Andaman）上热带雨林中的侏儒）非常小心地保存火种，因为他们没有掌握生火的技术。一般来说，不同文化形态中的人们为了同样的目的而使用火：取暖、驱赶野兽、清除林莽、改善日常生活——烹调、烘干木柴、加热和分解岩石。而用火揭开金属这一崭新物质材料的秘密，则是使人类文明向纵深发展的伟大变革。这是人类上升历程中一次伟大的技术进步，一次飞跃，其意义之深远，可与石制工具的伟大发明等量齐观。人类对火的应用，使火成为一种分解物质的更为精巧的工具。物理学是剖析岩石自然纹理的利刃；而火，这把灼热的宝剑，揭示了岩石可见的表层结构下面的秘密。

差不多 1 年以前，定居的农业社会出现后不久，中东的居民就已开始使用铜器。在人们找到一种系统的方法来获取那些金属以前，金属的应用并不普遍。我们知道，大约在 7000 多年以前，即大约公元前 5000 年时，在波斯和阿富汗人们开始从矿石中提炼金属。那时，人们煞有介事地把孔雀石放进火里，于是从火中流出了金属的红色液体，这就是铜——令人高兴的是，铜在不太高的温度下就熔化了。人们认出这是铜，因为他们有时候在天然结块的表面看到过这种东西，而且，铜以天然状态被人们敲打后制成用具已有 2000 年之久。

到了公元之初，新大陆的居民也学会了使用和冶炼铜，但仅止于此。只有旧大陆的人们才继续使金属逐步成为文明生活的支柱。在自然界中，人类得以控制的范围突然间极大地扩展了。人类掌握了这样一种金属。它可以拉长，可以浇铸，可以锤锻，可以铸造；这种金属可以做成一件工具，一件装饰品，一件器皿；这种金属还可以扔进火里，重新加以铸造。它只有一个缺点：柔软。只要被拉紧，就像在拉一条绳索一样，它就会立刻变形。这是因为，如同每一种金属一样，纯铜是由一层层的晶体构成的。在如同薄饼一样的各个层次上，这一金属的原子分布在固定有序的晶格之中，每个晶格在另一晶格上滑动，直至最终被分开。当被拉紧的粗铜丝出现变细的地方（即当其弱点扩大了的时候），与其说它是由于耐不住拉力而断裂，倒不如说是由于内部晶格的滑动而导致断裂。

当然，6000 多年前的铜匠并不这么看。他面临一个巨大的难题，就是这种铜不能制作兵刃。于是，人类上升的进程一度踌躇不前：下一步是制造坚硬而带有锋利刃口的金属制品。这似乎是一种对技术进步的强烈要求，因为，作为一种发现，下一步是那样的有悖常理而又美妙动人。

如果我们仅仅在近代意义上描绘人类上升历程的下一，事情就简单多了。我们已经知道，作为一种纯粹的金属，铜是柔软的，因为它内部的各层晶格的平面相互紧贴在一起，容易因滑动而相互分离。（通过锻造，也可以使它变得多少坚硬一些，因为在锻造时，大的晶格被打破，使它们变得参差

不齐了。)可以断定,假如我们在晶体中加入某种坚韧的东西,就可以防止晶格的滑动,从而使这种金属变得坚硬起来。当然,就我在这里所描绘的细微结构而言,取代一些晶体状铜原子的柔韧的东西,必须是不同种类的原子。于是,人们不得不制造一种合金,由于这种合金中的原子不是同一种类,其晶体就更加坚硬。

这是近代的情况;只是在最近 50 年内,人们才开始懂得合金的特殊性能来源于它们的原子结构。然而,由于一时的幸运,也由于实验的结果,古代的冶炼工匠也发现了这个答案:这就是,当人们在铜中加入某种甚至更为柔软的金属(例如锡)时,他们就制成了一种比这两种金属都更坚硬、更耐用的合金——青铜。很可能,这种幸运是由于在旧大陆,锡矿往往是伴随着铜矿而被人们发现的。事实上,几乎每一种纯粹的金属都是脆弱的,而许多杂质却足以使其变得更加坚硬。锡并不是唯一能够起这种作用的金属,它所起到的只是某种一般性的作用:给铜这种纯粹的材料增添了另一种原子的金属屑——不同粗度的粒子在晶格中粘连属”。后来,铁矿经过提炼,铁这种金属立刻就被人们辨认出来,因为它早已为人们所利用。北美印第安人使用陨铁,却始终未能从矿石中提炼出铁来。

由于提炼铁要比提炼铜困难得多,铸铁自然只能是一个晚近得多的发现。人类实际应用铁的最初证据,大概要算嵌在一座金字塔上的工具残片;其年代被确定为公元前 2500 年以前。但铁的广泛应用是大约公元前 1500 年时从靠近黑海的赫梯人(Hittites)开始的——与中国精美绝伦的青铜器以及欧洲的巨石阵同时。

当黄铜发展成为它的合金——青铜的时候,生铁也发展成为它的合金——钢。在 500 年内,即到公元前 1000 年时,钢在古代印度制作出来,性能优异的不同钢种的制作方法也开始为人所知。但是,直到相当晚近的时候,钢的用途还是有限的,从很多方面来看,它还只是一种罕见的材料。直到 200 年前,英国谢菲尔德(Sheffield)的钢铁工业仍然规模狭小,技术落后。当教友派的本杰明·亨兹曼(Benjamin Huntsman)想要制造一种精密钟表的发条时,他不得不去找冶金学家,试图学会自己用钢来制造发条。

既然我已转向远东文明,回顾臻于完善的青铜器制作技术,那么,就让我再举出一些生产特殊性能的钢的技术的东方范例吧。在我看来,这种技术在日本刀的制作中达到了顶峰,而早在公元 800 年时,人们就开始以这样或那样的方式运用这种技术了。在一起,其滑动就受到制止。

由于青铜是人类的一项了不起的发现,我已尽量用科学术语描绘了它的本质。而同样了不起正是,对于已经掌握这项发明的人来说,它揭示了一种新的加工方法所具有的和所能发挥的潜在力量。青铜器的制作在中国得到最完美的表现。差不多可以肯定,青铜器的制作技术是从中东传到中国去的。在中东地区,大约在公元前 3800 年,人们就已发现了青铜。在中国,青铜器制作的鼎盛时期正好是我们所认为的中国文明的开端——公元前 1500 年以前的商朝。

商朝统治着分布在黄河流域的众多封建领地,第一次在中国大地上创立了统一的国家和文化。从各个方面来看,这又是一个制陶术得到发展,书写形式得以确立的创始时期。(陶器和青铜器上的书法艺术令人惊叹!)在这鼎盛时期制成的种种青铜器,引起了人们对神奇的东方艺术的强烈关注。

中国人在铸造青铜器时,先用一些支板围绕一个用陶土制成的型芯,

做成铸模。这种支板在今天仍时有发现，所以我们知道青铜器是怎样制作的。我们可以仿照它的制作程序，先准备好型芯，在上面刻划图案，特别是将型芯上的文字印在按型芯制成的型套上。这种型套就成了一种陶土制成的外模，经过焙烧，外模变得坚硬了，足以承受炽热的金属熔液。我们还可以追溯青铜的传统冶炼方式。中国人使用的铜和锡的比例非常精确。在铜中加入5%到20%之间任何比例的锡，都可以制成青铜。但商朝最好的青铜器包含15%的锡，刃口极其锋利。按照这种比例制成的青铜要比黄铜差不多硬3倍。

商朝的青铜器是祭祀、敬神的用品。它们体现了中国的一种纪念性崇拜，与此同时，在欧洲，这种崇拜表现为修建“巨石阵”(Stonehenge)。从此，青铜成为一种适合于任何目的的材料。无论是在欧洲还是在亚洲发现的青铜，无不具有这种普遍的性质。但是，在中国人的技艺达到炉火纯青的顶峰时，青铜器所表现的尚不止于此。这些中国人制成的盛酒和食物的器皿——一半是为了赏玩，一半是为了敬神——之所以使人感到赏心悦目，在于它们构成了一种从青铜器制作技艺中自然而然产生出来的艺术。这种材料制约和指引着制作者，制作者对于器物形状和纹饰的构想与设计，在制作过程中显现出来。他创造的美，他显示出来的娴熟精湛的技艺，来自他对自己手工艺的执着的追求。

这些古老的传统技术的科学内涵十分清楚。伴随火可以熔化金属这一发现而来的，是火可以将不同金属熔铸在一起，制成一种具有新的性能的合金这一更加微妙的发现。铜的发现如此，铁的发现也是如此。的确，各种金属的类似情形比比皆是。人们最初也只是利用处于自然形态的铁；流星陨落，把铁带到了地球表面，因此，铁的苏美尔语(Sumerian)名称就是“天外飞来的金就像所有的古代冶金术一样，日本刀的制作也是在繁文缛节中进行的，其原因显而易见。当人们没有书面语言时，当人们没有什么可以称之为化学配方的东西时，人们就必须有一种确定操作程序的精确仪式，从而使这些程序为后人准确无误地记住。

于是，产生了一种行按手礼或坚信礼的仪式，一种耶稣授徒式的因袭相沿的方式，用这种方式，这一代人求神保佑，把铸刀的材料传给下一代，求神保佑火，保佑刀剑制作者。这位正在制作刀剑的人享有“活的文化纪念碑”的美称，这类称号通常是由日本政府正式授给那些专长古代艺术的大师们的。这位制剑人名叫月山贞一(Getsu)。从正规意义上说，他是刀剑制作家正宗(Masamune)这门手艺的嫡系传人，后者于12世纪使刀剑的制作臻于完善——目的是为了打败进犯的蒙古人，也许这只是一则传说：不过，当时，蒙古人在成吉思汗之孙——功名赫赫的忽必烈汗统帅下，确实三番五次想从中国大陆入侵日本。

铁的发现比铜更晚，这是因为冶炼铁的每一步骤都需要更多的热量——提炼、制作，自然也包括制成合金，即钢。(铁的熔点大约是1500摄氏度，差不多比铜的熔点高500度。)在进行热处理，以及对添加的元素的反应方面，钢都是一种比青铜更为敏感的材料。

铁与很小比例的碳混合，就可以制成钢，其间的比例变化则决定着钢的内在性能。

制作日本刀的过程表明了人们对碳含量热处理的精确掌握，依靠这种掌握，一块钢坯被制成了完全符合性能要求的刀剑。钢条的锻造并非易事，因为必须使两种不同的、难以相容的材料按一定比例结合在一把刀中。这把

刀必须既育韧性又有硬度。一种材料不可能同时具有这两种特性，除非它包含不同层次。为了做到这一点，先要切断钢条，然后把两段重叠地锻压为一体，如此反复再三，在钢条内造成大量的内面层（innersurface）。月氏在制作刀剑时，反复锻炼钢条，达 15 次之多，这就意味着，钢条的内部层次多达 2 的 15 次方（ 2^{15} ），即 3 层以上。每一层与性能有所不同的另一层紧密结合一起，这就好似使橡胶的韧性与玻璃的脆性相结合。这样制成的刀，实质上如同由两种不同特性结合而成的一大块三明治。

最后一个步骤，是把刀涂上厚薄不匀的粘土，加热后投入水中，粘土复盖的部位将以不同速度被冷却。在这最后关头，必须精确判断加热的温度，而在人们还不能用测量的方法来判断温度的文化形态中，“这只是一种纯实践的做法，观察正在加热的刀，直到它发出朝阳初升似的色泽。”平心而论，我应该说，欧洲的炼钢工人在历史上也曾依赖于对这种色彩变幻的观察：直到 18 世纪，人们还是根据各自设想的不同用途，使钢材在回火时呈现出金黄、紫红或天蓝的色泽。

制作过程的高潮，与其说是戏剧性的倒不如说是化学反应的高潮，就是淬火，淬火使刀变得坚硬，并且使其中的不同性能固定不变。各个部位的不同速度的冷却造成了不同形状和尺寸的晶体：大而光滑的晶体分布在刀的柔韧的核心，小而粗糙的晶体则分布在锋刃处。橡胶和玻璃的两种不同性能终于在这把制成的刀中结合起来。这些性能也在刀的表面反映出来——呈现出一种绸缎似的熠熠光泽，日本人非常看重这一点。但是，对一把刀剑，对一种技术实践、一种科学理论的最终检验，应当是“它能用吗？”也就是说，这把刀能以仪式所规定的正规方式砍断一个人的躯体吗？传统的砍杀方式规定得很细致，简直就像烹调书上用图显示的牛肉切割法一样：“切成二号大小。”现在，人体已由捆扎的稻草人取代。而在过去，一把新制成的刀的确是要用来处死一个犯人的，借以检验刀的性能。

刀是日本武士的武器。依靠手中之刀，武士阶层得以在 12 世纪的日本经历分崩离析和无穷内战之后幸存下来。他们的所有装备都是精工锻造的金属制品：钢片缀成的坚韧铠甲、马饰和马镫。然而，这些武士却不知道如何制造这些东西。就像别的文化形态中的骑士一样，他们凭借武力为生，依赖那些他们时而抢掠、时而保护的村民们所施展的技艺，为他们提供武器。久而久之，这些武士也就成为受雇于他人的雇佣兵，不惜为了金钱而效力卖命。

人们对物质世界怎样由各种元素组合而成的理解源于两个方面。一个是我在前面已经谈过的制造各种有用的合金的技术的开发，另一个就是炼金术。炼金术具有不同的特征。它的应用范围狭小，并不直接用于日常生活，而且还包含着某种思辨理论的实体。出于某些间接但并非偶然的原因，炼金术主要涉及另一种金属，即黄金，而黄金实质上却没有什么用处。

但黄金使人类社会为之倾倒，以致我如果不专门谈谈使黄金具有象征力量的种种特性，我就很不近情理了。

黄金在所有国家，在所有文化形态中，都是众人争夺的目标。各种具有代表性的黄金手工艺品的收藏，恰似一部记载各种文明演进的编年史。上了色彩的金念珠，16 世纪，英格兰，蛇形金别针，公元前 400 年，希腊；阿布那（Abuna）的三重金冠，17 世纪，阿比西尼亚（Abyssinian）；蛇形金手蜀，古罗马；阿开民王朝（Achaemenid）的金制祭器，公元前 6 世纪，波斯，马利克（Malik）金酒盅，公元前 8 世纪，波斯；金制牛头，……庆典

上用的金刀，奇穆人（Chimu），前印加帝国，秘鲁，公元 9 世纪，……16 世纪的著名人物，本威努托·切利尼（Benvenuto Cellini）为法兰西斯一世国王（King Francis I）雕刻了一个金制的盐碟。他回忆他的这位法国主顾曾经这样谈到他的作品：当我把这件作品放在国王面前时，他不胜惊喜，凝神屏息：目不转睛地盯着它。他惊讶地喊道：“这比我想象的要好上 100 倍！这个人是多么的不可思议呀！”西班牙人在秘鲁掠夺了大量黄金；当年，印加贵族搜集黄金就像今天人们收集邮票一样，唾手可得。他们有所谓贪婪之金、华丽之金、装饰之金、尊崇之金、权势之金、祭献之金、舍身之金、温情之金、野蛮之金、奢靡之金，如此等等，不一而足。

中国人正确地指出了黄金风靡于世而不可抗拒的真实原因。葛洪曾经说过：“黄金入火百炼不消，埋之毕天不朽。”从这句话中，我们知道黄金具有某种独特的物理性能；这种性能在实践上可以测定，在理论上也可加以描述和概括。

制作一件黄金手工艺品的人不仅是一位技师，而且也是一位艺术家，要明白这一点并不难。然而，同样重要却不那么容易被承认的是。那从事试金化验的人也不仅仅是一位技师。

对他来说，黄金是科学的一个要素。掌握一门技术总是有用的，但是，正如任何技艺一样，使这门技术富有生气的，是它在一种整体的自然图式中的位置，即一种理论。

那些分析和提纯黄金的人们揭示了一种关于自然的理论：一种认为黄金虽然是无与伦比的，却可以用别的元素制成的理论。这就是为什么如此众多的古人竭思殚虑、不惜花费大量时间设计种种纯金提炼方法的原因。17 世纪初，弗兰西斯·培根（Francis Bacon）对这个问题有过明确论述：黄金具有这样一些属性——沉重、坚实、稳定、柔韧、抗锈蚀、色泽金黄。如果有谁制成了具有这些属性的金属，人们就可以争辩它是不是黄金。

在若干次关于黄金性能的经典性试验中，有一次试验使黄金的特征表现得最为明显。这就是用烤钵试金法做的一次试验。先把一个骨灰罐，或烤钵，放在火炉中加热，达到比熔化纯金所需的温度还要高得多的温度。然后把含有各种杂质或渣滓的金子放进去，使其熔化。

（金子的熔点相当低，约为 1000 摄氏度，与铜的熔点差不多。）于是，杂质从金液中分离出来，吸附在钵壁上：就这样，立刻产生了一种分离，这一次是物质世界的渣滓与火光映照下的纯金的分离。炼金术士们关于合成金子的梦想，最终将在这些经过试金而留存下来的纯金颗粒面前接受现实的检验。

黄金的所谓抗腐蚀（我们应称之为化学腐蚀）能力是非凡的，它因此而弥足珍贵，独具一格。黄金的这种性能具有一种象征意味，这在哪怕是最为古老的炼金方法中也是明白无误的。现存的第一部关于炼金术的文献来自中国，约有 2000 多年的历史。这部文献谈到如何制造金子，以及如何用它来延长人的寿命。在我们看来，这是一种异乎寻常的联系。我们认为黄金弥足珍贵，是因为它稀世罕见，而对炼金术士们来说，黄金之珍贵，在于它不被腐蚀。当时人们还不知道有哪一种酸或碱可以腐蚀黄金。而那些帝王的金匠们确实是采用酸处理的方法来提炼，或者如他们自己所说，来分离纯金的，这种方法比烤钵法更省事。

当人生被看作（对大多数人来说也确乎如此）是寂寞、枯燥、平庸、

粗鄙而又短暂易逝的时候，对那些炼金术士来说，黄金代表着人体内一种永恒不灭的活力。他们提炼黄金的不懈努力，同时也是对长生不老之药的执著寻求。黄金是永垂不朽的象征——但我不应该说只是“象征”，因为那些炼金术士认为黄金同时是物质世界和生命世界不可侵蚀性的体现。

因此，当炼金术士们试图把贱金属变成黄金时，他们在那熊熊火焰中寻求的就是使这些金属的可蚀性向不可蚀性的转化，他们试图从日常可见的金属中提炼出那永恒不灭的物质。

这如同使青春永驻的努力一样：作为一种基本的配伍成份，每一种抗衰老的药方都包含有金子，炼金术士还劝告他们的主人用金杯饮酒，以延年益寿。

炼金术决不仅仅是一套刻板的把戏，或者是一种宜人的神秘气氛中的模糊信念。从一开始，它就是一种关于世界是怎样与人的生命相联系的理论。在人们还没有明确地区分存在与过程、元素与行为等范畴时，炼金术涉及的那些元素意味着人性的几个方面——正如希腊人的四种元素是构成人的气质的四种体液一样。因此，在炼金术士的工作中包含着一种极为深刻的理论：当然，这种理论最初起源于希腊人关于土、火、空气和水的观念。但是，到了中世纪，这种理论则采取了一种新的而又非常重要的表现方式。

在炼金术士们看来，人体的微观世界与大自然的宏观世界之间，存在着一种契合关系。

大规模的火山爆发，犹如群情鼎沸，暴风骤雨，恰似人的嚎陶大哭。在这些肤浅的比附后面，隐含着一种更为深刻的观念。这就是宇宙万物与人的血肉之躯，都是用同样的材料、按照同样的原则、由同样的元素构成的。炼金术士认为这样的元素有两种。一种是水银，它代表着各种致密和持久的东西。另一种是硫黄，它所代表的是各种易燃和暂时的东西。所有物质的实体，包括人的肉体，都是由这两种元素构成的，也可以用这两种元素再造出来。比如，炼金术士们相信，所有的金属都是在地球内部由水银和硫黄生成，就像骨骼在胚胎内由卵子生成一样。他们对这样的比附深信不疑。其实，这种比附至今还保存在某些医学象征之中。对于女性，人们至今沿用炼金术关于铜的，就是说，关于柔软东西的标志：维纳斯（金星）。对于男性，人们则沿用炼金术关于铁的，即关于坚硬东西的标志：玛尔斯（火星）。

今天看来，这种理论极为幼稚，是无稽之谈与荒唐比附的大杂烩。但我们今天的化学在 500 年以后也会显得幼稚可笑。每一种理论都以某种类比为基础，不过，它迟早总是要失败的，因为任何一种类比终究会被证明为荒诞不经的。一种理论只是在它所处的时代有助于解决那个时代所面临的难题。直到大约公元 1500 年时，人们还是用截肢的办法来解决医疗中的难题，因为古人相信，所有的疗法要么来源于动物，要么来源于植物——这是一种生机论（vitalism），这种理论难容把人体的化学成份与其它化学成份等视之，因此，它使当时的医学在很大程度上局限于使用草药。

这时，炼金术士们大胆地把一些矿物质引进了医学领域：例如，盐就是这一转变的契机，有位炼金术的新理论家将盐当作他的第三个元素。他发明了一种新疗法，用以治疗 1500 年时肆虐欧洲大陆的一种前所未有的疾病——梅毒。直到今天，人们仍不知道梅毒是从哪里传来的。它可能是由哥伦布船上的水手带回欧洲的；也可能是随着蒙古人的入侵从东方传入的，要么就是人们从前根本没有认识到这是一种特殊的病症。对这种疾病的治疗实际

上依赖于一种最有效力的炼金术金属即水银的应用。在通向近代化学的道路上，使这种疗法行之有效的人成为从旧炼金术向新炼金术转变的一块里程碑，从此陆续产生了医学化学、生物化学和生命化学。这位大师 16 世纪时在欧洲工作，具体地点是瑞士的巴塞尔（Basel）。

那一年是 1527 年。

人类上升的历程中，有一个从神秘而无个性的知识的幽暗之乡，迈步走向开放的、个人发现的新体系的时刻。我选择的代表这一转折的人叫“受洗的奥尼俄卢斯·菲利普斯·塞俄弗那斯图斯·朋巴斯图斯·冯·胡恩海恩”（christened Aureolus philippus Theophrastus Bombastus von Hohenheim）。谢天谢地，他给自己取了一个比较简洁的名字，叫作“帕拉塞尔苏斯”（Paracelsus），毫不隐讳他对塞尔苏斯（Celsus）以及其它死去 1000 多年的中世纪流行医学著作的作者的公然蔑视。1500 年时，在医学、科学和艺术方面，人们把古典作家的著作仍然看作是包含着人类历史上某个黄金时代的、鼓舞人心的智慧的纪录。

帕拉塞尔苏斯于 1493 年出生于苏黎世附近，于 1541 年在萨尔茨堡（Salzburg）去世，年仅 48 岁。他对当时的一切学问都提出了挑战：例如，他是识别一种工业疾病的第一人。

在帕拉塞尔苏斯对当时最古老的医学实践传统进行的毕生无畏的战斗中，也有一些既荒诞不经又讨人喜欢的插曲。他的头脑是各种学说和理论永不枯竭的源泉，但其中有不少学说自相矛盾，许多理论甚至令人无法容忍。他是一个拉伯雷式的（Rabelaisian）狂放不羁的传奇人物，常和学生狂饮作乐，追蜂逐蝶，浪迹天涯，漫游了旧大陆的许多地方，而且直到近代，在各种版本的科学史著作中，他都描绘成一个江湖郎中。但事实并非如此，他是一个兴趣多样而又才华横溢的人。

事实上，帕拉塞尔苏斯是一个十分了不起的人物。从他那里，人们第一次明确地领悟到，科学的发现产生于一种人格，各种富有生气的发现都是由一个一个的个人作出的。帕拉塞尔苏斯是一个讲求实效的人，懂得对于病人要对症下药（他是一个杰出的诊断家），由医生直接施治。他打破了这样一种传统：内科医生是皓首穷经、死背教条的饱学之士，而可怜的病人的命运则掌握在唯医生之命是从的助手手中。“没有一个外科医生不应该同时又是一个内科医生”，帕拉塞尔苏斯写道，“如果一个内科医生同时不是一个外科医生，他就只是一个偶像，或者什么也不是，只是一个涂抹装扮出来的怪物。”这些警句并没有使帕拉塞尔苏斯的竞争对手因此更喜欢他，但是，在那宗教改革的年代，这些话却使他在那些善于独立思考的人中间颇具吸引力。他的坎坷生涯使他来到巴塞尔，在那里赢得了唯一的一次胜利。1527 年，在巴塞尔，约翰·弗洛本尼留斯（Johann Frobenius），伟大的新教信徒和具有人文主义精神的印刷商，腿部受到严重感染，马上就要被截肢了，在绝望之中，他央求他在宗教改革运动中的朋友们请来了帕拉塞尔苏斯。帕拉塞尔苏斯断然抛弃了学究的空论，保住了约翰·弗洛本尼留斯的腿，成功地完成了一次使他享誉整个欧洲的手术。伊拉斯莫斯（Erasmus）在给帕拉塞尔苏斯的信中写道：“你把弗洛本尼留斯、我生命的一半从地狱里带回来了。”就时间和地点而言，医学中反传统的新的化学治疗方法与路德（Luther）在 1517 年发动的宗教改革运动并驾齐驱，这绝非偶然。这一重要的历史性时刻的中心就是巴塞尔。在那里，人文主义甚至在宗教改革前就已蓬勃兴起。

在那里，有一所具有民主主义传统的大学。因此，尽管医学界人士怀疑帕拉塞尔苏斯，市政厅仍坚持允许他在大学任教。而弗洛本尼留斯家族正在印行包括伊拉斯莫斯的著作在内的各种书籍，这些书籍把新的世界观传遍各个领域，传遍天涯海角。

于是，一次伟大的变革在欧洲兴起了，它甚至可能比马丁·路德发动的宗教和政治的大变动还要伟大。决定人类命运的具有象征意义的年代很快来临，这就是 1543 年。在这一年中，有三本著作问世，改变了整个欧洲的思想：一本是安德里斯·维萨里（Andreas Vesalius）的《人体解剖图》，一本是阿基米德（Archimedes）的希腊文数学与物理学著作的第一个译本，还有一本是尼古拉·哥白尼（Nicolaus Copernicus）的《天体运行论》（The Revolution of the Heavenly Orbs），这部著作把太阳置于宇宙的中心，从而开创了我们今天所说的“科学革命”。

过去与未来之间所进行的全部斗争，终于在 1527 年由在巴塞尔的明斯特城外的一次独特行动预言式地作了总结。在那里，帕拉塞尔苏斯公然把亚里士多德的阿拉伯追随者阿维森纳（Avicenna）的一本古代医学教科书，扔进了传统的学生集会上的熊熊篝火之中。

那个仲夏之夜的篝火具有某种象征意义，我想在这里联系起来谈谈。火是炼金术士的元素，人类借助于火，得以深入认识物质的内部结构。那么，我们要问，火本身也是一种物质吗？如果你相信火是一种物质，你就不得不赋予它种种不可思议的物质属性——例如，火比什么东西都更轻，毫无重量可言。在帕拉塞尔苏斯以后 200 年，迟至 1730 年，坚持“燃素说”的化学家们正是这样，试图把“燃素”当作物质的火的最后体现。然而，事实上并不存在什么燃素，正如没有什么生机论一类的原理一样——火并不是一种物质，同样，生命也不是物质。火是变化的过程，依赖于这个过程，物质元素以新的联系方式重新组合起来。只有当火本身被理解为一个过程时，化学过程的本质才被人充分理解。

帕拉塞尔苏斯的这一行动向人们宣告：“科学不能回首返顾。过去并没有什么黄金时代。”从帕拉塞尔苏斯生活的时代开始，又过了 250 年，人们才发现一种新的元素——氧，从而使火的本质终于得到解释，并使化学走出了中世纪的桎梏，大大向前发展了。奇怪的是，作出这一发现的约瑟夫·普里斯特利（Joseph Priestley）并不是要研究火的本质，而是要研究希腊人所说的元素中的另外一种，即看不见而又无处不在的“空气”。

约瑟夫·普里斯特利实验室的大部份遗物现存于美国华盛顿哥伦比亚特区的史密森尼亚机构（Smithsonian Institution）。当然，它们没有什么理由一定要存放在那里；这些设备理应存放在英国的伯明翰，这个工业革命的中心，普里斯特利在那里完成了他最杰出的工作。那么，为什么这些东西又到了华盛顿呢？这是因为，一场骚乱迫使普里斯特利于 1791 年离开伯明翰，逃到了美国。

普里斯特利的故事是创新与传统之间展开的又一场典型的冲突。1761 年，他 28 岁时，应邀到一所不信奉英国国教的学院讲授现代语言，而他自己是一个唯一神教派的信徒。在那些没有受过英国国教坚信礼的人心目中，这所学院享有大学的地位。在那一年，他受一位同事所作的科学讲座的鼓舞，打算写一本电学著作。后来他又转向化学实验。美国革命和后来的法国革命使他激动不已（他曾经受到本杰明·富兰克林的鼓励）。在攻占巴士底狱两

周年的庆祝活动中，亲王室的平民烧毁了被普利斯特列描绘为世界上设备最为精良的一个实验室。那以后，他去了美国，但却没有受到人们的欢迎，只有几个在智力上可以与他媲美的人赏识他，托马斯·杰佛逊（Thomas Jefferson）当上美国总统时，曾对约瑟夫·普利斯特列说：“你的生命是人类所珍视的不多的几个生命之一。”但愿我能够说，毁坏了普利斯特列在伯明翰的实验室的那场骚乱，打破了一个漂亮、可爱、颇具魅力的人的美梦。然而，我又怀疑自己这些评语是否真实可信。我不认为普利斯特列比帕拉塞尔苏斯更讨人喜欢。我猜测他是一个乖戾、冷僻、刚愎、刻板、拘谨、克己的人。然而，人类之上升并不全是由可爱的人们促成的。它是由那些具有两种品质——非常诚实、正直，而又不乏天才——的人促成的。普利斯特列可说是二者兼备。

他发现，空气不是一种元素的实体：空气是由几种气体组成，在这些气体中，氧气——他称之为“无燃素气体”——对于动物的生命来说至关重要，不可或缺。普利斯特列是一位卓越的实验专家，小心翼翼地推进他的实验。1774年8月1日，他制成了一些氧气，惊讶地看到一支蜡烛在氧气中燃得分外明亮。那一年的10月，他到了巴黎，把这个发现告诉了安东尼·拉瓦锡（Antoine Lavoisier）和其他人。但在他回到英国，于1775年3月8日把一只老鼠放进氧气中以前，他并不知道人在这种空气中呼吸是多么惬意，后来，普利斯特列不胜惊喜地写信给富兰克林说：“迄今为止，只有两只老鼠和我本人享受了呼吸这种空气的殊荣。”普利斯特列还发现绿色植物在阳光下呼出氧气，从而为吸入氧气的各种动物提供了基本的生存条件。那以后的100年中，人们进一步认识到这一现象极端重要，如果没有植物制造氧气，动物就根本不会得到产生。然而，在18世纪70年代，还没有人想到这一点。

拉瓦锡那清醒的、革命性的头脑赋予氧的发现以深远意义（他在法国大革命中猝然去世）。拉瓦锡重复了普利斯特列的实验，而这次实验几乎可以说是我在本章开始时描述的炼金术实验方法的拙劣模仿。他们两人都是用一块凸透镜（取火镜，在当时很时髦），将盛在一个可以看到气体产生并将它收集起来的烧瓶里的红色氧化汞加热。生成的气体就是氧气。

这是一次决定性的实验；但是，对拉瓦锡来说，这是证实化学分析可以定量化这一想法的最直接的途径。

这个想法看来简单，其实很激进；这意味着在两个方向上进行一种炼金术式的实验，并准确测定相互置换的份量。首先，各前进的方向上，加热水银（使其氧化），测得从加热开始到结束时水银从一个密封容器中吸收的氧气的确切份量。然后，把这个过程倒过来做一遍，将水银的氧化物，用火猛浇，再次把氧从中分离出来。这样，水银留下来了，氧气则逸入容器之中，这里，关键的问题是：“究竟有多少氧气呢？”结果与当初吸入的份量完全相等。这一实验过程立刻表明了它的意义，对一种原料的分解和结合确定了两种存在物各自的份量。于是，过去说的什么要素、本原、燃素，统统不复存在。两种具体的元素，水银和氧，确实确实是结合在一起，然后又分离开来了。

想从古代铜匠的原始方法和炼金术士的神秘推想，一下子跃进到近代科学最强有力的观念——原子观念上来，似乎是一种愚蠢的奢望。但这条路线倒是非常直接的。这距离用原子概念来表述那些由拉瓦锡定量分析过的化

学元素，仅仅一步之遥。这一步是由坎伯兰（Cumberland）手工织机工人之子约翰·道尔顿（John Dalton）完成的。

在谈论过火、硫黄、加热的水银之后，这个故事不可避免地要在寒冷潮湿的曼彻斯特达到高潮。在那里，在从 1803 年到 1808 年期间，一个名叫道尔顿的教友派学校校长出人意外地把拉瓦锡曾经作过精辟论述的关于化合的模糊知识，转变成近代原子论的精确概念。这是在化学领域里一个充满奇妙发现的时代——仅仅在 5 年之内，就发现了 10 种新的元素，而道尔顿对其中任何一种都不感兴趣。说实话，他多少是一个平淡无奇的人物。（他的确有色盲。他自己曾谈到所患先天性红绿不辨的缺陷，这种缺陷长期以来被称为“道尔顿病”，（Daltonism）。）道尔顿是一个生活有规律的人，每周星期四总要去乡下玩木滚球。使他感兴趣的是乡村的景物，是至今仍为曼彻斯特风光特色的种种东西：流水、沼气、二氧化碳。道尔顿思忖着有关这些东西由于重量而结合在一起的方式的种种具体问题。水由氢和氧构成，为什么特定份量的氢和氧相结合就会产生特定份量的水？为什么当二氧化碳产生后，或甲烷生成后，这些东西重量不变？1830 年的整整一个夏天，道尔顿都在潜心研究这个问题。他写道：“就我所知，对元素粒子的相对重量的研究完全是一件新的工作。最近，我深入研究了这个问题，并已取得相当的成功。”他认识到，这个问题的答案应当是：是的，古老的希腊原子学说是千真万确的。不过，原子不是抽象的，在物理学意义上，原子具有代表不同元素的重量。一种元素的原子（道尔顿称为“最终的或基本的粒子”）彼此相同，但与别的元素的原子则全然相异，而且，它们的差异表现为物理学意义上的重量差异。“我有理由认为，确有一些可以恰如其份地称为基本粒子的东西存在，它们决不可能从这一种变成另外一种。”1805 年，道尔顿首次发表了他关于原子理论的如下见解：即使是最小量的碳，如一个碳原子，在结合成二氧化碳时，也总是带有一定量的氧——两个氧原子。

如果与必要数量的氢原子相结合的两个氧原子生成水，那么，一个氧原子构成一个水分子，另一个氧原子则构成另一个水分子。

其重量是正确的：生成一个单位的二氧化碳的重量的氧原子将生成两个单位的水分子。

那么，不含氧原子的化合物——如沼气和甲烷，其中碳与氢相结合——的重量是否如此呢？是的，完全如此。如果从单个的二氧化碳分子，或从两个水分子中移出那两个氧原子，实际比例仍然精确无误：正好是生成甲烷的氢和碳的份量。

相互结合的不同元素的重量比例恒定不变，这表明它们的原子结合方式有一种潜在的图式。

这就是原子的精确算术。这种算术从化学理论中产生了近代原子论的基础。这是来自有关金、铜和炼金术的无数推测臆想的具有深刻意义的第一课，经过道尔顿达到了登峰造极的地步。

另一课则是关于科学方法的。道尔顿是一个生活很有规律的人。57 年来，他每天步行到曼彻斯特郊外，测量降雨量和气温——在这种天气做这类事情是十分单调乏味的。他积累了大量的资料，却得不出什么结果。不过，从一个探索性的，几乎是孩子气的问题，即与简单分子结构密切相关的重量问题中，却产生了现代原子理论。这就是科学研究的真谛：提出一个不得要领的问题，你也许就已经踏上了通往正确答案的道路。

第五章 天体的和声

从很多方面看，数学都是最精确、最复杂的一门科学——至少，作为一位数学家，我是这样认为的。对数学的发展的描述，使我既局促不安，又特别高兴，因为数学历来都是人类无穷思索的一部分：在人类知识的上升历程中，数学是通向神奇而又理智的思维的阶梯。不过，任何有关数学的描述，似乎都应包括以下这些概念：论证的逻辑性概念，关于自然界（特别是关于空间）确凿规律的经验性概念，各种运算概念的形成，以及数学从对自然的静态描述到动态描述的发展。这些便是本章的主题。

即便是非常原始的民族也有某种数字体系；他们也许不会数到四以上，但他们知道，任何东西中的两个加上同一种东西的另外两个，不是有时而是永远等于四。从这一基本点出发，许多文化形态都建立了自己的数字体系，通常是一种规则大致相近的书面语言。例如。

尽管巴比伦人、玛雅人，印度人生活的时间和空间相去甚远，但他们却创造了基本相同的书写大数字的方法，即把大数字写成我们今天使用的位数序列。

因此，在历史上，没有哪个地点和哪个时刻，可以让我站在那里说：“算术开始于此时此地。”在每一种文化中，人们从学会互相交谈的时候起，便开始计数了。算术和语言一样，始于传说时代。可是，我理解的用数字进行推论的数学则是另一回事。正是为了在传说与历史的交接点上寻求数学的起源，我才乘船来到萨摩斯岛（samos）。

传说时代，萨摩斯岛是希腊人祭祀天后赫拉（Hera，the Queen of Heaven）——即宙斯（zeus）的合法（但嫉妒忌）的妻子中的一个中心。赫拉的神庙，那赫拉神庙的遗迹可以追溯到公元前6世纪。在大约公元前580年时，希腊数学的第一位天才和奠基人毕达哥拉斯出生在萨摩斯岛上。在他生活的年代，萨摩斯岛落入了僭主波利克拉特斯（Polycrates）手中。

据传说，毕达哥拉斯在逃离萨摩斯之前，曾在岛上山中一个白石岩洞里传道授业，这个岩洞至今仍是那些相信这一传说的人们参拜的地方。

萨摩斯是一个神奇迷人的岛屿。大海的涛声，树林的低语，音乐的奏鸣，随处可闻。虽然别的希腊岛屿也可作为莎士比亚名剧《暴风雨》（The Tempest）的外景，但在我看来，萨摩斯才是普洛斯彼罗（Prospero）住过的那种岛屿，正是在这样的海岸上，这位学者变成了魔法师。毕达哥拉斯对他的门徒来说，大概也可算是一位魔法师吧，因为他教导他们，自然界是受数字支配的。他说，大自然是和谐的，在她的千变万化中有一种统一性，大自然也有自己的语言：数便是大自然的語言。

毕达哥拉斯发现，在音乐的和声和数学之间，有着一种基本的联系。有关他这一发现的故事，正像民间传说一样，是经过窜改后留传下来的。但他的发现却是千真万确的。一根绷紧的琴弦在整个儿震颤时产生出一个基音。把琴弦精确地划分为几等份，就会产生与这个基音和谐一致的音：可以把弦的长度准确地分为两等份、三等份、四等份，如此等等，如果琴弦的静

止点，即所谓波节（node），没有落在等分点上，奏出的音就会走调。当我们在琴弦上移动波节时，如果移动到确定的等分点上，我们会听到和谐悦耳的音调。拨一拨或拉一拉空弦：这就是基音。将波节移至弦的中心点：这就是高出基音八度的音。将波节移至弦的 $1/3$ 处：这就是高出基音的第五度音。将波节移至 $1/4$ 处：这就是高出基音的第四度音。如果将波节移至琴弦的 $1/5$ 处（毕达哥拉斯没有做到），这就是大调第三度音。

毕达哥拉斯发现，悦耳动听——悦西方人之耳——的和声，与用整数对琴弦的划分相对应。对毕达哥拉斯学派来说，这一发现有某种神奇的力量。自然与数之间的这种和谐一致竟是如此具有说服力，以致他们完全相信，不仅自然界的各种声音，就连自然界所特有的各种维和度，都肯定是一些能表现这种和谐的简单数，例如、毕达哥拉斯本人或他的追随者们相信，把各个天体与各种音程联系起来，就可以计算出这些天体的轨道（希腊人把这些天体描绘为在水晶般透明的天空中绕地球运动）。他们感到，自然界的一切规则都是和谐的；在他们看来，天体的运动，就是天体的和声。

这些思想使毕达哥拉斯享有一位哲学先知的地位，简直可说是一位宗教领袖，他的信徒们组成了一个秘密的、也许是革命性的派别。很可能，毕达哥拉斯后来的信徒中有很多人是奴隶，他们相信灵魂转生，这大概是他们希望死后能过上更为幸福的生活的一种表现方式吧。

我一直在谈论数字的语言——算术，但我的最后一个例子却是几何形状的天体。话题的改变并不是偶然的。展现在我们眼前的自然界形态万千：一道波纹，一个晶体，人的血肉之躯，而正是我们人类不得不去领悟和找出这中间的数的关系。毕达哥拉斯是将几何学与算术相结合的先驱，这刚好也是我所选择的一个数学分支，因此看一看毕达哥拉斯在这方面做了些什么，倒是合适的。

毕达哥拉斯在证明了音响世界是由精确的数支配的之后，又继续证明，视觉世界的情形也无不如此。这是一个非凡的成就。我看看自己的周围；我的确是在这里，在希腊神奇如画的风景中，在这蛮荒的大自然的万千形态中，在俄耳甫斯小山谷和大海之滨。在这美丽动人的浑沌中，哪里有那简单的数字结构呢？这个问题使我们不得不回顾人类关于自然法则的认识中那些最为原始而永恒的观念。很清楚，要很好地回答这个问题，我们必须从人类的普遍经验开始。人类的视觉世界建立在两种经验之上：重力线是垂直的，水平线与它成直角相交。而正是二者的相交，或我们所看到的这些十字标线确定了直角的性质；于是，如果我把这个凭经验认定的直角（向下、向两侧）转动四次，我就又回到了原先的垂直线与水平线相交的位置。直角的定义就是由这样的四次转动决定的，而且由此区别于其它任何一种角。

在视觉世界中，在我们的眼睛所看到的垂直平面图上，如果一个角转动四次后又回到原来的位置这个角就可以定义为直角。在经验的水平世界里，即我们在其间活动的世界里，这一定义同样成立。试设想一个这样的世界，一个有平坦的大地的世界。还有地图。以及罗盘上的罗经点。从这里，我向正南方的萨摩斯与小亚细亚之间的海峡望去。我用一块三角形瓦块作指针，让它指向正南方。（我把这个指针做成直角三角形，是因为我要用它作四次直角边靠直角边的转动。）如果我把这个三角形瓦块转动一个 90 度，它就指向正西方。再转动一个 90 度，它就指向正北方。转动第三个 90 度，它就指向正东方。最后，转动第四个 90 度，它就又指向正南方了，即指向它

开初所指的小亚细亚方向。

不仅我们所体验的自然界，而且连同我们所建造的这个世界，都是建立在这样一种关系的基础之上的。自从巴比伦人建造空中花园（theHangingGarden）以来，也许更早一些，即从埃及人建造金字塔以来就是如此。从某种实践的意义上说，这些文化形态已经知道，有一种工匠使用的三角板，就是按照这种数的关系来构成直角的。早在公元前 2000 年，巴比伦人就知道很多、也许是几百个表示这种数的关系的公式。印度人和埃及人也知道一些这类公式。埃及人似乎总是使用一种其三角形边长比例为 3：4：5 的三角板。但是，直到公元前 550 年前后，才由毕达哥拉斯把这一知识从经验数据的范畴上升到我们今天所说的论证的范畴。他提出了这样一个问题：“直角可以在转动四次后又回到原来的位置；那么，构成工匠们用的三角板各边之间的数的关系是怎样从这一事实中得出来的呢？”我们认为，他的论证是这样的（与教科书中讲的论证方法不同），一个正方形的四个角，就是构成罗盘的十字交叉线的四个三角形的四个主方位——东南西北。我移动这四个直角三角形，使每个三角形的斜边与相邻角的主方位会合。这样，我就用四个直角三角形的斜边构成了一个正方形。因此我们还应该知道哪些是这四个直角三角形所占据的面积，哪些不是，我再用一小块瓦把中间未被三角板盖住的小正方形填上。（我使用瓦块，是因为在罗马，在东方，瓦的许多形状都是从这种数学关系与人类对自然的思考的完美结合中产生出来的）。

现在，我们得到一个由四个直角三角形斜边组成的正方形。我们完全可以通过计算把这个正方形与由直角边组成的两个正方形之间的关系表示出来。但是，这样就会看不到这一图形的自然结构及其深刻含意。我们不需要任何计算。一种孩子们和数学家们常玩的小游戏将比计算揭示更多的道理。把两个三角形的位置重新交换一下。移动指向南方的三角形，使它的斜边与指向北方的三角形的斜边相邻。然后移动指向东方的三角形，使它的斜边与指向西方的三角形的斜边相邻。

现在，我们得到了一个面积不变、形状像“匚”的多边形，（当然面积不变，因为这个图形是由同样几个直角三角形构成的），我们一眼就可以看出，这个多边形的边，就是直角三角形的直角边。让我把这个“匚形图案的构成表示出来：从上到下画一条线，把这个多边形的上部和底部分开。很明显，底部是一个由直角三角形较短的那条直角边构成的正方形；而“匚”多边形的上部也是一个正方形，它的边是较长的那条直角边。

毕达哥拉斯就是这样论证了这一普遍定理：不仅适用于埃及的各边比例为 3：4：5 的三角形，或任何巴比伦人的三角形，而且也适用于任何一个直角三角形。他还证明了，只要是直角三角形，以斜边为边长的正方形面积等于以另外两条边构成的正方形面积之和。例如，边长分别为 3：4：5 的三个边可以构成一个直角三角形，因为 $5^2 = 3^2 + 4^2$

$$=16+9 = 4 \times 4 + 3 \times 3$$

$$=4^2 + 3^2$$

巴比伦人发现的三角形各边长度的比例关系也是如此，无论是简单如 8：15：17，或是大得惊人的 3367：3356：4825，其比例关系不变。毫无疑问，他们当时已相当精通算术。

迄今为止，毕达哥拉斯的这条定理在整个数学领域中仍然是最重要的

一条定理。这样说似乎有些大胆而离奇，但却并不过份；因为毕达哥拉斯所创建的理论是对我们在其中活动的空间的一种基本概括，也是第一次用数的关系来解释空间。一定的适当的数描述了那制约宇宙万物的确切规律。事实上，已经有人提议把构成直角三角形的数的关系作为发往其它星系的行星的信息，以试探那里是否也有智慧生物存在。

重要的一点是，按照我的论证方式，毕达哥拉斯的这条定理还阐明了平面空间的对称关系；直角就是把平面分成四等份的对称元。如果平面空间还有另外一种不同的对称关系，这条定理就不能成立，而对于特殊三角形的各边的另外一种关系来说，还是成立的。即使空间（像空气一样）是看不见的，但它也和物质一样，是自然界的重要组成部分，这是几何学研究的问题。对称不仅涉及一种描述方法的精巧；如同毕达哥拉斯的其它思想一样，还深入到了自然界的和谐性。

毕达哥拉斯在论证了这条伟大定理之后，他向缪斯女神（the Muses）献祭了 100 头公牛，来感谢女神们给他的灵感与启示。这是一种自豪与谦卑合二为一的举动，正如当数字关系相互吻合并且表明“这是自然结构的一部分，是解开自然结构之谜的一把钥匙”时，即使到了今天，每位科学家也都会有同样的感受。

毕达哥拉斯是一位哲学家，在他的信徒们眼中，他又差不多是一位宗教人物。事实上，他颇受亚洲文化的影响，这种影响贯穿在整个希腊文化之中，却又往往被我们忽略。人们总喜欢把希腊看作是西方的一部分；但是，古代希腊的边缘地区，萨摩斯岛，距离小亚细亚海岸仅有一英里。许多对古希腊有深刻影响的思想，最初就是从这里传入的，而令人始料不及的是，这些思想在若干世纪之后，在传入欧洲以前，又传回亚洲。

知识的传播令人惊叹，在我们看来是时间上的突飞猛进，事实上却往往需要经过从一个地方到另一个地方，从一座城市到另一座城市的长途跋涉。商队在运送商品时带去了他们本国的贸易方式——度量衡制和计帐方法——同时也把技术和思想传遍亚洲和北非，传到他们所到过的一切地方。作为许多例子之一，毕达哥拉斯的数学理论也不是直接传给我们的。它激发了希腊人的想象力，不过，使它成为一种严谨的体系的地方却是这座尼罗河城市——亚历山大城（Alexandria）。

使数学这门学问系统化并声名大振的人是欧几里得（Euclid），他于公元前约 300 年把这一理论体系带到了亚历山大城。

显然，欧几里得继承了毕达哥拉斯学派的传统。传说当一位听众问他某一条定理有什么实际用途时，他轻蔑地对他的奴隶说：“他想从学问中捞到点儿好处——给他一个小钱。”这句指责之辞大概是从毕达哥拉斯学派同盟的一句箴言改编过来的，那句箴言大体可以译为“一个图解就是一个进步，而不是一个图解即一个小钱”——“一个进步”就是指人类知识的一个进步，或者如我所说，是人类的上升。

欧几里得是数学推理的典范，其影响巨大而又深远。在流传至今的书籍中，除了《圣经》，他的《几何原本》（*Elements of Geometry*）一书，在译成外文的种类和印行的数量上都是首屈一指的。第一位教我数学的老师在引用几何定理时，连数字都是沿用欧几里得用过的数字；这在 50 年前也并非罕见之事，而且是引经据典的标准方式。当约翰·奥布里（John Aubrey）在写到托马斯·霍布斯（Thomas Hobbes）人到中年突然“爱上几何学”与哲学

的时候，他解释说，霍布斯在“一位绅士的书房里”偶然看到一本“欧几里得的《几何原本》，这本书正好翻到第1卷，命题第47。”欧几里得《几何原本》第1卷的命题第47就是毕达哥拉斯的这条著名定理。

大约在耶稣诞生前后的几个世纪里，人们在亚历山大城从事的另一门科学是天文学。我们又一次从传说故事的字里行间抓住了历史的发展动向。

《圣经》上说，有三位智者追随一颗明星走到伯利恒（Bethlehem），这时，从这个故事里，我们又一次听到一个远古时代的回声，那时的先贤哲人就是星象的观察者。远古时代先贤哲人们所探求的日月星辰之谜，终于被一位在公元150年前后在亚历山大城从事研究的名叫克劳迪斯·托勒密（Claudius Ptolemy）的希腊人解答了。他的著作的阿拉伯文本传到了欧洲，而希腊文原版却散失殆尽，有些是在公元389年基督教狂热分子掠夺亚历山大图书馆时散失的，另外一些则是在黑暗的中世纪席卷东地中海地区的历次战乱和入侵中丢失的。

托勒密构造的天体模型复杂得出奇，不过，整个模型还是从一种简单的类比开始的。月球围绕地球旋转；显然，托勒密认为，太阳和行星也同样如此。（古人把月球和太阳看作行星。）希腊人相信，圆周是运动的完美形式，于是托勒密也让这些行星作圆周运动，或者让行星在围绕另一个圆周旋转的圆周上转动。在我们看来，这些圆和周转圆的图式似乎过分简单而又矫揉造作。但是，事实上，这一体系在当时却是一种美妙动人而又切实可行的发明，它体现了整个中世纪阿拉伯人和基督徒的一种信念。这一体系持续了1400年之久，远远超过任何更为晚近的科学理论在不作重大改动的情况下所能延续的时间。

在这里，思考一下为什么天文学发展如此之早，如此精密，而且实际上成为整个自然科学的原型这样一个问题是合乎时宜的。在所有自然科学中，日月星辰必定是最不可能引起人类无穷好奇心的自然物。而人体本身应当是早期的系统研究恰当得多的对象。那么，为什么天文学竟在医学之前发展成为第一门科学？为什么医学本身在抢救病人生命时，还要求诸星象，以预卜凶吉祸福呢？——难道占星术的魔力竟使人放弃把医学作为一门科学吗？我认为，一个主要的原因是，人们观察到的日月星辰的运行被证明是可以计算出来的，而且，很早以来（也许早在公元前300年的巴比伦），人们就将这些星辰的运动纳入数学运算范畴了。天文学之所以出类拔萃，成绩斐然，是因为它具有可以用数学方法加以研究的特点，而物理学的，以及最近的生物学的长足进步。也同样是取决于它们找到了自身规律的公式，而这些公式都是可以用数学的模式来表示的。

思想的传播往往需要某种新的推动力，公元600年，伊斯兰教的创立就是这样一种新的、强大的推动力，它开初只是一种地方性活动，后果如何，未能逆料；但是，当公元630年穆罕默德（Mahomet）一旦征服了麦加（Mecca），伊斯兰教就如疾风骤雨，席卷整个南方世界。在100年内，伊斯兰教占据了亚历山大城，又在巴格达（Baghdad）建立了一座宏大的学术城，并把它的边界推进到波斯的伊斯法罕（Isfahan）以东地区。到了公元730年，这个穆斯林帝国的版图从西班牙和法国南部开始，一直扩展到中国和印度交界的地方：这真是一个力量无比强大、堂而皇之的帝国，而在这时，欧洲却正处在中世纪的黑暗时代。

在这宗教的征服过程中，被征服民族的科学知识被人们以一种掠夺狂

式的热情加以搜集。与此同时，从前被人视若等闲的简单的、地方性的技艺得到某种复苏。例如，用于建造最早的圆顶清真寺的器械并非什么复杂的玩意儿，不过是古代工匠使用的三角板——这种工具至今为人们沿用。位于伊斯法罕的“星期五清真寺”(Masjid-i-Jomi)就是早期伊斯兰教的宏伟的历史遗迹之一。在诸如此类的中心，希腊和东方的知识受到珍视，被广泛吸收，并不断丰富起来。

穆罕默德历来坚信，伊斯兰教不应成为一种崇尚奇迹的宗教，从它富于理智的内容上看，伊斯兰教已成为一种冥想与分析的形式。穆罕默德教义的著作家使神非人格化和程式化：伊斯兰教的神秘主义不在于血和酒、肉和面包，而是一种超脱尘世的出神入化。

安拉是天地之光。他的光照可比作放在壁龛中的一盏明灯，这盏灯罩在一个如星光般灿烂的水晶球中，交相辉映。在安拉已认可的、为纪念他的伟名而修建的寺庙中，人们从早到晚赞美他，不善经商或未能获利的人因牢记安拉而时来运转。

星盘(astrolabe)本来是希腊人的一项发明，伊斯兰教徒将这种星盘加以改进，精心制作，广为传播。作为一种天文观测装置，这种星盘仍很原始，它只能粗略地计算太阳或某个星体的黄纬(theelevation)。但是，将一幅或几幅星象图配合进行这种简单的观测，就可使用星盘进行一种程序复杂的计算，测定纬度、日出和日落、祈祷时间以及为香客测定去麦加朝觐的方向。和星象图不同，星盘上刻有占星术和宗教的图饰。令人感到一种神秘的慰藉。

在很长一段时间内，这种星盘好似世人常用的怀表和滑尺。1391年，诗人杰弗里·乔叟(GeoffreyChaucer)写了一本教他儿子使用星盘的入门书，他是从8世纪的一位阿拉伯天文学家那里抄录来的。

对摩尔学者来说，计算是一种无穷的乐趣。他们喜欢计算难题，乐于寻求解决这些难题的独创方法，有时，他们还把自己的方法发展为机械装置。一种比星盘更为精巧的轻便计算器，即所谓的占星术或天文学计算器，有点像自动日历，就是在13世纪巴格达的哈里发帝国(Caliphate)制造的。它的运算原理并不深奥，只不过是一种可用来预报时日的组合式日晷，但它却是700年前那些工匠们高超的机械制造技艺的一个明证，也是他们热衷于玩弄数学游戏的一个明证。

那些勤勉好学、孜孜以求、宽容忍让的阿拉伯学者从遥远的地方带来的一项最重要的发明就是数字书写方法。那时，欧洲采用的表示数字的符号仍是笨拙的罗马字，书写数字是把罗马字简单地相加，拼凑而成：例如，1825写成MDCCCXXV，因为M等于1000，D等于500，C加C加C等于100+100+100，XX等于10+10，而V等于5。而伊斯兰国家则以我们今天仍称为“阿拉伯数字”的现代十进位制记数法取而代之。

不过，一种用位数表示数量的数字体系一定要能够表示零位数。这种阿拉伯记数方法需要创造一个表示零的符号。在这一页手稿上，表示零的符号出现了两次；在下一页出现得更多，看上去很像我们今天使用的符号。

“Zero”和“Cipher”(零，无)就是两个阿拉伯字；而“algebra”(代数)，“almanac”(年历、年鉴)，“Zenitth”(天顶)，以及数学和天文学上的另外10多个词也是阿拉伯语词。在大约公元750年时，阿拉伯人从印度传入十进位制。那以后又过了500年，十进位制才在欧洲通行。

大概由于这个摩尔人帝国广被千里，它成了一个知识的集市。帝国的学者既有东方的异端聂斯脱利派教徒（Nestorian Christians），也有西方的异端犹太教徒（Jews）。尽管伊斯兰教力求改变人们的宗教信仰，却从不轻视他们的知识，这或许是伊斯兰教的一种宗教品质吧。在东方，伊斯法罕这座波斯古城就是它的纪念丰碑。在西方，也留下了一座堪与波斯城媲美的遗址，这就是西班牙南部的艾勒汗卜拉宫。

从外面看上去，艾勒汗卜拉宫是一座威严冷酷的方形要塞，看不出丝毫阿拉伯风格。但从内部来看，它却不是什么要塞，而是一座宫殿，一座精心设计、向世人预示极乐世界的宫殿。这座艾勒汗卜拉宫是一座晚期建筑。它体现了一个帝国在平静——如它所认为的——而安全地度过它的极盛时期之后的那种懒散与闲适。而一向崇尚冥思默想的宗教也变得越来越沉湎于感官刺激和自我陶醉了。宫殿里流水潺潺，那碧波粼粼的流水形象几乎贯穿于全部阿拉伯音乐的旋律之中，尽管这些音乐都是以毕达哥拉斯的弦长比数为基础的，每一座庭院都像是对一种梦境的追忆与再现，苏丹从这些庭院中飘然而过（他不是步行，而是由人抬着走过的）。艾勒汗卜拉宫几乎是《古兰经》中所描绘的天堂上界的真实写照。

真主赐福给那些耐心工作，信奉安拉的人。那些信仰虔诚、努力行善的人将永远住在天堂里，河水从他们脚下滚滚流过……他们将受到尊敬，在充满欢乐的花园里，面对面地躺在睡榻上。一个杯子在他们中间来回传递，轮流享用那甘美、清彻的泉水……他们的配偶斜倚在柔软的绿色坐垫上或美丽舒适的地毯上。

艾勒汗卜拉宫是阿拉伯文明在欧洲的最后的、也是精美绝伦的纪念遗址。最后一个摩尔人王朝在这里一直执政到 1492 年，其时西班牙的伊莎贝拉（Queen Isabella）已在大力支持哥伦布的探险航行。整座宫殿由许多蜂窝状的庭院和厢房组成。宫中最隐秘的地方是沙拉德那什（Salad el ascamas）。后宫的年轻姑娘们沐浴之后来到这里，一丝不挂地躺着，盲人乐师在长廊上吹拉弹唱，宦官轻轻走进走出。苏丹高高在上，观赏作乐，把一只苹果扔给他选中的姑娘，示意要与她共度良宵。

按照西方的文明习俗，这样一个房间应该挂满优美的女人裸体色情画。但这儿却不是这样。伊斯兰教禁止描绘人体，甚至人体解剖研究也完全被禁止，这正是穆斯林科学发展的一个主要障碍。因此，我们在这里只看到一些颜色鲜艳而又异常简单的几何形纹饰。在阿拉伯文明中，艺术家和数学家合而为一。我这样说并不夸张。这些图案表明，阿拉伯人在研究空间本身的微妙和对称性方面，即我们今天称为欧几里得空间方面，已达到相当高的水平。这种平面的两维空间是毕达哥拉斯首先加以描述的。

在这大量丰富的图案中，我就从最简单明了的一种图案开始吧。这种图案的花纹是一种两瓣叶片的重复，其中呈水平方向的是深色叶片，而呈垂直方向的是浅色叶片。这样，平行移动（即平行地改变图形的位置）和朝水平方向或垂直方向作反射移动，都会形成明显的对称关系。但是，请注意，更为微妙的一点是，阿拉伯人喜欢设计那种深色花纹和浅色花纹完全相同的图案。于是，如果你一时忽略了色彩的异同，便会看出，当你把深色叶片转动 90 度后，就转到了相邻的浅色叶片的位置上。然后，再次转动，又转到了另一个叶片的位置上，最后回到原先的位置。不过，在转动叶片时，你必须始终围绕同一个交合点旋转。这样你可以准确地围绕整个图案转动；不管

离旋转的中心有多远，图案中的每个叶片都会转到相邻叶片的位置上。

沿水平线的反射是这种有色图案的双重对称，沿垂直线的反射也是如此。而当我们将颜色置于不顾时，我们就可以看到一种四重对称，它是由作四次 90 度的转动而形成的，我已经用这种方法证明了毕达哥拉斯定理；因此，对称的无色图案，就成了毕达哥拉斯式的正方形。

现在我再谈谈一种复杂得多的图案。这些好似被风吹得卷起来的四种颜色的三角形，仅仅表现了一种非常明显的在两个方向上的对称关系。你可以垂直地或朝水平方向将这个图案移动到新的、完全相同的位置。图案中的花纹好像被风吹得卷起来似的这一点并非与本题无关。人们很难找到一种不可以反射的对称体系。然而，这个图案的花纹却是不可以反射的，因为所有这些被风吹得呈卷状的三角形都是向右转动的，如果不让它们朝左边转动，它们便不能反射。

现在，假设你不管这些三角形有绿、黄、黑、蓝色之别，把它们看成只有深、浅两色之分。那么，你就可以看到这里也有一种旋转的对称。再把你的注意力集中到交会点上，你就会看到六个三角形在这里相交，而它们的颜色则交替为深浅两色。一个深色三角形可以转动到下一个深色三角形的位置上，再转到下一个的位置，最后回到它原先的位置——这是一种使整个图案旋转的三重对称。

可能形成的对称还不仅限于此。如果完全不考虑颜色的差异，那么旋转角度稍小一些，你就可以使一个深色三角形移到它旁边的浅色三角形的位置上，因为这个浅色三角形与它的形状完全相同。照这样转下去，依次转到深色、浅色、深色、浅色，最后转回到原来的深色三角形的位置——这就成了一种使整个图案转动的空间的六重对称。实际上，我们大家都很熟悉这种六重对称，因为这就是雪的晶体的那种对称形式。

谈到这里，那些并非数学家的人们有理由发问：“怎么？这就是数学研究的东西吗？从前阿拉伯的教授，或者现代的数学家们就这样在这种不及大雅的游戏上耗费时日吗？”对这个问题出人意料的回答是——不，这不是一种游戏。它使我们直接面对某种我们易于忘怀的东西，即，我们生活在一种特殊的空间——三维的平坦空间——而且，这种空间的种种特性是无法突破的。在探究怎样才能使一个图案转回到自己原来的位置上时，我们就正在发现那支配我们的空间的无形法则。不仅在人为制作的图案中，而且在大自然所强加于基本的原子结构的种种规律法则中，只有特定的几种对称关系是我们的空间所能提供的。

包含着这类空间的自然形态的结构似乎是那些结晶体。而且，当你观察一个人手未曾触及的晶体——如冰洲石——时，你会十分惊奇地发现，冰洲石的表面为什么会是规整的，这一点并不是无须证明的。这些表面为什么会是平坦的平面，这一点也决非不言自明。晶体就是如此；人们已习惯于它们的规整和对称，但是，为什么会这样？它们这个样子，并非人力所及，而是自然的造化。这种平整的表面意味着其中的原子当初就是这样聚合起来的——这种，或那种。这种平坦和规整是空间用力于物质所致，其结果有如我刚才分析过的，空间也赋予那种摩尔人的图案以对称性。

拿一块立体的美丽的黄铁矿石，或者拿一块我认为美丽无比的八面体萤石（即天然金刚石）来看一看。它们的对称性也受我们生活其中的空间的性质的制约——也就是说，受我们生活其中的空间的三维和平坦的性质的制

约。而且，没有任何原子的集合形式能够打破这种自然的决定性法则。正如构成一种图案的那些单元，一种晶体中的原子在各个方向上堆积重叠。因此，一种晶体，也就如同一种图案，必定具有某种能够在各个方向上扩展或重复自身的同一形状。这就是一种晶体的表面只能具有特定的形状的原因所在；就其图案而言，只能是这样或那样的对称形式。例如，旋转一圆周，只能转动两次或四次，三次或六次，不会再多了。而且不会转动五次。你不可能造成这样一种原子的集合形式，可以使完整占满空间的三角形一次有五个。

思考有关这些图案形式的问题，在实践中穷尽了空间各种各样可能的对称形式（至少在二维空间中），是阿拉伯数学的伟大成就。而且，这一成就，有长达 1000 年的历史，具有无比的权威性。这些国王、裸体女人、宦官和盲人乐师，构成了一幅奇妙而又规则的图案，人们对其中存在的关系的探索在当时可谓尽善尽美，不过，遗憾的是，这种探索并不寻求任何变化。不到人类上升至发现某种新的动力之时，人们思想是不会有新的内容的，数学上也就不会有新的发现。

大约在公元 1000 年时，基督教文化开始从摩尔人从来征服过的地方，如地处狭长海岸地带的桑蒂拉那（Santillana）村，迅速折回到西班牙北部地区。在那里，基督教还是一种着眼于现世生活的宗教，这个村子里的一些纯朴而简单的偶像，如牛、驴，和耶稣基督，都表明了这一点。对穆斯林的宗教信仰来说，这些动物偶像是不可思议的。而基督教不仅允许动物形象的存在，耶稣基督本人就是普通的孩子，圣母也是一个普通的妇女和人人崇拜的对象。当我们看到宗教游行队列举着圣母玛丽亚像时，我们就像置身在一个不同的世界里：这不是抽象的图案，而是丰富多彩的、奔放热烈的生活。

当基督教文化重新夺回西班牙时，边界上的斗争十分激烈。然而这里的摩尔人、基督徒还有犹太人杂居在一起，创造了一种具有不同宗教信仰的不同寻常的文化，公元 1085 年，在托莱多（Toledo）城一度形成了这种混合文化的中心。托莱多是阿拉伯人从希腊、中东和亚洲将所有古典文献输入信奉基督教的欧洲的重要口岸。

我们把意大利看作文艺复兴运动的发源地。但是，文艺复兴的思想观念在 12 世纪时就已在西班牙形成了，这方面的重要标志与表现是托莱多的著名译书馆，在这里，大批古代典籍从古希腊文（欧洲早已忘记了这种文字），经过阿拉伯文和希伯来文，译成拉丁文。在托莱多的其它文化进步中，人们还绘有一套早期的天文图表，这是一部关于星辰位置的百科全书。这套图表是按基督教风格绘制的，体现了这座城市和这个时代的特点，但数目字却是阿拉伯式的，并且是至今仍然能够被人们辨认出来的近代阿拉伯数字。

当时最著名的翻译家和杰出的人物是克雷莫纳（Cremona）的杰拉德（Gerard），他特意从意大利来到托莱多，查找托勒密的一部天文学著作《天文学大成》（Almagest），并留下来翻译阿基米德、希波克拉底、盖伦（Galen）和欧几里得等人撰写的希腊科学的经典著作。

但是，我个人认为，在其著作被翻译成拉丁文的人当中，最为杰出的，而且从长远来看最有影响的并不是一个希腊人。这是因为我对有关空间物体的认识颇感兴趣。而这恰恰是希腊人完全弄错了的一门学科。大约在公元 1000 年，这个问题首次被一位名叫海桑（Alhazen）的、性情古怪的数学家所认识，他是阿拉伯文化造就的一位真正富有独创精神的科学家。希腊人曾认为光线是从人的双眼投射到物体上的。海桑却第一次认识到，我们之所以

能够看见一个物体，是因为这个物体的每一点把光线直射或者反射到我们眼中。希腊人的观点无法解释一个物体，比如说，我的手在移动时，它的大小似乎有所变化。按照海桑的说法，这显然是因为，当我的手从你眼前向远处移开时，我的手的轮廓和形状所反射的光锥面变得越来越狭窄。而当我的手向你眼前移过来时，进入你眼中的光锥面越来越大，形成的夹角也更大。这种观点，也只有这种观点，才能解释物体发生大小变化的原因。但是，令人吃惊的是，如此简单明了的观点，居然 600 年来一直没有引起科学家们的注意。（罗杰·培根（Roger Bacon）是一个例外）不过，艺术家们在此之前很久就已在实践中注意到这一点了。关于从物体进入眼睛的光锥面的这种概念成为透视画法的基础。而透视的观点又是使数学恢复勃勃生机的新思想。

15 世纪时，在意大利北部城市，如佛罗伦萨和威尼斯，透视的观点进入艺术创作领域，风靡一时。洛伦佐·吉贝尔蒂（Lorenzo Ghiberti）为罗马梵蒂冈图书馆中的海桑的《光学》手稿译文作了注释，并且为佛罗伦萨的洗礼堂大门创作了著名的青铜透视画。他并不是透视画法的第一位先驱——第一位先驱可能是菲利普·布鲁内莱斯基（Filippo Brunelleschi）。当时已有好些像他那样的画家，足以组成一个透视画派。这也是一个思想的流派，因为它的目的不仅仅是使画中的人物栩栩如生，唯妙唯肖，而且要赋予画中人物空间的动感。

只要我们将透视画派的一幅作品与一幅更早时期的作品相对照，就不难看出这种动感。

卡尔帕乔（Carpaccio）描绘圣·乌尔苏拉（St Ursula）离开雾霭迷茫的威尼斯港的绘画作于 1495 年。正如这时人们的耳朵能从欧洲音乐的新和声里欣赏出另一种深度和立体感一样，这幅画的明显效果是赋予视觉空间以一种第三维的感觉。不过，最主要的还不在它的深度，而在于它的动感。正如那新兴的音乐，这幅画和画上的人物使人感到是活动的。总而言之，我们感到这位画家的视线在不断移动。

对照下一幅佛罗伦萨的壁画。它创作于公元 1350 年，比卡尔帕乔的画要早 100 年多。这幅壁画是从城墙外的某个角度来看这座城市，画家幼稚地越过城墙和房顶看过去，在他的画上那些建筑像阶梯一样排列起来。但这并不是技巧问题，而是创作意图问题。画家并不想采用透视画法，因为他认为自己是在按照事物本来的样子，而不是按照它们看上去的样子把它们记录下来：这是一种上帝的眼光，一幅永恒真理的画图。

而透视画家的意图则不一样。他有意识地让我们抛开绝对和抽象的眼光。他让我们不去过多地注意某一地点，而更多地着眼于某一瞬间：着眼于时间，而不是空间。所有这一切，是借助于精确的、数学性质的手段实现的。一位德国艺术家仔细地记录了这种画法，他就是阿尔布雷希特·丢勒（Albrecht Durer），他于 1506 年来到意大利，学习“透视画法的神秘艺术”。丢勒本人当然也着眼于刻划稍纵即逝的一瞬，如果我们再现他描绘的情景，我们会看到这位艺术家选择了一个富于戏剧性的时刻。他可能会围着模特儿走几步就停下来。或者，他会继续走下去，在此后的某一时刻才把视线固定下来。但是，在他从正面观察模特儿时，在这关键时刻，他的眼睛好似照相机快门，摄下他所看到的情形。透视并不是一种观点；对艺术家来说，它是一种积极主动、连续不断的创作行为。

在早期透视画法创作中，人们习惯于用一种观测器和一种框格来捕捉

视觉的瞬间所见。

这种观测手段来自天文学，而人们当时用来绘画的这种方格纸，今天成了数学运算的辅助用品。丢勒热衷于描绘的自然界所有的细枝末节，都是时间的动态的表现：这头公牛，这头毛驴，圣母玛丽亚脸上洋溢着青春气息。这幅画题名为《东方贤人之爱》(The Adoration of the Magi)。来自东方的三位贤哲之士找到了他们的命运之星，这颗星辰宣告了时间的诞生。

丢勒在这幅画的中央画上的这只圣餐杯是用来教授透视画法的一个样板。例如，我们知道乌切洛(Uccello)对这只圣餐杯所作的分析；我们可以在电子计算机上象这位透视画家那样显示这只圣餐杯的构图。他的视线像一只转盘那样追随和探索杯子形状的线条变换那种由圆向椭圆形的延伸，并且不断捕捉那在空间逝去的瞬息时间。

分析一个物体不断变化的运动，正如我可以在电子计算机上做的那样，对希腊人和伊斯兰教徒的头脑来说，当时还相当陌生。他们总是寻求静止不变的东西，或者寻求一种秩序井然、完美无缺的永恒境界。对他们来说，最完美的形状是圆。圆周运动必定是平稳自如而又始终如一的，这就是天体的谐和。

这也说明托勒密的世界体系为什么是由一些圆构成的，时间沿这些圆平稳地、始终如一地运行不息。但在现实世界中，各种运动并非一成不变。它们每时每刻都在改变方向和速度，一直到一种认为时间是一个变量的数学理论创立之后，人们才可能对这些运动进行分析。这对天体来说是一个理论问题，而在地球上，这却又是一个非常实际而直接的问题——在一个抛射体的飞行中，在一种植物急速的生长中，在形状和方向突然变化的一滴水珠的进溅中，这的确是个很实际的问题。文艺复兴时期的人们还没有能够使这稍纵即逝的画面停止不动的技术装备。但那时却有一种高明的设备：画家的心灵之窗，和数学家的逻辑推理。

于是，在1600年之后，约翰尼斯·开普勒(Johannes Kepler)终于相信，行星的运行轨迹并不是圆的，也不是恒定不变的。行星的轨迹呈椭圆形，行星沿这种椭圆形轨迹以不同速度运行。这就意味着，静止式的古老数学不再能满足需要了，把运动看成恒定不变的那种数学也已过时。人们需要一门能给瞬时运动下定义并能计算这种运动的崭新的数学。他们是艾萨克·牛顿(Isaac Newton)和哥特弗莱德·莱布尼茨(Gottfried Wilhelm Leibniz)，今天，这对我们来说，是如此熟悉，以致我们把时间看作是一种描述自然状况的天然要素，但以前情况却并非总是如此。正是牛顿和莱布尼茨提出了正切、加速度、斜率、无穷小、微分等等概念。有一个词现在已被人们淡忘了，但是，用它来描述那曾经被牛顿好比用照相机快门固定下来的时间的流动，是再恰当不过的了：这就是“流数”(Fluxions)，它是牛顿(在莱布尼茨之后)给今天所谓微积分起的名字。如果仅仅把微积分看作一种更为先进的技术，这并没有把握住它的真实内容。在微积分理论中，数学变成了一种能动的人类思维方式，这是人类在其上升历程中智力发展的重要一步。说来也真是奇怪，使微积分理论行之有效的技术性概念竟是一种关于无穷小的概念，赋予无穷小这个概念精确严格的含义，使人类知识有了新的突破。不过，我们还是把这个技术性概念留给专家学者们去研究，我们就姑且把这种数学叫作变化的数学吧。

自从毕达哥拉斯宣称数字是自然的语言以来，自然界的种种法则都一

直是用数的关系来描述的。现在看来，这种自然的语言不能不包括那些描绘时间变化的数的关系。自然的法则成了运动的法则，而自然界本身，也成了—个不断运动的过程，而不再是一系列静止的结构形态。

第六章 星辰的使者

天文学是从地中海文明中产生出的第一门近代意义上的科学。数学的发展直接导致了天文学的兴起，这是很自然的；不过，天文学毕竟最先发展起来了，并且因为它能够转化成精确的数字形式，而成为当时其它各门学科的一个典范。我这样说，并非出于我个人的什么癖好。其实，真正别出心裁的倒是我竟然从新大陆开始，来讲述最早的一门地中海科学的有趣故事。

天文学的基本原理存在于一切文化形态之中，而且显然是古代人类所共同关心的重要课题。其原因很清楚。天文学知识可以帮助人们掌握季节变换的规律（例如通过对太阳运行的观察）。用这种方式，人们可以确定应该在什么时候播种、收割、放牧等等。因此，所有定居的文化形态，都有自己的历法，指导人们制订各种计划。在这方面，新大陆同埃及、巴比伦河谷地带的情形完全—样。

公元 1000 年以前，在大西洋和太平洋之间的美洲地峡—带繁荣起来的玛雅文明，就是—个很好的例子。玛雅文明完全可以看作是美洲文化的最高阶段：他们有自己的书面语言，有发达的工程技术和富于独创性的艺术。在玛雅人的寺庙建筑群中，耸立着高大的金字塔。

那里曾住过—些天文学家，在保留至今的—块巨大的祭坛石上，刻有他们这些人的肖像。这座祭坛是为了纪念公元 776 年举行的一次古代天文学会议建造的。当时有 16 位数学家来到这里，聚会在著名的玛雅文明的科学中心、中美洲的神圣城市科潘（copan）。

玛雅人创造算术体系远比欧洲为早，例如，他们很早就发明了表示“零”的符号。可以说，他们个个都是优秀的数学家；尽管如此，他们除了有一些最简单的天文图记外，几乎没有对任何星辰运动的规律进行过测绘。不过，玛雅人的宗教仪式又总是念念不忘时光流逝的问题，这种相沿成习的多虑和苦恼，在他们的天文学中，如同在他们的诗歌和传说中—样，占据着支配的地位。

当这次天文学盛会在科潘举行之时，玛雅的祭司兼天文学家们就已经碰到困难了，人们也许会以为，他们费了九牛二虎之力把分散在许多中心的满腹经纶的代表召集起来，会就—些星象观察的问题开始进行认真的研究。但是，我们如果这样想就错了。他们召开这次会议，是为了解决—个时常使玛雅历法监督人深感苦恼的算术计算问题。玛雅人有两部历法，—部宗教的历法，—部世俗的历法。这两部历法总是互相矛盾，难以统—。他们力图使这两部历法的差距不再扩大。关于行星运行的问题，玛雅天文学家们只掌握了一些极简单的规律，而对于这些行星运动的机制，却是—无所知。他们的天文学观念是纯粹形式主义的，在他们看来，天文学只不过是用来保持历法的正确性的。这就是公元 776 年举行的那次天文学会议所做的全部工作，而

与会代表却一个个颇为自负地让人们把自己的肖像镌刻在祭坛石上。

问题的关键在于天文学并没有停留在制订和修正历法上。天文学在古代民族中还有一种用途，但在当时尚未普及。星移斗换，可以为往来的行旅导航，特别是为那些在茫茫大海上航行而又看不到任何航标的航行者导航。这也正是天文学对于旧大陆的中海航海家们的全部意义之所在。不过，据我们推断，当时新大陆的民族尚未把天文学用作一种航行（陆路旅行和海上航行）的科学指南。显然，没有天文学知识，人们就不可能在长途航行中找到正确的航向，更谈不上建立一套关于地球形状以及关于地球上陆地和海洋的理论。当年哥伦布扬帆启航，向世界的彼岸进发时，他所运用的是一些古老的、照我们今天的观念看来十分粗浅的天文学知识。例如，他认为地球实际上要狭小得多。但是，哥伦布毕竟发现了新大陆。而新大陆的人们却从来没有想到地球是圆的，也从未打算走出去寻找旧大陆。这种情况决不是偶然的。事实上，恰恰是旧大陆的人们环绕地球航行，才发现了新大陆的。

天文学并不是科学的顶点，也不是发明的终极。天文学是对蕴含在某种文化中的气质和性格的一种检验，自古希腊时代以来，地中海民族的航海家们就培养了，一种特别执著的好奇探险的精神，把探险活动与逻辑思维——经验与理性——结合起来。而新大陆的人们却不是这样。

那么，新大陆是不是毫无创造发明可言呢？当然不是。即使像复活节岛上的这种非常原始的文化也产生过一项重大的发明，这就是一座座在外形和神态上都极为相似的巨大雕像。

这在世界上是绝无仅有的，人们照例会对此提出一些无关宏旨的、风马牛不相及的问题。这些雕像为什么会做成这个样子呢？是怎样搬运到这里的？它们是怎样安放在那些地方？不过，这并不是什么十分了不起的难题。要将比这些雕像的时代要早得多的巨石文化的巨石柱竖立起来，显然就更为困难；英格兰中南部的埃夫伯里（Avebury）的石圈和其它巨石文化遗迹就是如此，不过，原始文化正是通过这些十分宏伟的集体活动一步一步地向前推进的。

关于这些巨型石雕，可以提出一个颇带挑剔性的问题：为什么它们全都一模一样呢？你看，它们一个个呆坐在那里，好似栖身在木桶里的第欧根尼（Diogenes）们一样，他们眼窝深陷，木然地仰望着天空，对头顶上太阳的起落和星光的明灭，完全无动于衷，根本就不打算去了解这些自然现象。当荷兰人在 1722 年复活节那个星期天发现这个岛屿时，都异口同声他说那是个人间天堂的去处。但是，情况并非如此，因为，像这空洞的、毫无意义的重复，宛如一只关在笼子里的动物在那里走来走去，老是做一些相同的事情，是决不会造出什么人间天堂来的。那些石雕像的毫无表情的面孔、生硬呆板的身躯，以及它们身后那一片行将消散的薄雾，表明这种文明终于未能在理性认识的上升进程中向前迈出第一步。这正是新大陆各种文化的失败之处，这些文化已湮灭在它们那具有象征意味的冰河期里了。复活节岛与西边最近的一个有人居住的岛屿，皮特肯岛（Pitcairn Island），相距 1000 多英里。而位于复活节岛东面的斐尔南德斯群岛（Juan Fernandez Islands），也育 1500 英里之遥。据说，著名小说人物鲁滨逊（Robinson Crusoe）的原型，亚历山大·塞尔扣克（Alexander Selkirk），就是被困在斐尔南德斯群岛上。显然，如果没有一种可以用来指引航向的天体星座模型，要在海上进行这样远距离的航行，是决不可能的。关于复活节岛，还常有人提出这样的问题：

那时人们是怎样来到这里的？他们来到岛上，完全出于偶然，这是不成问题的。而真正值得置疑的问题是：他们为什么没有能够逃出来？这多半是因为他们对星辰运行的规律还一无所知，当然也就不知道怎样利用星辰的运行来引路导航。

那么，又何以如此呢？一个明显的原因是，在南半球，天空中见不到北极星（Polestar）。我们知道，这一点十分重要。因为；北极星对于候鸟的迁徙发挥了很大的作用，各种候鸟南飞北翔，正是依靠北极星才找到自己迁徙的路线。或许，这也就是为什么大多数候鸟迁徙的现象发生在北半球，而不是在南半球的缘故。

在天空中青不到这样一颗北极星，对于复活节岛所处的南半球地区来说，也许是至关重要的，但是。对整个新大陆来说，这一点倒并不十分要紧，因为，这里还有中美洲，还有墨西哥，还有很多地方，它们都还没有自己的天文学，而又都位于赤道以北。

那么，问题究竟出在哪里呢？谁也无从知道。我认为，他们头脑中大概是缺少那种伟大的能动的形象，这种形象曾经十分有力地推动了旧大陆的发展——这就是圆轮的形象。在新大陆的人们看来，圆轮只不过是一个玩具而已。但是，对旧大陆的人们来说，圆轮却是诗歌与科学中的最伟大的形象，是一切事物的根基。当克里斯托弗·哥伦布于 1492 年出发远航时，正是天体围绕它们的轴心运行的思想启发了他，而这个轴心就是圆形的地球。哥伦布从希腊人那里接受了这一思想，希腊人认为各个星辰在茫茫空间都有自己固定的位置，在运行时还会发出和谐的音乐。所谓圆轮套着圆轮。这正是古代希腊托勒密的天动说，1000 多年来，这一理论体系一直在起作用。

早在克里斯托弗·哥伦布开始远航前 100 多年，旧大陆就已能制造一种表明天体运行的精美的时钟装置了。这座天文钟是在大约 1350 年由意大利帕多瓦（Padua）的一位名叫乔万尼·德丹第（GiovannideDondi）的人首先制成的。他前前后后花费了 16 年时间，可惜原物没有能够留存下来。值得庆幸的是，我们还有可能根据乔万尼·德丹第的施工草图进行仿制。现在，在美国华盛顿的史密森尼亚研究所，还存放着由乔万尼·德丹第亲手设计的、令人称绝的古典天文钟模型。

不过，较之这一机械工艺上的奇迹更为重要的，是它显示了一种丰富而大胆的思维想象力，这和亚里士多德（Aristotle）托勒密和希腊人的智慧的构想是一脉相承的。德丹第制作的钟体现了他们从地球上观察星球运行的观点。按照古代人类的一种想法，以地球为中心，一共有 7 个行星在转动，他们把太阳也看作是围绕地球旋转的一个行星。因此，这座钟装有 7 个针面或针盘，每一个针面或针盘上都有一个行星在运动。它们的运行轨道大体上与人们从地球上观察所见相同——这座时钟装置的精确程度大致相当于当时在地球上观察时所获得的精确性。当某个行星的轨迹从地球上看来出现迂回曲折时，在针盘上也可同样显示出来，这是不难做到的。可是，当某个行星的轨迹，从地球上看来呈螺旋形时，德丹第则仿照周转轮的组合安装法把几个圆轮互相套装在一起，这就是托勒密描绘的“圆圈套圆圈”的运动。

首先是太阳：在当时的人看来，是一种环形运行轨迹。紧接着，下一个针面表示的是火星：请注意，火星的运动是在一个圆轮内的一个时钟装置上进行的。再下一个是木星：它的轨迹也是圆轮套圆轮，不过要更加复杂一些。再下一个是土星：还是圆轮套圆轮。然后是月球：这个行星的运行轨迹

不正如德丹第所描绘的那样十分耐人寻味吗？表示月球运行的针盘并不复杂，因为它才真正是围绕地球运行的一个行星，其运行轨迹循环往复。最后是处在我们和太阳之间的两个行星的针盘，一个是水星，另一个是金星。它们运行轨迹的图象同前，表示金星的那个圆轮在另一个更大的、假想的圆轮内转动。

这是一种令人惊奇的、富有非凡智慧的构想，十分复杂——其实，早在公元 150 年，在基督诞生后不久，希腊人也应该能够设想出这样高超的结构装置，并从数学角度进行研究，果真如此，就会更加令人惊叹不已了。那么，这一装置的差错又在哪里呢？差错只有一个：即，7 个针盘代表 7 个行星天体，这些天体必然只有一种而不是 7 种运行机制。只是在哥白尼于 1543 年提出太阳是这些天体的中心的看法以后，人们才终于发现了这种机制。

尼古拉·哥白尼（Nicolaus Copernicus）是一位杰出的波兰籍教士和人文主义思想家。他生于 1473 年，曾在意大利学习法律和医学，他曾向波兰政府建议进行币制改革；教皇也曾请他协助改进历法。大体说来，至少有 20 年左右的时间，哥白尼一直在不遗余力地向人们阐释“自然应以质朴纯真为本”这一近代哲理。那么，为什么这些行星运行的轨迹又是如许的复杂？这是因为，正如哥白尼所推断的，人们恰巧是从他们所站立的地方、也就是从地球上观察这些行星的、像那些具有远见卓识的先驱者们一样，哥白尼也提出了这样的问题：“为什么我们不从另外一个地方来观察行星呢？”对于哥白尼来说，文艺复兴时期的种种充足的理由，与其说是智力方面的理由，倒不如说是感情方面的理由，使他选择了金色的太阳作为他观察行星运行的“另一个地方”。

太阳端坐在所有行星的中央，登极称王。在这座美丽迷人的神殿中，我们能不能把这个光彩夺目的发光体放置在一个恰当的位置上，使它能够同时照亮整个天体呢？人们称它是明灯，是智慧的源泉，是宇宙万物的主宰，它的确当之无愧；埃及的赫密斯·屈斯默吉斯塔（Hermes Trismegistus）把它称作“无处不见的上帝”，索福克勒斯（Sophocles）悲剧中的埃勒克特拉（Electra）也称颂它是“明察秋毫的天神”。于是，太阳君临宇宙的王位，统治着它的子民，所有的行星都围绕着它转动、运行。

我们知道，哥白尼早已考虑把太阳置于行星体系的中心。很可能，他在 40 岁以前就已经写出了关于他的宇宙图式的最初草稿，当然，这份草稿不会是数学性质的。不过，在一个宗教动乱的时代，这种主张是不可轻易提出来的。直到 1543 年，哥白尼快满 70 岁的时候，才终于鼓起勇气公开发表了他从数学的角度描述天体的著作，题名为《天体运行论》（The Revolution of the Heavenly Orbs），把各种天体看作是围绕太阳运行的一个完整的体系。（“Revolution”这个词现在常用来表示某种与天文学毫不相关的意义，这并非出于偶然。这种意义正是发端于这个时候和这个书名。）也就是在这一年，哥白尼与世长辞了。据说，在他临终时、人们把一本《天体运行论》放在他手中，只是在这时他才终于看到了自己潜心写就、印刷成册的这部著作。

文艺复兴运动来势迅猛——涉及宗教、艺术、文学、音乐和数学等各个领域——与整个中世纪的体系发生了直接而尖锐的冲突。对于我们来说，亚里士多德的力学和托勒密的天文学理论在整个中世纪体系中似乎并不占有十分重要的地位。但是，对于哥白尼的同时代人来说，这些理论却代表着这

个世界的天然的、明显可见的秩序。至于圆轮，它曾是希腊人关于完美运动的理想形象，早已成为一个僵死的偶像。如同玛雅人的历法或复活节岛上的石雕像一样，毫无生气。

哥白尼的理论体系，对于他所处的那个时代而言，则显得大逆不道，格格不入，尽管天体行星依旧在不停地运转着。（有一个曾在布拉格从事研究的年轻人，名叫约翰尼斯·开普勒（Johannes Kepler），正是他证明了行星运行的轨迹实际上是呈椭圆形的。）不过，这类问题，在那时，既不是平民百姓所关心的，也和神父教士们毫不相干。他们对于天体轮回的理论，仍然信守不渝：日月星辰都应该而且必须围绕地球而转动。这已成为一个信条，似乎教会已经断然认定，托勒密体系不是由一个居住在地中海东部地区的希腊人发明的，而是由全能的上帝一手创造的。显然，这场争论的核心，不是学说本身，而是权势的问题。这场论争直到70年以后才在威尼斯见分晓。

在1564年，诞生了两位伟人，一位是英格兰的威廉·莎士比亚（William Shakespeare），另一位是意大利的伽利略·伽利略（Galileo Galilei）。莎士比亚在描写他那个时代的争权夺利的戏剧故事时，曾经两次将威尼斯共和国作为他剧作的背景地：一次在《威尼斯商人》（The Merchant of Venice）中，另一次是在《奥赛罗》中。这是因为，直到1600年，地中海地区仍然是世界的中心，而威尼斯又是整个地中海地区的中心。许多雄心勃勃、满怀抱负的人纷纷来到威尼斯，因为在这里他们可以自由自在地从事自己的工作而不受任何拘束：商人、冒险家、文人学者、还有一大批艺术家和手工匠人。他们遍布大街小巷，随处可见，和今天的情况颇为相似。

威尼斯人素有诡秘狡诈的声名。正如人们常说的那样，威尼斯是一个自由港，言下之意，颇有某种阴谋权术的气味，使得里斯本和丹吉尔（Tangier）那样的中立城市提心吊胆，忐忑不安。1592年，基厄丹诺·布鲁诺（Giordano Bruno）就是在威尼斯，陷入一个背信弃义的保护人设下的圈套而被捕的，后来他被移交给异端裁判所（The Inquisition），8年后在罗马被处以火刑。

当然，威尼斯人又是一个注重实际的民族。伽利略曾在比萨（Pisa）对基础科学进行过十分深入的研究。据我推测，当时威尼斯人之所以聘请伽利略为帕多瓦大学的数学教授，主要是看中了他在实际发明方面所显示的才干。伽利略的一些发明成果仍保留在佛罗伦萨的西门托学院（Accademia Cimento）的历史性收藏品中，至今人们仍在进行精心的研究和应用。有一个旋绕状的玻璃器皿，是用来测量液体膨胀力的，它和某种温度计颇为相似；还有一个十分精巧的静水力学天平仪，可测出贵重物质的密度，这是根据阿基米德原理制作的。

伽利略还懂得一些买卖人的诀窍，他制成的一种他称之为“军用罗盘”的计算仪与近代的计算尺相比，不无相似之处。伽利略还曾在他的工作室中一边制作一边出售这种计算仪。他还编写了“军用罗盘”的使用手册，在自己家里印发给他人。这是伽利略发表的首批著作之一，被认为是一种良好的商业实用科学的范例，深受威尼斯人钦佩。

因此，毫不奇怪，当1608年底，来自佛兰德（Flanders）的一些爱出风头的人发明了一种极简单的单管望远镜时，他们都跑来设法卖给威尼斯共和国。不过，当时威尼斯共和国已聘用了伽利略，他比北欧任何一个科学家

和数学家都更具权威——而且还是一位极优秀的宣传鼓动家。当他自己制作了一台望远镜以后，就催促威尼斯元老院尽快在教堂钟楼上当众展出了那台望远镜。

伽利略个子不高，身材结实，充满活力，长着一头只有男孩子们才有的红头发，看上去不大像个已成年的单身汉。佛兰德人发明望远镜的消息传来时，他刚满 40 岁。这件事使他激动不已。经过一整夜的苦苦思索，他终于弄明白了望远镜的原理，并动手制作了一台性能差不多的望远镜，能放大 3 倍，大体相当于一副高级的观剧望远镜。不过，在伽利略来到威尼斯教堂钟楼之前，他已经将望远镜放大率提高到 8 至 10 倍，制成一架名副其实的望远镜。用这架望远镜，从钟楼顶上望去，水平线约为 20 英里，你不仅能够看见海上航行的船只，而且还能在那只船航行了两个小时或更远的时候把它辨认出来。这项发明对于里奥托（Rialto）岛上的航运经纪人来说，真可说是价值千金。

伽利略在写给他佛罗伦萨的妻弟的信中，详细谈到了这件事情，信上署明的日期是 1609 年 8 月 29 日：那么，你一定知道，在将近两个月以前，我们这儿传开了这样一个消息，在佛兰德，有人向莫里斯伯爵（Count Maurice）献上一架单筒望远镜，它的制作方法可以使距离很远的东西看起来就像在眼前一样，即便是一个距离我们两英里远的人，也能看得清清楚楚，这玩意儿竟会有如此奇妙的效果，使我想得很多。依我看，这种望远镜一定是以关于透视的理论为基础的，于是我就着手分析它的构造，我终于得出了结果，并且自己也制作了一架很好的望远镜，声誉远远超过佛兰德人的那一架。消息不胫而走，很快传到了威尼斯。6 天前，我被大公召见，我不得不向大公和元老院的所有元老、向感到无限惊奇的所有人展示这架望远镜；许多绅士和元老，虽然年事已高，却不止一次地登上这威尼斯最高的钟楼，用这架望远镜观看那些远远地在海上航行的船只，还有那些正鼓足风帆向港口驶来的船只，如果没有我这架望远镜，大约要等上两个小时或更长时间才能看见它们。这种仪器的作用，实际上是使一个离我们，比如说，50 英里远的物体移近、放大，使它看起来好像距离我们只有 5 英里远。

伽利略是现代科学方法的创始人。在钟楼顶上获得成功之后六个月，伽利略又做出了任何人都会感到满足的重大成绩。他忽然想到，仅仅把这种佛兰德人的玩意儿改造成一种航海仪器，是远远不够的。还可以把它变成一种研究的手段，这在当时的确是一种崭新的思想。

他把望远镜的放大率提高到 30 倍，用来观察星辰。这样，他第一次真正开创了今天我们所认为的实验科学研究的先河：建立实验设施，进行实验，公布实验结果。这就是伽利略在 1609 年 9 月到 1610 年 3 月不到一年的时间内所做的工作，并在威尼斯发表了他的杰出著作《星辰的使者》（The starry Messenger），生动地描述了他新近取得的天文学观察的结果。这部著作告诉了我们一些什么呢？[我看见了]成千上万颗星，都是过去从未见过的，而且比我们以前知道的星，在数量上起码超出 10 倍以上。

但是，令人无比惊奇，而且特别使我感到激动以致必须提请所有天文学家和哲学家注意的是，我发现了 4 个行星，在我之前，没有任何一个天文学家知道这 4 颗行星，也没有人观察到它们。”这里所说的，就是木星的 4 颗卫星。《星辰的使者》还谈到他怎样用望远镜观察月球。

伽利略是公开发表月球天体图的第一人。我们还保存着他亲手绘制的

水彩画原件。

看见月球时的情景是极其美丽动人的……月球表面并不是平坦光滑的，看上去很粗糙，凹凸不平。和地球的表面一样，月球上也到处布满了大片岩石和环形山，有很多断层，蜿蜒曲折的峡谷也到处可见。

当时出使威尼斯总督府的英国大使，亨利·沃顿爵士（Sir Henry Wotton），在《星辰的使者》问世的那一天，专门向他的上司作了如下的报告：这位帕多瓦大学的数学教授已经……发现了4颗新的、围绕木星转动的行星，除此之外，还有许多我们过去不知道的恒星……月球也并非平滑的球形，表面有许多突起的东西……这位作者的冒险之举，将使他不是名扬四海，就是贻笑天下。下一班船回国时，阁下将收到我寄上的一架光学仪器，它是经过那个人改进过的。

这个消息引起了极大的轰动。其声誉超过了当初在贸易界引起轰动的那一次成功。然而，这一新发现并没有受到普遍一致的欢迎，因为，伽利略观察天体的结果以及他向每一个愿意亲眼看一看天体的人所揭示的情况，都说明托勒密的地心宇宙体系是不能成立的。哥白尼的雄辩有力的推断当初是正确的，现在已得到明确的证实。而正如许多新近的科学成果一样，伽利略取得的成就从根本上为当时统治集团的偏见所不容。

伽利略原以为，他所做的一切，不过是为了证实哥白尼是正确的，每一个人都会听信他的意见。这是伽利略的第一个错误：他把人们的思想动机看得太天真了，这也是科学家们常犯的一种错误。其次，伽利略以为他这时已声誉卓著，满可以丢下他在帕多瓦大学辛劳而沉闷的教书匠的工作，脱离反教权主义的安全的威尼斯共和国的庇护，回到故乡佛罗伦萨去。

这是伽利略的第二个错误，而且最终成为他一生中的致命性错误。

16世纪，宗教改革所取得的一系列成功，迫使罗马天主教会发动一场猛烈的反改革运动。他们不遗余力地反对路德（Luther）；而在欧洲展开的这场斗争完全是权势之争。1618年，爆发了所谓“三十年战争”（The Thirty Years War）。1622年，罗马设立了传播天主教信仰的专门机构，我们今天所用的“宣传”（Propaganda）一词就是从这里演化而来的。天主教徒和新教徒之间展开了一场我们今天所说的“冷战”（a cold war）。伽利略本来应该明白，在这场冷战中，无论是大人物还是小人物，都不会得到丝毫的好处。对于冷战的双方，判断是非曲直的标准十分简单，即谁不拥护我们，谁就是一个异教徒。即使像贝拉明枢机主教（cardinal Bellarmine）这样超脱的宗教信条的诠释者，当初也觉得基厄达诺·布鲁诺的天文学观点令人无法容忍，将他以火刑处死。教会就是一种强大的世俗权力，在那苦难的年代，它正在与一支政治十字军作战，在这场战斗中，任何手段最终都会被证明是正当的——这就是这个警察国家的道德准则。

在我看来，伽利略对于政界的事情极其无知，而最天真的是，他竟然以为能够用自己的机智去战胜政界势力，20年来，他独行其是，走着一条必然使他被判有罪的道路。当局对伽利略进行了长时间的暗中迫害，但是，毫无疑问，伽利略终将被迫缄口不言，因为他与当权者们的分歧无法调和。当权者们认定，宗教信仰应该支配一切；而伽利略却坚信，只有真理才能取信于全世界。

1633年，伽利略在法庭受审时，他与当权者在原则以及个性方面的冲突完全公开化了。不过，在审理每一件政治性案件之前，照例总要经过一

番长时间的幕后秘密活动。而在这次审讯以前进行的秘密活动的历史材料，现在都锁在梵蒂冈的机密档案库中。在各种文件的档案柜中，有一个不大起眼的保险柜，存放着梵蒂冈认为最重要的文件。例如。这里有英王亨利八世的离婚申请——由于梵蒂冈拒绝受理此案，宗教改革运动波及到英国，并中断了与罗马教廷的关系。基厄丹诺·布鲁诺案件没有留下多少文件资料，因为大部分材料在当时已被销毁，现存的资料全都在这里了。

这里还有那著名的 1181 号抄本，《伽利略诉讼案》（Proceedings Against Galileo Galilei）。审讯于 1633 年举行。而首先值得注意的是，这些文件记录开始于——什么时候？1611 年，正当伽利略在威尼斯，在佛罗伦萨，以及在罗马取得重大成功之时，对他不利的秘密材料便被送到了异端裁判所。最早的材料依据（不属于这批档案）是：枢机主教贝拉明曾授意对伽利略的问题进行追究。有关的报告见于 1613 年、1614 年和 1615 年的档案中。只是到了那时，伽利略才大吃一惊。因此，他专程前往罗马，力图说服他那些红衣主教的朋友，不要禁止哥白尼的宇宙体系理论。

但是，为时已经太晚了。1616 年 2 月，在这份抄件的手稿中，已明白地写下这样的字句，直译如下：

下列主张将被禁止：

所谓太阳为天体的中心，是固定不动的：

所谓地球并非处于天空中心，它不是固定不动的，而是以某种双重运动的方式运行的。

伽利略本人似乎已经逃脱了严厉的非难和指责。不管怎么说，他被传讯到贝拉明枢机大主教面前进行查问。他终被说服，而且贝拉明在给他的一封信中也提到，他不得坚持哥白尼的宇宙体系，也不得为这一体系辩护——但是，这份记录就此中断了。不幸的是，还有一份登记在案的材料记录得更详尽些，那上面是即将举行的审讯的记录。但这是 17 年以后的事了。

在此期间，伽利略回到了佛罗伦萨，有两件事他心里是十分明白的。之一是，他公开为哥白尼的理论辩护的时机还不成熟。之二是，他相信这种时机总有一天会到来。对第一件事的分析，伽利略是正确的；而他对第二件事的看法却完全错了。不过，伽利略一直在等待时机，直到——什么时候呢？直到一位聪明理智的枢机主教被选作教皇：他就是默菲厄·巴尔贝里尼（Maffeo Barberini）。

这件事发生在 1623 年，默菲厄·巴尔贝里尼成为教皇乌尔班八世（Pope Urban VIII）。这位新任教皇酷爱艺术。他喜爱音乐，授命让作曲家格里戈里奥·阿勒格里（Gregorio Allegri）写一支《弥赛亚》（a Miserere）九重唱乐曲，这支曲子后来长期作为梵蒂冈教廷的专用圣歌。新教皇也很喜爱建筑艺术。他决心使圣彼得大教堂成为全罗马瞩目的中心。他任命雕塑家、建筑家吉安·罗伦佐·贝尔尼尼（Gian Lorenzo Bernini）负责圣彼得教堂的内部装修，贝尔尼尼大胆地设计了那高大的华盖（即教皇宝座上方的天篷），这是对米开朗基罗原来的设计方案的唯一有价值的补充。在他年轻时，这位聪明的教皇还曾写过诗歌，其中一首十四行诗称赞了伽利略的天文学著作。

教皇乌尔班以革新者自命。他性情急躁，过于自信，他说：

我通晓的知识比所有枢机主教的知识加在一起还要多！一个身在其位的教皇作出的判决，比一百个已故教皇制定的全部法令更有价值。

可是，事实上，身为教皇的巴尔贝里尼却原来是个纯粹巴洛克式的、

大搞裙带关系的人物，他奢侈放纵，飞扬跋扈，好弄权术，对别人的意见完全置若罔闻。他甚至派人把梵蒂冈花园的鸟雀全部杀死，因为它们打扰了他的安宁。

1624年，伽利略抱着十分乐观的态度来到罗马，在梵蒂冈花园里和新任教皇进行了六次长谈。他希望这位贤能的教皇撤销1616年关于哥白尼宇宙学说的禁令，或者至少会避而不谈，不予追究。但是，事实上，乌尔班八世对此却不予考虑。伽利略还指望——教廷的许多官员也期待着——乌尔班八世能让那些新兴的科学思想悄悄地传进教会，让它们不知不觉地取代那些陈腐过时的思想。其实，当年托勒密和亚里士多德的异教理论也正是这样发展成为正统的基督教信条的，因此，伽利略仍一如既往地相信，在最后考验的时刻到来之前，教皇一定会在他的职权许可范围内站在自己这一边。但是，后来的事实说明他是大错而特错了。

双方的观点，从思想理论上说来，从一开始就是水火不相容的。伽利略历来主张，对于一种理论的最终的验证必须从自然界中去获得，除此别无他途。

我认为，我们在讨论自然问题时，不应该从《圣经》条文的权威出发，而应该从直接的感觉经验以及必要的客观证明出发。……况且，上帝在大自然中所显示出来的威力，丝毫不比《圣经》经文中的逊色。

然而，乌尔班八世的观点却恰恰相反，他声称，对于上帝设计的蓝图，是无须作任何最终验证的，他还坚持要伽利略在他的著作中写明这一点。

任何人企图按照他自己的主观设想来局限与制约神的权力与智慧，都是胆大包天的狂妄行为。

这条戒律使教皇感到特别得意。结果，也正是这一条文，阻止伽利略作出任何明确的结论（甚至仅仅是对托勒密体系的否定性结论），因为如果那样做，就无异于侵犯了上帝凭借奇迹，而不是自然法则，主宰整个宇宙的神圣权力。

最后考验的时刻终于来临，1632年，伽利略把《关于两大世界体系的对话》（Dialogue on the Great World Systems）一书交付印行。乌尔班八世对此大发雷霆。

你们那位伽利略竟然胆敢插手那些他本不应该插手的事情。而最严重、也最危险的是他提出的问题眼下很容易引起骚乱。他于当年9月4日给托斯卡纳（Tuscan）大使写了上面这封信。就在这个月，决定命运的那道命令下达了：教皇陛下责成佛罗伦萨宗教裁判官以教廷名义通知伽利略，他务必于本年10月以内迅速赶到罗马来，听候教廷首席特别代理的审讯。

这位朋友，教皇默菲厄·巴尔贝里尼乌尔班八世亲手把伽利略交到了异端裁判所，至此，审讯程序已不可改变了。

圣玛丽亚·索普拉·密涅瓦（santa Maria Sopra Minerva）的多明我会（The Dominicans）修道院，是神圣罗马暨万国异端裁判所惩处那些信仰动摇分子的地方。它于1542年由教皇保罗三世（pope paul III）创建，其目的是遏制宗教改革思想的传播，并专门查处“整个基督教世界的异教徒的腐败不轨行为”。1571年以后，这个机构还授权鉴定各种书面文件、著作，他们还编制了“被禁书籍索引”（Index of prohibited Books）。

这个机构有十分严格周密的规章程序，并于1588年形成制度，当然还不是正式法庭的规章制度。罪犯手中既没有一份起诉书副本，也没有证据材

料的副本，并且没有律师为他辩护。

一共有 10 名法官参加了对伽利略的审讯：清一色的枢机主教和多明我会教士。其中有一位是教皇的兄弟，另一位是教皇的外甥。整个审讯工作由异端裁判所的首席特别代理主持。伽利略当年受审的大厅现在是罗马邮电局的一部分，不过，我们可想而知，在 1633 年时这个大厅是个什么样子，绅士权贵们的俱乐部里，一间阴森可怖的耶稣会审讯室。

我们也确切知道伽利略落到如此境地的过程与经历。事情是从 1624 年在那座花园里他与教皇在一起散步时开始的，显然，教皇并不允许公开承认哥白尼的学说。但是，伽利略想到了另一个办法，他在次年开始用意大利文写作《关于两大世界体系的对话》，在这部著作中，一个谈话人对哥白尼的体系提出种种反对意见，而另外两个谈话人更加聪明机智，一一予以回答。

但是，哥白尼的理论并不是一看就明白的。至于地球怎样围绕太阳一年旋转一周。以及地球怎样围绕自己的轴心一天旋转一周，而住在地球上的人类却不会被抛出去等等，当时都还搞不清楚。为什么一个重物从高高的塔楼上落下来会直端端地降落在转动着的地球上呢？这个问题当时也弄不清楚。不过，实际上，伽利略可以说已经代表早已去世的哥白尼回答了诸如此类的反驳。我们永远也不要忘记，伽利略于 1616 年和 1633 年为了维护别人的理论，维护一个死者的理论，公然与教会势力相对抗，这是因为他相信这一理论是真实可靠的。

但是，至于他自己，伽利略在他的著作中表达过这样一种意思，即：从他还是比萨城中一少年的时候起，从他第一次一边用手按住脉搏，一边紧紧盯住钟摆的时候起。他的学说所献给我们的全部内容就已开始萌芽了。这就意味着我们地球上种种规律与法则也适用于整个宇宙，完全突破了透明天体的局限。天上的各种力和地球上的各种力都属于同一种类型。这是伽利略确信不疑的；因此，人们在这里所做的力学实验同样可以给我们提供有关日月星辰的信息。通过用他的望远镜对月球、木星、太阳黑子的观察，伽利略从此结束了这一古典信念的历史：天体完美无缺。终古如斯，唯有地球受变化规律的制约。

伽利略的这部著作完成于 1630 年，好不容易才获准出版。检查官们对他虽表示过同情。但事情很快就弄明白了，有某种强大的势力反对出版这本书。尽管如此，伽利略还是设法搞到了至少四份许可证。1632 年初，伽利略的这部著作首先在佛罗伦萨出版问世。这本书立刻获得了成功，但对伽利略来说。灾难与不幸也紧接着一齐降临了。几乎与此同时，罗马大发雷霆：宣布停止印行，并购回全部已印的册数——当时实际上已全部售完。对此，伽利略必须来罗马作出回答。这是他无论找什么借口也很难回避的：他的年龄（年近古稀），他的疾病（确有其事），或是托斯卡纳大公爵对他的保护，统统无济于事。他必须到罗马来。

显然，教皇本人也对这部书大动肝火。他发现。在这本书中，至少有一段他曾反复坚持的话，被有意借用于一个使人觉得像个大傻瓜式的人之口，讲出来。审判预备委员会也是这样，记录的，有白纸黑字为证：我刚才引用使教皇颇为自得的那段话竟“在笨蛋口中”说出——这位传统的捍卫者被伽利略称作“大傻瓜”。很可能，教皇觉得这是在影射他本人；他当然觉得受到了侮辱。他相信，伽利略耍弄了他，而他手下的检查官也使他丢尽了面子。

于是，1633年4月12日，伽利略被带进了这间审讯室，坐在这张桌子旁，回答宗教裁判官提出的种种问题。向他提出问题的方式彬彬有礼。审讯在当时异端裁判中盛行的那种学究气氛中进行——用拉丁语，用第三人称。他是怎样被带到罗马来的？这是他的著作吗？他是怎样想到要写这本书的？这本书的内容是什么？所有这些问题都在伽利略意料之中；他期待着能为自己的著作辩护。但是，后来提出了一个他未曾想到的问题。

裁判官：他从前在罗马待过吗？具体说是在1616这一年。他待在罗马的目的是什么？

伽利略：1616年，我是在罗马，因为听说有人对尼古拉·哥白尼的观点表示怀疑，我就到罗马来了解一下，究竟有哪些观点是我们可以接受的。

裁判官：让他谈谈，那时他决定了什么，并且已经了解到什么？

伽利略：1616年2月，贝拉明枢机主教曾向我说明，如果对哥白尼的观点信以为真，那就直接违背了《圣经》的教义。因此，既不能相信它，又不能为它辩护，不过，它可以被看作或用作一种科学的假说。为了确认这一点，我请贝拉明枢机主教出具一张证明，1616年5月26日，我得到了这张证明。

裁判官：当时是否还有别的什么人给他什么训诲？

伽利略：我记不起来有谁对我说过别的什么。

裁判官：如果在证人面前，我们对他说，当时确已指示他不得持有或为所说的那种学说观点进行辩护，也不得讲授那种学说观点，让他谈谈他是否能回忆起来。

伽利略：我记得我得到的指示是我不得持有所谓的这种学说观点，也不得为它辩护。但另外两点，即不准以任何方式讲授或研究它，却并没有写进我所依据的那份证明里。

裁判官：在前面所说的指示下达后，他得到了写作这本书的许可吗？

伽利略：我并没有请求允许我撰写这本书，因为我并不认为我违背了我所得到的指示。

裁判官：在他请求准许他印行这部著作时，他透露过我们刚才谈到的圣公理会的命令吗？

伽利略：当我请求准许付印这本书时，我没有说过什么，因为书中既没有坚持这种观点，也没有为它辩护。

伽利略手头确有一份已经签署的文件，只是规定他不得接受哥白尼的理论，也不得为这种理论辩护。好像这已被证明是事实。这是当时对每个天主教徒下达的一项禁令。异端裁判所却断言，还有另外一份文件，明令伽利略本人不得以任何方式讲授哥白尼的理论——就是说，即使是以讨论、推测或假设的方式，也是不允许的。异端裁判所用不着出示这份文件。

这不属于审讯程序的规则范围。我们这里却有这份文件，它收藏在机密档案里，但显然是一件赝品——或者说，它充其量是为已被取消的某次会议准备的一份文件草稿。贝拉明枢机主教没有在上面签字。证明人没有签字。公证人也没有签字。就连伽利略本人也没有在上面签字以表明他已经收到这份文件。

难道，面对那在任何法庭上都根本站不住脚的一纸空文，异端裁判所真的要在“持有或辩护”或者“以任何方式讲授”等字面上玩弄法律的诡辩术吗？是的。他们就是这样做的。

除此之外，他们别无高招。伽利略的书已经出版，有几位检查官对它放了行。教皇现在只能对这些检查官大发雷霆——他严厉惩处了他的秘书，因为这位秘书曾经帮助过伽利略。但他还不得不用某种引人注目的方式公开表明，这本书将被查处（该书列于“被禁书籍目录”达200年之久），因为“伽利略的某种欺骗行径”。这就是为什么这场审讯总是回避这部书中或哥白尼体系中的任何实质性问题，而竭力在条文和文件上兜圈子的原因。伽利略显得好像是处心积虑地蒙骗了检查官，他这样做不仅大逆不道，而且是公然的欺骗行为。

这个法庭并未再次开庭，审讯到此结束，这未免令人吃惊。就是说。伽利略有二三次被带进这间房子，允许他自己提出证明，进行表白，但并未对他进行任何盘问。在教皇主持下的一次异端裁判所的会议上对这个案件作出了裁决，对今后如何处置这类事件作出了最终的规定。持不同信仰的科学家将受到贬抑，权威将不仅表现在行动上，而且将主要表现在思想倾向上。伽利略必须收回自己的见解；而且，还要让他见识一下各种刑具。就象要对他动刑似的，以示警告。

对于一个以医生职业开始自己生涯的人来说，这种恐吓究竟意味着什么，我们可以依据伽利略的一个同时代人提供的证词来加以判断，此人确是受过这种拉肢刑架的折磨的一位幸存者。他就是威廉·里斯格乌（William Lithgow），英格兰人，于1620年被西班牙异端裁判所判刑。

我被带到拉肢刑架前，接着，他们让我骑在上面。

我的两条腿穿过两侧，被一种用三块木板做成的刑具夹住。在脚踝处捆上一根很粗的绳子。这样。当那根杠杆被人用力朝前往下按时。我全身的重量都压在我的两只夹在木板中的膝关节上，顿时大腿的肌肉被撕裂开来，膝盖骨被压得粉碎。我两眼直冒金星，口吐白沫，牙齿象鼓槌似的敲击着。嘴唇也不听使唤直打哆嗦，我声嘶力竭地喊叫着、呻吟着，我的两臂，破碎的肌肉、双手和膝盖都在流血。当我从令人极端痛苦的刑具上放下来后，手臂被人紧紧抓住，我坐在地上，不断地恳求道：“忏悔！忏悔！”

伽利略没有受过刑讯拷问之苦，他只是两次受到刑讯的威吓。这足以使他心惊胆战了，其实，这种审讯的目的，不过是要向那些富有想象力的人们表明，他们也必不可免地要受那种原始的、动物本能的恐惧心理的影响。不过，伽利略已经同意放弃他的主张。

我，伽利略·伽利勒，已故温森住·伽利勒之子，佛罗伦萨人，七十岁，奉命亲自到庭，跪拜于各位大人、各位至圣至明、受人景仰的枢机主教和负责查处全共和国异端邪说的总裁判官的座前；面对眼前的《圣经》并以双手放在《圣经》上——起誓，我一直相信，现在仍然相信，而且凭借上帝之助，今后也将相信神圣的天主教和教皇治下的罗马教会所信奉、宣扬和教诲的各项教义规定。然而——承蒙神圣法庭向我公正明断，向我传达训谕，我务必完全放弃所谓太阳是宇宙的不动的中心，所谓地球并非宇宙中心、而且运动不停等等荒谬主张，并明令我不得支持、辩护或以任何方式传授——

口头或书面——上述邪说。但是，对于教皇的训令，我不仅没有遵照奉行，反而在得知这些邪说与《圣经》条文相悖以后，还斗胆撰写和印行专著来分析阐述那已被明令禁止的邪说，而且引证了有极大迷惑性的、有利于这种邪说的种种论点，却未得出任何结论。正是由于这一原因，宗教法庭宣布我有严重的异端嫌疑，也就是说，我被控支持和信奉太阳是宇宙的不动的

中心、地球并非宇宙的中心而且运转不停的异端邪说：

手臂被人紧紧抓住，我坐在地上，不断地恳求道：“忏悔！忏悔！”伽利略没有受过刑讯拷问之苦，他只是两次受到刑讯的威吓。这足以使他心惊胆战了，其实，这种审讯的目的，不过是要向那些富有想象力的人们表明，他们也必不可免地要受那种原始的、动物本能的恐惧心理的影响。不过，伽利略已经同意放弃他的主张。

我，伽利略·伽利勒，已故温森佐·伽利勒之子，佛罗伦萨人，七十岁，奉命亲自到庭，跪拜于各位大人、各位至圣至明、受人景仰的枢机主教和负责查处全共和国异端邪说的总裁判官的座前；面对眼前的《圣经》并以双手放在《圣经》上——起誓，我一直相信，现在仍然相信，而且凭借上帝之助，今后也将相信神圣的天主教和教皇治下的罗马教会所信奉、宣扬和教诲的各项教义规定，然而——承蒙神圣法庭向我公正明断，向我传达训谕，我务必完全放弃所谓太阳是宇宙的不动的中心，所谓地球并非宇宙中心、而且运动不停等等荒谬主张，并明令我不得支持、辩护或以任何方式传授——口头或书面——上述邪说。但是，对于教皇的训令，我不仅没有遵照奉行，反而在得知这些邪说与《圣经》条文相悖以后，还斗胆撰写和印行专著来分析阐述那已被明令禁止的邪说，而且引证了有极大迷惑性的、有利于这种邪说的种种论点，却未得出任何结论。正是由于这一原因，宗教法庭宣布我有严重的异端嫌疑，也就是说，我被控支持和信奉太阳是宇宙的不动的中心、地球并非宇宙的中心而且运转不停的异端邪说：因此，本着消除各位大人和所有基督信徒心中种种疑虑（这种疑虑自然是针对我的）的愿望，我无比恳切、无比虔诚地在此谴责、反对并断然放弃上述错误和异端邪说，以及其它所有有悖于神圣教会的种种谬误和邪说；

我发誓，将来永不再以任何方式——口头的或书面的——谈论或维护任何可能引起人们对我的类似疑虑的观点；而且，只要我得知任何异端邪说或异端嫌疑分子，我将向宗教法庭或裁判官和我所在地的忏悔牧师告发。

此外，我起誓并保证完全遵奉宗教法庭已经要求或将要求我实行的所有补赎规定。如果我有违法不轨之举（但愿此类事情不致发生！），如果我违背了我的许诺、声明和誓言，我甘愿承受宗教法规和其它法令（一般的和特殊的法令）所规定的各种严刑处罚，以惩治我的懈怠之过。愿上帝帮助我，并以我手中神圣的福音书起誓。

我，伽利略·伽利勒，已放弃自己主张，并已发誓、许诺和约束自己，有如上述，口说无凭，谨在这悔改书上亲笔签字。并于1633年6月22日在罗马密涅瓦修道院逐字逐句宣读为证。

我，伽利略·伽利勒，亲笔悔过如上。

在此后的有生之年，伽利略在他远离佛罗伦萨的阿萨特里（Arcetri）别墅里，深居简出，受到严格的软禁。教皇对他毫不宽容。他的任何著述都不准发表。也不得讨论已被禁止的观点。伽利略甚至不得与新教徒交谈。这样做的结果是，从那时起，各地信奉大主教的科学家们都不敢说话了。伽利略的一位最伟大的同时代人。勒奈·笛卡尔（ReneDescartes）也只好停止在法国发表著作，最后跑到瑞典去了。

不过有一件事倒是伽利略此时决意要做的。他打算继续写完被这次审讯打断了的著作，一部关于“新科学”（NewScience）的书。他所说的“新科学”指的是物理学，不是关于星球的物理学，而是关于地球上的物质的物

理学，该书于 1636 年完成，也就是在那次审讯后的第三年，当时伽利略已是 72 岁的老人了。当然，他本人这时无法安排该书的出版，直到两年以后，由在荷兰莱登（Leyden）的一些新教徒设法将其付印问世。其时，伽利略已双目失明。关于他自己，他曾这样写道：

呵！……伽利略，你的这位忠诚的朋友和仆人已经完全地、不可救药地失明，为时已有一月；于是，这天空、这大地、这整个宇宙，曾因我的认真的观察和清晰的阐释，扩大了 100 倍，不，扩大了 1000 倍，超出了以往历代饱学之士所接受的界限，可是现在却在我面前萎缩了，变成一个如此狭小的罗盘，我一己的感受和经验就可以把它完全填满。

在到阿萨特里来看望伽利略的人当中，有一位来自英格兰的年轻诗人约翰·弥尔顿（John Milton），他当时正在酝酿他的毕生力作，计划写成一部史诗。令人啼笑皆非的是。在弥尔顿于 30 年后着手创作这部伟大诗篇时，他也双目失明了，而且也是依赖他的孩子们的帮助，才得以完成这部诗作的。

在他的生命即将终结之时，弥尔顿把自己比作力士参孙（Samson），那处在腓利士人（Philistine）当中、身陷囹圄的参孙：

双目失明，在迦萨（Gaza）与奴隶们一道推磨。

力士参孙在临死时一举摧毁了腓利士人的王国。这也正是伽利略所做的，不过并非出于他本人的意愿。异端裁判所对他的审讯和监禁所产生的结果是整个地中海的科学传统被中断了。此后，科学革命转移到了北欧。1642 年，伽利略去世了，仍然是一个被软禁在自己屋子里的囚徒。就在这一年的圣诞节，伊萨克·牛顿降生了。

第七章 神奇的时钟结构

1630 年前后，伽利略在撰写《关于两大世界体系的对话》开头几页时，曾两次谈到，意大利的科学（以及贸易）正面临着被北方的竞争者所取代的危险。这个预言真是太准确了。当时伽利略最留意的人就是天文学家约翰尼斯·开普勒（Johannes Kepler），开普勒于 1600 年来到布拉格，年仅 28 岁，并在布拉格度过了他一生中成果最为丰富的岁月。

他提出了行星运动三大定律，把哥白尼体系关于太阳和行星运动的一般性描述转变成为一种精确的数学公式。

第一，开普勒指出，一个行星运行的轨迹略呈圆形：它实际上是一个椭圆形，太阳位于稍稍偏离中心的某一个焦点上。第二，行星运行的速度并非恒定不变；行星和太阳的连线在扫过该行星轨迹和太阳之间的面积时，其速度恒定不变，第三，一个行星公转一周——即一年——所需的时间随该行星至太阳的（平均）距离的增加而增加。

这就是伊萨克·牛顿（Issac Newton）在 1642 年圣诞节出生时的实际形势。这时，开普勒早在 12 年前就与世长辞，伽利略也正好于这一年去世。当时，不仅天文学，整个自然科学都处在—道分水线上：一个新的伟大头脑诞生了，他亲身经历了由那已完成历史使命的陈旧的描述法向未来的动力因果关系的阐释法的重大转变。

到 1650 年时，文明世界的重心已从意大利移到了北欧。明显的原因是，由于美洲的发现和开发，世界的通商贸易路线与从前不同了。地中海再也不想它的名字所暗示的那样，是什么世界的中心了。正如伽利略早已警告过的，世界的中心已经向北转移到大西洋边沿地区。伴随着与从前不同的通商贸易关系，产生了迥然不同的政治观念，不过意大利和地中海地区却仍然处于一些独裁政府的统治之下。

这时，在北方的信奉新教的航海民族，英格兰和尼德兰，各种新思想和新理论在向前发展。英格兰正在成为一个共和制的、清教徒的国家。荷兰人横渡北海，来到英格兰，他们排干沼泽地的积水，使低洼的泥沼从此变为坚实的土地。在这广阔的平川上，在这林肯郡 (Lincolnshire) 的朦朦雾霭中，培养出一种独立精神，奥立维尔·克伦威尔 (Oliver Cromwell) 正是在这里组建了他的“铁军”(Ironsides)。到 1650 年，英格兰成为一个共和国，它断然处决了在位的君主，使他人头落地。

1642 年，牛顿在乌尔索普 (Woolsthorpe) 他母亲家里出生时，他的父亲已在几个月前去世了。不久，母亲也改了嫁，小牛顿由外祖母抚养。他虽然还算不上是一个完全无家可归的孩子，但从那时起，他从未表现出他是一个曾经享受过父母之爱的人。在整个一生中，他总是给人一种孤僻的、不为人所爱的印象。牛顿终生未娶。他似乎一直未能充分享受这种人间的温暖，正是这种温暖的情感使我们在同别人的交往相处中不断磨砺思想，而成就也因此成为思想的自然结果。不过，与此恰恰相反，牛顿的成就都是单独完成的，而且他一直担心别人会窃取他的成果，正像 (或许他这样认为) 他们曾夺走他的母亲一样。至于他在中学和大学求学的情况，我们几乎一无所知。

牛顿从剑桥大学毕业后的两年，即 1665 年至 1666 年，正值瘟疫流行，学校关门停课，他只好回家居住。孀居的母亲也已回到乌尔索普的外祖母家中。在这里，牛顿终于找到了自己的“金矿矿脉”：数学。今天，他的各种笔记本都已被人们查阅过，显然，牛顿并没有受过良好的训练，但他自己求证了大部分他所知道的数学问题。后来，他继续作出富有独创性的发现。他发明了流数，即我们今天所说的微积分。当时，牛顿把流数看作是自己的秘密工具；他用流数得出了计算结果，却又仍然用常规的数学形式把这些结果写出来。

在乌尔索普，牛顿形成了万有引力的构想，并且通过对月亮围绕地球运动的计算加以检验。月亮，对于牛顿来说，是一个有力的象征。他推想，假如月亮因地球的吸引而沿自己的轨迹运行，那么，月亮就好像一个被用力抛掷着的球 (或者苹果) 一样：她落向地球，但她下落的速度是如此之快，以致于她总是错过地球——由于地球是圆形的，所以月亮总是不停地围绕地球转动。那么，地球对月亮的引力究竟有多大呢？

我推断，使行星不脱离自己的运动轨迹的各种力必定与从这些行星到它们绕行的中心之间的距离的平方成反比关系，于是，我又将月球沿自己的轨迹运行所需要的力与地球表面的引力进行比较；我发现比较的结果与我的推断十分接近。

这种言辞含蓄的陈述鲜明地体现了牛顿的性格。事实上，他在第一次粗略的计算中，已经得出了接近于真值的月球转动周期，大约为 27 $\frac{1}{4}$ 天。

当你一举求得这个正确的数字时，你也会像当年的毕达哥拉斯那样，觉得大自然的一个奥秘已在自己掌握之中。一条普遍的法则驾驭着那神奇的

天体运行的时种，而月球的运行只不过是其中一段和谐的插曲而已。这犹如一把已经插入锁孔的钥匙，你只要扭动一下，大自然就会把有关她的构造的大量证据奉献在你面前。不过，如果你是牛顿，你是不会把这个秘密公诸于世的。

1667年，牛顿回到剑桥，成为该校三一学院的一名研究员。两年后，他的老师辞去数学教授职位。正像一般人历来所认为的，这也许对牛顿不会有什么明显的好处，但结果却不出所料——牛顿被任命为数学教授。当时他年仅26岁。

牛顿发表了他关于光学的第一部著作。就像他的全部伟大思想一样，这也是“在1665年和1666年瘟疫逞凶的那两年中”酝酿成熟的，“因为那正是我一生中创造力最旺盛的时期”。牛顿并没有因瘟疫而闲坐家中，在瘟疫缓解后不久就回到了剑桥大学三一学院。

令人奇怪的是，我们大家都公认的这位阐释物质世界的大师竟会以探索光的奥秘来开始他的科学生涯。这有两个原因：首先，他所生活的环境是一个航海家的世界，当时英格兰所有的才智之士都在致力于研究远洋航行中产生的种种问题。像牛顿这样的人当然并不认为自己正在从事什么技术研究——如果这样解释他们的兴趣所在，未免太天真了。正如年轻人常有的情形一样，他们也被那些举足轻重长辈们曾经热烈争论过的问题所吸引。望远镜就是当时的一个十分突出的问题。而且，牛顿也正是在为他自己的望远镜磨制镜片时才第一次认识到白光中的颜色问题。

然而，除此之外，还有某种更为重要的原因。物理现象总是由能量与物质的相互作用构成的。我们借助于光线看到物质，而正是由于物质的阻隔，我们才意识到光线的存在。这种思想贯穿着每个伟大的物理学家的世界，他发现，在这两者之中，离开了其中一个，就无法加深对另一个的理解。

在1666年，牛顿开始考虑究竟是什么东西在透镜边缘造成衍射光纹的问题，并观察用一枚棱镜模拟这种光纹的效果。每一枚透镜的边缘，就是一枚小小的棱镜。当然，棱镜造成五彩缤纷的光线这一事实，已是陈词滥调，就像亚里士多德一样，老掉牙了。是的，那个时代的所有解释都是这样，因为它们都没有作出定性的分析。这些解释只是说，白光穿越玻璃，在细的一端变得暗淡一些，变成了红色；玻璃越细，光线就越暗淡，变成绿色；在玻璃最细之处，光线更加暗淡，变成蓝色。真是太奇妙了！这些说法，什么问题也没有解释，听起来却满有道理。正如牛顿所指出的那样，当他让阳光从一道缝隙中射进去，穿过他的棱镜时，这个未予解释，显而易见的问题就不言自明了。这就是，阳光射入时象一个圆轮，射出时成了一种拉长的形状。每个人都知道光谱被拉长了，对认真观察的人来说，他们通过某种方式知道这一点已有1000年之久。但是，这仍然使牛顿这样才能卓绝的人绞尽脑汁，去解释这个显而易见的现象。牛顿认为，光线显然并没有被改变；光线实质上是分离的。

在科学解释中，这是一个完全崭新的思想，牛顿的同时代人难以企及。罗伯特·胡克（Robert Hook）同他争论，各种各样的物理学家也同他争论；直到牛顿自己对所有的争论感到如此厌烦，以致他在给莱布尼茨的信中写道：

我对由我的光学理论的发表引起的种种争论深感困扰，我责怪自己轻率地放弃了那与世无争、恬然自得的幸福生活。

从那时起，他真的拒绝参与任何争论——自然也拒绝与胡克这样的辩才讨论问题。直到胡克去世一年以后，到了 1704 年，牛顿才重新发表他关于光学的著作，他警告英国皇家学会主席说：

我无意更多地关心哲学问题，因此，我希望，如果你们发现我在这方面无所作为，不要感到不快。

但是，还是让我们从头开始，用牛顿自己的话来说吧。在 1666 年，我为自己制成一枚三棱镜，试图研究与此相关的著名的“颜色现象”。我设法使房间里的光线暗下来，只在窗帘上弄了一个小孔，让适当的阳光从那里射进来，然后把我的三棱镜放在阳光射进来的地方，光线就被折射到对面的墙上。起初，看着由此产生的种种生动颜色，倒是一件十分开心的事；但在认真地思忖了一会儿之后，我很惊讶地发现这些颜色呈长方形，按照有关光的折射的习惯看法，我本来指望看到的是圆形。

我还看到，射向影象（Image）一端的光确实比射向影象另一端的光产生出更大的折射。因此，影象长短变化的真实原因不会是别的，光是由具有不同折射性的射线组成的，这些射线，与它们的射入角没有任何关系，按照各自的折射率，投射到对面墙上的不同地方。

光谱的拉长现象在这里得到了解释；它是由色彩的扩展和分离引起的。蓝色比红色弯曲或析射得更厉害，而且，这也是光的一种绝对不变的特性。

于是，我又装置了一枚棱镜……以便光线能够在穿过之后、在到达墙上之前产生折射。

然后，我把第一枚棱镜拿在手上，慢慢地围绕其中的轴线来回翻转，意图使影象的几个部分……成功地通过……这样，我就可以看看第二枚棱镜将光线折射到墙上什么地方。

当任何一种射线与其它射线分开后，它就始终保持它的颜色，尽管我尽最大努力试图改变它，也无济于事。

关于这个问题，传统观点是这样认为的：如果光线被玻璃减弱，第二枚棱镜就应当产生新的颜色，把红色变成绿色或蓝色。牛顿把这次实验叫作“批判性实验”。这次实验证明，一旦颜色由于折射而被分离，它们就再也不会发生变化了。

我已经用棱镜使光线发生了折射，并用这束光线照射到在日光下呈现其它颜色的物体上，我用夹在两块玻璃之间的彩色胶片截断这束光线：让光线透过彩色的中介，而且是透过由别的射线照耀着的中介；但仍不能从中产生任何新的颜色。

然而，最惊人、最奇妙的是白光的构成。没有哪一种射线可以单独地显示出白光。白光是复合而成的，它的构成需要用上述原色按一定比例混合起来才行。当我看到棱镜折射的各种颜色被聚集在一起，再次混合起来，重新形成完全的和纯粹的白光时，不禁赞叹不已。

因此，白色是光的正常颜色，这一点得到了证明，因为，光是各种不同颜色引起的射线的混合，这些射线从发光体的不同部分不加区别地投射出来。

牛顿在被选为英国皇家学会会员后不久，给学会写了这封信。他早已表明，他是一个新型的实验者，懂得怎样形成一种理论，怎样果断地针对各种可能的结果来检验这种理论。他为自己的成就而深感自豪。

一位博物学家不会指望看到这种关于颜色的科学竟会具有数学的性

质，但是，我敢于肯定，在这中间，具有和光学的其它任何部分一样的确定性。

于是，牛顿在伦敦开始享有他在大学里所具有的同样的声誉，一种对色彩的感觉似乎传入这个繁华都市，好似光谱把它的绚丽光辉洒遍了商人们带到首都来的绫罗绸缎。

画家的调色板变得更加丰富多彩，产生了对来自东方的色彩繁富的艺术品的鉴赏趣味，人们自然而然地使用起大量形容颜色的词藻来。亚历山大·蒲柏（AlexanderPope）在牛顿发表《光学》（Opticks）时，年仅16岁，其诗作在美感上自然比不上莎士比亚，但他用了比莎士比亚多3倍或4倍的颜色词汇，而且比莎士比亚以多达10倍的次数使用这些词汇。

例如，蒲柏关于泰晤士河中游鱼的描写：

眼睛明亮的河鲈，鳍翅紫红，
银白色的鳗鱼，在闪闪波光中盘绕，
金色的鲤鱼金光灿灿，四下游动，

疾游的鲑鱼，身上课红的斑点各各不同。假如我们没有意识到这节诗可以被看作是一种运用颜色词的练习，我们就会感到莫名其妙。

在大都市享有盛名，意味着种种不可避免的新的争议。牛顿在致伦敦科学家的信中，扼要总结了他所取得的结果，这引起人们的纷纷议论。1676年以后，与莱布尼茨关于发明微积分的优先权的漫长而痛苦的争执也是在这里开始的。牛顿绝不会相信，莱布尼茨这位强有力的数学家已经独立地证明了微积分定理。

牛顿曾打算从科学界彻底退休回到三一学院的回廊中去。学院大厦对一位境遇安适的学者来说，是一个宽敞的地方，在那里，他拥有自己的小实验室和花园。在内维尔院内（NevillesCourt），雷恩大图书馆（WrensGreatLibrary）正在修建。牛顿为建馆基金捐赠了40英镑。他似乎期待着一种潜心自修的学究式生活。但是，即使他拒绝在伦敦的科学家们中间应付周旋，他们也会找到剑桥来与他进行辩论的。

还在瘟疫流行的1666年，牛顿就已经开始关于万有引力的构想，并且用这一思想非常成功地描绘了月亮围绕地球的运行。在随后的近20年内，他几乎完全无意发表任何有关地球绕太阳运行这一更为重大的课题的论著，这似乎有些不同寻常。虽然还说不准绊脚石在什么地方，但事实却是明摆着的。只是到了1684年，才与在伦敦的克利斯多夫·雷恩爵士（SirChristopherWren）、罗伯特·胡克和年轻的天文学家爱德蒙德·哈雷（EdmondHolley）之间爆发了一场争论，而这场争论正是哈雷到剑桥拜访牛顿的一个结果。

在他们相处了一段时间后，这位博士（哈雷）问牛顿，假定吸引力在从行星到太阳的距离范围内相互起作用，他认为行星运行时勾划出来的曲线是什么样子。伊萨克·牛顿爵士立刻回答说，将会是一个省略号（ellipsis）。

博士又惊又喜，问他是怎么知道的。“是这样的”，他说，“我已经计算过了。”于是，哈雷博士要求他马上拿出他的计算结果。伊萨克·牛顿爵士在稿纸堆中找了一下，没有找到，但他答应重新计算，然后再把结果寄给哈雷博士。

花了整整3年，即从1684年到1687年，牛顿才写出对这个问题的证明，并以《自然哲学的数学原理》

(philosophiaenaturalisprincipiamathematica) 这样一长串字为书名而发行，哈雷关怀、劝诱甚至资助了《原理》的写作和出版，而萨缪尔·佩皮斯 (Samuel Pepys) 则作为皇家学会主席接受了这部著作。

作为关于这个世界的一种体系，这部著作从出版之日起，就当然地引起了轰动。这是关于被纳入一整套规律和法则的世界的绝妙描述。但远远不仅如此，这在科学研究方法上也是一个里程碑。人们把科学的描述，看作是一连串的命题，一个接着一个，源出于欧几里得 (Euclid) 的数学。情况也真是如此。但是，直到牛顿通过把数学从静态的描述转变为动态的描述，从而使科学成为一种物理体系之后现代科学方法才真正算得上是严谨而周密的了。

而且，我们在该书中确实可以看出绊脚石在什么地方，明白牛顿为什么在很好地描绘了月亮运行轨道之后没有再深入进行探索的原因。例如，我相信，这是因为他在论述“一个天体怎样吸引一个粒子？”的第十二节中未能解决这一问题。他在乌尔索普作过粗略的计算，把地球和月亮都当作粒子。但是，它们（包括太阳和行星）都是庞大的天体，它们之间的吸引力是否能够被它们的圆心之间的吸引力所取代呢？是的，可以取代。但仅仅对（这一点已不无讽刺意味地得到了证明）那种缩小在正方形距离范围内的吸引物来说才是这样。在这里，我们看到了牛顿在发表他的著作之前必须克服的极大的数学困难。

当牛顿遇到诸如“你没有解释引力为什么起作用”、“你没有解释在远距离上的运动是怎样发生的”或者“你没有解释为什么光以这种方式起作用”等问题的挑战时，他总是用同一句话回答说：“我不作任何假设。”他说这句话的意思是：“我不作形而上学的推测。我制定一条法则，然后由此解释符合这条法则的现象。”他在他的关于光学的著作中，的确是这样说的，作为光学方面的一种新观点，这也是他的同时代人未能理解的。

如果说，牛顿是一个非常乏味、非常枯燥、非常刻板的人，所有这些就不难得到解释了。但是我要告诉你们，他并不是这样一种人。他是一个最不同凡响、性情狂放的人。他曾尝试过炼金术。背地里，关于《启示录》他就洋洋洒洒地写了几大本。他相信，在毕达哥拉斯那里，就已经发现了反平方 (inversesquares) 定理。这样一个私下充满了这种疯狂的形而上学和神秘的推测的人，表面上却如此这般，还声称：“我不作任何假设”——这是他神秘性格的一种不同寻常的表现。威廉·华兹华斯 (William Wordsworth) 在《序曲》(prelude) 中有过生动的描写：

牛顿，有着棱镜和一副沉静的面容。

这真是看的分明说得正确。

牛顿在大庭广众中的形象非常成功。显然，牛顿在剑桥大学得到提升是因为他是一个一位论派教徒——他没有接受“三位一体”的教义，使他那个时代的科学家为此颇感不安，由于他不能成为一个尽善尽美的人。他不可能担任一所学院的院长。因此牛顿于 1696 年来到伦敦，进了造币局，成了局长大人。胡克去世后，他于 1703 年接受了皇家学会主席职位。

1705 年，他被安妮女王封为骑士。直到 1727 年他去世时，他一直统治着伦敦的学术界。这个乡村来的孩子于得真是不错。

可悲的是，我认为，他干得漂亮并不是按照他自己的标准来衡量，而仅仅是以 18 世纪的标准来衡量的。可悲的是，他接受了这个社会的准则，

心甘情愿地作为一个权势机构的独裁者，并把这看作是自己的一生的成功。

一个知识的独裁者，即使出身低微，也不会是一个富于同情心的人物。牛顿本人在私下的著述中，不像他在大庭广众面前总是显得那么骄傲自大。

解释所有自然现象这样一种任务，对任何一个人，甚至对任何一个时代来说，都太困难了！如果准确无误地作出一些解释，把其余的问题留给后人，较之徒然地去解释一切，要好得多而且，在另一段更为著名的名言中，他表达了同样的意思，但不如上一段话那样简短明晰，多少含有些悲凉的意味。

我不知道对世人来说，我看上去是怎样一个人；但对我自己来说。我似乎一直是一个在海滩上嬉戏的孩子，不时因发现一个比平常更光滑、更美丽的贝壳而欢欣鼓舞，对眼前这浩瀚无边的真理的海洋却全然无知。

直到牛顿年届古稀，皇家学会都没有什么科学的建树。在乔治（the Georges）家族统治下的英格兰人们只关心金钱（那时正值“南海泡沫”事件）、政治和丑闻。在咖啡馆里，聪明的商人筹资开办公司，利用计划中的发明创造。作家嘲笑科学家，半是出于恶意，半是出于政治动机，因为牛顿是政府机构中的大人物。

1713年冬天，一群心怀不满的托利（Tory）派作家组成一个文学社团。在安妮女王干次年夏天去世之前，这个团体经常在女王内科医生约翰·阿巴思诺特（John Arbuthnot）所在的圣詹姆斯宫里聚会。这个团体叫作“涂鸦社”（Scriblerus Clube），专爱嘲笑当时的学术社团。乔纳森·斯威夫特（Jonathan Swift）在《格利佛游记》（Gulliver's Travels）第三章中对科学界的抨击，就是由他们的议论引起的。这个托利党人的小团体后来帮助约翰·盖依（John Gay）在《乞丐的歌剧》（The Beggar's Opera）中嘲弄政府；又帮助他在1717年写了一出叫作《婚后三小时》（Three Hours After Marriage）的戏剧。

这次嘲笑的对象是一个夸夸其谈、老态龙钟、名叫“化石博士”（Dr. Fossil）的科学家。

下面是引自该剧中化石博士与一位冒险家普洛特维尔（Plotwell）的一段对话，后者与这家的女主人有暧昧关系。

化石博士（以下简称“化”——译者）：我答应郎夫特太太，把我的鹰化石带来。这位可怜的太太似乎走错了地方，可我还以为不至于如此。哈！谁在那里？我可不喜欢这个家伙的嘴脸。但我不会过份挑剔。

普洛特维尔（以下简称“普”——译者）：依路斯特利斯日姆多敏尼，哈克阿德维尼——

化：依路斯特利斯日姆多敏尼——不要老讲拉丁语——如果你不能讲英语，我们就无法交谈。

普：我只能讲一点英“鱼”。我久仰一位艺术和科学的杰出人物的大名，他就是大名鼎鼎的化石博士。我想与他建立联“西”（你们怎么说？），我想拿我的一些东“石”和他交换一些东“石”。

化：请问先生来自哪一所大学？普：著名的克拉科夫大学……普：水文学、动物学、矿物学、水力学、气体力学、对数学，你想到过对其中奥妙的解释吗？化：这跟我不相干。

在我们看来，牛顿在生前就受到嘲弄，受到严厉批评，似乎太无礼了。但是，事实上，每一种理论，无论多么的堂而皇之，都包含着必然受到挑战

的种种假说，而且，总有一天必然会被别的理论所取代。牛顿的理论非常接近自然的实际，仍然不免也有这种缺陷。牛顿自己也承认这一点。他提出的最基本的假说是，他开宗明义地宣称：“我把宇宙看作是绝对的。”这句话的意思是，宇宙到处都是平坦和无边无际的，就像在我们的居住地一样。而莱布尼茨一开始就对此提出了批评。不过，这在我们自身的体验中也是不可能的。虽然我们习惯于我们所居住的平坦的空间，但只要看一看辽阔大地，就会发现这种看法并不全面。

地球是球形的；用此，两个站在赤道线上相距甚远的观察者都可以看到北极点，而且他们每一个人都会说：“我在朝正北方向看。”对于一个生活在平坦的大地上的居民，或相信整个地球就像身边的大地一样平坦的人来说，这种情况是难以令人置信的。牛顿真的就像一个从宇宙整体角度主张大地平坦论的人一样在行事：一手执尺子，一手拿怀表，在宇宙间往返测量，似乎所到之处都像脚下这块土地。然而，事实并非一定如此。

但是，如果说宇宙到处都必定呈球形，又有欠公允了。宇宙更可能是有些地方凹凸不平，呈波浪起伏状。人们可以构想一种马鞍形的宇宙，大型的物体在某些方向上比在其它方向上更容易滑动。当然，天体的运行也必定与此相同——既然我们能看见它们，我们的解释也必须符合它们的运行情况。但解释可以是各种各样的。制约月亮和行星运行的种种规律应该是几何学性质而不是引力学性质的。

当时，这还只是有待在遥远的将来加以证实的一些推测。即使它们过去曾被提出，当时的数学还不能对付这些问题。那些深思熟虑的、具有哲学头脑的人意识到，牛顿在把空间描绘成一个绝对的座标方格时，已经把人们对事物的看法不真实地简单化了。与此相反，莱布尼茨曾说过这样一句预言式的话：“我认为空间是某种纯粹相对性的东西，正如时间一样。”在牛顿的体系中，时间也是绝对的。要标明天体位置，时间至关重要：首先，我们不知道这些星辰多么遥远，它们在什么时刻经过我们的视野。因此，航海事业要求完善两种仪器：望远镜和时钟。

首先是望远镜的改进。它们集中在当时新建的格林威治（Greenwich）皇家天文台。无处不在的罗伯特·胡克早在大火（Great Fire）以后，在他与克利斯多夫·雷思参予重建伦敦之时，就已规划了天文台的修建。从那时起，随时想要确定自己位置——即经纬度——的海员，即使远在天涯海角，也可以将他识别出的星辰与在格林威治看到的情形进行比较。在每一个海员风雨飘摇的生涯中，格林威治子午线成了固定不变的标志：子午线，以及格林威治时间。

其次是作为确定位置的基本辅助手段的时钟的改进。时钟成了这个时代的象征和中心问题，因为只有制成一台用于在船上指示时间的钟，牛顿的理论才能够应用于航海事业。这条原理十分简单。既然地球在 24 小时内绕太阳运行一周，经度的 360 度中的每一度占了 4 分钟时间。一名水手只要把他在船上观测到的正午时间与指示格林威治时间的钟上的正午时间相对照，他就可以知道，每过 4 分钟，他就到了离格林威治更远一度的地方。

英国政府提供 2 英镑，悬赏制作一台在 6 个星期的航行中可以精确地标明半度的计时器。于是，伦敦的钟表匠（如约翰·哈里森）造出了一台又一台精巧奇妙的时钟，设计了若干个钟摆，使之在船只倾斜时仍能正确地指示时间。

这种技术上的难题引起了创造发明的热潮，确立了从此主宰科学和人们日常生活的对于时间的极大关注。一艘船就是一颗星辰的模特儿。一颗星是怎样穿越空间的？我们又怎样才能知道它指示的时间？航船成了人们思考相对时间的一个出发点。

在当时的工匠中，钟表匠就是贵族，恰如中世纪的石匠。十分耐人寻味的是，我们所熟知的时钟，那戴在人们手腕上的脉搏计，那标志现代生活的袖珍计时器，自从中世纪以来，曾以某种漫不经心的方式激发手艺人钻研技艺的热情。而在这时，这些早期的钟表匠想要做的，不是知道一天的朝暮晨昏，而是重现那灿烂星辰的流转运行。

牛顿描绘的时空滴滴嗒嗒地顺利走过了大约 200 年时间。如果牛顿在天之灵在 1900 年以前任何时候来到瑞士，所有的时钟都会同声高奏赞美之曲。然而，刚好在 1900 年以后的瑞士伯尔尼，就在离这座古老钟塔不到 200 码的地方，一个年轻人成长起来，使这些钟争执不休，各奏其调。他就是阿尔伯特·爱因斯坦 (Albert Einstein)。

大约在这时，时间和光线第一次开始出差错了，正是在 1881 年，阿尔伯特·迈克尔森 (Albert Michelson) 做了一个实验 (六年后，他又和爱德华·莫雷 (Edward Morley) 一道重复了这一实验)，他在不同方向点上灯，吃惊地发现，无论怎样移动仪器，他总是被同样速度的光所映照。这种情况大大违反了牛顿的定律。大约在 1900 年，正是这一阵发自物理学“心脏”中的轻微的杂音，第一次引起了科学家的激动和疑虑。

我们还无从断定年轻的爱因斯坦当时是否已领悟到这个新问题。他并不是一个特别用功的大学生。但是，可以肯定的是，当他到伯尔尼去的时候，也就是在好几年前当他还是个十多岁的孩子的时候，他就曾经问过自己：从光的角度来看，我们的体验将会是怎样的呢？对这个问题的回答充满许多自相矛盾的论点，十分棘手。但是，尽管有这些自相矛盾的论点，最困难的还不是如何回答这个问题，而是如何证明这个问题。牛顿和爱因斯坦这种人的天才在于，他们提出一些天真浅显的问题，而由这些问题引出的答案却常常是极为惊人的。诗人威廉·库珀 (William Cowper) 鉴于牛顿的这种品格，把他叫作“一位孩子似的明哲之士” (a child-like sage)，这一描绘也完全符合爱因斯坦时常流露出来的那种对大千世界无比诧异与好奇的神清。无论是在他谈及乘坐一束光线或者是谈及穿越空间时，爱因斯坦的言辞中总是充满了对于这种原理的美丽而朴实的描述。我将引用他的著作中的一页。我来到了这座钟塔的底部，登上他当年作为瑞士专利局职员去上班时每天乘坐的有轨电车。

爱因斯坦在他 10 多岁时的想法是：“如果我坐在一束光线上，这个世界看上去将是怎样的呢？”假设这辆电车从这座钟塔出发，沿我们看到这座钟的时间的光线驶去。那么，这座钟就会静上不动，我，和这辆沿光线运动的电车，就会在时间上固定下来。时间就会停滞。

让我来说明这个问题。假设我背后这座钟在我离开时指向“正午十二时”。现在我以光速离开它 186000 英里。这应该花费了我一秒钟的时间。但是，这座钟上的时间在我看来仍然是“正午”，因为在这座钟上光速花费的时间恰好与我花费的时间一样长。至少我所看到的是这样，至少在这辆电车内部的宇宙是这样，在保持与光速相同的速度中，我使自己与时光的流逝分割开来了。

这真是一个不同寻常的似非而是的佯谬。我无意深究其含义，也不涉及爱因斯坦所关注的其它问题。我只注意这样一个问题：假如我乘坐一束光线，对我来说，时间就会突然终止。而且，这必定意味着，当我接近光速时（这正是我在这辆电车中所要模拟的），我就置身于我的时间与空间的车厢之中，而这个车厢正在越来越远离我周围的各种常规状态的事物。

这种似非而是的佯谬说明了两个问题。一个问题很明显：所谓普遍时间并不存在。但更为微妙的是，这位旅行者和待在家里的人的体验大不相同——对走在这条路上的每一个人来说，都是如此。我在这辆电车上的体验始终归如一：我发现了同样的规律，发现了同样的时间，距离、空间、质量和力量之间的那些关系，而且每一个别的观察看也会发现这些。但是，我的时间、距离等等的实际价值却不同于那个站在人行道上的人。

这就是相对论原理的核心。但显而易见的问题是：“好吧，是什么使他的车厢和我的车厢联结在一起的呢？”是光的流逝：光是联结我们的信息载体。这就是我们为什么说这是 1881 年以来使人们迷惑不解的最重要的实验事实：当我们交换信号，我们发现信息在我们之间以相同的速度传递。光速对于我们具有同样的意义。于是，很自然，时间、空间和质量等因人而异，因为它们的规律只是对车厢里的我和外面的那个人来说才是始终如一的——而光速总是具有同等意义。

光和其它放射物都是从一个事件中像水波一样扩展到整个空间的信号，有关这一事件的消息的向外扩散不可能比光和其他放射物更快了。光、电波和 X 射线是新闻和信息的最佳载体，并且构成了一种联结物质宇宙的基本的信息网络。即使我们想要传送的信息只是时间，我们也不能比光或无线电波更快地将时间从一个地方传到另一个地方。对这个世界来说，没有普遍时间，也没有离开了与之密切相关的光速仍可以校准我们的钟表的什么格林威治信号。

按照这种二分法 (dichotomy)，我们必须再举出一些例证。一道光线的轨迹（如同一颗子弹的弹道），在一个漫不经心的旁观者看来，与那个在运动中点亮这盏灯的人看来，是不一样的。在这位旁观者眼中，这条轨迹要长一些；因此，这束光线在途中所花费的时间在他看来就要长久一些，如果他将获得相同的光速值的话。

事实果真如此吗？是的。今天我们对宇宙和原子过程知道得够多的了，已经懂得，在高速运动中，情况的确这样。假如我真的以光速的一半速度旅行，那么，在爱因斯坦的电车旅行中，按照我的手表的时间所花费的 3 分钟或者多一点，对人行道上的那个人来说，就要多出半分钟。

我们将使这辆电车达到光速，看看是怎样一种情况。相对性的作用使事物改变了形状。

（颜色也有所改变，但不是因为相对性。）这些楼房的顶部似乎向里或向外弯曲。所有楼房挤压成一堆。我是在水平地行进。因此水平足巨离也似乎变短了，但高度却保持不变。汽车和行人却被扭曲了：变得又瘦又高。而且，我从里向外看去的真实情景，对那个从外向里看的人来说，也是真实的。好似《爱丽丝漫游奇境记》(Alice in Wonderland) 中描写的情景，相对论的世界是对称均衡的。那位观察者也看到，这辆电车缩成一团：显得又窄又高。

显然，这是一幅与牛顿所描绘的完全不同的世界画图。对牛顿来说，时间和空间构成了一种绝对的框架结构，其中世界的物质活动均按部就班地

照常进行。他以一种上帝的眼光看待这个世界：这种活动在每一个观察者看来都是一样的，无论他处在什么地方，也无论他以什么方式旅行。相反，爱因斯坦的眼光则是一种人的眼光，按照这种眼光，你看到的和我看到的，对我们各人来说，是相对的，即相对于我们的位置和速度。而且，这种相对性不可移易。我们无法知道这个世界本来是什么样子，我们只能按照各人所见来进行比较，通过交换信息的实际步骤。在电车上的我和坐在椅子上的你对各种事物不可能持有那种属于神灵的直接的看法——我们只能相互交流我们各自的看法。而这种交流也不是一蹴而就的，我们无法消除由光速造成的基本的所有信号的时滞。

这辆电车并没有达到光速。它恰恰停在专利局附近。干完这一天的工作后，爱因斯坦下车来，在傍晚来到波尔维克咖啡馆（theCofeBollwerk）。专利局的工作并不十分繁重。

说实话，当时的大部分专利申请在今天看来都愚不可及，例如关于一种改进了的玩具汽枪的申请；关于交流电控制器的申请，爱因斯坦就这件东西简洁地写道：“不正确，不精确，不清晰。”在波尔维克咖啡馆度过的那些傍晚，爱因斯坦总是与他的同事谈论一些物理学问题。他抽着雪茄，喝着咖啡。但他更是一个善于独立思考的人。他接触到了问题的核心，这就是“人类，而不是物理学家，事实上究竟怎样相互交流？我们相互传递的是什么信号？我们怎样获取知识？”这是他的所有著述的关键所在，这些问题就像剥开片片花瓣一样，渐次揭示出知识的核心。

因此，他在 1905 年发表的那部伟大论著，并不仅仅是关于光线，或者如其标题所示，是关于“动体的电动力学”（TheElectrodynamicsofMovingBodies）。在同一年，爱因斯坦又进而提出一个附录，认为质量与能量相对应，即质能关系式 $E = mc^2$ 。对我们来说，值得注意的是，相对论的这种最初描述也许会立刻引起原子物理学的一种切实可行而又压倒一切的论断。但对爱因斯坦来说，这只不过是关于整个世界的描述的一部分，和牛顿以及所有的科学思想家一样，爱因斯坦在某种意义上也是一个一元论者。这一点，来源于一种对自然过程本身的深刻洞察，而特别是对人、知识和自然界之间关系的深刻洞察。物理学不是事件，而是观察。相对论就是对于这个并非作为事件而是作为关系的世界的理解。

爱因斯坦满怀喜悦地回顾那些岁月。许多年以后，他对我的朋友西拉德（LeoSzilard）说：“那是我一生中最幸福的年月，没有人指望我会‘下金蛋’。”当然，他确实不断生下了“金蛋”：量子效应、广义相对论、场论。与此同时，爱因斯坦早期的著作已得到证实，他的预言获得了丰收。1915年，在广义相对论（TheGeneralTheoryofRelativity）中，他断言靠近太阳的引力场会使从中穿过的光线发生弯曲——好像一种空间的弯曲。在 1919年 5月 29日日全食期间，英国皇家学会派了两支考察队到巴西和非洲西海岸，验证这一推断。对于率领这支赴非洲考察队的亚瑟·爱丁顿（ArthurEddington）来说，对在那里拍摄的照片作首次鉴定，是他一生中最重要的时刻，这一情景永远保留在他的记忆之中。皇家学会会员奔走相告，爱丁顿致电数学家利特尔伍德（Littlewood），利特尔伍德当即写了一封短信给贝塔朗特·罗素（BertrandRussell）：

亲爱的罗素：爱因斯坦的理论完全得到证实。预言的偏移是 $1''72$ ，而观察到的偏移是 $1''75 + .06$ 。

你的
J.E.L.

按照狭义相对论和广义相对论，相对性是确凿事实。质能关系式 ($E = mc^2$) 终于得到证实。甚至钟表变慢的原因也终于被孜孜以求的人类发现出来。1905 年，爱因斯坦写了一份关于进行一次理想实验来对这个问题进行检验的多少有些喜剧性的实验方案：如果在 A 处有两台同步运行的时钟，而且其中一台沿一条封闭的曲线以匀速 V 运动，直到又回到 A 处，假定花了 t 秒，那么，后者在到达 A 处时与那台在原地静止不动的钟相比，就会失去 $1/2t(v/c)^2$ 秒时间。我们从中可以得出结论，一台固定在地球赤道线上的钟要比安放在地球两极之一的同样的钟走得稍微慢一点。

在他的伟大著作问世 50 年后，1955 年，爱因斯坦与世长辞了。这时，人们已经能够测量千百万分之一秒的时间。因此，有可能验证这样一个奇妙的思想，即“设想地球上的两个人，一个站在北极，一个站在赤道线上。在赤道线上的那个人要比在北极的那个人走得更快；因此，他的时间就会失去一些。”这种观点是这样得到证明的。

一个在哈佛 (Harwell) 的名叫 H.J. 海依 (H.J. Hay) 的年轻人作了这个实验。他设想地球被压扁成一个平坦的盘子，于是北极处于盘子的中央，而赤道线则环绕盘子的边缘。他在边缘和中央各放一台原子钟，让盘子转动起来。这些钟通过统计放射性元素数量的衰减来测定时间。而明白无误的是，在海依的盘子的边缘上的钟要比盘子中央那台钟走得慢一些。

在每一个转动着的盆子上，情况都是这样。而每一张旋转着的唱片，每转一圈，中央部分都比边缘部分老化得快一些。

爱因斯坦与其说是一种数学体系的创造者，不如说是一种哲学体系的发明人，他具有一种发现重新看待实际经验的哲学思想的天才。他不像上帝，倒像导航人那样看待自然，也就是说，他是处在各种纷乱复杂的自然现象中的一个人，他相信，如果人们用一种新的眼光去看待自然现象，就会发现其中有某种共通的表现形式。他在《我所看到的世界》(The World as I see It) 中写道：

人们已经忘记，在经验的世界中，是哪些表象使我们构造出（前科学的）概念，而且，没有那早已形成的阐释概念的种种观察方法，我们就很难为自己描绘这个经验的世界。我们不得不使用那些与原始概念不可分割地联系在一起的话语构成的语言，这就使得这种描绘更加困难了。这就是我们在试图描绘关于空间的前科学概念的本质时所遇到的障碍。

就这样，爱因斯坦在他的有生之年把光和时间、时间和空间联系起来；使能量和物质、物质和空间、空间和引力联系起来。在他的生命快要结束时，他仍然致力于寻找引力与电磁力之间的某种统一关系。我记得，他在剑桥的评议会堂 (the Senate House) 演讲时，身穿一件旧毛衣，赤脚穿着一双绒拖鞋，告诉我们他试图找出怎样一种联系，而他又在怎样的困难面前碰了壁。

这件毛衣，这双绒拖鞋，对背带和袜子的厌恶，并不是因为他有什么病才这样穿着的。

爱因斯坦在人们心目中，表达了一种来自威廉·布莱克的信念：“该死的背带：让我松弛一下吧！”他对辉煌的成就、世人的尊崇和舒适的生活，全不在乎；大多数时间他对于像他这样一位著名人物应该怎样的问题毫不在

意。他痛恨战争、兽行和伪善。他尤其痛恨教条——但“痛恨”并不是表达他那悲凉情绪的恰当之词；他把“痛恨”本身也看作是某种教条。他拒绝担任以色列国的总统，因为（如他所解释的）他没有解决人类问题的头脑。这是一种评判谦虚美德的标准，别的总统也可能采用这种说法，不会有太多的人弃之不用。

在牛顿和爱因斯坦两位伟人面前谈论人类之上升，几乎是鲁莽不恭的，他们大步前进，有如神明。在这两人之中，牛顿是《旧约》之神；而爱因斯坦则是《新约》之人。他富于人情味，满怀怜悯和极大的同情心。他关于自然本身的见解，就是一个人在神灵面前的看法，而这也是他关于自然的经常的说法。他热衷于谈论上帝：“上帝并不掷骰子”，“上帝并无恶意”。终于，有一天尼尔斯·波尔（Niels Bohr）对他说：“不要告诉上帝他该做些什么。”但这有欠公允。爱因斯坦是一个能够提出非常简单的问题的人。而且，他的生活和工作都表明，当对这些简单问题作出简单的回答时，人们就可以听到上帝在思考什么了。

第八章 力的角逐

历次革命都是人发动的，而不是命运使然。有时他们是一些单个的天才人物。但是，18世纪发生的几次伟大革命，都是聚在一起的众多贫民百姓促成的。每一个人都是拯救自己的主人，这一信念推动他们投身革命。

我们现在把科学负有某种社会责任视为理所当然。但是，无论是牛顿还是伽利略都不会这样看。他们把科学看作是一种对世界本来面貌的描述，他们所承认的唯一责任就是讲述真理。那种关于科学是一种社会事业的认知，是发端于工业革命的现代观点。令人惊讶的是，由于人们持有“工业革命结束了一个黄金时代”的幻觉，我们竟不能更进一步追溯一种社会意识。

工业革命是开始于1760年的一个充满各种变革的长期过程。它并非偶然发生的：它构成了三次大革命之一。另外两次是1775年开始的美国革命和1789年开始的法国革命。把一次工业革命与两次政治革命扯在一起，或许有点奇怪。但是，事实上，它们都是社会革命。

工业革命只不过是英国的方式造成那些社会变化而已。我把它看作是英国革命。

是什么使这次革命独具英国特色呢？显然，是因为它开始于英国，英国是主要从事制造业的国度。但这种制造业只是家庭作坊工业，而这场工业革命就正是从乡村兴起的。这次革命的发动者都是一些手艺人：磨坊技师、钟表匠、水渠建造人和铁匠。革命发轫于农村，正是这场革命的英国特色。

在18世纪上半叶，在牛顿的暮年和皇家学会衰落之时，英国正陶醉于乡村工业和商业冒险家海外贸易的最后的极盛时期。繁荣终于消失。贸易更具竞争性。到这一世纪末，工业需求更为迫切，压力更大。乡村工业的组织形式不再具有足够的生产能力。在两代人时间内，大约从1760年到1820年，工业经营的传统方式发生了变化。在1760年以前，通常是把工作交给村民，让他们在家里干。到了1820年，则通常是把工人带进工厂，让他们在监督

之下干活。

人们幻想，在 18 世纪，英国乡村景色质朴自然，好似奥利弗·哥尔德斯密斯（Oliver Goldsmith）在《荒村》（The Deserted Village）中描绘的那失去的乐园。

甜蜜的奥本，平原上可爱的村庄，那里有一位快乐、健美的情郎。

年轻的农夫正当青春美妙时光，愿上帝保佑他如愿以偿。

这真是无稽之谈。乔治·克拉卜（George Crabbe）是一位乡村牧师，对农民的生活有切身体验，他对这首诗甚感气愤，于是写了一首尖酸刻薄而又真实可感的诗作为回答：

是的，缪斯歌唱幸福的情郎，

因为不知他心中的惆怅。

劳作和岁月耗尽心血，你可还能因诗人的奉承而欢畅？

农村是人们披星戴月，辛勤劳作的地方。农民的生活并非充满明媚阳光，相反，他们生活在贫困和黑暗之中。减轻劳动强度的辅助手段其时已无从追忆，例如磨坊，在乔叟（Chaucer）的时代已是古老之物。而工业革命就是从这样的机械开始的；磨坊工人就是未来时代的工程师。1733 年，苏格兰斯塔福夏郡（Staffordshire）的詹姆斯·布林德利（James Brindley）在磨坊工作时开始了他自制工具的生涯，其时他年仅 17 岁，生于乡村，素来贫寒。

布林德利对磨轮的改进是切实可行的：加上水轮，从而提高水磨的效能，使其成为一种机器。这是新兴工业的第一台多用途机器。例如，布林德利设法改进了石头研磨，原先这种研磨用于正在兴起的制陶工业。

到了 1750 年，在这种气氛中产生了一次更大范围的运动。水已成为工程师们的要素，像布林德利那样的人一心想着如何利用水力。在乡村。到处溪涧纵横，流水潺潺。水不仅仅是力量的源泉，而且是一种运动的新的浪潮。布林德利又成了运河——当时称为航道——修建技术的先驱。

当布林德利为了磨坊和矿山工程计划而外出时，出于兴趣，他独自勘察了他所经过的条条水路。后来，布里奇沃特公爵（The Duke of Bridgewater）要布林德利修建一条将沃斯利（Worsley）的煤矿和新兴城市曼彻斯特连结起来的运煤航道。那真是一项惊人的设计。正如他 1763 年写的一封致《曼彻斯特信使报》（Manchester Mercury）的信中所说：最近，我考察了伦敦的种种人工奇观和皮克山（the Peak）的自然奇观，但没有一处奇观象布里奇沃特公爵的航道那样使我欣喜。它的设计者，天才的布林德利先生确实做出了令人惊讶的改进。在巴腾桥，他架设的航道凌空而起，高及树梢。当我愉快而好奇地仔细观看这座建筑时，约 3 分钟之内，就有 4 艘驳船从我面前驶过。其中两艘用链条系在一起，由两匹沿渠堤斜坡奔跑的马牵引，而我站在那里，望着脚下宽阔的艾尔韦尔河（Irwell），胆战心惊，不敢挪步。在距曼彻斯特约 1 英里处，公爵的航道与科尼布鲁克（Cornebrook）汇合，公爵的代理人在那里建造了一座码头，以每筐 3 个半便士的价格出售运来的煤炭。……到明年夏天，他们还打算把煤运到曼彻斯特。布林德利更为大胆的行动是使曼彻斯特和利物浦连结起来，而且已规划出遍及英格兰的、总长度差不多达 400 英里的运河网。

在英国运河系统的创造中，有两件事情引人注目，并且成为整个英国工业革命的特点。

一是促成这次革命的人都是讲求实际的。像布林德利那样，他们通常没有受过多少教育，而事实上，当时的学校教育只能使富于创造性的头脑变得愚钝麻木。按照法律，普通中学就是为讲授古典科目而建立的。而大学（当时只有牛津和剑桥两所）对近代的科学研究根本不感兴趣，而且，它们还将那些不信奉英国国教的人拒之门外。

另一件引人注目的事情，是这些发明创造都是为了日常的用途。这些运河是交通的命脉，它们不是用来观光游览，而是为了运送货物。制造货船不是为了运载奢侈品，而是为了运载锅盆碗盏、呢绒布帛，以及种种所费不貲的日用品。这些物品在远离伦敦的乡村生产出来，而这些村庄正在变为城镇，这是一种遍及全国的贸易。

在英国，技术就是为了应用，举国上下，乃至边远之地，莫不如此。而在欧洲大陆各国王室的黑暗统治之下。技术却完全不是这样。例如，在制造机械玩物方面，法国人和瑞士人与英国人一样聪明伶俐（而且更富于想像力）。但他们却把精巧的时钟结构滥用于为王公富豪制作玩具上。他们耗时多年制作的自动机械，在今天看来，也堪称这种活动中最为精巧的佳品。法国人是自动化的发明者，即运动过程中的每一步都控制下一步的运动这一构想的发明者。早在大约 1800 年，约瑟夫·马利·雅卡尔（JosephMarieJacquard）就为里昂的织绸机作出过类似现代利用打孔卡片控制机器的设计，但在当时那种劳动力密集的行业未能发挥作用。

在革命前的法国，这类高超的技艺可以使一个人发迹。钟表匠皮埃尔·卡农（PierreCaron）发明了一种新式的钟表摆轮。并以此取悦于玛丽·安托妮特皇后（QueenMarieAntoinette），从而在宫廷中荣宠有加，成为博马舍伯爵（CountBeaumarchais）。他也具有音乐和文学才能。后来写出一个剧本，莫扎特（Mozart）据此谱成歌剧《费加罗的婚姻》（TheMarriageofFigaro）。尽管一出喜剧或许不宜作为社会历史资料，但剧中和围绕这出剧的种种阴谋诡计却展示了在欧洲的宫廷中才俊之士的遭遇。

乍看上去，《费加罗的婚姻》像一出法国木偶戏，叽叽喳喳，阴谋迭起，但是，事实上它预示着行将来临的革命风暴。博马舍嗅觉很灵，事先已感觉到酝酿中的政治事态。有几次，他受雇于王室大臣们，参与双重交易，而事实上是代表他们与美国革命者进行秘密武器交易，以帮助他们与英国人作战。法国国王可能相信自己是在扮演马基雅维利（Machiavelli）的角色，并且仅仅为了出口交易而维护这种诡诈的政策。然而，博马舍却更敏感、更精明，能够感觉到革命即将来临。他通过费加罗这个角色，这位剧中的仆人，传达了革命的信息：

歹徒，船长先生——

现在，我开始懂得全部奥妙，欣赏你最慷慨的美意。

国王任命你为驻伦敦的公使，而我将充当你的随从，我的苏珊娜也要作为机要随员。

不，即使她去，我也决不干——费加罗心里明白。

莫扎特著名的咏叹调，“伯爵，小伯爵，你去跳舞，我为你伴奏”（Sevuolballare, SignorContino.....），是一种挑战。博马舍写的台词是这样的：

不，我的伯爵老爷，你不能占有她，你不能！因为你是大老爷，你就以为你了不起。尊贵、财富、荣耀、俸禄！它们竟使一个人如此骄横！你有

何作为，而得如此享受？你只是在出生时有过一些痛苦，仅此而已。除此之外。你也不过是凡夫俗子。

于是，开始了一场关于财富性质的公开辩论。既然人们无须拥有什么就可以为此争论，事实上我身无分文，我也写了金钱的价值和利害关系。但是，我很快发现，我在打量……一座监狱的吊桥……在那些言论的自由传播受到阻碍的国度，书上印的废话也是危险的；没有批评的权利，颂扬和奖赏就毫无价值。这就是在法国社会彬彬有礼的派头后面发生的事，这种派头就像维兰德里的城堡府邸一样拘谨、刻板。

在《费加罗的婚姻》中花园一幕，费加罗给他的主人起了一个“小伯爵”的绰号，这段咏叹调在那个时代早该被认为是大逆不道的了，今天看来，这似乎令人难以置信。但是，我们应该考虑到这些话是什么时候写作的。博马舍大约在 1750 年完成《费加罗的婚姻》剧本。他花了 4 年时间与一大群官僚、以至路易十六本人作斗争，以求能够搬上舞台。演出后，整个欧洲飞短流长，视之为下流。莫扎特把它改编成歌剧，得以在维也纳上演。其时莫扎特 30 岁；那是 1786 年。3 年后，1789 年——爆发了法国大革命。

是因为有了《费加罗的婚姻》，路易十六才王冠落地、身首异处吗？当然不是。讽刺不能摧毁一个社会。但它却是社会的一种指示器：它表明一代新人叩响了时代的大门。为什么拿破仑把这出戏的最后一场称为“革命在进行中”呢？这就是，博马舍本人，借用费加罗这个人物的身份，锋芒所向，直指那位伯爵，说道：“因为你是贵族，你就以为你了不起，除了降生之时，你未曾有过任何痛苦。”

博马舍代表着一种完全不同的“贵族”，即从事劳动工作的才俊之士：他那个时代的钟表匠、泥瓦匠和印刷工。是什么使莫扎特对这个剧本感到如此兴奋呢？是那种革命的热情，对他来说，他所属的共济会运动正好代表着这种热情。他还在歌剧《魔笛》(the Magic Flute) 中对这一运动大加赞颂。

(共济会是当时正在兴起的秘密结社，它的用意是反政府、反教会。由于人们知道莫扎特是其中的一个成员，他于 1791 年去世时，为他请牧师还颇费了一番周折。) 当时最伟大的共济会会员，是印刷工本杰明·富兰克林 (Benjamin Franklin)。1784 年，他出任美国驻路易十六王朝统治的法国的公使，那正是《费加罗的婚姻》首演之时，他比其他任何人都更能代表那些高瞻远瞩、精力充沛、有信心、有主张、不断进取、开创了新时代的人们。

例如，本杰明·富兰克林有着不可思议的机遇。1778 年。当他将要去法国宫廷递交国书时，到最后一刻才发现假发和礼服都太小了。于是他干脆弃而不用，径直前往，结果却受到人们的欢迎，把他看作是来自密林深处的自然之子。

他的一切行为都表明，他是一个善于决断、辩才无碍的人。富兰克林出版过一本年鉴，题为《穷理查年鉴》(Poor Richard's Almanack)，其中充满堪称箴言警句的素材，如“饥不择食”(Hunger never saw bad bread)、“欲知钱贵，不妨借贷”(If you want to know the value of money, try to borrow some)。富兰克林写道：

1732 年，我首次出版了我的那部年鉴，这项工作费时大约 25 年。……我努力使这本书既赏心悦目，又切实有用，结果需者甚众，我获益亦多；每期销量近万…本地人士，几乎每家必备。我把这本书看作对很少购买书籍的平民大众施行教育的恰当工具。

针对那些对新发明的用途持怀疑态度的人，当第一个氢气球于 1783 年在巴黎上空升起时，富兰克林回答说：“新生儿又有何用？”这句话充分体现了富兰克林乐观、求实、简朴的性格特征，这句话是如此令人难忘，以致于到了下一世纪，伟大的科学家迈克尔·法拉第（Michael Faraday）还津津乐道。富兰克林十分注意人们的谈话方式，他为自己制造了第一副双焦距眼镜，镜片的一半视远，一半观近，这样，在法国宫廷中，他就可以观察讲话看的表情，以更好地领会他们的法语。

像富兰克林这样的人，追求理性知识，孜孜不倦。试看他以毕生精力做出的卓越成就，著作等身，且有动画片、水印技术之类行世。他那创造性思想之丰富和广阔，令人惊叹。当时的科学热衷于对电的研究。富兰克林生性诙谐（他不是刻板拘礼的人），但对电的研究却很认真，因为他意识到电是一种自然力量。他提出闪电是电的表现形式，并在 1752 年予以证明。富兰克林这样的人会怎样去证明这一点呢？他在雷鸣电闪中将风筝金属线下端系上一把钥匙。全凭运气，这次实验竟没有使他丧命。但模仿他的人却因此呜呼哀哉。他随即把自己的发现付诸实用，发明了避雷针，并且用它阐明了电的理论，证明所有的电都是一种流体，而不是当时人们认为的，是两种不同的流体。

避雷针的发明再次提醒我们，社会历史进程难以逆料。富兰克林正确地推断，尖头避雷针效果最佳。但是一些科学家加以反驳，认为应采用圆头避雷针，而英国皇家学会不得不对此进行仲裁。然而，这场争论却是以一种简单而堂皇的方式平息下来了：英国国王乔治三世，为了表示对美国革命的仇视，在皇家建筑物上安装了圆头避雷针。政治对于科学的干预往往是悲剧性的；也有一个喜剧往的例子，在《格列佛游记》中，在利立浦特（Lilliput）和不来夫斯古（Blefuscu）的“两个大帝国”之间关于早餐鸡蛋应从大头还是小头打破的争执，竟导致了一场战争。

富兰克林和他的朋友从事科学事业，他们所想所做，皆为科学。对他们来说，了解自然，其乐无穷。他们都是社会中的人：无论富兰克林印的是纸币还是那些辛辣无比的小册子，他都是一个政治人物。对政治活动和科学实验，他都是全力以赴。他修改了美国《独立宣言》开头的华丽词藻，以便读起来简洁有力：“我们认为这些真理是不言而喻的：人人生而平等。”当英国与美国革命者之间的战争爆发时，他直率地写信给曾与他过从的一位英国政治家，字里行间充满愤慨之情：

你们开始焚毁我们的村镇。看看你们的双手，上面沾满了你们兄弟姐妹的鲜血在英国，红色的火焰构成了新时代的画面——在约翰·卫斯理（John Wesley）的说教中，在工业革命高炉的火光映红的天空，在新法冶炼钢铁的早期中心约克夏郡的阿比德尔（Abbeysdale）。工业的主人是铁器制造商：是那些富有力量、身材高大、不同凡响的人物，官方怀疑他们真的相信人人生而平等。在北部和西部的劳动者已不再是农场工人，他们构成了一个工业社会。他们的工资必须用钱币付给。而不是以物代款。伦敦的官方对这一切非常隔膜，他们拒不发行小额货币。于是，如约翰·威尔金森（John Wilkinson）一类的铁器制造商就自己铸造钱币，并在上面铸上自己那副不甚尊贵的面容。伦敦为此惊恐万状：这是共和党人的阴谋吗？不，这不是什么阴谋。但是，激进的发明出自激进的头脑，这却是千真万确的。在伦敦展出的第一座铁桥模型是由托马斯·潘恩（Thomas Paine）设计的，而

他就曾在英国和美国煽风点火，鼓吹革命，并主持编写了《人权论》（The Rights of Man）。

与此同时，铸铁也开始被约翰·威尔金森之輩以一种革命性的方式投入应用。威尔金森于 1787 年建造了第一艘铁船，夸口说他死后这艘船将运载他的灵柩。结果，1808 年他去世后，被装在一副铁棺中掩埋。当然，那艘船曾穿过一座铁桥：而这座桥又是在威尔金森帮助下建在邻近的什罗普夏郡的一个小镇上，那里至今仍被称为“艾恩布里奇”（Ironbridge，意即铁桥镇）。

这种铁的建筑真的可以与大教堂的建筑相媲美吗？的确如此。这是一个充满英雄气概的时代，托马斯·特尔福德（Thomas Telford）感到了过一点，并使铁的建筑广被四野，蔚然可观。他生于贫苦的牧人之家，作过石工；后来经过自己的努力，成为一位筑路和运河工程师，还与诗人们过从往还。他设计修建的巨大的架空渡槽使兰戈伦（Llangollen）运河凌空横跨迪河（the river Dee），这表明他已成为大规模地使用铸铁的大师。工业革命的这些不朽遗迹，有一种罗马式的宏大气魄，那是共和主义者的宏大气魄。

那些促成工业革命的人，通常被描绘为一些面容冷峻、唯利是图的生意人。这真是大错而特错了。仅举一例，他们中许多人先前曾从事商业，但后来成了发明家。又如，他们中大多数人不是英国圣公会（the Church of England）信徒，但在一位论派（the Unitarian）及类似运动中又归属某种清教式的传统。约翰·威尔金森深受其堂兄约瑟夫·普里斯特利（Joseph Priestley）的影响，后者后来成为一位著名化学家，而他就是一位论派的牧师，或许还是奉行“最大多数人的最大幸福”这条原则的先驱。

约瑟夫·普里斯特利还是乔赛亚·韦奇伍德（Josiah Wedgwood）的科学顾问。人们通常以为韦奇伍德是一个专为王公贵族制造精美瓷器的人，其实，只是奉旨从命时他才干这种事。例如，1774 年，他为俄国女皇卡德琳娜二世（Catherine the Great of Russia）制作了一套近千件的精致的餐具，价值超过 2000 英镑——这在当时是很大一笔钱。但在制作这套餐具时，他所依据的是他自己的一套米色陶器的样式：其实，所有的近千件餐具，如不假修饰，所值不到 50 英镑，而且，除了上面手绘的田园景色外，本色陶器看上去和用起来都与卡德琳娜女皇那套别无二致。这套使韦奇伍德闻名遐迩并发财致富的餐具还不是瓷器，只是日常用的陶器。人们在街上大约花 1 个先令就可以买到一件。然而，在工业革命时代，这却使劳动者阶层家庭的厨房用品面目一新。

韦奇伍德是一个非凡人物：富于创造性。当然，这不仅表现在他自己的行业中，而且表现在使他的技艺得以更趋完美的科学技术中，他发明了窑内测量高温的方法，用陶土制成一种测量器，移动其中的伸展式计算尺，从而测得温度。在制陶和冶金业中，高温测量从来就是一个难题，而韦奇伍德因为这项发明而被选为英国皇家学会会员，这可谓合乎时宜。

韦奇伍德并不是一个例外，像他这样的人还有很多，他属于一个 10 多人组成的团体——伯明翰月亮社（the Lunar Society of Birmingham），当时伯明翰还是一些分散的手工业村落。他们为自己的团体取这个名字，是因为他们在月圆前后聚会。这样，像韦奇伍德这些来自远处的人，才能够安全地走过那些在黑夜中崎岖难行的道路。

但当地最重要的工业家不是韦奇伍德，而是马修·博尔顿

(Matthew Boulton), 是他把詹姆斯·瓦特 (James Watt) 带到了伯明翰, 因为在那里他们可以建造蒸汽机。博尔顿喜欢谈论测量问题, 他说, 老天爷使他降生于 1728 年, 就是要让他命中注定成为一位工程师, 因为 1728 立方英寸恰好等于一立方英尺。在“月亮协会”, 医学也受到重视, 因为当时在医学中也有一些新的重要进展。在伯明翰, 威廉·维瑟林 (William Withering) 发现了洋地黄的用途。属于“月亮社”的医生中, 有一位至今仍颇负盛名, 他就是伊拉斯莫·达尔文 (Erasmus Darwin), 查尔斯·达尔文的祖父。

像“月亮社”这样的社团表明, 工业革命的创造者们意识到 (这是一种英国意识) 他们负有某种社会责任。我把这种意识叫做英国意识, 其实并不公正; “月亮协会”深受富兰克林及与之有联系的美国人的影响。贯穿这种意识的是这样一种信念: 美好生活决不限于物质的必需, 而又必须以这种必需为基础。

“月亮社”的这一理想在维多利亚时代的英国成为现实。其间花费了 100 年。但它一经成为现实, 就显得平淡无奇了, 甚至还有些滑稽, 就像一张印有维多利亚画像的明信片。而那种认为棉内衣和肥皂就可使穷人的生活发生根本变化的看法也是荒唐可笑的。不过, 这些简单的东西——炼铁炉中的煤, 窗户的玻璃, 食物的选择——确实极大地提高了生活和健康水准。按照我们今天的标准, 当时的工业城镇都是些贫民窟, 但是, 对那些来自乡间茅舍的人来说, 即便是拥有陋巷中的一间小屋, 也意味着从饥饿、肮脏、疾病中解放出来了, 它提供了一种新的致富机会。一间墙上写着经文的卧室, 在我们看来, 又好笑又凄凉。但对工人阶级的妻子来说, 却是对过体面生活所需之物的第一次体验。很可能, 一架铁床比医生的黑皮包从产褥热中拯救的妇女更多, 这本身就是一种医学的革新。

人们从工厂的大规模生产中获得了这些好处。但这种工厂的作业方式却是骇人听闻, 对此。教科书上讲得不错。然而, 这是由来已久的带有传统色彩的恐怖。矿井和作坊在工业革命以前很久曾是阴暗潮湿、拥挤不堪。惨无人道的所在。这些工厂不过是承袭了乡村工业相沿已久的陋习, 完全不顾工作于其中的工人的死活。

而由这些工厂造成的污染也屡见不鲜。自古以来, 矿业和作坊就一直在糟蹋环境。人们认为污染是近代社会的恶果, 其实不然。在过去几个世纪里, 对健康和起码生活条件的忽视, 就一直使瘟疫年年发生, 环境污染不过是这种卑劣行径的又一表现而已。

一种新的罪恶使这类工厂与以往有所不同, 这就是机器的速度凌驾于人之上。工人第一次被没有人性的机械所驱使: 最初是水力, 然后是蒸汽机。制造业工人被沸腾的锅炉中不断涌出的能量弄得如颠如狂, 这在我们今天看来似乎愚不可及。然而, 当时一种新的伦理观认为, 主要的罪恶不是残酷和不人道, 而是懒惰。甚至主日学校也这样告诫孩子们: 撒旦 (Satan) 发现, 懒散怠惰仍在危害人间。

在这种工厂中, 工作时间的变化是可怕、毁灭性的。但是, 动力的变化却开辟了未来发展的道路。例如“月亮协会”的博尔顿建立的一个工厂, 就是一个明证, 当初那里, 金属制造完全依赖于手工匠人的技艺。后来詹姆斯·瓦特来到这里, 制造出一切动力之神——蒸汽机, 因为只有在这里, 他才能够找到使蒸汽机密不透气的精确尺度。

1776 年, 马修·博尔顿因与詹姆斯·瓦特合作, 制造出了这台蒸汽机,

他为之欣喜若狂。这一年，当传记作家詹姆斯·博斯威尔（James Boswell）来拜访博尔顿时，博尔顿庄重地对他说：“先生，我在这里出售的，是全世界都渴求的东西——动力。”这句话说得真妙，但的确是事实。

从某种意义上来说，动力是科学中的一种新观念、新思想。这次工业革命，这次英国的革命，实际上是对动力的一次伟大发现，人们在自然界中寻求能源：风力、阳光、水力、蒸汽和煤。这时突然产生了一个具体问题：为什么它们都是动力？它们之间是什么关系？从前，人们从未提出过这种问题。在此之前，科学一直关注于对大自然本来面貌的探求。然而，到了这时，改造自然以从中获取新的动力，以及把一种形式的动力转变为另一种形式的动力的这一现代观念早已深入到科学的前沿。特别是，热量是一种能量形式，可以按确定的当量转化为另一种形式，这一点已是明白无误的了，1824年，萨迪·卡诺（Sadi Carnot），一位法国工程师，观察了蒸汽机，写出一篇论文，他称之为“动力由火而生”（Lapuisse motrice du feu），从而在根本上奠定了关于热力的科学——即热的动力学的基础。能量，在此以前曾是科学的一个中心概念；而这时科学所主要关注的是以能量为核心的统一的自然界。

这种情况不仅仅是科学主要关心的问题。令人惊奇的是在艺术中也同样如此，与其同期并行的文学又是怎样的呢？1800年前后浪漫派诗歌开始兴起。那些浪漫派诗人为何会对工业发生兴趣呢？很简单：认为大自然是能量载体的新观念使他们神魂颠倒。他们喜欢在“狂飙突进”（Sturm und Drang）这样的句子中使用作为能量象征的“狂飙”这个词。一阵风暴打破了死寂的平静，带来了生机。把萨缪尔·泰勒·柯勒律治（Samuel Taylor Coleridge）的《古舟子咏》（Rime of the Ancient Mariner）推了高潮：

天空突然迸发生机！

火焰如旗帜飞扬。

熊熊燃烧，放射光芒！

火舌狂舞，四处飞溅，群星因之而暗淡无光。

呼啸的狂风还未刮来，船儿已经起航！

在闪电和月光下面，死去水手的呻吟在回响！

恰好在这个时候，1799年，年轻的德国哲学家弗里德里希·冯·谢林（Friedrich von Schelling）开始写作一部关于新的哲学的著作——《自然哲学》（Naturphilosophie），这部书至今在德国仍具有强大的生命力。柯勒律治从他那里得到这本书，并带到英国。湖畔派诗人（The Lake poets）则从他和他的朋友——定期资助他的韦奇伍德一家那里得到此书。自然是动力的源泉。各种不同形式的动力都是同一根本之力，即能量的不同表现，这一观点顿时使诗人和画家为之倾倒。浪漫派诗歌十分坦率地咏叹道，不仅大自然，而且人类本身也是一种天赋能量，或至少是一种自然能量的载体。工业革命在实践上为那些想要彻底发挥自己才能的人创造了自由——而这种观念在100年前还是不可思议的。与此同时，浪漫思想也鼓舞他们使这种自由成为一种本质上崭新的个人意识。最伟大的浪漫派诗人威廉·布莱克讲得十分精彩：“能量者，永恒欢乐也。”关键的词是“欢乐”，关键的概念是“解放”——一种作为天赋人权的欢乐意识。自然而然，那个时代奋进的人们表现出创造的冲动。为了给工人家庭的周末之夜带来欢乐，他们产生过无穷无尽的稀奇古怪的念头。（即使在今天，向专利局申请的发明大部分也像发明者本身

一样，有些走火入魔。)若把这些古怪的发明排列起来，即可铺成一条直达月球的大道，尽管这些发明也许不得要领，却又像上天揽月一样勇气可嘉。例如，为了使图画从观众眼前一幅接一幅地闪过，使维多利亚时代的连环漫画活动起来，人们想到了发明活动连环画转筒，那是一种环转机械装置。它使人们体会到今天人们晚上在电影院所感到的激动和兴奋，而且很快便风靡一时。又如能奏出一套小型乐曲的机械风琴。所奏曲调美妙动听，朴实感人，自编自奏，闻所未闻。每一种无足轻重的家用发明，如自动切菜刀，都有一种意义更为重大的发明，如电话，与之并驾齐驱。终于，在这欢乐大道的尽头，人们将只能这样说，所有机械归根结底就是这样一种机械：它无所作为！

作出这些怪诞发明的人，与作出伟大发明的人同出一辙。运河问世以后，又一种发明为工业革命锦上添花：这就是铁路。是理查德·特里维西克(Richard Trevithick)使铁路得以产生，他是一位铁匠，敢于拼搏、身强力壮。他把瓦特的杠杆蒸汽机改造成一种高压引擎，使蒸汽机成为一种动力运输机械。这一发明为这个世界开辟了交通的血脉，赋予了新的生命，从而使英国成为世界的中心。

人类至今仍行进在工业革命途中；这再好不过了，因为人们还有许多事要做。而工业革命已使世界更加富有，也更为狭小，而且第一次成为人类自己的世界。我这样说的字面意思是，我们的世界，即人的世界。

从一开始，当工业革命还依赖于水力之时，它就毫不留情地使人们的生活和谋生方式发生了翻天覆地的变化。革命就是这样——这正是革命的本质，毫无疑问，对受到冲击的人来说，革命总是进行得太快，太迅猛了。然而，这次革命终于成为一场社会革命，并确立了社会的平等，权利的平等，首先是知识的平等。人类至今仍有赖于此。如果我们出生在 1800 年以前。处境将会如何？我们仍然生活在工业革命之中，仍觉其含意之深，难以言传；但是，未来终将表明，这是人类在其上升历程中迈出的一大步。具有与文艺复兴同样的强烈影响。文艺复兴确立了人的尊严工业革命确定了自然的统一。

科学家和浪漫派诗人都认识到，风、海洋、河流、蒸汽、煤都是太阳的热量创造出来的，而热量本身就是一种能量。许多人想到过这一点，但这却是由一个人首先确立的，他就是曼彻斯特的詹姆斯·普雷斯科特·焦耳(James Prescott Joule)。焦耳生于 1818 年，从 20 岁开始。他花了毕生的精力，从事细致的试验以测定热功当量，——也就是说，确定机械能转化为热能的准确交换率。鉴于这事听起来枯燥乏味。我想讲，一个关于焦耳的有趣故事。

1847 年夏天，年轻的威廉·汤姆生(William Thomson)(后来的凯尔文勋爵，成为英国科学界的头面人物)正从沙木尼(Chamonix)步行到勃朗峰(Mont Blanc)去——哪有一位英国绅士在阿尔卑斯(the Alps)山中步行的？——在那里他遇见了——一位英国绅士在阿尔卑斯山中还会遇到什么人呢？——一位古怪的英国人：詹姆斯·焦耳，带着一架巨大的温度计，他的妻子乘着马车远远地跟着他。焦耳一生中都想证明当水从 778 英尺的高度落下时，水温会升高华氏一度。这是他的蜜月旅行，他可以趁游览沙木尼之便(很像一对美国夫妇参观尼亚加拉瀑布)，让大自然为他做这个实验。此处的瀑布很理想。虽然高度不到 778 英尺，但只要测出温度上升半度也足以说明问题了。不过，应当说明，他没有成功；瀑布水花四溅，使实验无法进行。

这个关于英国绅士科学怪癖的故事并非题外之言。正是这样一些人使自然蒙上了浪漫色彩，诗歌中的浪漫主义运动则与此形影相随。在歌德（Goethe，也是一位科学家）这样的诗人身上，在贝多芬（Beethoven）这样的音乐家身上，我们看到了浪漫主义。而我们首先是在华兹华斯的作品中看到浪漫主义的：看到自然景色一如精神之活泼生动。万物一体，情景交融，令人心领神会。受法国大革命的吸引，华兹华斯曾于 1790 年穿越阿尔卑斯山。1798 年，他在《廷川修道院》（Tintern Abbey）中说得再妙不过了：

那时，对我来说大自然就是一切的一切

——我无力描绘我的心绪，

只有这轰鸣的瀑布使我梦魂萦绕，不能忘记。

“对我来说，大自然就是一切的一切。”焦耳从来没有说得这么动人。但是，他说过：“自然的伟大力量永不磨灭”，他说出了同样的道理。

第九章 创造的阶梯

18 世纪 50 年代，有两个人分别提出了自然选择的生物进化理论。一个是查尔斯·达尔文（Charles Darwin）；另一个是阿尔弗雷德·鲁塞尔·华莱士（Alfred Russel Wallace）。两人都有过一些科学上的阅历，但本质上还是那种直接观察动植物的博物学家。达尔文曾经作为一个医学学生，在英国爱丁堡大学待了两年，后来，他的父亲——一个富有的医生——认为他应该成为一名教士，便将他送到剑桥读书。而华莱士的父母生活贫困，他不得不在 14 岁时辍学，先后在伦敦和莱斯特（Leicester）的工人职业学校给一个测量师当学徒和实习教师。

事实上，在人类上升的进程中，历来有两种解释世界的方法并驾齐驱。一种是对世界的物质结构的解释。另一种是对生命进程的研究：研究生命的微妙之处，生命形式的丰富多样，个体与物种由生到死的循环往复。在进化论创立之前，这两种传统并未结合起来；因为在那以前，存在着一种无法解决、也无从着手解决的关于生命问题的佯谬（paradox）。

生命科学的这种佯谬，使它有别于物理科学，而随时随地表现于自然界的细枝末节之中。在我们周围，我们可以在鸟类、树木、青草、蜗牛等每一种生物上面看出这一点。事情就是这样。生命现象，包括它的表现和它的形式，是如此纷繁复杂，一定包含着大量的非本质的属性。而生命的本质又是如此一致，它又必定受到种种必然性的制约。

因此，毫不奇怪，我们所知道的生物学是由博物学家们在 18 世纪和 19 世纪开创的：那些乡村生活观察者，鸟的观察者，教士，医生，还有那些无所事事的乡间绅士们。我想把这些人统统称之为“维多利亚时代的英格兰绅士”；因为，生活在同一个时代、同一种文化——英国维多利亚时代的文化——中的两个人分别证明了进化论，这不会是偶然的。

当“贝格尔”（Beagle）号调查船即将由英国海军部派去绘制南美洲海岸地图时，查尔斯·达尔文才 20 岁出头，他在船上谋得一个没有报酬的博物学家职位。他是应他在剑桥的朋友——那位植物学教授的邀请来参加这次

航行的，尽管在剑桥时达尔文并不十分爱好植物学，而热衷于收集甲虫标本。他说：

我可以证明我的这种热情：有一天，当我撕开一块树皮时，我发现了两只罕见的甲虫。

就一手抓一只，接着，我又看见第三只甲虫，那又是一个新品种，我当然不愿失去它，于是我急忙把右手里的那只甲虫塞入口中。

达尔文的父亲反对他去考察，而“贝格尔”号的船长也不喜欢达尔文鼻子的长相，但达尔文的叔父韦奇伍德为他说项，终于使他得以成行。“贝格尔”号于1831年12月27日启锚出发。

在船上度过的5年岁月改变了达尔文。在他居住的乡村，他一直是一个对鸟儿、花朵和一切生命形式的敏锐而富于同情心的观察者；这时，南美洲的一切使他一下子着了迷。他回到家中，深信不同的物种在相互隔绝时，其生长方向也各不相同；物种并不是永恒不变的。

不过，在他回来时，他还没有想到是什么机制使这些物种相分离的。这时是1836年。

两年后，达尔文偶然得出了一种对生物进化的解释，却极不愿意把他的想法公诸于世。

假如不是一个与他极不相同的人，却以几乎同样的步骤、经验和思考方式得出同一种理论，促使达尔文发表了自己的观点，他或许会拖延终生。这个人已被人们遗忘，然而在创立自然选择的生物进化理论中，他又是一个极为重要的人物。

他的名字叫作阿尔弗莱德·鲁塞尔·华莱士。他是一个身材魁梧的人，其家世有如狄更斯笔下的那种类型，颇具喜剧性。而达尔文的家世却令人感到沉闷。其时，即1836年，华莱士还是一个10多岁的孩子；他生于1823年，比达尔文小14岁。那时，华莱士的生活很是艰难。

假如我的父亲是一个中等富裕水平的人，……我的整个生活将完全是另外一个样子，当然，毫无疑问，我仍然会关注科学，但似乎不大可能到……亚马孙河流域那些几乎不为人知的丛林中去旅行，去观察大自然，并且以收集标本谋得生计。

华莱士是这样描写他的早年生活的，当时他不得不到英国各郡去自谋生活。他曾从事测量土地的职业，这种职业不要求大学学历，他的哥哥就可以教会他。1846年，华莱士的哥哥在出席了一次皇家专门调查委员会召开的有关相互竞争的几家铁路公司的会议之后，乘坐一辆三等敞篷马车回家，受了风寒，猝然去世。

显然，土地测量员过的是一种露天生活，而正是在这种生活中，华莱士对植物和昆虫发生了兴趣。他在莱斯特工作时，遇到了一个有着同样兴趣、受过良好教育的人。这位新结识的朋友告诉华莱士，他在莱斯特附近地区已采集到几百种不同种类的昆虫，还有很多品种尚待发现，这使华莱士大为惊奇。

如果以往有人问我，在靠近一座城镇的任何一个地方，可以找到多少种不同的昆虫，我很可能会猜测只有50种……现在我明白了……仅在10英里的范围内，就可能有1000种不同的昆虫。

这对华莱士是一个启示。它决定了他和他这位朋友的生活方式。他的这位朋友就是亨利·贝茨（Henry Bates），他后来在昆虫拟态研究方面享有

盛誉。

不过年轻的华莱士还得挣钱糊口。幸好，他生逢其时，在 19 世纪 40 年代，那些修筑铁路的冒险家们都需要土地测量员。华莱士受雇去勘测南威尔士尼瑟谷地（the Neath Valley）的一条可能修建铁路的路线。他是一个严肃认真的人，就像他哥哥一样，维多利亚时代的人们大都是这样的。但是，这一次他正确地猜到，他不过是一场权势之争的工具。大部分勘测只是为了提出新的所有权要求，以压倒别的争夺铁路修造权的大亨。据华莱士估计，那一年勘测的路段只有 1 / 10 得以开工修建。

在威尔士的乡间生活使这位“星期日博物学家”非常高兴，使他在科学中感受到一个“星期日画家”在艺术中所感受到的那种幸福。这时，华莱士还只是为自己而观察和收集标本，对丰富多采的大自然产生了与日俱增的兴趣和终生难忘的亲切记忆。

即使在我们忙碌的日子，我也要完全空出星期天的时间，带上我的标本箱，去山上远足，回家时装满我的珍藏……每当这种时候，我都体验到一种新的生命形式的发现所带给我这个大自然的情人的莫大喜悦，就像后来我在亚马孙河流域每一次捕获蝴蝶新品种时所感到的狂喜一样。

在一个周末，华莱士发现了一个洞穴，河流从那里流入地下。他决定在那里露营。他似乎不期而然地作好了在野外度过一生的准备。

我们试图不用帐篷，也不用床，只用大自然提供的一切，在野外露宿。……我想，我们应该决定预先不作准备，就像偶然来到陌生的乡间一样，迫使自己在露天入睡。

事实上，他几乎一整夜没有入眠。

在他 25 岁时，华莱士决心成为一名职业博物学家。这是维多利亚时代的一种不固定的职业。这意味着，他将不得不终日忙于在异国他乡收集标本，然后把它们卖给英国博物馆和收藏家，以此来维持自己的生计。贝兹愿意与他为伴，就这样，他们两人带着仅有的 100 英镑于 1848 年动身了。他们坐船到了南美洲，然后溯亚马孙河而上，抵达亚马孙河与内格罗河（Rio Negro）汇合处的马瑙斯城（Manaus）。

华莱士从前没有到过比威尔士更远的地方，但他并没有因这时见到的异国奇观而疑惧不前。一到那里，他就有了明确而肯定的观察结论。例如，关于秃鹫这个题目。5 年以后他在《亚马孙河与内格罗河纪行》（Narrative of Travel on the Amazon and Rio Negro）中这样写下了他的想法：

普通的黑秃鹫不可胜数，当它们找不到别的食物时，它们只好吞食树林中的棕榈果。

经过多次观察，我确信秃鹫在寻找食物时依靠视觉，而决不是依靠嗅觉。

不久这一对朋友在马瑙斯分手了，华莱士动身溯内格罗河而上。他要去探索以往的博物学家从未涉足的地方，既然他以采集标本为生，他就必须找到前所未知，或至少是稀有罕见的标本。雨季来临，河水泛滥，华莱士和他的印第安人向导可以乘独木舟进入密林深处。树枝低垂，轻拂水面。林间的幽深莫测，使华莱士不无恐惧，而那丰富多采的鸟兽植物又使他兴奋不已，他还突发奇想，想象着从空中鸟瞰大地，将是怎样一种景象。

就热带植物而言，我们应当说，这里的物种和生命形式远比温带的要多得多、要丰富得多。

世界上可能没有一个地方像亚马孙河流域那样，在它的表面拥有这样多的植物。除了很小几块地方，整个流域覆盖着茂密高大的原始森林，这是地球上最广大、最完整的森林。

只有乘坐气球，缓缓飘过这花草繁荣、绵延起伏的大地，才能饱览这些森林的全部瑰丽景色：而这样的壮举，也许只能留待将来的旅行者去实现了。

当他第一次进入一个土著印第安人村庄时，华莱士大为震惊，而又喜不自胜。这就是华莱士的性格特点。

最出人意料而又令人激动的事，是我第一次遇见一个处于自然状态的人，并同他一道生活，这使我又惊又喜——同一个完全没有受到任何恶习影响的野蛮人一道生活！他们劳动，他们消遣取乐，与白种人或者他们的生活方式毫不相干；他们以林中人的轻捷自由的步履在密林中独往独来，对我们的一切毫不在意，只把我们看作是异族的陌生人。

在每一个细节上。他们都是富于创造性的、自给自足的，正如林中的飞禽走兽一样，完全置身于文明以外，他们能够、而且确实按照自己特有的方式生活，在美洲大陆被白种人发现以前，他们世世代代就是这样生活的。

事实表明印第安人并不可怕，都很友善。华莱士吸收他们一起参加采集标本的工作。

在我逗留期间（为时 40 天），我至少获得了 40 种在我看来非常新奇的蝴蝶标本，还采集到相当数量的别的动物标本。

有一天，我带回一条品种罕见、奇特的小鳄鱼，它身上长着许多褶皱和圆锥形结节。我剥下它的皮，填充起来，制成标本，那些印第安人不胜惊诧，有六七个人聚精会神地看我操作。

在森林考察的喜悦和疲劳之余，一个十分有意义的问题开始在华莱士敏锐的头脑中浮现出来。这些外形如此相似、而细节又如此不同的物种是怎样产生的呢？像达尔文一样，华莱士对相近物种之间的差别感到惊奇；同时也像达尔文一样，他开始思考这些物种究竟是怎样变得如此不同的。

自然历史中没有哪部分比研究动物的地理分布问题更令人感兴趣和更富于教益了。

在相距不到 50 或 100 英里的两个地方，往往在一个地方有着另一个地方见不到的昆虫种类。一定有决定每一物种生存范围的某种界限，有某种外在的特殊性以标明每一物种都无法逾越的界限。

地理学上的种种问题总是强烈地吸引着华莱士。后来，当他在马来群岛（Malay）工作时，他揭示出西部岛屿上的动物与亚洲的种类相近，而东部岛屿上的动物则与澳洲的相似：人们至今还把那使它们划分开来的分界线称为“华莱士线”（Wallaceline）。

华莱士是一位对人类和自然界同样敏锐的观察者，他对人种差异的根源怀有同样的兴趣。在维多利亚时代人们都把亚马孙河地区的土著居民叫作“蛮子”，而华莱士却对他们的文化抱着难能可贵的同情。他理解，对他们来说，语言、发明、习俗意味着什么。也许，他是掌握这一事实的第一人：他们与我们的文明之间的文化差距要比人们想象的小得多。在他证明了自然选择原理之后，这一点似乎不仅是真实的，而且在生物学上也是显而易见的了。

自然选择可能仅仅赋予野蛮人一个比类人猿更为优越一些的大脑，但

他实际上拥有一个几乎并不比哲学家逊色的头脑。随着人类的诞生，开始出现这样一种生命。

在这种生命中，我们称为“心智”的无形力量已成为比物质结构更为重要的东西。

华莱士一直坚持他对印第安人的好评。1831年，当他在杰维塔(Javita)村时，曾对这些印第安人质朴生活作过一些生动的描述。这时，华莱士的日记成了诗章——成了一行行优美的韵文：

有这样一个印第安人村庄，
它幽深的无边无际的森林，
把繁枝茂叶伸向四方。
我，唯一的白种人。
在这里小住，
与大约 200 个活生生的灵魂相处。
他们每天辛勤劳动。
砍伐树木的精华。
或者乘上独木小舟。
带上砍刀、长矛和弓箭。
去捕捉水中的鱼虾。

棕榈树伸展枝叶。构成绿色的天穹，抵御冬天的暴雨狂风。女人们挖掘那曼丢卡(mandiocca)的根茎，费了好大功夫，才做成食粮。每天清晨和黄昏，她们在溪流中梳洗，好似闪闪波光中嬉戏的美人鱼。孩子们赤裸着身体，男孩子和成年人都仅挂寸丝。看着这些赤裸的孩子，我多么欢喜！他们那匀称的身躯，那闪亮、平滑、棕色的皮肤，那举手投足，无不显得优雅健美；他们奔跑、竞赛、欢呼、跳跃。在急流中游泳、潜水。我为英国的男孩感到惋惜。他们的衣服紧裹住活泼的身躯。我更为英国的妇女深深惋惜，她们的腰肢和胸部。全被那令人作呕的胸衣——那折磨人的家什——紧紧束缚！

但愿我是一个印第安人，
活得心满意足。
去捕鱼。去打猎，荡起我那独木舟，
看着我的孩子们像年轻的野鹿，
身体健康，心境平和，茁壮成长，
无财富而富裕，
无黄金而幸福！

华莱士心情的这种契合，不同于南美印第安人在达尔文心中引起的感受。当达尔文见到火地岛的(TierradelFuego)土人时，他感到惊恐：这从他在《贝格尔号纪行》(TheVoyageoftheBeagle)一书里的描述和书中插图就可以看得很清楚。无疑，酷热的气候对火地岛人的习俗有一定影响。但是，那些在 19 世纪拍摄的照片表明，这些土人看上去并不像达尔文心目中的土人那么狰狞凶残。在航行的归途中，达尔文与《贝格尔号》船长在开普敦(CapeTown)共同出版了一本小册子，建议传教士去改造那些野蛮人的生活方式。

华莱士在亚马孙河流域度过了 4 年时光：然后。他带上收集好的标本踏上归途。

我再次染上虐疾。有好几天非常难受。我们又遇上持续的降雨天气；独木舟拥挤不堪，雨中又无法清洗我那些鸟儿和其它动物，可怜它们不胜烦扰之苦。每天都有一些动物死去，我常常希望它们与我毫不相干。但只要我一捧起它们，却又决定尽力保存它们的生命。

在我自己猎获的和别人赠送的 100 只动物中，只有 34 只幸存下来。

归途的航行从一开始就多灾多难。华莱士总是这么不幸。

6 月 10 日，我们离开了（马瑙斯城），开始了对我来说非常不幸的归程，因为，就在向我的朋友道别后登船启程之时，我失去了我的巨嘴鸟，无疑，它是在人们不注意时掉下船去，淹死在水中的。

而最最不幸的是他选择的那艘轮船，因为它装载着易燃的松脂。三个星期后，也就是 1852 年 8 月 6 日，这艘船失火了。

我走下热得令人窒息、充满烟雾的船舱，去看看还有什么应该抢救出来。我找到我的表、一个装了几件衬衣的铁皮匣子和几本画着一些植物和动物的旧笔记本，带着它们爬上甲板，许多衣服与图画和速写的大文件夹还留在我的舱房里：但我不愿意再次冒险下到舱房里去，我已不存在抢救出任何东西的希望了，我也说不清楚这是为了什么。

船长终于命令大家登上救生艇，而他自己则最后一个离船。

每当我看到我的珍藏中增加一种稀有而奇特的昆虫标本时，我曾是多么的高兴呵！有多少次，当我几乎被虐疾打垮时，我还钻进密林深处。获取一些前所未知的美丽标本，作为对自己的报偿！有多少地方，除了我，没有一个欧洲人曾经涉足其间，而只有我珍藏的那些罕见的鸟类和昆虫标本，才能唤起我对那些地方的回忆！

现在，一切都失去了，我再也没有那些表明我曾经踏上那片土地的标本了，再也无法重现我所考察过的野外情景！伤逝无益，我只能尽量不去想那些确实存在的动物现在怎样了，不使自己为此而耿耿于怀。

阿尔弗莱德·华莱士从热带回来后，就像达尔文一样。确信相关的物种是同一无性原种的分枝，但对这些物种为什么会分化却感到迷惑不解。华莱士并不知道，达尔文在《贝格尔》号航行结束、返回英国后的两年内偶然找到了对这个问题的答案。达尔文在 1838 年详细地叙述了这件事，当时他正好读到托马斯·马尔萨斯牧师（Thomas Malthus）所著《人口论》（the Essay on Population）——达尔文说这是“为了消遣”，意思是这本书并非他的严肃读物——他为马尔萨斯的一个观点所折服。马尔萨斯认为，人口的增长要比食物的增长更快。如果对动物来说也是这样的话，那么，它们就必须为生存而竞争：于是，自然就成为一种选择的力量，消灭弱者，从幸存者中形成新的适应其生存环境的物种。

“此对此刻，我终于找到一种据以工作的理论基础”，达尔文说。也许你会以为，说这句话的人将从此开始工作，撰写论文，出门奔走，到处讲演。然而事情并非如此。有 4 年之久，达尔文都没有把他的理论形诸文字。只是到了 1842 年，他才用铅笔写了 35 页草稿；两年后，又才将其扩充到 230 页。然后，他存了一笔钱，与这份手稿放在一起，写下一份说明，要他的妻子在他去世后发表这份手稿。

“我刚刚完成了我的物种理论的手稿”，他于 1844 年 7 月 5 日从道恩（Downe）写了一封郑重的信给他的妻子，说：

万一有一天我猝然逝去，我现在写下这封信，作为我最郑重的和最后

的请求，我相信你也会有同样的考虑，正如这一请求将合法地载入我的遗嘱一样，你将为这份手稿的出版献出 400 英镑，而你自己，或者通过亨斯勒（Hensleigh，即韦奇伍德），费心促成此事。我希望把我的手稿送给某个能够胜任的人，并用这笔款项，请他尽力扩充和修改这份手稿。

至于编辑，假如查尔斯·赖尔（Charles Lyell）先生愿意承担，他将是最合适人选；我相信，他会觉得这件工作是令人愉快的，而且，他将从中了解到一些对他来说无疑是十分新奇的事实。

胡克博士也将是很合适的人选。

这使我们觉得，假如死神真的降临，达尔文似乎只愿意在他逝世之后才让他的理论公诸于世。这真是一种奇特的品性。这说明，一个人在他知道他所要阐述的是一种惊世骇俗的道理时（自然，这也将使他的妻子惊骇不已），他自己也为此而深感震惊。身患疑症（当然，他有某种热带传染病作为借口），盛药的瓶瓶罐罐，他住房和书房中封闭的。多少有些令人窒息的气氛，下午的昏睡，写作的迟疑，拒绝在大庭广众之中辩论：所有这些，都代表着一个不愿面对公众的头脑。

当然，年轻的华莱士并没有受到这些东西的羁绊。他不顾千难万险，于 1854 年毅然前往远东，在马来群岛游历 8 年之久，采集他可以在英国出售的野生动物标本。这时，他已确信物种不是不可以改变的；他于 1855 年发表了一篇题为《论制约新物种产生的规律》（On the Law Which Has Regulated the Introduction of New Species）的论文；从那时起，正如他自己所说，“关于物种怎样变化的问题就总是萦绕在我心头。”

1858 年 2 月，华莱士在位于新几内亚（New Guinea）和婆罗洲（Borneo）之间的马鲁古（Moluccas）群岛的特纳特（Ternate）火山岛上病倒了。他得了间歇热，只能在忽冷忽热的间歇中进行思考。在他发烧的一个晚上，他记起了马尔萨斯的那本书，头脑中顿时闪过曾使达尔文为之震惊的同一种解释。

我突然想到提出这样一个问题：为什么有的物种死去而有的物种活着？答案很清楚，从总体上讲，适者生存。最健康的逃脱了疾病的侵袭，最强壮、最敏捷、最精明的逃脱了敌害：优秀的猎手或消化力最强的则免于饥荒；如此等等，不一而足。

于是，我立刻认识到，现存所有多种多样的生物，提供了这样一种材料。即只有从中消除那些不大适应实际环境的物种，最为适应者才能使自己的种群得以延续。

就这样，“适者生存”的思想一下子在我头脑中形成了。

我越想，就越是确信我终于发现了自己长期以来苦苦探求的自然规律，这一规律解决了物种起源的难题……我急切期待我的病停止发作，这样我就可以马上写出关于这个题目的论文提要，就在当天傍晚。我差不多痊愈了，我用随后两个晚上的时间精心写成了这篇论文，以便让下一班邮船把它带给达尔文，这班船将在一二天内离开此地。

华莱士知道查尔斯·达尔文也对这个题目感兴趣，因此，他建议，如果达尔文认为这篇论文有意义，就把它送给赖尔一阅。

4 个月后，达尔文在他位于唐豪斯（Down House）的书房中收到华莱士的论文，那是 1859 年 6 月 18 日。他一时不知所措。他精心地、默默地整理

着支持这一理论的大量事实已育 20 年之久，而此时此刻，一份不知来自何方的论文放到了他的书桌上，当天，他这样简要地提及这篇论文：

我从未见过如此惊人的巧合；即使华莱士得到我写于 1842 年的手稿，他也写不出比这更好的提要！

朋友们帮助达尔文摆脱了窘境。赖尔和胡克已经读过达尔文的一些著作，于是安排下一个月在伦敦召开的林奈学会（Linneansociety）的一次会议上，当达尔文和华莱士都不在场时，宣读他们各自的论文。

这两篇论文根本没有引起轰动。但却使达尔文不得不采取行动。而华莱士，正如达尔文所说，“既慷慨又高尚”。就这样，达尔文动笔写出了《物种起源》（TheOriginofSpecies），并于 1859 年底付样印行。这本书一出版，就引起轰动，成为畅销书。

自然选择的进化理论，当然是 19 世纪最重要的一项科学发明，当这一理论引起的愚蠢的空话与狡辩烟消云散之时，生物世界已非旧日面貌，因为人们这时已把它看作是一个运动着的世界。生命的创造再也不是静止不变的了，而是以不同于物质运动的方式，随着时间的推移而变化着的。1000 万年前的物质世界与今天并无二致，各种规律依然如故。但是，生物世界的情形就不一样了；例如，在 1000 万年以前，就没有讨论这些问题的人类。与物理学不同，生物学上的每一个概括在时间上都只是一个片段，而只有进化，才是宇宙中富于独创性的和高贵的创造者。

如果事实真的是这样，那么，我们每一个人自身的构成都可以根据进化过程追溯到生命的源头。当然，达尔文和华莱士所关注的还只是行为变化，在他们看来，动物骨骼就是它们今天的样子，它们的化石则只能说明过去的情形，他们由此而勾画出人类进化历程的关节点。但是，行为、骨骼和化石是一个复杂的生命系统，由更简单、也更古老的单位集合而成。那些最简单、最古老的单位是怎样的呢？大概是生命所特有的一些化学分子。

因此，当我们今天追溯生命的共同起源时，我们已经深入认识到人类共同具有的化学成份。此刻在我手指中流动的血液就是 30 亿年前经过上百万个步骤，从最基本的、能够生成血液的分子发展而来的。这就是现代意义上的进化。这种进化的进程，一部分依靠遗传机制（这一点达尔文和华莱士都不真正懂得），一部分依靠化学结构（这在当时只是法国科学家的领域，而不是英国博物学家的领域）。人们从不同学科对此作出了各种解释，但有一点是共同的，这就是，它们按照发展的先后阶段，区别不同物种，加以描述——当人们接受进化理论时，就已默认了这一点。从那时起，人们就再也不可能相信可以在任何时候再造生命了。

当进化理论暗示某些动物种类晚于其它种类而形成时，评论者们往往引证《圣经》来加以诘难。绝大多数人都曾相信，随着《圣经》的问世，创世却并未停止下来。他们认为，太阳在尼罗河的泥浆中孕育鳄鱼。老鼠则在一大堆破布烂衫中繁衍，而绿头大苍蝇显然滋生于臭肉。蛆虫一定产生于苹果内部——否则它们怎么会跑到那里面去呢？所有的生物都被认为是自发产生的，未曾受到父母的恩惠。

关于生物自发产生的种种传说非常古老，而至今仍有人相信，尽管路易斯·巴斯德（Louis Pasteur）早在 19 世纪 60 年代就予以驳斥。巴斯德早年在他的家乡，就做了不少这方面的工作，那是在他每年都要回去一次的法国侏罗（Jura）的阿波依斯（Arbois）。在这之前，他曾研究过发酵过程，

特别是牛奶的发酵（“巴氏灭菌法”（pasteurisation）这个词使人们记住了这一点）。到了1836年（他刚满40岁），他的事业达到了顶峰，当时的法兰西皇帝要他看看酒的酿造出了什么毛病，他在两年内就解决了这一问题。令人啼笑皆非的是，他们正处于从未有过的最好酿酒年份之间；直到今天，人们仍然记得，1864年是无与伦比的一年。

“酒是一个有机物的海洋”，巴斯德说，“其中有的使酒生成，有的则使酒变质。”在这一思想中，有两点是很惊人的。其一，是巴斯德发现了不需要氧气也可以生存的有机物。

对当时种葡萄酿酒的人来说，这是一种令人讨厌的东西；然而，也正是从这时起，此点成为了解生命起源的关键，因为地球上最初也没有氧气。其二，巴斯德运用一种引人注目的新方法，在酒的液体中看到了生命活动的踪迹。在他20多岁时，他就因能显示液体中存在着的特殊微小粒子而声名鹊起。这时，他又指出，这就是生命过程的端倪。现在，这已成为一个了不起的发现。不过，说起来有些令人费解，我们还是看看巴斯德自己的话和他的实验吧。

该怎样说明酒桶里陈年佳酿的制作，以及那生面团的发酵和牛奶的变质呢？还有埋在土里的落叶和植物的腐殖质的变化？事实上，我必须承认，我的研究工作长期以来一直受到这样一种思想的支配，用左旋、右旋的观点来看（假如其它一切都相等），物质的这种结构形式在生命构成的种种内在法则中起着某种重要作用，而且深入到生物的生理学的最为幽暗的角落。

右旋，左旋；这就是巴斯德在他对生命的研究中始终遵循的思路。世界上万事万物的右旋形式都不同于其左旋形式：右旋的开塞钻不同于左旋的开塞钻，右旋螺丝钉不同于左旋螺丝钉。首先，人的左右两只手就不一样；它们可以互相对应；但它们不能相互置换。在巴斯德的时代，人们已经知道，某些结晶体也是如此，这些结晶体的平面排列也存在“右旋方式”和“左旋方式”。

巴斯德制作了这种晶体的木制模型（他的双手很灵巧，是一个了不起的制图员），不仅如此，他实际上制作了智慧的模型。在他的研究工作之初，他偶然想到，分子的排列也一定有“右旋”和“左旋”之分：这种结晶体实际上必定反映这种分子排列的某种特性。而在任何不对称的情况下，分子的运动方式都会表明那种特性的。例如，当你把这些晶体溶解，并用一束偏射光照过这种溶液，某种分子（巴斯德惯常称之为“右旋分子”）就一定会将光线的偏射面旋向左边。所有同一形状的晶体溶液，在旋光计的不对称光线照射下，都会不对称地运动。转动偏振圆盘，溶液看上去忽明忽暗，反复变幻。

值得注意的是，事实上生物细胞的化学溶液也是这样。我们今天仍然不明白为什么生命会具有这样一种奇特的化学特性。但这也确切证明，生命形式也具有某种贯穿其整个进化过程的具体的化学性质。巴斯德第一次用一种化学结构把所有的生命形式联系起来。根据这个伟大的思想，随之而来的，是应该而且可能把生物的进化与化学联系起来。

进化理论现在再也不是聚讼未决的题目了。因为它的证据远比达尔文和华莱士的时代更为丰富多样。最有趣的近代的证据大都来自对人体的化学研究。让我举一个眼前的例子：由于我的肌肉中含有由一种称为肌肉球蛋白（myoglobin）的蛋白质生成的氧，我能够使我的手动起来。这种蛋白质由

150 多种氨基酸组成。这个数字在我身上和在其它所有使用这种蛋白质的动物身上是一样的。但是，这些氨基酸本身则略有差异。在我和黑猩猩之间，仅有一种氨基酸不同，而在我与低等猿猴之间，则有若干种氨基酸的差异；在我与绵羊和老鼠之间，不同的氨基酸的数量还更多。不同的氨基酸的数量是衡量我与其它哺乳动物的进化差距的一个尺度。

显然，我们不得不从化学分子的组合来探求生命进化的历程。这种组合一定开始于地球诞生之初那种沸腾着的物质。要想合乎清理地讨论生命的起源，我们就必须脚踏实地。我们不得不提出一个历史的问题。在 40 亿年以前，在生命出现以前，当地球还很年轻时，地球表面有什么？地球的大气层又是个什么样子呢？我们只知道一个粗略的答案。这层大气从地球内部被挤压出来，有点像一次火山爆发——像一口冒着蒸汽、氮气、甲烷、氨气和其它种种还原气体，还有一些二氧化碳的庞然大锅。其中只缺少一种气体：游离氧。这一点很重要，因为氧气由植物生成，在生命产生之前就不会有游离状态的氧。

这些气体及其产物，渐渐消溶在汪洋大海之中，形成一种还原大气。在光照的作用下，在放电的作用下，它会有怎样的反应呢？特别是在紫外线辐射作用下——在每一种关于生命的理论中，这一点都是非常重要的，因为在没有氧气的条件下，紫外线是散射性的。大约是在 1950 年，斯坦纳·米勒（Stanley Miller）在美国作了一个绝妙的实验，对此作出了回答。他把甲烷、氨气、水等等放进一个烧瓶。日复一日地向里面添加这些东西，然后将其煮沸，使蒸汽噗噗地向上冒，再把一个放电器放在中间，模拟闪电和诸如此类的强烈力量。于是，可以看出这种混合物变得浑浊暗淡了。这是为什么呢？是因为氨基酸在其中形成了。这是向前迈进的重要一步，因为氨基酸是构成各种生命形式的积木。再从这些氨基酸中生成蛋白质，而蛋白质则是所有生物的构成要素。

直到几年前，人们还习惯于相信，生命只能在上述那种炽热的、带电的条件下产生出来，后来，一些科学家偶然想到，另外一种极端的条件也许同样有效；这就是冰冻的条件。

这是一个奇特独到的思想；但是，冰具有两种特性，使得人们相信它有可能构成简单的基本的分子。首先，冰冻的过程使最初在海洋中非常稀薄的那些物质凝聚起来。其次，冰的晶状结构使这些分子有可能按照某种方式排列起来，而这种方式在生命起源的每一阶段都是重要的。

无论如何，莱斯里·欧格耳（Leslie Orgel）做过很多次这种精细的实验，而我只讲述其中最简单的一次。他采用了在地球形成之初就肯定已经存在于大气中的一些基本成份：一种是氰化氢，另一种是氨气。他把这些物质溶解于水，然后把这种溶液冰冻几天。于是，这种凝结物在水面隆起，形成一座小小的冰山，并在顶端出现一种淡淡的颜色，表明有机分子已经生成。毫无疑问，这是一些氨基酸；而更为重要的是，欧格耳发现他已制成了导致一切生命形式的遗传基因的四种要素之一。他制成了腺嘌呤，即脱氧核糖核酸的四种成份之一。

也许，脱氧核糖核酸中生命的初始形式确实就是在这种条件下，而不是在炽热的条件下形成的。

最简单的，而不是复杂的能自我复制的分子成了生命起源问题的核心。这是一种复制构成生命的同一种分子的能力；于是，生命的起源问题成了这

样一个问题，即当代生物学家已经确定的那些基因能否在自然过程中形成。人们已经知道在生命的初始阶段探寻的是：最简单、最基本的所谓碱（腺嘌呤、胸腺嘧啶、鸟嘌呤和胞嘧啶）的、构成 DNA（即脱氧核糖核酸）螺旋的分子，在任何一个细胞分裂时，DNA 的螺旋再造出自身。于是，使有机体变得越来越复杂的继之而来的过程就成为一个完全不同的、统计学的问题：也就是说，成为一个统计方法上的复杂进化过程。

很自然，人们会问，自我复制的分子是否分为多次和在多种情况下形成的。对于这个问题，目前尚无答案，只能根据我们对现存生物提供的证据的解释，加以推测。今天的生命受到很少几种分子的控制——即 DNA 的四种碱。这些碱拼缀成从细菌到大象、从病毒到玫瑰的每一种生命的遗传信息。从生命初始阶段的这种一致性，可以得出的结论是，这些信息是使生命的基因不断自我复制的唯一基本的编排。

然而，相信这一点的生物学家并不很多。大多数生物学家认为，自然界可以创造出另外一种自我复制的编排方式；存在着比我们所知的四种碱多得多的各种可能。如果这是正确的，那么，为什么生命，正如我们所知道的，是由同样的四种碱所制约的原因就在于生命碰巧是由这四种碱开始的。按照这种解释，这四种碱就证明了，生命只能开始一次。因此，任何一种新的编排方式，都将无法与现存的生命形式联系起来。可以肯定，今天已没有人认为，在这个地球上还有生命正在从虚无中被创造出来。

生物学一直很幸运，仅在 100 年时间内，就产生了两个伟大的、导致了重大发展的思想。一个是达尔文和华莱士创立的自然选择的进化理论。另一个则是我们的同时代人作出的关于如何用一种化学方式表述使生命与自然结为整体的生命圈的发现。

当生命开始形成之时，地球上的这些化学物质，对于我们来说，都是绝无仅有的吗？而我们过去常常是这样认为的。但是，最近人们发现了与此不同的证据。在过去几年内，人们在外星空间已发现了我们从未想到的、可在寒冷地方形成的分子的光谱踪迹：这些分子是氰化氢、丙炔腈、甲醛。这些都是我们从未想到过会在地球以外存在的分子。这也许可以证明，生命有着更加多种多样的起源，有着更加丰富多采的表现形式，生命在其它地方经历的进化过程与我们人类的并不相似。这种生命甚至不是我们所承认的生命——或者说，它们不会承认我们是生命。

第十章 世界之中的世界

自然界的晶体有七种基本形状，色彩缤纷，多种多样。这些不同形状，如同空间的各种图案和形形色色的物质一样，令人十分神往。希腊人认为，构成世界的原子状如一定大小的圆粒。用现代的术语来说，自然界中的晶体表明了组成晶体的原子结构的某种情形：它们有助于将这些原子归入不同的族。这是本世纪物理学的研究领域，而晶体就是进入这一领域的第一个入口。

在各种各样的晶体中，无色的六面体食盐是最普通的、但也是最重要的一种晶体。在古代波兰首都克拉科夫（Cracow）附近维那利奇卡

(wieliczka) 地方的大盐矿，盐的开采已有近 1000 年的历史，一些用木头支撑的矿坑和马拉机械是从 17 世纪保留下来的。炼金术士帕拉塞尔苏斯在游历东方时可能到过这一带地方。他坚持认为在构成人体和自然界的元素中一定要算上盐，根据这一观点，他在公元 1500 年后对炼金术的程序进行了更改。盐对于生命来说是必不可少的，而且，在所有文化形态中，盐历来具有某种象征的性质。人佃至今仍像古罗马士兵那样，把付给一个人的所得叫作“solary”，尽管这个词的意思是“买盐的钱”。在中东，人们仍然用盐来表示最后成交，正如《旧约全书》所说：“盐的契约永远有效”。

帕拉塞尔苏斯的看法有一点是不对的；按现代的观点，盐并不是一种元素。盐是两种元素的化合物：钠元素和氯元素。这里颇值得一提的是，一种像钠那样的、嘶嘶发声的白色金属、和一种像氯那样的略带黄色的有毒气体化合后竟变成了一种结构稳定的、常见的食盐。

更值得注意的是，钠和氯分别属于两个不同的族。在各个族内，性质相似的元素排列井然有序：钠属于碱金属族，而氯则属于活泼的卤素。当我们用同族内的一种元素取代另一种元素时，晶体不会发生变化，仍然是透明的正方体。例如，钾元素完全可以用来取代钠元素生成氯化钾。同样，在另外一族内，氯也可由它同族的“姐妹”元素溴来取代，生成溴化钠。当然，我们还可以用氟和锂来取代氯化钠中的氯和钠，造成一种双重变换而生成氟化锂。不过，这几种晶体都是肉眼所无法辨别的。

是什么使不同元素具有这种族属的相似性质呢？在 19 世纪 60 年代，人们为此绞尽脑汁，科学家找到的答案却相当近似。而最为成功地解决了这一难题的人是一位名叫季米特里·伊万诺维奇·门捷列夫 (Dmitri Ivanovich Mendeleev) 的俄国青年，他在 1859 年时曾访问过维那利奇卡地方的盐矿。当时，他年仅 25 岁，是一位贫穷、谦逊、勤奋、才华横溢的年轻人。他生长在一个至少有 14 个孩子的大家庭里，他是其中最小的一个，一直是孀居的母亲的爱儿，正是母亲对他的深切期望，才使门捷列夫投身科学事业。

使门捷列夫出类拔萃的不仅是他的天才，而且是他对元素研究的炽热感情。各种元素俨然成了他亲密的朋友；他深知这些朋友的行为癖好和详情细节。当然，元素只是以各自的一种基本特性而相互区别开来的，这是由约翰·道尔顿在 1805 年最先提出来的：每一种元素都具有一定的原子量。那么，这种简单的一定常量或参量又是怎样导致产生了那些使元素彼此相似或相异的种种特性呢？这是当时的一个基本难题，门捷列夫研究了这个问题。他把这些元素的名称逐一写在卡片上，然后像洗纸牌似地把这些卡片弄混，正如他的朋友们所常说的那样，他是在玩“单人纸牌”(Patience) 的游戏。

门捷列夫把元素名称和它们的原子量写在卡片上，按原子量的顺序把它们排列成若干竖列。只有那最轻的元素，氢，他当时的确不知道应该排在哪儿，于是他明智地把它留下来，未排进他的元素表。下一个原子量最轻的元素是氦，门捷列夫幸好不知道这种元素，因为当时地球上还没有发现有这种元素——在与它同族的“姐妹”元素被发现以前，Au (金) 就像一只笨拙的迷路的小牛一样，无所适从。

因此，在门捷列夫的元素表中，第一列是以元素锂开始的，它是一种碱金属。第一个是锂 (他当时认为其原子量仅次于氢)，然后是铍、硼、和大家熟悉的碳、氮、氧，然后是该一列的第七位元素，氟。按原子量顺序，

下一个元素是钠，而且，因为它与锂同族，性质相似，门捷列夫决定从钠开始排第二列元素，并且与第一列平行。继钠之后，在第二列上排列的常见元素是：镁、铝、硅、磷、硫、氯。不言而喻，这一列共有7个元素，这样，最后一个元素，氯，就与氟排在同一横排线上了。显然，在这种原子量的序列中，有某种并不是偶然，而是带有系统性的东西存在着。当我们开始排第三列元素时，这一点又再次清楚地表现出来。按原子量顺序，氯的后面是钾，然后是钙。这样，第一横排包含锂、钠和钾，它们都是碱金属；第二横排上有铍、镁和钙，它们是具有另一组同族相似性的金属。事实上，在这种排列方法中，横排才具有意义：横排使同族元素排列在一起。门捷列夫在元素排列中找到了一种数学图解法，或者说，他至少为这种图解法找到了依据。如果我们按原子量顺序排列这些元素，七个元素排列成一个竖列，然后再排下一个竖列，这样，我们就在横排上排列出了同族的元素。

至此，我们可以毫无阻碍地按照门捷列夫在1871年，即他的最初概念形成后的第二年所制定的元素表排列元素。一直排到第三列都没有出任何问题——但是，接着就不可避免地遇到了第一个难题。为什么我说是不可避免的呢？因为，正如你从氢元素的情况中看到的那样，门捷列夫当时并不知道所有的元素。在所有92种元素中，当时已知的只有63种：因此，他或迟或早会遇到空位。他遇到的第一个空位，就是在我排第三列时无法继续排下去的第三个位置上。

我说门捷列夫遇到了一个空位，但这个简单的词却隐藏着他思想上最难对付的问题。在第三列的第三个位置上，门捷列夫遇倒了困难。他把这“解释”为空位，从而解决了这个难题。他之所以这样做，是因为后面的一个已知元素，即钛，并不具备在这个位置上的元素所应具备的性质，与处于同一横排的硼和铝不同族属。因此，他说：“这里有一个缺位元素，而在它被发现时，它的原子量将比钛要小，排在钛之前，绕过这个空位，这一列中后面的元素都将排在横排的适当位置上；钛与碳和硅归入同一排。——的确，在这张基本的元素表中，钛正是这样排列的。

空位或未知元素的概念的形成，是一种科学的启示。它用具体实用的术语表达了很久以前弗兰西斯·培根用（Francis Bacon）一般性术语所提出的一种信念：有关自然法则的新鲜例证可以从旧的例证中预先猜测或归纳出来。门捷列夫的猜想表明，在科学家手中，归纳是一个比培根和其他哲学家当初设想的要微妙得多的方法。在科学领域中，我们并不是简单地、直线式地从已知情况进入到未知情况。而是像填字谜游戏一样，要找出两种不同的事物走向的交会点：即隐藏着未知情况的地方。门捷列夫观察研究了竖列上元素原子量的递增，以及横排上元素的同族相似性，在竖列和横排的交会点上精确地确定缺位元素的位置。由此，他提出了一系列切合实际的预言，而且，他同时也表明了（这一点至今仍不大被人们所理解）科学家究竟是怎样运用归纳法的。

可以说，最令人感兴趣的是第三和第四列中的那些空位。我不会超出这两个竖列。把元素表继续排下去——只不过可以说，当你数着这些空位，继续排下去时，这个竖列肯定会在应该结束的地方结束，——即最后一个元素为卤族中的溴。表中有不少空位，门捷列夫专门找出了其中三个。第一个空位在我刚才指出的第三竖列的第三横排上。另外两个则在第四竖列的第三横排和第四横排上。对此，门捷列夫预言，这三个元素一旦被发现，人们就

会发觉，它们不仅具有按竖列排列的相应的原子量，而且还将具有与第三横排和第四横排的同族元素相似的特性。

例如，门捷列夫最著名的，也是最后得到证实的预言，是第三个空位的元素——他称之为类硅。他极其准确地预言了这个陌生而又重要的元素的特性，但是，在将近 20 年后这个元素在德国被发现时，人们并没有像门捷列夫那样称呼它，而是把它叫作“锗”(germanium)。从“类硅将具有介于硅和钛之间的特性”这一原则出发，门捷列夫预言它将比水分子重 5.5 倍；这是正确的。他还预言，它的氧化物将比水分子重 4.7 倍；这也是正确的。它的化学的和其它特性也是如此。

这些预言使门捷列夫名声远扬——除了在俄国：在那里，他并不被看作什么预言家，因为沙皇不喜欢他的自由主义的政治态度。后来在英国发现的以氦、氖、氩开始的整整一横排新元素，进一步扩大了他的胜利成果。虽然他未能被选入俄国科学院，但在世界上其它地方，他的名字却具有神奇力量。

原子的基本排列方式是按数字顺序表示的，这一点很清楚。但这并不能说明全部情况；我们一定遗漏了什么。认为一个表示原子量的数值包含了元素的所有特性，是不大说得通的：必定还有什么东西隐藏其中——究竟是什么？一个原子的原子量可能是对这个原子复杂性的一种衡量方式。如果是这样，那么，原子的某种内部结构，形成原子种种特性的组合原子的某种物理方法，就还没有被揭示出来。当然，只要当时的人们相信原子是不可分的理论，上述观点就是令人难以置信的。

这就是为什么剑桥大学的 J.J. 汤姆逊 (Joseph John Thomson) 在 1897 年发现电子这件事成为重大转折的原因。的确，原子有它的组成部分；它并不像希腊文中这个词的含义那样是不可分割的。电子是原子质量或原子重量的微不足道的部分，但却是一个真实存在的部分，而且它还带有一种电荷。各个原子中电子的数目决定该原子的特征。而且，如果把氢和氦包括在门捷列夫元素表的第一位和第二位，那么，元素在表中所占位置的数字正好与其电子的数目相等。就是说，钾有三个电子，铍有四个电子，硼有五个，如此等等。在整个表中，元素的电子数目就这样依次递增。原子在表中所占位置叫作原子序数。我们现在知道原子序数是表示原子内部的某种物理学真相——即原子内的电子的数目。这表明，对原子的描述已经从原子量转变到原子序数。这就意味着，对原子的研究已基本上转向原子的结构了。

这是人类知识上的大突破，现代物理学就是从这里开始的。从此开创了一个伟大的时代。在那些年代，物理学成了最伟大的集体创造的科学成果。——不，不仅如此，物理学也是 20 世纪的一项伟大的集体创造的艺术杰作。

我说“艺术杰作”，是因为原子具有内在的结构，即原子世界之中的世界。这一观念立刻激发了艺术家们的想象力。1900 年以后的艺术与 1900 年以前的艺术相比，迥然不同，这一点可以从这个时代的任何一位富有独创性的画家身上看出来：例如，翁贝托·波丘尼 (Umberto Boccioni) 的《一条街的力量》(The Forces of a Street) 或《骑自行车的人的动力》(Dynamism of a Cyclist)。现代艺术与现代物理学是同时开始的，因为现代艺术来源于同一思想。

自牛顿发表《光学》的时代以来，各种事物的五光十色的表面曾经使画家们感到入迷。

20 世纪改变了这种情况。像伦琴的 X 射线照片一样，这时的绘画艺术也在寻求人体表皮下面的骨骼，寻求构成物体或人体的整体形式的深层的立体结构，像朱安·格利斯 (Juan Gris) 那样的画家就经常进行这样的结构分析，他在《静止的生命》(still life) 中着眼于自然形态，在《丑角》(Pierrot) 中则着眼于人体形态。

例如，立体派画家显然受到不同族属的晶体结构的启迪，他们在晶体结构中看到的是山坡上的一个村庄的形状，正如乔治·布拉克 (Georges Braque) 在他的《埃斯塔克山上的房屋》(Houses at L'Estaque) 中所作的那样，或者如毕加索 (Picasso) 在《阿维尼昂的少女们》(Les Femmes d'Alger) 中所描绘的那群女人形象一样。在毕加索转向立体主义绘画的第一幅著名作品中——一张人脸，即《丹尼尔·亨利·卡恩韦勒肖像》(Portrait of Daniel-Henry Kahnweiler)——画家的兴趣已从人物的皮肤和相貌转移到内在的几何关系上来了。人头被拆散成数学图形，然后从内向外组合起来，成为一种再构成，一种重新创造。

北欧画家对隐秘的结构这一新的探索是十分令人注目的：例如，画家弗兰兹·马尔克 (Franz Marc) 在《一片森林中的鹿》(Deer in a Forest) 中就是这样看待自然风光的；又如，另一位立体派画家 (他深受科学家们的喜爱)，吉恩·梅特津格 (Jean Metzinger) 也是这样，他画的《马背上的女人》(Woman on a Horse) 由尼尔斯·玻尔 (Niels Bohr) 收藏，玻尔在哥本哈根他的住宅中收藏了不少绘画作品。

一件艺术作品和一篇科学论文之间存在着两个明显的差别，一个差别是，在艺术作品中，画家显然是要把世界分解成碎片，然后又在画布上拼缀起来。另一个差别是你能够观察到画家在创作时的思维活动。例如，乔治·修拉 (Georges Seurat) 在《拿着粉扑的年轻女人》(Young Woman with Powder) 和《鸟喙》(Le Bec) 两幅画中，把一种颜色点加在另一种不同颜色旁边，以获得一种整体效果。而在这两方面，科学论文都无能为力。它往往只是分析性的；它几乎总是把自己的思想隐藏在非人格化的科学语言之中。

我愿意在这里谈谈 20 世纪物理学的奠基人之一，尼尔斯·玻尔，因为在上述两个方面，他都堪称是一位完美极致、炉火纯青的艺术家。他没有什么现成的答案。在开始上课时，他总是对他的学生们这样说：“我说的每一句话，你们都不应该看作是一种定论。而应该看作是一个问题。”他所探究的问题就是关于世界的结构的问题。无论是在他年轻的时候或是年老的时候 (他在 70 岁高龄时仍然具有深刻的洞察力)，同他一道工作的人都是这样一些人：他们把世界分解开来，经过反复思考，再把它重新组合起来。

最初，玻尔在 20 多岁时与 J.J. 汤姆逊和曾经是他学生的欧内斯特·卢瑟福 (Ernest Rutherford) 一道合作，卢瑟福于 1910 年前后，成为世界上杰出的实验物理学家。(汤姆逊和卢瑟福两人都是深受他们孀居母亲的影响而转向科学事业的，正如门捷列夫一样。) 当时，卢瑟福是曼彻斯特大学 (Manchester University) 的一位教授。早在 1911 年，他就提出了一种新的原子模型。他曾说，原子质量的大部分集中在处在原子中央的、沉重的原子核上，电子沿轨道绕原子核运动，其方式与行星绕太阳运行相同。这是一个卓越的构想——也是历史的一个绝妙讽刺，在 300 年时间内，哥白尼、伽利略和牛顿的这种当初看来令人不能容忍的思想观点已经成为每个科学家最自然的模式。在科学研究中，常常有这样的情形，一个时代的令人难以置信

的理论成为后继时代人们的日常的普通概念。

然而，卢瑟福这个模式还不是完全正确的。如果原子真的是一台小型机器，那么，它的结构又怎么能够解释它永远不会停止运转这个事实呢？——它是一台小型的永动机吗？它是我们所知的唯一的永动机吗？行星在绕轨道运行时不断地失去能量，结果，年复一年，它们的轨道变得越来越小——一点一点地变小，但总有一天它们会掉进太阳里去。如果电子完全像行星一样，那么，它们也会掉进原子核里去的。一定有某种东西阻止电子不断失去能量。这就要求有一种新的物理学原理，以便将电子所能释放出来的能量限制在固定值内。只有这样，才能有一个衡量标准，即一定的能量单位，这种能量单位使电子不致离开有着固定尺寸的轨道。

尼尔斯·玻尔在马克斯·普朗克（Max Planck）于 1900 年在德国发表的著作中发现了他要寻找的这种能量单位。十多年前，普朗克就已指出：在一个物质以量子的形式存在的世界上，能量也必定是以量子的形式产生的。现在看来，这种观点并无奇特之处。但是，就在他形成这一思想的那一天，普朗克就意识到他的这个思想是多么具有革命性。那天，他像世界各地的学者惯常所作的那样，正带着他的儿子在作一次午饭后的散步。他对他的儿子说：“今天，我头脑里形成了一个概念，它如同当年牛顿的思想一样，是十分伟大而具有革命性的。”实际情形确实如此。

于是，从某种意义上讲，玻尔的任务当然就不那么艰难了。他一手有卢瑟福的原子模型，一手有普朗克的量子假说。那么一个 27 岁的年轻人在 1913 年把这二者结合起来，提出了现代的原子理论，这到底有什么了不起的地方呢？没有什么，只不过是一种十分奇妙的、显而易见的思维过程，一种综合这两种理论的努力罢了。这是一种在能够找到这一论点的证据的地方去寻求证据的思想：这就是原子的“指纹”，即光谱：在光谱中，我们从外部观察原子的活动，是可以看得见的。

这是玻尔的一个了不起的思想。原子的内部结构本来是无从窥见的，但是有一个窗口，有一个像装有五彩玻璃似的窗口：这就是原子的光谱。每一种元素都有自己特定的光谱，但这种光谱并不像当年牛顿从白光中看到的那样是连续不断的，而是具有若干标志着元素特性的明亮的光谱线，例如，氢原子的光谱中有三条很活泼的光谱线：一条呈红色，一条呈蓝绿色，还有一条呈蓝色。玻尔把它们分别解释为氢原子中的电子从外层轨道跃入内层轨道时的能量释放。

只要在一个氢原子中的电子的运动保持在一条轨道上，它就不会释放能量。但是，只要电子从外层轨道跃迁到内层轨道，这两层轨道的能量差就会以光子的形式释放出来。从数以亿万计的原子中同时释放出能量，这就形成了我们所看到的那种颇具特色的氢原子光谱线。那条红线表明电子从第三条轨道跃入第二条轨道；而当电子从第四条轨道跃入第二条轨道时，便发出蓝绿色光谱线。

玻尔写的《论原子与分子的构成》（On the Constitution of Atoms and Molecules）一文很快成为一部经典著作。于是，原子结构也与牛顿的宇宙一样，具有深刻的数学性质。

不过，它还包含了一个量子原理。尼尔斯·玻尔超越了在牛顿之后维持了两个世纪之久的物理学法则，在原子的内部建立起了一个世界。玻尔载誉凯旋，回到了哥本哈根。丹麦又成了他的家乡和从事科学研究的新天地。

1920年，人们在哥本哈根为他建立了“尼尔斯·玻尔研究所”。来自欧洲、美洲和远东的年轻人在这里研究、切磋量子物理学。维纳·海森堡（Werner Heisenberg）也经常从德国来到研究所，在那里，他深受启发，不断地努力构想出一些极端重要的思想：玻尔从不允许任何人的设想半途而废，不了了之。

回顾一下玻尔的原子模型的确立所经历的种种步骤，是很有趣的，因为在一定程度上，这些步骤再现了每一种科学理论的生命周期。首先是发表论文。在论文中用已知的结果来支持对这种模型的论证。这就是说，氢原子的光谱显示出特有的光谱线，这是人们早已知道的，它们的位置符合电子从一条轨道到另一条轨道的量的转变。

第二步是从这一论证出发，进而论及一种新的现象：例如，高能的光谱线。这种光谱线，人的肉眼看不见，它们同样是由电子的跃迁形成的。这项工作是在1913年在卢瑟福的实验室里进行的，而且收到了极好的效果，完全证实了玻尔的预见。从事这项工作的是27岁的哈里·莫斯利（Harry Moseley），他未能做出更为杰出的工作，因为他死于1915年英国对加利波利（Gallipoli）的残酷的袭击之中——这次战役还间接地夺走了好几位前程远大的年轻人的生命，其中有诗人鲁伯特·布鲁克（Rupert Brooke）和门捷列夫所做的工作一样，莫斯利的研究也提到了一些缺位的元素，其中之一是在玻尔的实验室发现的，并根据哥本哈根的拉丁文译名命名为“铪”（hafnium）。玻尔在接受诺贝尔物理学奖时的演讲中附带宣布了这一发现。这篇演讲的主题令人难忘，因为玻尔详细描述了他在另一次演讲中充满诗意的总结：量子的概念是怎样——

逐步导致了对一个原子中任何电子的静态结合方式的系统的分类，并对各种元素的物理和化学特性之间的重要关系作出了一种圆满的解释，正如门捷列夫的著名的周期表所表明的那样。现在看来，这样一种对物质特性的解释，甚至超过了毕达哥拉斯学派梦想，使那种把自然法则的公式简化为纯粹的数的关系的古代理想变成了现实。

就在这时，就在这一切似乎都在顺利进行时，人们突然开始明白：正如每一种理论都或迟或早会遇到的情形一样，玻尔的理论也快到达它的极限了，开始显露出这样那样的弱点，好似一种风湿痛症。后来，人们终于意识到，原子结构的真正问题并没有得到解决。我们只是敲开了外壳。而在外壳里面。原子就像一只只有一个蛋黄的鸡蛋。蛋黄就是原子核，我们甚至还没有开始认识它。

尼尔斯·玻尔是一个既好沉思又喜悠闲的人。他获得诺贝尔奖金后，用这笔钱在乡下买了一幢房子。他对艺术的鉴赏趣味也涉及诗歌。他对海森堡说：“当问题涉及到原子时，我们只能像吟诗作赋那样使用语言。诗人正是这样，他最关心的不是描述事实，而是创造意象。”这是一种人们未曾想到过的思想：在涉及原子时，“语言不是用来描述事实，而是用来创造意象。情形正是这样。在肉眼能见的世界下面隐藏着的一切总是人们想象出来的，这是千真万确的：这是一种意象的游戏。人们再也没有别的办法，谈论那无从窥见的世界——在自然界，在艺术中，或者在科学的领域里，都只能这样。

当我们一旦跨进原子世界的大门时，我们就置身于一个自己的感觉无法体验的世界。那里有一种崭新的结构，一种我们所无法知道的事物组合的方式：我们只能用比拟的方法，用一种全新的想象活动把它描绘出来。这种

结构的形象来自我们的具体感官世界，因为这是唯一可以用语言加以描绘的世界。然而，在描绘那个看不见的世界时，所有的方法都不过是一些比喻，都是借助于我们从视觉、听觉和触觉所感知的广大世界中所摄取的各种各样的相似性生发出来的。

我们一旦发现，原子并不是物质的不可分割的结构单元时，我们只能设法制作一些模型。以表明这种结构单元是如何相互联结和相互作用在一起的。这些模型借助于类比，用来表明物质是怎样构成的。因此，为了验证这些模型，我们不得不把物质分解开来，犹如切割金刚石的工匠通过手的触感来验证晶体的结构一样。

人类之上升是一种越来越丰富的归纳与综合，每前进一步都是一种努力分析的结果：分析日益深入，世界中有世界。当人们发现原子还可再分割时，似乎原子有一个不可分割的中心，即原子核。于是，大约在 1930 年，科学研究的发展也要求对原子模型作出新的改进。

处于原子中心的原子核还不是真正的最终的微粒。

据《旧约全书》的希伯来文注释者们说，在创世的第六天的黎明，上帝为人类制作了一些工具，从而也赋予人类以创造的才能。假如这些注释者们今天还活着，他们就会写下：“上帝创造了中子。”在美国田纳西州的橡树岭（OakRidge）迸发出的那道蓝色的闪光，就是中子的踪迹：米开朗基罗绘画中上帝用手指点化亚当（Adam），他用的不是吐纳之气，而是创造之力。

也许我不应该把话扯得太远了。让我从 1930 年的那件事谈起吧。当时，原子核的存在就像当初原子的存在一样不容置疑。问题在于，当时人们还没有办法把原子核分裂成一个个带电的部分：它们的数目不相吻合。原子核带有正电荷（与原子中电子的负电荷相平衡），电荷数与原子序数相等。但原子核的质量不是其电荷的常数倍：原子核的质量从与电荷数相等（在氢原子中），到相当于那些重元素中的电荷数的两倍多。只要人们仍然相信一切物质都一定是由带电粒子构成的，这个现象就难以解释。

是詹姆斯·查德威克（JamesChadwick）破除了这种根深蒂固的观念，并且在 1932 年证明原子核由两种粒子组成：不仅有带正电荷的质子。而且还有一种不带电的粒子，即中子。这两种粒子质量大致相等，也就是说，大致上等于氢的原子量。只有最简单的氢原子核才不包含中子，它是由一个质子组成的。

因此，中子成了一种新的探索手段，像是炼金术士们使用的火焰，因为。既然中子不带电荷，它就可以不受电的干扰，射入各种原子核内部，使它们发生变化。这位现代的炼金术士，这个利用这种新的工具胜过其他任何人的，就是罗马的恩里科·费米。

恩里科·费米是一个奇特的人物。我很晚才认识他，因为在 1934 年时，罗马在墨索里尼控制之下，柏林又为希特勒所掌握，像我这样的人是不会去那里旅行的。但是，当我后来在纽约见到他时，他使我大吃一惊，我觉得他是我生平见到的最聪明的一个人——也许是最聪明的人，除去一个例外。他结实，矮小，有力，敏锐。很像一个运动员，做起事来总是目标明确，好像他从一开始就能看到事情的结果。

费米用中子依次轰击每个元素，而元素嬗变的传奇正是在他的手中成为现实的。你会看到，费米使用的中子从这种反应堆中流泻而出，因为这种反应堆被人们轻意地称作“游泳池”反应堆，意思是人们用水来使中子反应

的速度减低。我应该用恰当的名称来称呼这种反应堆：高通量同位素反应堆（HighFluxIsotopeReactor），这种反应堆已在田纳西州的橡树岭建成并投入使用了。

当然，元素嬗变是人类的一个由来已久的梦想。但是，对我这样一个热衷于理论研究的人来说，20世纪30年代最令人振奋的事情是，开始揭开自然界演化的奥秘。我必须解释我说的这段话。我在开始时谈到了创世的那个日子，而且我还会再次谈到这个问题。那么，我从哪儿谈起呢？很久以前，大约在1650年，英国阿尔马总会督詹姆斯·厄谢尔（JamesUssher）曾经说过，宇宙是上帝在公元前4004年时创造出来的。虽然他所拥有的不过是宗教的教条与无知，但他却不容许别人反驳。据说，只有他或者另外某一位教士知道世界是在哪一年，哪一天，星期几，以及哪个时辰被创造出来的。谢天谢地，我把这些全给忘了。但是，直到20世纪，这个关于世界寿命之谜仍然似是而非：因为，在人们认定地球已有好几亿年的历史时，人们无法想象使太阳和星球运转如此长久的能量来自何处。不过，那时我们有了爱因斯坦的方程式，这个方程式表明，物质的消耗将产生能量。但是，这种消耗了的物质又是怎样重新排列的呢？

可以说，这正是能量问题的关键，也是查德威克的发现所开启的人类理解之门。1939年，在美国康乃尔大学工作的汉斯·贝特（HansBethe）以十分精确的语言解释了太阳里氢嬗变成氦的问题，由于这种嬗变，质量的某种消耗给我们带来了这种高贵的赏赐——能量。

我是怀着一种特别的热情来谈论这些事情的，因为对我来说，这些事情有一种切身的体验性质，而不仅仅是对往事的追忆。在我看来，汉斯·贝特对这一问题的阐述是那样的生动具体，就像我举行结婚典礼那天的情形一样，接踵而来的是我的孩子们的呱呱坠地。因为在随后几年中的科学研究表明（据我推想，在1957年那次明确无误的分析中，得出了最终的结论），在所有的星球上，正在经历着这样一种过程，使一个一个原子的结构变得越来越复杂。物质本身在“进化”。进化这个词来自达尔文和生物学，而正是这个词在我有生之年改变了物理学的面貌。

元素的这种进化的第一步发生在像太阳这类年轻的星球上。这也就是从氢嬗变为氦的过程，而且，这一步需要来自内部的大量热量，我们在太阳表面所看到的，只不过是这种嬗变活动引起的暴风雨而已。（氦是1868年日食时，用光谱线首次识别出来的，它之所以被称为氦，是因为当时在地球上还不知道有这种元素）。实际情形是，一对重氢核常常互相碰撞，聚变成氦核。

到时候，太阳大部分终归会变成氦。那时，太阳就将成为一个更加炽热的星球，在这个星球上，氦核相互碰撞，又会转过来生成更重的原子。例如，在一个星球上，只要有三个氦核在某一点上，在不到亿万分之一秒的时间内相互碰撞，就会生成碳。而每一种生物体内的每个碳原子就是通过这种无从稽考的碰撞方式产生出来的。除了碳，还可生成氧、硅、硫和其它更重的元素，那些最稳定的元素排列在门捷列夫元素周期表的当中，大体上在铁与银之间。但是，这些元素的构成过程却大大超过了铁和银这两种元素。

如果元素是一个接一个生成的，为什么大自然会就此停步不前呢？为什么我们只发现了92种元素，而其中最后一种是铀呢？显然，要回答这个问题，我们不得不制取铀以后的元素，并且证实在元素重量增大时，它们会

变得更加复杂，而且有分离裂变的趋势。但是，在我们这样做时，我们不仅在制造新的元素，而且在制造某种具有潜在爆炸性的东西。费米在有史以来第一座石墨反应堆（在那俗语盛行的年代，人们把它叫作“堆”）中制取的钚元素，就是一种向全世界公开证明这一科学结论的人造元素。在某种程度上，钚是纪念费米天才智慧的一座丰碑；但我却把它看作是献给冥界之神普路托（Pluto）的一份祭礼（钚元素的名字就是这位神灵的名字）。我这样说，是因为在日本长崎有 4 万人死于钚弹轰炸，在世界历史上，再一次出现了这样的怪事，一座丰碑纪念一位伟人，同时又祭奠那众多的亡灵。

我必须把话题立刻转回到维那利奇地方的矿上来，因为有一个历史矛盾需要在这里解释一下。各种元素在星球上不断形成，但我们过去却总认为宇宙正在趋于消亡。这是为什么呢？或者说，怎么会这样呢？

宇宙趋于消亡的思想来自对机器运动的简单的观察。每台机器消耗的能量终究会超过它所补偿的能量。一部分能量消耗于摩擦，一部分能量消耗于磨损。而且，在那些比维那利奇的木制绞盘更为复杂精密的机器中，能量以别的方式被消耗掉——例如，在减震器和散热器中。这些都是能量损耗的方式。这就好比是一个无法满足的能量水池，我们输入其中的一些能量总会跑掉，而且无法从中再次获得。

1850 年，鲁道夫·克劳胥斯（Rudolf Clausius）把这种思想归纳为一个基本原理。据他说，有一种可以获得的能量，也有一种无法获得的能量的剩余。他把这种无从获得的能量称作“熵”，而且，他制定了著名的热力学第二定律：熵总是在增加。在宇宙中，热量不断泄入一种热平衡的湖泊，在这样的湖泊中，热量不能再被人们获取。

在 100 年前，这确实是一个很好想法，因为当时热仍然被看作是一种流体。但是，热量与火或者生命一样，并不是物质，热是原子的一种不规则运动。正是奥地利的路德维格·玻耳兹曼（Ludwig Boltzmann）非常聪明地运用这一概念来解释一台机器，或者是一台蒸汽机，或者是整个宇宙中发生的现象。

玻耳兹曼认为，当能量衰减时，原子呈现出一种更加紊乱的状态。而熵就是测量这一无序状态的尺度：这一深刻的概念来自玻耳兹曼的新颖的解释。奇怪的是，人们竟可以测出无序状态；这种特定状态出现的概率——在这里被定义为能从原子中收集能量的方式数，玻耳兹曼相当精确地表达这种数的关系， $S = K \log W$ ；

S ，即熵，与一定状态的概率 W 的对数成正比（ K 为比例常数，现在又称为玻耳兹曼常数）。

当然，无序状态的概率要比有序状态高得多，因为几乎每一种原子的随机组合都将是无序的；因此，总的来说，任何一种有序排列都会归于消失。但是，“总的来说”并不等于“总是如此”。有序状态并不“总是”会归于无序状态。这是一条统计学的法则，这意味着那种秩序将“趋于”消失。但是，统计学一般不说“总是如此”。统计学允许在宇宙的某些岛屿上建立有序状态（在地球上，在你身上，在我身上，在星球上，在一切地方），而在其它地方则代之以无序状态。

这是一种美妙的概念。但还有一个问题需要回答。如果说概率把我们带到这里来的说法是对的，那么，是不是概率太低以致于我们无权到这里来呢？

提出这种问题的人总是这样描绘这个问题的，但是，想一想在此时此刻构成我的血肉之躯的所有原子。这些原子竟然在这个时刻、在这个地方构成了我这样一个人，这岂不是颇有些不可思议吗？是的，确实如此，如果情况真是如此，那就不仅是不可信的——我这个人简直就是不可能的了。

不过，大自然当然不是这样发挥自己的作用的。大自然的活动是按部就班进行的。原子组成分子，分子组成碱基，碱基支配氨基酸的形成，氨基酸结合成蛋白质，蛋白质在细胞中起作用。细胞首先构成简单的动物，然后构成复杂的动物，这样一步一步地由低级向高级发展。那些组成一个水平或层次的稳定单位，就是用于产生更高级组织结构的不规则碰撞的原始材料，其中有些结构也会碰巧成为稳定的。只要有某种尚未实现的潜在稳定性存在，就不会“碰巧”出现别的情况。进化无异于从简单到复杂一步一步拾级而上，而每一级本身又是稳定的。

既然这正是我研究的题目，我为这种稳定性起了一个名字：叫作“分层稳定”。正是这种稳定性，使生命缓慢而又不断地逐步上升，变得越来越复杂——这既是进化的主要进行方式，也是进化的难题所在。现在，我们知道，不仅生命的演化是这样，物质的演化也同样如此。如果星球不得生成某种像铁那样的重元素，或者像铀那样的超重元素，单单靠所有组成部分的瞬时聚合，那是完全不可能的。不，决不可能。一个星球使氢嬗变为氦，然后，在另一个星球的另一个阶段上，氦聚合成碳，氧，和各种重元素，就这样一步一步地走完演化的整个阶梯，形成自然界的全部 92 种元素。

我们不可能再现这种发生在各个星球上的整个过程，因为我们无法控制聚合大多数元素所需的那种极高的温度。但我们已经开始把脚踏上这架梯子了：再现从氢到氦的第一步。在橡树岭的另一个区域，人们正在致力于氢的聚变。

当然，很难重现太阳内部的那种高温——摄氏 1000 度以上。而更加困难的是制造可以耐受这样的高温、并能使这种温度保持哪怕是 1% 秒的容器。而目前根本没有制造这种容器的材料，容纳处于这种剧烈活动状态的气体的容器，只能以一种磁力捕集器的形式出现。这是一种新兴的物理学：等离子体物理学。这门学科之所以激动人心而又非常重要，在于它是自然物理学。这一次，人类作出的自然结构的重新安排再也没有违背自然的发展方向，而是沿着自然本身在太阳和群星上所采取的同一步骤向前迈进的。

最后，我以永恒不灭与生命有限的强烈对照来结束本章。20 世纪的物理学是一项永垂青史的业绩。这是人类想象力所共同创造的任何辉煌成果都无法比拟的。无论是金字塔，还是希腊史诗《伊里亚特》(Iliad)，无论是民歌民谣，还是大教堂，都不能相提并论。

那些科学概念的创始人都是我们这个时代具有开拓精神的英雄。门捷列夫，像玩单人纸牌那样，排列他的元素卡片；J. J. 汤姆逊推翻了希腊人原子不可分的信念；卢瑟福，把原子结构解释为一种行星体系，尼尔斯·玻尔创立了原子结构模型。查德威克发现了中子，费米用中子使原子核发生裂变和嬗变，而在他们前头的，是那些敢于蔑视传统的人，也是提出各种新观念的最初的奠基人：马克斯·普朗克，他使能量具有像物质那样的原子特性；还有路德维希·玻耳兹曼，我们今天之所以能够认识到原子——这个世界中的世界，它和我们生活的世界一样真实——主要应归功于他。

谁会想到，就在 1900 年，人们还在为原子是否真实的问题争论得难解

难分，大有至死不肯罢休之势。维也纳的伟大的哲学家恩斯特·马赫（Ernst Mach）说：“原子不存在。”伟大的化学家维尔赫姆·奥斯瓦尔德（Wilhelm Ostwald）也说：“不存在。”可是，在这个世纪的转折关头，有一个人以理论为依据挺身而出，维护了原子存在的真实性，他就是路德维希·玻耳兹曼，我在他的纪念碑前致以深深的敬意。

玻耳兹曼是一个性情暴躁，与众不同，难于相处的人。早年追随达尔文，他好争执却又讨人喜欢，具有一个人应有的一切品格。在那个时候，人类上升的进程曾在一架精密的知识天平上摇摆不定，因为假如反原子的信仰果真盛行起来，那么，人类的进步就会倒退几十年，甚至可能 100 年。人类的进步不仅在物理学中会倒退，而且在紧紧依赖于物理学的生物学中也会倒退。

玻耳兹曼是否只是参加争论而已呢？不。他满怀激情而生，满怀激情而死。1906 年，在他 62 岁时，由于感到孤独和气馁，就在原子学说即将取得胜利的时刻，他却以为一切都完了，于是含恨自杀。遗留下来的他的纪念物就是他那不朽的公式， $S = K \log W$ ，这个公式已镌刻在他的墓碑上。

对于玻耳兹曼思想的那种简浩而透辟的美，我无法用语言来形容。但我愿意引用诗人威廉·布莱克的诗句，他的《天真的预言》（*Auguries of Innocence*）是以这样的四行诗句开始的：从一粒沙子中看到一个世界，从一朵野花里窥见一片天空，你手心里掌握着无限，而永恒却贯穿在每个小时之中。

第十一章 知识或确定性

物理科学的目的之一，是精确地描绘物质世界。而 20 世纪物理学的成就之一，却在于证明了这一目的是不可企及的。

让我们以人的面孔作为一个恰当的例子。我听到一位瞎眼的妇女用手指抚摸着她第一次接触到的一个男人的脸，脱口而出：“应该说 he 已上了年纪。显然，他不是个英国人，他的脸比大部分英国人更圆。他即使不是东方大陆（Eastern-continental）人，也应该是欧洲大陆人。他脸上的皱纹，很可能是痛苦的皱纹。最初我还以为是些伤痕。这不是一张幸福的脸。”这是斯蒂芬·波格拉杰维兹（Stephan Borgrajewicz）的面容。他和笔者一样，出生于波兰。在波兰艺术家菲利克斯·托波尔斯基（Feliks Topolski）看来，他就是图上描绘的那个样子。我们认为，这幅图画与他本人的面貌并不十分吻合，但却很好地揭示了这个人的面部特征；这位艺术家似乎是靠笔触在描绘细节；每一根线条都增强了画面的艺术效果，但又决不是最后的完成。我们把这看作是艺术家的表现手法。

但是，物理学迄今为止所作的一切表明这是寻求知识的唯一方法。其实并没有绝对的知识。那些宣称有所谓绝对知识的人们，无论他们是科学家或教条主义者，都只不过是打开了通向悲剧之门而已。所有信息都是不完备的。我们不能不谦虚从事。这就是人类的状况，这也正是量子物理学的涵义。我是说它的字面上的涵义。

让我们通过电磁波光谱来察看这张脸。我要提出的问题是：借助世界上最好的仪器，甚至，如果可能的话，借助世界上最完美的仪器，我们能看到的细部究竟有多精细、多准确呢？观察事物的细部或细节并不是非用可见光不可。詹姆斯·克列克·麦克斯韦尔（James Clerk Maxwell）于 1867 年指出，光是一种电磁波，他所建立的那些方程式，意味着还有一些别的波存在。从红色到紫色的可见光仅仅是不可见的辐射范围内的一个频带而已。光线有一套完整的信息排列，从波长最长的无线电波（低频）到最短的 X 射线以及其它射线（甚高频）。我们将这些光线轮流照射在这张人面上。。

波长最长的不可见波是无线电波。几乎早在 100 年前即 1888 年，亨利希·赫兹（Heinrich Hertz）就证明了它的存在，从而证实了麦克斯韦尔的电磁理论。正因为它的波长最长，它也是最粗糙的射线，用一种工作波长为几米的雷达扫描器来观察，你根本就看不见这张脸，除非把这张脸放大好几公尺，犹如一尊墨西哥的石雕头像一样。只有当我们缩短波长时，这尊巨大的头像的细节才会呈现出来：当波长不到一米时，耳朵现出来了。当无线电波的实际波长仅限于几个厘米时，我们才能看出这尊石像旁那个人的大致轮廓。

接下来，让我们通过一架对另一种辐射范围、即波长不到一毫米的红外线十分敏感的照相机来观察这张人脸。天文学家威廉·赫歇耳（William Herschel）于 1800 年发现了红外线，他注意到，当他把天文望远镜焦点移至红光以外时，仍可感受到热度，这是因为红外线也是一种热辐射线。照相机的底片把红外线以任选的色码转变为可见光，这张脸上最热处呈蓝色，最冷处呈红色或黑色。于是，我们看见了这张脸的大致容貌：眼睛、嘴巴和鼻子——也看到了鼻孔中呼出的热气。是的，我们又知道了一些关于这张人脸的新的情况。但我们所知道的还不是细节。

当波长缩至最短的时候，即缩短至几百分之一毫米甚至更短的时候，红外线渐渐变成可见的红色光线。我们现在使用的胶卷对红外线和可见红光两者都很敏感。这时，这张脸顿时显得生气勃勃，这不再是某一个人，而是我们知道的这个人：斯蒂芬·波格拉杰维兹。

在白光照射下，肉眼可以看清他脸上的每一个细节：纤细的毫毛，毛孔，这儿一个疵点，那儿一根破裂的脉管，白光是各种波长的光线的混合，从红色到橙、黄、绿、蓝，最后是紫色，最短的可见光波。从理论上讲，通过短的紫色光波，较之长的红色光波，我们可以看到更为精细入微的细部，但是，在实践上，光的不同组合看起来作用不大。

那位画家对这张脸进行了分析，区别它的种种特征，分离不同色彩，将图像放大。人们自然要问：难道科学家不会用显微镜去分解和分析更为细微的特征吗？是的，科学家应该这样做。但是，我们也应该懂得，显微镜可以放大图像，却不能改进这一图像：细节的清晰度是由光的波长所确定的。事实上，在任何波长的光照射下，我们只有用与波长大致相当的物体才可以将一束光线截断；物体太小，就不能留下阴影（也就不会产生图像）。

在普通白光照射下，人体皮肤的单个细胞要放大 200 多倍才能分辨出来。若要分辨得更细，就要用波长更短的光线才行。这就要用紫外光才行了。紫外光波长只有万分之一毫米甚至更短——比可见光短十倍或更多。透过紫外光看去，我们就会看到一幅幽灵似的莹光熠熠的景象。通过紫外显微镜可以看到细胞中的放大了 3500 倍的染色体。但这里有个极限：没有什么光线

可以使我们看到染色体内的人体基因。

如果我们还想更深入地进行观察，就必须缩短光的波长，直到运用 X 射线。但是，X 射线穿透力太强，任何物质都不能使其聚焦；我们无法制造一台 X 射线显微镜。因此，我们只能满足于用 X 射线照射这张脸，得到某种影像。这时细部的状况也就取决于射线的穿透力了。我们可以看到皮肤下面的骨骼——例如，可以看到这个人的牙齿全掉了，用 X 射线透视人体，就像 1895 年威尔赫姆·康拉德·伦琴（WilhelmKonradRontgen）发现这种射线一样立刻使人们兴奋不已，因为物理学这时作出了一种大自然赐与的服务于医学的发现。伦琴的这一发现使他成为一位慈父般的人物，成为于 1901 年获得首次诺贝尔奖金的英雄。

有些时候，依靠曲折迂回的方法，我们可能侥幸作出更多发现，这就是，推导一种不能直接目睹的排列。X 射线不会使我们看见单个的原子，因为原子太小，即使在如此之短的波长的光照下，也不能形成影像。然而，人们却可以描绘晶体中的原子图形，因为这些原子的分布规整有序，而 X 射线的照射将构成一个规则的波纹模式，从而使人们可以推测这些挡住了视线的原子的位置。这就是脱氧核糖核酸的螺旋结构中的原子：基因正是这样。这种方法是马克斯·冯·劳厄（MaxvonLaue）于 1912 年发明的。这个独创可谓一箭双雕：因为这第一次证明了原子确实存在，同时也第一次证明了 X 射线是一种电磁波。

我们还可以采用另外一种手段，即使用电子显微镜。在电子显微镜中，射线是如此集中，以致人们不知道应该称它们为波还是粒子。电子束打击在一个物体上，勾勒出它的轮廓，就像集市上杂耍艺人抛掷飞刀。人们从中看到的最小物体是单个的钷原子。这是十分引人注目的。不过，这种模糊的形象证明，正如集市上掠过那位姑娘的飞刀一样，即使是最坚实的电子也不能勾划出一个清晰的轮廓。完整的图像仍像遥远的星辰，渺不可及。

我们现在正面临着知识上的佯谬的严重矛盾。年复一年，人们设计日益精密的仪器，用来对自然现象进行更为精确的观察。但是，看看这些观察结果，我们就会失望地发现，它们仍然模糊不清，而且我们还会感到它们仍像从前那样令人感到扑朔迷离。人们似乎一直在追寻一个目标，然而，每当人们刚刚瞥见它，它却又从人们眼前悄然隐去，无影无踪。

人类知识的这种矛盾不仅仅限于微小的、原子的范畴，恰恰相反，在整个人类的范围，在无限星空这样的范围，它也同样无须置疑。让我谈一谈在一个天文台中表现出来的情况吧。卡尔·弗里德里奇·高斯（KarlFriedrichGauss）在格丁根（Göttingen）的那座天文台是大约于 1807 年建成的。在他的整个一生中，从那时起：近 200 年的大部分时间里，天文仪器不断得到改进。我们今天所看到的一颗星辰的位置，在当时已被人们多次确定，因此，在我们看来，我们的观察似乎越来越趋于精确。但是，当我们将各次观察结果加以比较时，我们就会惊奇而懊丧地发现，它们仍然散乱无序。人们曾经希望观察的偏差终会消失，人们也会像上帝那样洞烛幽微的。但是，事实上，错误仍无法从观察中根除。无论是观察群星、原子、人的照片，还是听某人的讲演，都是这样。

高斯以他那令人惊叹的、孩子气的天才意识到了这一点。直到他 80 岁高龄与世长辞时，仍然保持了这种天才。1795 年，18 岁的高斯进入格丁根大学读书，其时他已经解决了有关一系列观察中固有的误差的最佳估算问

题。

当一位观察者在观察一颗星时，他知道有大量的致误因素。于是，他阅读若干观察记录，自然希望这颗星的位置的最佳估计是一个平均数——即散布的中心。迄今为止，这一点不言自明。然而，高斯却要进一步研究这种误差的分布告诉了人们什么。他提出了高斯曲线（the Gaussian curve），使这种离散性可以由这种曲线的偏离或分布来概括。由此产生了一个具有深远意义的观点：这条曲线标明了不确定的区域。我们不能肯定曲线的中心是否就是那确凿无误的位置。我们只能说：“它位于不确定的区域”，而这个位置可以根据个别观察中所得出的分布情况计算出来。

由于具有关于人类知识的这种敏锐见地，高斯特别痛恨那种声称自己有比观察更完美的获取知识的途径的哲学家们。例子甚多，我仅举其一。碰巧，有一位名叫弗里德里希·黑格尔（Friedrich Hegel）的哲学家，我必须承认，我特别不喜欢他。我很高兴我具有与比黑格尔更为伟大的高斯相同的深切情感。黑格尔于 1800 年发表一篇论文，认为：虽然行星的定义自古代世界以来发生了变化，但从哲学意义上讲仍然只可能有七个行星。不仅高斯知道怎样回答这个问题；早在很久以前，莎士比亚就作了回答。在《李尔王》（King Lear）中有一精彩片段，剧中不是别人，恰恰是那位弄臣对李尔王说道：“北斗七星为什么只有七颗星，这其中必有一个绝妙的理由。”李尔王自作聪明地摇了摇头，说：“因为它们不是八颗而是七颗星。”弄臣道：“正是，一点不错，你可以做一个很好的傻瓜了。”黑格尔也是如此。1801 年 1 月 1 日，就在这一天，黑格尔的论文墨迹未干，第八颗行星就被发现了——即小行星“谷神星”（Ceres）。

历史往往具有讽刺性。高斯曲线的爆炸性威力在于，在他去世之后，人们才发现世上并没有什么上帝洞烛幽微的慧眼。谬误总是与人类知识的本质紧密相连的，具有讽刺意味的是，这一发现是在格丁根作出的。

在那些古老的大学城（universität towns）之间，有着惊人的相似之处。格丁根大学也和英国的剑桥或美国的耶鲁一样——地处偏狭，不当通途——除了那一帮教授，无人涉足这死气沉沉的地方。而这些教授却深信这里就是世界的中心。在这里的腊斯克勒尔（the Rathskeller）有一句铭文是这样说的：“格丁根之外无生命”（Extra Göttingam non est vita）。这里的大学生对这一警句——或者应该称之为墓志铭——却并不像教授们那样认真看待。

格丁根大学的象征是腊斯克勒尔外面的一座赤脚牧鹅姑娘的铸铁塑像，每个学生在毕业典礼上都要吻一吻这座塑像。这所大学是一个圣地，而到这里来的学生并未抱有十分虔诚的信念。重要的是这些学生在学习中也如这位赤着双足、衣衫褴褛的姑娘一样，并不恭敬顺从；在这里，他们不是要崇拜已知之事、而是要对已知之事提出疑问。

犹如每一座大学城，格丁根的景色也是由纵横交错的长长的人行道组成，教授们午饭后在人行道上漫步，而研究生们若被邀同行则会欣喜若狂。也许，过去的格丁根从来就是宁静而懒散的。这种小型的德国大学城的历史可以追溯到这个国家统一之前（格丁根为汉诺威王朝统治者乔治二世（George II）所建），而这又使得这些大学城带上了某种地方官僚主义的色彩，甚至在大战结束和德皇于 1918 年退位之后，这些大学仍然比德国以外的大学更加因循守旧。

一条铁路联结着格丁根和外部世界。从柏林和国外来访的学者就是沿

着这条铁路来到格丁根，渴望与这里的人们交流物理学的突飞猛进的各种新观点。在格丁根，人们戏言，科学诞生于开往柏林的火车上，因为在火车上，人们争论、反驳。产生新的观点。而且，人们在火车上接受挑战。

第一次世界大战期间，在格丁根，也和和其它任何地方一样，科学被相对论所统治。

1921年，马克斯·玻恩（Max Born）被任命为物理系主任，他举办了一系列研究班，从而使每一个人都对原子物理学发生了兴趣。想到玻恩担任系主任时已年届40，不免令人惊奇。总的来看，物理学家在他们30岁以前都已完成了他们最杰出的工作（数学家甚至更早，生物学家或许要迟一些）。但是，玻恩有杰出的苏格拉底式的个人天赋。他吸引年轻人来到他身边，从中得到最优秀的份子，他们相互切磋、激烈地争论着各种观点，这使他成果非凡。在这些享有盛名的济济人才中，我该选择谁呢？显然是维纳·海森堡（Werner Heisenberg）。他在这里与玻恩一道从事过卓越的研究工作。当欧文·薛定谔公布了一种与海森堡的理论不同的基本粒子物理学理论之后，这里发生了激烈的争论。世界各地的学者纷至沓来，参加这场争论。

用这样一些词语谈论一个人们在夜深人静时钻研的课题，是颇为奇特的。20世纪20年代的物理学真是由辩论、研究班、讨论和质疑构成的吗？是的，过去是这样。是的，今天仍然如此。那些曾在这里聚会、今天仍在实验室中相遇的人们仅仅用一种数学公式就结束了他们的工作。他们的工作开始于解答概念之谜的企图。而那些亚原子之谜——即电子和其它粒子之谜——都是一些智慧之谜。

试想一下当时电子给人们带来的种种困惑，教授中流传的嘲弄之辞是（按照大学的课表安排）：在星期一、星期三、星期五，电子像粒子那样运动，而在星期二、星期四、星期六，电子又像一种波那样运动。人们怎样才能使这两方面并行不悖呢？这两个方面，这从大千世界中归纳出的两个方面，统一于一个单独的实体，统一于原子内部那“利立浦特”——那《格列佛游记》的微小天地，这怎么办得到呢？这就是当时人们所思考和争论的问题。

然而，要解决这个问题，需要的不是计算，而是洞察力和想象力——如果人们喜欢，也可以称作形而上学。我至今还记得玻恩多年以后到英国来时说过的一句话，这句话也写入了他的自传中。他说：“我现在确信，理论物理学是现实的哲学。”

马克斯·玻恩的意思是，物理学中的这些新观点恰如一种对现实的不同见解。这个世界并不是不同物质的固定而僵硬的排列，因为这个世界不能与我们的感觉完全分离。它在我们注视之下变化多端，它与我们相互影响，它所包含的知识必须由我们作出解释。任何信息交流都要求人们作出某种判断。电子是粒子吗？在玻尔描绘的原子模型中，电子就像粒子那样运动。但是，德布罗意（de Broglie）于1924年制作了一个十分出色的波的模型，在这个模型中，一定整数量的波围绕原子核会合衔接的各个点就是这些波的轨道。马克斯·玻恩设想一长列电子各自沿着一条曲轴连续地向前运动，它们共同构成一连串高斯曲线，一种概率波。于是，在开往柏林的火车上，在格丁根树林里教授们散步之时，一种新的观念开始形成：这就是，无论世界是由什么样的基本单位构成的，它们都比我们的感官之网所能捕捉到的更微妙，更变幻莫测，更动人心魄。

所有这些树林中的散步和交谈，在 1927 年达到一个辉煌的顶峰。那一年初，维纳·海森堡重新描绘了电子的特征。他说，是的，电子是一种粒子，但它是一种包含着有限信息的粒子。就是说，人们可以确定电子在一定时刻所处的位置，但却不能强行规定电子在开始运动时的具体速度和方向：反之，如果你坚持要以一定的速度，从一定方向来发射电子：你就不能确定它的起点——自然，也不能确定它的终点。

这听起来是一种非常粗略的特征描述。但并非如此。海森堡对此精确地加以描述，分析十分深刻。从整体上看，电子携带的信息有限，例如，电子的速度和位置在量子的容限的制约下互容相让。这个思想非常深刻：它不仅是 20 世纪的，而且是科学史上的伟大科学思想之一。

海森堡把这一观点称作“测不准原理”。在某种意义上，这是一条颠扑不破的原理。我们知道，我们不能要求世界准确无误。如果一个物体（例如一张熟悉的面容）在我们认识它以前就与我们的认识毫无二致，那么，我们就不会日复一日地去认识它了。我们辨认出同一个物体，是因为它就是同一个物体，但它看上去并非与从前完全相同，而只不过是相似罢了。在辨认过程中，一种判断形成于——一种容限或不确定区域。因此，海森堡的这条原理认为，没有一种过程，不仅仅是原子运动的过程，可以确凿无误地加以描述——即容限等于零。这一原理的深刻之处在于，海森堡具体阐明了所能达到的容限。容限的量度就是马克斯·普朗克所说的量子。在原子世界中，不确定的区域总是由量子划定的。

“测不准原理”这个名称听起来不甚入耳。在科学中或科学之外，我们并不是不确定的，我们的知识仅仅局限于某种确定的容限之内。因此，我们应该称之为“容限原理”。在两种意义上，我提议使用这个名称：首先是在工程学的意义上。科学不断进步，成为人类上升历程最为成功的事业，因为科学使人们懂得，人与自然、人与人之间的信息交流只能发生在一定的容限之内。其次，我也满怀热忱地用这个词描绘真实世界。人类的全部知识、全部信息只能在容限作用的范围内进行交流。无论是在科学研究中，还是在文学、宗教、政治以及任何一种追求某种信仰的思想中，都是如此。格丁根的科学家们孜孜以求，使“容限原理”日臻完善，却对现实视而不见，不知在他们周围，容限正无可挽回地走向衰落，这真是你我一生中见到的巨大悲剧。

欧洲上空，天低云暗。但是，一片阴云笼罩着格丁根已有上百年之久。早在 19 世纪初，约翰·弗里德里希·布鲁门巴赫（John Friedrich Blumenbach）就收集了他曾与之通信交往的欧洲著名人物的颅骨。尽管布鲁门巴赫曾应用解剖测量法，试图对人类种族进行分类，他的工作并不意味着这些颅骨有助于人类的种族区分，从布鲁门巴赫已于 1840 年去世的时候起，颅骨的收藏依旧不断增加，成为种族主义的、泛日耳曼理论的核心，而国家社会主义党在他们夺取政权之后，大肆推行这一理论。

在希特勒于 1933 年登台后，德国的学术传统几乎在一夜之间被摧残殆尽。这时，开往柏林的那列火车成了逃窜的象征。欧洲已不再是人们施展奇异想象力（包括科学想象力）的得天独厚的地方了。一种关于人类文化的完整概念，即关于人类知识是个性化的、可信赖的，是一种处在不确定性边缘的不断冒险的概念，也已销声匿迹了。恰如当初对伽利略进行审判之后的情形一样，整个科学界都笼罩在沉默之中。那些伟大人物陷入了一个受到威胁的世界中。他们是马克斯·玻恩、欧文·薛定谔、阿尔伯特·爱因斯坦、西

格蒙德·弗洛伊德(Sigmund Freud)、托马斯·曼(Thomas Mann)、贝托尔特·布莱希特(Bertolt Brecht)、阿尔图罗·托斯卡尼尼(Arturo Toscanini)、布鲁诺·瓦尔特(Bruno Walter)、马尔克·夏加尔(Marc Chagall)、恩利科·费米(Enrico Fermi);还有列奥·西拉德——多年之后,他终于来到美国加利福尼亚的索尔克研究所(the Salk Institute)。

测不准原理,或用我的话来说,容限原理的全部目的就是要最终确定所有的知识都是有限的。当这一理论正在研究制定之时,在希特勒统治下的德国及其他暴君统治之处,竟然产生一种对抗性概念:一种荒唐可恶的确定性原理,这真是历史的嘲弄!当人们在将来回顾20世纪30年代时,将把这些原理看作一种严重的文化对抗,即正如我一直试图阐明的那样,人类上升的进程同专制暴君们相信他们有绝对确定性的倒退行为,是截然相反的。

我必须对这些抽象的观点进行具体的阐述。我想通过一个人的性格来说明这一点。列奥·西拉德长期从事于这些观点的研究,大约在他一生的最后几年,我曾花了很多个下午在索尔克研究所与他交谈。

列奥·西拉德是匈牙利人,他在德国度过了他的大学时代。1929年,他发表了一篇重要的开拓性的论文,论及现在所谓的“信息论”,即知识、自然与人类的关系问题。但在那时,他已确信希特勒将掌握政权,战争是不可避免的。他在房间里准备了两只行李箱,到了1933年,他锁上这两只行李箱,来到了英国。

碰巧,1933年9月,卢瑟福爵士(Lord Rutherford)在英国大不列颠协会的一次会议上,就原子能决不可能成为现实的问题发了一通议论。列奥·西拉德是这样一种类型的科学家,他性情古怪而又富于幽默感,他讨厌任何包含“决不”(never)的论断。特别是当这种论断出自一位著名的同事之口时,他尤其不能容忍。于是,他开始认真思考这个问题。他讲述了一个所有了解他的人都可以描述的故事。当时,他住在“海滨宫殿饭店”——他总是喜欢住在饭店旅馆里。他步行去巴特医院上班,正当他走到南安普敦路时,因遇上红灯而止步不前(据我所知,这个故事唯有这一部分未必确有其事,我知道西拉德从不会因红灯而止步的)。然而,在红灯转成绿灯之前,他就已经意识到,如果用一个中子去撞击一个原子,原子就会破裂,一分为二,随之产生链式反应。为此,他写了一份申请专利的说明书,其中就包含了“链式反应”这个词,而这项申请于1934年获准注册。

现在,我们才开始接触到反映了当时科学家特征的西拉德个人性格的一部分,而这样一种性格,在他身上表现得最清楚、最鲜明。他企图严守专利秘密。他想要防止科学被滥用。

事实上,他把这项专利转让给了英国海军部,因此,这项专利直到战后才公诸于世。

但是,与此同时,战争的威胁越来越大。核物理学研究的进展与希特勒的进军,竟以人们今天无从回想的方式并驾齐驱,早在1939年,西拉德就致函约里奥·居里(Joliot Curie),询问人们能否禁止这方面的科研成果的发表。他曾试图不让费米公布他的研究成果。最后,在1939年8月,他写了一封信,由爱因斯坦签名,呈交美国总统罗斯福(Roosevelt),信中说道(大意):“原子能已经发现。战争不可避免。总统有责任决定科学家对此应如何行事。”

但是,西拉德并未就此止步。当1945年欧洲战争胜利之时,他意识到

原子弹即将制成，并将投向日本。于是，西拉德在所到之处对此提出抗议。他写了一份又一份备忘录。给罗斯福总统的一份如石沉大海，因为还未等这份备忘录送到，总统就与世长辞了。西拉德一直希望能在日本人民和全世界人民面前公开试验原子弹，以便使日本人了解原子弹的威力，并在生灵涂炭之前就俯首投降。

众所周知，西拉德失败了，而且，他所在的科学家社会也失败了。但他已做到一个正直的人能够做到的一切。于是，他放弃了物理学，而转向生物学——这就是他来到索尔克研究所的原因——并说服其他人也这样做。在过去 50 年中，物理学一直是他们热心从事的事业，也一直是他们的一项杰作。不过，这时我们认识到，正如过去曾经专心致志地研究、了解物质世界一样，我们现在也应刻不容缓地去潜心研究、了解生命，特别是人的生命。

1945 年 8 月 6 日上午 8 时 15 分，第一枚原子弹投掷在日本广岛。我从广岛回来不久，就听到有人当着西拉德的面说，这是科学家的悲剧，因为他们的发明被用来毁灭生命。西拉德比其他任何人都更有权利对此作出口答，他说：那不是科学家的悲剧，”那是人类的悲剧”。

人类在两个方面陷入困境。一个是只要目的正当，可以不择手段的信条，那种“按钮哲学”，那种对灾难装聋作哑的意图，已成为战争机器中的恶魔，另一个是对人类精神的背叛：那种对禁锢人们思想的教条的断然肯定，把一个民族、一种文明变成一群幽灵——一群屈膝顺从的幽灵，一群备受折磨的幽灵。

据说，科学将使人丧失人性，并把他们变成数字。其实大谬不然，而且是一个悲剧性的谬误。你们自己看看吧。在奥斯维辛（Auschwitz）的集中营和焚尸炉，人在这里被变成了数字。大约有 400 万人的骨灰抛进并填满了这个池子。这并不是煤气之所为。是妄自尊大，是武断教条，是愚妄无知，造成了这一切。当人们相信他们不经过实践检验就拥有绝对知识的时候，他们就会这样行事。这就是人们在追求神的知识时的所作所为。

科学是知识的一种富于人性的形式。人类总是处于已知事物的前沿，总是企求所希望的事物。科学中的每一个判断都富于个性，都濒临失误。虽然我们难免犯错误，但是对于人类所能了解的一切，科学总是殷勤称颂。奥利维尔·克伦威尔（Oliver Cromwell）说过：“我以基督的同情心恳求你们，想一想吧，你们也可能犯错误。”我能作为一名幸存者和见证人站在奥斯维辛的骨灰池边上，作为一位科学家，我要感谢我的朋友列奥·西拉德，而作为人类的一员，我要感谢死在奥斯维辛的我的许多家庭成员。

人类不得不为绝对知识和绝对权力而祛除自己的奢望，不得不弥合按钮命令与人类行为的距离。人类不得不诉诸人心。

第十二章 代代相传

在 19 世纪，维也纳是一个帝国的首都，这个帝国荟萃了众多的民族和繁富的语言。维也纳又是音乐、文学和艺术的著名中心。然而，科学，特别是生物学，在保守的维也纳却受到怀疑。出人意料的是，奥地利竟孕育出一

种非常具有革命性的科学思想（在生物学中）。

在古老的维也纳大学，遗传学的、因而也是全部现代生命科学的奠基人格里戈·孟德尔（Gregor Mendel）没有受过多少大学教育。他是在专制统治与思想自由进行激烈斗争的历史时刻来到维也纳的。1848年，在他来到维也纳之前不久，远在伦敦的两位年轻人用德文发表了一篇宣言，开宗明义第一句话便是：“一个幽灵，共产主义的幽灵，在欧洲徘徊。”

当然，卡尔·马克思和弗里德里希·恩格斯并没有在《共产党宣言》中引起欧洲革命；但是，他们声援了这些革命运动。这是一个起义的呼声。人们对波旁家族（the Bourbons）、哈布斯堡家族（the Habsburgs）以及欧洲各国政府的怨恨情绪猛然高涨。

1848年2月，巴黎发生骚乱。维也纳和柏林随之而起。1848年3月，在维也纳大学广场上，学生抗议警方，并与之展开战斗。奥地利帝国与其它国家一样，大为惊恐。梅特涅（Metternich）辞去职务，逃往伦敦。接着奥地利皇帝逊位。

皇帝们纷纷逃离，但帝国依然存在。奥地利帝国新任皇帝是一位18岁的年轻人，弗兰茨·约瑟夫（Franz Josef），直到第一次世界大战期间，他才作为中世纪式的独裁者随着帝国的瓦解而下台。我至今仍记得当我还是小孩时的弗兰茨·约瑟夫，与哈布斯堡家族其他成员一样，他也有长长的下唇和凸起的嘴巴，正如委拉士贵支（Velazquez）所描绘的西班牙国王们的那副尊容一样，而现在这被认为是一个突出的遗传特征。

当弗兰茨·约瑟夫登上王位，那些爱国者的呼声便沉寂下来了；在这位年轻皇帝统治之下，举国缄口，万马齐喑。这时，格里戈·孟德尔来到维也纳大学，使人类上升的历程开始悄然无声地向一个新的方向迈进。孟德尔出生时本名叫约翰，是一位农夫之子，后来因贫困失学，沮丧之余，取名“格里戈”，成为一名修道士。不过，在他的整个一生中，孟德尔始终像一个农夫后代那样从事他的研究工作，他既不像与他同时代的英国教授，也不是那种绅士派头的博物学家，他是一个所谓后院菜园中的博物学家。

孟德尔成为一名修道士，是为了接受某种教育，他的修道院长送他进入维也纳大学，以取得一份教师的正式文凭。但他是一个神经质的、并不聪明的学生。主考人写道：“他缺乏洞察力和对知识的清晰头脑”，没有让他及格。这个农夫的儿子既已成为修道士，这时除了回到摩拉维亚（Moravia）的布尔诺（Brno）修道院隐姓埋名之外，就别无其它选择了。摩拉维亚现在是捷克斯洛伐克的一部分。

1853年，当孟德尔从维也纳失败而归时，他已年届31岁。他当初是由布尔诺的“圣托马斯奥古斯丁会（the Augustinian Order of St Thomas）派出的，这是一个教育团体。奥地利政府企图让修道士去教育那些聪明的农家子弟。他们的图书馆与其说是属于修道院的，倒不如说是属于一个教育团体的。而孟德尔已丧失了担任教师的资格。他不得不作出抉择：是作为一个失败的教师度过余生呢，还是改弦更张？他决定，还是做那个在农庄里被人们叫作汉斯（Hansl）的孩子、那个来自农庄的约翰，而不做修道士格里戈。他回想起他在农庄学到的、使他一直着迷的东西：植物。

在维也纳，孟德尔曾见过一位优秀的生物学家弗兰茨·翁格尔（Franz Unger），深受其影响。翁格尔持有一种具体而又实际的关于遗传的观点：既无所谓精神的核心，也无所谓生机力，唯一重要的是坚持真正的事

实。孟德尔决定，在修道院里为生物学实验贡献毕生精力。我认为，这是一个大胆的、默不作声的秘密举动，因为当地的主教不允许教士传授生物学。

大约在 1856 年，即从维也纳回来二三年后，孟德尔开始了正式的实验。在他的论文中，他说自己工作了 8 个寒暑。他精心挑中的植物是菜豌豆。他选出 7 种特征进行比较：种子的形状、色泽等等，根据高茎和矮茎的对比情况列出一览表。在这里，最后一个特征也正是我想着重加以叙述的特征：高与矮的对应问题。

人们现在所做的实验同孟德尔的实验完全一样。人们选择亲本植物，从培育高矮杂交品种开始这种实验，正如孟德尔所详细说明的：

在进行关于这一特征的实验时，为了明显准确地表明区别，我总是用 6 至 7 英尺长的高茎品种与 $3/4$ 或 $1/2$ 英尺长的矮茎品种杂交。

为了排除矮茎品种自身授粉的可能住，人们将其去雄，然后用高茎品种进行人工授粉。

受精的过程按常规进行。花粉管伸向胚珠花粉细胞（相当于动物的精子）进入花粉管，直达胚珠，就像在其它任何品种的豌豆的受精过程的情形一样。这株豌豆结出了豆荚，当然，这些豆荚还没有显示其独特性状。

然后，再把这些豆荚中的豌豆种下地。起初，它的发育与其它品种的豌豆尚无从区别。

然而，虽然它们仅是杂交的第一代，但在它们的外形完全长成后，对当时以及后来很长时间内植物学家们坚持的传统遗传观点，都将是一次检验。传统的观点是：杂交品种的性状介乎于它的父母本性状之间。孟德尔的看法却与此大相异趣，他甚至已经构想了一个理论去解释这个问题。

孟德尔猜想，一个简单的性状是由两个粒子（我们今天称之为基因）控制的。父本和母本各自提供一个粒子。如果说这两个微粒或遗传基因有什么不同，那就是，一个是显性的，而另一个则是隐性的。为了确定这是否真实，高茎和矮茎豌豆的杂交还只是第一步。杂交的第一代成熟后，全都是高茎。按现代遗传学的说法，就是高茎性状抑制了矮茎性状。杂交种的高度是其父母本高度的平均数的说法并不确切；它们全是高茎。

接下来是第二步：我们像孟德尔那样培育杂交第二代。这次用杂交种的花粉进行授粉。

我们让豌豆结出果实，播种豆粒，于是长出第二代植株。这还不是全部情况，因为过程与从前不同；现在长出的大部分是高茎植株，也有不容忽视的小部分矮茎植株。根据孟德尔对遗传特性的推测，总数中究竟有多少矮茎植株是可以计算出来的。如果他的推测是正确的，那么在第一代中每一株杂交种都带有一个显性基因和一个隐性基因。在第一代杂交种中，每四株一组进行杂交，两个隐性基因就会结合起来，在这四株中产生出一株矮茎植株。依此，在第二代的每四株中就会产生一株矮茎、三株高茎。这就是著名的 $1/4$ 或 $1:3$ 比率，每个人都会由此联想到孟德尔的名字。正如孟德尔所说：

在 1064 株标本中，有 787 株为高茎，277 株为矮茎。

彼此的比率为 $2.84:1$ 。……把全部实验的结果总括起来，就可以看出，显性和隐性数量的平均比率是 $2.98:1$ 或 $3:1$

现在很清楚，杂交种具有这样或那样的两个彼此相异的性状，有一半发育成为原来的杂交种，同时。另外一半在相等数量上或保持不变，或接受显性或隐性性状。

1866年，孟德尔在《布尔诺自然史学会杂志》（*Journal of the Brno Natural History Society*）上发表了实验结果，但很快就被人们置之脑后。没有人关心这个问题。甚至没有人理解他的工作。甚至在孟德尔写信告诉卡尔·内格里（Karl Nageli）——这个领域中杰出而又自命不凡的人物时，后者对他谈及的问题竟无动于衷，不知所云。当然，如果孟德尔是一个职业科学家，他就会设法让人们了解他的实验结果的，至少可以在法国或英国植物学家和生物学家阅读的发行更广的杂志上发表这篇论文。他确实也把论文的重印本寄到国外科学家手中，但这对于在默默无闻的杂志上发表的文章来说，是完全无济干事的。1868年，他的论文发表两年之后，出乎孟德尔的意料，他被选为所在修道院院长。在他的余生中，他以令人钦佩的热情履行他的职责，津津乐道于宗教礼仪的繁文褥节。

孟德尔告诉内格里，他希望继续进行选种实验。但这时他能够繁育的生物只有一种，就是蜜蜂。将实验从植物推进到动物，是他的夙愿。当然，对孟德尔来说，他在智力上福份不浅，在实践中又时运不济，二者每每交织在一起。他培育出了生产优质蜂蜜的杂交蜂品种，但这种蜂十分凶猛，周围几里的人无不被其蛰伤。最后不得不把它们全部消灭。

看来，修道院的税收比宗教领导职务更使孟德尔穷于应付。有迹象表明，他被皇帝的秘密警察视为不可靠的人。在这位院长大人头脑中，有着深沉的不愿公开的思想意识。

孟德尔的个性之谜是智力方面的。没有人能够构想出这种实验，除非他们对将要得出的答案已是成竹在胸。这是一种奇特的情形，我将不惮辞费，向诸位介绍一下。

首先，从实践上看。孟德尔选择了豌豆品种之间的7个不同特性来进行实验，诸如高茎与矮茎相对，等等。的确，豌豆有7对染色体，因此人们可以沿着这7条染色体分布的基因的7种不同性状进行实验。但这又是人们可能选择的最大数目。人们不能就8种不同性状进行实验，除非使其中两个基因分布于同一条染色体，并且至少部分相连。当时没有人想到过基因，也未曾有人听说过“连锁”（linkage）。在孟德尔着手撰写他的论文时，还没有人听说过染色体。

可以肯定，一个人可能命中注定担任修道院院长，也可能被上帝选中，但却不可能享有孟德尔那样的机遇，在正式的研究工作之前，为了梳理出、并使自己确信可能导致成功的7个不同性状，孟德尔必定经过大量的观察和实验。那么，就让我们看一看那由卓越的论文和研究成果衬映的、不露声色的孟德尔外表下面巨大的思想浮冰吧。你现在看见它了；你在他的手稿的每一页上都看见它的——代数符号、统计数据、清晰的图示；这一切就是现代遗传学，从根本上说正如今天人们所研究的一样，尽管那是100多年前一位无名之辈作出的成果。

这一切全是由这样一位不知名的人做出来的，他有一种极为重要的灵感：不同性状以“全或无”的或然方式相互分离。而且，早在生物学家们公认杂交只能产生出介于父本和母本两种性状之间的某种东西的那个时代，孟德尔就已经形成这种思想了。我们很难设想，一种隐性特征从不出现，我们只能推测，每当人们在观察到这一点时，总是置于不顾，因为他们坚信，遗传性状必定是按平均比例出现的。

孟德尔是在什么地方得到这种或然的遗传模式的呢？我想我是知道的，但我当然看不到他的思想活动。不过确实存在一个模式（自浑沌初开以来它就存在了），这个模式如此显而易见，以致于没有一个科学家想到过它；而小孩或僧侣，倒是很可能想到过的。这个模式就是性。千百万年来，各种动物都在交配，而同种的雄性和雌性却没有生出性的怪物或两性物：它们不是生雄就是生雌。男人和女人同床共枕至少有 100 万年之久了；那么，他们产生出什么样的后代呢？——不是男，就是女。这样一种简单而有说服力的传递物种差异的全或无的模式，想必在孟德尔的头脑里早已存在了，以致于对他来说，这些实验和这种思想虽然全属臆想，但从一开始就颇为得心应手。

我想，那些僧侣是知道这件事的。我认为，他们不喜欢孟德尔所干的事情。我想，对这种豌豆育种实验持异议的主教大人也不喜欢这件事。他们十分讨厌孟德尔对新的生物学——例如，孟德尔曾经读过达尔文的著作，而且印象深刻——的兴趣。当然，经常被安排在他修道院栖身的那些捷克革命同胞热诚地支持他坚持到底。当他于 1884 年去世时，年近 62 岁，伟大的捷克作曲家列奥·雅那切克（Leos Janacek）在他的葬礼上演奏了管风琴。而修道士选出的新任院长却烧毁了孟德尔留在修道院里的全部手稿。

孟德尔的伟大实验被遗忘了 30 多年，直到 1900 年才被几位科学家分别找到重见天日。

因此，孟德尔的发现实际上属于 20 世纪，而遗传学研究从此很快花繁果硕，成就斐然。

让我们从浑沌初开之时谈起。地球上的生命已经延续了 30 亿年，或者还要长久。有 2/3 的时间，有机体是通过细胞分裂而自我再生的。作为一条规律，细胞分裂产生同一种后代，很少由于突变而产生新的种类。因此，亘古以来，进化一度十分缓慢。现在看来，最早开始有性繁殖的有机体与绿色的水藻有关。那是在不到 10 亿年前的事。有性繁殖首先开始于植物，然后是动物。从这时起，有性繁殖的成功使它成为生物生生不息的规范。例如，如果某两个物种的成员不能交相繁育，我们就可以断定这是两个相异的物种。

性产生了多样性，而多样性又是生物进化的推进器。进化过程中的这种加速作用，造成了现今令人眼花缭乱的纷繁复杂的生物的形态、色彩和行为。我们还必须看到，这种加速作用导致了物种的各别差异的激增。两性的出现才使万物创始成为可能。确实，性在整个生物界的广泛存在本身就证明，物种通过选择而适应了一种新的环境。因为，假如一个物种的成员能够继承单独的个体赖以自我适应的获得性遗传变化，性就不是必要的了。在 18 世纪末，拉马克（Lamarck）提出了那种天真的单生遗传方式，但是，假如这种方式真的存在，它就会通过细胞分裂更好地传递下去。

“二”是一个具有魔力的数字。这就是为什么在不同的物种中，性选择和求偶现象是如此高度发展，其表现形式有如孔雀羽毛，五彩缤纷，引人入胜的原因。这就是为什么动物的性行为与它们的生存环境如此丝丝入扣、相得益彰的原因。如果格鲁尼昂银鱼不经过自然选择，就能够使自己适应生存环境，那么，它就不必费劲在月圆时分游到加利福尼亚海滩上去交配孵卵了。对于它们，对于所有适应性变化的迷途者来说，性或许是不必要的。然而，性本身就是一种生物中“最适应者”（the fittest）的自然选择模式。牡鹿并不搏斗撕杀至死，因为它们仅仅是要确立雄性选择雌性的权利。

正如孟德尔所猜想的，基因的成双配对，产生出物种群体和个体的无穷无尽的不同色彩、形状和行为。从结构上看，基因分布在染色体上，仅仅在细胞分裂时才显现出来。但问题不在于基因是怎样编排的；人们今天所关注的问题是：它们是怎样行动的？基因由核酸构成，这就是问题的实质所在。

1953年，人们发现了遗传信息是怎样代代相传的，这是20世纪科学的一个传奇故事。

我想，那戏剧性的时刻是1951年秋，那时詹姆斯·华特生（James Watson）还是一个20多岁的年轻人，他来到剑桥，与35岁的弗朗西斯·克里克（Francis Crick）协力合作，试图解释脱氧核糖核酸（缩写为DNA）的结构。DNA是一种核酸，就是说，是处于细胞核心的酸。在先前的10年中，人们已经清楚地认识到，核酸携带遗传的化学信息，代代相传。在剑桥大学和遥远的加利福尼亚的实验室里，探索者们面临着两个问题。DNA的化学性质是什么？DNA的结构形式又是怎样的？

DNA的化学性质是什么？这就是说，是什么构成了DNA的各部分？是什么飘移不定，使DNA的形式各有不同？当时人们对此已经很清楚了。显然，DNA是由糖和磷酸（由于结构上的原因，它们应该确实存在其中），以及四种独特的分子或碱基组成。其中胸腺嘧啶（thymine）和胞嘧啶（cytosins）是两个很小的分子，在它们各自内部，碳原子、氮原子、氢原子和氧原子成六边形排列。其中鸟嘌呤（guanine）和腺嘌呤（adenine）两个分子较大，在它们内部，原子排成一个六边形和一个五边形，二者联结在一起。在结构研究中，通常只用一个六边形来代表各个较小的碱基，用大的图形，代表较大的碱基，注意它们的形状，胜过注意单个的原子。

DNA的结构形式又是怎样的呢？也就是说使DNA能够表达许多不同遗传信息的这些碱基是怎样排列组合的？一座建筑并不是石头的堆砌，DNA分子也不是碱基的堆砌。是什么造成了DNA的结构及其功能呢？那时，人们对这一点也已很清楚了。DNA分子是一条长链，是相当稳定的某种晶状有机体。看起来很可能呈螺旋形，其有多少条螺旋链条并列？是一条、二条、三条，还是四条？关于这个问题，主要有两大意见分歧的阵营，一派主张双螺旋链条的观点，另一派主张三螺旋链条的观点。1952年底，结构化学的伟大天才林尼斯·鲍林（Linus Pauling）在加利福尼亚提出一种三螺旋模型。他认为糖和磷酸的主干向螺旋的中心聚集，而碱基则向四面八方伸展。1953年2月，鲍林的论文送到剑桥，在克里克和华特生看来，他们的实验显然一开始就出了毛病。

或许仅仅是寻找安慰，或许是自负任性，詹姆斯·华特生当即决定，他应该探寻双螺旋模型。在访问了伦敦之后，我骑自行车返回学院。从后门翻进院内，这时我已经决定建立双螺旋模型。弗朗西斯也一定会同意。尽管他是一位物理学家，他也知道重要的生物是成双成对出现的。不仅如此，他和克里克进而开始寻找一种主干向边缘延伸的结构。这种结构就像一架螺旋形梯子，糖和磷酸犹如梯子的两道扶手，支撑两侧。尝试用剖开的DNA外形，以观察那些碱基是怎样像梯级似的安排在模型中的，使他们绞尽脑汁，煞费苦心。在一个轻率的错误之后，问题突然变得不言自明了。

我抬起头来，看的不是弗朗西斯，而开始颠来倒去转换有可能成对匹配的各种碱基。突然，我意识到，由两个氢键聚合的腺嘌呤-胸腺嘧啶对子与鸟嘌呤-胞嘧啶对子在形状上是一样的。

当然：在每一级上，都必定有一个小的碱和一个大的碱。但不仅是大的碱。胸腺嘧啶必须与腺嘌呤配伍。如果有胞嘧啶，就必须与鸟嘌呤成对。碱基成对配合，相互决定。

DNA 分子模型是一个螺旋形梯子。它是右旋螺旋形梯，每个梯级大小相等，梯级间距离相同，并且以同样的角度弯曲——每两级梯级角度为 36 度。而且，如果胞嘧啶位于一个梯级的这一端，鸟嘌呤就在另一端；别的碱配对也是这样。这就是说，螺旋的每一半都携带着完整的遗传信息，因此，从某种意义上说，另外一半是多余的。

让我们用一台电子计算机来建立这种分子模型。在显示的图像上，这就是一对碱；连接两端的虚线则是聚合这两个碱的氢键。

我们将把它竖立起来，并用这种方式迭加累积。现在，我们将在电子计算机图像的左下端把这种碱迭加起来，这样，我们将建立 DNA 的整个分子结构，而且的确是一级一级地建立起来的。

现在是第二对碱；它可能与第一对同样，也可能是另外一类，无论如何，它应该转向。

我们把它迭加在第一对上面，并转动 36 度。然后是第三对碱，我们照此办理，并依次类推。

这些梯级就是一种密码，它将一步一步地阐明细胞怎样制造生命必需的各种蛋白质。可以看出，基因正在我们眼前形成，糖和磷酸的两道扶手紧紧抓住螺旋梯的两侧。这种螺旋形的 DNA 分子结构就是一个基因，一个行动中的基因，这些梯级就是它行动的步骤。

1953 年 4 月 2 日，詹姆斯·华特生和弗朗西斯·克里克寄给《自然》(Nature) 杂志一篇论文，阐明了他们为之工作了 1 年半的这种 DNA 结构。按照在巴黎的巴斯德研究所和加利福尼亚的索尔克研究所工作的贾奎斯·莫诺 (Jacques Monod) 的说法：

DNA 是生物中恒处常在的基本因素。这就是为什么孟德尔对基因是遗传性状的永恒载体的定义，爱威瑞 (Avery) 所作的化学鉴定 (为赫希 (Hershey) 所证实)，以及华特生和克里克所阐明的原状复制功能的结构基础，无疑构成了在生物学领域作出的最重要的发现的原因。当然，还应该加上自然选择理论，其确定性和全部意义只是由于有了这些发现才得以证实。

这种 DNA 结构模型显然有助于解释甚至在性出现以前对生命至关重要的复制过程。当一个细胞分裂时，这个双螺旋链就分离开来。每一个碱紧连着它所属配对的另一个成员。这就是在双螺旋链中有一个多余的部分的原因：因为每一半螺旋都携带着完整的信息或指令，当一个细胞分裂时，一个同样的基因就被复制出来。在这里，这个具有魔力的数字“二”就成为细胞分裂时传递其生命同一性的手段。

DNA 螺旋不是一座纪念碑。它是一个指令，是一种活生生的运动着的物质，它说明了细胞怎样一步一步地实现生命过程。生命遵循某种时间表，而 DNA 螺旋的梯级则将这一时间表按照必须经过的程序编译成密码，并发出信号。细胞的机制一个接一个地顺序判读这些梯级的密码。连续的三个梯级就充当了指示细胞制造一种氨基酸的一个信号。当所有的氨基酸先后形成以后，它们就在细胞中排列起来，组合成为蛋白质。而这些蛋白质就是细胞中生命的动因和构成单元。

只是除了精子和卵细胞之外，生物体内每一个细胞都具有创造整个生

物的全部潜在能力。精子和卵细胞是不完整的，它们本质上各是半个细胞：它们各自携带着基因总数的一半。当卵子受精时，正如孟德尔预料的，这些基因成双成对地聚集起来，而全部指令又重新组合了。于是，这个受精卵就成了一个完整的细胞，而且成为生物体内每一个细胞的典范。

因为每一个细胞都是由于受精卵的分裂而形成的，它们在遗传特性上与它别无二致。正如一个小鸡的胚胎，这个动物整个一生中保持着受精卵所遗传下来的东西。

在这个胚胎发育生长时，它的细胞也在发生不同变化。沿着原条（primitivestreak），神经系统开始出现，在原条两侧的细胞将形成脊柱。细胞特化了：分为神经细胞、肌肉细胞、结缔组织（韧带和腱）细胞、血细胞和血管。细胞的特化是因为它们接受了DNA制造各种蛋白质的指令，而这些蛋白质分别适应于特定的细胞而不是一切细胞的功能。

DNA就是这样起作用的。

婴儿从呱呱坠地开始就是一个个体。他从父母双亲那里得来的基因配对的结果生动丰富，变化多端。孩子从父母那里继承天资，而偶然性已使这些天资以一种新的、创造性的方式编排起来。孩子并不是他的继承性的囚犯，作为一个新的创造物，他自有其继承性，而他未来的行动将表明这一点。

这个孩子是一个个体。但蜜蜂却不是，因为一只雄蜂只是一连串的同复制品之一。在任何蜂群中，蜂王都是唯一能生育的雌性。当它在半空中与一只雄蜂交配时，它不停地吸取雄蜂的精子，直到雄蜂死去。如果蜂王将精子含着卵子一道产出，它就生出一只雌性的工蜂。而如果它产下卵子而没有精子，生出来的就是一只雄蜂，而这是一种单性繁殖。蜂群是一个极权主义的乐园，永恒的忠诚，永恒的稳定，因此它使自己免于变异的冒险，而正是变异推动着、改变着较高级的动物和人类。

通过无性繁殖，在较高级的动物中，甚至在人类中，有可能创造一个如蜂群那样刻板而僵硬的世界：这就是说，从单亲细胞中培养出无性系的同类动物，让我们从一种两栖动物——美西螈——（theaxolotl）——的混合种群谈起。假设我们选定一种类型，即其中有斑点的那一种。先从有斑点的雌性螈身上取出一些卵子，培养成天生带有斑点的胚胎，然后从胚胎中取出一定数量的细胞。从胚胎的任何部分，我们都可以得到遗传性状相同的细胞，而每一个细胞都可以长成一个完整的动物——我们的实验程序将证明这一点。

我们将要从各个细胞中培养出同一种动物。我们需要一个载体，在其中培养这些细胞，任何一种美西螈都可以成为这种载体——它可能是白色的。我们从载体体内取出未受精的卵，破坏每个卵中的细胞核。然后，我们将一个带斑点的无性系亲本的同质细胞植入其中。

这些卵就会长成带斑点的美西螈。

以这种方法制成的无性系同质卵同时生长起来。每一个卵同时分裂——一次，二次，不断分裂下去。这一切都很正常，就像任何一种卵一样。在下一个阶段，单个细胞的分裂再也看不见了。每一个卵都已变成一种网球状物，而且开始从里向外翻转——或者更确切他说，从外向里翻转。所有的卵仍步调一致。每一个卵反复分裂，最后构成一条美西螈，也总是步调一致：这是一个组织严密的世界，其中每一个单位都在同一时刻一致服从每一个命令，除非某一个已被剥夺了这种能力而落后于其它单位。最后，我们得到了

无性系的美西螈个体，它们每一个都是与亲本一模一样的复制品，每一个都像雄蜂一样，是单性繁殖产生的。

我们是否也应该制作无性系的人类呢？——制成美丽母亲和聪明父亲的复制品。当然不。我认为，多样性是生命之所系，而且，我们决不能为了任何偶然激发我们的想象——即使是我们的遗传学想象——的形式而抛弃这一点。无性系是一种生命形式的凝固化，而且与创造——首先是人的创造——的整个趋势背道而驰。进化基于变异，并且造成多样性，而且，在所有动物中，人最富于创造性，因为他具有、并且表现出最大量的差异。每一种使人整齐划一的企图，生物学上的、感情上的或理智上的企图，都是对生物演化进程的一种背叛，而人类已成为进化的顶峰。

但是，奇怪的是，人类文化中创造的神话似乎渴望回到某种古老的无性繁殖中。在关于万物起源的古老故事中，有一种奇特的性抑制。夏娃(Eve)就是从亚当(Adam)的肋骨无性而生，这表现出一种对单性繁殖的偏好。

幸而人类并没有凝固化为一模一样的复制品。在所有人种中，性已高度发展。女性总是善于接受，她们有着永恒的生命源泉，她们积极参与人类的性选择。夏娃的苹果(Eve's apple)使人类得以繁衍；或者，至少使这个故事成为永世不衰的既定看法。

显然，就人类而言，性具有一种非常特殊的性质。性具有一种生物学上的特殊性质。关于这一点，让我们采用一个简单而又实事求是的判断标准：人类是唯一的、其女性的性欲亢进的物种。这很有些不同寻常，但确乎如此，这一事实表明，一般来说，男人和女人的差别要比其它物种小得多（在生物学意义上和性行为方面）。说起来似乎有些奇怪。但是，在大猩猩和黑猩猩的雄性和雌性之间，却存在着巨大的差别，这也是显而易见的。按照生物学的说法，在人类中间，二态现象(dimorphism)微不足道。

关于生物学就谈到这里。但是，在生物学与文化之间的交界线上，有一个切实表明性行为中的对称性的平均点，我认为，是十分突出的。这一点十分明显。人类是唯一一面对面交配的物种，在所有文化形态中普遍如此，在我看来，这是在人类进化中一直起着重要作用的一般均等性的表现，可以追溯到“南方古猿”和第一位工具制造者的时代。

为什么我这样说呢？在这里，我们需要作一些解释。我们不得不解释100万年，300万年，甚至可以说500万年以来人类进化的速度。那真是太快了。自然选择并没有这么快地对一般动物物种起作用。我们人类一定是采用了某种我们自己的选择方式，我们显然选择了性选择的方式。已经有证据表明，女人一般总愿嫁给与自己智力相近的男人，而男人则娶与自己智力相近的女人为妻。而且，如果这种偏好真的可以追溯到上百万年以前的话，那么，这就意味着，对两性双方来说，对技艺才干的选择一直是十分重要的。

我相信，一旦人类的先行者用双手制造工具而开始变得灵巧，用大脑构思这些工具而开始变得聪明，这些灵巧而聪明的人就享有一种选择的优势。他们能够比其他人占有更多的配偶，生育和抚养更多的后代。如果我的这个推测是正确的，那么，我们就可以解释那些手指灵巧、才思敏捷的人是怎样主宰着人类的生物进化，并且如此迅速地推动着这种进化的。这也表明，即使是在人类的生物进化中，人类仍然受到一种文化才能的激励和促进，这就是制造工具和制定社会计划的能力。我想，在所有文化形态——而仅仅是人类文化形态——中，家族和社会对于安排所谓“天作之合”的关注，仍然

是上述选择的一种表现。

然而，假如这是唯一的选择因素，那么，我们之间就应该比今天育更多的相似之处。是什么使人与人之间始终保持着差异呢？这是一个文化的原因。在每一种文化形态中，都有一些有助于产生差异性的特殊保证。其中最为突出的是对乱伦的普遍禁止（这仅仅对平民百姓而言——对皇族是不适用的）。对乱伦的禁令仅有一个用意，就是防止年长的男性控制一群女性，如同类人猿那样。

我认为，男性和女性选择配偶的这种先入之见，是人类赖以进化至今的主要选择性约束力的不断仿效与重复。人类所有的恩爱温情，所有的婚姻的踌躇延宕，所有的准备和尝试，都是人们对于配偶的潜在品性的高度重视的某种表现。贯穿所有文化形态的普遍性并不多见，这是耐人寻味的。我们人类是一种文化的物种，而且我相信，我们对于性选择的独特关注促成了这一点。

世界上绝大部分文学作品和艺术作品，都被青年男女交往相会的题材所占据。人们倾向于把这种情形看作是一种无须解释的关于性的见解。但我认为这是一个错误。恰恰相反，这说明了一个更为深刻的事实，即人们并非总是关心选择什么人同床共枕，却关心选择什么人为他们生儿育女。性，作为一种生物的官能，可以说始于绿色的海藻。但是，在人类上升的历程中，作为人类文化进化的基本官能，它又是人类自己创造的。

精神之爱与肉体之爱不可分割。约翰·堂思（JohnDoInne）曾写过一首诗，题为《惊喜》（TheExtasie），全诗近80行，现摘引8行如下：

我们整天一动不动，
我们整天沉默不言。
哦，我们为何克制自己的肉体。
时间是那样漫长，那样的久远？
我们倾吐着爱的衷肠，
惊喜的情感使我们不再惆怅。
爱的神秘在灵魂中萌发生长，
但只有肉体才切实可感。

第十三章 漫长的童年时代

我在冰岛开始撰写这最后的一章，因为这里是北欧最古老的民主政体之乡。在辛格韦德利（Thingvellir）有一处天然的圆形凹地，没有任何建筑物。冰岛的“奥尔生”（theAllthing）（即冰岛古代斯堪的那维亚人的整个社会）每年来这里聚会，制定和通过法规。

这一习俗大约开始于公元900年，那时基督教还没有传来，中国还是一个大帝国，欧洲大陆成了诸侯王公和强盗贵族们横行的乐土。不过，这可说是民主政体的一个不同寻常的开端。

然而，更值得注意的是，人们之所以选择了这个多雾而奇寒的地方，是因为拥有这块地盘的一个农夫杀死了一个奴隶，而不是一个农夫，仍逍遥

法外。在各种奴隶占有制文化中，正义很少是不偏不倚的。不过，它又是一切文化形态所共有的。这犹如走钢丝，人们在实现一己欲望和承认社会责任之间常常难以保持平衡。没有一种动物会面临这样的困境：即它既是一种社会的动物，又是一种个体的动物，只有人类才力图兼而为之，成为一种社会性的个体动物。在我看来，这是一种独特的生物学特征。正是这类问题，促使我去研究人的特性，也是我想要在这里加以探讨的。

一想到正义竟然是人类天性的一部分，不免令人吃惊。然而，正是这种想法使我脱离物理学，转而研究生物学。也正是这一想法使我懂得，一个人的生命，一个人的家庭，就是研究人的生物学特性的理想场合。

当然，人们历来以一种不同的方式看待生物学：认为对人和动物之间相似之处的研究主宰着整个生物学。例如早在公元 200 年前，古代医学的经典作家克劳迪厄斯·盖伦（Claudius Galen）就曾研究过人的前臂。他是怎样进行研究的呢？他从解剖一只北非无尾猿（aBarbaryape）的前臂入手。在进化论诞生并使解剖学成为正当的学科之前，人们不能不这样开始，只能用动物作为研究人体的依据。时至今日，康拉德·洛伦茨（Konrad Lorenz）关于动物行为的卓越工作，仍然使人们设法寻找鸭、虎和人之间的相似之处；此外，斯金纳（B.F. Skinner）对鸽子和老鼠的心理学研究，也是这样。他们确实使我们从中了解到关于人类的某些东西。但他们说明不了一切问题。必定还有一些东西是人类独有的，否则，鸭子也可以口若悬河，大谈康拉德·洛伦茨的情况，老鼠也可以妙笔生花，写作关于斯金纳的论文了。

让我们直截了当地说吧。马和骑手有许多解剖学上的共同特征。然而，是人骑马，而不是相反。骑手就是一个很好的例证，因为人并非生来就要骑马。在人的大脑中，并没有骑马的机制。骑马的发明迄今不过 5000 年，比较而言不算长久。但这一发明却产生了深远影响，例如对人类社会结构的影响。

人类行为的可塑性使这一切成为可能。这就是人类特征之所在；这体现在我们的社会制度中，而对我来说，首先体现在书本之中，因为书本是人类思想淋漓兴会的不朽结晶。有两位人物之于我，犹如我的双亲一样，使我深深怀念：18 世纪初，伊萨克·牛顿这位领导英国皇家学会的伟大人物，和 18 世纪末，写下了《天真之歌》（the Song of Innocence）的威廉·布莱克。他们代表着人类智慧的两个方面，而这两方面又都是行为生物学家所说的“物种特性”（Species-specific）。

我怎样才能最简洁明了地表述这一点呢？最近，我写了一本书，题为《人的同一性》（The Identity of Man）。直到我收到那已印好发行的书，我才看到英文版的封面。然而，设计封面的艺术家完全理解我的思想，他把一幅大脑的图象与《蒙娜丽莎》重叠起来，作为封面的图案，他就是这样表达了这本书的内容的。人是非凡的，并不是因为他从事科学；人是非凡的，也不是因为他从事艺术，而是因为科学和艺术都是人类头脑惊人的可塑性的表现。《蒙娜丽莎》是一个很好的例证，因为除此之外，列奥纳多·达芬奇（Leonardo da Vinci）大半生又干了些什么呢？他还画过一些解剖图，例如在英国温莎皇家收藏馆的那幅子宫里的婴儿图。而人类行为的可塑性正是从大脑们婴儿那里开始发源的。

我有一件珍藏：这就是汤恩孩头骨的石膏模型，这个头骨已有 200 万年历史了。当然，这还不是严格意义上的人类孩子。但是，假如她——我总

认为这是一位女孩——活得足够长久，或许就是我的祖先。我的大脑与她的究竟有什么区别呢？简单说来，仅有大小的区别。

如果她长大成人，她的脑重可能会超过一磅。而我的脑重，即今天人脑的平均重量，为三磅。

对于什么神经结构、神经的单向传导组织以及古人和今人的脑，这里我都不打算谈了。

因为这些都是人类和其它许多动物所同样具有的器官。我要谈论的是作为人类特性标志的大脑。

我们首先要问，人脑是一台性能更为优越——也更为复杂的电子计算机吗？当然，艺术家特别倾向于这样看待人的大脑。于是，特里·德拉姆（Terry Durham）在他的《布朗诺夫斯基博士肖像》中，画上了光谱和计算机的象征，因为这就是艺术家想象中的科学家的大脑。但自然这是不正确的。如果人脑是一台计算机，那么，它就会按照既定的预置程序的控制而活动。

再举一个例子，我的朋友丹·莱尔曼（Dan Lehrman）在他的著作中对斑尾林鸽性交行为的描述，堪称风趣感人，如果雄鸽咕咕叫个不停，鞠躬如也，恰到好处，就会使雌鸽兴奋不已，激素分泌，有条不紊地去建造一个安乐窝。它的动作细致入微，井然有序，虽然未经指点传授，却丝毫不差。从来也没有谁给它一套积木，让它学着筑巢。但是，除非小孩会搭积木，你就不能指望人会修建任何东西。而帕特农神庙（the Parthenon）、泰姬·玛哈尔陵（the Taj Mahal）、萨尔坦尼亚（Sultaniyeh）的圆顶宫殿、瓦兹塔楼、马丘比丘城和五角大楼（the pentagon）一类建筑正是从这儿发端的。

我们不是生来就按既定程序行事的电子计算机。如果我们是某种机器，我们就是一种学而不厌的机器，而且是在大脑的特定部位进行我们的重要学习活动的。这样，你已经看到，在人脑进化过程中，它的体积并没有增大到相当于以前的2倍、3倍。它只是在一些特定的部位有所增长：例如控制手、言语、预见和计划的那些部位。

首先来看看人的手吧。的确，人类最近的进化开始于人手的不断发达，以及对特别善于运用手的一种大脑构造的自然选择。我们在手的动作中获得快感，而对艺术家来说，手却始终是一个重要的象征。例如，释迦牟尼（Buddha）像以平静泰然的手势，使人感到仁慈、博爱和大无畏的天赋品格。但在科学家看来，这只手又具有一种特殊的姿势：我们能够使拇指和其他手指相对。是的，这一点猩猩也能做到。但是，我们能够准确无误地用拇指触及食指，这就是人类特有的一种行为姿势了。而人之所以能做到这一点，是因为人的大脑有一个部位，相对说来它是如此之大，我最好这样给你描述一下：人脑用于操纵拇指的灰白质比控制胸、腹部的灰白质加在一起还要多。

记得我的第一个女儿出世后仅四五天，我这个年轻的父亲轻轻走近她的摇篮，头脑中想到的是：“这真是奇妙的手指，直到指尖，每一个关节都那么完美无缺。给我100万年时间，我也不可能设计得如此精细。”然而，人手促进人脑的发展，人脑反过来又促进人手的发展，以至达到人类进化的目前阶段：这确实使我、使人类花费了整整100万年时间。整个手由大脑的某一部位所支配，这个部位位于头顶附近。

接下来，我要谈到的是其它动物根本没有的、而为人类大脑所特有的部位：言语的部位。它位于AgrNth两个相互连结的区域；一个靠近听觉中心，而另一个更靠前，位置更高，位于大脑的前半球。这是事先装置好的吗？

是的，从某种意义上可以这么说，因为假如我们没有这种完整的言语中心，我们就全然不能讲话。那么，讲话必须通过学习吗？当然是。我讲英语，是因为我在 13 岁时学会了英语，但如果我从前未曾学过语言：我就不可能讲英语。假如让一个小孩直到 13 岁都不讲话，那就几乎不可能再学会什么语言了。我学会讲英语，是因为我在两岁时学会了波兰语。虽然我已将波兰语遗忘得干干净净，但我倒底学过语言。在这里，如同在人的其它天赋才能中一样，大脑被用来从事学习。

从另一方面看，这些言语中心非常奇特，但却是人的独特之处。众所周知。人脑的两个半球并不是对称的。观察的结果，我们都很熟悉。这些结果表明，人和其它动物不同，他明显地有惯用右手和惯用左手之分。言语也是在大脑的一侧得到控制，但这却是固定不变的。

无论你是左撇子或是惯用右手，言语区域总是位于大脑左侧。当然也有例外，正如有的人的心脏就在胸腔的右侧，不过，这种例外是非常罕见的。总而言之，言语区位于大脑左半球。

那么，大脑右半球的相应部位又是什么呢？迄今我们还尚未弄清楚。我们不知道与左侧主管言语功能的部位相对的右侧部位究竟起什么作用，但是，看起来似乎是，这些部位接收通过眼睛输入的信号——即视网膜上的二维平面图像——并把这种信号转变成或组织成三维立体图像。如果这是正确的，那么，在我看来，问题就一目了然了，言语也是一种把世界分组成各个部分，又把它们像活动图像似地重新组合起来的一种方式。

人对于自身体验的组织是非常富于远见的，这就涉及到了人类特性的第三个组成部分。

大脑的主要组织位于额叶和前额叶。我，以及每一个知书识礼、高额秃顶的人的大脑就是这样工作的。相比之下，我们知道那个汤恩孩的头骨显然不是一个新近死亡的孩子的头骨（人们在鉴定一块化石时，曾犯过这种错误），这是因为汤恩孩的前额还相当倾斜的缘故。

那么，这些宽大的前额叶究竟起着什么作用呢？它们可能育几种功能，肯定有一种特殊而重要的功能。它们使你能够考虑未来的行动，期待到那时得到报偿。瓦尔特·亨特（Walter Hunter）在大约 1910 年时就曾对人的这种延迟反应（delayed response）做过一些出色的实验，后来雅各布森（Jacobsen）在 30 年代又进一步完善了这种实验。亨特所做的实验是：他拿来一件奖赏物，让一只动物看了后，再把它藏起来，在实验室的宝贝——老鼠——身上看到的结果最为典型。如果你拿来一只老鼠，让它看见奖赏物。随即把它放开，这只老鼠就会立刻奔向那藏起来的奖赏物。但是，如果你让老鼠等上几分钟，那么，它就不再能够确定该到哪里去寻找这件东西了。

当然，儿童就大不一样了。亨特对孩子做过同样的实验，而儿童可以等上半小时，也许一小时。有一次，亨特在让一位女孩等待时，一直设法同她逗乐，谈话。最后，这位女孩对他说：“算了吧，我想你不过是想使我忘记它。”计划找到远处的奖赏物的行动的能力，是延迟反应的杰作，社会学家称之为“满足的延缓”。这是人脑的最主要的一种天赋，动物的大脑只有在达到人类近亲猴子和猩猩那样的进化水平以后，才会具有与此相当的能力。这种人性的发展意味着，实际上在人类的早期教育中，人就与决定的延缓相关连。在这里，我所要说的与社会学家有些不同。为了给未来作好准备，积累足够的知识，我们不能不推迟作出决定。这样说，似乎异乎寻常。但这

正是人的童年、青春发育期和青年的含义之所在。

我想不无戏剧性地强调这种决定的延缓——我说“戏剧性”，是从字面意义上来讲的。

英语文学中主要的戏剧杰作是什么呢？是《哈姆雷特》(Hamlet)。这出戏的内容是什么呢？是关于一个年轻人——一个男孩——的故事。他面临着生平第一次重大抉择。但这个抉择超出了他力之所及：杀死那个害死他父亲的凶手。其实那鬼魂也用不着一个劲儿地催促他，说什么：“复仇！复仇！”事实上，哈姆雷特作为一个年轻人，根本没有成熟。无论是在理智上还是在感情上，他都无法将鬼魂的要求付诸实施。整出戏剧就是他在和自己作斗争时，他的最后的抉择的无尽延宕。

该剧的高潮是在第三幕中间。哈姆雷特看见国王在祈祷。这里，舞台说明是如此让人莫名其妙，他竟然听到了国王正在忏悔他的罪孽。这时哈姆雷特说什么呢？“我正好动手！”但他并没有动手；他对在自己少年时代就要采取如此重大的行动并无准备。于是在该剧结束时，哈姆雷特被暗害了。但是，悲剧不在于哈姆雷特的死；而恰恰在于当他准备成为一个伟大的国王的时候，他死了。

在人的大脑成为一个行动的器官之前，它必须成为一个准备的器官。为此，牵涉到一些特定部位，例如，前额叶不能受到损伤。但在深刻得多的意义上，这取决于人类童年的长期准备。

按照科学概念，人类是稚虫态延长(neotenous)，就是说我们像所有的胎生动物一样产生于子宫。也许，这就是自文艺复兴以来，人类文明、人类的科学文明钟爱儿童的象征胜过其它任何象征的原因：拉斐尔(Raphael)描绘的和帕斯卡尔(Blaise Pascal)再现的圣婴；还有年轻的莫扎特和高斯；琼·雅克·卢梭(Jean Jacques Rousseau)和查尔斯·狄更斯(Charles Dickens)笔下的孩子们。直到我从加利福尼亚乘船南航来到 4000 千英里以外的复活节岛以后，我才开始注意到，另有一些文明的情况并非如此，这使我不胜震惊。在那里，历史的差异给我留下了十分深刻的印象。

往往有某个幻想家虚构了某种新的乌托邦：如柏拉图(Plato)、托马斯·莫尔爵士(Thomas More)、H.G.威尔斯(H.G. Wells)；而且总认为英雄形象会千年永存，如希特勒所说的那样。然而，这些英雄形象看上去总像那复活节岛上冷漠、呆板、古老的雕像——对了，它们看上去像墨索里尼(Mussolini)！甚至从生物学角度来看，这也不是人的个性的本质。就生物学而言，人是可以改变的，他既敏感、又易变，能适应多种不同的环境，决不安于现状。人类真正憧憬的是孩子的奇境，是圣母和圣婴，是神圣家族(the Holy Family)。

当我还是一个 10 来岁的孩子时，我常在星期六下午从伦敦东区走到大英博物馆，去看那博物馆过去没有的一座来自复活节岛的雕像。我喜欢那些古人的雕像。但是，到头来，它们全都不及一个孩子的天真面容引人注目。

如果我在谈到复活节岛上的雕像时，不够克制，那是事出有因。请想一想人类进化在孩子大脑发育上付出的代价吧。我的大脑重约 3 磅，我的体重超出脑重 50 倍。但当我降生时，我的躯体不过是头颅的附属物，仅有大脑的五六倍重。在人类历史的大部分时间中，各种文明一直严重地忽略了这样一个巨大的潜在因素，事实上，人类文明的童年是最漫长的童年，我们仍在学会如何理解这一点。

在人类历史的大部分时间中，人们总是要求孩子符合成年人的形象。我们曾随波斯的巴克提王利人在春天的迁徙中一道旅行。他们就像任何幸存的而又正在消亡的民族一样，接近于1万年前那种游牧生活方式。在这样的古老生活模式中，你到处可以看到：成年人的形象在孩子眼中光彩照人。那些女孩是成长中的小母亲。男孩则是小牧人。他们甚至像他们的父辈那样举手投足。

当然，在游牧生活和文艺复兴之间，历史并未停滞不前。人类的上升从来没有停止过。

但是，年轻人的上升，人才的上升，富有想象力的人的上升：这期间曾有过多次间歇。

历史上当然有过伟大的文明形态，我是何人，岂敢轻视埃及、中国、印度，抑或欧洲中世纪的文明？但是，就这一点而言，可以说它们都失败了，它们都限制了年轻一代的想象的自由。它们是静止的，而且是少数人的文化。说它们静止，是因为儿子今天之所为，是他的父亲过去之所为，他父亲之所为，又是祖父之所为。说它们是少数人的，是因为人类产生的全部才华，只有很少一点得到应用；人们学读书，学写字，学习另一种语言，极其缓慢地在荣迁高升的阶梯上爬行。

在中世纪，升迁的阶梯要经过教会，对一个聪明伶俐而又贫苦无告的孩子来说。要想出入头地，别无它途。而在阶梯的尽头，总有一个形象，一个神灵的化身，说道：“尔等终成正果，汝不应疑惑。”

例如，伊拉斯莫斯（Erasmus）在1480年成了孤儿时，他不得不准备在教会中供职。这种职业在当时就像现在一样优越。伊拉斯莫斯本人可能参加过14世纪的流动弥撒。但是，对伊拉斯莫斯来说，修道士生活不啻是一道把他与知识隔离开来的铁门。只有在他无视诫条，阅读古代经典时，世界才向他豁然敞开。他说：“此书是异教徒为异教徒而作，里面却有正义、尊严和真理。我情不自禁他说出：‘圣苏格拉底，为我祝福！’”伊拉斯莫斯有两位莫逆之交，即英国的托马斯·莫尔爵士和瑞士的约翰·弗洛本尼留斯（Johann Frobenius）。从莫尔那里，他得到了那种我初次来到英国时的感受，那种与睿智文明之士为友的快乐；从弗洛本尼留斯那里，他感受到了印刷成册的书的强大力量。弗罗本尼斯及其家人在16世纪是古典著作，包括医学著作，最杰出的印制者。我认为，他们印行的希波克拉底（Hippocrates）的著作是所有印刷得最漂亮的书籍中的一种，在这一页上，印行者的欢乐之情犹如书中蕴含的知识一样充满力量。

这三个人和他们的书——希波克拉底的著作，莫尔的《乌托邦》（Utopia），伊拉斯莫斯的《愚人颂》（The Praise of Folly）意味着什么呢？对我来说，这是人类理智的民主；这就是为什么，在我的思想上，伊拉斯莫斯、托马斯·莫尔和弗洛本尼留斯作为他们时代的伟大里程碑巍然耸立的原因。这种人类理智的民主来自这本印行的书，而它在1500年提出的问题留传至今，仍使学者们为之骚动不安。托马斯·莫尔因何而死？他的死，是由于国王认为他权势倚重。而莫尔、伊拉斯莫斯，以及今天每一个才智之士，只是想成为人类永恒信念的一位卫士而已。

智者的领导与世俗的权威之间的冲突由来已久。当我从那利哥走上耶稣走过的那条道路时，我才领悟到，这种冲突是多么古老，多么痛苦。我对天地相交处的耶路撒冷的最初一瞥，就像耶稣已知必死时途中所见。耶稣之

所以死，是因为他那时是人民智慧和道德的领袖，但他所面对的，是一个政府左右宗教的权力集团。而这些领袖们一次又一次面临的选择的关头：雅典的苏格拉底；在凄惨与雄心之间煎熬的爱尔兰的乔纳森·斯威夫特；印度的圣雄甘地（Mahatma Gandhi），和拒绝担任以色列总统时的阿尔伯特·爱因斯坦。

我有意提及爱因斯坦的名字，因为他是一位科学家，而 20 世纪人类智慧的领导能力取决于科学家。不过，这个事实包含着一个严重的问题，因为科学是力量的源泉，其步态举止追随着政府，而国家也企图加以利用。但是，假如科学允许自己走上那样一条道路，那么，20 世纪人类的全部信仰都会灰飞烟灭，成为玩世不恭的犬儒哲学。人类将由此而失去信仰，因为在这个世纪，如果没有以对人类独特性的认识，以一种对人类天赋及其杰作深感骄傲的科学为基础，任何信仰都无法建立。科学的天职不是继承这俗世尘缘，而是要将这种道德的想象传之久远；因为如果失去这种想象，人、信仰和科学将会同归于尽。

此时此刻，我必须具体地谈谈这个问题。在我看来，体现了这些问题的人是约翰·冯·纽曼（John von Neumann）。他生于 1903 年，是匈牙利一个犹太家庭之子，假如他早出生 100 年，那就注定会默默无闻。他将步他父亲和祖父的后尘，皓首穷经，注释教义。然而相反，他是一个数学奇童，“约翰尼”的昵称伴随他终生。在 10 多岁时，他就写出了一些数学论文。他同时在两个课题上成就杰出，因此在 25 岁以前就闻名遐迩。

我认为，我应该说这两种课题都和游戏有关。我们必须看到，从某种意义上说，全部科学，人的全部思想，都是某种形式的游戏。抽象思维只是人类智慧的新生儿，人们由此可以在以后继续从事那些没有直接目的的活动（其它动物只在幼小时才做游戏），从而为长远的谋略和计划作好准备。

第二次世界大战期间，我在英国与纽曼共事。在伦敦的一辆出租汽车上，他第一次对我谈到他的“博弈论”——出租汽车是他偏爱谈论数学问题的场合之一。由于我是一个棋迷，我很自然地对他说：“你的意思是，博弈论就好似下棋。”他说：“不，不。下棋不是一种博弈。下棋只是精确的计算形式。在下棋时，你可找不到答案，但在理论上，在任何情况下都必定有一种结局，一种正确的步骤。而真正的博弈决不是这样的。真正的生活亦非如此。

在真正的生活中，充满假象和变幻莫测的细微手段，以及对什么是别人以为我要做的事的种种揣度。这才是我的理论中博弈的含意。”而且这也是他的著作的内容。在这部题为《博弈论与经济行为》（Theory of Games and Economic Behavior）的大部头的严肃著作中，竟有一章叫作“纸牌戏与讹诈”，这看起来很奇怪。当看到其中充满堂而皇之的方程式时，就更加令人吃惊和望而生畏了。数学可不是什么华而不实的东西，对像纽曼这样异常锐利和敏捷的头脑来说，尤其如此。贯穿这一页手稿的，是一条清晰的智慧的线索，婉转如歌，而那些沉重的方程式，不过是这首交响乐演奏中的低声部。

在他的后半生，纽曼使这个课题成为我所谓的他的第二个伟大思想。他意识到，电子计算机在技术上的重要性，但他也开始意识到，人们必须清楚地懂得，真实生活的情景与电子计算机的情况是多么不同，这完全是因为真实生活中根本没有博弈对坐或工程计算的那种精确答案。

我将使用我自己的语汇来描述纽曼的成就，而不用他那些技术性词语。他区分了近期的战术和长远的战略。战术可以精确计算，但战略却不能。而纽曼在数学和数学思想上的成功，在于他表明，毕竟还有制定“最佳”战略的途径。

在他最后的岁月里，他于 1956 年写出一本题为《电子计算机与大脑》（The Computer and the Brain）的杰作。本来这部书是为“西利曼讲座”写的，但他因重病未能举行这次讲演。在这些讲稿中，他认为人的大脑具有某种语言，按照这种语言，大脑不同部位的活动彼此相连，互相配合，使我们制定计划，设计程序，犹如一种包罗万象的生活方式——在人文科学中，我们称之为一种价值体系。

纽曼惹人喜爱，富有个性。他是我所知道的最聪明的人，无人与之比肩。如果说，一位天才就是一位有“两个”伟大思想的人，他就是一位天才。他于 1957 年溘然长逝，这对我们大家来说，是一个巨大的悲剧。而这并不是因为他谦逊可亲。记得战争期间，我们一道工作时，一次曾共同解决一个难题，他立刻对我说道：“哦，不，你没有领会这个问题。你那形象化的头脑在这里不管用。抽象地想一想吧。在这张强显影的照片上，一阶导数同时消失，这就是为什么只能看到二阶导数的轨迹的原因。”正如他所说，这不是我的思考方式。但是，我还是让他去了伦敦。而我则动身去乡下我的实验室，工作到深夜。大约到了半夜，我得出与他一致的结论。想到纽曼总是睡得很晚，我出于好心，直到上午 10 点钟以后才去叫醒他。我打电话到伦敦他下榻的旅馆，他在床上接了电话。我说：“约翰尼，你是对的。”他答道：“你一大早叫醒我，就是要告诉我我是对的吗？劳驾等我出了错再说吧。”

这是否听起来显得桀骜不驯呢？并不是。这是他的生活的真实写照。这里面有某种东西使我想起，他虚掷了他生命的最后光阴。他没有完成这项伟大的工作，而在他身后，这一直是一件非常困难的工作。他之所以没有完成，是因为他放弃了反躬自问，别的“人”是怎样看待问题的。他越来越热衷于为私人公司、工业和政府工作。这些事务使他到达权力中心，但并没有促进他的学识，也没能促使他与别人的亲密相处——他们至今仍然不明白，对于有关生活和思想的充满人性的数学，他究竟想干些什么。

纽曼热衷于知识的专制。而这正是一种只能摧毁人类文明的信念。如果我们有什么作为的话，我们就必须组成知识与才智的民主政体。我们的文明决不能由于人民与政府、人民与权势之间的疏远而灭亡，而巴比伦、埃及和罗马就因此而衰落。只有当知识被没有野心控制他人的人，而不是那些独裁的权势集团所掌握，这种疏远才有可能予以弥合或缩小。

这似乎是一个沉痛的教训。这个世界毕竟是由专家管理着的：这不正是人们所说的科学社会吗？不，不是的。科学社会只是这样一个社会，专家们确实能够从来诸如电气方面的工作。但是，只有你，只有我，才必须了解“自然”的造化，以及从这个意义上，运用我的头脑，了解例如电是怎样成为自然造化的一种表现。

我们并没有推进那一度吸引纽曼的对人的生命与大脑问题的研究。那么，有可能为我们所推崇的完整的人和完善的社會行为方式找到令人满意的基础吗？我们已经看到，人类行为的特征就是一种内在的延宕，以便为将来先后采取的行动作好准备。在人类漫长的童年和缓慢的成熟过程中，这种延宕的生物学基本原理贯穿始终。但人类行动的延宕远不仅限于此。

作为成年人，作为决策者，作为人类，我们的行动受到价值观念的制约，我把这种价值观念理解为人们平衡对立冲动的总策略。事实上，我们并不是依靠任何一种解决难题的计算机程序生活。人类生活的难题在这样一种意义上是不可能得到解决的。相反，我们只能通过寻找指引我们行动的准则以形成我们的行为方式。我们设计伦理规范或价值体系，来确保短期内令人神往之事能与长远的、最终的令人满意之事保持平衡。

我们处于人类知识的奇妙开端。人类的上升总是摇摇摆摆，步履蹒跚。当人类迈步前行时，他们总感到犹疑不定，这只脚是不是真的应该向前迈出呢？我们的前方究竟有什么？终于，人们在物理学和生物学中学到的一切汇聚起来，集中于对人的来源的理解，即，人为何物。

知识不是记录事实的断简残篇。首先，知识是一种责任，使人类始终如一，作为有道德的生物而保持自己的本色。只要你自己囿于陈旧观念的道德束缚，任其他人代你而治理天下，你就决不可能保持明达通变的本性。今天，这个问题非常严重。人们可能认为，建议人们去学导数方式或学电子学、计算机程序编制等毫无意义。但是，在今后 50 年内，如果对人类起源、人类演化、人的历史和人的进步的理解没有成为教科书上的常识，人类也就不复存在了。明天教科书上的平凡常识，在今天就是历险奇遇。而这就是人们从事的工作。

我突然发现自己在西方世界被一种可怕的意志消沉的气氛所包围，不由得感到无限悲哀。人们逃避知识——逃往何处？逃往佛教禅宗，逃在“我们到头来不就是动物吗？”这些虚无玄妙的问题中，逃往超感觉意念和神秘之中。人们并不总是知道自己是否为理解人类自身尽到了最大的努力。人类是大自然独一无二的试验品，用来证明理性智慧比感性智慧更加美妙动人。求知是人类的命运。在我们的前方，是最终将使艺术的表现和科学的解释融为一体的人类的自我认识。

带着逃避的意识谈论西方文明，不免令人气馁。对于人类的上升，我一直非常乐观；难道此时此刻我会放弃乐观的态度吗？当然不会。人类的上升还会继续。但是，不要以为这种上升将由我们所知的西方文明来促成。此时，我们庄置身于历史的天平上。如果我们止步不前，人类之上升还是会迈出新的一步——但不是我们迈出的。亚述、埃及和罗马的文明未能确保无虞，我们的文明也没有这样的保证。我们正在成为别人的过去，而且还未必是从我们的将来回顾的过去。

我们的文明是一种科学文明：这意味着，知识以及人类对知识的不二之诚至关重要。科学并不仅仅是意指知识的拉丁名词。假如我们的文明在人类上升的进程中没有迈出下一步，那么，别的地方的民族，如中国、非洲的民族，就会迈出这一步。我会觉得这是可悲的吗？不，这件事本身不会令我悲哀。人类有权利改变其个性。但是，由于我与哺育我成长的文明休戚相关，我又会因此而感到无比惆怅。是英格兰造就了我，是英格兰教会我她的语言、她的宽容，让我体验到在知识追求中的激情，假如 100 年后，莎士比亚和牛顿，一如今天的荷马和欧几里德，成为历史的陈迹，我和大家一样，也会产生强烈的失落感。

在东非的奥莫河各我曾制作了一组影片。此刻，我又回到这里，因为我对当时发生的一件事仍然记忆犹新，未能忘怀。那一天早晨，我们正动身去拍摄第一辑的片头，一架轻型飞机带着摄影师和录音师从跑道上刚刚起飞

几秒钟便坠毁了。但飞行员和另外两个人竟奇迹般地从飞机残骸中爬了出来，未受损伤。

很自然，这个不祥之兆给我留下了深刻印象。我正准备去揭示历史的陈迹，现实却平静地把手伸到历史的这一页，说道：“就在此时，就在此地。”历史不是事件，而是人。历史不是回忆往事的人，而是在现实中经历了往事的人。历史就是那位飞行员瞬间的决断，这一决断是人类的全部知识和全部科学，以及自人类起源以来所学到的一切智慧的结晶。

我们在营地待了两天，等待另一架飞机。出于好心，但也许不合时宜，我对摄影师说，他可以让别人去拍那些非从空中拍摄不可的镜头。他回答说：“我考虑过了，尽管明天起飞时，我还会感到害怕，但我仍要去进行拍摄，这是我必须做的事。”我们都感到害怕——为我们的自信，为未来，为这个世界。这就是人类想象力的本性。

然而，每一个人，以至每一种文明，由于其必行之事的约束，仍将奋力向前。个人的义务、智慧的天职和感情的承诺，合而为一，促使人类不断上升。

