

卡尔 萨根：宇宙

宇宙

卡尔 萨根

目录

引言

第一章 宇宙的边疆

第二章 宇宙的音乐

第三章 宇宙的和谐

第四章 天堂与地狱

第五章 神秘的红色行星

第六章 旅行者的故事

第七章 夜空的脊柱

第八章 在时空中旅行

第九章 恒星的生命

第十章 永远的尽头

第十一章 给未来的信

第十二章 银河系百科全书

第十三章 为地球呼吁

引言

长期艰苦的研究工作终将揭示现存的奥秘。但是人的生命是有限的，即使将毕生都贡献给太空，我们也不可能透彻地研究这样巨大的课题……所以，只有经过相当长的历史时期，人们才有可能获得对太空的全面认识。将来有一天，我们的后代会因为不懂得那些对他们来说十分浅显的东西而感到吃惊……还有许多东西有待于发现，那时候，我们将被我们的子孙所忘却。如果我们的宇宙不能为每一代人都提供可探索的奥秘，那么，这个宇宙就太渺小，太可悲了……大自然是不肯将其天机一下子全都泄露给我们的。——塞尼卡《大自然的问题》第七卷“第一世纪”。

在古代的日常谈话和生活习惯中，最普通的世事也会跟宇宙间发生的最大事件联系在一起。驱虫咒就是一个很好的例子。公元前 1000 年的亚述人以为地龙（蚯蚓）是牙痛的病魔，他们的咒语以宇宙的起源为开头，以治愈牙痛为结尾：阿努造天空，天空造地球，地球造江河，

卡尔 萨根：宇宙

江河造水流，水流造沼泽，沼泽造地龙，地龙去找沙麦斯和埃，哀求哭泣泪涟涟：“你何以供我餐，你何以供我饮？”“是否以你干无花果。”“干无花果！于我何所用？提携我吧，居我于牙缝与齿龈间！……”哦，地龙，你出言不逊愿埃以其巨掌惩治你！（治牙痛咒语）疗法：将二等啤酒和食油等渗和在一起：默诵三遍以后将该药敷在病牙上。

我们的祖先渴望了解宇宙，但是他们没有其正找到了了解的办法。他们设想了一个既离奇又规则的小宇宙，其中，阿努、埃、沙麦斯诸神掌管着一切。在这个小宇宙里，人类如果不是起着核心作用的话，起码也起着重要的作用。我们人类跟大自然密切地联结在一起；用二等啤酒治牙痛的疗法也与最深奥的宇宙学联系在一起。

今天，我们已经找到了一种有效和精确地了解宇宙的方法，我们把这种方法称为“科学”。科学已经表明，宇宙是如此浩瀚而古老，因此人间世事往往显得无足轻重。随着人类的成长，人类与宇宙疏远了，宇宙似乎与人类

卡尔 萨根：宇宙

的日常生活无关紧要。可是科学发现，宇宙不但横无际涯、辽阔瑰丽，不但可以为人类所了解，而且，从现实和深远的意义上说，人类的命运和宇宙息息相关。人类大大小小的活动都可以追溯到宇宙及其起源。本书探讨的就是这种宇宙观。

1976 年的夏秋，作为“海盗”号着陆舱模拟飞行队的成员，我跟我的百人科学工作队一起探索了火星。在人类历史上，我们的宇宙飞船首次在另一个星球上着陆了。探索的结果（详见第五章）是引人注目的，这一使命的历史意义是举世公认的。然而，大众对这样伟大的事件却几乎一无所知。报刊采取了漫不经心的态度，电视对此置若罔闻。当他们知道“火星上是否存在着生命”这个问题的答案仍然悬而未决的时候，他们的兴趣更是有减无增。他们不容许有任何似是而非、模棱两可的答案。当我们宣布火星的天空是浅黄色而不象原先所误认为的那样是蓝色的时候，记者们一致报以善意的嘘声——即使在这一点上，他们也希望火星跟地球一个样。他们认

卡尔 萨根：宇宙

为，越是证明火星不像地球，读者和观众的兴趣就越小。然而，火星的气势磅礴、景色宏伟。根据个人经验，我确信、全世界对探索行星及其许多类似的科研课题都怀有极大的兴趣——例如生命的起源、地球、宇宙、地外文明的研究、人类和宇宙的联系等等，我还确信，这种兴趣可以通过电视这个最有力的传播媒介而得到激发。

“海盗”号资料分析及探索计划处处长 B·金特里·李是一个具有非凡组织能力的人。我们俩的看法是一致的，我们都跃跃欲试，决定就这些问题做点工作。李建议我们组织一个专门的电视制作公司，用生动活泼、通俗易懂的方法传播科学。后来，我们接洽了若干项目，但是其中最有趣味的是 KCET（美国公共广播局洛杉矶中心站）提出的要求。最后，我们一致同意制作一部关于天文学的 13 集电视连续片。这一套电视片要以人类为中心展开，以普通观众为服务对象，既要场面壮观，又要配乐和谐；既要有教育意义，又要给人以美的享受。我们跟担保人进行了洽谈，雇了一名监制人，结果我们承担了一项为

卡尔 萨根：宇宙

期 3 年的叫作“宇宙”的制片任务。在写这本书的时候，我们估计这部电视片在世界上的观众有 1 亿 4 千万，占地球这个行星的人口的 3%。我们相信，大众远比人们普遍所想象的要聪明得多；也相信关于宇宙的性质和起源的最深奥的科学问题能够激发一大批人的兴趣和热情。当前这个时代正处在文明大道的十字路口，也许也正处在人类进化的十字路口。不管今后走哪一条路，我们的命运已经跟科学牢牢地联结在一起。了解科学已经关系到我们的生死存亡。此外，科学是一种乐趣，人类的进化注定我们要乐于了解科学，因为了解科学的人生存的可能性更大。《宇宙》这部电视系列片和本书为如何传播科学的思想、方法和乐趣提供了一个很好的例子。

本书和电视系列片是同时形成的，从某种意义上说是相辅相成的。本书里的许多插图取自为电视系列片摄制的稀有图片。但是本书的读者和电视观众不尽相同，因此编辑方法也就不一样。书籍的一个最大优点是可以让读者反复阅读那些晦涩难解的部分，而电视只有在录像磁

卡尔 萨根：宇宙

带和录像光盘的新技术出现之后才有可能这样做，书籍的作者可以自由选定一个章节主题的范围和深度，而一个非商业性电视节目则只能限制在 58 分零 30 秒钟之内。在许多问题上，本书的讨论比电视系列片更深入。有些题目本书并没有讨论，但在电视片里讨论了。本书模仿坦尼尔关于艾丽斯和她的朋友在高重力和低重力环境中的组画能否通过严格的电视剪辑还是一个问题。今我欣慰的是，画家布朗画的那些优美的插图及其说明在本书里可以说是适得其所的另一方面，电视片里所介绍的“宇宙历”本书没有收录——部分原因是“宇宙历”在我的《伊甸园的飞龙》里已经讨论到了；同样，我在本书里也没有详细讨论罗伯特·戈达德的生平事迹。因为在《布罗卡的脑袋瓜》一书中有一章专门介绍了他的情况。但是电视系列片中的每一集都跟本书相应的章节密切相关。我希望读者观众能够受益于两者，且相得益彰。为了明晰起见，我在若干情况下不止一次地介绍了某个概念——先是轻描淡写，然后由浅入深。例如在第一章

卡尔 萨根：宇宙

里，“宇宙物质”这个概念先是简单地介绍一下，后来才进行深入讨论。又如第二章里关于“突变”、“酶”、“核酸”的讨论也是如此。有些概念不是按历史的先后次序阐述的，例如古希腊科学家的思想到第七章才介绍。对约翰尼斯·开普勒的讨论却放在第三章。但是我认为，只有先了解古希腊人因一步之差而没有完成的伟业，我们才能够对他们的成就做出充分的估价。

科学跟人类的其他活动是不可分割的，所以讨论的时候免不要涉及到社会、政治、宗教和哲学的许多问题。有时候是一带而过，有时候则正面论述。

即使拍摄科学电视系列片也常常受到世界性军事行动的干扰。当我们在莫哈夫沙漠用与“海盗”号着陆舱一样大小的模型进行探索火星实习时，我们经常受到在附近试验场进行轰炸航线演习的美国空军的阻扰。在埃及的亚历山大，从早晨 9 点到 11 点，我们的旅馆是埃及空军扫射航线的演习目标。在希腊的萨莫斯，因为北大西洋公约组织军事演习，他们在地下和山坡上构筑大炮、

卡尔 萨根：宇宙

坦克掩体，所以我们迟迟不能获得自由拍摄权。在捷克斯洛伐克，由于在一条农村公路上使用步话机组织拍片的后勤工作，引起了一架捷克斯洛伐克空军战斗机的注意。这架战斗机一直在我们的头顶上盘旋，我们用捷克语向他们再三保证不会对他们的国家安全构成威胁后才离去。在希腊、埃及和捷克斯洛伐克，我们拍摄小组所到之处都有国家保安机关特工人员的陪同。起初，当我们征求在苏联卡卢加拍摄的意见，并建议就俄罗斯宇宙航行学先驱康斯坦廷·齐奥尔科夫斯基举行讨论会时，我们的要求受到了阻拦。后来我们才知道，那是因为那里即将对不同政见者进行审判。我们拍摄小组人员无论到哪一个国家都受到友好款待，但是全世界到处都有军事活动，每一个国家都忧心忡忡。我的经验更使我决心在电视系列片和本书的有关章节探讨社会问题。

科学的真谛在于其自身日臻完善。新的实验结果和新的学术思想不断地解破旧谜。例如，在第九章里，我们讨论了太阳所产生的难以捕捉的粒子（称为“中微子”）

卡尔 萨根：宇宙

似乎太少这个事实，同时我们还列举了一些不同的见解。在第十章里，我们怀疑宇宙里是否有足够的质量可以最终阻止遥远星系的退行，我们也怀疑宇宙是否能永存不朽。加利福尼亚大学弗里德里克·莱恩斯的实验对这两个问题的认识可能有一定的影响。莱恩斯相信他已有两种发现，其一是中微子以三种不同的状态存在，只有一种可以用观察太阳中微子的望远镜捕捉到，其二是中微子不同于光，是有质量的，因此宇宙空间里所有中微子的引力有助于闭合宇宙而防止它无限膨胀。未来的实验将证实这些观点正确与否，但是这些观点的出现说明了人们勇于不断地对已被普遍接受的基本科学理论进行重新估价。对科学来说这正是最为重要的。

因为这是一个规模巨大的工程，所以不能对每一个有贡献的人都表达我的谢意。然而，我还要特别感谢 B·金特里·李及《宇宙》电视系列片全体制作人员——包括老一辈制片人杰弗里·海恩斯—斯太尔斯和戴维·凯纳德以及监制人艾德里南·马龙，画家乔恩·龙伯格（他

卡尔 萨根：宇宙

那富有独创性的布景设计与组织能力对《宇宙》的拍摄起了关键性的作用）、约翰·阿利森、阿道夫·沙勒、里克·斯特恩巴赫、唐·戴维斯、布朗和安妮·诺西亚；顾问唐纳德·戈德史密斯、欧文·金杰里奇、保罗·福克斯和黛安妮·阿克曼、卡墨伦·拜克；KCET 管理人员，特别是格雷格·安多尔弗（他首先把 KCET 的建议传达给我们）、丘克·艾伦、威廉·拉姆和詹姆斯·洛珀，《宇宙》电视系列片的担保人和合作制片人，其中包括大西洋里奇菲尔德公司、公共广播公司、阿瑟·维宁·戴维斯基金会、艾尔弗雷德·斯龙基金会、英国广播公司和波利特尔国际组织。其他协助人员的名单列在书后。当然，归根结底，我要对本书的内容负责。我还要感谢蓝灯书屋的全体工作人员，特别是感谢本书编辑安·弗里德古德和设计罗伯特·奥利西诺的卓越的工作和在电视系列片及本书最后限期眼看就要发生冲突的时候所表现出来的耐心。我特别感激我的助理谢利·阿登，她任劳任怨，不但出色地承担了第一稿的打字任务，还出色地

卡尔 萨根：宇宙

承担了几个制作阶段不同稿子的打字任务。当然这只是她对《宇宙》拍摄工作的许多贡献之一。我对下列人员感激不尽：康奈尔大学校方（他们给我两年的假期搞这个项目）和康奈尔大学的同事及学生，还有国家航空和航天局喷气推进实验所及“旅行者”号摄像队的同事们。

安·德鲁彦和史蒂文·索特都是这部电视系列片的合著者，他们对写成《宇宙》这本书的贡献尤其大、他们对本书的基本思想及其相互间的联系，对全书的内容及其措词，经常提出宝贵的意见。我深切地感激他们对本书进行严格的审阅，对修订初稿所提出的建设性和创造性的意见，以及对本书内容有重大影响的电视片文稿所作的重要贡献。我在跟他们多次的讨论中所感受到的乐趣是我从事《宇宙》这项工程的主要报偿之一。

1980 年 5 月于 伊萨卡于洛杉矶

卡尔 萨根：宇宙

第一章 宇宙的边疆

人类被创造之前称为致命笑巫、黑夜之巫、蓬头与黑巫……他们生性聪明，洞察一切，对周围的事物一目了然，因而对苍穹和地球图谋不轨……（后来造物主说）“他们无所不知……我们该如何对付他们呢？让他们目光短浅吧，让他们眼界狭窄吧！……我们难道不是要把他们造成头脑简单的动物吗？他们难道也要成为神吗？”

《凯查马耶族圣经》

地的广大，你能明透吗？

光明的居所从何而至？

黑暗的本位在于何处？

《圣经·约伯记》

我索取荣誉的对象不应该是太空，而应该是我的灵魂。假如我拥有一切，我就无所用心。好大喜功则为宇宙汪洋所吞没，开动脑筋则领悟世界。

布莱斯·始斯卡《感想录》

卡尔 萨根：宇宙

已知的事物是有限的，未知的事物是无穷的；我站立在茫茫无边神秘莫测的汪洋中的一个小岛上。继续开拓是我们每一代人的职责。

T. H. 赫胥黎

宇宙现在是这样，过去是这样，将来也永远是这样。只要一想起宇宙，我们就难以平静——我们心情激动，感叹不已，如同回忆起许久以前的一次悬崖失足那样令人晕眩颤栗。我们知道我们在探索最深奥的秘密。

宇宙的大小和年龄不是一般人所能理解的。我们的小小行星只不过是无限永恒的时空中的一个有限世界。从宏观来看，大多数人类所关心的问题都可以说是无关紧要的，甚至是微不足道的。但是，我们人类朝气蓬勃、勇敢好学、前途无量。几千年来，我们对宇宙及我们在宇宙中所处的地位作出了最惊人的和出乎意料的发现。人类对宇宙的探索，回想起来是很令人兴奋的。这些探索活动提醒我们：好奇是人类的习性，理解是一种乐趣，知识是生存的先决条件。因为我们在这个宇宙中只不过

卡尔 萨根：宇宙

是晨空中飞扬的一粒尘埃，所以，我们认为，人类的未来取决于我们对这个宇宙的了解程度。

我们探索宇宙的时候，既要勇于怀疑，又要富于想象。

想象经常能够把我们带领到崭新的境界，没有想象，我们就到处碰壁。怀疑可以使我们摆脱幻想，还可以检验我们的推测。宇宙神奥非凡，它有典雅的事实，错综的关系，微妙的机制。

地球的表面就是宇宙汪洋之滨。我们现有的知识大部分是从地球上获得的。近来，我们已经开始向大海涉足，当然，海水才刚刚没及我们的脚趾，充其量也只不过溅湿我们的踝节。海水是迷人的。大海在向我们召唤。我们的本能告诉我们，我们是在这个大海里诞生的。我们还乡心切。虽然我们的夙望可能会冒犯“天神”，但是我相信我们并不是在做无谓的空想。

因为宇宙辽阔无垠，所以那些我们所熟悉的适用于地球的量度单位——米、英里等等已经没有意义。我们用光速来量度距离。一束光每秒钟传播 18.6 万英里，约 30

卡尔 萨根：宇宙

万公里，也就是 7 倍于地球的周长。一束光从太阳传播到地球用 8 分钟的时间，因此我们可以说，太阳离我们 8 光分。一束光在一年之内约穿过 10 万亿公里(相当于 6 万亿英里)的空间，这个长度单位——光在一年里所通过的距离——称为一光年。光年不是度量时间的单位，而是度量距离的极大单位。

地球是宇宙中的一个地方，但决不是唯一的地方，也不是一个典型的地方。任何行星、恒星或星系都不可能是典型的，因为宇宙中的大部分是空的。唯一典型的地方在广袤、寒冷的宇宙真空之中，在星际空间永恒的黑夜里。那是一个奇特而荒芜的地方。相比之下，行星、恒星和星系就显得特别稀罕而珍贵。假如我们被随意搁置在宇宙之中，我们附着或旁落在一个行星上的机会只有 $\frac{1}{10^{33}}$ 分之一^①。(10³³，在 10 之后接 33 个 0)。在日常生活当中，这样的机会是“令人羡慕的”。可见天体是多么宝贵。

从一个星系际的优越地位上，我们可以看到无数模糊

卡尔 萨根：宇宙

纤细的光须象海水的泡沫一样遍布在空间的浪涛上，这些光须就是星系。其中有些是孤独的徘徊者，大部分则群集在一起，挤作一团，在大宇宙的黑夜里不停地飘荡。展现在我们面前的就是我们所见到的极其宏伟壮观的宇宙。我们隶属于这些星云，我们所见到的星云离地球 80 亿光年，处在已知宇宙的中心。

星系是由气体、尘埃和恒星群(上千亿个恒星)组成的，每个恒星对某人来说都可能是一个太阳。在星系里有恒星、行星，也可能有生物、智能生命和宇宙间的文明。但是从远处着眼，星系更多地让人想起一堆动人的发现物——贝壳，或许是珊瑚——大自然在宇宙的汪洋里创造的永恒的产物。

宇宙间有若干千亿(10^{11})个星系。每个星系平均由 1000 亿个恒星组成。在所有星系里，行星的数量跟恒星的总数大概一样多，即 $10^{11} \times 10^{11} = 10^{22}$ 。在这样庞大的数量里，难道只有一个普通的恒星——太阳——是被有人居住的行星伴随着吗？为什么我们这些隐藏在宇宙中

卡尔 萨根：宇宙

某个被遗忘角落里的人类就这样幸运呢？我认为，宇宙里很可能到处都充满着生命，只是我们人类尚未发现而已。我们的探索才刚刚开始。80 亿光年以外嵌着银河系的星系团催迫着我们去探索。探索太阳和地球就更不用说了。我们确信，有人居住的这个行星只不过是一丁点儿的岩石和金属，它靠着反射太阳光而发出微光。在这样的大距离里，它已经消失得无影无踪。

但是，这个时候，我们的旅程只到达地球上的天文学所通称的“本星系群”。本星系群宽达数百万光年，大约由 20 个子星系组成，是一个稀疏、模糊而又实实在在的星系团。其中的一个星系是 M31，从地球上看来，这个星系位于仙女星座。跟其他旋涡星系一样，它是一个由恒星、气体和尘埃组成的巨大火轮。M31 有两个卫星，它通过引力——跟使我呆在座椅上相同的物理学定律——将矮椭圆星系束缚在一起。整个宇宙中的自然法则都是一样的。我们现在离地球 200 万光年。

M31 以外是另一个非常相似的星系，也就是我们自己

卡尔 萨根：宇宙

的星系。它的旋涡臂缓慢地转动着——每 2 亿 5 千万年旋转一周。现在，我们离地球 4 万光年，我们正处于密集的银河中心。但是，假如我们希望找到地球的话，就必须将方向扭转 to 银河系的边远地带，扭转 to 接近遥远的旋涡臂边缘的模糊的地方。

我们印象最深刻的是，恒星即使在两个旋臂之间，也像流水一样漂浮在我们的四周——气势磅礴的自身发光的星球，有些虽然象肥皂泡一样脆弱，却又大得可以容得下 1 万个太阳或 1 万亿个地球；有些小如一座城池，但密度却比铅大 100 万亿倍。有些恒星跟太阳一样是孤独的；多数恒星有伴侣，通常是成双成对，互相环绕。但是那些星团不断地从三星系逐渐转化成由数十个恒星组成的松散的星团，再转化成由百万个恒星组成的璀璨夺目的大球状星团。有些双星紧靠在一起，星体物质在他们之间川流不息，多数双星都象木星与太阳一样分离开来。有些恒星——超新星——的亮度跟它们所在的整个星系的亮度一样；有些恒星——黑洞——在几公里以

卡尔 萨根：宇宙

外就看不见了。有些恒星的光彩长年不减；有些恒星闪烁不定，或以匀称的节奏闪烁着。有些恒星稳重端庄地转动着，有些恒星狂热地旋转着，弄得自己面貌全非，成了扁圆形。多数恒星主要是以可见光或红外光放出光芒；其他恒星也是 X 光或射电波的光源。发蓝光的恒星是年青的星，会发热；发黄光的恒星是常见的星，它们已经到了中年；发红光的恒星常常是垂亡的老年星；而发白光或黑光的恒星则已奄奄一息。银河里大约有 4 千亿万个各种各样的恒星，它们的运转既复杂又巧妙。对于所有这些恒星，地球上的居民到目前为止比较了解的却只有一个。

每个星系都是太空中的一个岛屿，它们与其邻居隔光年之距遥遥相望，我可以想象，在无数星球上的生物对宇宙的模糊认识是如何产生的：他们在开始的时候都以为，除了他们自己小小的行星以及他们周围的那些区区可数的恒星以外，再也没有其他的星星了。我们是在与世隔绝的情况下成长起来的，我们对宇宙的正确认识是

逐渐形成的。

有些恒星可能被数百万个没有生物的由岩石构成的小星球所包围，这些小星球是在它们演化的某个初级阶段冻结而成的行星系。大概许多恒星都有跟我们类似的行星系：在外围具有由大气环所包围的行星和冰冻卫星，而在接近中心处则有温热的、天蓝色的、覆盖着云的小星球。在一些行星上可能已经有高级动物，他们也许正在从事某种巨大的工程建设来改造他们的行星世界，他们是我们宇宙中的兄弟姐妹。他们跟我们的差别很大吗？他们的形状、生物化学、神经生态、历史、政治、科学、技术、艺术、音乐、宗教、哲学等方面的情况如何？也许有一天我们会知道的。

我们现在已经回到了我们的后院——离地球 1 光年的地方。包围着我们的太阳的是一群巨大的雪球，这些雪球由冰块、岩石和有机分子组成：它们就是彗核。每当恒星经过的时候都对它们产生一定的引力作用，最后迫使它们其中的一个雪球倾倒到内太阳系。由于太阳热的

作用，冰块被蒸发，于是就出现了美丽的彗尾。

我们现在来到我们星系的行星上。这些星球相当之大，它们都是太阳的俘获物。由于重力作用，它们被迫作近似圆周运动。它们的热量主要来自太阳。冥王星覆盖着甲烷冰，它唯一的伙伴是它的巨大卫星卡戎。冥王星是被太阳照亮的，因为太阳离它很远，从漆黑的天空中看上去，太阳只不过是一个明亮的光点。巨大的气体星球海王星、天王星、土星——太阳系的宝石——和木星部分别有一个冰冻卫星作伴相随（这些行星近年均被发现有更多的卫星甚至卫星群相伴随。——编著）。在气体行星及其冰冻卫星的内侧就是充满岩石的温暖的内太阳系。例如，在那里有红色行星——火星。在火星上有高耸的火山、巨大的裂谷、席卷火星的大沙暴，并且，完全可能还有一些初级形态的生物。所有太阳系的行星都绕着太阳运转。太阳是离我们最近的一个恒星，它是一个令人恐怖的氢气和氦气的热核反应炉，它的强光照耀着整个太阳系。

卡尔 萨根：宇宙

经过一番漫游之后，我们终于回到了我们这个弱小的浅蓝色星球。宇宙汪洋茫无际涯，范围之大，难以想象，而这个星球仅是其中之一，完全淹没于宇宙汪洋之中，它的存在可能仅仅对我们有意义。地球是我们的家，我们的母亲。人类是在这里诞生和成长的，是在这里成熟起来的。正是在这个星球上，我们激发了探索宇宙的热情。也正是在这里，我们正在痛苦和不安之中掌握我们自己的命运。

人类有幸来到地球这个行星上。这里有充满氮气的蓝天，有碧波荡漾的海洋，有凉爽的森林，还有柔软的草地。这无疑是一个生机勃勃的星球。从整个宇宙来看，它不但景色迷人，天下稀有，而且到目前为止，在我们的行程所经历过的所有时空当中，只有这个行星上的人类开始对宇宙进行探索。必定有许多这样的星球散布在整个宇宙空间里，但是，我们对它们的探索从这里开始。我们有人类百万年来用巨大的代价积累起来的丰富知识。我们这个世界人才济济，人们勤学好问。我们的时

卡尔 萨根：宇宙

代以知识为荣。我们是很幸运的。人类是宇宙的产物，现在暂时居住在叫做“地球”的星球上。人类返回家园的长途旅行已经开始。

跟许多其他的发现一样，人类发现了地球是一个小星球。那是在古代的近东地区，在被一些人称为公元前三世纪的时代，在当时最大的城市——埃及的亚历山大发现的。在这个城市里住着一个名叫埃拉托斯尼的人，当时一个最羡慕他的人称他“贝塔(β)”——希腊文的第二个字母。这是因为，他说埃拉托斯尼是世界上第一个无所不知的人。但是埃拉托斯尼显然几乎所有的领域里都是“阿尔法(α)”（希腊文的第一个字母）。他是一个天文学家、历史学家、地理学家、哲学家、诗人，戏剧批评家和数学家。他的著作从《天文学》到《痛解论》，样样都有。他还是亚历山大市图书馆的馆长。有一天，他从该馆的一本手抄本里读到下面一段话：在南部边疆西因前哨靠近尼罗河第一大瀑布的地方，在6月21日正午，直立的长竿在地面上没有投下阴影。在夏至那天

卡尔 萨根：宇宙

——一年当中白昼最长的一天，接近中午的时候，圣堂圆柱的阴影越来越短，最后在正午消失掉。这时太阳从头顶上直射下来，在一口深井的井水里可以看到太阳的倒影。

上述的观察是很容易为人们所忽略的。长竿、阴影、井里的倒影、太阳的位置——日常生活中这样简单的事情有什么重要的意义呢？但埃拉托斯尼是一个科学家，他当即想到做一个实验，实地观察一下亚历山大的直立长竿是否在6月21日正午会在地面上投下阴影。结果他们的实验证实：长竿在地面上投下了阴影。

埃拉托斯尼自我思忖：为什么在西因的长竿不投下阴影，而同一时刻在北边的亚历山大的长竿却投下明显的阴影呢？假设在一幅古埃及的地图上有两根等长的垂竿，一根直立在亚历山大，另一根直立在西因。假定在某一个特定的时刻两根长竿都没有在地面上投下阴影，这一点很容易理解——只要地球是扁平的。这时候，太阳在头顶直射。如果两很长竿在地面上投下等长的阴影

卡尔 萨根：宇宙

的话，在扁平的地球上说得通：这个时候太阳光线以同样的角度斜射在这两根长竿上。但是在同一时刻，在西因没有阴影，而在亚历山大却有明显的阴影，这究竟是怎么一回事呢？他认为唯一可能的答案是：地球的表面是弧形的，而且弧度越大，阴影长度的差别就越大。因为太阳离我们如此之远，所以阳光照射到地球的时候是平行的。长竿与太阳光线的夹角不同，它们在地面上投下阴影的长度也就不同。就投在地而上的阴影长度的差别而言，亚历山大和西因之间的距离必定是它们在地面上的偏差角——约 7 度。也就是说，假如将长竿插入地心，它们就会在那里相交成 7 度角。7 度相当于整个地球圆周 360 度的 $1/50$ 。埃拉托斯尼知道亚历山大和西因之间的距离约 800 公里，因为他雇人步测过。800 公里乘 50 等于 40 000 公里：这就是地球的圆周长度（原注：如果改用英里作量度单位，亚历山大和西因之间的距离约等于 500 英里，那么地球周长即为 $500 \text{ 英里} \times 50 = 25\,000$ 英里）。

卡尔 萨根：宇宙

这个答案是正确的。埃拉托斯尼唯一的工具是长竿、眼睛、脚和头脑，再加上对实验的兴趣。凭着这些东西，他推断出地球的圆周长度，误差只有百分之几，这在 2200 年前是一个非凡的成就。他是第一个正确地测量出一个行星的大小的人。

那时的地中海以航海业驰名，亚历山大是当时我们这颗行星上最大的海港。当你知道地球是一个直径不太大的星球时，难道你不想出海去探索吗？难道你不想去探索那些未被发现的国土，甚至去做环球航行吗？比埃拉托斯尼早 400 年的时候，一支腓尼基舰队受雇于埃及法老尼科，曾经环绕非洲一周。他们从红海启航（很可能是乘没有甲板的敞口船），顺着非洲东岸南下，再从大西洋北上，最后从地中海返航。这次史诗般的旅程花了 3 年的时间，相当于现代“旅行者”号宇宙飞船从地球飞往土星所需的时间。

根据亚历山大城阴影的长度，可以测出角 A 的度数。根据简单的几何公式（“两平行直线被第三条直线所截，

卡尔 萨根：宇宙

内错角相等”），角 B 等于角 A。于是，在测出亚历山大城阴影的长度后，埃拉托尼推算出亚历山大城和西因城在地球表面的距离（偏差角——译注）是： $\angle A = \angle B = 7^\circ$

在埃拉托斯尼的发现之后，勇敢而好冒险的水手多次进行过伟大的航海尝试。他们的船只很小，他们的航海仪器很不完善，他们仅根据测程仪和罗盘推算船位，并且尽可能沿着海岸航行。在陌生的大海里，他们虽然能够通过一夜又一夜地观察星座与地平线的相对位置来测定船只的纬度，但却不能够测定船只的经度。熟悉的星座对在陌生大海里的人一定是一个极大的安慰。星星是探索者的朋友，在当时就是地球远洋航船的朋友，而现在则是太空宇宙飞船的朋友。埃拉托斯尼算出地球的圆周长度之后，有些人可能尝试过环球航行，但是在麦哲伦以前，没有人获得成功。勇敢和冒险的故事在早期一定被说成是水手和航海家——世界上最讲究实际的人——拿他们的生命跟亚历山大的一个科学家的数字打赌！

在埃拉托斯尼时代，人们造出了地球仪，用以表示从

卡尔 萨根：宇宙

空间看到的地球。这种地球仪在他们了如指掌的地中海地区基本上还是切合实际的，但是离开他们家乡越远，这种地球仪就变得越不符合实际。我们现在对宇宙的认识也难免遇到这种不愉快的情况。在第一世纪，亚历山大的地理学家斯特拉博写道：

“那些试图环球航行的人，返回的时候并没有说他们曾经受到大陆的阻碍，因为大海始终是敞开的。他们之所以返回，是因为信心不足、缺乏粮食……埃拉托斯尼说过，如果广袤的大西洋不是一个障碍的话，我们可以很容易地通过海路从伊比利亚抵达印度……在温带完全有可能有一、两个可居住的陆地……当然，如果（我们星球的另一部分）有人居住的话，住在那里的人跟我们是不同的，所以我们要把那里看成是另一个世界。”

人类就是这样开始千方百计地探索其他世界的。

后来对地球的探索是全球性的，有到中国和波利尼西亚去的，也有从中国和波利尼西亚出发的。当然，克里斯托弗·哥伦布发现美洲及随后几个世纪的历程算是达

卡尔 萨根：宇宙

到了高潮，因为到那个时候，从地理上探索地球的任务已告结束。哥伦布的第一次航行与埃拉托斯尼的计算最直接相关。哥伦布对自己的“印度群岛冒险计划”简直着了迷，他不打算顺着非洲海岸航行，然后向东驶抵日本、中国和印度，他决心闯入陌生的西部海洋——即象埃拉托斯尼所大胆预见的那样，“通过海路从伊比利亚抵达印度”。

哥伦布曾经是旧地图的行商，也是古代地理学家——其中包括埃拉托斯尼、斯特拉博和普图利米——的著作和关于他们的著作的热心读者。但是，为了推行“印度群岛冒险计划”，为了使船只和船员能够在长途航行中生存下来，地球必须比埃拉托斯尼所说的小，所以，哥伦布在计算的时候耍了个花招。正如萨拉罗卡大学的考察人员准确无误地指出的那样，从哥伦布能找到的所有书本上，他采用了最小的地球圆周长度和最大的亚洲东延范围，甚至还再加以夸大。假如哥伦布在旅途中没有遇到美洲的话，他的探险就会彻底失败。

卡尔 萨根：宇宙

现在地球已经经过彻底的探索，再也不可能发现什么新大陆或失落的土地。但是，过去我们用来探索并定居住地球最遥远的地区的技术，现在可以用来飞离我们这个行星，去进行宇宙探险，去发现其它星球的秘密。飞离地球我们能够居高临下地对它进行观测，能够看到埃拉托斯尼测量出来的整个地球的球体及其大陆的轮廓，从而证实古代许多制图家有卓越的才华。埃拉托斯尼和亚历山大其他地理学家看到这些该会有多么高兴啊？

从某种意义上说，人类大约在公元前 300 年之后的 600 年时间里，在亚历山大这个城市开始了智力的冒险，这种冒险把我们引导到宇宙的海岸。但是，关于这个大理石般的光荣城市的形状以及人们的感受，却没有任何记载可查，压制和惧怕已使人们几乎把古亚历山大遗忘得一干二净。它的居民形形色色，简直不可思议，既有马其顿和后来的罗马士兵，埃及的祭司，希腊的贵族，腓尼基的水手，犹太商人，也有来自印度和撒哈拉沙漠南部非洲的访问者。在亚历山大兴盛的大部分时期内，除了

卡尔 萨根：宇宙

大量的奴隶以外，人们都和睦相处，互相尊重。

这座城市是亚历山大大帝创建并由他从前的一個侍卫建成的。亚历山大鼓励重视外来文化，提倡虚心求知。根据传说——这种传说是否真实无关宏旨——他是在红海中世界上第一个钟形潜水器里降生的。他鼓励他的将士们与波斯和印度的女子通婚。他尊重其他国家崇拜的神。他搜集异国的生物（包括替他的老师亚里士多德搜集的一头象）。为了把他的城市建成世界贸易、文化和知识的中心，他不惜工本。这座城市因为有以下这些名胜而光彩夺目：30 米宽的林荫大道，优雅的建筑和雕像，亚历山大陵，还有那座大灯塔——古代世界七大奇迹之一。

然而，亚历山人最大的奇迹是它的图书馆及其附属的博物馆（实际上是一个纪念 9 位文艺女神的公共场所）。在这个传奇般的图书馆里，至今残存最多的是图书馆附属建筑“塞里皮恩”里的那个一度被人遗忘的阴湿的地下室。它的唯一残物可能就是几个腐朽的书架，但是，

卡尔 萨根：宇宙

这个地方曾经是我们这个行星上最伟大城市的智囊和荣誉，它是世界历史上第一个真正的科学研究所。该图书馆里的学者对整个宇宙进行了研究。“宇宙”(cosmos)这个词来自希腊语，意思是“天地万物，井然有序”，从某种意义上说，它是“混沌”(chaos)的反义词。它暗示了天地万物之间的相互联系，表明了人类对错综微妙的宇宙机制的敬畏。这是一个学者云集的地方，他们在这里研究物理学、文学、医学、天文学、地理学、哲学、数学、生物学和工程学。科学和学识发展了，天才在那里茁壮成长。亚历山大图书馆是我们人类最先系统而认真地搜集世界知识的地方。

除了埃拉托斯尼之外，还有天文学家希帕恰斯，他绘制了星座图并估算了恒星的亮度；欧几里得，他以卓越的才能将几何学进行系统的分类，并对正在费力地解一道数学难题的国王说：“通往几何学的道路中可没有为皇家铺设的康庄大道”；色雷斯的狄俄尼斯，他给词类作了定义，他对语言学的贡献，就象欧几里得对几何学

卡尔 萨根：宇宙

的贡献一样；赫罗菲勒斯，生理学家，他确证智力活动的中心是在脑部而不是在心脏；亚历山大的赫伦，齿轮火车和蒸汽机的发明者，《自动装置》——第一本论述机器人的专著——的作者；佩尔加的阿波洛尼厄斯，数学家，他论证了圆锥曲线的各种形式（原注：之所以称为圆锥曲线是因为它们是以不同的角度从圆锥体上切割而成的，18 个世纪这后，阿波洛尼厄斯论圆锥曲线的著作终于被约翰尼斯·开普勒首次用来理解行星的运动）——椭圆、抛物线和双曲线——（我们现在知道）这些曲线是行星、望星和恒星的运行轨迹；阿基米德，列昂那多·达·芬奇之前最伟大的力学天才；还有天文学家和地理学家托勒密，他编著了我们今天称为假科学的星占学；他的地心说统治了 1500 年。这个事实说明智慧并不能保证不犯大错误。在那些伟大的男子之外，还有一位伟大的女性——海帕希尔，她是数学家和天文学家，是这所图书馆最后一个名人，她的殉难与该馆建成七个世纪后的毁灭有密切关系。关于这个故事，我们后面还会

卡尔 萨根：宇宙

谈到。在亚历山大大帝之后的那些统治埃及的希腊国王们很重视学问，在几个世纪的时间里，他们始终扶植科研工作，并在图书馆里为时代的精萃保持良好的工作环境。该馆有 10 个研究大楼——分别用于不同学科的研究，许多喷泉和柱廊，几个植物园，一个动物园，几个解剖室，一个天文台，还有一个大餐厅，闲暇的时候，人们在厅里讨论问题。

这个图书馆的心脏是它的藏书。图书管理员到处搜罗世界各国的文化和文字，他们派人到国外尽可能买进图书资料。停泊在亚历山大的商船受到警察的搜查——搜查的目标不是走私货，而是图书。他们借来古书卷，誊抄之后再还给主人。虽然该馆的精确藏书数难以估计，但是收藏 50 万卷是完全可能的，而且全部都是纸莎草纸的手抄本。这些书都到哪里去了呢？创造这些书卷的古典文明崩溃了，连图书馆也被蓄意摧毁了。只有一小部分作品幸存下来，剩下的就是一些可怜的零零星星的碎片。这些可望而不可即的残片是多么令人心焦啊！例如，

卡尔 萨根：宇宙

我们知道这个图书馆的书架上有一本萨摩斯天文学家阿里斯塔恰斯的著作，他论证说地球是行星之一，也是绕太阳运转的，他还论证说恒星离我们极为遥远。这些结论都是完全正确的，但是我们却等到将近 2000 年后才重新发现这些真理。我们对阿里斯塔恰斯这本著作损失的认识要提高 10 万倍，才能理解古典文明的伟大成就及其毁灭的悲剧性。

我们今天的科学已经远远地超过了古代科学，但是我们对历史的认识还存在着不可弥补的缺陷。试想一下，多少历史上的谜只要用亚历山大图书馆的一张借书证就可以得到解答。我们知道有一套三卷的世界史现在丢失了，作者是一个名叫彼罗萨斯的巴比伦祭司。该书第一卷论述从“创世”到“大洪水”时期，他认为这个时期是 43.2 万年，也就是说比《旧约全书》的年代纪还要长 100 倍。我很想知道书里到底写了些什么。

古人懂得宇宙的历史已经很长了，他们试图了解它的遥远的过去。我们现在知道宇宙远比我们所想象的要古

卡尔 萨根：宇宙

老得多，我们已经考察了宇宙空间，知道我们住一个模糊星系的最遥远的角落里，住在一粒环绕着一颗平凡的恒星的尘埃上。如果我们是在无限的空间里的一小点的话，我们在无限的时间里也占据了一瞬间。我们现在知道我们的宇宙——或者至少它的最近的化身——大约有 150 亿年或 200 亿年的历史了。这就是所谓的“大爆炸”以来的时间。在宇宙的开初是不存在星系、恒星或行星的，也没有生命或文明。当时的宇宙只不过是一个充满整个太空的均匀的辐射火球。从大爆炸时的混沌过渡到我们现在开始认识的宇宙，是我们有幸瞥见的物质和能量的最可怕的转化。在我们发现其他更聪明的智能生物之前，我们现在的人类就是最引人注目的转化结果——大爆炸的远代子孙。我们的使命是了解并进一步转化诞生我们的宇宙。 _____ ①我们用美国科学界的标准单位表示大数字：1 个 billion(10 亿) $=1000,000,000=10^9$ ；一个 trillion(万亿) $=1000,000,000,000=10^{12}$ ，等等。指数表示 1 之后 0 的个数。

卡尔 萨根：宇宙

第二章 宇宙的音乐

我奉命听任万物之主的摆布。

你们都是他用泥土造出来的。 《古兰经》第四十

章

最古老的哲学——进化论——在经院哲学统治的 1000 年内被捆住了手脚，打入冷宫。但是达尔文恢复了这个古老理论的元气。镣铐碎裂了已经证明，这个复兴的古希腊思想，比任何被轻易接受而又迎合后来 70 多代人类迷信的占星天象图更能够正确地揭示宇宙万物的规律。

T. H. 赫胥黎

曾经生活在这个地球上的一切生物体很可能都是从某一种原始形态遗传下来的，生命最先被注入到这种形态里……这种生命观是十分动人的。因为，当这个行星遵循着固定的引力定律不停地旋转的时候，极简单的原始形式一直并且继续在演化成无穷无尽的最美妙的形式。

查尔斯·达尔文《物种起源》

在可见的宇宙范围内，看样子存在着许多类似的物质，

卡尔 萨根：宇宙

因为在那些恒星上也有许多太阳和地球上存在的元素。值得注意的是，在群星上分布最广泛的元素是一些跟我们地球上的生物体联系最密切的元素，其中包括氢、钠、镁和铁。那些比较亮的恒星至少象我们的太阳一样，是适宜生物生长的星系的支柱和能量源泉。这难道不可能吗？

威廉·哈根斯

在我的一生中，我一直疑惑别的地方是否也可能有生命的存在。它的形式如何？是怎样造成的？我们行星上的一切生物都是由有机分子——碳原子起核心作用的复杂的微型结构——组成的。生命诞生之前，地球曾经是一个荒芜的不毛之地。现在，我们的星球是生机勃勃的。为什么会变成这样呢？在没有生命的情况下，以碳为核心的有机分子是怎样形成的？最初的生物是如何产生的？生物是如何进化到能繁殖象我们这样能够探索自身奥秘的复杂的高级动物的？

在无数其他环绕别的恒星的卫星上也有生命吗？地球

卡尔 萨根：宇宙

以外的生命——如果存在的话——跟地球上的生命一样也是以有机分子为核心吗？其他星球上的生物跟地球上的生物长得基本相象吗？或者说他们极端不同——不同环境下有不同适应性变化？还有什么其他的可能性？研究地球上生命的性质与探索其他地方的生命是同一问题的两个方面，即探索我是谁。

在恒星之间茫茫的黑夜里，存在着气体云、尘埃和有机质。通过射电望远镜，我们发现那里有数十种不同的有机分子，这些分子的大量存在，表明生物无所不在。生命的起源和进化很可能是宇宙的必然规律，只是时间迟早不同而已。在银河系的几十亿个行星当中，有些行星可能永远也不会产生生命，有些行星可能有生命的兴亡，或者只是停留在生命的最简单形式而已，但是在一小部分的星球上可能有比我们人类更高级的智慧和文明。

有时候，有的人会说，真凑巧，地球这个地方完全适宜于生物的生长——气候温和，流水清澈，空气新鲜，

卡尔 萨根：宇宙

等等。但这种看法起码是混淆了因果关系。我们居住在地球上的人对地球的环境非常适应，这是因为我们是在这里成长的，那些不适应的早期生物形态被淘汰了。我们是适应性强的生物体的后代。无疑，在环境完全不同的星球上生长起来的生物体也会自鸣得意。

地球上的一切生物都是密切相关的，我们有共同的有机化学机制和共同的进化遗传特征。因此，我们的生物学家知识面就显得十分狭窄。他们只研究一种生物学——生命乐章中单一的主题。在成千上万光年里难道只有这么一个微弱的曲调吗？或者还有一种宇宙赋格曲，一种多主题和多声部，谐和音与不谐和音的共鸣乐曲——亿万种不同的声音鸣奏出银河系生命的旋律。

让我告诉你们一个关于地球生命乐章中的一个小乐曲的故事吧。1185 年，日本天皇是一个名叫安德的 7 岁男孩，他是平家武士集团的名义领袖。当时该集团跟另一个武士集团——源氏武士集团——正在进行着一场长期的血腥战争。他们都宣称自己是天皇的正统继承人。1185

卡尔 萨根：宇宙

年 4 月 20 日，在日本内海坛野里爆发了决定性的海上遭遇战，天皇也在船上。平家一方因寡不敌众，溃不成军，伤亡惨重。幸存者一大批一大批地涌到海里淹死。天皇的祖母丹井皇太妃决意不让敌方将她和安德俘获。后来的情况在《平家物语》^①一书里有记载：

天皇时年 7 岁，但显得老成。他英姿焕发，讨人喜欢，乌黑的长发松散地垂在背后。他神色惊惶地问丹井皇太妃：“你要把我带往何处？”

皇太妃转脸望着年幼的君主，老泪纵横……她安慰他，把他的长发扎在他的粉红色的长袍里。小君主泪珠涟涟，懒掌双合，先朝东向伊势神道别，然后朝西念佛（念阿弥陀佛）。丹井皇太妃将他紧紧地抱在怀里，嘴里念着“我们的宫殿就在大海的深处”，然后跟他一起沉没到波涛之下。

平家的舰队全军覆没，只有 43 个妇女活下来，迫于生活，这些宫廷侍女只好向战场附近的渔民兜卖鲜花或提供其他的服务。平家武士集团几乎从历史上消声匿迹，

卡尔 萨根：宇宙

但是那些前宫廷侍女和渔民们所生的后代纠集在一起，定下了纪念该战役的节日。他们每年 4 月 24 日都举行纪念活动，至今依然如此。平家的渔民后裔披麻戴孝，到埋葬天皇的赤万圣陵去观看记述坛野里战役之后的历史事件的演出。几个世纪以来，人们觉得他们似乎清楚地看到罪恶的武士阶级的军队妄图舀干海水，清洗他们的血债、失败和耻辱。

渔民们说，平家的武士一直到现在仍然在日本内海的海底里漫游，体态如蟹。在这里可以发现背部斑纹古怪的蟹（译注：这种蟹学名为关公蟹，日本俗称武士蟹），其模样和形状都跟武士的面孔惊人地相象，人们捉到这种蟹的时候就把它放回海里，以纪念坛野里发生的令人悲哀的事件。

这个传奇故事提出了一个有趣的问题。为什么武士的脸会被雕刻在蟹壳上呢？答案似乎是，这种脸型是人造成的，蟹壳上的模样是遗传下来的。跟人一样，蟹也有许多不同的血统，假定这种蟹的祖先当中碰巧有一只蟹

卡尔 萨根：宇宙

的模样跟人的面孔相象，哪怕只是稍微相象，即使在坛野里战役之前，渔民们也不会把它吃掉。当他们把它丢回海里的时候，他们就有了一个进化过程：如果你是一只蟹，你的壳是普普通通的，人类就会把你吃掉，你这一血统的后代就会减少，如果你的壳跟人的面孔稍微相象，他们就会把你扔回海里，你的后代就会增多。蟹壳上的模样是蟹的一大投资。随着世代的推移——人蟹都一样——那些模样最象武士脸型的蟹就得天独厚地生存下来。因此，最终的产物不是一般人的脸型，也不是日本人的脸型，而是武士的严峻面容，所有这一切都与蟹的需求无关。淘汰是外部作用的结果。你的外貌越象武士，你的生存机会就越大，最后就产生了许多许多的武士蟹。

上述这个过程称为“人工选择”过程。就平家武士蟹而言，这个过程基本上是渔民们不自觉的选择过程。当然，这个过程跟蟹的意愿毫无关系。但是，人类几千年来对动植物的存亡一直在进行着精心的抉择。从婴孩期

卡尔 萨根：宇宙

开始，我们就被熟悉的农场、家畜、水果、树木和蔬菜所包围。这些动植物从何而来？它们是曾经独立生存在野外，后来才被诱引到农场里过比较安逸的生活的吗？不，事实正好相反，它们大多数是我们造就的。

一万年前，奶牛、猪狗、大穗玉米等是不存在的。当我们驯化这些动植物——有些动植物的模样跟现在完全不同——的时候，我们控制住了它们的繁殖。我们让那些理想的品种优先繁殖。当我们需要用狗来牧羊的时候，我们就挑选那些机敏、驯服并且具有一定放牧天才的品种，因为我们可以利用狗的这种天才来看管成群猎食的动物。奶牛之所以有大乳房，是人类喜欢吃牛奶和乳酪的结果。我们现在吃的既可口又富有营养的玉米，是从它的瘦瘠的祖先开始，经过几万年的培育而成的。事实上，玉米已经变得没有人的干预而不能繁殖了。

无论是平家蟹、狗、奶牛还是玉米，人工选择的实质在于动植物的许多生理和行为特征被忠实地遗传下来。由于种种理由，人类促进了某些品种的繁殖，阻止了另

卡尔 萨根：宇宙

一些品种的繁殖。被选中的品种竞先繁殖，终于繁盛起来；未被选中的品种日益稀少，甚至灭绝。

但是，既然人类能够造就动植物的新品种，难道自然就不能够吗？这个相应的过程称为“自然选择”过程。从人类生存在地球上短暂时期内对野生动植物的改造以及化石所提供的证据。我们非常清楚地看到，生物在亿万年里已经发生了根本的变化，化石毫不含糊地向我们表明，过去曾经大量存在的生物现在已经灭绝（原注：虽然西方传统的宗教舆论与这种观点大相径庭。例如，1770 年，约翰·韦斯利认为：“死亡绝对不能够毁灭(哪怕是)最微小的物种。”）在地球历史上，已经灭绝的物种远比至今仍然存在的物种要多得多，它们是进化的终端试验品。

驯化所引起的遗传变化是非常迅速的。野兔一直到中世纪初才开始驯化（是法国修道士饲养的，因为他们把新生的小兔子当作鱼。所以在教会日历的某些天，兔肉不属于禁食的肉类），咖啡驯化于十五世纪，甜菜驯化

卡尔 萨根：宇宙

于十九世纪，水貂现在仍处于驯化前期。在不到一万年的时间里，驯化的结果使绵羊的产毛量从 1 千克增加到 10~20 千克，使哺乳期奶牛的产奶量从几百毫升增加到 100 万毫升。如果人工选择在这么短的时期内能够引起这么大的变化，自然选择在几十亿年里能够引起什么样的变化呢？绚丽多彩的生物界就是答案。进化是事实，而不是理论。

“自然选择就是进化的机制。”这个伟大的发现是跟查尔斯·达尔文和艾尔弗雷德·华莱士的名字联系在一起的。一个多世纪之前，他们强调指出：自然是多产的、动植物产生的数量比它们可能生存的数量多得多，因此，自然环境选择那些碰巧更适合于生存的品种。突变——遗传特征的突然变化——是遗传的，它们为进化提供了原料。因为自然环境选择那些能够提高存活率的品种，结果引起了一系列生物形态的缓慢变化——新物种的起源②。

达尔文在《物种起源》这本书里的原话是： 人类实

卡尔 萨根：宇宙

实际上不会引起变异性；人类只是无意识地将生物体暴露在新的生活环境里，然后大自然才对组织发生作用，从而引起变异性。但是人类能够、而且的确选择了大自然所赋予的变异，并以各种理想的方式积累起来。人类就是这样改造动植物使其满足自己的意愿。人类的改造活动可能是系统的，也可能是不自觉的。他们可能只是将对他们最有用的生物保存起来，根本没有想到要改变品种……没有任何理由认为适用于驯化的原理就不适用于大自然……产生的生物比可能生存的生物来得多……在生物竞争的过程当中，不管其年龄或所处的季节如何，一种生物对其他生物的最微弱优势，或者对周围环境哪怕是最轻微的较佳适应性，都会定决定性的作用。T. H. 赫胥黎在十九世纪是进化论最有影响的捍卫者和宣传者，他写道：“达尔文和华莱士的著作是一道闪光，它给在黑夜里迷失方向的人展现了一条道路。不管这条道路是否把他直接带到家里，但是肯定把他引上了正路。当我刚刚理解《物种起源》的精义的时候，我曾经这样

卡尔 萨根：宇宙

想：我们怎么没想到这一点呢？多蠢啊！我猜想哥伦布的朋友也会是这么说的……变异性、生存斗争、环境适应性等是众所周知的事实。但是在达尔文和华莱士驱走黑暗之前，我们谁也没想到它们就是通往解决物种核心问题的道路。”

当时许多人对进化论和自然选择这两种观点都十分反感（现在有些人仍然如此）。当我们的祖先看到地球上巧妙的生物和生物体的构造如何完美地行使其功能的时候，他们以为一定有一个伟大的设计师。即使最简单的单细胞生物体，也是一部比最精致的袖珍手表还要复杂得多的机器，可是袖珍手表却不会自动组装，也不是自己一步一步地从有摆的落地大座钟演化来的。有手表就说明有表匠。原子和分子似乎不可能自动地结合在一起，形成使地球到处都是生机勃勃的极其复杂和微妙的生物体。“每一个生物体都是特意设计出来的”、“物种不会转化”等观点与我们缺乏史料的祖先对生物的看法是完全一致的，“每一个生物体都是由一个伟大的设计师精心构造出来”的观点使自然界条

卡尔 萨根：宇宙

理化，使人类自命不凡——我们现在依然热中于此。所谓的“设计师”，是对生物界的一种自然的、投入所好的解释。但是，正如达尔文和华莱士所指出的那样，还有另一种同样投入所好而且是令人心悦诚服的解释：自然选择——它使生命的乐曲一代比一代更美妙。化石所提供的证据可能与“伟大的设计师”的观点相吻合；也许这个设计师对某些物种不满意的时候就把它它们毁掉，然后再试验新的花样。但是这种观点有点令人茫然。每一种动植物都是精心制造的，一个万能的设计师难道不能从一开始就随心所欲地制作吗？化石所提供的证据说明了一个尝试与谬误的过程——对预见未来无能为力，这种特征与万能的伟大设计师是格格不入的（虽然与性格比较温和和内向的设计师并不是格格不入的）。五十年代初，我还是大学生的时候，我在 H. J. 马勒的实验室里做事，这是很幸运的。因为他是一个伟大的遗传学家，他发现辐射能够引起突变，同时也是他首先提请我注意平家蟹是人工选择的一个例子。为了掌握实用遗

卡尔 萨根：宇宙

传学，我花了好几个月的时间做果蝇（*Drosophila melanogastes*，意思是黑身嗜露者）的实验。这是一种驯良的生物，有两个翅膀，一双大眼睛。我们把它们装在粉红色的奶瓶里，让不同的品种进行杂交，然后观察亲本基因重新组合后会产生什么样的形态，观察自然突变和人工突变会产生什么样的形态。雌蝇总是把卵下在技术员放在瓶里的糖蜜上，瓶子用塞子塞住，两周之后受精卵变成幼虫——蛹，最后蛹又形成果蝇成虫。有一天，我正在用一个低倍双筒显微镜观察一批刚到的用醚轻度麻醉的果蝇成虫，并忙着用驼毛刷将不同的品种分开。使我感到惊愕的是，我偶然发现了一个非常不同的东西，这不是一般的小变异，例如白眼睛变成红眼睛，或者没有颈毛变成有颈毛。这是一种机能健全的新品种，翅膀显著得多，羽状触角也长。马勒说过，在一代里绝不可能有重大的进化，可是这个范例却发生在自己的实验室里，因此我断定，这是命运的安排。要向他解释这种现象，我感到有点为难。我怀着沉重的心

卡尔 萨根：宇宙

情敲了他的门。“进来！”里面传来了低沉的声音。我进去的时候发现房间的光线都遮住了，只有一盏小灯照着那架他正在使用的显微镜镜台。就是在这样黑暗之中，我结结巴巴地解释说：“我发现了一种怪异的蝇，可以肯定它是由糖蜜里的蛹形成的。”我并没有想惊动马勒，但是他却问道：“是不是更象鳞翅目而不象双翅目？”他的脸渐渐地亮起来，我不知所措，他就追问道：“是不是有大翅膀？是不是有羽状触角？”我莫明其妙地点头，说有。马勒打开头顶上的灯，亲切地笑着。原来，这种现象人们早就发现了。有一种蛾，它们已经适应果蝇遗传学实验室的生活环境。它们既不象果蝇，跟果蝇也毫不相干，它们要的是果蝇的糖蜜。就在实验室技术员打开瓶塞和盖上瓶塞的那一瞬间——比如给广口瓶添加果蝇的时候，母蛾便来个俯冲轰炸，将卵产在香甜的糖蜜里。当时我并没有发现什么大突变，我只偶然发现了自然中的另一种有趣的适应性的变化——它本身就是小突变和自然选择的产物。进化的奥秘在于死

卡尔 萨根：宇宙

亡和时间——大量对环境不适应的生物体的死亡，以及碰巧有适应性的小突变进行长期演化所需要的时间。抵制达尔文和华莱士进化论的一部分原因是因为我们难以想象千万年的时间是怎么过去的，更不用说想象亿万年时间是怎么过去的。对那些只生存百万分之一年的生物来说，7000 万年简直不可思议。我们就像蝴蝶一样，振翅一天便以为那就是一生。

地球上所发生的一切可能跟许多星球上的生物进化多少有类似的地方，但是就蛋白质的组成和化学性质或脑神经系统这样的细节而言，地球上的生物史在整个银河系里可能是独一无二的。地球是 46 亿年之前由星际气体和尘埃凝结而成的。根据化石所提供的证据，我们知道，没多久——大概 40 亿年之前，在原始地球的湖海里就产生了生命，最初的生物还没有单细胞生物体——这已经是一种相当高级的生物形态——那么复杂。最初的活动也简单得多。当时，闪电和太阳辐射的紫外线正在分解原始大气层中氢的成分很高的简单分子，分解的碎片又自动结合成越来越复杂

卡尔 萨根：宇宙

的分子。这种早期的化学物质溶解在海洋里，形成了一种逐渐复杂的有机液。最后，有一天，纯粹是出于偶然，出现了一种能够利用有机液里的其他分子作为预构件粗略地复制自己的分子（关于这个题目，我们以后会再讲的）。这就是脱氧核糖核酸（DNA）——地球生命的基本分子——的最早祖先，它的状貌象螺旋状梯子，我们可以在分子的四个不同部位找到它的梯级。这些梯级称为核苷酸，它们构成了遗传密码的四个字母，扼要地发出生殖特定生物体的遗传指令。地球上的每一种生物都有各自不同的遗传指令，但是它们使用的书面语言基本上是一样的。生物体之所以不同是因为它们的核酸指令不同，突变就是核苷酸的变化，它会遗传给下一代，是一种真实遗传。因为突变是核苷酸的随机变化，所以大多数突变是有害的或致死的，它们的遗传密码会指令产生非官能酶。要通过突变改善一种生物体的功能，需要很长的时间，然而，正是因为这种不大可能发生的事情——百万分之十厘米宽的核苷酸的有益的小突变，带

卡尔 萨根：宇宙

动了进化过程。40 亿年前，地球是一个分子的乐园，当时还没有捕食者。有些分子进行低效繁殖，它们竞争预制构件，粗略地复制自己。随着繁殖、突变和对最低效品系的选择性淘汰，进化不停地进行着，即便是在分子的位级也在不停地进行着。久而久之，分子的繁殖效能改善了，具有特别功能的分子终于结合在一起，形成一种分子集体——初始细胞。现今的植物细胞里含有微型的分子工厂，称为叶绿体，负责光合作用，将阳光、水和二氧化碳转化成碳水化合物和氧。血液里的细胞含有另一种不同的分子工厂，称为线粒体，其作用是使食物跟氧结合在一起，从而使食物释放出有用的能量。这些工厂现在仍然存在于动植物的细胞内，但是它们本身可能曾经是独立生存的细胞。到 30 亿年前，若干单细胞植物已经组合在一起，也许是因为在细胞一分为二之后，突变阻止了它们的分离，初始的多细胞生物体产生了。人体内的每个细胞都是一种公社，由曾经独立生活的社员为了共同的利益而结合在一起，因此人是由

100 万亿个细胞组成的，我们每个人都是一个群体。性大约是 20 亿年前产生的。在那之前，新的生物体只能从随机突变——逐字逐句对遗传指令变化的选择——的积累过程中产生。进化一定是一个极其缓慢的过程，随着性的产生，两个生物体就能够整段、整页和整本地交换它们的 DNA 遗传密码，繁殖出可供筛选的新品种。生物体有选择地进行性的活动，那些对性的活动不感兴趣的物体就迅速地绝灭。不仅 20 亿年前微生物的情况是如此，我们人类现在对 DNA 遗传密码的交换也有显著的兴趣。

到 10 亿年前，由于协作的结果，植物已经深刻地改变了地球的环境。绿色植物会制造分子氧。因为当时的海洋充满了简单的绿色植物，所以氧正在变成地球大气层的主要成分，结果以不可逆转之势改变了原来氢的成分很大的大气层的性质，从而结束了生物是由非生物过程产生的地球历史时代。然而，轻而易举地使有机分子瓦解，虽然我们喜欢它，但从根本上说，氧对没有保护的有机物却是一种毒药。在生命的历史上，大气

卡尔 萨根：宇宙

层的氧化造成了极大的危机，大量的生物体因为适应不了氧而灭亡，少数原始生物，例如肉毒杆菌和破伤风杆菌，即使现在也只能生活在无氧的环境条件下。地球大气层里的氮的化学性质很不活泼，因此氮比氧温和得多，但是氮也使生物付出了巨大的代价。总之，地球大气层的百分之九十九源自生物，我们的天空是用生命换来的。在生命起源之后 40 亿年的大部分时间里，主要的生物体是微小的深绿色的海藻，它们布满了整个海洋。接着，大约 6 亿年之前，海藻的垄断地位被打破了，新的生物急剧增加。这个事件称为“寒武纪爆炸”。地球产生之后几乎立即产生了生命，这说明生命在类似地球的行星上可能是一个不可避免的化学过程。但是，在 30 亿年的时间里，生命并没有从深绿色的海藻进化多少，这说明有特殊器官的大生物是很难形成的，甚至比生命的起源还难。也许现在许多其他的行星存在有大量的微生物，但是没有大的动物和植物。寒武纪爆炸之后不久，海洋里充满了许多不同形态的生物。到 5 亿年以前，已

卡尔 萨根：宇宙

经有大量成群结伙的三叶虫，它们是体态漂亮的动物，有点象大昆虫，有些在海底成群猎食，它们的眼睛里有晶体，可以探测偏振光。但是现在三叶虫已经不复存在了，它们已经于亿年前消失了。地球一度有过的动植物，如今已无活着的迹象。当然，现在地球上的各种生物过去没有存在过。物种就是这样来去匆匆，一闪而过。寒武纪爆炸之前，物种的演化似乎相当缓慢，这大概一方面是因为我们越深入审查过去，我们的资料就越不足。在我们行星的早期历史里，很少生物体有硬的部位，而软体生物则很少有化石残余。另一方面是因为寒武纪爆炸之前出现新生物体的节奏确实非常缓慢，细胞结构和细胞生化的艰苦进化过程并没有立即反映在我们从化石所看到的外部形态上。寒武纪爆炸之后，新的适应过程以相对惊人的速度接二连三地发生。在急速演化之中，最初的鱼类和脊椎动物便应运而生；过去只生长在海里的植物开始移居到陆地上，初始昆虫产生了，它们的后代成了动物在陆地上移居的先锋；有翼的昆虫跟两栖动

卡尔 萨根：宇宙

物（有点象肺鱼，能够同时生活在水里和陆地上）同时产生；初始的树和爬行动物出现了；恐龙产生了；哺乳动物出现了，接着又出现了初始的鸟类；初始的花也出现了；恐龙绝灭，初始的鲸目动物（海豚和鲸的祖先）产生了，灵长目（猴、类人猿和人类的祖先）也同时出现了。不到 1000 万年前，跟人类相当接近的动物产生了，它们的脑体积也惊人地增大。然后，只在几百万年之前，最初的真人出现了。 人类是在森林里成长起来的，我们与森林有着天然的联系。树木葱笼向上，蔚为壮观！它们的叶子需要捕获阳光来进行光合作用，因而它们用阴影遮蔽近邻，相互竞争。如果仔细观察的话，你经常会见到两棵树无可奈何地推推搡搡。树木是壮美的机器，它们以阳光为动力，以大地的水分和空气中的二氧化碳为食粮，同时也向我们提供了食粮。植物用自身制造的碳水化合物作为能源来从事各种活动，我们动物——从根本上说是植物的寄生虫——则靠盗取碳水化合物来从事各种活动。因为我们大量地呼吸空气，我们的血液里含

卡尔 萨根：宇宙

有氧，当我们食用植物的时候，我们就将碳水化合物跟氧结合起来，从中提取人类机器运转所需要的能量。在上述这个过程中，我们呼出二氧化碳，然后这些二氧化碳又被植物回收，用来创造更多的碳水化合物。两者之间协作得多好啊！动植物交互吸入对方的发散物——一种全球性的口对口相互急救法。整个微妙的循环过程是以 1.5 亿公里外的一颗恒星为动力的。已知的有机分子有好几百亿种，但是大约只有 50 种被用来进行生命的基本活动。同样的分子模式被稳健而又巧妙地反复用来行使各种不同的职能。控制细胞化学性质的蛋白质和携带遗传指令的核酸是地球生命的核心，我们发现所有动植物里的这些分子基本上是相同的。我和橡树都是由相同的物质组成的，如果你再往回追溯的话。你会发现我们有一个共同的老祖宗。跟星系和恒星王国一样，活细胞是一个复杂而又完美的国家。巧妙的细胞机器是经过 40 亿年的时间精心制成的，它是由食物碎屑演化而成的。今天血液里的白细胞就是昨天的奶油。细胞

卡尔 萨根：宇宙

是如何完成这项工作的呢？原来，细胞内是一个错综复杂的迷宫，它有独特的结构，它能够转化分子，储存能量，还能够为自我复制作准备工作。假如我们能够进入一个细胞的话，我们所能见到的许多细胞微粒就是蛋白质分子，它们有些积极地活动着，有些则消极等待。最重要的蛋白质是酶，即控制细胞化学反应的分子。酶就象装配线上的工人一样，各有各的分子工作，例如第四道工序负责核苷酸鸟苷磷酶的构造，又比如第十一道工序负责分解糖分子并从中提取能量——这是用来支付其他分子工作的货币。但是酶并不是老板，它们接受它者的指令——事实上，它们本身也是由它者构造的，它们按负责者的命令办事。核酸是分子的老板，它们位于细胞核这样的紫禁城里，深居简出。假如我们通过一个小孔闯入细胞核的话，我们会发现类似意大利面条厂里的爆炸现象——令人眼花缭乱的面团和面条，它们就是两种不同的核酸：DNA 和 RNA（它们将 DNA 发出的指令传递给其他的细胞）。这些核酸是 40 亿年进化的最佳产

卡尔 萨根：宇宙

品，它们储存着如何指使细胞、树木和人类进行工作的全部信息。如果用一般的语言写出来的话，人类 DNA 的信息量足足可以写成 100 卷的巨著。此外，除了极少数例外，DNA 分子还懂得如何复制自己。它们的学识不可谓不渊博。

DNA 是一条复合螺旋线，由两条线绞合在一起，象一个螺旋形的梯子。在这两条线上的核苷酸的排列次序就是生命的语言。在繁殖的时候，这两条线借助一种特殊的松解蛋白质而分离，然后分别跟附近的另一条线的复制物（在细胞核沾滞流体里漂浮着的核苷酸预制构件所制造出来的复制物）相结合。松解程序一开始的时候，一种称为 DNA 聚合酶的特异功能酶就出来协助确保复制工作不出差错。如果出了差错，酶就会迅速加以纠正，用正确的核苷酸取代错误的核苷酸：这些酶是一部功能奇异的分子机器。

除了精确地复制自己（即遗传）之外，DNA 还通过称作“信使 RNA”的另一种核酸指挥细胞的活动（即新陈代谢）。RNA 会跑到核外，每个 RNA 在适当的时间和适当的地点控制着一个酶的构

卡尔 萨根：宇宙

造。酶细胞形成之后就开始发号施令。每个酶掌管着细胞生化过程的某一特定环节。人类的 DNA 是由 10

亿个核苷酸分子串起来的一个梯子，大多数核苷酸的组合形式是没有意义的，它们会使蛋白质合成为无用的东西。只有极少数核酸分子对象人类这样复杂的生物才有用途。即便如此，核酸对生物有用的组合方式还是多得令人目瞪口呆——很可能比宇宙间的电子和质子的总数还要多得多。因此，人类可能出现的个体要比迄今出现过的数量大得多，这说明人类种的潜力是极大的。核酸一定还有许多组合方式可以改善人类。幸好我们还不知道怎样用其他的方法排列核苷酸来制造其他的人类。将来我们完全有可能以任何理想的方式排列核苷酸，创造出具有称心如意特征的人。这是一个既严肃又令人兴奋的设想。

进化是通过突变和选择来实现的。在复制过程中，如果 DNA 聚合酶出差错的话，就可能发生突变。但是 DNA 聚合酶极少发生差错。辐射、太阳紫外线照射、宇宙射线或环境中的化学品等也会引起突变，所有这些

卡尔 萨根：宇宙

东西部能够使核苷酸发生变化，或者使核酸打结。如果突变率过高，我们就不可能有 40 亿年来在极其缓慢的进化过程中遗传下来的生物。如果突变率过低，适应未来环境变化的新品种就不可能出现。生物的进化要求突变与选择之间保持某种程度的平衡，随着平衡的实现，非凡的适应性也越产生了。一个 DNA 核苷酸分子的变化会引起受该 DNA 遗传密码控制的蛋白质内一个氨基酸分子的变化，欧洲血统人的血液里的红细胞呈球形，某些非洲血统人的血液里的红细胞则呈镰刀形或新月形。镰刀形细胞携带的氧比较少，结果遗传一种贫血症，但是它们又是抵御疟疾的主要因素。毫无疑问，贫血症总比死亡好。这种对血液功能的重大影响(在红细胞的照片上一目了然)是典型人体细胞的 DNA 中，上百万个核苷酸分子中有一个核苷酸分子发生变化的结果。我们现在仍然不知道大多数其他核酸的变化会引起什么样的后果。我们人类看上去跟树木大不相同。无疑地，我们对世界的认识也跟树木不一样。但是在最深处，在生命的分子

卡尔 萨根：宇宙

核心，树木跟我们本质上是相同的。两者都用核酸进行遗传，两者都用蛋白质为酶来控制细胞的生化过程，最重要的是，两者都用完全相同的电码本将核酸的信息翻译成蛋白质的信息——实际上我们这个行星上的所有其他生物使用的也都是这个电码本③。对这种分子统一性的一般解释是：我们人类，例如树木、人类、鲛鳕鱼、粘液霉和草履虫等，都是在我们行星历史的早期源自一个共同的祖先。那么，关键分子又是如何产生的呢？在康奈尔大学，我的实验室里，除了研究其他项目以外，我们还研究生物前有机化学，谱写了一段生命的乐章。我们将原始地球的气体混合在一起，然后用电火花辐照。这些气体包括：氢、水、氨、甲烷、硫化亚氢等，它们碰巧都存在于现代的木星上和整个宇宙里。电火花相当于闪电（在古代的地球和现代的木星上也有）。反应器皿起先是透明的，因为原始气体是看不见的。但是电火花辐照 10 分钟之后，我们看到一种奇特的棕色的东西顺着器皿壁慢慢地往下淌，器皿逐渐地变得不透明了，盖

卡尔 萨根：宇宙

上了一层厚厚的煤油。假如我是用紫外线照射的话（模仿早期的太阳），其结果会大致相同。这种焦油是复杂有机分子（包括蛋白质的组成部分和核酸）的浓缩。生物竟然是非常容易制造的。

上述这种实验是五十年代早期斯坦利·米勒最先做的。他当时还是化学家哈罗德·尤里的研究生。尤里有力地论证了地球早期的大气层里充满了氢（就象宇宙中大多数的星球那样）；后来氢慢慢地从地球上散发掉，但是没有从巨大的木星上散发掉；生命在氢丧失之前就产生了。当尤里建议用火花辐照这些气体的时候，有人问他想通过这个实验制造什么东西，他回答说：“Beilstein.” Beilstein 是德国的一部 28 卷的巨著，里头罗列了化学家所知道的所有有机分子。

只要用早期地球存在的最丰富的气体和几乎所有能够解开化学键的能源，我们就能够制造生命的基本预制构件。但是在我们的器皿里出现的只是生命的乐谱，还不是生命的音乐。分子预制构件必须正确地排列在一起。生命绝不仅仅是组成蛋白质的氨基酸和组成核

卡尔 萨根：宇宙

酸的核苷酸。但是即使在将这些预制构件排列成长键分子方面，我们的实验工作已经取得了重大的进展。氨基酸已经在原始地球的条件下被组合成类似蛋白质的分子，其中有些分子象酶一样微弱地控制着有用的化学反应。核苷酸已经被组合成几十个单位长的核酸链。在适当的条件下，短核酸在试管里能够与跟它们相同的复制品结合在一起。直到现在，还没有人能将原始地球的气体和水混合在一起并在实验结束的时候让什么东西从试管里爬出来。最小的已知生物，类病毒，是由不到1万个原子组成的。这些病毒能导致栽培植物的若干种不同疾病，而且很可能是最近刚从更复杂（而不是更简单）有机体演化来的。确实很难想象还有更简单的、不管从什么意义上说都是活的生物体。类病毒是单纯由核酸组成的，而病毒却有一层蛋白质膜。类病毒只不过是单一的 RNA 链条，其几何图形不是一条直线，就是一个闭合圈。不管类病毒多小，它们总是生机勃勃的，因为它们都是彻头彻尾的寄生虫。跟病毒一样，它们只是接管一个

卡尔 萨根：宇宙

功能完善的大细胞的分子机器，然后把这个制造细胞的工厂改造成制造类病毒的工厂。 已知最小的独立生存的生物体是 PLOOC 类胸膜肺炎生物和类似的小生物，它们大约是由 5000 万个原子组成的。因为这种生物必须在较大的程度上依赖自己，所以它们比类病毒和病毒更复杂。但是现在地球的环境条件对简单的生物体并不那么十分有利，因为你非得自食其力不可，非得防范敌手不可。然而，在我们行星的早期历史里，当大量的有机分子在充满氢的大气层里由阳光孕育的时候，很简单的非寄生生物都有竞争的机会。最初的生物体可能就象独立生存的一类病毒那样，只有几百个核苷酸分子串起来那么长。到本世纪末的时候，我们就可以用实验的方法重新开始创造这种生物。关于生命的起源，我们还有许多东西要了解，其中包括遗传密码的起源。但是这种实验我们才不过做了 30 年左右，而大自然却已经先行了 40 亿年。总的来说，我们的成绩还是不错的。 这样的实验并不是地球上所独有的，最初的气体以及能源在整

卡尔 萨根：宇宙

个宇宙都有。星际空间的有机物和在陨石上发现的氨基酸，可能是由像我们实验器皿里的那类化学反应所引起的，一些类似的化学现象在银河系的 10 亿个其他星球上一定发生过。生命的分子充满了整个宇宙。但是即使另一个星球上的生命跟我们这里的生命都有相同的分子化学现象，我们也没有理由认为那里的生物就一定跟我们所熟悉的生物相类似。试想一下，地球上的生物是多么的繁杂，它们都生活在同一个星球上，都有相同的分子生理。在另一个星球上，动植物很可能跟我们在这里所了解的任何生物体完全不问，那里可能会聚进化（扫校者注：疑为 convergence，即趋同进化），因为对某种环境问题可能只有一种最佳解决办法，例如两只眼睛是为了使双目视觉能够适应光频。但是总的来说，进化过程的随机性可能会使地球外的生物跟我们所知道的任何生物都大不相同。我说不清楚地外生物会是什么样子，我的知识是非常有限的，我只知道一种生物，即地球上的生物。有些人，例如科幻小说家和艺术家，已经

卡尔 萨根：宇宙

对其他星球上的生物进行了猜测，我对那些地外生物的幻想表示怀疑，因为它们似乎过多地以我们已知的生物体为幻想的依据。任何特定的生物体都是经过一个个意外的步骤长期演变而成的，我想其他任何地方的生物都不会象爬行动物、昆虫或人类那个样子，即使象绿皮、尖耳和触角这样的小化妆也不会一样。但是假如你强迫我的话，我也可以想象出一种颇不相同的东西。 在一个木星那样巨大的气体星球上，大气层里充满了氢、氦、甲烷、水和氨，星球表面没有可着陆的地方，而是一个密集的云状气层，象我们实验器皿里的生成物那样的有机分子可能不断地从空中降落到这个云层里。但是这样的行星对生命的形成存在着一种特殊的障碍：表层湍急，深处炎热。生物体必须时刻小心，免被拖向受煎熬的深渊。 为了说明生命在这样极其不同的行星上并不是不可能的，我和我在康奈尔的同事 E. E. 萨尔彼得做了一些计算。当然，我们不可能准确地了解生命在这种地方会是什么样子，但是我们要弄清楚在生物和化学

卡尔 萨根：宇宙

法则的范畴内这种星球是否可能有生物。在这样的条件下，生存的方法之一是在你受煎熬之前就进行繁殖，并指望空气的对流能够把你的一部分后代带到大气层高处较凉爽的地方。这种生物体可能极小，我们把它们叫做坠子。但是你也可以是浮子——抽掉氦和重气体而只留下最轻的气体氢气——的大氢气球，或者是热气球，通过保暖和利用食物等方法维持漂浮状态。就象我们所熟悉的地球上的气球一样，浮子越往下拖，它回弹到高层大气较凉爽的安全地带的浮力就越大。浮子可能会把预制的有机分子吃掉，或者象地球上的植物那样，通过阳光和空气将预制的有机分子化为己用。达到一定高度的时候，浮子越大，它的功效也越越大。我和萨尔彼得设想浮子有几公里宽，比最大的鲸鱼还大。浮子可能会象冲压式喷气发动机或火箭那样，用迸发的气流将自己推到行星天气以外。我们设想它们懒散地群集在一起，大得一眼望不到边。在它们的表皮上有花纹，这是一种适应性伪装，同时也说明它们遇到了问题。因为在

卡尔 萨根：宇宙

这样的环境里至少还有一个小的生态环境：狩猎。狩猎者行动迅速，动作灵敏。它们吞食浮子，一方面是为了补充自身的有机分子，一方面是为了储存纯氢。最初的浮子可能是由空坠子演变来的，而最初的狩猎者则可能是由浮子进化来的。狩猎者的数量不可能很多，因为如果它们把浮子都消灭掉的话，它们自己也要毁灭。物理和化学容许这样的生物形态存在，艺术则赋予它们一定的魅力，然而自然却不以我们的臆测为转移。但是，如果在银河系里有几千亿个住着生物的星球，恐怕也会有几个住着我们根据物理和化学的法则想象出来的坠子、浮子和狩猎者的星球。

与其说生物学象物理学，不如说生物学象历史学。你要了解现在，你就得了解过去，并且要极其详细地了解它。正如至今还没有历史学的先验论一样，至今也还没有生物学的先验论，理由是相同的：两个学科对我们来说仍然太复杂。但是我们可以通过了解其他的东西来增进对自身的了解。对地球外某种生物的研究，不管如何粗浅，都会推动生物学的进

卡尔 萨根：宇宙

步。生物学家将会首次弄清楚什么样的其他生物可能存在。当我们说探索其他地方的生物很重要时，我们并没有说很容易找到，我们只是说值得一找。 迄今为止，我们仅仅听到一个小星球上的生命之声，但是我们终一起开始注意收听宇宙乐曲中的其它声音。 _____

①译注：平家物语，日本镰仓时代初期著名战记小说，相传为 13 世纪初信浓前司行长所著，共 12 卷。后经多人增补修订，现有异本多种。描写 1132~1213 年平代和源代两个封建宗族争夺政权的斗争，最后源代胜利，并掌握政权。 ②译注：在玛雅的《圣经》里，各种生物形态的产生被说成是神着意创造人类时失败的尝试。

由于早期的试验差，结果创造了那些低级动物；由于创造人类之前的那一次试验失之毫厘，结果创造了猴子。

在中国的神话里，人类是由盘古神身上的虱子产生的。

18 世纪，德·布丰认为：地球的年龄比《圣经》上所说的要大得多，生物的形态几千年来缓慢地变化着，但是类人猿却是人类不幸的后代。虽然这种看法与达尔文和

卡尔 萨根：宇宙

华莱士的进化论不完全符合，但它们都是进化论的前身——迪莫克里特斯、恩佩多科斯和其它古代爱奥尼亚科学家的观点也是如此（见第七章）。 ③译注：但是

地球上不同的生物体在不同部位使用的遗传密码不尽相同。至少有几个例子可以证明，将 DNA 信息翻译成蛋白质信息的时候，线粒体内使用的电码本与同一细胞的细胞核里的基因使用的电码本是不一样的。这表明，线粒体和细胞核遗传码的分离经历了一个长期的进化过程，而且与下述见解是一致的，即线粒体曾经是一种自由生存的生物体，它们是在数十亿年前的共生过程中并入细胞的。它们共生的成熟关系的发展和日趋完善偶然地回答了这样的问题，即在寒武纪爆炸的时候，在细胞的形成和多细胞生物体的剧增之间发生了什么样的进化。

卡尔 萨根：宇宙

第三章 宇宙的和諧

你知道天的定例吗？ 能使地归在天的权下吗？

《约伯记》 一切人间祸福来自 7 行星 12 宫。按照宗教的说法，黄道 12 宫掌管光明的一面，7 行星则掌管黑暗的一面；7 行星压抑万物并将其向死亡（和万恶）过渡：因为黄道 12 宫和 7 行星支配着世间的命运。 《琐

罗 亚斯 德教圣经》（新版） 告诉我们说万物都有行为和效应的超然特性，等于自诉我们一句空话；但是根据现象推引出二三条运动的原理，然后再告诉我们一切有形物质的特性和行为怎样成为这些浅显原理的必然结果，则会是一个十分重大的进步。 艾萨克·牛顿

《光学》 我们并没有问鸟儿唱歌有什么目的，因为唱歌是它们的乐趣，它们主来就是要唱歌的。同样的道理，我们也不应该问人类为什么要挖空心思去探索天国的秘密……自然现象之所以这样千差万别，天国里的宝藏之所以这样丰富多彩，完全是为了不使人的头脑缺乏新鲜的营养。 约翰尼斯·开普勒《宇宙结构之秘密》

卡尔 萨根：宇宙

假如我们居住在一个永无变化的行星上，我们就无所作为，无所用心。假如我们居住在一个变幻莫测的星球上，我们就不可能理解事物，也不可能有科学这样的东西。这里的事物在变化着，它们的变化遵循着一定的模式、规则或所谓的自然法则。如果我们把一根竹竿抛到空中，这根竹竿总是要下落。如果太阳从西边落下，它在第二天早晨总是要从东边升起来。因此我们有可能理解事物，我们可以从事科学研究，并用科学来改善我们的生活。人类善于理解世界，我们一向如此。我们会狩猎或生火，因为我们明白了一些事理。在电视、无线电、书籍发明之前，我们经历了一个历史时期，人类存在以来的大部分时间是在这个时期里度过的。在无月光的夜晚，我们围着营火的余烬，注视着天上的星星。夜空是饶有趣味的，那里有各式各样的图案。你可以不假思索就想象出不同的图画。例如，在北方的天空上有一个图案（即星座），看上去有点像熊，有些人把它叫做大熊星座，另一些人看到的则是完全不同的形象。当然，夜空里并

卡尔 萨根：宇宙

不是真有这些图画，它们是我们自己安排的。我们是狩猎的民族，我们看到的是猎人、狗、熊和年轻的妇女以及一切引起我们兴趣的东西。当 17 世纪的欧洲水手第一次见到南方的天空时，他们就把 17 世纪人们感兴趣的东西放上去，如杜鹃、孔雀、望远镜。显微镜等。如果这些星座是在 20 世纪命名的话，我想我们就会在空中见到自行车和电冰箱星座，见到摇摆舞星座，甚至见到蘑菇云——人类寄托在群星中的一种新的希望和恐惧。我们的祖先偶然间会见到一个非常明亮的带着尾巴的星星从天空中一掠而过，他们把它叫做流星。但是这个名字取得不好，因为流星下落之后，原来的那些星星依然还在那里。在某些季节里有很多流星，在另一些季节里流星就很少。这里同样也有一种规律性。

跟太阳和

月亮一样，星星总是从东边升起来，从西边落下去。如果它们从我们的头顶上经过的话，它们就要用整夜的时间跨过天空。不同的季节有不同的星座。譬如同样的星座总是在初秋出现，新的星座从来不会突然从东方地平

卡尔 萨根：宇宙

线上升起来。星星有它们的规律性、可预测性和永久性，从某种意义上说，它们基本上是靠得住的。有些星星比太阳稍早一点升起来或稍迟一点落下去，它们升落的时间和位置随着季节的变化而不同。如果你长年累月地仔细观察并作记录的话，你就会预告季节的变化。你还可以通过观察每天太阳从地平线升起的位置来估量季节。天空是一个大日历，凡是有事业心、有能力、有办法作记录的人都可以使用。我们的祖先构筑了测量季节变化的设施。在新墨西哥蔡科峡谷有一个 11 世纪建造的没有屋顶的大礼堂，6 月 21 日——一年最长的一天，一柱阳光在黎明的时候从一个窗户射进来，最后慢慢地覆盖了一个特设的壁龛。但是这种现象只有在 6 月 21 日左右才发生。我猜想那些自豪的阿纳萨齐人（他们自称“古人”）每年 6 月 21 日都聚集在大礼堂里，他们披戴着羽毛。拨浪鼓和绿松石，坐在长凳上庆祝太阳的威力。他们还监视月亮的视运动，大礼堂里 28 个位置更高的壁龛可能表示月亮回到星座原来的位置上所需要的天数。

卡尔 萨根：宇宙

这些人密切地注视着太阳、月亮和星星。根据类似的原理构筑的设施还可以在以下地方找到：柬埔寨的吴哥窟，英国的巨石阵，埃及的阿布西姆贝尔，墨西哥的奇琴伊特萨和北美的大平原。有些被认为可以用作日历的

设施可能纯属偶然，譬如 6 月 21 日那天窗户和壁龛的偶然性。但是有些设施则很奇妙：美国西南部的一个地方直立着三块石板（它们是 1000 年前从别的地方搬来的），在岩石上刻了一条有点像星系的螺旋线，6 月 21 日（夏至）那一天从两块石板的空隙透射过来的阳光分割这条螺旋线；12 月 21 日（冬至）那一天，有两条光线将这条螺旋线夹在中间，这是利用中午的太阳读认天空历书的杰作。为什么世界各地的人都要这样下功夫学天文

呢？人们追猎随季节转换而迁徙的瞪羚、羚羊和野牛；水果只有在一定的季节才能采摘；发明农业之后，人们就得按季节种植和收获庄稼，散居游牧部落的年会必须定期召开。看天空历的本事实际上是生死存亡的大事。

全世界的人都注意到，新月之后又出现娥眉月，日全食

卡尔 萨根：宇宙

之后太阳又恢复了原状，太阳在夜里令人不安地消失之后早晨又升起来。这些现象向我们的祖先表明，超越死亡是可能的，头顶之天空就有永存的象征。

风在美国西南部的峡谷里呼啸，只有我们听到这风声，它提醒人们注意那些善于思考的 4 万代祖先。对于他们，我们几乎一无所知，而我们的文明都建筑在他们的身上。

随着年代的推移，人们从祖先那里学到了许多东西。对太阳、月亮和星星的位置与运动了解得越精确，人们就能够越准确地预测狩猎。播种和收获的时间以及召开部落会议的时间。随着测量精密度的提高，记录是必不可少的。可见天文学促进了观测，促进了数学，也促进了写作的发展。

但是相当一段时间之后，出现了一种荒谬的观念，基本上是建立在经验基础上的科学受到了玄学和迷信的冲击。太阳和星星操纵季节、食物和温暖，月亮操纵潮汐和许多动物的生活周期，甚至操纵人类的经期①——这对热心传宗接代的有性动物是极为重要的。在天空中还有另一种东西——我们称作“行星”的

卡尔 萨根：宇宙

游荡者或徘徊者，我们的游牧祖先对行星一定感到很亲切。如果不算太阳和月亮的话，你只能看到 5 颗行星。

它们在远方星星的衬托下运行，如果你连续观察数月，你就会发现它们在星座之间进进出出，有时甚至在空中翻筋斗。空中的其他一切东西对人生都有某种实际的影响。

行星的影响究竟是什么呢？在当代西方社会里，要购买一本关于星占学的杂志——譬如从报摊上购买——是很容易的，但是要找到一本关于天文学的杂志却难上加难。事实上，美国的每一家报刊上每天都有星占学专栏，而每周刊载一次天文学专栏的报纸则几乎没有的。美国的星占学家人数足足是天文学家人数的 10 倍。聚会的时候，一些不知道我是科学家的人有时候问我：“你是双子宫吗？”（黄道 12 宫之一，指成功的机会），或者“你是哪一宫？”很少有人问我：“你听说黄金是在超新星爆发的时候产生的吗？”或“你认为国会什么时候会批准建造一个火星漫游车？”星占

学家认为，你诞生时行星所在的星座对你的前途有重大

卡尔 萨根：宇宙

的影响。几千年前就形成了这样的观点：行星的运行决定着国王、王朝和帝国的命运。星占学家研究行星的运动规律，并且，比如说，自问自答：“上次金星在摩羯星座上升的时候发生了什么事情？很可能这次会发生类似的事情。”这样的推理难免玄虚荒唐。星占学家终于成了朝政的专用雇员。在许多国家里，除了官府的星占学家之外，其他任何人研究天象便是犯弥天大罪，因为推翻一个政体的妙法就是预测其垮台的时机。中国宫廷星占学家如果预测不精确就要被处决，因此许多星占学家将天文记录改头换面，使之符合后来发生的事件。星占学成了观测、数学和观点含糊、内容失真的记录的大杂烩。

但是，假如行星能够决定国家的命运的话，它们为什么就不能影响我明天的命运呢？个人星占学大约是在 2000 年前从亚历山大大帝时期的埃及发展起来的，然后扩展到希腊和罗马社会。我们今天还可以从某些词汇里辨认出星占学的古风，例如：disater（灾难）这个字在希腊语里的意思是“坏星”；influenza（流感）

卡尔 萨根：宇宙

这个字在意大利语里的意思是“（星的）影响”；mazeltoy（运气）这个字原是希伯来语，最后成了巴比伦语，意思是“好星座”，或依地绪语的 Shlamazel，用来表示被严酷的不幸所折磨的人，它同样可以上溯到巴比伦的天文学词汇。根据普利尼的记载，有的罗马人遭到 Sideratio（“星击”），当时人们普遍认为行星是死亡的直接因素。再考虑一下。consider（考虑）这个字：它的原意是“与行星同在”，显然这是深思熟虑的先决条件。1632 年伦敦市的死亡统计数字，在 9 535 个死于婴孩病和“升光病”与“国王罪恶病”等怪病的死者当中 13 个人死于星症，比死于癌症的人还要多。我不知道这种病到底有什么症状。个人星占学至今依然存在：让我们看一看同一城市在同一天出版的两种不同报纸的星占学专栏吧。例如，我们可以看一看 1979 年 9 月 21 日的《纽约邮报》和《纽约日报》。假设你是天秤宫，即生于 9 月 23 日和 10 月 22 日之间，《邮报》的星占学专栏作家认为“让则和”，虽然这句话可能有用，但是

卡尔 萨根：宇宙

却有点含糊。《日报》的星占学家则认为“要严以律己”，这个告诫有所不同，但还是含糊。这些“预示”其实并不是什么预示，它们只不过是劝告罢了——它们说的是该做什么，而不是会发生什么。这样的措辞带有普遍性，对什么人都适用，而它们之间又互相矛盾，为什么它们像运动统计数字和股票市场报告那样被刊载出来而不加任何解释呢？

星占学可以用孪生子的生命来检验。

在许多情况下孪生子中有一个在童年的时候夭折，譬如死于车祸或遭到雷击，而另一个孪生子却活到很大年纪。他们诞生在完全相同的地方，诞生的时间也只不过是几分钟之差，他们诞生的时候在星座里升起来的行星都一样。如果星占学可行的话，为什么这样的一对孪生子会有完全不同的命运呢？其实，星占学家对某一个特定星位的理解并不一致。经过仔细的检验之后，我们发现，如果他们除了诞生的时间和地点以外，对人们一无所知的话，他们是不可能预测人们的性格和前途的。②

地球这个行星上的国旗有点古怪。美国的国旗有 50 个星，

卡尔 萨根：宇宙

苏联和以色列各有一个，缅甸 14 个，格林纳达岛和委内瑞拉 7 个，中国 5 个，伊拉克 3 个，圣多美岛和普林西比岛 2 个，日本、乌拉圭、马拉维和孟加拉国等都是太阳旗，巴西国旗上有一个大球，澳大利亚、西萨摩亚、新西兰和巴布亚新几内亚都是南十字星座，不丹是龙珠——地球的象征，柬埔寨是吴哥窟天文台，印度、南朝鲜和蒙古人民共和国则是宇宙的象征。许多社会主义国家采用星星，许多穆斯林国家采用新月。我们这个世界上的国旗几乎有一半采用天文符号。这种现象是跨文化的，是无宗教派别的，也是世界性的。这种现象也不仅仅局限于我们的时代，从公元前 3000 年开始的塞缪里亚的圆筒图章和中国革命前的道家旗帜都采用星座。我毫不怀疑各家都想利用天国的力量和威望。我们都寻求与宇宙的联系，我们野心勃勃。事实证明，我们是跟宇宙联系在一起的，但不是星占学家所声称的那种个人的、小规模、虚无缥缈的联系，而是最根本的联系，其中包括物质的起源、地球的可居住性、人类的进化与命运

卡尔 萨根：宇宙

等（这些问题我们后面还要谈到）。现代流行的星占学来自克劳迪斯·托勒密亚斯，我们叫他托勒密，虽然他跟同姓的国王没有关系。公元二世纪时，他在亚历山大图书馆工作，整理巴比伦星占学传说，所有那些关于行星在种种太阳“宫”、月“宫”或“宝瓶宫龄”里的星位这些神秘的东西都源自托勒密。曾有一张用希腊语写在纸莎草纸上的托勒密时代的典型天宫图，这张天宫图标出了生于 150 年的一个小女孩的命运：“生于菲洛，安东尼纳斯·凯撒陛下 10 年，费米诺思 15~16 日凌晨 1 点。太阳位于双鱼宫，木星和水星位于白羊宫，土星位于巨蟹宫，火星位于狮子宫，金星和月亮位于宝瓶宫，星占摩揭宫。”十几个世纪以来，计算年月的方法已经发生了很大的变化，而占星术却没有多大变化。托勒密的星占学著作中有这样一段典型的话：“老土星位于东方，其庶民之外表则为黑皮肤、强健、黑发、卷发、粗壮，眼睛大小适中、体格中等、性情非常温静。”托勒密不但相信行为受行星和恒星的影响，而且相信体

卡尔 萨根：宇宙

格、肤色、民族气质、甚至先天畸型等都受恒星的制约。在这一点上，现代星占学家的观点似乎比较谨慎。但是现代的星占学家已经把岁差忘掉（托勒密对岁差还是了解的），他们忽略了大气折射（托勒密论述过这个现象），他们几乎不管什么卫星和行星、小行星和彗星、类星体和脉冲星、爆发星系、共生星、激变星以及托勒密时代以来所发现的 X 射线源。天文学是一门科学——研究客观宇宙；星占学是一门伪科学——没有真凭实据地宣称我们的日常生活受其他行星的影响。在托勒密时代，天文学与星占学之间是没有明显的区别的，今天却是有区别的。

作为一个天文学家，托勒密给星星命名，制定星星的亮度表，论证地球是一个球体，制定预测日食的规则，但是最重要的也许是研究行星在远方星座的衬托下奇妙地运转的原因。为了研究行星的运动和译解空中的信息，他制定了一个预测模型。对天体的研究给托勒密带来了一种极大的欢乐。“我是凡人”，他写道：“我知道我终有一死，但是当我随着繁星的圆周

卡尔 萨根：宇宙

轨道畅游的时候，我的双脚已经离开了大地……”

托勒密相信地球是宇宙的中心，相信太阳、月亮、行星和恒星都绕着地球转。这是世界上最自然的一种观点。

地球似乎是稳固不动的，而我们却看到天体天天在升落。

世界各地的人们迅速地接受了地心说。开普勒写道：“因

此，人的理智在未经指点以前不可能不认为地球是一个

天穹覆盖着的大房屋；这个房屋静止不动，小小的太阳

在屋里往返运动着，就像鸟儿在空中徘徊一样。”但是

我们如何解释行星的视运动呢？例如火星，人们在托勒

密时代前几年就已经知道它的运动了（古埃及人给火星

的一个称号是 Sekded-ef em Rhetkhet，意思是“倒

退者”显然是指它的视逆行或视环行）。托勒密制

造的行星运动模型可以由一个小机械作为代表，它跟托

勒密时代那些作用相似的机械差不多③。问题是要能够

测定行星在“屋顶上”的“实际”运动，然后才能够精

确地再现行星在“屋内”的视运动。托勒密想象行

星绕着地球转的时候是附着在完全透明的球体上，但是

卡尔 萨根：宇宙

它们不是直接附在球体上，而是通过一种离心轮间接附在球体上。球体转动的时候带动了小轮子，我们从地球上看到火星的环行就是这个道理。这个模型可以相当准确地预测行星的运动，这在托勒密时代，甚至在后来的几个世纪里，已经是够精确的了。因为托勒密在中世纪把天球想象成是由水晶玻璃构成的，我们现在还在谈论球体音乐和七重天（有月亮、水星、金星、太阳、火星、木星和土星的“天”，还有恒星的“天”）。因为地球是宇宙的中心，造物主随地球上的事件而转移，天体被认为完全是根据超自然的原理建造的，因此没有什么必要观测天文。在中世纪欧洲教会的支持下，托勒密的模型妨碍天文学的发展达 1000 年之久。最后，在 1543 年，波兰天主教教士哥白尼发表了一个完全不同的假说来解释行星的视运动。这个理论最主要的特征是大胆地提出太阳，而非地球，才是宇宙的中心。地球被降级为行星之一，它是靠近太阳的第三个行星，不断地进行着标准的圆周运动（托勒密曾经考虑过日心模型，但

卡尔 萨根：宇宙

立即否定掉了，他认为根据亚里士多德的物理学，所谓地球的激烈旋转运动是不符合实际观察的）。在托勒密的地心说中，称为本轮的小球体带着行星，附在转动的大球体上转动。这样，从远方的星球看来，转动过程显然呈逆行状。在哥白尼的日心说中，地球和其他的行星沿环形轨道绕太阳公转。在地球运转到火星前方时，从远方的星球看来，火星的转动显然呈逆行状。在解释行星的视运动时，这个假说至少跟托勒密的天球说同样有效，但是它触怒了许多人。1616 年，天主教会将哥白尼的论著列为禁书，直到最后才被地方教会书刊审查员“纠正”，于 1835 年解放出来。④马丁·路德说他是“一个星占学暴发户……这个傻瓜想要推翻整个天文学，但是《圣经》告诉我们，耶和华命令太阳静止不动，而不是命令地球静止不动。”有些赞佩哥白尼的人甚至说他并不真正相信日心说，他提出这个理论只是为了计算行星运动的方便。两种宇宙观（地心说和日心说）之间的划时代的对抗在 16 世纪和 17 世纪的时候达到了

卡尔 萨根：宇宙

高潮，这体现在一个像托勒密那样既是星占学家又是天文学家的人身上，他处在人类的思想被禁锢的时代，处在宗教一二千年前的观点被认为比在当时的技术条件下的发现更为可靠的时代，处在离经叛道——在神秘的神学问题上背离两种主要教派（天主教和新教）——受辱、受罚、受流放、受折磨或受处决的时代。天国里有天使、魔鬼，还有转动透明球体的圣手。科学不认为自然现象受物理法则的支配，但是这个孤军奋战的斗士却为现代科学革命点燃了火把。

开普勒于 1571 年生于德国，从小就被送到莫尔布朗镇的新教神学校去学做牧师。那个学校就像新兵集训中心一样，专门训练年轻人用神学作为武器来进攻罗马天主教的堡垒。开普勒顽强，有才智，很有主见。他在荒凉的莫尔布朗呆了两年，没有一个朋友，性格变得孤独、怪僻。他自以为主在上帝的眼里是一个微不足道的人，终日忏悔自己那些并不比旁人更为丑恶的罪过，丧失了超度的希望。

但是他并没有遭到天罚，上帝也没有要他赎罪。开普勒的上帝就是

卡尔 萨根：宇宙

宇宙的创造力。这个孩子的好奇心使他变得无所畏惧。他希望能够研究世界末日的学说，他勇于想上帝之所想。这种危险的幻想开初只是一种想象，后来成了根深蒂固的顽念。神学校的一个自信的孩子渴望着将欧洲从中世纪思想的修道院里解脱出来。古典科学在 1000 多年前就已经被镇压了，但是在中世纪后期。阿拉伯学者保留下来的东西开始慢慢地潜入欧洲的教程。在莫尔布朗，开普勒知道古典科学已经在复苏。他除了学习神学之外，还学习希腊语和拉丁语，学习音乐和数学。他觉得他从欧几里得的几何学里瞥见了一个完美的形象，悟出了宇宙的荣耀。他后来写道：“几何学存在于创世之前，它与神道永远并存……几何学向上帝提供了创世的模型……几何学就是上帝本人。”虽然开普勒过着隐居的生活，并且全神贯注地研究数学，不完美的外界必然影响性格的形成。对那些在饥荒、瘟疫和你死我活的教条冲突中无能为力的人来说，迷信是最方便的灵丹妙药。许多人认为星星是惟一可靠的东西，古星占学的

卡尔 萨根：宇宙

观念就是在充满恐怖的欧洲后院和客栈里发达起来的。

开普勒对星占学的态度始终是不明确的，他怀疑在日常生活的表面混乱当中是否隐藏着规律性。如果天地万物是由上帝的能工巧手制作的话，是不是我们就不能够进行仔细的审查呢？难道天地万物不就是神道和谐的表现吗？这本天书在 1000 多年之后才找到一个读者。

1589 年，开普勒离开莫尔布朗到图宾金的那所名牌大学为牧师搞研究工作，他感到这是一个很大的解脱。在时代才华的激流里，他的天才立即受到老师的赏识。其中一个老师向这个年轻人介绍了哥白尼假说的奥秘。日心说与开普勒的宗教观发生了共鸣，他热情地接受了这种理论。太阳就是上帝的象征，其余的一切都绕着太阳转。在他被委任为牧师之前，有人想聘请他从事非教会的工作。也许是因为他觉得自己不能胜任教会的工作，所以他终于接受了聘请。他被派往奥地利的格拉茨中学教学，没多久他就开始准备编写天文和气象年鉴，并且开始用占星术算命。“上帝为每一只动物提供生计，”他写道，

卡尔 萨根：宇宙

“对天文学家来说，他所提供的生计就是星占学。”

开普勒是一个卓越的思想家，出色的作家，但是在课堂上却是一个拙劣的教师。他言词含糊，讲课离题，学生们往往感到莫明其妙。他在格拉茨的第一年只有几个学生听他讲课，第二年就没有人听他的了。联想和猜测在他的内心世界喧嚣不止，占据了他的整个心思。在一个愉快夏天的下午，在那没完没了的讲课过程当中，他突然得到了一个启示，这个启示从根本上改变了未来的天文学。他很可能话讲到一半突然停了下来，他的那些漫不经心的学生正渴望着放学，我想他们是不会注意到这个历史时刻的。

在开普勒时代，人们只知道 6 个行星：水星、金星、地球、火星、木星和土星。为什么只有 6 个？开普勒感到疑惑。为什么不是 20 个，或者 100 个呢？为什么这些行星在哥白尼所推断的轨道之间有空隙呢？以前从来没有人提出过这样的问题。当时知道有 5 种规则的（即理论上的）立体，它们的边是规则的多边形，正如毕达格拉斯时代之后的希腊数学家所知道的那

卡尔 萨根：宇宙

样。开普勒认为这两个数字是有联系的，之所以有 6 个行星是因为只有 5 个规则的立体，这些立体相互内接（即一个套一个），表明了各个行星与太阳的距离。通过这些理想的形体，他相信他已经找到了肉眼看不见的支撑这 6 个行星的结构。他把他所得到的启示称为“宇宙奥秘”。毕达格拉斯的立体与行星的排列位置只能有一个解释：神之手就是几何学家。毕达哥拉斯和柏拉图的 5 种完美的立体

开普勒以为自己罪孽深重，可是神却让他做出这个伟大的发现，他感到十分惊奇。他向沃尔坦堡的君主提议拨出研究金，并主动要求监督建造他所提出的内接立体模型。他说，这样人们就能够观赏神圣的几何之美妙。他还说，这个模型可以用银和宝石制成，偶尔还可以用作君主的圣餐杯。沃尔坦堡的君主否决了他的建议，请他先用纸造一个比较便宜的模型。他随即开始试制，他说：“我从这个发现所得到的极大乐趣是语言所不能表达的……不管计算多么困难，我决不回避，我夜以继日地演算，直到弄清楚我的假说是否符合哥白

卡尔 萨根：宇宙

尼的轨道为止，或者直到弄清楚我是否空高兴了一场为止。”但是不管他如何努力，立体和行星的轨道总是不太一致。然而，因为这是一个伟大而深刻的理论，他相信一定是观测的错误——这是科学史上许多其他理论家在观测结果不肯帮忙的时候所得出的结论。当时世界上只有一个人能够比较准确地观察到行星的视位，这个人是一个自愿要求流放国外的丹麦贵族，他接受了神圣罗马帝国鲁道夫二世的宫廷帝国数学家的职位，他的名字叫第谷·布拉赫。碰巧这时候他按照鲁道夫的建议邀请了在数学上享有盛名的开普勒到布拉格跟他合作。因为第谷是一个出身微贱的小地方的中学教员，除了几个数学家以外谁也不认识，所以开普勒对第谷的邀请犹豫不定。但是形势迫使他下了决心。1598年，即将来临的“30年战争”的预震把他吞没了。当地的天主教大公爵是一个坚定的教徒，他发誓：“宁可让国家荒废也不统治异教徒。”⑤新教徒未能掌握经济和政治的领导权，开普勒的学校被关闭，异教的经书。书籍和圣歌都被查禁。

卡尔 萨根：宇宙

最后居民们被叫来一个一个地查问他们的宗教信仰，凡是不肯表白信奉罗马天主教的人都被罚缴纳收入的十分之一，并且驱逐出格拉茨，放逐国外，永远不得回还，违者格杀勿论。开普勒选择了流放，他说：“我还没有学会虚伪，我对信仰是严肃的，我不能玩弄信仰。”离开格拉茨之后，开普勒跟他的妻子和后来的女儿登上了前往布拉格的艰难行程。他的婚姻并不幸福。他的妻子患慢性病，又接连死了两个孩子，人们说她是一个愚蠢、阴沉、孤独和忧郁的女人。她对丈夫的工作一点也不理解，因为他出身于小乡绅，她看不起他那寒酸的职业。他时而劝诫她，时而不理她，“因为我的研究有时候令我无暇顾及别人。但是我汲取了教训，我学会耐心等待她，当我看到她对我的话耿耿于怀的时候，我宁可受点苦头也不再得罪她。”尽管如此，开普勒还是一心想着工作。他把第谷的领域想象为一个摆脱时代罪恶的避难所，想象为验证他的“宇宙奥秘”的地方。他渴望成为伟大的第谷的同事，因为后者在望远镜发明之

卡尔 萨根：宇宙

前就致力于测量宇宙这部机器达 35 年之久，工作进行得有条不紊，测得的数据也很精确。但开普勒的愿望是不可能实现的。第谷本人好高骛远，脸上装着一只金鼻子，原来的鼻子在跟同学决斗相争谁是数学高手的时候被削掉了。他的周围都是一些咋咋呼呼的助手、马屁精、远房亲戚和各式各样的食客。他们无休止地狂欢，他们含沙射影、耍阴谋诡计，他们残忍地愚弄勤学好问的乡下人，所有这一切都使开普勒失望和伤心。他写道：“第谷……富贵无比，但是他不懂得怎么用钱。他的任何一件仪器的价值都比我的仪器和我的全部家产的总价值还高。”

虽然开普勒急于见到第谷积累的天文资料，但是他所得到的只是点点滴滴的东西。“第谷不让我分享他的经验，他只是在吃饭或空闲的时候顺便提一下某个行星的远地点数字，或另一个行星的交点数据……第谷的观测数据最完善……他也有协作者，他所缺乏的是能够应用这些数据的建筑师。”第谷是当时最伟大的观测天才，开普勒则是最伟大的理论家。他们谁都知道自

卡尔 萨根：宇宙

已一个人要全面地研究精密协调的宇宙系统是不可能的，他们也感到这是刻不容缓的工作。但是第谷还没有打算将自己毕生的研究成果奉送给一个比他年轻得多的潜在对手。由于某种原因，共同编著研究成果是不能接受的。现代科学——理论与观察的后代——的诞生在他们互不信任的悬崖上岌岌可危。在第谷临死前的 18 个月里，他们两人经常争吵，而后又言归于好。有一次，罗森堡男爵宴请第谷的时候，第谷喝了许多酒，但是他还是“礼貌第一，健康第二”，不愿当着男爵的面离开去解手，哪怕离开那么一会儿。后来因为拒绝接受节制饮食的劝告，第谷的尿道感染恶化了。临死的时候，第谷将他的观测记录遗赠给开普勒。“最后一天晚上，他神志昏迷，像作诗一样用微弱的声音一遍又一遍地说：‘别辜负我的一生……别辜负我的一生。’” 第谷死后，开普勒——现在已经是新的最大的数学家了——终于想办法将观测记录拿到手，尽管第谷家里的人不肯交出来。哥白尼的数据未能证实他关于行星的轨迹与 5 种

卡尔 萨根：宇宙

理论上的立体相接的猜想，第谷的数据也同样不能证实他的这个猜想。相当一段时间之后、由于发现了天王星、海王星和冥王星这 3 颗行星，他的“宇宙奥秘”才被完全推翻——没有新的理论上的立体可以测定这 3 颗行星跟太阳的距离。互相套接的毕达哥拉斯立体也容不得地球卫星的存在，伽利略发现的 4 颗木星卫星也使原来的猜想乱了套。但是开普勒非但没有泄气，他还希望发现更多的卫星，他很想知道每一个行星应该有多少卫星。

他给伽利略写信说：“我立即开始思考为什么在没有推翻我的‘宇宙奥秘’的情况下会有更多的行星出现，根据‘宇宙奥秘’原理，欧几里得的 5 个规则立体容不得在太阳的周围有 6 个以上的行星……我完全相信木星周围的 4 个行星的存在，因此我希望通过望远镜，如果可能的话，比你更早发现火星周围有两个（按比例似乎应该如此），土星周围有 6 个或 8 个，水星和金星周围很可能各有一个。”火星周围的确有两个卫星，为了纪念他的猜测，人们今天把其中较大的那个卫星上的一个主

卡尔 萨根：宇宙

要地质特征称为“开普勒脊”。但是他对土星、水星和金星的猜测完全错了，木星周围的卫星的数量也比伽利略所发现的多许多。我们至今仍然不知道为什么只有 9 个左右的行星，也不知道为什么它们跟太阳的相对距离是现在这个样子（见第八章）。第谷对火星和其他

行星穿过星座的视运动观测了许多年，这些观测数据在望远镜发明前的最后几十年里算是最精确的了。开普勒以极大的热情来研究这些数据：地球和火星环绕太阳的什么样的真运动才能最准确地解释火星在空中的视运动

（包括穿过背景星座的逆环行运动）？第谷曾经向开普勒介绍过火星，因为火星的视运动似乎是最不正常的，它的运行轨道似乎最不符合圆轨道。（针对那些对他的反复的计算可能感到厌烦的读者，他后来写道：“如果你对这个索然寡味的计算过程感到厌倦的话，请同情我这个至少进行过 70 次试验的人。”）毕达哥拉斯

在公元前 6 世纪就假定行星是在做圆周运动，柏拉图、托勒密以及开普勒之前的所有基督教天文学家也假定行

卡尔 萨根：宇宙

星是在做圆周运动。他们认为运行的轨道是一个“完美的”几何图形，他们还认为，为了免除世俗的“腐蚀”而高高挂在空中的行星在某种神秘的意义上也是“完美的”。伽利略、第谷和哥白尼都认为行星是在做均速圆周运动，哥白尼说过，其他的可能性使人“不寒而栗”，因为“这与用最佳的办法创造出来的东西是不相称的”。所以，开普勒在开始的时候就试图用地球和火星绕太阳做圆周运转的假想来解释观察到的现象。经过 3 年的运算，他以为他找到了火星的一个圆轨道的正确值，这些值与第谷的 10 个观测数据相匹配，误差不到 2 弧分。我们知道一度等于 60 弧分，从视平线到天顶则是一个 90 度的直角，因此几弧分是难以测量的，特别是在没有望远镜的情况下。这个误差是我们从地球上看到的整个月球的角直径的十五分之一。但是开普勒的狂喜很快就化为乌有，因为第谷的另外两个观测数据与开普勒的轨道不一致，误差达 8 弧分。开普勒写道：上帝赋于我们这样一个勤勉的观测者——第谷·布拉赫，

卡尔 萨根：宇宙

他的观测证实计算误差 8 分；我们理所当然要从心里感激上帝的恩赐……假如我以为我可以忽视这 8 分的话，我就可以使我的假设暂时成立。但是，既然不容忽视，这 8 分向我们指明了彻底改革天文学的道路。圆轨道与真轨道之间的差别只能通过准确的测量和勇于承认事实来区分：“宇宙以协调匀称见美，但是调和必须合乎经验。”使开普勒感到震惊的是，他必须放弃圆轨道，怀疑对上帝这个几何学家的信仰。他说，清扫了圆周和螺旋天文学的马厩之后，他所剩下的“只是一车子的粪便”——类似卵形的扁圆。开普勒终于意识到他对圆周的迷恋是因为错觉而引起的。地球是一个行星——这一点哥白尼已经说过，现在开普勒十分清楚地认识到，遭到战争、瘟疫、饥荒和不幸所破坏的地球并不完美。开普勒是自古以来第一个提出行星是由像地球这样不完美的东西构成的物体。如果行星是不完美的，为什么它们的轨道就不能是不完美的呢？他尝试了各种卵形曲线，他不停地计算，有时候算错了（开始的时候反而把

卡尔 萨根：宇宙

正确的答案当作错误的答案），几个月之后，正当他濒于绝望的时候，他尝试了椭圆公式（那是珀格的阿波尼厄斯在亚历山大图书馆首次整理的），结果与第谷的观测配合得很好。他后来写道：“我把自然的真理拒之门外，并把它赶走，但是它又偷偷地从后门溜进，装着若无其事的样子……呀，我真是个大傻瓜！”

开普勒

发现火星绕太阳运行的轨道不是圆形，而是椭圆形。其他行星的轨道椭率比火星的轨道椭率要小得多，因此假如第谷叫他研究金星运动的话，他可能永远也发现不了行星的真轨道。在这样的轨道里，太阳不是位于中心，而是偏移到椭圆的焦点上。当某一个行星运转到离太阳最近的位置时，它的速度就加快；当它运转到离太阳最远的位置时，它的速度就减慢。由于这种运动方式，我们说行星永远朝着太阳运动，但又永远到达不了太阳。开普勒的行星运动第一定律就是：行星在椭圆的轨道上运转，太阳位于椭圆的一个焦点上。做匀速圆周运动的时候，在相同的时间内所覆盖的圆弧角或圆弧部分

卡尔 萨根：宇宙

相等，例如，在圆周上运行三分之二的距离所需要的时间是运行三分之一的距离所需要的时间的两倍。开普勒发现了椭圆轨道的一些不同之处：当行星沿着它的轨道运转的时候，它扫过了椭圆内的一小块扇形面积；当它接近太阳的时候，它在特定的时间内在轨道上划出一个大弧，但是那个弧所代表的面积并不很大，因为行星这个时候离太阳很近，当行星远离太阳的时候，它在相同的时间内所覆盖的弧就短得多，但是那个弧代表一个比较大的面积，因为行星这个时候离太阳比较远。开普勒发现不管椭率如何，上述这两个面积正好相等：瘦长的面积（表明行星远离太阳）和短阔的面积（此时行星接近太阳）正好相等。这就是开普勒行星运动第二定律：行星在单位时间内扫过的面积相等。开普勒第一定律：行星（P）在椭圆的轨道上运转，太阳（S）位于椭圆的一个焦点上开普勒第二定律：行星在单位时间内扫过的面积相等。从 B 到 A、F 到 E 和 D 到 C 的运行时间都一样 BSA、FSE 和 DSC 等深色部分的面积都相同 开

卡尔 萨根：宇宙

普勒的头两条定律看起来有点深奥和抽象：行星沿着椭圆轨道运转，在相同的时间内扫过相同的面积，这些定律又有什么用呢？圆周运动倒还容易理解。我们可能会把它当做数学上修修补补的东西，当做脱离现实生活的东西。但是正如我们自己（因为引力作用而附着在地球的表面上）飞越行星际空间一样，我们的行星就是遵循这些定律的。我们是按照开普勒首先发现的自然法则运动的。当我们把宇宙飞船送上行星的时候，当我们观测双星的时候，当我们考察遥远星系的运动的时候，我们发现整个宇宙都遵循开普勒定律。

许多年之后，开普勒偶然发现了行星运动的第三个，也是他的最后一个定律，这个定律将各个行星的运动联系起来，正确地展示了太阳系的机制。他在一本名为《宇宙的和谐》的书里阐述了这个定律。开普勒是通过《和谐》这个词来理解许多东西的：行星运动的秩序与美妙，解释该运动的数学法则之存在（这种思想可以上溯到毕达哥拉斯），甚至在音乐意义上的和谐——“天球的和声”。其他行

卡尔 萨根：宇宙

星的轨道跟水星和火星的轨道不一样，它们基本上是圆形的，因此我们即使在极精确的曲线图上也很难画出它们的真形。地球是我们的活动站台，我们在这个站台上观测在遥远星座背景上的其他行星的运动。内行星在它们的轨道上快速地运转着——这就是水星得名的原因：水星是天使。金星、地球和火星绕太阳运转的速度依次递减。外行星，譬如木星和土星，步态庄重，有如天王。开普勒第三定律（即和谐定律）指出，行星周期（行星绕轨道一周所需时间）的平方与其距离太阳的平均距离的立方成正比；行星离太阳越远，它的运转速度就越慢，但是根据准确的数学定律， $p^2=a^3$ ，这里 p 代表行星绕太阳的运转周期（单位：年）， a 代表该行星离太阳的距离（单位：“天文单位”）。一个天文单位等于地球离太阳的距离，例如，木星离太阳是 5 个天文单位，因此 $a^3=5 \times 5 \times 5=125$ 。什么数自乘等于 125 呢？不是 11 吗？很接近。因此木星绕太阳运转一周的周期是 11 年。上述周期计算方法适用于任何行星、小行星和彗星。开

卡尔 萨根：宇宙

普勒并不满足于从大自然推断出行星运动的法则，他努力追求某种更根本的内在原因——太阳对星球运动的影响。行星在接近太阳的时候速度逐渐加快，在离开太阳的时候速度逐渐减慢。遥远的行星仍然感受到太阳的影响，磁力也有一种遥感作用，因此开普勒令人吃惊地预示了万有引力的概念，认为行星运动的内在原因类似于磁力作用：

我从事这项研究的目的是证明宇宙这部机器，与其说像一个非凡的有机体，不如说像一个类似时钟结构的装置……因为几乎各种形形色色的运动都是由一个非常简单的磁力所带动的，就像类似时钟机构的装置一样，一切运动都是由一个简单的重力引起的。

开普勒第三定律，又称宇宙谐和律（即“行星公转周期的平方等于轨道半长轴的立方”——译注），准确地建立了行星轨道的体积与其绕太阳公转一周的关系。这个定律完全适用于开普勒身后多年才发现的天王星、海王星和冥王星。

当然，磁力并不等于重力，但是开普勒这里所指出的创见是惊天动地的。他认为，适用于地

卡尔 萨根：宇宙

球的量子物理原理也是支配宇宙的量子物理原理的基础。这是首次打破用神秘的观点来解释天体运动，这个见解使地球成了宇宙的一个省份。他说：“天文学是物理学的范畴之一。”开普勒处在历史的歧点，最后的一个科学星占学家成了第一个天体物理学家。开普勒不是说话谨慎的人，他这样评价他的发现：用这种交响乐的声音，人类可以在不到一小时内奏完永恒曲，可以细细地体验上帝——最高艺术家——的欢乐……我非常激动……决心已定。我正在写这本书，让现代人读也好，让后世人读也好，都无所谓。这本书可以等一个世纪才找到一个读者，上帝自己就等了 6000 年才找到见证人。开普勒认为，在这种交响乐里，每个行星的运转速度相当于当时流行的拉丁音阶上的某些音符，即 1、2、3、4、5、6、7、i。他说，在天球的谐声里，地球的音符是 4 和 3，地球不停地哼唱着 4 和 3，这两个音符正好等于拉丁词“famine”（饥荒）。他还中肯地指出，用这个令人悲哀的词来描绘地球是最恰当不过的了。开普勒

卡尔 萨根：宇宙

发现他的第三定律之后整整 8 天，导致“三十年战争”的事件在布拉格发生了。战争动乱使千百万人家破人亡。开普勒的命运也是如此，他的妻子和儿子死于军队所传染的流行病，他的皇家赞助人被废黜，他也因为在教义问题上固执己见而被开除路德教的教籍——开普勒再次沦为难民。这次冲突——天主教和新教都把它说成是神圣的战争——其实是那些贪婪的人利用宗教狂热争夺土地和权力的战争。过去，当交战双方的君主耗尽资财的时候，战争也就结束了，但现在，有组织的抢劫成了维持作战部队的手段。受蹂躏的欧洲人束手无策地看着一把一把的犁和修校的刀被打成剑和矛⑥。在乡下，妖风四起，谣言弥天，无权无势的人受尽了祸害。许多孤身老妇被控行巫，成了替罪羊。开普勒的母亲就是在深更半夜被人从衣柜里拉走的。在开普勒的家乡小镇韦尔德斯塔特，从 1615—1629 年，每年大约都有 3 个妇女被当做女巫而加以折磨和杀害。凯瑟琳娜·开普勒是个爱争论的老妇，事情的发生是因为开普勒写了一本

卡尔 萨根：宇宙

科学小说来阐述和推广科学，这本书的书名叫做《梦》。

他想象了一次月球旅行——那些太空旅行者站立在月球

上，观察他们头顶上美丽的地球缓慢地旋转着。通过改

变我们的观察角度，我们就可以理解宇宙的机理。在开

普勒时代，反对地心说的主要原因之一是人们没有感觉

到地球在运动。在《梦》这本书里，他尽力将地球自转

的原理阐述得深入浅出，通俗易懂。他写道：“群众是

通情达理的，……我要站在群众一边。因此，我十分耐

心地向尽可能多的人解释。”（另一次，他在一封信中

写道：“请不要让我单纯搞数学计算这种单调的工作，

给我时间从事哲理的研究吧，这是我惟一的乐趣。”⑦）

随着望远镜的发明，开普勒的“月球地理学”的设想正

在成为现实。他在《梦》中将月球描绘成布满山峦峡谷

和孔洞（即伽利略不久前用第一架天文望远镜发现的月

球上的环形山）。他还想象月球上有人居住着，他们已

经完全适应了当地的险恶环境。他描述了从月面上观察

到的地球缓慢旋转的情形，并想象我们行星上的大陆和

卡尔 萨根：宇宙

海洋会引起像“月球上的人”那样的联想——把在直布罗陀海峡的西班牙南端与北非的相互靠近想象成“一个穿着柔软的衣服的少女正准备跟她的情人接吻”。但是，我觉得他们更像是在“碰鼻子”。根据月亮上日夜的长短，开普勒认为月球上气候严酷，温度变化悬殊。事实证明，他的看法是完全正确的。当然；他并不是事事正确。例如，他相信月球周围有大气，月球上有海洋，也有人居住。特别奇怪的是他关于月球上的环形山的起源的猜想。他说，这些环形山使月球看上去“像小孩子出天花的脸”。他认为，环形山是凹下去而不是突出来的。他这个观点也是正确的。他从观察中发现许多环形山四周突出，中心耸立着一个山峰，但是他认为这些规则的环形说明了一种级数，只有智能生物的存在才能解释这种现象。他设想到从空中落下来的大岩石会引起月球的局部爆发，爆发物向四周匀称地散开，结果形成了圆形的坑穴，这就是月球和其他类地行星上许多环形山和坑穴的起源。因此他推断：“月球上存在着某种能够

卡尔 萨根：宇宙

灵巧地建造那些回洞的人类。这些人类为数一定很多，他们一个接一个地建造凹洞以满足需要。‘针对’这样的大建筑工程是不可能的”的观点，开普勒列举埃及的金字塔和中国的长城（这些东西现在我们可以从环绕地球的轨道上看到）加以反驳。开普勒的思想核心是，几何级数反映了潜在的智能。他对月球环形山的论述预示了一场关于火星运河的论战（第五章）。通过观测的方法搜寻地球外的生命在发明望远镜的年代开始了，这是拥有最伟大的理论家的时代，这是举世瞩目的时代。

《梦》中有些部分显然是作者的自述，例如，主人公拜访了第谷，他的双亲是卖药的，他的母亲与妖魔鬼怪有交往，其中一个魔鬼最后还向她提供到月球旅行的工具。

《梦》向我们清楚地表明（虽然它没有向开普勒同时代的人表明）：“应该容许人们在梦中偶然想象到知觉世界所不存在的东西。”科幻小说在“三十年战争”时代还是一种新生事物，因此开普勒的书被当做为指控他母亲为女巫的证据。正当开普勒面临着严重的个人问

卡尔 萨根：宇宙

题时，他赶到沃坦堡去看望母亲。他那 74 岁的老母亲被拘禁在新教区地牢里，还受到严刑的威胁（伽利略在天主教的地牢里也受到了同样的威胁）。作为一个科学家，他很自然地立即就着手调查指控他母亲行巫的原因，其中包括调查沃坦堡人将身体上的小毛病都归咎于她的符咒的事件。他的调查是成功的，跟他的一生一样，他的调查是理性对迷信的胜利。他的母亲被放逐，永远不得返回沃坦堡，否则处以死刑。正是由于开普勒勇于自卫，沃坦堡的君主。才定下了不得在证据不足的情况下任意指控人们行巫的法令。战争的动乱使开普勒基本上

失去了经济来源，他后来的生活很不安定，到处恳求帮助。他给沃伦斯坦君主算命，就像他曾经给鲁道夫二世算过命那样，最后在沃伦斯坦控制的一个西里西亚的市镇——萨根——度过了晚年。他亲自写下的墓志铭是这样的：“我过去测量天空，现在测量的则是阴影。我的精神跟天空密不可分，我的身体却在地上安息。”但是，“三十年战争”把它的坟墓湮没了，如果今天要为他追

卡尔 萨根：宇宙

求科学的勇气树碑立传的话，碑文可以这样写：“他追求的是严酷的真理而不是美妙的幻想。” 开普勒相

信，总有一天会有“宇宙帆船乘着天风”在空中航行，船上满载“对浩瀚的太空无所畏惧的探索者”。今天，那些探索者无论是人类还是机器人，在广袤无垠的太空中用来准确无误地导航的，正是开普勒经过终身奋斗所发现的行星运动三大定律。

开普勒为了解行星的运动、为探索宇宙和谐的原理而奋斗终生，他的研究工作在他死后 36 年由牛顿推向顶点。牛顿生于 1642 年圣诞节，他母亲后来告诉他，他出生的时候只有一点点大，可以装进一个容量为一夸脱的杯子。牛顿体弱多病，感到缺少家庭的温暖，脾气暴躁，不爱交际，当了一辈子童男，但他却可能是最空前伟大的科学天才。

牛顿从小就急欲解答虚幻的问题，诸如：光是一种物质还是一种偶然的事情？引力如何越过真空而起作用？等等。

他很早就确信，基督教对“三位一体”的传统观念是对《圣经》的一种误解。他的传记作者约翰·梅纳德·凯

卡尔 萨根：宇宙

恩勒写道：他其实是梅莫奈兹学派的犹太教一神论者，他之所以得出这个结论，不是根据推理或猜测，而是完全根据对古代权威的理解。他相信天书并没有为伪造的“三位一体”论提供证据，天神只有上帝一个。但这是牛顿终身竭力隐瞒的可怕的秘密。和开普勒一样，他免不了要受到当时迷信思想的影响，他也与神秘主义交锋过多次。事实上，牛顿思想的成熟主要归因于理性主义与神秘主义的冲突。1663年，当20岁的时候，出于好奇，他在斯特布里奇市集买了一本星占学的书，他想“看看书里到底说些什么”。当读到书中谈到的幻像时，他就读不下去了，因为他对三角学一无所知。因此，他又买了一本三角学的书。但是没多久，他发现自己不懂几何学，结果又找了一本欧几里得著的《几何学初步》开始读起来。两年之后，他发明了微分学。做学生的时候，牛顿就被光迷住了，被太阳吸引住了。他不顾危险，经常目不转睛地看着镜子里太阳的映像：几小时之后我的双眼无需望着任何明亮的东西，但是我

卡尔 萨根：宇宙

还是看到太阳在我的面前。我不敢写字，也不敢看书，我把自己关在房间里让眼睛恢复过来，我整整三天呆在黑屋里，想尽一切办法转移我对太阳的想象，因为一想到太阳，我立即就会看到它的图像，虽然我是在黑暗里。1666 年，牛顿 23 岁，在剑桥大学读书。这时突然爆发了一场瘟疫，他只好回到与世隔绝的伍尔斯索普村（他出生的地方）闲居，在那里他住了一年。他专心于发明微分学和积分学，对光的性质有重大发现，并为万有引力理论打下了基础。在物理学的历史上，像这样意义重大的—年，只有 1905 年——爱因斯坦的“奇迹年”可以和它相比。当问他是怎样获得这些惊人的发现时，牛顿笼统地回答说：“通过思考。”他的成就就是如此之重大，以致他剑桥的老师文萨克·巴罗在这个年轻人回校五年之后辞去了数学教授的职位，让他来接班。

牛顿 45 岁左右的时候，他的佣人是这样描述他的：我从来没有看到他娱乐或消遣过，他既不乘车出去兜风，也不散步，不玩滚木球游戏或做其他运动，以为凡是不

卡尔 萨根：宇宙

用在学习上的时间都是浪费。他学习抓得很紧，很少离开自己的房间，除非是去讲课……很少有人听他的课，更少有人听得懂，由于听课的人少，他实际上经常是对着墙壁朗读。开普勒和牛顿的学生绝没有想到他们的损失会有多大。 牛顿发现了惯性定律——运动着的物体在没有外力作用的情况下继续做直线运动。牛顿认为，如果没有一种力量不断地改变月球的运动方向，使它的轨道成为近圆形，并把它往地球的方向上拉，那么，月球就会沿着与轨道相切的方向直线飞离轨道。牛顿把这种力量叫做重力，并相信它在远距离的地方起作用。虽然在地球和月球之间没有什么东西把它们联系起来，但是地球却不断地把月球往我们这边拉。牛顿应用开普勒第三定律，从数学的角度推断引力的性质。⑧他证明，将苹果往地球上拉的力就是使月球沿着它的轨道运转的力，也就是使当时刚发现的木星的卫星绕着那个遥远的行星运转的力。 自从开天辟地以来，物体都是往下掉的。人类有史以来都相信月亮绕着地球转。牛顿首先

卡尔 萨根：宇宙

发现上述这两种现象都是由同一种力引起的，这就是

“牛顿万有引力”中“万有”的含意所在。在宇宙中，
这个引力定律到处都适用。这是一个平方反比法

则，即引力与距离的平方成反比。如果两个运动物体之间的距离增加一倍，它们之间的引力则只有原来的四分之一，如果它们之间的距离是原来的 10 倍，它们之间的引力就比原来的引力小了 100 倍（ $10^2 = 100$ ）。显然，引力必须在某种程度上是逆向的，即随着距离的增加而减少。假如引力是正向的，即随着距离的增加而增加，最遥远的物体就会受到最大的引力。那么我想，宇宙间的所有物质很快就会形成一个大宇宙团。不，引力一定要随着距离的增加而减少。这就是为什么彗星或行星在远离太阳时转得慢，在靠近太阳时转得快的原因——离太阳越远，它们所感受的引力越小。开普勒的行星

运动三定律都可以从牛顿原理推导出来。开普勒定律是经验的产物，是根据第谷的仔细观测结果推断的，牛顿定律则是理论性的，是很简单的数学概念，根据这种概

卡尔 萨根：宇宙

念，我们最终可以推导出第谷观测的一切数据。牛顿对自己的定律引以为豪，他在《自然哲学的数学原理》一书中写道：“我在此展示了宇宙的机理。” 后来，牛顿担任了伦敦皇家学会会长（这是一个科学家的团体），还当了造币厂厂长，他将全部精力投入到查禁伪币的工作中。他那忧郁和孤独的性格又开始作怪，他决心放弃驱使他与其他科学家争论的科研工作（争论的重点是优先权的问题）。为此，有人还说他得了相当于 17 世纪的“精神崩溃”症。然而，牛顿继续他在炼金术与化学之间的边缘科学的毕生研究。最近有证据表明，他当时的疾病与其说是精神病，不如说是重金属中毒——长期吸入微量的砷和汞所引起的金属中毒。当时的化学家以嗅觉为分析手段是司空见惯的。但是，他那惊人的智力经久不衰。1696 年，瑞士数学家约翰·伯努利要求他的同事们解决一个悬而未决的“捷线问题”：在只受到重力作用的情况下，物体怎样沿着不同高度的两点之间的一条曲线下降最快。伯努利起先规定半年为最

卡尔 萨根：宇宙

后期限，但是后来应莱布尼茨的要求（莱布尼茨是当时的主要学者之一，跟牛顿同时发明了微分学和积分学），将最后期限延长到一年半。1697 年 1 月四日下午 4 点，牛顿收到这个要求。在他次日早晨上班之前，他又发明了一个崭新的数学分支——变分学。他用变分学的原理解决捷线问题，并将答案寄了出去。他的答案出版了，但是根据牛顿的请求，没有署名。然而，该答案所显示出来的才华和创见却暴露了它的作者。当伯努利见到该答案时，他说：“真是文如其人。”牛顿当年 55 岁。在晚年的时候，他继承了古代历史学家梅内托、斯特拉波和埃拉托斯尼的传统，主要从事校正古文明年代学的工作。在他身后发表的最后一本著作——《古代王国年代学修正本》里，我们发现他对许多历史事件进行了校订，复制了一幅所罗门圣殿建筑图；大胆地提出“北半球星座都是根据希腊故事《伊阿宋》和《亚尔古英雄传》里的人物、人工制品和事件命名的观点；坚持认为一切文明世界的神——只有牛顿自己心目中的神是一个例外

卡尔 萨根：宇宙

——不过是后人加以神化的古代国王和英雄罢了。

开普勒和牛顿的发现代表了人类历史上的转折——发现十分简单的数学定律渗透到大自然的各个角落；适用于地球上的规则，也同样适用于宇宙；我们的思维方式与宇宙运行方式之间会产生共鸣。他们非常重视观测资料的精确性，他们预测行星运动的准确性雄辩地证明：人类完全能够深刻地了解宇宙。我们地球的现代文明、我们世界观的形成，以及我们现在对宇宙的探索，与他们的洞察力是密不可分的。

牛顿对自己的发现持谨慎态度，他对科学界的同事们是毫不让步的。在他发现负二次方定律之后，根本没有想等一二十年之后把它发表出来。但是在辽阔无垠、错综复杂的大自然面前，他跟托勒密和开普勒一样，既高兴又谦虚。他在临死之前写道：“我不知道在别人看来我是什么样的。但在我自己看来，我不过像是在海滨玩耍的小孩，为不时发现比寻常更为光滑的一块卵石或比寻常更为美丽的一片贝壳而沾沾自喜，而对于展现在我面前的浩瀚的真理的海洋，

卡尔 萨根：宇宙

却全然没有发现。” _____ ① “月经

(menstrual)”这个词的词根意思是“月亮(Moon)”。

②对星占学及其有关学说表示怀疑并不是什么新鲜事，也不是西方所独有的。例如，1332 年《徒然草》的作者吉田兼好在《懒散论集》中写道：（日本）阴阳说对“红舌日”这个问题说不出个道理来。以往人们并不回避红舌日，但是近来——我不知道这个风俗从何而来——人们开始说什么“红舌日开始的事业是不会有好结果的”，或者“红舌日说的话是白话，做的事是白做：你得而复失，你的计划落空。”简直是胡说八道！假如我们计算一下特意挑选“吉日”开始而又没有结果的事情，恐怕其数量之多不亚于在红舌日开始的事情。

③早四个世纪之前，阿基米德就制造了一个这样的装置，并由罗马的西塞罗检查和绘制成图。这是马塞勒斯将军运送到罗马的。在征服赛拉丘斯期间，马塞勒斯的一个士兵违抗命令，无缘无故地将这个年逾古稀的科学家杀死。

④在最近一次清查几乎所有哥白尼 16 世纪的

卡尔 萨根：宇宙

著作时，欧文·金杰里奇发现当时的书刊审查很不认真，只有 60% 的意大利文版本被“纠正”，伊比利亚版本没有一本被纠正。

⑤这样的话在欧洲中世纪或欧洲基督教改革运动的时候决不是最偏激者所言。在包围一个主要是艾伯廷塞斯人居住的城市时，有人问多米戈德古斯曼（后来以圣多米尼克闻名）如何区别信徒和异教徒时，据说他回答道：“把他们全部杀光，上帝自有判断，”

⑥我们现在还可以在格拉茨的军械库里看到一些展品。结果得罪了地方上的贵族。她卖安眠药，可能还卖幻觉药，就像现代墨西哥江湖医生那样。可怜的开普勒相信，他本人才是母亲被抓走的原因。

⑦像开普勒一样，第谷没有敌视星占学，但是他把自己秘密的占星术与当时流行的各种占星术严格地区别开来，他认为后者助长了迷信。他在 1598 年出版的《天文机理新编》一书中指出，如果星位图能够得到改善的话，星占学“其实比我们所认为的更可靠”。第谷写道：“我从 23 岁就开始致力于炼金术和天国的研究。”但是他觉得，这两种伪科

卡尔 萨根：宇宙

学里的秘诀对大众来说太危险了（虽然他认为操纵在那些他需要获得其支持的君主和国王的手里是很安全的）。第谷继承了那些相信只有他们和俗、教权才能委以秘诀的科学家长期的、真正危险的传统。他写道：“将这些东西公之于众是没有用的，也是不应该的。”相反地，开普勒则到学校讲授天文学，经常自己掏钱大量出版刊物，撰写科学小说（当然主要不是写给他的同行看的）。用现代的观点看，他不可能成为受人欢迎的科学小说家，但是第谷和开普勒这两个同代人态度的差异却是说明问题的。

⑧遗憾的是，牛顿在他的杰作（自然哲学的数学原理》一书中没有提到开普勒。但是在 1666 年给埃德蒙·哈雷的一封信中，他谈到了他的万有引力定律：

“我可以肯定地说，这个定律是我大约 20 年前根据开普勒的理论推导出来的。”

卡尔 萨根：宇宙

第四章 天堂与地狱

九个世界仍在我的记忆之中。 斯诺尔里·斯特勒逊

编纂的《冰岛散文集》 我——宇宙的破坏者，罪该

万死。 《神曲》 天堂和地狱的大门毗连在一

起，没有什么两样。 尼克斯·卡赞扎基斯《基督的

最后引诱》 地球是个可爱而又平静（多少可以这么

说）的地方，万物在变化，但变化的过程却是缓慢的。

我们可能平安地过一辈子而从未经历过比暴风雨更猛烈的

的自然灾害，因此，我们总是自鸣得意，逍遥自在，漠

不关心。但是大自然的历史记载却是很清楚的。宇宙曾

经遭到破坏，我们人类甚至还以“善于有意无意地给自

己施加灾害”而著称。其他的行星都把自己过去的历史

保留下来，有充分的证据表明它们曾经经历过灾难。

一切都只是时间迟早的问题。在 100 年内不可思议的事

情，1 亿年之后可能就是不可避免的了。即使在地球上，

即使在我们自己的国家里，奇怪的自然现象也发生过。

1908 年 6 月 30 日清晨，在西伯利亚中部，人们看见一个

卡尔 萨根：宇宙

巨大的火球从天空划过。火球着地的时候，引起了一场大爆炸，这场大爆炸扫平了大约 2000 平方公里的森林，烧毁了撞击地点附近成千上万的树木，它所引起的大气冲击波环绕地球两圈。两天之后，大气里仍然有大量的尘埃，以至于在 1 万公里以外的伦敦市街道上，人们可以在晚上靠尘埃的漫反射光看报纸。沙俄政府不会为这样的区区小事而去调查的，而且事情毕竟是发生在偏僻落后的西伯利亚通古斯人居住的地方。十月革命 10 年之后才有一支考察队到那里考察现场和采访目击者，以下是考察队带回来的一些采访记录。清晨，当大家还在帐篷里睡觉的时候，整个帐篷连人一起被吹到空中。落地的时候，全家都受了轻伤，而阿库莉娜和伊凡失去了知觉。恢复知觉后，他们听到许多嘈杂的声音，看到森林在他们四周炽烈地燃烧着，大部分森林都毁了。早饭时间，我正坐在范诺范拉贸易栈的门廊里，眼睛望着北方。我刚举起斧子要箍桶的时候，突然间……天空劈成两半，北边森林的上空好像燃起了一片烈火。这时，

卡尔 萨根：宇宙

我感到一阵火热，好像我的衬衫已经着火了……我正要把衣服脱掉的时候，天空中轰隆一声炸开了。我从门廊里被抛到约 3 沙绳（俄丈）远的地方，暂时失去了知觉。我的妻子跑出来把我扶到屋里。接着便听到一声巨响，好像是石头从空中降落的声音，又好像是炮声，整个大地都抖动起来。我躺在地上，把头盖住，因为我怕头被石头打伤。正当天空裂开的时候，一阵热风（犹如大地里吹出来的热风）从北边往我们的屋子吹过来，在地上留下了痕迹……

当我坐在犁旁吃早饭的时候，我突然听到爆炸声，好像是炮声。我的马跪到地上。北边森林的上空火舌冲天而起……接着，我看到杉树林被风刮得倒向一边，我还以为是飓风。我用双手抓住犁，不让风刮走。风很猛，地上的土都被刮走了。飓风从安格拉里驱起了一道水墙，我看得清清楚楚的，因为我的地在地坡上。

呼啸声把马吓得狂奔起来，拖着犁到处乱跑，有的马却吓瘫了。听到第一声和第二声爆炸之后，木匠们都吓呆了，他们用手在自己胸前划十字。当

卡尔 萨根：宇宙

第三声爆炸传来的时候，他们从屋顶上倒摔到碎木屑上。有几个人惊慌失措，我叫他们冷静下来，并安慰他们。我们都停了工回到村子里去。村民们惊恐万状，一群一群地聚集在街道上，谈论着发生的事情。我当时正在田里……刚刚给一匹马套上耙，正要套另一匹时，突然听到右边一声好像爆破的声音。我立即回头，看见一个燃烧着的物体从空中飞过，那物体头部比尾部宽得多，色彩好比白昼里的火光。这个燃烧着的物体比太阳大得多，但是没有太阳那么明亮，所以可以用肉眼去看。火光后面拖着一长串的东西，看上去像尘埃，一阵阵地往外喷，此外，火焰还放出蓝色的流光……火焰一消失就听到比炮声更猛烈的爆炸声，可以感觉到土地在震颤，木屋里的玻璃窗都被震碎了。我当时正在卡恩河边洗羊毛，突然听到一声像惊鸟鼓翅的嘈杂声……河水猛涨。随后便是一声巨响，一个工人……摔到河里。这个著名的事件叫做通古斯事件。有些科学家认为，这个事件是由一片急剧落下的反物质引起的。反物质与地球

卡尔 萨根：宇宙

的寻常物质接触之后就湮没，变成伽马射线的闪光。但是在撞击地点没有发现任何放射现象可以证实这种解释。另一些科学家认为，一定有一个很小的黑洞由西伯利亚这一端进入并穿透地球，从另一端钻出。但是从大气冲击波的记录里并没有发现当天早些时候有什么东西从北大西洋里冲出来。这也许是某个难以想象的地球外的高级文明社会的宇宙飞船出了严重的故障，结果撞到一个暗行星的偏僻地区。可是在撞击现场没有找到这些飞船的痕迹。上面这些已经提出来的观点，其中有些还是很有道理的。但是它们都没有足够的证据。通古斯事件的主要事实是：大爆炸，大冲击波，森林大火。可是在现场没有发现撞击环形山。所有这些事实似乎只能有一种解释：1908 年一个彗星的一个碎片撞击了地球。在行星际广阔的空洞里有许多物体，有些是岩石的，有些是金属的，有些是冰的，有些含有部分的有机分子。这些物体从尘埃颗粒到像尼加拉瓜或不丹那么大的不规则的石块都有。有时候，偶然间在途中出现一个行星。

卡尔 萨根：宇宙

通古斯事件很可能是由一个彗星冰块引起的。这个冰块长约 100 米（相当于一个足球场那么大），重 100 万吨，飞行速度约每秒 30 公里（每小时 7 万英里）。假如这样的撞击事件发生在今天的话，人们可能会以为是核爆炸（特别是在目前的这种惊恐之中）。彗星的撞击和火球就像百万吨级的核爆炸。还带有蘑菇云，但有两个例外，没有伽马射线，也没有放射性微粒回降。一个罕见的但又是自然的事件——一个相当大的彗星碎片的撞击——可能引起一场核战争吗？一个奇怪的剧本：一个小彗星撞击了地球（就像千百万其他彗星已经撞击过地球那样），我们的文明社会的反应则是立即毁灭自己。我们应该进一步研究彗星及其撞击和可能带来的灾难。例如，1979 年 9 月 22 日，一颗美国维拉卫星在南大西洋和西印度洋附近探测到一种强烈的双闪光，起初以为那是南非或以色列秘密进行的低量（2000 万吨，相当于广岛原子弹的能量的六分之一）核武器试验所引起的。当时的国际政治形势正处于紧张状态。但是如果这种闪光

卡尔 萨根：宇宙

是由小行星或彗星碎片的撞击所引起的，那又有什么关系呢？既然在发光地区的空中飞行之中没有发现大气里有异常的放射现象。上述可能性是完全存在的。同时也说明，在核武器时代，不改善我们对来自宇宙空间的撞击的监测系统是很危险的。

彗星主要是由冰构成的——水（ H_2O ）冰，还有少量的甲烷（ CH_4 ）冰和一些氨（ NH_3 ）冰。在撞击地球的大气层时，一个中等大小的彗星碎片会产生一个白炽的火球和一种巨大的冲击波。火球会烧毁树木，冲击波会扫平森林，它的声音还会波及全球。但是这样的彗星不太可能在地上撞出一个环形山。彗星上的冰块在进入大气层的时候全部融化了，因此不会留下灵般地出现，这种现象令人不安地向人们关于宇宙是万古不变、井然有序这一观念进行挑战。如果那条天天随着星星起落的壮丽的乳白色光带是无缘无故地出现在那里，与人间世事毫无关系，那简直是不可思议的。因此出现了这样的观点：彗星是灾难的预兆，是神遣的预兆——它们预示了帝王的终日，王国的崩溃。对于彗

卡尔 萨根：宇宙

星，巴比伦人认为是天髯，希腊人认为是垂发，阿拉伯人认为是燃烧的剑。在托勒密时代，人们根据彗星的形状把它们分类为“梁”、“喇叭”。“坛子”等。托勒密认为彗星给人类带来战争、炎热的气候和“动乱”。中世纪的一些彗星图看上去像未探明的飞行的十字架。一个名叫安德烈亚斯·西利奇厄斯的马格迪堡路德教主管人（即主教），在 1578 年发表了一篇题为“新彗星的科学启示”的文章。他在文章中。提出了一个独特的观点，他说彗星是“人类罪恶的浓烟，每天、每时、每刻都在升腾，它在上帝面前丑态百出、胆战心惊，逐渐地由浓烟形成长着卷发梳着辫子的彗星，最后被天国最高法官的怒火烧着了”。但是另一些人反驳说，如果彗星是罪恶的浓烟的话，天空势必乌烟滚滚。关于哈雷彗星（或任何其他彗星）的最古老的记录是在中国的《淮南子》这本书里，该星于公元前 1057 年武王伐纣时出现。公元 66 年哈雷彗星向地球靠近，这是约瑟夫关于“耶路撒冷上空整整一年悬挂着一把剑”的记载的最好解释。

卡尔 萨根：宇宙

1066 年，诺曼底人又目睹了哈雷彗星，他们认为，既然彗星预兆某个王国的崩溃，这次哈雷彗星的出现，助长并在某种意义上促成了“征服者威廉”对英格兰的侵略。当时的报纸《贝尤克斯绣帷报》对该彗星曾做过及时的报导。1301 年，乔托——现代写实主义绘画的创立者之一——目击了哈雷彗星再次出现，并且把它画到算命的天宫图里。1466 年的大彗星——哈雷彗星又一次再现——引起了基督教欧洲的恐慌，基督教徒们担心上帝可能站在土耳其人一边（土耳其人刚刚占领了君士坦丁堡），所以才派遣彗星下来。16 世纪和 17 世纪的主要天文学家都被彗星迷住了，即使牛顿对彗星也有点茫然。开普勒说彗星在空中飞驰“就像鱼类在海里畅游一样”。但是被阳光驱散了；因为彗尾总是朝着背向太阳的方向、戴维·休漠在许多场合里是一个坚定的理性主义者，但是他的下述观点却不很严肃：彗星是行星系的生殖细胞——卵子或精子。行星是一种星际性交的产物。牛顿读大学的时候（在他发明反射望远镜之前），

卡尔 萨根：宇宙

经常连续数夜不眠，用肉眼搜索空中的彗星，最后终于累倒了。继第谷和开普勒之后，牛顿断定，从地球上看到的彗星不在我们的大气层范围内运行（亚里士多德和其他一些人也是这样认为的），我们看到的彗星其实是在比月球还要远的地方，但是比土星近一些。彗星跟行星一样，是通过反射太阳光发亮的。“那些把彗星调往遥远的恒星的人大错而特错，因为如果是那样的话，彗星就得不到太阳光，就像我们太阳系的行星得不到恒星的光一样。”他证实了彗星的运行轨道跟行星一样也是椭圆形的；“彗星是一种在非常扁圆的轨道上绕着太阳运转的行星。”这种将彗星非神秘化的观点，这种对彗星固定轨道的预言，导致他的朋友埃德蒙·哈雷在 1707 年计算出：1531 年。1607 年和 1682 年出现的彗星是每隔 76 年出现一次的同一颗彗星，并预言这颗星于 1758 年再现。这个彗星果然按时到来，他死后人们就用他的名字给这颗彗星命名。哈雷彗星在人类历史上起过有趣的作用，当它 1986 年再现时，它可能是宇宙飞船首次探

卡尔 萨根：宇宙

彗星的目标。现代的行星科学家有时候试图论证彗星和行星的碰撞对行星大气可能有显著的影响。例如，现在火星大气里的水分都是因为不久前一个小彗星撞击的结果。牛顿指出：彗尾的物质被散落在行星际空间，由于重力作用，它们逐渐地被吸引到附近的行星上，他相信地球上的水在不断地散失，“用于植物的生长和腐烂，转化成干土……如果液体没有从外部得到补充，一定会不断减少，最后完全消失”。牛顿曾经相信：地球上的海洋源自彗星；生命的产生也可能是因为彗星物质降落在我们的行星上。在一篇神秘的幻想曲里，他更是讲得神乎其神：“而且，我认为，灵魂来自彗星，虽然它非常微小，但它却是我们空气中最微妙。最有用的部分，是万物赖以生存的要素。”

早在 1868 年，天文学家威廉·惠更斯就发现彗星光谱和天然气光谱的某些特征是一样的。惠更斯发现彗星上有有机物；几年之内又发现彗星里含有氰（即硝酸纤维素，含有一个碳原子和一个氮原子，是形成氰化物的分子碎片）。1910 年，

卡尔 萨根：宇宙

当地球即将穿过哈雷彗星的尾巴时，许多人非常恐慌，他们忽略了“彗尾富有扩散性”的事实。彗星的毒性所带来的危险远不如（即使在 1910 年）大城市工业污染所带来的危险。但是几乎没有人感到放心。例如，旧

金山 1910 年 5 月 15 日《纪事报》的大标题中有：“跟房子一样大的彗星摄像机”、“彗星来临，丈夫自新”、

“彗星晚会在纽约流行”。洛杉矶《考察家报》的气氛比较轻松：“喂！那个彗星毒死你了吗？……全人类该免费洗一洗气体浴了”、“期待‘狂欢作乐’”、“许多人嗅到氰的强烈味道”、“受害者爬树，给彗星挂电话。”1910 年，人们举行了许多晚会，他们要在世界遭到气污染的末日来临之前尽情欢乐一番。企业家到处兜售抗彗药和防毒面具（后者令人恐怖地预示了第一次世界大战的战场）。即使在我们的时代，对彗星仍然

存在着模糊的认识。1957 年，我是芝加哥大学叶凯士天文台的研究生。有一天深夜，我独自一个人在天文台里，听到电话铃直响。我接电话时，听到一个人用醉醺醺的

卡尔 萨根：宇宙

声音说：“请让我跟天文学家讲几句话。”“你有什么事就说吧。”“是这样的，我们正在威尔米特举行花园晚会，天上有个东西，奇怪的是，你正视它的时候，它就不在了，但是如果你不看它，它又在那里。”视网膜最敏感的部分不在视界的中心，如果你将视线稍微偏移一点，你就可以看到暗淡的星星和其他的物体。我知道当时天上勉强可见的东西是一个新发现的叫做“阿伦罗兰”的彗星，所以我就告诉他，说他看见的可能是一个彗星。他停顿了好一会儿才问：“什么叫彗星？”“彗星就是直径 1 英里的雪球。”我回答说。这次，这个打电话的人停顿的时间更长。后来，他请求说：“请找个真正的天文学家跟我谈吧。”1986 年哈雷彗星再现时，我不知道什么样的政界领导人会对此感到恐惧，我们不知道我们到时候还会干出别的什么蠢事来。虽然行星是在椭圆形的轨道上绕太阳运转，其实它们的轨道的椭率并不很大。乍看起来，它们的轨道倒像是圆形的。彗星——特别是周期长的彗星——才有显著的椭圆形轨

卡尔 萨根：宇宙

道。行星是内太阳系的老前辈，彗星则是新客。为什么行星的轨道基本上是圆形的而且整齐地分隔开来？因为如果行星轨道的椭率很大的话，它们就会交叉在一起，那么行星迟早会相撞。在太阳系的早期历史里，可能有许多行星正处在形成的过程中，那些在椭圆交叉轨道上的行星很容易相互碰撞而毁灭，而在圆形轨道上的行星则容易成长而生存下来。现在这些行星的轨道是在这种碰撞自然选择中幸存者的轨道，我们的太阳系已经由充满灾难性的撞击的少年进入稳定的中年。在太阳系的最外层，在行星以远的黑暗空间里，有一个由 1 万亿个彗核构成的巨大的球云，它绕太阳运转的速度不会比印第安纳波利斯首届 500 英里车赛的速度更快①。一个典型的彗星看上去像一个直径约 1 公里的巨大的滚动的雪球。大多数彗星从来没有穿越过冥王星轨道这条边界，但是，偶而会有一颗行星从它们旁边经过，打乱它们的引力关系，使一群彗星进入椭率很大的轨道，向太阳猛冲。当它们的轨道由于木星和土星的引力作用而继续变

卡尔 萨根：宇宙

化时，它们就（大约每 100 年左右一次）往内太阳系猛冲。在木星和火星轨道之间的某个地方，它们开始发热和蒸发。从太阳的大气层吹出来的物质——太阳风，将尘埃和冰块推向彗星的背部，使它们有了短尾。假如木星的直径是 1 米的话，我们的彗星就会比尘埃颗粒还要小。但是如果它们发展壮大我的话，它们的尾巴会有从一个星球到另一个星球那么长。当它们接近地球的时候，它们会在地球上的人类当中激起迷信的狂热。但是人类最终会懂得，彗星不是生在在在他们的大气层里，而是生存在大气层外的行星之间。人类将会计算彗星的轨迹，也许在不久的将来，人类还会发射一个小宇宙飞船，专门用来探测这个来自恒星王国的客人②。彗星迟早是要跟行星碰撞的。地球及其伙伴月亮势必受到彗星和小行星——太阳系在形成过程中残余下来的碎片——的轰炸。既然小的物体比大的物体多，受小物体撞击的可能性也就比受大物体撞击的可能性大。彗星碎片撞击地球的事件（例如通古斯事件），每 1 千年就可能发生一

卡尔 萨根：宇宙

次左右，但是大彗星（例如哈雷彗星，它的核可能有 20 公里的直径）撞击地球的事件只可能每 10 亿年左右发生一次。

当一个小的冰冻物体跟一个行星或一个卫星碰撞时，行星或卫星上还不会有很大的伤痕，但是如果撞击物比较大或撞击物主要是由岩石构成的，那么撞击的时候就会引起爆炸，形成一个半球形的坑，我们把它叫做撞击环形山。如果环形山没有被破坏掉或被填满，它可能几十亿年之后都还会存在。月球上几乎没有侵蚀现象，当我们考察月球的表面时，我们发现它布满了环形山，这些环形山的数量远不是现在太阳系内寥寥无几的彗星碎片和小行星碎片所能解释的，月球的表面雄辩地证明宇宙曾经经历过毁灭性的年代，那是几十亿年前的事了。

撞击环形山并不只是月球上才有的，我们在整个内太阳系都会发现它们——从最靠近太阳的水星，到云雾迷漫的金星，到火星及其小卫星（火卫一和火卫二）。这些行星叫类地行星，在宇宙中跟我们是一家人，它们的性质可以拿地球作代表。它们的表层是固

卡尔 萨根：宇宙

体，内部主要是岩石和铁。大气层的气压不尽相同，从几乎是真空状态到比地球的气压高叨倍都有。它们像野营者围着营火一样紧紧地围着太阳——光源和热源。所有的行星大约都有 46 亿年的历史了，跟月球一样，它们都是太阳早期历史的撞击灾变岁月的见证人。越过火星之后，我们就来到了一个非常不同的“社会制度”里——木星和其他大行星（即类木行星）的王国。这些行星都是大行星，它们的主要成分是氢和氦，还有少量的富氢气体（例如甲烷、氨气）和水。在这里，我们看不到坚实的表面，看到的只是大气和五彩缤纷的云层。这些行星都是举足轻重的，而不像地球那样是微不足道的。木星可以装得下 1000 个地球。假如彗星或小行星落到木星的大气层里的话，我们不可能看到环形山，我们只能看到云层暂时断裂的现象。然而，我们知道，外太阳系的碰撞史也已经有几十亿年了，因为木星的体系更庞大，有十几个卫星，“旅行者”宇宙飞船曾经对其中的 5 个卫星进行过详细的考察。在这里，我们也找到了

卡尔 萨根：宇宙

过去灾变的证据。整个太阳系都探索过之后，我们可能就会找到所有 9 个星球（从水星到冥王星）和所有小卫星、彗星和小行星都经历过撞击灾变的证据。月球正面大约有 1 万个环形山，在地球上用望远镜可以看得见。大多数环形山是在月球的古代高地上，从月球的行星际碎片最后吸积时期起就有了。在 maria（拉丁语“海”）里约有 1000 个直径超过 1 公里的环形山。所谓的“海”，是指月球的平原地区，在月球形成后不久，这里可能是个熔岩涌流的地方，先前的环形山都被遮没了。因此，粗略地计算，现在月球上环形山的形成率应该是： $10^9 \text{ 年} / 10^4 \text{ 环形山} = 10^5 \text{ 年} / \text{环形山}$ ，即每 10 万年形成一个环形山。因为行星际碎片在几十亿年前可能比现在多，所以我们可能要等 10 万年以上才能看到在月球上形成一个环形山。因为地球的面积比月球大，所以我们可能要等大约 1 万年才能看到我们的行星被撞击出一个 1 公里宽的环形山。据研究，亚利桑那的陨星坑（大约 1 公里宽的撞击环形山）已经有 2 万到 3 万年的历史。

卡尔 萨根：宇宙

了，因此，地球上的观测与上述的估算是一致的。彗星或小行星与月球的实际撞击可能会引起瞬息爆炸，我们从地球上可以看到爆炸所发出的光。我们可以想象，在 10 万年前的某一个晚上，当我们的祖先悠闲地举目望着天空的时候，突然看到一股奇特的白烟从月球的背光部分升起来，并且被太阳光把它照亮了。但是，我们并不认为历史上可能发生过这种事情，因为发生这种事情的可能性是很小的。然而，在地球上用肉眼看到的月球遭受撞击的事实是有案可查的。1178 年 6 月 25 日夜晚，5 个英国修道士报告了一件奇怪的事情，后来这件事情被坎特伯雷的杰维斯收录在他的编年史里。人们普遍认为，该书所记述的关于杰维斯时代的政治和文化事件是可靠的。作者收录这个事件之前曾经采访过目击者，他们都发誓说他们所看到的是事实。杰维斯的编年史里有这么一段话：一弯明亮的新月，月相如旧，钩尖朝东。忽然间，上钩一分为二，火焰从分裂处中部腾空而起，将火炬、火焰、火红的煤和火星洒向天空。天文学

卡尔 萨根：宇宙

家德罗·马尔霍兰和奥戴尔·卡莱姆认为，月球遭到撞击时，月面上会升起一股尘云，形状很像坎特伯雷的修道士所报告的那样。假如撞击是在 800 年前才发生的话，它所形成的环形山现在应该还看得到。月球上几乎不可能发生侵蚀现象，因为那里没有空气，也没有水。因此，即使是几十亿年前形成的小环形山现在还会比较好地保留下来。根据杰维斯的记载，准确地测定那次月球上的撞击地点是可能的。撞击会产生射线（即爆炸时喷射出来的粉末线迹），这样的射线跟月球上最年轻的环形山是联系在一起的——例如是那些根据阿里斯塔恰斯、哥白尼和开普勒的名字而命名的环形山。但是，虽然环形山可能经受得住月球上的侵蚀，这种非常微弱的射线却不行。随着时间的推移，即使微陨星——宇宙空间微尘——的到来也会搅乱和遮没这些射线，使这些射线慢慢地消失掉。由此可见，射线是新近发生撞击的信号。陨星学家杰克·哈通曾经指出，月球上，正好在坎特伯雷修道士所说的那个地区，有一个最近刚刚形

卡尔 萨根：宇宙

成的、样子还很新鲜的小环形山，同时还有很明显的辐射系。这个环形山是根据 16 世纪罗马天主教的一个学者的名字命名的，叫做“乔达诺·布鲁诺”。布鲁诺认为，宇宙中有无数的星球，而且许多星球上都有生命。由于这个原因和其他“罪行”，他于 1600 年被烧死在火刑柱上。

卡拉姆和马尔霍兰提出了跟上述的解释相吻合的另一个证据。当一个物体以很高的速度撞击月球时，它会使月球晃动起来，虽然这种震动最终会消失，但不会在 800 年这样的短时期内消失。这种震动可以用激光反射技术进行研究。“阿波罗”飞船的宇航员曾经在月球的好几个地方设置了激光反光镜。当地球上发射的激光束照射在镜子上并反射回来的时候，我们可以很准确地测量出往返的时间。用这个时间乘以光速，我们可以准确地算出这个时刻地球与月球之间的距离。用这种方法测量几年之后，我们知道了月球的天平动周期（即颤动周期大约 3 年）和振幅（大约 3 米），这个数据跟“乔达诺·布鲁诺环形山形成还不到 1000 年”的见解是一

卡尔 萨根：宇宙

致的。所有这些证据都是推论的和间接的。我前面已经说过，在历史时期里，发生这种事情的可能性很小，但是这样的证据至少会给我们一些启示。通古斯事件和亚利桑那的陨星坑也使我们注意到，并不是所有的撞击灾变都是在太阳系的早期历史里发生的。但是，月球上只有几个环形山有广延的辐射纹，这个事实同样使我们注意到，即使在月球上多少有一点侵蚀③，只要了解一下那些环形山和地层学的其他迹象，我们就能够设想出撞击事件和遮没事件的序列（布鲁诺环形山的形成可能是这种事件的最近的例子）。地球离月球很近，如果月球那么严重地受到过撞击而形成许多环形山，地球怎么可能幸免呢？为什么陨星坑如此罕见？彗星和小行星会以为撞击一个有人居住的星球是不妥当的吗？这种克制的态度是不可能的，惟一可能的解释是，在地球和月球上形成撞击环形山的频率是很接近的，但在没有空气和水的月球上，它们可以长久地保留下来，而在地上，缓慢的侵蚀过程会把它们销蚀掉或遮没掉。流水、风沙

卡尔 萨根：宇宙

和造山运动的过程虽然很缓慢，但是经过几百万年或几十亿年之后，它们甚至会把非常大的撞击伤痕完全消除掉。

在任何卫星或行星的表面上都会有外作用（譬如来自宇宙空间的撞击）和内作用（譬如地震），都会有急速的灾变（譬如火山爆发）和极度缓慢的作用（譬如微小的空间沙粒使表面凹陷下去）。什么样的作用占主导地位呢？外作用还是内作用？是罕见的而又激烈的事件，还是普通而又不显著的事件？这个问题是不能笼统回答的。在月球上，外灾变作用占主导地位；在地球上，内部的缓慢作用占主导地位。火星的情况则介于两者之间。

在火星和木星的轨道之间有无数的小行星——微小的类地行星，最大的小行星直径有几百公里。许多小行星呈椭圆形，它们在空中不停地翻滚。有时候在交互轨道上似乎有两个或两个以上的小行星。小行星经常互相碰撞，偶然间其中一个会被削出一片来，偶尔还会拦截地球，最后落到地面上成为陨石。我们博物馆架子上的展品就是遥远行星的碎片。小行星带是一个大

卡尔 萨根：宇宙

磨坊，不断地磨出越来越小的碎片，直至尘埃微粒。比较大的小行星碎片和彗星是形成行星表面新环形山的主要因素。在小行星带里，由于附近的大行星——木星——的引力潮作用，行星的组成可能曾经受到阻碍，小行星带也可能是自我爆炸的行星的残片。这似乎是不可能的，因为地球上的科学家都不知道行星怎么会自我爆炸的，不过这也完全可能。

土星的光环是几十亿个绕着土星旋转的微小的冰冻小卫星，这跟小行星带有点相似。它们可能就是那些由于土星的引力作用而没有被附近的卫星吸积的碎片，它们也可能是因为靠得太近而被引力潮扯碎的卫星的残片。要不然，它们可能就是土星的某一个卫星（譬如土卫六）所抛射出来的物质和落到行星的大气层里的物质之间稳定的物态平衡。木星和天王星也有光环，是最近才发现的，在地球上几乎看不见。海王星是否也有一个光环？这是行星科学家亟待解决的问题。光环可能是整个宇宙中所有类木行星的一种典型的装饰品。

1950 年，一个叫伊曼纽尔·维利考夫斯基

卡尔 萨根：宇宙

的精神病医生在一本科普读物《在碰撞中的星球》里提到从土星到金星之间最近发生的大碰撞事件。他认为，由于某种原因，在木星系里形成了一个由行星物质组成的物体，他把这个物体称为彗星。大约 3500 年前，它跑到内太阳系里来，经常跟地球和火星相互碰撞，偶然之中将地球撞裂，形成了红海，使摩西领着以色列人得以逃脱埃及法老的统治，还将地球根据耶和华的命令而进行的旋转运动停止下来。他说，它还引起了大规模的火山爆发和水灾④。维利考夫斯基还想象，这个彗星在打了一场复杂的行星际弹子戏之后，就进入一个近圆形的稳定轨道，最后变成了金星（他认为在这之前金星是不存在的）。 上述这些观点几乎可以肯定都是错误的，

我在别处已经对此进行了比较详细的讨论。天文学家并不反对发生过大碰撞的观点，只是反对在最近发生过大碰撞的观点。在任何太阳系的模型里，我们不可能根据轨道的比例来显示行星的大小，因为如果那样的话，行星就几乎看不见了。如果真的按比例用尘埃微粒来显示

卡尔 萨根：宇宙

行星的话，我们很容易就会发现，在几千年里，某一个特定的彗星与地球相撞的机会是极小的。而且，金星主要是由岩石和金属构成的，氢的含量很少，而木星——维利考夫斯基认为它是金星的发源地——则基本上都是由氢组成的。木星上没有可以用来抛射彗星或行星的能源。如果一个彗星或行星从地球旁边经过的话，它不可能“阻止”地球的旋转，更不可能使它以一天 24 小时转一圈的速度重新旋转起来。所谓 3 500 年前火山爆发或水灾十分频繁的论点并没有地质学的证据。美索不达米亚有些图章上刻的文字中提到，发现金星的时间比维利考夫斯基所说的从彗星变成金星的时间还要早⑤。在这种椭圆率很大的轨道上的物体迅速进入现在金星所在的这种几乎是正圆的轨道是很不可能的。如此等等。事实证明，科学家和非科学家提出的许多假设是错误的，但是科学能够自己纠正自己的错误。新理论要得到承认就必须有可靠的证据。维利考夫斯基事件最糟糕的问题不是他的假设是错误的，也不是他的假设跟充分证实了

卡尔 萨根：宇宙

的东西相矛盾，而是有些自称科学家的人企图压制维利考夫斯基的观点。科学是自由探索的产物，科学为自由探索服务。任何假设，不管它们是多么稀奇古怪，都应该受到应有的重视。在宗教界和政界，压制不同的思想可能是司空见惯的事情，但这不是通往知识的边路，也不是探索科学的方法，我们不能预见谁会发现事物的新的基本原理。

金星的质量⑥、大小和密度跟地球基本上是相同的。由于它是靠地球最近的行星，所以几个世纪以来人们把它看成是地球的姐妹。我们的姐妹究竟是什么样子的呢？也许它是一个温和的夏日行星，因为靠太阳稍近一点，所以会比较暖和？它有撞击环形山吗？或者都已经被侵蚀掉了？有火山吗？有山脉。海洋和生命吗？

1609 年，林利略首先通过望远镜来观察金星，他看到了一个非常平凡的圆面。伽利略注意到，金星跟月球一样，有不同的位相——从娥眉形到圆盘形，由于同样的原因，我们有时候主要是看到金星的夜晚的一面，有时候主要是看到它的白昼的一面。这一发现偶

卡尔 萨根：宇宙

然地进一步证实了“地球绕太阳转而不是太阳绕地球转”的观点是正确的。随着倍数的增大和清晰度（即对细枝末节的分辨率）的提高，光学望远镜就被系统地用来观测金星。但是它们的效果并不比伽利略的望远镜好多少，金星的外围显然包着一层很浓厚的迷雾，当我们在早晨或夜晚观看这个行星的时候，我们看到的是金星外围的云雾所反射的太阳光。虽然我们发现这些云雾已经几个世纪了，我们对它们的成分还是一无所知。因为看不到金星上的任何东西，一些科学家就得出了这样奇怪的结论：金星的表面是沼泽地，像石炭纪的地球。这个论点——如果我们可以大言不惭地这么说的话——是这样推导出来的：

“我看不到金星上的任何东西。”

“为什么看不到？”

“因为它的四周云雾弥漫。”

“云雾的成分是什么？”

“水，那还用说。”

“那么，为什么金星的云层比地球的云层厚呢？”

“因为那里的水比较多。”

“但是，如果云里的水分比较多的话，星球表面的水

卡尔 萨根：宇宙

分也必定比较多。什么样的表面很湿呢？” “沼

泽。 如果金星上有沼泽的话，为什么不能有蜻蜓甚至恐龙呢？观察：见不到金星上有什么东西。结论：它一定是一个生机勃勃的地方。金星的毫无特色的云雾反映了我们自己的偏爱。我们自己是生物，所以我们想象别的地方也有生物。但是只有对证据进行耐心的积累和认真的估价之后我们才能断定某一个特定的星球是否有生物。看样子，金星并不赏识我们对它的偏爱。 我们是通过棱镜首先获得认识金星性质的真正线索，这种棱镜是用玻璃制成的，或者是用一种叫做衍射光栅的扁平平面制成的（上面布满了细密而规则的直纹）。当一束强烈的普通白光穿过一个狭缝之后，再穿过一个棱镜或光栅的时候，这束白光散成五颜六色的彩带，我们把它叫做光谱。这种光谱从高频可见光到低频可见光依次排列，即紫、蓝、绿、黄、橙、红。因为我们可以看见这些颜色，所以这个光谱叫做可见光谱。但是光并不仅仅是可见光谱上的那么一小部分。在这种光谱高频区域紫

卡尔 萨根：宇宙

光以外的那部分光线叫紫外线。这是一种地地道道的光，能够杀死微生物。我们看不见这种光，但是用大黄蜂或光电管立即就能够测出来。还有许许多多的光是我们看不到的，在这个光谱的紫外线以外是 X 射线部分，X 射线以外是伽马射线。在这种光谱低频区域红光的另一边是红外线。我们把测量微电流用的温差电偶安培计放置在黑暗的红外区时发现了这种光。经这种光照射，温度上升了，有光照射在安培计上，但我们的肉眼看不到这种光。通过响尾蛇和掺杂半导体能很明显地测出红外辐射光。红外线以外是广阔的无线电波光谱区。从伽马射线到无线电波，所有的光都是不可低估的，它们在天文学上都是有用的。但是，由于我们肉眼观察的局限性，我们对称为可见光谱的这一小段五颜六色的彩带持有一种偏见和偏心。

1844 年，哲学家奥古斯特·孔德曾寻找一种永不可知的知识的例子。他挑选了遥远的恒星和行星的成分作为例子。因为他认为，我们永远不可能实地访问它们。在手头没有标本的情况下，我们似乎永远

卡尔 萨根：宇宙

不可能了解它们的成分。但是孔德死后才 3 年，人们就发现一种可以用来测定遥远物体的化学成分的光谱。不同的分子和化学元素吸收不同频率（即不同颜色）的光——有时候是可见光谱上的光，有时候则是在光谱之外的部分。在行星大气的光谱上，一条黑线表示一个没有光线的狭缝，表示太阳光在穿过另一个星球的大气层时被吸收了。每一条这样的黑线都是由某种特定的分子或原子形成的，每一种物质都有其典型的光谱特征。我们从地球上可以验明 6000 万公里以外的金星上的气体，我们可以推测太阳的成分（氢——根据希腊太阳神赫利俄斯的名字而命名的——最先是在太阳里发现的），推测富铀的 A 磁星的成分（通过对 1000 亿个小星的集合光的分析），推测遥远星系的成分。天文光谱学简直是一种魔术般的技术，它现在仍然使我惊愕不已。奥古斯特·孔德真是挑选了一个非常不恰当的例子。

电磁光谱图解：

从波长最短的 γ 射线到波长最长的无线电波。光的波长单位有：埃（ \AA ）、微米（ μm ）、厘米（ cm ）和米（ m ）。

卡尔 萨根：宇宙

假如金星是湿淋淋的，那么，我们一定会很容易地在它的光谱上看到水蒸气的谱线。但是，大约在 1920 年，威尔逊山天文台在首次进行的光谱学探索中并没有发现金星的云层上方有任何水蒸气的迹象，这说明金星的表面像沙漠一样干涸，在它上面漂浮着一层层的硅酸盐粉末。后来的研究发现，金星的大气层里含有大量的二氧化碳。有些科学家认为，这种现象说明，这个行星上的所有水分已经跟碳氢化合物结合，所以才形成了二氧化碳。因此，金星的表面是一个全球性的大油田，是一个全球性的石油的海洋。另一些科学家认为，在云层上方之所以没有水蒸气，是因为云层的气温很低，所有的水分都凝结成了液滴，而这些液滴的谱线跟水蒸气的谱线是不同的。因此，他们得出结论：这个星球的表面覆盖着水，也许偶然间会有一个像英国多佛峭壁那样镶满石灰石的岛屿。但是，因为在大气层里有大量的二氧化碳，海里不可能是普通的水，物理化学中要求碳化水。他们认为，金星上有一个大海洋，海里含有大量游离碳酸的塞耳特

卡尔 萨根：宇宙

斯矿水。关于金星的真实情况的最初迹象，我们不是通过对光谱可见光部分或近红外部分的研究获得的，而是通过对无线电光谱区的研究获得的。射电望远镜的工作原理与其说像照像机，不如说像光度计。当你把它指向天空中某个广阔的区域时，它会记录下多少能量以某种特殊的无线电频率传送到地球上。我们对各种智能生命——例如那些主持无线电台和电视台的人员——所传送的无线电信号比较习惯。但是由于种种原因，许多自然界的物体也会发射出无线电波，原因之一是它们有热量。1956 年，当人们将一台早期的射电望远镜转向金星的时候，人们发现它似乎是一个温度极高的星球，它不断地发射出无线电波。但是真正证实金星的表面处于惊人的高温状态，是在苏联的“金星”系列宇宙飞船首次穿越朦胧的云层，并在这个最近行星的神秘而又难于捉摸的表面着陆的时候。我们现在知道，金星是一个炙热的星球，在那里没有沼泽，没有油田，也没有含大量游离碳酸的塞耳特斯矿水的海洋。在资料不足的情况下，

卡尔 萨根：宇宙

我们很容易出差错。 当我跟一个朋友打招呼的时候，我是通过可见光（例如太阳光或白炽灯光）的反射看到她的，光线从我的朋友的身上反射到我的眼睛里。但是古人（包括欧几里得这样的人物）相信，我们之所以看见东西，是因为我们的眼睛发射出某种光线，这种光线使我们直接感触到我们要看的东西。这是一种很自然的想法，而且现在还会有人这样想，尽管我们不能用这种观点来解释暗室里看不见物体的原因。今天，我们将激光和光电管结合起来，或将雷达发射机和射电望远镜结合起来，这样，我们就可以让光跟遥远的物体直接接触。根据射电天文学原理，无线电波从地球上的望远镜发射出去，撞击在碰巧面向地球的金星半球，然后再反射回来。许多不同波长的无线电波能够穿透金星上的云层和大气层。金星表面的某些地方会吸收这些电波，或者，如果它的表面很不平坦的话，它们会把这些电波散射开来，结果呈现出一片黑暗。通过观测金星自转时表面特征的变化，我们现在已经能够准确地测定金星一

卡尔 萨根：宇宙

天的长度——金星在它的轴上自转一周所需的时间。事实证明，金星自转一周需要 243 地球日，但它是逆转的，与内太阳系所有其他行星的旋转方向相反。结果，太阳从西边升起，从东边落下，从日出到日落需要 118 地球日。而且，当它最接近我们这个行星时，朝向地球的一面几乎是不变的。虽然地球的吸力终于使金星以这种地球锁定的速度自转，但这毕竟是一个漫长的过程。金星不可能才存在几千年，可以肯定地说，它跟内太阳系所有其他天体的年龄相当。 我们已经获得了关于金星的雷达照片，其中有些是通过地面的射电望远镜拍摄的，有些是通过环绕金星的飞船“金星先驱者”号拍摄的。这些照片向我们提供了关于撞击环形山的令人感兴趣的证据。金星跟月球上的高地一样，有同样数目的不大不小的环形山，数目之多再次向我们说明，金星已经有很长的历史了。但是金星上的环形山特别浅，似乎金星的表面高温使那里的岩石长期处于流动状态，它们像太妃糖或油灰一样，突起部分逐渐软化掉。这里有比西藏高

卡尔 萨根：宇宙

原高一倍的大山，有一个极大的长峡谷，可能还有巨大的火山和一座像珠穆朗玛峰那样的高山。我们现在清楚地看到了一个过去被云雾笼罩着的星球，首次通过射电和宇宙飞船探索了它的特征。

根据射电天文学原理的推断和宇宙飞船直接测量的结果，我们知道金星的表面温度大约是 480 摄氏度（即 900 华氏度），比温度最高的家用烘箱的温度还要高。其相应的表面压力是 90 个大气压，等于我们在地球上所感受到的大气压的 90 倍。

如果想在金星上长久停留的话，宇宙飞船不但要造得像深水潜水艇那么牢固，还要冷冻起来。

大约有 10 来艘苏制和美制的宇宙飞船已经进入浓厚的金星大气层，并且已经穿越过它的云层。其中有几艘实际上已经在它的表面上逗留过 1 小时左右⑦。苏联“金星”系列宇宙飞船已经有 2 艘在那里拍摄过照片。让我们继承这些先驱使命，访问另一个世界吧！

在普普通通的可见光里，金星上的淡黄色的云层是可以辨认得出来的，但是正如伽利略首先指出的那样，这些云层实际上并没

卡尔 萨根：宇宙

有显示出任何特征。然而，如果摄影机是在紫外光里拍摄的话，我们就会看到在大气层高处有一个优美而又复杂的旋涡状天气系统，那里的风速每秒 100 米左右（每小时 220 英里左右）。金星的大气层里含有 96% 的二氧化碳，还有微量的氮、水蒸气、氩、一氧化碳和其他气体，但是那里的碳氢化合物或碳水化合物的含量还不到百万分之零点一。已经查明，金星的云层的主要成分是硫酸的浓缩溶液，此外还有少量的盐酸和氢氟酸。事实证明，金星是一个令人作呕的地方，即使在凉快的高层也是如此。

在可见的最高云层上方，大约在 70 公里的高度上，是一片朦胧的微粒。在 60 公里的高度上，当我们钻入云层的时候，我们发现我们的四周都是浓硫酸液滴。越是往深处走，云粒就越粗。在大气的底层有微量的刺鼻的二氧化硫（ SO_2 ）气体。这种气体环流到云层的上方，被太阳的紫外光分解之后跟那里的水重新组合，形成硫酸，硫酸又凝结成液滴沉降下来在底层又受热分解成地和水，从而完成了一个循环。在整个金星的

卡尔 萨根：宇宙

上空不停地下着硫酸雨，但是从来没有一滴硫酸降落在金星的表面上。硫黄色的薄雾一直延伸到离金星的

表面约 45 公里的地方，从那里开始，我们就进入了一个浓密但又是清澈的大气层。然而，因为大气层的气压很高，所以我们看不到金星的表面。太阳光被大气的分子反射到四面八方，使我们无法看见金星表面的任何东西。这里没有尘埃。没有云层，只有越来越浓密的大气。上方的云层将大量的阳光（大约相当于我们在地球上阴天时所看到的那样多的阳光）传送到这里。金星上高温、高压，还有毒气，那里的一切都散发着可怕的红光。金星一点也不像爱情女神，倒更像地狱的化身。

根据我们详细观察，金星表面至少有一些地方是乱七八糟的旷野，到处布满了无规则的软化了的岩石，呈现一幅狰狞。荒凉的面貌，偶尔可以看到来自一个遥远行星的宇宙飞船的残骸，整个行星完全遮蔽于浓密的毒雾中。

⑧ 金星的灾难是全球性的。现在已经相当清楚，金星表面的高温是由一个巨大的温室造成的。金星上的大

卡尔 萨根：宇宙

气和云层对可见光具有半穿透性，太阳是通过它们之后到达金星表面的，表面受热之后，又极力将热量反射到空中。但是、因为金星的温度比太阳的温度低得多，所以金星辐射出来的主要是红外线，而不是光谱上的可见光。然而，因为金星大气里的二氧化碳和水蒸气⑨对红外线几乎是不透明的，所以太阳的热量差不多都被捕获下来，表面的温度也就升高了，直到从浓密的大气层里渗透出来的少量的红外线，跟大气底层和金星表面所吸收的太阳光刚好平衡为止。事实证明，我们邻近的这个星球是一个令人不快的凄凉的所在。但是我们还是要回到金星上去，它有它迷人的地方。在古希腊和斯堪的纳维亚神话里的许多半神式的英雄毕竟都为朝拜地狱而进行过卓越的努力。关于我们的行星（跟地狱比较起来已经是天堂了），我们还有许多东西需要探索。埃及的狮身人面巨像是 5 000 多年前建造的，它的脸部过去很清晰。几千年来，埃及沙漠的风沙以及偶然间的雨水已经把它软化，它现在已经变得模糊不清了。纽约市

卡尔 萨根：宇宙

有一个古埃及的方尖碑，这个方尖碑搬到该市的中央公园才不过 100 年左右，它的铭文几乎已经全部消失了，这是烟雾和工业污染——像金星大气层里的那种化学腐蚀——所引起的。地球上的侵蚀慢慢地将信息清洗掉，但因为这是一种逐渐的过程（雨点的拍打，沙粒的冲击），所以这些过程都可以忽略不计。大的结构物（譬如山脉）可以存在几千万年，比较小的环形山也许可以存在 10 万年^⑩，大型的人工制品只能存在几千年。除了上述这种缓慢而又均匀的侵蚀之外，还有大大小小的灾变所引起的破坏。埃及的狮身人面巨像缺了一个鼻子，有人手闲得发痒，开枪把它打掉了。有的人说这是默梅卢克斯的土耳其人干的，有的人说这是拿破仑的士兵干的。在太阳系的金星、地球或其他的地方都有毁灭性灾变的证据，它们软化或破坏的过程比较缓慢，比较均匀。例如，在地球上，雨水的流淌可以形成小川，溪河的流水可以形成巨大的冲积盆地；在火星上，我们看到的古河流的残迹很可能是从地下冒出来的；在木卫一上，那些

卡尔 萨根：宇宙

看上去很宽阔的河床是液态硫的冲刷而形成的。地球上
有强大的气候系，在金星和木星的高层大气里也有。在
地球和火星上有沙暴，在木星、金星和地球上也有闪电。
地球和木卫一上的火山会将爆发的碎片抛射到大气层
里。金星、火星、木卫三、木卫二和地球的内部地质变
化，慢慢地改变了它们的外部形态。冰川的活动素以缓
慢著称，它们是地球（很可能包括火星）的地形变化的
主要原因。上述这些变化过程不一定是连续不断的。欧
洲大部分地区过去曾经盖满了冰。几百万年以前，现在
的芝加哥是埋在 3 公里深的厚霜里。在火星和太阳系
的其他地方，我们看到了今天不能再生的一些特征，看
到了几亿年或几千亿年前当行星的气候可能很不相同的
时候所形成的地形。还有另一个因素会改变地球的地
形和气候：智能生命——他们能够使环境发生重大的变
化。像金星一样，地球上的二氧化碳和水蒸气也起到温
室的作用。这个温室使地球上有了海洋和生命。假如没
有这种温室作用，地球的温度就会降到水的冰点以下。有

卡尔 萨根：宇宙

一个小温室是一件好事。跟金星一样，地球也有大约 90 个二氧化碳的气压，但这个气压存在于像石灰石和其他碳酸盐所组成的地壳里，而不是存在于大气中。假如把地球向太阳移近一点，地球的温度就会有所上升，地球表层岩石里的二氧化碳就会跑出一部分来，使温室的效果更明显，反过来又进一步提高地球的表面温度。地表的温度越高，碳酸盐就会释放出更多的二氧化碳，温室的作用就有可能变得非常显著，结果使地球达到很高的温度。这就是我们想象金星在早期历史里所发生的现象，因为金星离太阳很近。金星的表面环境对我们是一种警告：像我们这样的星球很有可能发生灾难。得在这方面花钱。由于我们的无知，我们现在还在推推搡搡，还在污染大气，还在使大地变得光秃透亮。我们忘记了一个事实，即我们基本上并不懂得我们的行为的长期后果。几百万年以前，当人类在地球上刚刚产生的时候，地球已经是一个中年的星球了，从充满灾变和激变的青少年时期到中年时期已经经历了 46 亿年。但是我们人类现在

卡尔 萨根：宇宙

代表一个新的。也许是决定性的因素。我们的智慧和技术已经使我们有能力影响地球的气候。我们将如何使用这种能力？在那些影响整个人类大家庭问题上，我们是否愿意容忍无知和自满？我们是否把短期利益看得高于地球的福利事业？或者我们要从长远的观点看问题，关心我们的子孙，了解并保护我们行星的复杂的生命维持系统？地球是一个微小而脆弱的星球，它需要得到我们的爱护。 _____ ①地球绕太阳的圆周半径

$r=1$ 天文单位= 1.5 亿公里，因此它的近似圆周轨道的周长 $2\pi r=109$ 公里。我们的行星每年沿着这个轨道运转一周，因为 1 年= 3×10^7 秒，所以地球的轨道速度是 109 公里 / 3×10^7 秒 ≈ 30 公里 / 秒。现在考虑一下轨道彗星球壳的情形（许多天文学家相信轨道彗星距离太阳系大约 10 万天文单位——差不多在离我们最近的恒星的半途——运转）。根据开普勒第三定律，我们立即可以推算出任何彗星绕太阳运转的轨道周期大约是 $(10^5)^3=10^{15}$ 秒 $\approx 3\times 10^7$ ，即 3000 万年。如果你是居住在太阳系

卡尔 萨根：宇宙

的外侧，那么绕太阳一周就需要很长的时间。彗星轨道
 $2\pi a = 2\pi \times 10^5 \times 1.5 \times 10^8$ 公里 $\approx 10^{14}$ 公里，因此它的速度
只有 10^{14} 公里 / 10^{15} 秒 = 0.1 公里 / 秒。每小时 220 英里。

②为了探测哈雷彗星，地球上已经于 1985 年
发射了这样的探测器。——校者注

③火星上的侵蚀
现象比月球明显得多，虽然那里有许多环形山，却没有
我们所预期的那种辐射环形山。

④据我所知，最先
从本质上用非神秘主义的观点来解释彗星干预历史事件
的人是哈雷。他认为，诺亚洪水是地球受到一个彗星偶
然冲击的结果。

⑤公元前 2500 年左右的艾达圆筒
图章刻有醒目的艾娜娜、维纳斯女神、启明星和巴比伦
伊什塔的先驱者。

⑥它的质量恰巧比质量最大的已知彗
星还要大 3000 万倍。

⑦1978—1979 年，美国的“金
星先锋”号成功地完成了一次使命，发射了一个轨道飞
行器，并进行了 4 次进入大气层的探索（其中 2 次在环
境险恶的金星表面做了短暂的停留）。在组装用于探索
行星的宇宙飞船的过程中，出现了许多意外的现象。以

卡尔 萨根：宇宙

下是其中的一个例子：在“金星先锋”号进入云层的一次探索中，船上安装了一台网状辐射通量测量计，用来同时测量金星大气层各个方位上红外线的上下流量。这台仪器需要一个既坚实又能够让红外线穿透的窗口，因此进口了一个 13.5 克拉的金钢石，安装在适当的窗口上。然而，承包商按规定付了 1.2 万美元的进口税。最后，美国海关决定将这笔关税退还给厂家，因为他们认为，在这个金钢石被发射到金星上之后，它在地球上已经失去了贸易价值。⑧

在这样令人窒息的旷野里不可能有任何生命，哪怕是跟我们绝然不同的生命。有机分子和其他可以想象得到的生命分子在这里只能粉身碎骨。但是，我们不妨想象一下，在这样的一个星球上曾经有过智能生物。那么。他们也发明科学吗？对恒星和行星的规律性的探索是地球上科学发展的主要因素。但金星却完全被云雾笼罩着，黑夜又长得可怕——相当于地球上的 59 天。但是，当你举目遥望金星的夜空时，天文宇宙又是茫茫的一片。即使在白天也看不到太阳，它

卡尔 萨根：宇宙

的光线弥漫在整个空中，就像配戴戴着水下呼吸器的潜水员在海里只看到均匀的散光那样。假如在金星上建造一台射电望远镜，它就可以用来探测太阳、地球和其他遥远的物体。假如天体物理学发展了，人们最终就可以通过物理学的原理来推断恒星的存在，但是它们只能是理论上的构成物。我有时候这样想，如果有一天，金星上的智能生命学会了飞行，翱翔在浓密的大气里，飞越他们头顶上 40 公里高空中的神秘的云雾，展望并首次目睹由太阳、行星和恒星组成的壮丽的宇宙，到那时候，不知道他们会有何感想。

⑨目前，关于金星上水蒸气的分布量问题，我们仍然有一些疑问。“金星先驱者”进入大气层后的气相层析表明，金星大气底层水分的相对分布量为 0.01%。另一方面，苏联“金星”宇宙飞船 11 号和 12 号红外测量所得到的相对分布量为百分之零点零一左右。如果前一个数据是正确的，单单二氧化碳和水蒸气就足以将金星表面辐射回来的几乎所有的热量都封闭住，使金星的地面温度保持在 480 摄氏度。如果后

一个数据是正确的（我个人认为这几个估计比较可靠），单单二氧化碳和水蒸气就足以将金星的表面温度保持在 380 摄氏度左右，因为需要某种其他的大气成分来关闭大气温室里剩余的红外线频率窗。然而似乎少量的二氧化碳、一氧化碳和氯化氢（这些成分在金星的大气层里都已经被检测到）就能够达到这一目的。所以，美国和苏联最近探测金星的使命似乎已经证实，温室效应确实是金星表面温度高的原因。⑩精确地说，直径 10 公里的撞击环形山在地球上每 50 万年形成一个。在地质稳定的地区，例如欧洲和北美，这种环形山可以经得起 3 亿年的侵蚀。较小的环形山比较容易形成，也比较容易破坏，特别是在地质变化比较大的地区。

卡尔 萨根：宇宙

第五章 神秘的红色行星

在众神的果园里，他所注视的是四通八达的水渠 依

奴马·埃利希，苏默人，约公元前 2500 年。 同意

哥白尼观点的人认为，我们这个地球是一颗行星，她和其他行星一样，随着太阳在九天遨游，承受着太阳的光辉。他们也和旁人一样，有时不禁会产生这样的遐想……

在其他的行星上，同我们这个地方一样也有华美的服装和家具，不仅如此，它们的居民也和我们地球上一样……。但是，我们总是倾向于认为，去探索其他行星上发生的事情是徒劳无益的，因为一旦真正探索起来，可能就永无尽头了……。对于这件事，我刚刚还认真地思索了一番。[这并不是说，我认为自己比那些（业已逝去的）伟大人物目光更敏锐，而是说，在他们大都故去之后，我仍有幸继续活在世上]。我想，这样的探索并不是那么不切实际的，前进的道路也并不是那么困难重重的，而是存在进行各种猜想的充裕余地的。 克里斯

蒂安·惠更斯， 约 1690 年著 《星际世界及其居民

卡尔 萨根：宇宙

和生产的猜想》。 人类大开眼界的时代将会来

到……，他们将会看到与我们的地球相似的其他行星。

克里斯托弗·雷恩，1657 年在格雷厄姆学院的就职演说。

有这样一个故事，说的是很久以前，一位知名的报刊发

行人向一位著名的天文学家发了一封电报：“请即用 500

字电复，火星上是否存在生命。”这位天文学家按照要

求答曰：“无人知道，无人知道，无人知道……”一直

重复了 250 遍。①尽管这样的否定回答是由一位专家再

三坚持作出的，却没有什么人加以理会。相反，从那时

以来，我们不断听到两种权威性的意见。一种声称他们

已经能推断出火星上有生命，另一种则断言，他们已排

除了火星上有生命的可能性。有的人一心希望火星上有

生命，另一些人则巴不得火星上没有生命。两大营垒都

太过分了，这种强烈的感情色彩已经有点超越了在科学

探索中所能容许的观点分歧。看来，许多人只是想得到

一个明确的答案而已，他们不想让两种互不相容的可能

性同时存在于他们的头脑中。有些科学家认为，火星上

卡尔 萨根：宇宙

有居民，但其根据后来被证明是不足为信的；有的科学家则断言火星上不可能有生命，因为对特定的生命现象的初步研究要么未获成功，要么其结果是含混不清的。神秘的色彩不止一次地笼罩着这颗红色的行星。为什么非说是火星人的呢？又为何有如此众多的关于火星人的热烈推测和猜想，却没有人想到土星人或者冥王星人呢？这是因为，乍看起来，火星很像地球，它是我们能看见其表面的最近行星。火星上既有极冠、飘荡的白云，又有怒吼的风暴，在它红色的表面上还有随季节而变化的图像，甚至一天也是 24 小时。因此，认为它是一个有居民的世界是很自然的。火星已成为一座神秘的舞台，寄托着我们地球上人类的希望和担忧。但是，我们心理上赞成或反对火星上存在生命的倾向，绝不应该把我们引入歧途。因为事实胜于雄辩，而事实尚未出现。真正的火星是一个神奇的世界，它的真面目比我们已经了解的要复杂得多。在我们这个时代，已经采集过火星上的砂粒，已经确立了我们在火星上的存在，从而实现了 一

卡尔 萨根：宇宙

个世纪以来的梦想。直到 19 世纪后期还没有人相信，我们这个世界正被像人一样的、而又远比我们聪慧的智能生命以浓厚的兴趣仔细地观察着，也没有人会相信，当人们各自碌碌奔忙时，他们正在被仔细地研究着，其仔细程度也许就像用一架显微镜观察在一滴水中聚集繁殖。朝生暮死的细菌。人们为了区区小事，趾高气扬地在地球上来回奔忙，为能确保对物质的占有而心满意足。显微镜下朝生暮死的细菌的所作所为，与此大概没有什么不同。人们要么从未想到过宇宙中还有更古老的世界，它们是威胁人类的根源；要么在想到这些世界时，只是简单地认为那里根本不可能存在生命。往昔的某些心理习惯是可笑的。在多数情况下，地球上的人最多只是设想，火星上可能存在另一种人，而且也许不如自己优越，因而正准备迎接他们去教诲呢。然而，浩瀚的宇宙大洋彼岸的居民，他们的智力与我们相比，正如我们与野兽相比一样，那些居民智力发达、感情冷漠，正以妒忌的眼光窥视着地球，并在缓慢而又扎实地制定着进

卡尔 萨根：宇宙

攻我们的计划。 H·G·威尔斯 1897 年所写的科幻名著《星球大战》中的上述开场白，至今仍常常使人们不寒而栗。②在人类的整个历史上，人们对地球以外还存在生命这件事是又怕又盼。100 多年来，这种感情集中在夜空中一颗明亮的红色星星上。在《星球大战》出版之前 3 年，一位名叫洛韦尔的波士顿人建立了一座重要的天文台，支持火星上有生命的最精细的观点就是在那里提出来的。洛韦尔年轻时就爱好天文学，他曾就读于哈佛大学，后来得到半官方的外交任命，到了朝鲜，否则他也会像芸芸众生一样注重于追求财富。他死于 1916 年，他对于我们认识自然界及行星的演化，对于探测宇宙，尤其是用非常精确的方法发现冥王星等方面都做出了重大的贡献。冥王星就是用他的名字命名的。但是洛韦尔毕生最热衷的却是火星。1877 年意大利天文学家斯基帕雷利宣布发现了火星上的水道，使洛韦尔激动万分。斯基帕雷利报告说，当火星运行到距地球最近时，他观察到了一个复杂的网络，该网络由单直线和双直线

卡尔 萨根：宇宙

组成，遍布火星的整个亮区。意大利文的 Canali（原意为水道、沟渠）在匆忙中被译成了英文的 canal，即“运河”这样一个隐喻着人工设计的字眼。一时在欧洲和美洲掀起了一场火星热，格韦尔也深深地卷入这股热潮中。1892 年，斯基帕雷利的视力严重衰退，宣布他将放弃对火星的观测。洛韦尔决心继续这项工作。他需要一个理想的观测点，在那儿不受云雾或闹市灯光的干扰，而且具有优良的“天文宁静度”。“宁静度”一词在天文学术语中用来表示透过稳定的大气层去观察天空时，望远镜中天体的图像抖动最小的情况。天文宁静度差是由于望远镜上方的大气产生小尺度的扰动所致，这也是星星会眨眼的原因。洛韦尔把他的天文台设在远离城市的火星山上，该山位于亚利桑那州的弗拉格斯塔夫③。他绘出了火星表面的图像，尤其是画出了使他着迷的运河图形。进行这种观测决非一件易事。试想一下，在寒风凛冽的凌晨长时间盯着望远镜观测的情景吧！天文宁静度常常很低，因而火星图像往往模糊不清，而且变形失真。

卡尔 萨根：宇宙

这样，观测者就必须否定所看到的景象。有时图像会突然固定住，火星的图像奇迹般地瞬间闪现，观测者又必须记住所看到的情景，并准确地记录下来。观测者还必须抛弃成见，客观地对待火星上的奇观。在洛韦尔的笔记本中，到处都记载着他认为是自己观测到的结果。诸如亮区和暗区，极冠的痕迹，一颗由运河编结成的星体。洛韦尔认为，他看到了一个布满全火星的巨大灌溉网，正是这些大渠道把极冠融化的水输送到赤道缺水的居民手中。他深信，这个星球上的居民历史更悠久、更聪明，也许与我们迥然不同。他还认为，暗区的季节性变化是由于植物的生长和兴衰造成的。他相信火星与地球极其相似。总而言之，他相信的东西太多了。在洛韦尔的笔下，火星是一个历史久远、干涸凋零的荒漠，而且是一个与地球相似的荒漠。洛韦尔所描绘的火星景象，颇像美国的西南部，即洛韦尔天文台所处的那片地区。他推论说，火星上的温度太低了一点，但其舒适程度仍然不亚于“英格兰南部地区”。空气虽然很稀薄，

卡尔 萨根：宇宙

但氧气含量仍然足够呼吸之用。那儿的水很珍贵，但错综复杂的运河网却能把生命不可缺少的这种液体输送到整个星球。

回顾起来，当代对洛韦尔观点提出的最重大的挑战竟来自一个出乎人们意料之外的人物。1907年，自然选择进化论的共同发现者 A. R. 华莱士应邀去评述洛韦尔的一本著作。华莱士年轻时是一位工程师，本来对这类超感觉的洞察力多少有点轻信，却令人意外地对火星的可居住性表示怀疑。华莱士指出，洛韦尔对火星平均温度的计算有误，火星不但不像英格兰南部那么温暖，恰恰相反，几乎所有的地方都在冰点之下。因此火星应该有永冻层，即永远处于冰冻状态的次表层。空气也比洛韦尔计算的要稀薄得多。那里的陨石坑数量应该与月球上一样多。至于说到运河中的水，他指出：在任何解决缺水问题的计划中，如果想借助运河，令其穿过赤道进入另一半球，穿过那可怕的荒漠地区，而且又曝晒在洛韦尔先生所描述的那种炎炎晴空之下，那么这种计划就将是一群疯子的行为，而绝非智慧生命所为。

卡尔 萨根：宇宙

完全可以断言，甚至流不出 100 英里，所有的水就会蒸发殆尽，或者渗入地下。 上述带挖苦味的但却大致

正确的物理分析是华莱士在 84 岁高龄时写下的，他的结论是，从土木工程师的水利观点来看，火星上不可能存在生命。不过，他没有提及微生物问题。 尽管华莱

士提出了批评意见，尽管其他天文学家用了与洛韦尔同样先进的望远镜，他们的观测点位置亦毫不逊色，却未能发现任何运河的痕迹。但是洛韦尔关于火星的观点还是得到广泛的接受。他的学说的神奇力量就像创世说一样古老有力。产生这种吸引力的部分原因是因为 19 世纪正是技术上取得辉煌成就的时代，其中包括修建了许多巨大的运河。如 1869 年竣工的苏伊士运河，1893 年建成的科林斯运河，1914 年完工的巴拿马运河，近一点的则有美洲五大湖水闸，纽约州北部的航运运河，以及美国西南部的灌溉运河。既然欧洲人和美国人能建立这样的丰功伟业，那么为什么火星人的就不行呢？难道一个更古老、更聪明的种族就不能做出更卓有成效的努力，去勇

卡尔 萨根：宇宙

敢地战胜那红色星球上的干旱吗？ 如今，我们发射的探测卫星已经进入环绕火星的轨道，已经绘制了整个火星的地图。两个自动实验站也已在火星表面着陆。火星的神秘感（如果有任何神秘的话）自洛韦尔以来一直在加深。我们现在拥有的火星照片比洛韦尔的观察结果要详尽得多，但是我们却没有发现被大肆吹嘘的运河网的任何支流，任何水闸。洛韦尔，斯基帕雷利，还有其他一些人在艰难的观测条件下作出的观测结果之所以失误，部分原因也许是由于他们事先就带着火星上存在生命的框框。 洛韦尔的观测记录本反映了他在望远镜前多年进行的不懈努力。这些笔记表明，洛韦尔对其他天文学家怀疑运河真实性的情况，心里是很清楚的。这些笔记还表明，洛韦尔相信自己作出了重大的发现，但其意义却得不到别人的理解，因而十分痛苦。例如，他在 1905 年 1 月 21 日写的笔记中有一处这样写道：“两条运河突然显现出来，相信没有弄错。”在拜读洛韦尔的笔记时，我有一种清楚的但却颇为不安的感觉，那就

卡尔 萨根：宇宙

是他确实看到了某些东西。但那究竟是什么呢？ 当我和康奈尔大学的保罗·福克斯对比洛韦尔的火星图和“水手 9”号轨道站拍摄的图像时——我们图像的分辨率有时比洛韦尔在地面上用 24 英寸折射望远镜观测到的要高 100 倍——发现，二者之间几乎毫无共同之处。这倒不是说洛韦尔的眼睛把火星上不相干的细小部分连成了虚构的直线。在他所说的运河的大部分位置上，既没有深色的颜色，也没有陨石坑群，那些地方根本就没有任何特别之处。既然如此，他怎么会年复一年地画出同样的运河图形呢？其他一些天文学家——其中一些人声称，在他们亲自进行观测之前没有仔细地观看过洛韦尔的图片——怎么也会画出相同的运河呢？向火星发射“水手 9”号的一个最重大的发现，就是在火星表面上观测到存在随时间变化的条纹和斑点。许多这样的条纹与陨石坑的外围相连，而且随季节而改变。这类条纹是被风扬起的尘土造成的，因此其图样随不同季节的风而变化。但是，这些条纹没有运河的特征，其位置也与运河

卡尔 萨根：宇宙

的位置不符，况且没有任何一条条纹大到可以在地球上看得见的程度。如果说在本世纪的前几十年中，火星表面上确实存在哪怕一点点像洛韦尔所说的运河特征，那么当飞船进行近距离考察变为现实时，那些运河不可能跑得无影无踪。

火星上的运河看来是在艰难的观测条件下，人的手、眼和脑在结合上存在着某种毛病所造成的（或者说，至少对某些人是如此。因为许多与洛韦尔同时代以及后来的天文学家，使用同样质量的观测仪器，但却宣称根本没有观测到运河）。不过这几乎不能算是一个令人信服的解释。因此，我有一种不安的怀疑：火星运河这个问题的某些重要的细节还没有发现。洛韦尔一直认为，运河的规则性无可辩驳地表明它们是出自智慧生物之手。这肯定是不不会错的，惟一没有解决的问题是，有智能的人究竟位于望远镜的哪一侧？

洛韦尔的火星人是慈祥的、乐于助人的，甚至有点像神仙，与 H·G·威尔斯和 O·威尔斯在《星球大战》中描绘的可怕形象大不相同。但是通过星期天副刊和科幻小说，

卡尔 萨根：宇宙

这两种观点都进入了公众的脑海之中。我还记得自己在年少时曾如醉似痴地阅读巴勒斯描写火星的小说。我与高贵的探险家约翰·卡特一起从弗吉尼亚旅行到“巴苏”，因为那里的居民认识火星星人。我跟随 8 条腿的驮兽群，我还赢得了海利恩王国可爱的迪娅·索丽丝公主的垂青，我还能与名叫塔斯·塔卡斯的 4 米高的绿色武士友好相处。我还在“巴苏”的尖屋顶城市和圆屋顶的抽水站以及绿树成荫的尼罗西提斯河岸和望忧草运河畔漫步。

果真能在事实上，而不是在想象中和约翰·卡特到火星上的海利思王国去探险吗！我们能够在“巴苏”的两轮急速飞行的明月照耀下，于某个夏夜开始有重大科学意义的探险旅行吗！即使洛韦尔关于火星的结论，包括火星上存在运河的观点，将来被证明是错误的，他关于火星的描述至少有这样的用处：它激发了好几代 8 岁的孩童，我自己就是其中之一，把探测行星看成是真正可能的，并设想是否将来某一天能亲自到火星上去旅行。约翰·卡特就到达过那里，在一片开阔地

卡尔 萨根：宇宙

上，张开他的双手，发出了祝愿。我还记得，在我的童年时代，曾经长久长久地仁立在旷野上，伸开双手恳求我所相信的火星人的把我带走。当然，我的恳求从未奏效。看来得寻找其他的途径。如同生物一样，机器也有其进化过程。火箭和最早用来推动火箭的炸药都是中国人发明的。在中国，火箭曾被用于庆典等喜庆的场合。大约在14世纪，火箭传入欧洲，并被用于战争之中。19世纪后期，俄国的中学教师康士坦丁·齐奥尔科夫斯基提出利用火箭作为行星间交通工具的可能性；美国科学家戈达德则将它发展作为高空飞行之用。第二次世界大战中，德国的V—2军用火箭利用了戈达德的几乎全部研究成果，而以1948年发射的V—2/WAC“伍长”号相结合的二级火箭为顶点，这枚火箭达到了当时无与伦比的飞行高度——400公里高。进入50年代后，以苏联的科罗廖夫和美国的布劳恩为首领导了技术上的发展。他们的经费来自大规模毁灭性武器运输系统的研究，但却被用来发射最早的人造卫星。技术进步的势头继续有增无减：

卡尔 萨根：宇宙

载人环球飞行、人工轨道站、登月以及在整个太阳系飞行的无人宇宙飞船，都相继获得成功。其他许多国家现在也已发射了宇宙飞行器，包括英国、法国、加拿大、日本和最早发明火箭的中国。 齐奥尔科夫斯基和戈

达德都是富于想象力的（戈达德年轻时曾读过威尔斯的著作，并且深为洛韦尔的课程所激动）。因此空间火箭应用的早期设想中包括建立一个空间科学站，用于从高空监测地球，并用作研究火星生命的探测器。所有这些梦想如今都已实现了。 设想一下，你是某一个其他

相当遥远的行星的来宾，不带任何成见地飞向地球。距地球越来越近，观察越来越细，你对这个星球的看法也会逐渐改变。这个星球上有居民吗？你根据什么作出判断呢？如果存在智慧生物，他们可能已经建造出在几公里的范围内具有高衬比的工程结构。当我们的光学系统和离地球的距离能提供 1 公里的分辨率时，这些结构就能被检测出来。但即使达到这样的分辨率，看起来地球仍像是地道的不毛之地。在我们称为华盛顿、纽约、波

卡尔 萨根：宇宙

士顿、莫斯科、伦敦。巴黎、柏林、东京和北京的地方，完全看不出有生命或者叫做智慧生物的迹象。如果说地球上存在着有智慧的生物，那么，他们基本上没有把地球的外观改造成有规则的、具有 1 公里分辨率的几何形状。但是，当我们把分辨率提高 10 倍，当我们开始能看到小至直径 100 米的范围时，情况就大大改观了。地球上的许多地方就会突然变得具体、清晰了，就会显现出方形、矩形、直线和圆形的清晰图像。这些图形实际上就是有智慧的生物的工程艺术品：道路、公路、运河、农场、城市街道。这样的图形揭示了人类对欧氏几何和领土主义两种孪生的情感。在这样的分辨率下，就能在波士顿、华盛顿和纽约看到智慧生物的活动。而分辨达到 10 米时，被加工过的地球表面景象使真正赫然可辨了，人们正在忙忙碌碌之中。不过，上述景象都是摄于白昼、黄昏或者夜晚则又是一番景象：利比亚和波斯湾油田的熊熊烈焰，日本远洋捕鱼船队的深海灯光，大都市明亮的灯光。假如我们能把白天的分辨率进一步提

卡尔 萨根：宇宙

高到 1 米，那么我们就分辨出单个机体，像鲸鱼、母牛、火烈鸟和人。地球上智慧人类的活动首先通过其建筑物的几何规则性来显现。因此，如果确实存在洛韦尔的运河网，则火星上有智能生物居住的观点就同样是令人叹服的了。这是因为，如果从火星轨道拍摄的火星照片上能发现生命活动，那么它的表面大部分必须被改造过，而技术文明的产物——运河建筑也许是最易于检测到的目标。但从无人驾驶的飞船发回的无数火星照片中，除了一两幅莫名奇妙的图片外，没有发现任何这一类的目标。但是许多其他的可能性还存在，包括从大型的动植物到微生物，到已经灭绝的形态，以至到火星上从古至今从来就不存在任何生命等等各种可能性。与地球相比，火星距太阳较远因此温度要低得多。火星上的空气很稀薄，而且主要由二氧化碳组成，只有一些分子氮和氢，以及极少量的水蒸气、氧气和臭氧。在那里不可能存在敞露的液态水，因为大气压太低，即使冷水也会迅速沸腾而汽化，恐怕只有在土壤的孔隙和毛细管

卡尔 萨根：宇宙

中有极少量的液态水。而氧气含量之少远不够一个人的呼吸所需。臭氧的含量也少得可怜，以致能杀菌的太阳紫外线畅通无阻地照射到火星表面上。在这样险恶的环境下，还能有任何生物能生存下去吗？

为了回答这个问题，许多年前我和我的同事准备了模拟当时所知道的火星环境的试验舱，把地球上的微生物接种到实验舱内，然后观察是否有任何生物能生存下去。我们把这样的试验舱很自然地叫做火星罐。试验舱的温度保持与典型的火星环境相近，即在正午时略高于 0°C ，而在破晓前约为一 80°C 之间循环。舱内气体也主要由 CO_2 和 N_2 组成，保持缺氧的状态，用紫外灯重现太阳光的高通量。除了润湿沙粒表面极薄的一层水外，也不提供任何液态水。

只过了一个晚上，有些微生物就冻死了，并且再也没有苏醒过来。由于缺氧，其他微生物也陆续喘息而亡，有的死于干渴，有的则死于紫外线。但是，总有数量可观的一些地球微生物在缺氧条件下也能生存，当温度降得太低时，它们就暂时处于休眠状态。它们能藏在小石下

卡尔 萨根：宇宙

或隐身于薄沙层之下，以躲避紫外光的照射。在另外一些实验中，当供给少量液态水时，微生物又能照常繁殖生长。既然地球上的微生物都能经得住火星环境的考验，那么假如火星上有微生物，它们的适应本领也必定更巧妙。但究竟如何，我们必须亲自去看看才会明白。在无人驾驶星际探险方面、苏联一直保持着很活跃的势头。每隔一二年，行星间就会出现最有利的相对位置，根据开普勒和牛顿所阐明的物理学原理，这时向火星或金星发射宇宙飞船能量消耗最少。60 年代初以来，苏联几乎没有错过这样的发射机会。苏联人的不懈努力及其工艺技术终于结出了硕果。苏联共有 5 艘飞船，即“金星 8”号至“金星 12”号，都先后在金星表面着陆，成功地从金星表面发回了大量资料。这些飞船能穿过如此高温、高密度和有很大腐蚀性的金星大气层，其成就是不可否认的。尽管做过多次尝试，苏联飞船涉足火星却未成功。至少初看起来，火星似乎更友好些，那儿的温度不高，大气层也稀薄得多，气体也较柔和，此外还有极冠。明

卡尔 萨根：宇宙

亮的淡红色天空、巨大的沙丘、古老的河床、陡峭的大山谷，还有我们已经探明的太阳系中最大的火山结构，以及赤道附近温和的夏日。相对金星而言，火星的环境更接近于地球。

1971 年苏联的“火星 3”号飞船进入火星大气层。从飞船自动发回的无线电资料判断，它在进入大气层时，成功地打开了着陆系统，且准确地向下调整了防烧蚀护罩，适时地打开了巨型降落伞，并在接近火星表面时成功地点燃了减速火箭。根据“火星 3”号发回的资料，它在这颗红色星球上的着陆应该说是成功的。但是在着陆后，飞船却向地球发回 20 秒钟没有图像的电视片段，随之就神秘地消失了。1973 年发射的“火星 6”号着陆器也发生了与此十分类似的情况，这次是发生在着陆后不到 1 秒钟的时间内。这究竟是在哪里出了毛病呢？

我所见到的第一幅“火星 3”号的图片是在一枚苏联邮票上（面额为 16 戈比）。它描绘了飞船正穿过某种紫色浊流而降落的情景。在我看来，邮票的作者是想说明存在尘流和飓风，因为“火星 3”号当时是迎

卡尔 萨根：宇宙

着巨大的尘暴进入火星大气层的。我们从美国的“水手 3”号发回的资料证实，火星表面附近的风速超过每秒 140 米，这比火星上声速的一半还高，正是巨大的尘暴产生了这种高速风。我们和我们的苏联同行都认为。可能正是这种高速风使“火星 3”号飞船无法张开其降落伞，结果，虽然它在垂直方向的着陆很和缓，但在水平方向上却具有致命的高速度。飞船在大型降落伞没有张开的情况下降落时，特别易受水平风的伤害。“火星 3”号在着陆后可能弹跳了几下，接着撞上了岩块或火星表面的其他凸出物而倾翻，结果，无线电与载波总线失去连结，造成发射机失效。然而，“火星 3”号为什么会钻进巨大的尘暴中去呢？要知道，“火星 3”号的飞行程序在发射前就已经严格地制定好了。在它离开地球之前，它的每一步飞行动作都已存入飞船计算机。因此，即使弄清了 1971 年发生的那次大尘暴的猛烈情况，也不可能再去改变计算机的程序了（用宇宙探险的行话。“火星 3”号的飞行程序是预编程序，而不是自适应程序）。“火

卡尔 萨根：宇宙

星 6”号的通讯中断更加神秘莫测。该飞船进入火星大气层时，火星上并没有发生全球性的尘暴，也没有理由怀疑在着陆点发生了局部的尘暴（有时会发生这种局部尘暴的）也许在着陆的一刹那飞船发生了技术故障。但也许是在火星表面上存在某种特别危险的东西。苏联飞船在金星着陆成功，但在火星着陆失败这两件事自然使我们对美国的“海盗”号的发射多少有些担心。原来曾非正式地计划要在 1976 年 7 月 4 日，即美国建国 200 周年纪念日，让“海盗”号的一个着陆器在火星表面软着陆。和苏联飞船一样，“海盗”号的着陆器也包括一个防烧蚀护罩，一个降落伞和几枚减速火箭。由于火星大气层的密度只及地球的百分之一，在“海盗”号进入火星稀薄的大气层时，为了使着陆器减速，使用了一个直径为 18 米的特大型降落伞。由于火星大气如此稀薄，如果“海盗”号在高空着陆，就没有足够的气体来制动着陆器，结果会使飞船跌得粉碎，因此需要选择一个低洼的着陆点。从“水手 9”号飞船发回的资料，以及地面

卡尔 萨根：宇宙

雷达的探测结果来看，我们知道有许多这样的区域。为了避免“火星3”号同样的命运，我们把“海盗”号的着陆选在风力最小的地点和时间。会毁灭着陆器的大风可能强到足以把尘土扬离火星表面。因此，如果我们所选择的着陆点经过核实没有活动的浮尘，那么我们至少可以有把握地确保风力不会太大。“海盗”号着陆器在进入火星轨道时，先不与轨道站分离，而等候轨道站对着陆点进行勘察之后才开始降落。我们通过“水手9”号发现，火星表面亮区和暗区图案的变化都发生在大风之际。假如轨道站发回的照片表明发生了那种图案的变化，我们当然不会认为着陆点是安全的。但是我们也不可能有百分之百的把握。例如，假设着陆点的风力非常大，把表面的浮土都刮走了，其后在那里又出现大风，我们就无从知道了。火星比不得地球，详细天气预报的可靠性当然差得多（诚然，“海盗”号飞行的众多使命之一就是要加强对这两颗行星天气的了解）。由于通讯和温度方面的限制，“海盗”号可能无法在火星的

卡尔 萨根：宇宙

高纬度区着陆。无论在南半球还是在北半球，过于靠近极区（超过 45 度或 50 度），飞船与地球之间的有效联络时间以及飞船避免极低点的时间，都十分短暂。我们不希望在一个过于粗糙的地方着陆，因为那可能会使飞船倾覆甚至毁坏，至少准备用来采集火星土样的机械手可能被卡死，或者悬离表面 1 米的高处而无用处。同样，我们也不希望降落点过于松软，倘若飞船的 3 个着陆架深陷在疏松的泥土中，各种讨厌的后果就会接踵而至，其中包括取样机械手无法转动。但是，我们也不希望着陆点太坚硬，如果降落在一片坚硬的火山岩地面上，没有粉状的表层物质，机械手也无取到对计划中的化学和生物实验至关紧要的样品。当时可能得到的最佳火星照片来自“水手 9”号轨道站。即使如此，其摄取的图像也未能优于 90 米（约 100 码）的范围。“海盗”号轨道站发回的照片也没有多大的改进。在这些照片中，1 米（3.281 英尺）长的石头是完全无法分辨出来的，而约 1 米长的石头却能给“海盗”号着陆器造成灾难性的

卡尔 萨根：宇宙

后果。同样，照片也无法检测出又深又软的尘土。幸运的是有一种方法能使我们确定可能的着陆点的粗糙度或松软度，那就是雷达。很粗糙的地方会使来自地球的雷达波束发生散射，因而反射率很低，甚至在雷达屏幕上呈现一片漆黑；而很疏松的地方沙粒间的间隙很大，也会使反射减弱。我们还无法区分粗糙地点或松软地点，但在选择着陆点方面幸好并不需要去区分它们。我们知道，这两种情况都同样是危险的。初步的雷达探测表明，火星表面有四分之一到三分之一的地区对雷达波没有反射，因此都是“海盗”号的禁区。话又说回来，并不是整个火星表面都能用地球上的雷达探测到的，雷达所能探测的只是北纬 25 度到南纬 25 度之间的条带，而“海盗”号轨道站自身又没有勘测火星表面的雷达检测系统。

着陆点的限制条件实在太多了，诸如着陆点的地势不能太高，风力不能太大，地面不能太硬也不能太软或太粗糙，离极地也不能太近。显然，我们不知火星上是否有这样的地点能同时满足所有上述的安全标准，

卡尔 萨根：宇宙

我们也没有能找到令人满意的着陆点。一旦把“海盗”号轨道站——着陆器的结合体送上火星轨道，它在火星上着陆的纬度就无法再改变了。如果其近地点是在火星的北纬 21 度，着陆器就只能在北纬 21 度着陆，但通过等待在其下方的火星转动，可以在任意的经度上着陆。正因为如此，“海盗”号的科学家选择了好几个有希望的着陆地的纬度。为“海盗 1”号选择的是北纬 21 度，主着陆点是在称为“克雷斯”（希腊语，意为“黄金之地”）的地区，该地区靠近 4 条蜿蜒的水道交汇处，这些水道被认为是在火星历史前几个世纪由流水冲蚀而成的。看来，“克雷斯”符合上述全部标准。但是，雷达观测的是“克雷斯”附近的区域，而不是“克雷斯”着陆点本身。由于地球与火星几何位置的关系，对“克雷斯”的第一次雷达探测只是在计划的着陆日期前几周才进行的。为“海盗 2”号选择的着陆点是北纬 44 度，主着陆点为“赛多尼亚”。之所以选择这个地点，是因为根据理论上的推断，这里极有希望存在少量的液

卡尔 萨根：宇宙

态水，至少在火星一周年中的某些时候是如此。由于预先进行的“海盗”号生物实验的对象是适应液态水环境的生物，一些科学家认为，在“赛多尼亚”着陆会大大增加“海盗”号发现生命的机会。也有人认为，在火星这样一个多风的星球上，如果存在微生物，那就应该到处都有。看起来这两种观点都有道理，难分高低。然而，显然无法对北纬 44 度进行雷达探测，而且让“海盗 2”号进入高纬度区，我们将不得不面对巨大的失败危险。还有人认为，如果“海盗 1”号着陆成功，而且运行情况良好，那么“海盗 2”号将能承受更大的危险。对于花费超过 10 亿美元的这种飞行的命运，我本人是十分保守的。我不禁设想到飞船在“赛多尼亚”刚一着陆就不幸发生碰撞，一种关键的仪器因而发生故障。为了增加“海盗”号着陆点选择的余地，我们在南纬 4 度附近的雷达可探测区，另外选择了几个在地质上与“克雷斯”和“赛多尼亚”大不相同的着陆点。“海盗 2”号究竟在高纬度区还是在低纬度区着陆的问题，直到最后一刻才确定下来：

卡尔 萨根：宇宙

选择了与“赛多尼亚”同一纬度，地名本身就是充满希望的地点“乌托邦”。我们核查轨道站发回的照片，并对雷达数据进行最后分析后发现，“海盗 1”号原先选择的着陆点可能是极端危险的。有一阵子我很担心，“海盗 1”号可能像传奇中的荷兰飞行员悬在空中一样，永远悬浮在火星上空，永远找不到安全的地方。但我们最后还是找到了一个合适的地点，仍然在“克雷斯”地区，但远离 4 大古水道的交汇处。这一拖延使我们无法在 1976 年 7 月 4 日按时降落。不过大家都同意，在那一天进行毁灭性的着陆，献给美国建国 200 周年作纪念，将是令人极为不快的。因此，我们推迟了原定的计划，而在 16 天后才进入火星大气层。

经过一年半的时间，绕太阳进行了 1000 万公里的星际航行后，每个轨道站和着陆器的结合体都进入了预定的环绕火星的轨道，轨道站对可能的着陆点进行了探测。根据无线电的指令，着陆器进入了火星大气层，防烧护罩准确地取向，展开了降落伞，扔掉了覆盖物，点燃了减速火箭。在人类历史上，

卡尔 萨根：宇宙

飞船首次在这颗红色星球的“克雷斯”和“乌托邦”地区成功着陆了。着陆的成功在很大程度上归功于飞船设计、制造和测试中的高超技术，同时也要归功于飞船控制系统非凡的能力。但能在火星这样危险而神秘的星球上成功着陆，至少也包含了一些机缘的因素。着陆以后，立即发回了首批图片。我们知道，我们所选择的地点并不十分理想，但我们毕竟充满了希望。“海盗 1”号着陆器拍摄的第一幅照片是它自己的一根脚架，其目的是一旦着陆器陷进火星的流沙中，我们希望在飞船消失之前就能够知道。照片是由一条一条的线组合起来的，直到看到脚架在火星表面安全耸立着，我们才松了一口气。不久以后就显示出了其他的照片，每张照片都是用无线电分部分传到地球的。我还记得，当我看到着陆器拍摄的第一幅显示火星表面的图像时，曾惊讶得目瞪口呆。因为在我看来，那根本不像是一个外星世界，倒很像我在科罗拉多、亚利桑那和内华达州所看到的情景。也有石头、流沙和远处的山峰，其景观与地球上的

卡尔 萨根：宇宙

任何景色一样自然优美。火星真是一个神奇的地方。当然，如果在一座沙丘后面突然看到满身尘土的探险家，后面还有一头骡子，我会觉得惊异不已的，但同时我又觉得这种想法似乎也不无道理。我在研究“金星 9”号和“金星 10”号发回的有关金星表面照片的整个过程中，都根本没有产生过这种想法。我深信，这是一个无论如何我们总要到达的世界。

火星的景观是赤裸裸的、红色的、可爱的；远方的火山口不时蹦出雨点般的石子；此起彼伏的小沙丘；大风扬起满天尘土，不断淹没嶙嶙巨石，又不断从巨石上把尘土刮走；空中漫舞着斑驳的细颗粒物。这些巨石是从哪里来的呢？有多少沙子被风吹走了呢？该星球的历史究竟是怎样一种情景，才能形成地表这些光秃的巨石、埋在土中的小圆石、以及多边形的孔洞呢？这些岩石是由什么物质组成的？是与沙子相同的物质吗？沙子仅仅是巨石粉碎而成的，还是别的物质呢？那儿的天空又为何是粉红色的？此外，那里的空气是什么成分？风速又有多大？火星上有地震吗？为什

卡尔 萨根：宇宙

么其大气压和地貌随季节而变化？ 对上述所有问题，“海盗”号都作出了确定的或者至少看起来是确定的回答。“海盗”号所揭示的火星引起了人们极大的兴趣，特别是我们还记得，着陆点正是根据它们的暗淡色调而选中的。然而，着陆器上的摄像机并没有发现那里有运河的建设者，也没有巴苏人的飞行车或短剑；没有公主或武士，没有八脚怪兽，没有脚印，甚至没有一株仙人掌或一只袋鼠。就我们的判断力而言，那儿根本不存在生命的迹象。④ 也许，火星上确实有大型的生命形式，只是不在我们两个着陆位置附近。也许在每一块石头和沙粒中、都有较小型的生命形式。在地球的大部分历史进程中，那些没有被水覆盖的区域很像现在的火星：大气饱含二氧化碳；强烈的太阳紫外光透过缺少臭氧的大气层，照射在地球表面上。直到地球历史最近的 10% 时期之前，大型动植物还不能适应陆地上的生活。然而，地球上到处充满微生物已经有 30 亿年了。因此，要寻找火星上的生命形式，还必须从微生物人手。

卡尔 萨根：宇宙

“海盗”号着陆器扩大了人类到其他星球上活动的 ability。从某些标准来看，着陆器像一架侦察机一样能干，但从另一个角度来说，它的智力只相当于一个小小的细菌。我们作这种比喻并没有任何贬意。自然界经历了几亿年的漫长岁月才进化出一个细菌，而经过了几十亿年的时间，才造出第一架侦察机。只要在这类事情上稍有一点经验，对此就会变得相当熟练了。像我们人一样，“海盗”号也有两只眼睛，但“海盗”号的双眼能在红外线之下工作，而我们却不能；“海盗”号的手能推开岩石，挖取土壤；它的手指竖起来能测定风速和风向；它的鼻子和味觉器官的功能也比人类的要灵敏、准确得多，它们能感觉出微量分子的存在；它的不外露的耳朵则能探测出火星内部地震的隆隆声，以及飞船激起的风的嗡嗡声；它还具有探测微生物的手段。飞船有自己独立的放射性能源系统，它能把所获得的所有科学资料通过无线电送回地球，它能接受来自地球的指令。这样，人类就能权衡“海盗”号观测结果的意义，并命令它去

卡尔 萨根：宇宙

执行新的使命。在飞船大小、费用和能源消耗受到严格限制的条件下，怎样才是寻找火星微生物的最佳方法呢？我们不能，至少现在还不能把生物学家送到那里去的。我有一位朋友叫沃尔夫·维希尼亚克，他是纽约罗彻斯特大学的一位杰出的微生物学家。在 50 年代后期，在我们郑重地考虑寻找火星上的生命之际，他参加了一次科学会议。会上，一位天文学家对生物学家没有简单、可靠、自动的仪器去寻找星外微生物感到惊讶。维希尼亚克决定在这方面干出点名堂来。他研制了一种能带到行星上去的小型装置，朋友们称之为沃尔夫捕集器。他计划让它带一小瓶有机营养物到火星上，并设法使火星表面的泥土样品与营养物混合，在火星微生物如果有任何生物生长（假定能生长）时观测液体混浊度的变化。沃尔夫捕集器与其他三项微生物实验一起被选择装在“海盗”号着陆器上。其他三项微生物实验中，有两项试验准备给火星生物带去食物。沃尔夫捕集器成功的前提是：火星微生物必须喜好液态水。有些人认为，维希

卡尔 萨根：宇宙

尼亚克的做法会淹死火星上的小生物。但沃尔夫捕集器的优点是，它与火星微生物如何对待这些食物没有任何关系，只要它们能生长就行。而所有其他的试验都基于一个特定的前提：假定微生物能够吸收或排出气体。但这种假定只不过是猜测而已。负责美国航天计划的国家宇航局（NASA）面临着经常发生的、无法预料的经费削减。宇航局的科学活动很少得到政府的有力支持，因此当需要从宇航局裁减经费时，科研项目总是被削减的目标。1971 年决定取消四项微生物试验中的一项。而沃尔夫捕集器恰恰被从着陆器上撤了下来。这使维希尼亚克沮丧之至，因为他花了 12 年时间才研制成这台仪器。处于他这样的处境，别的人大都会悄悄地放弃参加“海盗”号生物试验。但维希尼亚克是一位勇敢而具有献身精神的科学家，他反而决定到地球上最近似于火星环境的南极干涸山谷去。他认为，这样能更好地服务于寻找火星生命的事业。以前的一些研究人员曾经仔细地检查过南极的土壤，并作出结论：人们在南极干涸的山谷所

卡尔 萨根：宇宙

发现的极少量微生物并不是真正土生土长的，而是从比较温和的环境吹到那里去。回忆起火星罐的实验，维希尼亚克相信，生命是很顽强的，南极是完全适合微生物生存的。他觉得，如果地球上的细菌能在火星上生存，那么南极这个总的来说比较暖和、比较潮湿，且有较多氧气、紫外线少得多的地方，为什么反而不能生存呢？相反，他认为在南极干谷如果能找到生命，将会相应地增加在火星上找到生命的机会。他还认为，以前用来推论南极没有微生物的实验方法有问题。营养物的设计虽然适应于大学生物实验室的舒适环境，却没有考虑到干燥极地荒漠的特点。因此，1973 年 11 月 8 日，维希尼亚克带上了他的新生物实验装置，乘直升飞机从麦克默多实验站到奥斯加德地区的一条干涸的山谷——巴尔德山附近的地区，同行的还有一位地质学家。他的计划是要在南极一些小生物站进行土壤接种，一个月后再返回去回收实验物，1973 年 12 月见日，他离开营地到巴尔德山去收集实验样品，离开时有人在约 3 公里外给

卡尔 萨根：宇宙

他拍了照。没想到这竟是人们最后一次见到他生前的容貌。过了 18 个小时，在一座冰崖底部发现了他的遗体。看来，他走进了一个从未被探测过的地区，而且显然在冰上滑倒过，并向前翻滚了 150 米远。也许他看到了什么东西，譬如说发现了微生物的可能栖息地，或者是一个按理不应该有的绿色斑点。但他出事的真正原因我们是永远无法知道的了。在他那天带在身边的棕色封皮的小笔记本中，最后有这样的字句：“202 号站已回收，1973 年 12 月 10 日，22 时 30 分。土壤温度： -10° ，空气温度： -16° 。”这正是火星上典型的夏季温度。维希尼亚克建立的生物实验站有相当一部分仍然在南极。从实验站取回的样品已进行过检测，这项工作是由他的同事和朋友采用他用过的方法进行的。几乎在所有的实验点都发现了种类繁多的微生物。用常规的方法是检测不出这些微生物的。他的遗孀维希尼亚克太太在他的实验样品中发现了显然只有在南极才有的酵母菌新种。尹姆里·弗里德曼检验了那次勘探中从南极带回的大岩

卡尔 萨根：宇宙

块，结果发现了令人喜出望外的微生物，它们都藏在石头表面下 1—2 毫米处，藻类群生在有少量液态水聚集的小天地里。在火星这样的地方，情况将会更加有趣，因为光合作用所需要的可见光能穿透到 1—2 毫米的深度，而能灭菌的紫外光到达这个深度时至少会部分衰减。由于飞船在发射前好几年就已完成设计，同时由于维希尼亚克过早地逝世，他的南极实验成果没有能积极地影响“海盗”号寻找火星生命的设计计划。总的来说，并没有在火星的低温环境下进行微生物的试验，而且在大多数场合没有提供足够的孵化时间。对火星上的新陈代谢作用只做出了比较可靠的推测，而且也无法去寻找石头内部的生命。

两个“海盗”号着陆器上都安装了取样机械手。机械手从火星表面采集土样后，把土样送到飞船舱内。舱内有像电动火车的料车，把样品颗粒送去进行 5 种不同的试验：一种是进行无机化学试验，二是在沙粒和尘埃中寻找有机分子，另外三个是寻找微生物。当我们在一个星球上寻找生命时，我们是在做某些

卡尔 萨根：宇宙

假定。虽然我们尽量不假定其他星球上的生命完全像我们身边的生命，但我们所能做的毕竟有限，我们只对地球上的生命有比较详尽的了解。“海盗”号的生物实验是第一次开创性的努力，它们并不代表寻找火星生命的最终结果。分析的结果一直是似是而非、令人烦恼、又令人激动的。此外，至少到目前为止，大体上仍是非绝对性的。

三种微生物实验的重点虽然各不相同，但有一个共同的课题，就是有关火星上新陈代谢的问题。假如火星土壤中存在微生物，它们必定要摄取食物、排出废气；或者从大气中吸收气体，然后借助阳光把气体转化成有用的物质。所以，我们带了一些食物到火星上去，希望火星生物（如果存在生命）会发现它们挺可口。而后，我们再观察土壤中是否放出令人感兴趣的新气体。另一种办法是带去用放射性标记的气体，然后观察这些气体是否转变成有机物。假如变成了有机物，就可以推断存在火星生命。

根据发射前制定的标准，在“海盗”号的三种实验中似乎有两种得到了肯定的结果。第

卡尔 萨根：宇宙

一，当火星土样与经过消毒的地球有机溶液相混合时，土样中有东西使有机溶液发生了化学分解，这很像是进行呼吸的微生物代谢了从地球上带去的食物。第二，当把地球上的气体通入火星土样时，气体与土壤发生了化学结合，这种现象，与进行光合作用的微生物从周围气体制备有机物十分相似。进行这些取得肯定结果的火星生物实验所用的土样共有 7 个，取自相隔 50 公里的两个地点。

但情况是复杂的，判断实验是否成功的标准也可能不恰当。为了进行“海盗”号的生物实验，人们做出了巨大的努力，并用了多种微生物进行校验，但却很少做出什么努力去进行实验，对火星表面无机物的可能作用进行校正。火星不是地球，正如洛韦尔的遗训提醒我们的，我们可能被假象所迷惑。在火星土壤中，可能有外来的无机化合物。在没有火星微生物的参与下就能够氧化食物。也许有某种特殊的无机催化剂，它能固定大气中的气体，并使之转化成有机分子。

最近的实验表明，情况恰恰可能就是如此。1971 年火星发生大

卡尔 萨根：宇宙

尘暴时，“水手 9”号的红外光谱仪摄取了尘埃的光谱图。我和 O·B·图恩及 J·B·波拉克在分析这些谱图时发现，谱图的某些特征似乎与蒙脱土及其他种类的粘土矿物完全吻合。“海盗”号着陆器后来进行的火星土壤探测结果也与我们的分析结果相似。A·贝林和 J·里希庞发现，如果在实验室的实验中，用这样的粘土代替火星土壤，就能够重现“海盗”号“成功”进行的生物实验的某些关键特征，即重现那些类似光合作用以及像是呼吸作用的特征。粘土具有复杂的活性表面，能吸收和释放气体，还能催化化学反应。但是说无机化学能够解释“海盗”号生物实验的全部结果还为时过早，它只是说明，“海盗”号的实验结果不再是令人吃惊的了。当然，粘土的假说并不能排除火星上存在生命的可能性，但却无疑使我们相信，还没有有力的证据表明火星上存在微生物。即便如此，贝林和里希庞的实验结果在生物学上仍具有重大的意义，因为它们说明了，在没有生命存在的情况下，土壤具有某种化学性质，其作用相

卡尔 萨根：宇宙

当于生命活动。在地球上出现生命之前，可能也有类似呼吸和光合作用的化学过程在土壤中循环。生命一产生可能马上就参与了这些过程。此外，我们知道，蒙脱土是一种潜在的催化剂，能促进氨基酸结合成类似蛋白质的长链分子。原始的土壤也许是地球生命的摇篮。现代火星土壤化学也许能为地球生命起源及其早期历史提供重要线索。

火星表面有许多环形山（陨石坑），它们都是以人的名字，通常是一位科学家的名字来命名。维希尼亚克环形山凑巧位于火星的南极地区。维希尼亚克并没有说过火星上一定有生命，他只是认为火星上可能有生命，而确证火星上是否有生命是一件至关重要的事情。假如火星上真有生命，那么我们将有惟一的机会来检验我们的生命形态的普遍性。如果颇似地球的火星上没有生命，我们也必须弄清其原因，因为如果情况确实如此，正如维希尼亚克所强调指出的，我们经典的实验和控制学就将面临科学上的挑战。

“海盗”号的生物实验结果可以用粘土来解释，这些结果并不能证明

卡尔 萨根：宇宙

存在生命这样一个事实有助于解开另一个难题，即“海盗”号的有机化学实验在火星土壤中没有找到任何有机物。假如火星上有生命，那么生命的遗骸到哪里去了呢？火星上没有发现有机分子，既没有蛋白质和核酸的构成物，也没有发现简单的碳水化合物，完全没有地球上的那种生命物质。这种情况并不一定是矛盾的，因为“海盗”号的生物实验要比化学实验灵敏 1000 倍（以等量的碳原子为标准），而生物实验似乎检测到火星土壤中的合成有机物。但这一切并没有留下多少余地，因为地球土壤中含有曾经存活的生物的有机残余物，而在火星土壤中，其有机物的含量比月球表面还要少。如果坚持存在生命的假定，那么我们只能认为生物的遗体被火星表面具有化学反应性的氧化性表面所分解，就像过氧化氢瓶中生物的命运一样。或者认为，火星上存在着生命，但与地球上的生命相比，有机物所起的作用小得多。在我看来，后一种可能似乎是一种诡辩。我不得不承认，我是一位固执的“碳至上”主义者。碳存在于宇宙的各

卡尔 萨根：宇宙

个角落，它奇迹般地造出了生命所需要的复杂分子。我也是一个“水至上”主义者，水是有机化学能起作用的理想溶液，它能在很大的温度范围内保持液态。但有时我又感到犹豫，我对碳和水的偏爱难道与我的躯体主要是由它们组成这样的事实没有关系吗？我们之所以主要由碳和水组成，难道不是由于在生命起源之时，地球上这些物质特别丰富吗？难道其他地方的生命，譬如说火星上的生命，就不能由其他物质构成吗？我本身是水、钙和名字称为卡尔·萨根的有机分子的集合体。你也是由与我几乎相同的分子组成的集合体，只是聚集的标记有所不同而已。但仅此而已吗？难道除了分子以外就没有其他东西了吗？有些人会觉得这种观点颇有损于人的尊严。但在我看来，宇宙能允许分子机器进化到人这样复杂、精密的程度，实在是莫大的荣耀。但是，生命的本质并不是构成人体的众多原子和简单分子随意地堆集在一起。我们常常看到，构成人体的某种化学物质价值只有 97 美分、10 美元或相差无几的价格，看到我

卡尔 萨根：宇宙

们宝贵的身躯价值如此可怜，真令人有点恼怒。然而，只有当人体变成最简单的可能成分时，才能这样来估价。人体的主要成分是水，而水几乎不值分文；碳则是以煤的形式来估价的；我们骨头中的钙就是白垩；人体蛋白质中的氮则存在于空气中（而空气也是便宜之至的）；我们血中的铁在锈钉上就有。如果我们知道的就是这么一点点，我们或许会想把组成我们身体的所有原子装在一个大容器内搅拌。我们可以任意地延长这种可笑的尝试，最后我们只能得到令人乏味的原子混合物。除此之外，我们还能期望得到什么呢？

哈罗德·莫罗维兹

根据人体的准确分子组成，计算了从化工商店购买同样分子组成的化合物所需的费用，答案是大约 1000 万美元。这个价钱应该会使我们都觉得稍微心安理得些。但即使我们把这些化合物混合在一起，也绝不可能有一个人从罐子里钻出来，因为那已大大超越了我们的能力，而且在相当长的时间内仍然是不可能实现的。幸运的是，还有其他花钱较少但可靠性高的方法能制造人体。

我

卡尔 萨根：宇宙

认为，总体而言，许多星球上的生命都将由与我们这里相同的原子所组成，甚至基本的分子、如蛋白质和核酸也可能相同只是组合的方式不同而已。漂浮在稠密的星际大气中的生物，其原子组成也将可能与我们极其相似，差别只在于它们可能没有骨骼，因而不需要那么多钙。在其他世界上，也许使用的是水以外的某种溶液。氢氟酸可能就相当不错，尽管宇宙中氟的含量并不多，氢氟酸对构成人体的分子极其有害，但其他的有机分子，例如石蜡分子，在氢氟酸中却极为稳定。液氨可能是一种更好的溶液，因为宇宙中氨的储量非常丰富，但只有在比地球和火星冷得多的世界里，氨才能成为液态。在地球上，氨通常是一种气体，如同水在金星上呈气态一样。还有一种可能，即可能存在根本就不需要任何溶剂系统的生物，也就是固态生命，那里只有到处传播的电信号，没有四处漂游的分子。但上述假定并没有解决“海盗”号着陆器的实验所预示的火星生命问题。那个颇似地球的世界，拥有丰富的碳和水，生物理应以有机化合

卡尔 萨根：宇宙

物为基础。70 年代后期进行的有机化学实验结果，与飞船拍摄的图像和生物实验都表明，在“克雷斯”和“乌托邦”的细沙堆中没有生命。也许在岩石下几毫米处（如同在南极干谷），或者在火星的别的什么地方，或者在火星早期某个较温暖的时期里存在过生命，但不是在我们寻找的地点和时间。

“海盗”号对火星的探险具有重大的历史意义。它是人类第一次认真地探索其他可能的生命形式，也是飞船在其他星球上第一次安全地工作了长达一小时（“海盗 1”号维持了若干年之久）。它在对另一个世界的地质学、地震学、矿物学、气象学和其他五六门学科的研究方面硕果累累，获得了许多宝贵的数据。在这惊人的进步面前，我们该如何继续前进呢？

一些科学家打算发射一个自动装置，能在火星着陆，采集土样，并把土样送回地球。这样，他们就可以在地球上的大型、精密的实验室中（而不是在我们所能送到火星上的小型实验室中），极其详细地检测火星的样品。这样，就可以解开“海盗”号生物实验的大部分疑团。

卡尔 萨根：宇宙

可以测定火星土壤的化学和矿物学，可以劈开石头去寻找次表层的生命。还可以在各种条件下，采取各种方式，包括直接的显微镜观察，进行几百种生物和有机化学的试验。我们甚至还可以采用维希尼亚克的试验方法，尽管很费钱，但这类飞行恐怕并没有超出我们的技术能力。然而，这种飞行面临着一个新的危险，那就是后污染问题。假如我们想在地球上检查火星上样中的微生物，当然不能对土样进行消毒处理，探险的目的就是要把它们活着带回来。但如果不消毒，后果会怎样呢？带回到地球的火星微生物会对公众的健康造成危害吗？H·G·威尔斯和 O·威尔斯笔下的火星人类想尽办法对伯恩默思和泽西城的居民封锁消息，一直不为人所知，直到发现他们的免疫系统对地球上的细菌不起作用，但已经太晚了。与此相反的事情有可能发生吗？这是一个严肃又难以回答的问题。火星上可能并没有微生物，如果有的话，可能我们吞 1 千克到肚子里去也不会有什么不良反应。但是。我们不敢肯定，所冒的风险实在太大了。因此，要

卡尔 萨根：宇宙

把未经消毒的火星土样带到地球上来，我们必须采取十分可靠的预防措施。有些国家研制并贮存了细菌武器。这些武器似乎偶尔也发生过一些事故，但就我所知，至今并未造成世界性的传染病。因而，或许能把火星土样安全地带回地球来。尽管如此，在考虑进行取回试样的飞行之前，我希望能做到绝对安全可靠。还有另外一种途径去研究火星，研究这颗异种的行星对我们所具有的全部奥秘和魅力。在我研究“海盗”号着陆器所拍摄的照片时，使我感触最深的是我们的活动能力所受到的限制。不知不觉中，我竟切望飞船哪怕靠自己的脚尖站立起来也好，但似乎依设计不能动的飞船实验室竟然反常地拒绝设法跳一步似的。我们曾久久地引颈盼望，能用取样机械手拨开那座沙丘，去寻找那块岩石下的生命，仔细地看看那个遥远的山脊是不是一个火山口的砾垒啊！我知道，在其东南方不远处是“克斯雷”地区的4条蜿蜒的水道。从“海盗”号所有那些十分引人入胜的探测结果来看，我已发现上百个比“海盗”号着陆点更

卡尔 萨根：宇宙

有意义的地点。最理想的工具是能进行高级实验，尤其是进行摄影、化学和生物实验的流动车辆。宇航局正在研制这种车子的原型。这种车辆自己知道如何越过岩石，如何避免在山涧翻车，如何离开险境。如果能让这种流动车在火星上着陆；它就能扫描周围的区域，在它的视野范围内发现最有意义的地点，并在第二天的同一时间出现在那里。每天去一个新地方，蜿蜒地横越这颗迷人行星复杂多变的地形。使这种装置登上火星并没有超出我们的能力范围。即使火星上没有生命，发射这种车子也具有巨大的科学价值。因为这样一来，我们就可以在古河道中漫步，去攀登一座大火山，沿着冰冻的极地上那奇怪的阶梯，或者抄近路，到达火星上那诱人的金字塔⑤。对于这样的探测飞行，公众肯定也会有广泛的兴趣。在我们家中的电视屏幕上，每天都将看到一组新的景色。我们将能随着巡回车的踪迹，去细细地研究它的发现，提出新的目标。旅程可能是漫长的，但巡回车能遵从地球上的无线电指令。因此，我们会有足够的

卡尔 萨根：宇宙

时间把新的想法编入探测计划中去，成千上万的人也就都能参加到另一个世界的探险中去。火星的表面积

刚好与地球上的陆地面积相等。显然，对火星的彻底勘察将会使我们忙碌几个世纪之久。但是，总有一天火星会被全面地探测的：利用机器人飞机从高空摄制火星地图，巡回车跑遍整个火星表面，土样被安全地带回地球，甚至人类能在火星的沙地上散步。到了那时候，又该怎么办呢？我们该如何对待火星呢？人类滥用地球

的事例真是不胜枚举，只要一想到这个问题，我就不寒而栗。假如火星上有生命，那我认为，我们就不应该再去干扰火星了，因为火星理应属于火星星人，即使火星星人还只是处于微生物阶段也罢。在邻近的星球上存在独自的生物，对我们来说是一桩无法估量的好事。因此，我认为，保护那里的生命的责任远远高于对火星的任何其他可能的利用。但是如果火星上没有生命又该如何呢？

火星不大可能成为一个原料供应地，因为在未来的几百年内，要从火星往地球运送东西，运费将是极昂贵的。

卡尔 萨根：宇宙

然而，我们能否在火星上生活？能否在一定程度上使火星变得适于居住呢？火星是一个可爱的、迷人的世界，但从我们狭隘的观点看来，它也有许多不足之处：主要是氧气太稀少，没有液态水，紫外线通量太高（从南极的永久性科学考察站的情况看，火星的低温还不是不可逾越的障碍）。只要我们能制造出更多的空气，所有这些问题都会迎刃而解。大气压升高后，液态水就可能形成。氧气增加后，我们就可以在大气中呼吸了，也就会形成臭氧层，保护火星表面不受太阳紫外线的伤害。蜿蜒曲折的水道，层压极状的极区山地，以及其他的证据都表明，火星大气的密度曾经很高，这些气体不大可能会脱离火星。因此，它们肯定存在于火星的某个地方。一部分气体已经与表面岩石发生了化学结合，一部分存在于次表层的冰中，但大部分气体可能存在于现在的极地冰帽之中。为了蒸发冰帽，我们就必须对它加热，或许我们可以在冰帽上撒上黑色的粉末，这样冰帽就可以吸收较多的阳光，这是同我们破坏地球的森林和草原

卡尔 萨根：宇宙

恰恰相反的一件事情。但冰帽地域面积很大，为了撒遍黑土，需要 1200 台“土星 5”号火箭推进器，才能从地球上运去所需要的黑土。而且，即使能做到这一点，火星上的风也会将它们吹跑。因此，最好是能研制出某种能自行增殖的黑色物质，这种物质应是一种微小的黑色机体，当我们把它送到火星以后，它就会到处分布，并以这种黑色物质为母体，自行大量繁殖，从而覆盖整个冰冠。这种机体是有的，就是我们称之为植物的生物。某些植物非常耐寒，而且有很强的适应能力。我们知道，地球上至少有某些微生物能在火星上生存。现在需要的是有一个研究计划，对黑色植物进行人工选择和遗传工程研究，也许可以选择苔藓植物，它们也许更能适应火星的严酷环境。如果这类植物在火星上能够繁衍的话，我们可以想象它们一定會在火星极地冰帽的广袤大地上播种、生根、蔓延，使冰冠呈现黑色，从而可以吸收阳光，加热冰层，把古代火星大气从长期的禁锢中解放出来。我们甚至可以想象有火星的阿卜细德（美国 18 世纪

卡尔 萨根：宇宙

的拓荒者），不管是机器人或者是人类，漫步在冰冻的极地荒原上，他们的活动将会有助于未来的人类。这样一个总体的概念被称为“地形改造”，即把地球以外的世界的地形改变成较适于人类生活的环境。几千年来，人类活动造成的温室效应和反照率的变化，只使地球的温度改变了 1 度左右。当然，如果照目前燃烧矿物燃料的速度，以及森林和绿色植被的毁坏速度来看，只需要一两个世纪，就会使全球气温再升高 1 度。种种理由表明，要对火星进行卓有成效的地形改造可能需要几百年乃至几千年的时间。在科学技术高度发达的未来，我们不仅可以期望增加火星的总大气压、化出液态水，而且可以期望把极地冰帽融化的液态水输送到较暖和的赤道地区，建造运河就可以做到这一点。表层和次表层的冰融化后，可通过大运河网输送出去。但是，在火星上将会发生的这种事情，那岂不正是不到 100 年前洛韦尔看错了的那种景象吗？洛韦尔和华莱士都认为：火星环境之所以不适合于我们，就是因为那儿缺水。假

卡尔 萨根：宇宙

如真能建成运河网，缺水的问题就会大大改善，在火星上居住就有可能成为现实。洛韦尔是在极其艰难的条件下进行观测的。斯基帕雷利等其他一些人也观测到了类似运河的目标，在洛韦尔开始他对火星的毕生研究之前，这些目标被通称为水道。人类在他们的情感受到刺激时往往会显示出自欺欺人的特殊才能。在这一方面，很少有其他的观念比在邻近的星球上居住着智慧生命的观念更激动人心的了。洛韦尔观点的力量可能就在于使这种观点变成一种预言。是他认为火星建造了运河网。甚至这种观点也有可能成为一种确切的预言：假如要改造火星，那将由人类来完成，火星是人类能永久居住的另一颗行星。火星将是人类自己。

①英文的“无人知道”为二个字

(Nobody Knows)。——译注

②1938年由沃生·威勒士(Orson Wells)改编的广播版本，把火星人的入侵从英格兰改变到美国的东部，使对战争神经过敏的成千上万美国人相信火星人在发动进攻了。

③牛顿

卡尔 萨根：宇宙

断言：“即使制造望远镜的理论得到最充分的利用，望远镜仍然有一定的限度。超过这个限度望远镜就无能为力了。因为我们观察星球时要通过空气，而空气处于不停的震动之中……。惟一的解决办法是需要最晴朗、最宁静的空气，而这样的空气恐怕只有在高耸于云海之上的山巅才能找到。”

④当人们在“克雷斯”地区的一块石头上依稀看到一个像大写字母 B 的图像时，曾认为那是火星人刻下的，这使大家都高兴了一阵子。但后来的分析表明，那不过是光线、阴影以及人类图像识别技术上发生的幻觉。同时，火星人怎么也使用拉丁字母呢，这是不可思议的。有那么一会儿，在我的脑海里出现了我童年时神往的一个字眼“巴苏”。

⑤最大的金字塔底部直径 3 公里，高 1 公里，这比地球上的埃及和墨西哥的金字塔要大得多。这些金字塔看起来很古老，饱受侵蚀。它们或许只是些小山或长期聚集的沙丘。但是我想，它们是值得仔细勘察一番的。

第六章 旅行者的故事

究竟存在着许多世界，还是只有一个世界呢？这是人们研究自然时经常提出的一个最神圣、最令人激动的问题。

圣亚伯特·马格鲁（13 世纪） 混沌初开之际，岛国的土著人或者认为，他们是地球上惟一的居民，或者也认为，即使还有其他居民，他们之间也无法互通往来，因为在他们之间有着当时不可逾越的大海。但随着岁月的流逝，出现了船只……，也许有一天还会出现能把人送上月球的某种其他交通工具……，但是，德雷克和哥伦布尚未降世，没有人能担当得起这种旅行的重任，更没有任何代达罗斯式的人物，能造出上天的工具来。不过。我毫不怀疑，时间老人仍旧会是新知识之父，他曾向我们披露了那么多我们的祖辈一无所知的事实真相，他一定还将向我们的后辈，披露我们今天梦想着，但又不可实现的事情。 约翰·威尔金斯《月球世界之发现》（1638 年）

假若升上地球之巅，从高往下观察，就可以明白，造物主究意把我们这小小寰球变成了什么

卡尔 萨根：宇宙

模样。这样，就像要远足旅行者一样，我们就会更加清楚，出发前该做些什么准备，也就会更准确地估计和评价旅途中的一切。此外，假如我们问得天外有天，还有许多同我们地球相似的星球住有居民，受到崇拜，我们就不会对地球上称之为伟大的东西赞不绝口，也就会藐视大多数凡夫俗子所津津乐道的区区小事。 惠更斯

①《宇宙论》（1690 年） 人类开始遨游太空的时代来到了。在星际开普勒轨道上航行的现代飞船都是不载人的，它们都建造得美观，装有探测未知世界的半智能机器人。到太阳系外的这些航行都由设在加州帕萨迪纳的国家宇航局喷气推进实验室（JPL）地面站控制。1979 年 7 月 9 日，“旅行者 2”号宇宙飞船经过几乎两年时间的行星际航行到达了木星系。这架飞船由几百万块各带有备件的分装部件组成，因此，若某一部件失灵，其他部件就会取代其功能。飞船重 0.9 吨，要有一间很大的房屋才能放得下它。飞船的使命要求远离太阳，因此不可能像其他飞船那样用太阳能做动力。“旅行者 2”

卡尔 萨根：宇宙

号的动力来自飞船上的一个小型核电厂，利用由一块钷的放射性衰变产生出的几百瓦的电能。船上的 3 台集成电路计算机以及大多数辅助设备，例如温度控制器，都位于飞船中心。飞船通过一个直径为 3.7 米的大型天线从地面站接收指令，并将本身的发现送回地面站。在飞船上，大多数科学仪器都安装在一个观测台上，当飞船从木星旁疾驶而过时，这些仪器就会跟踪木星或其卫星。许多科学仪器，如紫外和红外光谱仪等被用来测定木星上的带电粒子、磁场及其发射的电波。但其中最重要的仪器则是两台电视摄影机。这两台电视摄影机按其设计功能拍摄了成千上万张太阳系外行星的照片。木星的周围是一层看不见的但却极其危险的高能带电粒子。为了靠近考察木星及其卫星，并继续完成考察土星和更远的星球的使命，飞船必须穿越该辐射区的外端。然而，带电粒子会损害精密仪器，甚至毁坏电子设备。木星周围还有一圈固体碎片，这些碎片是 4 个月前由“旅行者 1”号发现的。旅行者 2”号必须穿越这圈碎片层。与

卡尔 萨根：宇宙

一块小碎片的碰撞就会使飞船颠簸得失去控制，从而使得其天线不能跟踪地面站，所发出的数据也就永远收不到了。就在穿越碎片圈之前，地面控制人员还很担心，因为出现了一些警报及险情，但在地面人员的努力和飞船机器人的配合下，终于避免了一场灾难。于 1977

年 8 月 20 日发射后，飞船沿弧形轨道经过火星，穿越小行星区，接近木星系，并终于穿过了木星及其 14 个左右的卫星。土星的重力将使飞船加速飞向天王星。飞越天王星后，它就会继续向前飞向海王星，飞离太阳系，从而成为星际飞船，永远遨游于浩瀚的星际海洋之中。

“旅行者”的探索性航行是一系列航行中的最新航行。所有这些航行都为人类历史留下光辉灿烂的标志。在 15、16 世纪。人们从西班牙旅行到亚速尔群岛要用几天的时间，而今天用同样多的时间，就可从地球飞到月球。当时要横渡大西洋，到达人们称做新大陆的美洲，需用几个月的时间；而今天，用几个月的时间，就可横越太阳系，到达火星或金星，这是两个正等待我们光临的真正

卡尔 萨根：宇宙

的新大陆。在 17、18 世纪，人们用一两年的时间，可以从荷兰旅行到中国。而如今，用同样多的时间“旅行者”号飞船从地球飞到了木星②。相对来说，一年中的费用当时要比现在多，但在两种情况下，都不到当时国民总产值的 1%。现时的机器人飞船是人类将来探索其他星球的先驱和前导。我们以前已经有过这种形式的旅行。15 到 17 世纪是人类历史的重要转折点。在此历史时期，人们明确认识到，人类能航行到世界的任何角落。来自 6 个欧洲国家的船舶勇敢地航行于世界各大洋，但其动机各不相同：野心、贪婪、民族自豪感、宗教狂、赎罪、科学好奇心和冒险欲以及在埃什特雷马杜拉③找不到合适的工作等等。这些航行功过相当。但其基本的功劳是把世界联系到一起，减少了狭隘性，统一了人类，极大地推进了对地球及人类本身的认识。新兴的荷兰共和国是 17 世纪乘船考察和探险时代的典型。当时她刚刚宣布独立于强大的西班牙帝国，比同时代的任何其他国家都更充分地拥有欧洲的启蒙思想，是一个有理智、守

卡尔 萨根：宇宙

秩序、具有创造力的社会。但是，由于西班牙港口对荷兰关闭，船舶禁止与荷兰交往，这个小小的共和国的脆弱经济只好依靠自己的力量来建立和使用一个庞大的商业船队。

荷兰的东印度公司是一家政府和私人的联营公司，她派船到世界上遥远的角落去搜集珍贵货物，然后运回欧洲渔利。这些航行是荷兰的生命线，航海图和地图被定为国家机密。船上经常带有密封的指令。荷兰人一下子遍布于整个世界，北冰洋的巴伦支海以及澳大利亚的塔斯马尼亚岛都是以荷兰船长的姓氏命名的。这些探险者尽管在很大程度上是为了经济上的利益，但决非仅此而已，它还包括有其他的重要成分，如科学探险，发现新大陆、新植物、新动物及新民族的热情，以及纯粹对知识的追求。

阿姆斯特丹市政厅表现了 17 世纪自信而又历史悠久的荷兰的概貌。它是由花岗石修建的。当时的诗人和外交家康斯坦丁·惠更斯评价说：这个市政厅的建设摒除了“哥特式的倾向及其惨景”。直到现在，在市政厅里还有一座撑持苍穹的阿特拉斯神

卡尔 萨根：宇宙

雕像，天空中饰以星座图形。其下是守护神，挥舞着金剑和金盾，站在死神和复仇者之间，并且把贪婪和嫉妒这两个商人之神踩在脚下。以私人经济为基础的荷兰人明白，毫无节制地追求利润会构成对国家灵魂的威胁。在阿特拉斯神和守护神下面的市政厅地板上还可找到一些不那么富于寓意的象征。那是一张大型的内嵌图，是17世纪末叶或18世纪初叶从西非到太平洋的一张地图。在当时全世界都是荷兰的活动场所。而且，就在这张图上，以其不可思议的谦恭，荷兰人竟省略了他们自己，对于位于欧洲的本国本土只是使用了古拉丁名称——Belgium（比利时）。在当时有代表性的一年中，有许多船要起锚绕地球航行半圈。从非洲西岸，穿过他们称之为埃塞俄比亚海的水域，绕到非洲南岸，进入马达加斯加海峡，然后继续航行到印度的南端，到达他们的兴趣焦点——香料群岛，即现在的印度尼西亚。一些探险队从那儿又航行到一个称为新荷兰的陆地，也就是今天的澳大利亚。有几个探险队更冒险通过马六甲

卡尔 萨根：宇宙

海峡，经菲律宾而到达中国。从 17 世纪中叶荷兰东印度公司的大使觐见中国皇帝的记载中，我们知道。荷兰人，包括大使和船长在看到北京紫禁城的另一文明景象时，都惊奇得瞪圆了眼睛。④ 在此之前和从此以后荷兰再也没有像当时一样成为一个世界强国。一个小国，被迫以其智慧生存，其外交政策具有强烈的和平主义因素。那时，因为容忍非正统观点，荷兰成为欧洲其他国家因缺乏出版和言论自由而逃亡的知识分子的天堂——这非常像 30 年代的美国，从纳粹统治下的欧洲大批出逃的知识分子中获益不浅。正因为如此，17 世纪的荷兰成为爱因斯坦所崇敬的、伟大的犹太哲学家斯宾诺沙的家乡，也是法国数学和哲学史上的重要人物笛卡尔的家乡，同时也是政治家、科学家约翰·洛克的家乡——他影响了一大批哲学上倾向革命的人士，如潘恩、哈密尔顿、亚当斯、富兰克林和杰斐逊。荷兰当时正空前绝后地因那一群卓越艺术家、科学家、哲学家和数学家而熠熠生辉。那是著名画家伦勃朗、弗美尔、哈尔斯的时代，也是发

卡尔 萨根：宇宙

明显显微镜的列文胡克的时代，同时也是国际法鼻祖格劳秀斯和发现光折射定律的斯涅耳的时代。 在具有提

倡思想自由传统的荷兰，莱顿大学为一位名叫伽利略的意大利科学家提供了教职，罗马天主教堂曾威胁并逼迫他放弃他的学说，即地球是绕太阳运转的，而不是相反。

⑤伽利略与荷兰有密切的联系，他的第一台天文望远镜就是一种荷兰设计的小望远镜的改进装置。利用它，伽利略发现了太阳黑子、金星位相、月亮上的环形山以及木星的 4 大卫星，在他逝世后，这些卫星被命名为伽利略卫星。在 1615 年写给荷兰女君主的信中，伽利略说明了他自己对教会工作的看法： 若干年以前，正如尊贵的君主阁下所十分了解的，我就在天空中发现了许多我们时代以前从未发现的东西。一这些新奇事物，以及由此而产生的某些与经院哲学家普遍认为的物质概念相矛盾的结果。使我得罪了不少教授（他们中许多人是教徒）——好像是我亲手把这些东西塞入天空，以便扰乱自然界、推翻科学似的。他们似乎忘记了，正是因为人

卡尔 萨根：宇宙

们日益掌握了真理，才促进了艺术的研究、完善和发展

⑥。 作为一个具有强烈探索性的强国的荷兰，与作为一个知识和文化的荷兰之间的联系是非常紧密的。对改进船舶的需要推动了各种工艺的发展。人们喜欢手工劳动。发明创造受到奖励。技术进步需要尽可能地猎取知识，因此，荷兰成为欧洲最权威的出版社和书商，她既翻译用其他文字撰写的著作，也允许其他地方禁止出版的著作在荷兰发行。去外国探险及见到其他陌生社会打破了荷兰人的自大情绪，促使人们重新认识那些传统的定论，而且也说明，千百年来人们所持的观点，例如关于地理的观点是完全错误的。在世界大部分地区由皇帝和国王统治时，荷兰共和国却比其他任何国家更多地由人民治理着。社会的开放及其对脑力活动的鼓励，物质享受以及对别的国家的考察与利用，产生了可喜的对人类事业的信心。⑦ 意大利的伽利略宣布发现了其他天体，布鲁诺则推测有其他的生命形式。他们为此都受到了残酷迫害。然而在荷兰，相信上述两种观点的克里斯蒂

卡尔 萨根：宇宙

安·惠更斯却得到人们的极大的尊敬。其父名叫康斯坦丁·惠更斯是当时一位著名的外交家、作家、诗人、作曲家和音乐家，是英国诗人约翰·堂恩的亲密朋友及其翻译家，同时他也是一个原始大家庭的主人。康斯坦丁赞赏画家鲁本斯的画，并且“发现”了一个名叫伦勃朗的年轻画家，后来在他的好几幅作品中都有康斯坦丁出现。初次与他见面后，笛卡尔就写道：“我不能相信，人的脑袋瓜里竟能装满那么多的东西，而且还装置得那么完美。”惠更斯的家里摆满了世界各地的物品。其他国家的知名思想家是他的常客。在这样的环境下成长，年轻的克里斯蒂安·惠更斯同时精通语言。绘画、法律、科学技术、数学和音乐。他的兴趣和联系是广泛的。他说：“全世界都是我的家，科学就是我的信仰。”

光是那个时代的一大主题：既是启蒙运动，思想和信仰自由及地理发现的象征，又于当时的绘画中无所不在，尤其是在弗美尔的优美作品中，随处都表现了光；而且，光也是科学研究的课题，例如斯涅耳的光折射研究，列

卡尔 萨根：宇宙

文虎克发明显微镜及惠更斯本人的光的波动学说，都是对光的研究。⑧上述活动都是相互关联的，且其研究人员也是自由组合。弗美尔居室的特点是到处都有航海用具，墙上挂满地图。显微镜则是客厅内的珍品。列文虎克是弗美尔的财产委托人，也是惠更斯在霍夫维克家中的常客。

列文虎克的显微镜是由布商用来测定布质的放大镜改进而成的。他用显微镜在一滴水中发现了一个微生物世界。他把这些微生物称为“微小动物”，且认为其“精巧玲珑”。惠更斯对设计第一架显微镜做出了许多贡献，并用它发现许多新事物。列文虎克和惠更斯是最早观察到人类精子细胞的人，而这又是理解人类生殖活动的先决条件。为了说明微生物是如何在预先经过高温灭菌的水中的逐渐发展过程，惠更斯认为，微生物小得足以透过空气，并在水中顺利繁殖。因此，他提出了自然繁殖的方案，即在发酵的葡萄液或腐肉中生物也能生长的观点，这种繁殖过程与以前存在的生物完全无关。但是，惠更斯这个正确的观点，直到两个世纪以

卡尔 萨根：宇宙

后的巴斯德时代才得到证明。人们对火星上是否存在生命的研究，可以用不止一种方法追溯到列文虎克以及惠更斯的研究工作上去。这两人也是细菌致病论的鼻祖，因而也是许多现代医学的鼻祖。然而，他们头脑中并没有实用动机，他们只是在一个崇尚技术的社会里做些零修碎补的杂活。

荷兰于 17 世纪初期研制成的显微镜和望远镜，大大有助于人类对微观和宏观世界的观察。只有在此时此地，人们才能开始对原子和银河系的观察。惠更斯喜欢研磨和抛光天文望远镜用的镜片，并制成了一台 5 米长的天文望远镜。仅凭用它做出的发现本身，就足以使他稳坐人类文明史上的一把交椅。他是在埃拉托色尼之后第一个测定另一星球体积的人，是第一个认为金星完全是由云层覆盖的人，是第一个描绘火星表层景象的人（火星表面是一个称为大流沙的黑色的当风大斜面，通过观测火星旋转时这种景象的出现和消失，第一个确定火星和地球差不多一样，自转一圈需 24 小时的人。是他第一个认识到土星周围有许多环，这些环与土

卡尔 萨根：宇宙

星互不接触。⑨另外，他发现了土星的最大卫星——土卫六，而且，正如我们现在知道的，土卫六，也是太阳系的最大卫星——一个大有希望与前途的星球。这些发现的大部分都是在他 20 几岁时完成的。同时，他认为星占学完全是一派胡言乱语。

惠更斯的成就远不止于此。当时，航海上的一个关键问题是测定经度。因纬度易于以星座确定——你向南越远，你看到的南天星座就越多。但是，测经度要求计时精确。一台准确的船上时钟能告诉你离港的时间，太阳和星星的升落可确定船只的当地时间，这二者的差别可用来校正经度。惠更斯发明了摆钟（其原理早就由伽利略发现了）。尽管还不十分完美，但当时已用这种钟来确定船只在无边海洋中的位置。他的发明大大提高了天文学和其他科学观测的准确性，而且促进了航海用钟的日臻完善。他发明了至今仍用在某些手表中的螺旋形平衡弹簧。他对力学，例如对计算离心力，以及通过研究掷骰子对概率论等进行研究，都做出了重大贡献。他改进的气泵在后来引起了采

卡尔 萨根：宇宙

矿业的一场革命。他改进的“神灯”，是幻灯机的始祖。他还发明了一种称为“火药机”的东西，这对蒸汽机的研制大有影响。

惠更斯 1659 年出版的《土星星系》的详细插图。图中，惠更斯正确地说明，随着地球和土星几何关系的变化，土星环的外形也发生变化。土星进入 B 点时，一旦土星成直立状，其薄如纸张的星环就要消失。土星进入 A 点时，在地球上观察土星的形状最清楚。就是在这一点上，伽利略用极其简陋的望远镜看清这个大行星的形状。

惠更斯感到高兴的是，哥白尼关于地球是绕太阳运行的行星的观点，为荷兰人所广泛接受。他说，除了那些“智力有点迟钝的人，或迷信权威的人”以外，所有的天文学家都肯定哥白尼。中世纪时，信教的哲学家热衷于辩论，因为天体每天绕地球运行一次，所以，天体的范围几乎不可能是无限的，从而也不可能有无数的世界，甚至不可能有许多世界（或者说不可能再有别的世界）。发现地球绕太阳转而不是相反具有重要意义，它说明了地球的独特性及别的星球也

卡尔 萨根：宇宙

存在生命的可能性。哥白尼认为，不仅太阳系，而且整个宇宙都是以太阳为中心的。开普勒也否认各恒星都有自己的行星系，把确有很多或无数其他的天体绕它们自己的太阳运行的观点说明清楚的第一人，似乎是布鲁诺。但其他人认为，根据哥白尼和开普勒的观点立即会产生世界的多元性的看法，而这是令人奇怪的。17 世纪初期，罗伯特·墨尔顿主张，日心说表示了其他星系的众多性，他还认为，这是一种称为归谬法的争论说明了初始条件是错误的。他在一篇曾经看来很有说服力的论文中写道：如果太空是那样大得不可比拟，像哥白尼等伟人说的那样……，那样广阔无垠，充满了无数的星体，那么，为什么我们不能假定……、太空中能见到的那无数星体就是如此众多的太阳。围绕特定的中心，同样有其各自的行星，就像太阳仍有行星绕其运行呢？……既然如此，那就会有无数有生命的世界，为什么不能呢？……诸如此类的专断而大胆的假设、惊人的诡辩，必然会产生影响，如果假定……开普勒……和其他人仍然坚持地球运

卡尔 萨根：宇宙

行的观点。但是，地球确实在运行。如果墨尔顿活到今天，一定也会得出有“无数有生命的世界”的观点。惠更斯也相信这种观点，他欣然表示说：“跨越宇宙之海，星体就是其他的太阳。”惠更斯以为，以太阳系类推，上述星体应该有其各自的星系，而且其中许多星体可能有居民：“假若我们认为这些星体除了无边的荒漠就一无所有……且排除有高级生物的可能，那么我们会贬低它们的美观与尊严，认为它们不如地球，而这是非常不合情理的。”^⑩ 这种见解是在一本不同凡响的书中提出的，该书冠有一个动听的题目：《天体奇观，关于其他行星上的居民、植物及其世界的猜想》。该著作是在惠更斯于 1690 年逝世前不久完成的，它受到许多人，包括沙皇彼得大帝的称赞，他使该书成为在俄国出版的第一部西方科技书。书中大部分是论述星球的特性或环境的。在印制精美的第一版插图中，我们可看到一幅按比例绘制的太阳和巨大的木星、土星图，相对来说，它们太小了，地球只是一个很小的圈。 惠更斯认为，

卡尔 萨根：宇宙

其他星球的环境和居民，大体上与 17 世纪地球上的情况相同。他想象：“行星人”的全身，包括身体的每一部分，都是颇为奇特的，与我们的身体大不相同……。一个有理念的灵魂绝对不会寄居在非人形的身体中，这种见解是极为狭隘可笑的”。他还认为，外星人即使形状古怪，却可能富有才智。甚至根本就不古怪，也像我们一样，有胳膊有腿，能直立行走，也能写字画图。所以他认为木星系的 4 颗伽利略卫星，起着航标的作用。当然，惠更斯只是他那个时代的一个公民。我们谁又不是呢？他把科学当做他的宗教来信仰，因此认为太空中一定有居民，否则，上帝创造那么多星体，就毫无意义了。因为他生活在达尔文之前，他的上述观点自然不符合进化论。但是，他通过观察提出的某些论点，却与现代宇宙观相同：“旅行者”号飞船正是早期的航海探险船和惠更斯科学思辨的后代。“旅行者”号飞船探测的星球，也正是惠更斯早就知道，并且深为迷恋的大千世界。几个世纪前那些远航所带回来的一个重要产品

卡尔 萨根：宇宙

就是旅行者的故事。(11)那是一些关于陌生国度和珍禽异兽的故事，曾引起人们的好奇感，激发了后来的探险。其中讲到擎天的山峰，海中的龙和海怪，纯金的餐具，以臂为鼻的怪兽，嘲笑墨守教义的基督教、天主教、犹太教和回教的教徒们无谓争吵的人，还谈到了能燃烧的黑石头，嘴长在胸部的无头怪人，以及生活在树上的绵羊。这些故事有真有假，有些具有真理的内核却为探险者所误解，所夸张，在流传中走了样。在伏尔泰和斯威夫特的笔下，这些描述在欧洲引起了新的争论，促使人们重新考虑那奇特的世界。现代飞船也带回来许多旅行者的故事。这些故事描述了一个晶体状的世界，描述了一个从南极到北极遍布蛛网状物体的星球，其周围的小卫星状如土豆；这是个拥有地下海洋的世界，又是个状如意大利馅饼，散发着臭鸡蛋味的陆地，拥有充斥融硫的湖泊，火山不断朝空中喷出烟火；这是个叫做木星的行星，在木星面前，地球是如此渺小，以致木星可以容纳得下 1000 个地球。木星的伽利略卫星，也

卡尔 萨根：宇宙

几乎都和水星一样大。我们已能测定出这些卫星的体积和质量，因而可以计算其密度，从而可以推测出它们的内部结构。我们发现，靠里的两颗卫星——木卫一和木卫二，其密度和岩石差不多。外面的两颗卫星——木卫三和木卫四的密度则要小得多，介于岩石和冰块之间。但在这两颗卫星内，却含有放射性物质，这使其周围的物质变热了。这积聚了几十亿年的热量，无法到达卫星的表面，更谈不上向宇宙扩散了，因此，这种热量必定会融化其冰冷的内部物质。在能靠近观察这 4 颗卫星前，我们曾估计，这些卫星的地下海中的水，可能彼此大不相同。“旅行者”号飞船靠近观察的结果，证实了我们的估计是对的。它们彼此确实大不相同，也与我们见过的任何其他世界不同。 “旅行者 2”号飞船再也不能返回地球了。但是，它的惊人的科学发现，这种真正的旅行者的故事，却返回了地球。例如，1979 年 7 月 9 日 8:04（太平洋标准时间），一个以旧欧洲命名的新世界，即欧罗巴卫星（指土卫二）的首批图像传到了地球。

卡尔 萨根：宇宙

飞船远在太阳系之外，如何能使图像传到地球上呢？土卫二绕木星运行时，阳光照射在它的表面上，又反射到宇宙之中，其中一部分光线反射到飞船的电视摄影机镜头上，从而产生了图像。经过飞船上的计算机处理后，图像变成电波，飞越 5 亿公里后，传到地面站的射电望远镜上。在西班牙、加州南部的莫哈韦大沙漠，以及澳大利亚（1979 年 7 月那天早上正是在此地的望远镜正对着木星和木卫二），各有一个这样的地面站。然后，再发送到通信卫星上，由通讯卫星把信息传送到加州南部，尔后，通过一系列微波中继站，最后把信息输送到喷气推进实验室的计算机中处理。图像大致像报纸的传真照片，由大约 100 万个小点组成，每个小点明暗的程度不同，这众多的小点，靠得很近，用肉眼观看离得稍远就无法分辨，只能看到其累积效果。从飞船上传来的信息决定每个小点的明暗程度。经过处理后，这些小点可贮存在磁盘上，与唱片的贮存方式十分相似。一号飞船拍摄的木星系照片，约有 1.8 万张，都被贮存在这种磁盘

卡尔 萨根：宇宙

上，二号飞船拍摄的照片数，也相差无几。经过这一系列加工后，木星系的图像就出现在一张光滑纸上，从而在人类历史上，第一次看到了木卫二的奇观。我们看到的图像是十分令人惊叹的。“旅行者 1”号拍摄了木星的另外三个卫星的精彩的照片，但没有拍到木卫二的照片。这项任务是由 2 号完成的。由于是近距离拍摄的。所以镜头只覆盖了几公里的范围。粗看照片，似乎上面布满运河，正像洛韦尔所想象的赋予火星的运河一样。其实，在木卫二上，根本不存在运河。但我们看到许多扑朔迷离、纵横交错的直线和曲线。它们是隆起的山脊，还是溺沉的河流？它们是如何形成的呢？它们是星球伸缩引起的断裂所产生的吗？与地球的板块结构有联系吗？而且，有什么样的光发射到木星的另外 3 个卫星上去？神奇的现代科学技术，产生了令人难以置信的结果。但是，要真正理出个头绪来还得靠人的大脑。人们分析证明，尽管木卫二上沟渠纵横，但它像弹子球般光滑。没有盆地，也许是其表面冰层融化流动的缘故。照片所

卡尔 萨根：宇宙

示的线条，只不过是这种冰流处的小槽或裂缝，其成因尚有待于进一步研究。

假如“旅行者 1”号和“旅行者 2”号飞船上有宇航员，那么，船长的航行日记上可能这样写：

第 1 天。我们彻底检查过食品以及各种仪器后，终于成功地从卡纳维拉尔角发射场起飞，开始了漫长的宇宙旅行。

第 2 天。摄影机的活动支架发生故障。假如不排除故障，摄影计划将无法完成，科学数据将无法得到。

第 13 天。我们回顾家乡，拍下了第一幅十分清晰的、地球和月亮浑然一体的照片。漂亮的一对。

第 150 天。微型发动机点火，以便修正飞船的轨道。

第 170 天。按计划维护设备。几个月以来，一切顺利。

第 185 天。成功地拍摄了木星的精确照片。

第 207 天。活动架故障被排除，但是，无线电发射主机却出了毛病。我们换上了备用发射机。

假如它也失灵，我们与地球的联系将再次中断。

第 215 天。我们飞越火星轨道。这时，火星正处于太阳的另一侧。

第 295 天。我们进入小行星区。这里有许多

卡尔 萨根：宇宙

翻滚着的大石块，它们是太空的鱼群和礁石，大多数还是陌生的，我们挂上了“小心”的牌子，但愿别碰上它们。

第 475 天。我们安全地钻出小行星区，真是万幸。

第 570 天。我们接近了木星。与地球上最大的望远镜相比，我们看得清楚多了。

第 615 天。木星的瞬息万变、多姿多彩的云层展现在我们面前，使我们眼花缭乱。木星真是巨大无比啊！它比所有其他行星加在一起还要大 2 倍。在这个世界上，没有高山峡谷，也没有火山河流，在球体与空气之间也没有界限，到处只是一片茫茫无边的流动着的稠密气体和云彩，因此也就无所谓木星的表面，木星上的一切都在它的天空中飘动着。

第 630 天。木星上的天气仍然是绚丽壮观的。这个巨大的星球自转一周将近 10 个小时。正是在自转力的作用下，以及在阳光和它自身散发的热量的作用下，在它的周围才形成了蔚为壮观的、飞快飘动着的云彩。

第 640 天。云彩变幻无穷、光辉灿烂。使我们联想起梵高所画的“星空”，以及威廉·布莱克和爱德华·蒙克

卡尔 萨根：宇宙

的作品中所描绘的群星璀璨的夜空。只是他们描绘的景象大为逊色而已，因为所有这些艺术家，都是站在地球上观察夜空的，因而不可能真正描绘出这无比绚丽多彩的星空奇观。

我们靠近木星观察它的云彩带，白色云带是高空云层，也许是氨晶体所组成；褐色云带的云层要深些，温度要高些，因而大气向下流动。蓝色部分则显然是顶端云层中的空洞，通过这些空隙，我们才看见了晴朗的太空。

木星的红褐色云彩的成因还不清楚，也许是磷或硫的化学反应所致，也许是太阳的紫外线照射到甲烷和氨气上，又与木星的大气层中的水汽和有机分子相混合后所产生的彩色云层。假如事实确实如此，那么，地球上的最早的生命就是 40 亿年前木星上的这种化学反应所引起的。

第 647 天。我们进入大红斑（GRS）地区。这是一个巨大的气柱，高出邻近的云彩，其浩瀚宽阔足以容纳半打地球。至于红色，可能是其内部的复杂分子形成的。这是个巨大的风暴区，其历史也许已达百万年之久。

第 650 天。接近木星。充满奇

卡尔 萨根：宇宙

迹的一天。我们只有一件损坏了的光偏振仪导航，却成功地通过了可怕的木星辐射层。接着，又安全地穿越环形区。在这层新发现的木星环形区内，到处是宇宙尘粒和宇宙石，我们却毫无损伤。我们拍摄了神奇的木卫五的照片，这是一颗椭圆形的呈红色的小星球，位于辐射层的深处。还拍摄了五彩缤纷的木卫一和木卫二的线条，以及木卫三的蛛网特征和木卫四的多环状巨大盆地。然后，我们绕过木卫四，飞经木卫十三——已知的离木星最远的卫星。我们继续朝外飞。第 662 天。飞船中的磁场探测器表明，我们已离开了木星的辐射层。木星的重力，加速了我们飞船的航行。我们终于飞离木星系，重新邀游在太空之中。第 874 天。飞船偏离老人星——用航海术语来说，叫船舵失灵。要在茫茫宇宙之中保持飞船的方向，船舵是至关重要的，否则，我们就会在宇宙大海中迷航。偏离纠正了，飞船偏航的原因，看来是我们的光学传感器错把半人马星座的 α 和 β 星当做了老人星。两年以后，我们将到达下一个港口：土星

卡尔 萨根：宇宙

系。 “旅行者”号飞船发回的所有宇宙故事中，使我最感兴趣的是最靠近木星的四卫一上的发现。在发射“旅行者”之前，我们已经觉得四卫一有些奇怪。尽管我们只能分辨出其表面的几幅照片，但是，我们知道，四卫一是红色的，而且红得耀眼，比火星还红，也许是太阳系中最红的星体。有几年时间，它似乎在发生某种变化，表现在其红外线或雷达的反射特征上。我们还知道，在四卫一运行的轨道上，部分围绕着木星有一圈从四卫一遗落的硫、钠和钾的微粒，遗落原因不明。 当飞船接近这巨大的卫星时，我们发现它的表面五光十色，这种奇特景色，在太阳系的其他星球上是没有的。四卫一与小行星区相邻，因此，照理说，它一定始终受到小行星区散落物的冲击而变得伤痕累累。但事实上，我们却看不到这种被撞击的迹象。那么，在四卫一上，一定发生了某种变化过程，十分有效地擦去了撞击的小坑，或是填平了小坑。这种过程不可能是大气层引起的。因为四卫一的引力很小，其大气大部分都扩散到了太空之

卡尔 萨根：宇宙

中。也不可能是水蚀作用引起的。因为木卫一表面温度很低，根本就没有流动着的水。有几处地方像是火山口，但也很难确认。

林达·莫拉比图，“旅行者”号飞行控制组的一名成员，她是负责保持飞船的正确轨道的，她一直命令一架计算机强化木卫一边缘图像，使其后面的恒星显现出来。使她大为惊讶的是，她竟观察到某种物质，在一片黑暗之中，耀眼地从卫星表面喷射出来。

不久，她就确定了喷出物的位置正好在一个被推测的火山口上。这样，飞船发现了地球外的第一个活火山。在木卫一上，我们已知有 9 个大火山，但喷出的是气体和碎石，至于死火山，则恐怕有几百座，甚至有数千座。

正是这些火山的碎石，填满了卫星被撞击后形成的洞口。这种新的星球奇观，如若伽利略和惠更斯见了，会怎样地赞叹不已啊！

在此之前，斯坦顿·皮尔及其助手，通过计算木卫一卫星内部物质的升降情况（这种升降活动是由邻近的木卫二，以及巨大的木星本身的引力所引起的），也早就预见到了火山的存在。他们发现，木卫

卡尔 萨根：宇宙

一内部的岩石之所以融化，不是由放射活动，而是由这种升降活动所产生的。他们还发现，木卫一内部的大部分物质可能是液体状态。木卫一内部的硫磺，在表面附近融化集中后，在火山的作用下，形成了液态硫地下海。当固态硫加热到大约 115°C 时，就会融化，而且会改变颜色。加热的温度越高，颜色就变得越深。假如融化的硫磺迅速冷却，又会恢复它原来的颜色。我们在木卫一上看到的不同颜色，很像火山口喷出的液态硫：火山顶端的硫呈黑色，温度最高；火山附近形成的河流状态硫，呈红色及桔黄色；遍布在平原部分的硫则呈黄色。木卫一表面的形状几个月改变一次。因此，如同地球上作气象预报一样，也得定期发布木卫一的地形图。未来的木卫一探险者，必须注意这种现象。

飞船发现，木卫一的非常稀薄的大气层主要成分是二氧化硫。但是，这稀薄的大气层，其作用却不小，因为木卫一处于木星的辐射带。辐射带充满了带电粒子，有了这大气层，就可保护木卫一的表面不受损害。每当夜幕降临，木卫一

卡尔 萨根：宇宙

的表面温度就迅速下降，二氧化硫凝固，宛若一片白霜；这时，带电粒子就会乘机而入，危害木卫一的表面。这样，在卫星下过夜很可能是明智的做法。木卫一上火山喷发时，火山喷柱如此巨大，如此深远，以致它的原子可直接进入木星外的太空中。因而围绕木星的、处于木卫一轨道上的微粒环，其来源可能就是这些火山。这无数的微粒，盘旋着逐渐移向木星方向，覆盖了靠里的木卫五，它之所以呈红色，其原因也可能就在这里。木卫一发出的这些物质，历尽坎坷后，汇入到木星的环形系统也不是不可能的。人类要登上木星，是极其难以想象的。当然，从技术上讲，我认为让永久性的大气球悬浮在木星的大气层中，在遥远的未来是可能实现的。正如从木卫一或木卫二近测所看到的那样，这颗巨大的、变幻无穷的星球总是飘浮在空中，其位置一成不变。因为太阳系中几乎所有的卫星，都像月亮对地球那样，总是以其一面朝着行星。对木星系的未来探险者来说，木星将始终是一个令人心驰神往的世界。星际

卡尔 萨根：宇宙

间的气体和尘埃，被太阳系所积聚，大部分其他区域的物质，凡是没有落到太阳上的，都为木星所积聚。如果木星的质量比现在大十几倍，木星的内部物质就会发生热核反应，木星也就会开始发光。宇宙中最大的行星不会发光，实在是一件憾事。尽管如此，其内部温度却非常高，以致它发出的能量比从太阳接收的能量几乎要多 2 倍。从红外光谱的角度来看，完全可以把木星看做一颗恒星。如果木星成为一颗闪亮的恒星，我们今天就会生活在双星系中，在我们的头顶，将有两个太阳同放光辉，夜景将难得一见了。其实，我相信在整个银河系中，在无数的太阳系中，这本来是司空见惯的现象。毫无疑问，这也是自然而又美妙的。

在木星最下部的云层处，其大气层所产生的压力比地球上任何一处的气压都大得多，以致电子从氢原子中被压了出去，形成一种奇特的物质，液态金属氢——一种在地球上的实验室中从未观察到的物理形态，因为它要有必需的压力，这在地球上从未取得（在适当的温度下，金属氢是一种超导体。假

卡尔 萨根：宇宙

如能在地球上制造出来，将会引起电子学上的一场革命）。在木星的内部，其压力大约是地球表面大气压的300万倍，除了呈黑色的金属氢外，几乎没有别的物质。但是，在木星的核心处，由于巨大压力的作用，却可能如同地球一般，充满岩石和铁矿石，永远埋藏于这颗最大的行星深处。

木星内部的液态金属氢中的电流，可能是该行星巨大磁场的源泉（该磁场是太阳系中最大的），也可能是其附近的电子和质子带的源泉。这些带电粒子，从太阳发出，随太阳风运行，被木星的磁场所俘获并加速。相当部分的带电粒子被俘获在木星的云层之上，从一极飞到另一极，在巧遇高空大气层中的分子且脱离辐射带后，它们才会停止这种穿梭般的来回飞驰。木卫一运行的轨道离木星太近了，从而当它穿过辐射带时，会产生带电粒子流，这反过来又会产生巨大的辐射能（这些粒子流又会影响到木卫一表面的喷发过程）。通过计算木卫一的位置，就可能预测木星辐射能的爆发，这比地球上预报天气还要准确得多。

在射电天文学

卡尔 萨根：宇宙

的早期，即在 50 年代，人们就偶然发现，木星是一个辐射源。两位年轻的美国人，伯纳德·伯克和肯尼斯·富兰克林，用最新研制的、在当时十分先进的射电望远镜观察星空。他们想要探测太阳系外的宇宙射线源。结果，他们意外地发现了一种巨大的不为人知的射线源，它既不像是一恒星，也不像是星云，或是星群所发出的。而且，参照遥远的恒星，它还在逐渐移动，移动得比任何遥远的物体都快得多。⁽¹²⁾他们无法解释其原因，有一天，他们走出天文台，抬头望天，用肉眼观察，希望碰巧能发现某些有趣的现象。使他们困惑的是，就在他们发现放射源的地方，他们竟看到了一种格外明亮的光点，他们很快就搞清了，那就是木星。这尽管是一次偶然的发现，但在科学史上却是很有代表性的。

在一号飞船掠过木星前，每当夜幕来临，我总是仰望星空，着见木星在对我眨眼。100 万年以来，我们的先人对此都深为惊叹。而在飞船掠过木星的那天晚上，当我迈步走向宇航局喷气推进试验室，以便研究飞船发回的资料时，我不

卡尔 萨根：宇宙

由得寻思，木星将再也不是从前的样子了，将再也不是夜空中一个普通的亮点了，从此以后它将成为一个被探索过的已知世界了。在千姿百态、优美壮观的宇宙世界中，木星及其卫星可以说是一种小型太阳系，从中我们可受到不少启迪。

与木星相比，土星则小得多，但在构造等诸方面，它们彼此十分相似。土星自转一周，需要 10 小时，在赤道附近，也有一圈彩带，只是不如木星的那样明显。它的磁场和辐射带也比木星的弱，但它的光环却要壮观得多。土星的卫星多达十几个。

在土星卫星中，最有趣的要算土卫六了，它是太阳系中最大的卫星，也是惟一富有大气的卫星，在“旅行者 1”号于 1980 年 11 月飞经土卫六之前，我们对它的认识是十分肤浅的。我们有把握的事情只是知道，在土卫六上存在甲烷，这是最早由柯伊伯发现的。太阳的紫外线把甲烷转变成了比较复杂的碳氢化合物，以及氢气。碳氢化合物，似褐色的有机焦泥一般，覆盖着卫星的表面，这种焦泥有点像地球上生命起源实验中产生的物质。

卡尔 萨根：宇宙

由于土卫六的引力小，质轻的氢气可能向宇宙中迅速扩散，这种剧烈的扩散过程叫做“气喷”，它同时要带走甲烷，以及大气层中的其他物质。但在实际上，由于土卫六的大气压至少与火星的一样大，因此气喷过程看来并未发生。另外，也许是由于在其大气层中存在某种重要的迄今尚未发现的物质——例如说氮——使得大气中的平均分子重量保持很高，从而防止了气喷的发生。或许，气喷一直在发生，只是扩散到宇宙中的气体由卫星内部释放的气体弥补了。

土卫六大部分密度很低，因此它上面必定有大量的水和各种冰，而且其中还可能含有甲烷，这些甲烷是在卫星内部的较大的热力的作用下，以我们还不知道的速率，释放到卫星表面的。

假如用望远镜观察土卫六，我们就会看到一个勉强能辨认的红盘。有些人还说，在盘的上方，还可看到变化无穷的白云——这些白云，很可能是甲烷晶体形成的。但盘的红颜色又是什么形成的呢？大多数研究人员认为，土卫六的这种颜色很可能是复杂有机分子所致。至于其表

面温度，以及大气层的厚度，至今尚无定论。有迹象表明，由于大气层的温室效应，会提高其表面温度。在土卫六的表面及其大气层中含有极其丰富的有机物分子，因此它是太阳系中一颗绝无仅有、十分突出的星球。以往的航天发现意味着“旅行者”号飞船以及其他飞船，对土卫六的探测飞行将使我们对它的认识起到革命性的意义深刻的变化。透过土卫六云层的缺口处，可以看见上星和它的光环，而且在其大气层中处处可见淡黄色的斑点。与地球相比，土星系离太阳要远 10 倍，因此照射到土卫六上的阳光强度只及地球上的百分之一，尽管其温室效应相当大，它表面温度则可能大大低于水的冰点。但是，由于在它的大气层中含有丰富的有机物，加之也有阳光和可能存在的火山热点，土卫六上存在生命的可能性就不能轻易排除。⁽¹³⁾当然，在那种不寻常的环境下，即使存在生命，也无疑与地球上的生命不大相同。不过，土卫六是否存在生命，目前还缺乏有力的证据。在飞船于土卫六表面着陆前，我们不大可能

卡尔 萨根：宇宙

做出定论。要确定土星环上的粒子是什么，就必须靠近观察才行，因为这些粒子很小，是一些方圆只有 1 米左右的雪球和冰块。因为土星环反射阳光的光谱特性与冰反射阳光的光谱特性相似，由此我们知道土星环是由水和冰组成的。为了在宇宙飞船中就近观察这些粒子，我们必须使飞船减速，达到粒子运行的速度。粒子绕土星每小时运行 4.5 万英里，这就是说，飞船也必须绕土星运行，运行速度也必须与粒子相同。只有这样，我们才能看清单个的粒子。

为什么土星的周围只有光环而没有一颗大卫星呢？这是因为，土星光环中的粒子，离土星越近，其运行速度就越快（根据开普勒第三定律，粒子的“下降”速度也就越快）；另外，内部的粒子可以穿越外部的粒子运行（我们已经知道，“穿越方向”总是向左）。尽管整个粒子层的运行速度每秒约有 20 公里，但两个相邻粒子的相对运行速度却很低，一分钟大约只移动几厘米。正是这种相对运动，使粒子不会因相互引力而聚合在一起。而一旦相互靠拢时，也会因运行

卡尔 萨根：宇宙

速度不同而相互拉开。假若光环不是离木星这么近，那么，尽管粒子间的运行速度各异，也会聚集在一起，形成小雪球，最终形成卫星。因此，很可能决非巧合，在土星的光环外，还存在一些大小不同的卫星，其直径从几百公里到土卫六那么大，即近于火星，大小不等。其实，所有这些卫星和行星中的物质，都可能来源于光环中的物质，这些物质凝结积聚的结果，形成了今天的行星和卫星。

像木星一样，土星的磁场能俘获和激化太阳风中的带电粒子。当一带电粒子从一个磁极飞向另一磁极时，它必然要经过土星的赤道面。假如它在途中遇到一光环粒子，该小雪球就会吸收质子和电子。从而使两者的辐射带消失，因为辐射带只存在于粒子环的内部或外部。离木星或土星很近的一颗卫星，也能吞食辐射带中的带电粒子。事实上土星的一颗新卫星，正是这样发现的，一颗先前不为人知的卫星吸收了辐射带中的带电粒子，使辐射带产生了空当，从而“先驱 11”号飞船也意外地发现了这颗卫星。

太阳风把土星轨道远

卡尔 萨根：宇宙

远地抛在后面，进入太阳系外的空间。当“旅行者”号飞船经过天王星，进入海王星和冥王星轨道时，要不是仪器出了故障，肯定会探测到宇宙间的太阳风。这儿是太阳系的终点，离太阳比冥王星离太阳还要远两三倍，星际间的质子和电子的压力比太阳风在此处产生的压力还大。大约在 21 世纪中叶，“旅行者”号飞船将穿过太阳风的终点，进入茫茫的宇宙。但不会进入另一太阳系，而是最终进入银河系，并且将在银河系中漫游若干亿年。那时我们已经进入了更加伟大、更加壮观的航行时代。

①惠更斯（1629～1695 年），荷兰物理学家、天文学家和数学家，1655 年 3 月，用经过改进的望远镜发现了土卫六，由此闻名于世。1655～1656 年发现七星光环。逝世三年后出版了《宇宙论》，书中阐明恒星都是宇宙中的太阳，提出别的行星上也有生物。

②换一种比较方法，我们可以这样说，一粒受精卵从输卵管运动到并植入子宫的时间同“阿波罗 II 号从地球飞抵月球的时间一样长，而“海盗”号航抵火星的时间则

卡尔 萨根：宇宙

同这粒受精卵发育成婴儿的时间一样长。人类正常的寿命长于“旅行者”号飞离冥王星的时间。 ③葡萄

牙航海家麦哲伦的故乡。——校注 ④我们甚至还知

道他们送给朝廷什么样的礼物。他们呈献给皇后的是

“六尊潜水员半身像”，呈献给皇帝的则是“两包肉桂”。 ⑤1979年，罗马教皇保罗二世郑重宣布撤销

346年前“神圣法庭”对伽利略的判决。 ⑥其他人

没有伽利略和开普勒提出日心论假说那样的勇气，就连

居住在宗教教条不太严格的欧洲其他地方的人也是如此。

例如，当时住在荷兰的笛卡尔，在1643年4月的一封信中写道：

“毫无疑问，你已经知道，伽利略最近

受到了教堂法庭的谴责，以及他有关地球运行的观点

被判定为异端邪说。我必须告诉你，在我的论文中说明

的所有观点，包括地球运行的观点，都是如此地相互关

联，从而不难看出，一旦我的任何一个观点有误，我所

用的全部论点便都站不住脚了。我认为，虽然它们是以

十分确切可靠的证据为基础的，但我却无论如何不想对

卡尔 萨根：宇宙

抗教庭的权威而去坚持我的观点。……我想安安静静地过日子，并能继续遵循遁世自好的格言，平安地过我已经开始的生活。”

⑦这种考察传统可以说明下述事实，即直到现在，从每人做出的贡献看，荷兰为著名天文学家提供了极大的方便，其中如柯伊伯，在本世纪 40 和 50 年代，是世界上惟一专职的行星天体物理学家。当时大多数职业天文学家都认为这个课题至少有点不体面，受了洛韦尔学说的极大影响。荣幸的是，我是柯伊伯的学生。

⑧牛顿称赞惠更斯，并认为他是当时“第一流的数学家”，也是过去和现在都极受推崇的古希腊数学传统的最真诚的继承者。牛顿认为，部分地因为阴影有锐边，因此光运行时看来就像一条微粒流。他认为，红光是由最大的粒子组成的，而紫光则是由最小的粒子组成的。但是，惠更斯则认为，光运行时像是真空中传播的一种波，就像海中的海浪波一样，这就是我们要说光的波长、光的频率的原因。光的许多特性，包括衍射性，都能由波动说加以自然解释，惠更斯的光的

卡尔 萨根：宇宙

波动说后来流行了好多年。但在 1905 年，爱因斯坦宣布，光的粒子论能够解释光电效应，即金属经光束辐照时的电子发射现象。现代量子力学把上述两种观点结合在一起。今天，通常都把光在某些情况下的运行当粒子束，而在另外一些情况下的运行看做波。这种波—粒子论也许不容易符合我们的一般见解，但却与实验所显示的光运行的真实情况极其一致。这两者的结合显得有点奇妙和令人不解，把牛顿和惠更斯这两位单身汉称为当代我们对光的特性的理解的父母是适宜的。 ⑨伽利略早

就发现了这些环，但他不知道环为何物组成。从他初期使用的天文望远镜看来，这些环似乎像紧接着土星的两个对称凸块，他不无困惑地说，像两只耳朵。 ⑩另

外一些人也持有相同的观点。开普勒在《宇宙谐和论》中写道：“第谷的有关论点是，茫茫宇宙并非全是不毛之地，而是住满了居民。”浩瀚的宇宙，竟有如此众多的太阳和地球，这种想法多么诱人、多么奇妙啊……，而且，每一个地球上，都是绿草如茵、森林遍地，动物

卡尔 萨根：宇宙

成群，既有大海，也有高山！而考虑到众多的恒星与其间巨大的距离，我们的惊奇与崇敬又将增大多少倍呀！

(11)这类传说是古代人的传统、其中有许多从探险一开始便带有宇宙的主题。例如：15 世纪中国明朝对印度尼西亚、斯里兰卡、印度、阿拉伯和非洲一系列探险就被费信，——参加者之一——在一本进呈御览的图书中描绘为“星槎胜览”。可惜的是，图画都遗失了，但其文字版本还在。 (12)因为光速仍是有限的。详见第八章。

(13)惠更斯在 1655 年发现了土卫六，他认为：“现在，不管是什么人，只要他观察一下这两个（土星和木星）行星系，并把他们同我们这个小得可怜的地球进行一下比较，那他一定会为这两个行星的广阔疆域和众多高尚的随从（指卫星——译注）而大吃一惊。难道他们现在还会强迫自己认为，睿智的造物主把他所有的动物和植物都安置在地球上，造物主也仅仅刻意装饰和打扮地球这个地方，而让其他的星球（尽管他们也会崇奉祭祀造物主）成为荒无人烟的不毛之地吗？难道他们还会认为，所

卡尔 萨根：宇宙

有这些巨大的星体存在的目的仅为了在空中闪烁星光，仅为了让我们少数几个可怜虫观察研究的吗？”由于土星每 30 年围绕太阳转一圈，土星及其卫星上的四季远远长于地球上的四季。因此，对于土星卫星上的假设存在的居民，惠更斯写道：“土星卫星的冬季如此漫长，他们的生活方式绝对不可能和我们的十分相同。”

卡尔 萨根：宇宙

第七章 夜空的脊柱

他们来到空中的一个圆洞……闪耀着像一团火焰。神鸦说，这是一颗星球。 摘自爱斯基摩人创世神话。

我宁愿弄懂一个道理，也不愿做波斯的国王。 德漠

克利特 萨摩斯岛的阿里斯塔恰斯写了一本书，照该书的说法，就会得出这样的结论：宇宙比我们想象的要大得多。他推测说，某些星球和太阳是静止不动的，地球以圆形轨道绕太阳运行，而太阳则处于圆形轨道的中心。他还推测说，太阳附近的上述星球，体积十分巨大，以致地球轨道离这些星球的距离，只及这些星球的半径那么大。 阿基米德《繁星》 假如仔细推敲人

们的神学观点，任何人都一定会承认，“诸神”一词是用来表示他目睹的事物的不可知性。每当他看不出自然界中某种事物的根源，而绞尽脑汁也理不出任何头绪的，他就推出诸神这个词来解决他的难题，结束他的思考……。因此，当他把某种自然现象产生的原因归之于上帝时……，难道不仅仅是用一种阴影来替换自己头脑

卡尔 萨根：宇宙

里的黑暗而已吗？对于上帝的声音，他是习惯于带着敬畏之情去认真聆听的。 迪特里希男爵 《自然

界》，1770 年于伦敦 我的少年时代是在纽约市度过的。

当时我住在布鲁克林区的本森赫斯特街上，我极其熟悉我的左邻右舍，每一幢楼房，每一个鸽棚，每一个前廊后院，每一片空地，每一棵榆树，每一条装饰漂亮的栏杆扶手，每一条运煤斜槽，每一堵玩中国手球的壁墙，上述种种以一座叫做罗佑的斯第尔威尔的砖墙剧场质量最好。我认识许多住在这里的人，例如布鲁诺和迪诺、罗奈德和哈威、桑迪、伯尔尼、丹尼、杰基和米拉。但离我住的地方不远，就在第 86 街靠近铁路的那个汽车声嘈杂的地方，是一个令人奇怪的、我从未涉足的禁地。当时对我来说，那里就像火星一样神秘莫测。 “在

冬天，每天临睡之前，我经常仰望天空，无数的星星，在遥远的高空向我眨眼。它们是些什么呀？每当我想到这个问题，我就会去问大伙伴和大人们，而他们的回答几乎都是“星星就是天上的灯光呗，傻瓜！”星星会发

卡尔 萨根：宇宙

亮，那还用他们说吗？但是，星星仅仅是悬挂在天上的小灯吗？它们到底有什么用处呢？到底是不是和灯光一样的东西呢？面对群星，一股怅然不禁涌上心头。我那些不爱探奇索隐的伙伴们对司空见惯的群星依然有所不知。其中许多问题还得去探索许多更为深刻的答案。

待我够岁数时，我的父母给了我第一张借书证。我记得，图书馆就在第 85 街，对我来说，那是一片陌生的地界。我一踏进图书馆，就急切地向一位女管理员打听星星的事。她递给我一本带有彩色照片的书，满是一些男女电影明星的像片，我嘟嘟囔囔地抱怨着。管理员笑了，当时真让我感到莫明其妙。她又给我找来另一本书，这一次她拿对了。我迫不及待地翻开书，就找有关星星的段落。那本书告诉一些令我非常吃惊的东西，告诉我一个伟大的想法。书上说，星星都是太阳，不过是远离我们的太阳。太阳也是一颗星星，只是离我们很近的一颗星星罢了。

试想，我们抓住太阳，把它推移到遥远的地方，推移到只剩下一个闪烁不定的小亮点的地方，那

卡尔 萨根：宇宙

究竟要把它推移多远呢？对角度大小的概念，我一无所知，对计算光速传播的平方反比定律更是一窍不通。而且，我压根儿就没有机会去计算从地球到星星的距离。如果说星星就是许许多多的太阳，那我当然知道，它们的距离一定比第 85 条街，比曼哈顿，也许比新泽西州距离我们还要远。它们实际上何止我想象的那么远呢。宇宙宏大无比，远非我当时所能想象的。不久，我了解到另一个令人吃惊的事实：地球——自然也包括布鲁克林区——是一颗行星，而且是一颗围绕太阳运转的行星。还有好多别的行星，也是围绕太阳运行的，有的远离太阳，有的靠近太阳。这些行星与太阳不同，自己不会发光，只是反射太阳光。假如从远处观察，那么，在耀眼的阳光下，这些行星，其中包括地球，只是若明若暗的小点。于是我就想，其他的星星，一定也有行星，这是一些我们尚未测知的行星。在这些行星上，一定也有生命，（为什么不能有呢？）这些行星上的生命形式，也许与我们所了解的布鲁克林区的生命迥然不同。从此，

卡尔 萨根：宇宙

我决定当一名天文学家，去研究星星和行星，如有可能，就去亲自拜访它们。使我深感幸运的是，对我的这种异想天开，双亲大人和老师们都十分赞赏。尤其幸运的是，我生活的时代是历史上人类第一次进入太空旅行，对宇宙进行深入探索的时代。假如我先于这个时代出生，那么，不论我的抱负多大，我也不可能认识星星和行星到底是什么，也不可能懂得宇宙间居然还有其他众多的太阳和地球以外的宏大世界。对宇宙间这许多奥秘的认识是经过我们前辈百万年以来耐心观察和勇敢探索才从大自然中获得的。星星到底是什么呢？提出这样的问题如同婴儿的笑容一样自然，人类一直提出这样的问题，同前人所不同的是，我们这个时代终于获得了部分答案。书籍和图书馆为我们发现这些答案提供了方便的手段。在生物学中有一种虽不完美但却有很强适应性的原理，叫做重演。这种原理认为，从人类自身的胚胎发育过程中，我们可以回顾人类的进化史。我认为，这种重演性也会体现在人类智力发展的过程中。我们常常不

卡尔 萨根：宇宙

自觉地进行追溯人类远祖的思维。想想几千年以前的情形吧，那时既谈不上科学，也没有图书馆，但当时人类对社会和性别方面的问题也像现在这样精明，这样好奇，这样涉足其中。不过那时并没有科学实验，也没有发明创造，人类这个生物种尚处于童年期。当人类首次发现火时，他们的生活是什么样子呢？我们的祖先，那时是怎样看待星星的呢？有时，我不由浮想联翩，我设想他们当中大概有一个人是这样想的：

我们吃浆果草根、坚果和树叶，也吃死亡的动物。这些动物有些是我们找到的，有些是我们杀死的。我们知道哪些东西能吃，哪些东西不能吃。假如我们吃了某种东西而倒毙，那是因吃了这些食物而受到惩罚，我们并不想做坏事，但毛地黄或者毒芹会毒死你。我们热爱子女和朋友，我们要警告他们，别去吃这种有毒的东西。当我们去打猎时，我们也可能送命，被兽角顶死，被群兽踩死或吃掉。野兽的行为对我们来说意味着生与死，它们的习性如何，足迹怎样，何时交配，何时产仔，何时出游，对这一切

卡尔 萨根：宇宙

我们都必须了解。并把这些知识传给我们的儿女，我们的儿女再传给他们的儿女。我们靠猎物为生。我们追逐它们，特别在冬天，没有什么植物好吃时更是如此。我们是流动的猎手和死兽收集者，我们称自己是狩猎族。我们大多数人就睡在露天，或睡在树下，或睡在树杈间。我们穿兽皮保暖和遮羞，有时也用兽皮做吊床，兽皮披于身上，我们感受到野兽的威力。我们与羚羊赛跑，与小熊搏斗。我们与野兽结下了不解之缘，我们追逐它们，吃掉它们，它们也追逐我们，吃掉我们，我们彼此相依为命。我们学会了制作工具，因而存活下来了。我们当中有些人在找石、凿石和磨石方面是行家。我们用兽筋把石头绑在木棍上，做成斧头。用这样的石斧，我们可以砍树猎兽。我们把一些磨尖的石头绑在长棍上做成长矛。如果我们小心翼翼，怕不作声，有时可以接近猛兽，用石矛刺死它们。兽肉发臭了，有时我们饿了，就不去注意它的臭味；有时就加上些野菜，以冲淡臭味。不会发臭的食物，我们就用兽皮或大树叶或大坚

卡尔 萨根：宇宙

果的壳把它包起来留着。把一些食物留起来带着是明智的。假如我们过早地把肉吃了，有些人以后就会挨饿。因此我们应该互相帮助。由于这个原因以及其他许多原因，我们制定了规则，每一个人都必须遵守规则。我们总是有规则，规则是神圣的。

有一天暴风雨来了，电闪雷鸣，大雨倾盆。孩子们都害怕暴风雨，我自己有时也觉得害怕。我们不知道暴风雨的秘密。雷声深沉震耳，闪电又快又亮，这使我们觉得，也许是某个强大有力的人发怒了。我认为，一定是天上的什么人在发怒。雷雨过后，在附近的森林中，发出了劈里啪啦的响声。我们跑去一看，原来是一种散发热气的东西，闪耀着黄色或红色的亮光。这种东西我们从未见过。现在，我们称它为“火焰”。火焰发出一种特殊的味道。从某种意义上说，火焰是活的，它会吞食物。如果你让它吃，它能吃掉植物和树枝，甚至整棵大树。它是有力的，但它不够精明，一旦食物吃完了，它也就死了。而且，假如一路上找不到食物，它也不会从这一棵树跃过不远的距

卡尔 萨根：宇宙

离去吃另一棵树。没有食物，它寸步难行。但只要有足够的食物，它就会长大，而且会生下许多火焰孩子。我们当中有一个伙伴，产生了勇敢的想法：去抓住一个火焰，给它一些东西吃，和它交朋友。我们弄来一些木质坚硬的长树条，火焰毫不客气地吃起来，不过吃得很慢。这样，我们就可以拿着没有火的一端而把火焰带走。手里拿着小火焰，如果我们很快地跑起来，它就会死去，它们的孩子太娇嫩了。我们没有跑，我们轻轻地走，好心地喊着：“别死呀。”其他狩猎族的人惊奇地看着我们做这件事。从此以后，我们就一直带着火焰，并不断地喂它，以免它饿死^①。火焰是一种奇迹，也对我们帮助不小；它很可能是一位强有力的人送给我们的礼物。这个人是不是就是暴风雨中发怒的那同一个人呢？在寒冷的夜晚，火焰给我们温暖，给我们光明。在新月之夜，点点火光戳破茫茫黑夜。如今在夜间，我们也能明天的打猎准备石矛了。晚间，要是我们还不累，我们也能在黑夜中互相看得见并且交谈了。使我们格外高

卡尔 萨根：宇宙

兴的是，火焰使猛兽不敢靠近。过去，在深夜熟睡之时，我们常受猛兽之害，甚至小动物，如鬣狗和狼，也可能吃掉我们的伙伴。如今有了火，情况就大大不同了。火焰使它们不敢靠近，而只是在夜幕下无望地徘徊，嚎叫着，眼睛在火焰前闪亮闪亮的。它们害怕火焰，但我们不怕火焰。因为火焰是我们的朋友，我们照顾火焰，火焰也就照顾我们。

天空是重要的。天空覆盖我们，还会对我们说话。在我们发现火以前，每当黑夜来临时，我们常常躺在地上，仰望天空，注视着天上无数的亮点。有时一，许多亮点会走到一起，在天空中形成一幅图画。我们中有一个人的眼力比旁人好些。她就教大家认识空中的图画及各个图画的名字。我们常常围坐在一起，聊到深夜，编织着星空图画的故事，如狮呀，狗呀，熊呀，猎人呀和其他更为奇怪的事情。这些天上的图画是不是就是发怒时制造暴风雨的那强有力的巨人的形象呢？

天上总是没有什么变化。年复一年，星图一成不变。月亮呢，阴晴圆缺，周而复始。月相变化时，女人们就会

卡尔 萨根：宇宙

流血。有些部落规定，在月亮消长的某些日子禁止性交。

有些部落在鹿骨上刻下月亮缺而复圆的天数，或是女人

流血的间隔天数。这样，人们就会预先算出时间，遵守

规则。规则是神圣不可侵犯的。 星星远在天边。我

们爬上一座山顶或是一棵大树时，并不觉得它们离得近

些。云彩飘来，挡住我们观看星星。星星一定是躲到云

层后面了。当月亮慢慢往前走动时，会从星星的面前走

过。但过后一段，星星仍然安然无恙，月亮并没有吃掉

星星。星星一定是在月亮的后面，它们在眨眼。星星是

一种奇怪的、寒冷的、清白的、远离我们的光。许许多

多这样的光，遍布苍穹，但只有在晚上才看得见。我不

明白，星星到底是什么呢？ 我们找到了火以后，有

一天我坐在篝火旁遐想星星，一个念头逐渐产生：星星

就是火焰。然后我又想到，星星是其他的猎人在夜晚点

燃的篝火。星星没有篝火亮，因此，星星一定是离我们

很远很远地方的篝火。但我这么一说，附近的人立即问

我，“天上怎么会有香火呢？篝火堆和它周围的猎人，

卡尔 萨根：宇宙

为什么不会落到我们面前呢？为什么那些陌生的部落人，不会从天上掉下来呢？ 他们问得好。这些问题

困扰着我。有时，我觉得天空像半个大蛋壳，或是半个大坚果壳。我想，远在天际的那些人，正在往下看我们呢（可是对他们来说，都好像是在往上看）。他们会说，我们呆在他们的天上，他们也弄不清楚，我们为什么不掉到他们的地上去。我的这个想法，你们理解吗？但我的伙伴说，“上是上。下是下呀！”这个回答同样很在理。

有位伙伴的想法不同。他认为，夜空是一大块扔到天上去的黑色的兽皮。兽皮上有很多洞孔。透过洞孔，我们才看到了天上的篝火。他认为并不是我们看到星星的地方才有篝火。他想，篝火布满整个天空，只是被兽皮挡住了，在有洞的地方，我们才看得见。 有些星星能够走动，就好像我们追逐的动物，也像我们自己会走动一样。不过，星星走得很慢，只有细心地连续观看几个月，你才会发现它们走动了。会走动的星星，只有 5 颗，和一只手上的手指一样多。它们在群星间缓

卡尔 萨根：宇宙

慢地移动。假如认为天上的星星是等火的想法是对的，那么，这些星星必定是天上的猎人举着火把在移动。但是我不明白，能移动的星星怎么会是兽皮上的洞孔呢。假如在兽皮上钻个洞，洞也不会动呀，洞毕竟是洞。此外，假如天上满是火焰，我也觉得不妙，万一兽皮掉了下来，到处火龙飞舞，夜空就会大刺眼了。我想，烈焰腾腾的天空会把我们都吃掉。看来，天上有两种强有力的巨人，一种好，另一种坏。坏人想用火来吞食我们，好人则用兽皮挡住火。我们必须以某种方式，向好人感恩才对。我不知道，天上的星星是篝火还是兽皮上的洞孔，透过这些洞孔我们看到了火光。我拿不定主意。有时，我觉得是篝火，有时，又觉得是兽皮上的洞孔。有一次，我猜想天上既没有篝火，也没有兽皮洞，而是些别的什么东西，但这对我来说太难理解了。把脖子枕在木头上，头向后仰，这时你就只能看到天空，看不到山岗，看不到树林，看不到猎人，也看不到篝火，只看到天空。有时我觉得我可以就这样跌入天空。如果说

卡尔 萨根：宇宙

星星是篝火，我倒乐意去拜访那些升起篝火到处游动的猎人。这时我觉得跌入天空真是件美事，但如果说星星是兽皮上的洞孔，我就担心了。这是因为，我不想跌进洞孔。掉进熊熊烈火中去。到底哪种想法对呢？我

很想弄清楚，我可不想不明不白的。我认为，当时

许多狩猎采集部落的成员对星星并不都有上面的想法。

也许在长久的岁月中，少数人有这样的想法，但绝不是

说所有这些想法都来自一个人。然而，在那些部族里产

生各种复杂的想法并不奇怪。例如，博茨瓦纳卡拉哈里

沙漠中的昆布须曼人，对银河的说法就别具一格。他们

所处的地区，银河常常就在他们的头顶。因此，他们把

银河叫做“夜空的脊柱”，好像说天空是某一种巨兽，

人们就住在巨兽的腹内。他们这种解释使银河可以被理

解，而且非常有用。他们认为，夜空是由银河支撑住的，

要不，夜空就会散架，摔到地上来。这是一种奇妙的想

法。随着岁月的迁移，在大多数人类文化中，这种

天上篝火和银河脊柱的比喻性想法逐渐为别的想法所代

卡尔 萨根：宇宙

替。天上的强有力的巨人被升格为天神。他们有名有姓，有男有女，还有亲戚朋友，各自在天上负有专门的职责。人类所关切的每一件事都由一位神祇主管。神祇们主管着世界。没有他们的参与，便将一事无成。他们一高兴，食物充足，人类幸福。但一旦有什么事情激怒了神祇（有时只是一点点小事），灾难就接踵而至，就会发生干旱、暴雨、战争、地震、火山喷发和瘟疫。神祇是要享受香火的。于是，为了让他们不发大怒，庞大的祭司和神使队伍便应运而生。但是神祇的心意难测，凡人很难知道他们的好恶。因而，大千世界神秘莫测，难以理解。

爱琴海中萨摩斯岛上的赫拉天后庙现在仅有很少一点遗迹。这个庙是古代的一大奇迹，是一座供奉天后赫拉的大庙宇。赫拉最早是司天女神，她是萨摩斯岛的守护神，其作用同雅典城的智慧女神雅典娜一样。后来，赫拉与奥林匹斯山众神之父宙斯结了婚。远古的故事说，他们的蜜月就是在萨摩斯岛上度过的。在希腊神话中，夜空中那光芒四射的光带，是赫拉乳房横空喷射的乳汁。西

卡尔 萨根：宇宙

方人把银河叫做奶汁路（Milky Way），其来源正在于此。

也许，这在原初就表示大地靠苍天滋养，如果是这样，这种含义早已在几千年前便被忘却了。 我们差不多

所有人的祖先对于存在的危险都编出了故事，把危险说成是由不可预知的，或者是愤怒的神祇造成的。长期以来，幼儿刚一懂事，就受到了宗教解释的全面包围。例如在古希腊的荷马时代，无论什么都有神祇掌管，有天神、地神、雷神、海神和地狱之神，还有火神、爱神、时间之神和战神等等；就是每一棵树，每一块草坪，都有其森林女神，或是侍奉女神。 几千年来，人类一

直受到一种概念的抑制（正如至今还有一些人受到这种概念的抑制一样），即一个大木偶是由神祇牵线活动的，这些神祇，人们看不见摸不着，具有不可思议的神力。

大约 2500 年前，在爱奥尼亚②，在东爱琴海繁忙的岛屿和港湾中发展起来的萨摩斯岛及其邻近的希腊殖民地，出现了光辉灿烂的觉醒。他们中有人突然认为，世上的万事万物，都是原子组成的。人也好，动物也罢，都是

卡尔 萨根：宇宙

由较为简单的形态组成的。至于疾病，也不是恶魔或是神抵引起的；地球只是一个围绕太阳运行的行星，天上的星星，则是离我们非常遥远的星体。

这个革命，

使人们对宇宙的认识脱离了混沌时期。古希腊人认为，第一个生命是“混沌”，这一说法同圣经《创世纪》上的“无形”是同一种看法。“混沌”后来与一位叫“夜晚”的女神结了婚，天上的神仙，世上的人，都是由他俩繁衍下来的。从浑沌中开辟出天地，这同希腊人认为的不可预知的自然界是由变幻莫测的众神统治的想法是完全一致的。这种神话一直延续到公元前 6 世纪，爱奥尼亚产生了一个新概念，一种关于人类的伟大概念。古爱奥尼亚人认为，世界是可知的，因为它展现了一种内在秩序：自然界运行有序，揭示了自然界的秘密，自然界并不是完全不可预知的，因为自然界存在着甚至她本身也无法违背的规律。自然界运行极其有序，这一特征即称为宇宙。

但是，为什么这种认识会产生于爱奥尼亚，为什么会产生于东地中海上的这些默默无闻的田

卡尔 萨根：宇宙

园牧歌式的偏僻岛屿上呢？为什么不会产生于印度、埃及。巴比伦、中国或中美洲的大城市呢？中国在天文方面的优秀传统有几千年之久，中国发明了造纸及印刷术、火箭、指南针、丝绸、陶瓷，还有闻名的远洋船队。在这样文明的国度里，怎么就没有这种认识呢？有些历史学家认为，那是因为这个国家过分因循守旧，而不愿采纳新生事物的缘故。那么，相当富足、数学发达的印度，为何也没有这种认识呢？有些历史学家又说，那是因为这个国家迷信盛行，人们相信因果报应、生死轮回的说法，他们认为，世上的一切都是无穷的轮回再现，本质上不会有任何新的东西。为什么玛雅人和阿兹台克人也没有这样的认识呢？要知道他们和其他族的印第安人一样深深地迷恋于天文学，而且在这方面也极有造诣啊！历史学家认为，玛雅人和阿兹台克人在机械发明方面缺乏热情又缺乏才能，他们除了孩子们的玩具外，甚至连车轮都没有发明出来。我们再来看看爱奥尼亚人，他们有几大优势。爱奥尼亚是个岛国，基本上与外界隔

卡尔 萨根：宇宙

绝，各个岛屿之间风俗习惯常常不同，政治制度也千差万别，没有什么集权统治能使各岛屿的习俗和文化统一起来，这就为思想的自由驰骋敞开了大门。和别的国家不同，爱奥尼亚在政治上没有必要提倡迷信。不同于其他国家，爱奥尼亚并非处于世界文化的中心，其文化尚处于十字路口，进退未定。腓尼基语的字母首先在爱奥尼亚演变的希腊文拼法使文化的普及成为可能，识字断文不再垄断于僧侣和抄写员，各种各样的思想产生了，为人们提供了思考和辩论的内容。政权掌握在商人手中，商人们为了自身的利益，积极提倡新技术。爱奥尼亚位于地中海东部，这是亚非欧的文明，其中包括伟大的埃及和美索不达米亚文化交汇的地方。各种各样的偏见、语言、思想和神祇都在这个地方进行激烈竞争。当几位不同的神祇都争着要霸占同一块土地时，人们会有什么想法呢？古代巴比伦的主神玛杜克和希腊的主神宙斯都被认为是天上的主人和众神之神。这样，人们就会想到玛杜克和宙斯实际上是同一个神。而且他们还会想到，

卡尔 萨根：宇宙

由于他们神的属性相当不同，其中必有一个神是祭司们创造出来的。如果有一个神是祭司创造的，为什么不可能这两个神都是祭司们创造的呢？

正是在这种条件下，伟大思想产生了，也必定有一种抛开神祇理论认识世界的方法。这种思想还认为，自然界可能存在自然法规、自然规律和自然力，由此出发，人们就不难理解世界上的一切了，无需把每一只麻雀的跌落都归因于宙斯的干预了。

我认为，中国、印度和中美洲只要再有些时间，也会产生这种科学的想法。科学文化的发展，总是不平衡的，步伐也是不一致的。各个国家和民族的起点都不一样，发展速度也不尽相同。科学的世界观发展得如此之好，解释了如此之多的事物，而又同人类头脑里最先进的成分配合得如此和谐，因此，我认为，世界上所有民族文明的发展，按其本身的意志都必将导致科学的昌明，其区别只不过有早有晚罢了。而爱奥尼亚恰好是最早萌发科学的国度。

公元前 600~400 年之间，人类的认识史上发生了上述伟大的变革。促使变

卡尔 萨根：宇宙

革的关键是人们的双手。一些著名的爱奥尼亚思想家都是船员、农夫和织工的儿子。他们与其他民族的教士和文人不同，爱好劳作，习于探索，而后者则好逸恶劳。这些思想家反对迷信，因而创造了许多奇迹。在这方面，我们现在仅能找到零碎的和间接的记录。对他们当时所使用的隐喻，我们现在可能感到晦涩难懂。此后的几个世纪内，几乎可以肯定地说，有人有意识地压制了进一步的探索研究。这场革命中的领袖是具有希腊名字的人物，其中大部分人我们都不熟悉。但是，他们却是人类文明史和人类发展史的真正开拓者。

第一位爱奥尼亚科学家是米利都城的泰勒斯，这个城市位于亚洲，与萨摩斯岛隔一条狭小的航道相望。泰勒斯游历了埃及，精通巴比伦文化。据说，他预测了一次日食。他还懂得根据金字塔的影长和太阳与地平线的夹角来测量塔高的方法，这与我们今天测定月亮环形山的方法相同。他早于欧几里得 300 年，论证了不少几何定理，例如，他推论了等腰三角形底角相等。显然，从泰勒斯到欧几里得，

卡尔 萨根：宇宙

再到牛顿于 1663 年在斯托尔布里奇市场购买《几何原理》一书，他们在科学上的努力是一脉相承的，他们的贡献奠定了现代科学技术的基础。泰勒斯竭力不求助于神来理解世界。像巴比伦人一样，他也相信世界上曾是一片汪洋。为了解释陆地的来由，巴比伦人认为，他们的主神玛杜克在水面上丢下了一张席子，然后在席子上堆上泥土，形成了陆地③。泰勒斯也有类似的观点，但并没有巴比伦人的迷信成分，正如本杰明·法林顿所指出的：“让玛杜克滚开！”他认为，地球上确曾到处是水，由于一种自然过程，海中才慢慢冒出了陆地，他觉得这与尼罗河三角洲的淤积过程是近似的。的确，他认为水是万物之本原，正如我们今天宣称电子、质子和中子或者夸克是一切物质的基本粒子一样。他的见解正确与否尚在其次，重要的是，他说明了世界不是由上帝创造的，而是自然界各种物质的力量相互作用的结果。泰勒斯从巴比伦和埃及带回了新兴的天文学和几何学的种子，在爱奥尼亚的沃土中，它们当然要发芽、开花和结

卡尔 萨根：宇宙

果。 泰勒斯的私人生活情况鲜为人知，亚里士多德在他的著作《政治学》中讲了一些有关的轶事： 有一则故事说，泰勒斯穷困潦倒，人们为此指责他，并且认为这也说明自然科学毫无用处。可是泰勒斯“上知天文”，在冬天，他就预知第二年橄榄一定大丰收。于是他倾其所有，把基奥斯城和米利都城的所有的榨橄榄油机都低价预租了下来。第二年收获季节到了，大家都需要榨橄榄油机，他就随心所欲地开始出租，从而果真发了大财。他以此向世人说明，只要学者们愿意，是能够轻易致富的。不过，他们的心思和志向在别的事情上。泰勒斯还是一位著名的政治家。他成功地促使米利都人反抗里底亚国王克里萨斯的并吞，但在游说爱奥尼亚各岛国，为了反对里底亚的并吞而成立联邦这件事上，却未能成功。 米利都的阿那克西曼德是泰勒斯的朋友和同事，我们都知道，他是最早做实验来进行论证的人之一。他竖起一根棍子，通过观察移动的棍影，准确地确定了一年及四季的时间。许多年来，人们只知道用棍

卡尔 萨根：宇宙

子来打架争斗，而阿那克西曼德却用它来测量时间。他也是制作日晷，绘制已知世界的地图和有星座图形的天球仪的第一个希腊人。不过，他认为，太阳、月亮和其他星球，都是透过苍穹中移动的洞孔看到的火球，这也许是一种较为古老的想法。他的另一个与众不同的观点是，地球不是悬在天空中，也不是由天空支撑的，而是凭自身的力量，处于宇宙的中心，因为在“天球”中，地球到其他星球的距离都是相同的，没有什么力量能使地球移动。

他认为，幼婴什么也不会办，因此，假如人类第一次出现的幼儿是自己来到世界上的，他们肯定立即死亡。由此出发，阿那克西曼德得出结论，人类是由那些幼兽生活能力强的动物变来的。他认为生物都是同时在沼泽中出现的，最早的动物是浑身披有荆棘的鱼类。这些鱼的某些后代后来离开了水，转向了陆地，在陆地上，它们逐渐进化演变成了另一种动物。他还认为，宇宙中存在着无数种世界，每个世界都有生命居住，所有的物质都处于分解和再生的循环中。圣奥古斯丁对

卡尔 萨根：宇宙

此痛惜地说：“他把各种各样无休止活动的原因归结为上帝的程度并不比泰勒斯高。” 大约在公元前 540

年，萨摩斯岛国出了一个专制君主，名叫波利克拉特斯。

据说他发迹于饭馆老板，终而成为国际性海盗。他迫害本国人，也不停地向邻国发动战争，但他却又是艺术、

科学和技术的慷慨保护者。为了防备邻国报复，他在京城周围建造了 6 公里长的高大宽厚的城墙，其遗迹保存至今。

为了穿越堡垒取用远山的一处泉水，他命令挖一条 2 公里长的穿山隧洞。隧洞从山的两侧同时开挖，挖

通时几乎分毫不差。这项工程用了约 15 年的时间才完成。

它表明爱奥尼亚人在当时已有高超的工程实践能力。但

是这项工程还有另一面更阴暗的部分：该工程部分是由拴上铁链的奴隶们修成的，许多奴隶都是波利克拉斯特的

海盗船俘获的。西奥多勒斯也是这个时代的人，

他是当时希腊的大工程师。他著名的发明有钥匙、尺子、

木匠的短尺、水平仪、车床、铸铜和供暖设备。怎么没

有为这个人建纪念碑呢？所有幻想和思索自然规律的人

卡尔 萨根：宇宙

都同工艺技术人员商谈，那时的理论和、实践浑然一体。大约在这同一时代，附近科斯岛上的希波克拉底正在创立他的著名学派，但由于他的渎神言词，现在人们已不大记得他的医学传统了。那是根据当时的物理和化学研究成果④建立起的一个实用而有效的医学学派，但其自身也有理论贡献。在《论古代医学》一书中，希波克拉底写道：“人们仅仅因为自己不了解羊癫疯的发病原因，便认为这种疾病是神授的。假如人们对于不明白的事都说成是神授的，那么，就会有没完没了的神授的事情了。”

随着时日的迁移，爱奥尼亚的文化影响和实验方法逐渐传播到希腊大陆，传播到意大利和西西里。曾经有过一个时期，人们差不多都不相信空气的存在。人们当然会呼吸，但人们都认为，风是天神的呼吸造成的。谁也没有想到，空气是一种看不见的稳态物质。据载，公元前 450 年左右，著名的物理学家恩培多克勒第一次进行了空气实验，⑤有些记载说他自奉为神明。但这可能是由于他绝顶聪明，因此其他人奉其为神。他认

卡尔 萨根：宇宙

为，光的传播速度十分神速，但并非无限地快。他还认为，地球上生物的种类，原先要多得多，但其中许多种类“想必不能繁衍生存下去而消失了。因为原先存在过的每一种生物，自其产生之初，都有赖于生活技能，或勇猛程度，或奔跑速度，以保护自身、繁衍后代”。恩培多克勒对于生物适应环境的解释，与阿那克西曼德和德漠克利特一样，鲜明地预见了达尔文关于生物进化自然选择的伟大思想的某些内容。恩培多克勒的实验

器具非常普通，就是人们在日常生活中已使用了几百年的漏壶。那是一个铜制的球形物，漏壶的颈部有一开口，底部有一些小洞眼，装水时将壶浸入水中。装满水后如果不按住颈口把壶提出水面，壶中的水就会从底部的小洞喷洒出来。但是，假如用拇指按住颈口，把壶提出水面，不松开拇指，壶中的水就不会流出来。如果堵住颈口，则把壶浸入水中也装不进水。由此看来，一定有某种物质防止了水的进入。人们看不见这种物质，这种物质是什么呢？恩培多克勒认为，这只能是空气。我们看

卡尔 萨根：宇宙

不见的这种物质，能够产生压力，正是这种压力，在我们用手按住颈口时，使水灌不进漏壶。恩培多克勒发现了这种看不见的物质。他还认为，空气之所以看不见，是因为它是一种极其微小的物质。据说，恩培多克勒在一场拜神狂中跳进埃特纳火山口的炽热岩浆升天了。但我却觉得，他不是故意的，而是在一次大无畏的地球物理学开拓性考察时，失足掉进去的。恩培多克勒关于存在有原子的蒙昧认识得到德漠克利特的进一步发挥。他出生在爱奥尼亚的殖民地，位于希腊北部的阿伯德拉，这是一座充满笑料的城市。公元前 430 年，假如有人讲阿伯德拉人的故事，你一定会捧腹大笑。当时的阿伯德拉在某种程度上就像现代纽约的布鲁克林区一样。德漠克利特认为，生活的一切都要享受，都要理解。理解和享受本来就是一回事。他说：“没有欢乐的生活好比是没有旅舍的一条漫长的道路。”德漠克利特极可能来自阿伯德拉，但他决非笨伯。他认为，许多星球都是由宇宙的散落物自然形成的，然后发展、死亡。

卡尔 萨根：宇宙

那时，还没有人想到天体互撞形成的坑穴，但德漠克利特想到星球有时会相撞。他还认为，在黑暗的宇宙中有些星球独来独往，有些星球则伴有好几个太阳和月亮；有些星球上有生命，而有些则没有动物，没有植物，甚至没有水；最简单的生命形式，产生于某种原始沼泽地。他教导说，感觉亦即理性，比如说，我觉得我手上有一支笔，这完全是一种物理和机械过程；思维和感情，则是由极其精细、极其复杂地堆置在一起的物质导致的，而不是神赋予物质以某种精神的结果。德漠克利特发明了“原子”这一词，在希腊语中，这个词的意思是“不可分割的”。他认为，原子是最小的粒子，永远不可能再往下分割。万事万物，包括人类本身，都是由原子错综复杂地组合成的。他说：“世上存在的只有原子和虚空。”德漠克利特说，当我们切苹果时，刀子无疑要从原子间的空隙通过。假如没有这种空隙，就是说没有虚空，刀子就会碰上无法穿透的原子，苹果也就无从切开了。比如说，切开一个锥体，然后比较这两个

卡尔 萨根：宇宙

切开的剖面，它们的截面积会相等吗？德漠克利特认为不会相等。锥体上的斜面使一个剖面的截面积稍小于另一个剖面的截面积。假如二者相等，那就不是锥体，而是圆柱体了。不管刀多么锋利，这两个剖面的截面积都不会相等。为什么呢？因为在极小的尺度上，物质表现出某种不可刨光的粗糙度。德漠克利特把这种小尺度的粗糙度，比之于原子世界。当然，他的观点不同于我们今天的看法，但是却是十分机敏高明的，体现了他对日常生活的精细观察。从本质上来说，他的结论也是正确的。

在和上述同样的活动中，德漠克利特还想到过计算锥体或金字塔的体积，方法是把许多极小的金属板堆积成一个锥体。他使用的这种方法，在数学上叫做极限论。他已经在敲微积分的大门了，而微积分则是认识世界的基本工具。从现有文献记载来看，在牛顿之前，事实上尚无人涉足这一领域。如果德漠克利特的研究工作没有受到全面的破坏，那也许在耶稣时代，微积分就已经产生了⑥。

1750 年，托马斯·赖特为德漠克利

卡尔 萨根：宇宙

特早就认为银河主要是由低分辨率的星球组成而赞叹不已。我们可以这样说，远在天文学受益于光学的进展之前，德漠克利特早就通过理智的眼睛，和有史以来较优越时代的最能干的天文学一样，全面深入地观察了无限的空间。确实，德漠克利特的思想，早就飞越过“赫拉的乳汁”，飞越过“夜空的脊柱”了。作为一个人，德漠克利特似乎有点古怪，女人、孩子和性生活使他局促不安。部分原因是因为这些会占用他思索的时间。但他十分珍惜友谊，认为欢愉是生活的目的，并孜孜于从哲学上探索神秘的灵感的源泉和特性。他启程赴雅典，去拜访苏格拉底，结果，竟腼腆得不敢自荐。他也是希波克拉底的挚友。他震惊于物理世界的千姿百态。他认为，在一种民主制度下过贫穷生活，也比在帝王统治下享受所谓幸福好些。他认为，当时盛行的宗教是有害的，既没有不朽的灵魂，也没有不朽的神祇。他所坚信的是：“世上存在的，只有原子和虚空。”德漠克利特是否因此受到宗教迫害，无案可查。不过，应该知道，他是来

卡尔 萨根：宇宙

自阿伯德拉城的。在他所处的时代，容忍非正统观点的短暂传统，已开始崩溃，进而消失了。人们因为具有特殊的见解，已开始受到处罚。如今，在 100 德拉克马的希腊钞票上，印有德漠克利特的头像。但是他的见识受到抑制，他对历史的影响受到贬低，神秘主义者们正开始取得胜利。在爱奥尼亚，还出了一位注重实验的

人，名叫阿那克萨哥拉，住在雅典，公元前 450 年左右，极其闻名。这个人是位巨富，但他对财富漠不关心，却酷爱科学。每当有人问他人生真谛何在时，他总是回答：

“探索太阳，探索月亮，探索天空”，完全是一副地道天文学家腔调。他别出心裁地做了一个实验。实验中，他把一滴白色的液体，例如奶酪液滴入一大瓶深色液体，例如浓酒中。他发现，白色全然不见了。他因此联想到，其中必定发生了某种变化，某种凭感官不能直接察觉的变化。阿那克萨哥拉不如德漠克利特那样激进。但

同样是彻底的唯物主义者，他们不是珍视财产的物质主义者，⑦而是持有只有物质才构成了世界的基础这种观

卡尔 萨根：宇宙

点的唯物主义者。他们的不同点在于，前者相信特殊的精神物质，而不相信原子的存在。他认为，人之所以比其他动物高明，是因为人类有手，这是典型的爱奥尼亚人的观点。

阿那克萨哥拉最早阐明月亮的亮光来自反射，并从而提出了月亮盈亏说。这种理论在当时是一种极其危险的理论，因此手稿只能秘密流传。从地球、月亮和自身发光的太阳的相对位置来解释月相盈亏，或是月食的这种理论，与当时根深蒂固的偏见是极不相容的。过了两代人的时间，亚里士多德自信地提出，月相盈亏和月食是由于月亮本身具有盈亏和食的特性造成的，这种说法，只是在玩弄词藻，其实什么也没有加以说明。

当时盛行的说法是太阳和月亮都是天神，但阿那克萨哥拉则认为，太阳和星星都是燃烧着的石头。我们感觉不到星星的热气，是因为它们离我们太远了。他还认为，月亮上有山脉（这是对的），也有生命（这就说错了）。照他的意见，太阳只是比伯罗奔尼撒半岛大一些，大概有南希腊，即希腊全国的三分之一那么大。

卡尔 萨根：宇宙

他的论敌认为，他这种估计非常荒谬。阿那克萨哥拉是伯里克利带到雅典的，后者是希腊鼎盛时期的领袖人物，同时也是伯罗奔尼撒战争的促发者，而这场战争却毁灭了雅典的民主。伯里克利热衷于政治，也爱好科学，阿那克萨哥拉是他的主要知己之一。有人认为，正是由于阿那克萨哥拉的这种地位，使他对雅典的伟大文明做出了卓越的贡献。但是，伯里克利有其政治困难。他的权势极其显赫，政敌往往难以对他直接攻击，因此政敌们就攻击与他亲近的人。阿那克萨哥拉终于被判罪，遭囚禁，罪名就是对上帝不虔诚。因为他曾讲授月亮是由普通物质组成的，是一个普通的地方，而太阳则是天空中燃烧得发红的石头。1638 年，约翰·威尔金斯大主教对此评论说：“那些狂热的信徒认为，把他们顶礼膜拜的上帝说成石头，是对上帝的极大亵渎。然而，他们却没有注意到，他们崇拜的偶像正是由石头雕刻而成的。”伯里克利为使阿那克萨哥拉获释，使出了浑身解数，但终因为时过晚未能成功。虽然说 200 年之后爱奥

卡尔 萨根：宇宙

尼亚的传统在亚历山大大帝治下的埃及得以继承，但此时希腊的政治浪潮正在转向。在历史著作中，或是在哲学书籍中，通常都把泰勒斯、德漠克利特和阿那克萨哥拉这些大科学家描绘成苏格拉底以前的哲学家，似乎在苏格拉底、柏拉图和亚里士多德降临之前，他们的主要作用只是守住哲学这个摊子而已，或者只是给了苏格拉底他们一点点影响。

其实，古爱奥尼亚人代表的是一种不同凡响的、与当时传统极其相背的传统，这种传统与现代科学极其一致。可惜他们的强大影响只延续了两三百年，这对于生活在爱奥尼亚科学昌明时代与意大利文艺复兴时代之间的人来说，是一种无法弥补的损失。也许，与萨摩斯岛有关的影响力最大的人物，要算公元前 6 世纪的毕达哥拉斯了⑧。按照当地传统，他曾在萨摩斯岛科基斯山上的一个洞穴中住了一段时间。他是世界史上第一个推断出地球是一个球体的人。他这种推断，也许是看到月亮和太阳呈圆形联想出来的，也许是在月食时看到了地球对月亮的圆形投影，或是在他观察船只

卡尔 萨根：宇宙

离开萨摩斯岛时桅杆逐渐消失在海平面而推论出来的。

他本人或者是他的弟子，发现了毕达哥拉斯定理：直角三角形两直角边之平方和等于斜边的平方。毕达哥拉斯并未举例去证明这个定理，而是采用数学演绎法去全面证明它的。现代数学——所有学科的基础，都离不开演绎法，毕达哥拉斯对此做出了不可磨灭的贡献。也正是他，首次使用了“宇宙”这个词，以表示那秩序井然、谐和协调的大千世界。他认为，这个世界应当为人们所了解。许多爱奥尼亚人认为，宇宙间的谐和协调可以通过观测和实验获得，这正是当代科学普遍采用的方法。然而毕达哥拉斯的方法却全然不同。他认为，自然规律可以完全由思维推断出来。因而他和他的弟子们基本上不注重实验。⑨他们是伟大的数学家，同时又是神秘家。伯特兰·罗素尖刻地说：“毕达哥拉斯”创立了一种宗教，其主要教义就是灵魂与肉体处于无限的轮回之中。他的宗教植根于宗教秩序，教义中不时阐明要控制国家，建立起圣洁的戒律。但凡夫俗子总是渴望享受

卡尔 萨根：宇宙

的，自然迟早要违背他的教义了。” 毕达哥拉斯学派专注于数学论证的确立。他们认为数学是一个人类才智可以认识的纯净世界，数学是一个宇宙体。其中直角三角形的边的关系，完全符合简单的数学关系式。数学王国同现实中杂乱无章的平凡世界是绝然不同的。他们觉得，通过数学论证，他们已经窥测到一个完美的实体世界，一个神祇的王国，我们生活的这个世界，只不过是这个神祇王国不完整的投影罢了。在柏拉图关于洞穴的著名寓言中，捆着的囚犯只要看见路人的影子，就相信那是路人本身。他们从来没有想到，只要他们能够转过头来，就不难看清复杂现实的真相。看来，柏拉图，还有后来的基督教，都受到了毕达哥拉斯学派的重大影响。他们都不敢把矛盾的论点摊到桌面上来，而是如同所有正统的宗教一样，实行清规戒律，以防止修正自身的错误。西塞罗就此写道： 毕达哥拉斯学派醉心于正方立体，醉心于各边均为等量正多面体的对称立体。其中最简单的例子就是立方体，立方体的每一个面都是

卡尔 萨根：宇宙

一个正方形。正多边形的数量无穷无尽，但正立方体却只有 5 种（关于这一点的证明，是数学推论的一个著名例子）。出于某些原因，他们对有 12 个 5 角形的、称做 12 边形的多面体，感到特别可怕。这个问题同宇宙神秘地联系在一起，当时人们认为，世界是由土、火、气、水等 4 大元素组成的，毕达哥拉斯学派把这 4 大元素同 4 种正多面体联系起来。毕达哥拉斯学派认为，第 5 种正多面体，一定与某种第 5 类元素有关，这类物质只能来自天上（这就是第 5 元素 quintessence 这个词的由来）。他们不让一般的人知道 12 面体的存在。毕达哥拉斯学派对整数尤为钟爱。在他们看来，一切物体，当然也包括其他数字，都可由整数导出。但到后来，这种信条发生了危机，因为他们发现，2 的平方根（正方形的对角线与边之比）竟是一个无理数，不能由任何两个整数之比（不管这两个整数多大）准确地表达出来。具有讽刺意味的是，他们正是在应用毕达哥拉斯定理时发现这种怪事的。“无理数”这个词，其本意只是说明一个数

卡尔 萨根：宇宙

不能由比值表示。但对于毕达哥拉斯学派来说，却如同洪水猛兽了；因为这个词意味着他们以往的全部观点都是错误的。这种想法从今天的观点来说才真正是“无理的”。对数学上的这种重要发现，他们不敢拿出来公开，而是捂住 2 的平方根和 12 边形的知识，不让外人了解真情⁽¹⁾。即使在今天，仍然有一些科学家反对科学大众化。他们主张神圣的知识只能在信徒间流传，不能让大众了解。

毕达哥拉斯学派认为，球体是“完美无缺的”，因为球面上的任何一点离球心的距离都相等。环形圈因而也是完美的。他们始终认为，星球是在环形轨道上作匀速运动。他们觉得，行星在轨道上运行时不可能时快时慢，非圆形运动是不可能的，它们既然不受地球的影响，也一定是“完美无缺”的。

对毕达哥拉斯学派研究法的褒贬可以从开普勒的毕生研究明显地看出（参见第三章）。毕达哥拉斯学派关于宇宙是不可感知的、神秘而完美的世界这种看法，马上被早期基督教徒接受了，同时成为开普勒早期受教的主要内容。开普勒一方

卡尔 萨根：宇宙

面坚信天地间存在着数学的和谐（他写道：“天体是由和谐的比例装饰起来的。”），从简单的数值关系中，就可以确定星体的运动方式。另一方面，他还追随毕达哥拉斯学派长期坚持认为只有匀速的环形运动才是可以接受的。但是他在观察星体时多次发现，他这种观点解释不了星体运动方式。于是，他又再次观察。与毕达哥拉斯学派的许多学者不同，开普勒信赖实际观测和实验结果。通过对星体运动的仔细的反复观测，他终于抛弃了星球沿环形轨道运行的观点，认识到星体是在作椭圆形运动。毕达哥拉斯的理论既激起了开普勒对行星运行和谐性的探索，又束缚了开普勒，使他的研究推迟了 10 多年。

轻视实践的观念甚嚣尘上，这始于古老的世界。柏拉图极力鼓吹天文学家要去研究天体，但不要浪费时间去观测天体。亚里士多德则认为：“下等人在本质上是奴隶，所有的下等人最好应该由一个主人来统治……，奴隶是主人的生命的组成部分；工匠同主人的关系稍疏于奴隶，工匠只有成为奴隶后才能具备相应的

卡尔 萨根：宇宙

优秀品质。中下等的技工具有不同的特殊奴隶身份。”

普鲁塔克认为：“没有必要遵循这样的原则：倘若一项工艺品制作精美，令人愉悦，其制作者便值得尊重。”

色诺芬的看法是：“人们称为工艺品的一类物品都印有社会的烙印，在我们的都市中当然要受到唾弃。” 出于

上述种种认识，爱奥尼亚的充满前途的光辉的实验方法，被人们束之高阁竟达 2000 年之久。没有实践，则无法在

诸多学说中加以抉择，科学也就无从前进。毕达哥拉斯学派反对实践的观点，至今仍有市场，原因究竟何在，

这不能不使人深思。这种对实验工作的厌恶究竟从何而来？

科学史专家本杰明·法林顿认为，古代科学的衰败，究其原因在于经商的传统。这个传统既导致爱奥尼亚科学的发生，也导致奴隶制经济的产生。拥有奴隶，便铺平了通向金玉满堂、权势显赫的大道。毕达哥拉斯的城堡是由奴隶们建造的。在伯里克利、柏拉图和亚里士多德的时代，雅典拥有大量的奴隶。雅典人津津乐道的民主，其实只适用于少数特权者，奴隶不过当牛做马

卡尔 萨根：宇宙

从事体力劳动而已。由于科学实验也是一种体力劳动，因此奴隶对于科学实验是退避三舍的。但反过来说，又只有奴隶主——有些国家里尊称“绅士”——才有闲暇去搞科学。因此，科学几乎无人问津了。古爱奥尼亚人完全有能力造出某些较为高级的机器，但奴隶制的存在使技术进步缺乏经济动力。因此，在公元前 600 年左右，经商的传统对伟大的爱奥尼亚科学昌明的产生起到重大的作用，而奴隶制却又可能是两个世纪之后科学衰败的原因。这不能不使人啼笑皆非。 类似的现象在全世界比比皆是。1280 年，是中国天文学的鼎盛时期，其代表人物是郭守敬。他以 1500 年来前人的天文观测为基础，改进了天文观测仪器和计算技术。人们普遍认为，自他以后，中国的天文学便江河日下了。内森·西维因认为，至少有一部分原因是“上层人物对科学越来越僵化、墨守陈规，从而使知识界对技术的探索 and 兴趣有减无增，也不愿把科学研究当做行之有效的进身之阶了。”于是，研究天文学的钦天监成为家传因袭的职衔，这种

卡尔 萨根：宇宙

做法同天文学的进展大相径庭。此外，“天文学研究一直为朝廷所垄断，并在很大程度上听任外国技术人员的摆布。”他们主要是听任耶稣会传教士的摆布，他们介绍了欧几里德和哥白尼的学术观点，中国人对这样的学术思想惊讶不已，但当他们检查过耶稣会教士带来书籍后，自然而然地要竭力隐瞒和压制日心说的观点。在印度、玛雅和阿兹台克文明中，科学之婴死于母腹的原因也许与爱奥尼亚文明衰败的原因相同，都与奴隶经济的发展有关。从政治上来看，当代第三世界国家的一个主要问题，就是受教育者都是富裕家庭的子弟，基于这种现状，他们理所当然地不习惯于体力劳动，同时也不会对传统的知识提出挑战，为此，科学难以扎根。 公

公元前 7 世纪至公元 5 世纪之间，爱奥尼亚和其他希腊科学家的大致生卒年表。从表中可以看出希腊科学家的衰落，因为在公元前 1 世纪之后，著名科学家就屈指可数了。

在奴隶制度下，柏拉图和亚里士多德过着优裕舒适的生活。他们为人压迫人的制度辩护，为专制君主

卡尔 萨根：宇宙

服务，宣扬肉体和精神分开的观点（这是一种在奴隶制社会极其自然的观点），他们把物质同意识分割开，把地球同天体拆离开。他们这种分割统一体的思想，在西方思想界占据了 2000 多年之久。信奉“神祇无处不在”的柏拉图，实际上是用奴隶制的比喻联结他的政治思想与宇宙学说。据说，他曾经竭力主张烧毁德漠克利特的所有著作（他也曾主张烧毁荷马的所有著作），原因也许在于德漠克利特不承认灵魂与上帝是永恒的，也许是因为他不承认毕达哥拉斯的神秘主义，或者在于他相信存在无数的星体。据传，德漠克利特撰写了 73 部重要著作，涉及了人类的所有知识，但所有这些著作约已荡然无存。现在我们对德漠克利特的了解，主要来自一鳞半爪的零碎材料，其中主要是记载在伦理学书籍中一些间接的资料。其他古爱奥尼亚科学家的遗著的命运也大批相同。毕达哥拉斯和柏拉图承认世界是可知的，而且认为存在一种支持自然界的数学规律。他们这两种认识大大推动了科学的发展。但另一方面，他们压制和掩

卡尔 萨根：宇宙

盖己所不欲的科学发现，主张科学研究应仅限制在少数几个出类拔萃者的圈子内，而且，他们鄙视实验，追求神秘主义，为奴隶制辩护，这些则对人类进步造成了很大损害。在长期神秘地埋没后，部分原因是由于亚历山大图书馆的学者们的传播，爱奥尼亚人开创的事业毕竟还是复苏了。西方世界又苏醒了。注重实验及公开探讨的气氛再次得到尊重。无人问津的书籍及其零星散落的著作再次得到人们的查阅。达·芬奇、哥伦布以及哥白尼所进行的事业，可以说是受到了古希腊这种传统思想的激发，或者说是沿着古希腊的研究传统各自进行了再探索。就是在今天，仍然有不少科学成果带有古爱奥尼亚的烙印，不少科学研究工作也像他们那样自由大胆。但与此同时，也有不可思议的迷信，以及惊人的伦理上的愚昧，现代人仍受到古代思想斗争的影响。柏拉图的弟子及其后来的基督教徒们，有一种令人不解的观点，他们认为地球是不干不净的，甚至有点儿污秽，天体才是完美无暇的、神圣的。他们不承认或是忘记了地

卡尔 萨根：宇宙

球是宇宙中的一颗行星，人类是宇宙的居民这一基本思想。首次提出这种思想的是阿里斯塔恰斯，他在毕达哥拉斯逝世 300 年后出生在萨摩斯岛，是爱奥尼亚最后一批优秀科学家之一。到他的时代，人类文明的中心已经转移到古埃及的亚历山大城图书馆。阿里斯塔恰斯首次阐明行星系的中心是太阳，而不是地球。他认为所有的行星都是绕太阳而不是绕地球运行的。无独有偶，他在这方面的论著也散失了。他通过计算月食时地球对月亮投影的面积得出结论说，太阳不仅离地球非常遥远，而且也比地球要大得多。因此，他当时可能推论过，像太阳那么大的一个星体，竟然绕地球这样渺小的星体运转，这是十分荒唐的。他提出太阳位于宇宙的中心，认为地球绕地轴自转一周需要一天，绕太阳转动一圈则需要一年。

人们通常把这个观念同哥白尼的名字联系在一起。伽利略在评价哥白尼时说，哥白尼只是日心说的“再现者和证实者”，而不是最早的发现者⁽¹²⁾。尽管有人在公元前 280 年已经相当清楚地说明了行星的位置，但在

卡尔 萨根：宇宙

阿里斯塔恰斯和哥白尼之间的 1800 年中，几乎没有人知道这些行星的确切位置。这种观点触怒了阿里斯塔恰斯的某些同代人。如同阿那克萨哥拉、布鲁诺和伽利略的遭遇一样，也有人大喊大叫，阿里斯塔恰斯不信神，该受惩罚。就是在人类文明的今天，反对阿里斯塔恰斯和哥白尼，在日常生活中提倡地球中心说的例子，依然屡见不鲜。我们还在说太阳“升起”了，太阳“降落”了。阿里斯塔恰斯已经逝世 2200 年了，而我们的语言还在自欺欺人地表示地球并没有转动。

行星之间并不是连在一起的，例如，地球离金星最近 4000 万公里，地球离冥王星则有 60 亿公里之遥。认为太阳只有伯罗奔尼撒半岛那么大，尚且触怒了某些希腊人。上述说法，更会使他们目瞪口呆不知所措了。当然，人们以往认为太阳系的星球都拥挤在一起，且不作运动，这也是不无道理的。假如伸开一个手指放在眼前，然后，首先用左眼，接着用右眼去瞄看这个手指，映衬着遥远的物体，你就会觉得手指在移动。手指离眼睛越近，看起来它就移动得越

卡尔 萨根：宇宙

多。通过计算这种视运动，即视差，就可以估计远处物体同手指的距离。双眼之间相隔愈大，看上去手指就移动得愈多。双眼的基准线越长。视差也就越大，也就能更好地测定远处目标的距离。但是，我们所处的地球本身，每隔 6 个月就要从轨道的一端运行到另一端，运行距离为 3 亿公里。因此，假如在 6 个月后观测同一个不移动的天体，那么，我们测定的距离应是十分可观的。正因为如此，阿里斯塔恰斯怀疑，天上的星星可能是远离地球的太阳。他把太阳同固定不动的星体“归为同类”。当地球在转动时，星际视差不可测出，这表明，星体离地球的距离比太阳还得多。在望远镜发明之前，即使对最近的星体的视差，也小得难以觉察。星球视差到 19 世纪才首次得到测定。这时，完全根据古希腊的几何学测定，人们才清楚星体离地球的距离大得要以光年计算。

还有一种方法，可以测定从地球到星体的距离，尽管到现在为止，我们还没有证据说明古爱奥尼亚人确实使用了这种方法，但他们完全有能力做到这一点。

卡尔 萨根：宇宙

众所周知，物体离我们愈远，则显得愈小。物体的实际大小与距离成反比的规律，是用于艺术摄影术中的透视法的基础。正因为如此，太阳离我们愈远，太阳就显得愈小、愈暗。离太阳究竟要多远，它才显得似一颗星星那般小、那般暗呢？换句话说，多大的一个太阳，才能像一颗星星那么亮呢？

为了回答这个问题。惠更斯作了一个实验，方法与古爱奥尼亚的传统十分相似。他把一个钻有许多小孔的铜盘对着太阳举起来，然后透过小孔观察太阳，以此确定哪一个孔的亮度同他所记得的昨天晚上的天狼星的亮度一样。该孔的大小，和看上去太阳的大小相比，只有其 $1 / 28\ 000$ (13)。他于是得出结论，天狼星离我们的距离，是太阳离我们的距离的 28000 倍，或者说，离我们约半个光年。观察几个小时后，要记住一颗星究竟有多亮是很不容易的，但惠更斯却记得一清二楚。假如他当时知道，天狼星实际上比太阳亮得多，他无疑会得出正确的答案：天狼星距我们 8.8 光年。当然，阿里斯塔恰斯和惠更斯应用不精确的数字推导出

卡尔 萨根：宇宙

不完整的答案，这个事实本身并无关宏旨。关键在于他们极其明确地阐述了他们的研究方法。因此，假如能够改进观察方法，答案就会准确得多。在阿里斯塔恰斯与惠更斯之间的时代，人们回答的问题使我这个在布鲁克林长大的孩子激动不已，我不禁自问，星星到底是什么呢？答案是，星星就是巨大的太阳，在星光灿烂的宇宙的汪洋大海中，星星离我们有多少个光年那么遥远。阿里斯塔恰斯的巨大贡献，在于他说明了无论是我们人类，还是我们的地球，在自然界中都并不占有特殊的地位。从此，他的这种入木三分的观点被上用于星体，下用于人类大家庭的许多课题，赢得了巨大的成功，同时也始终受到反对。他这种观点导致了天文学、物理学、生物学、人类学、经济学和政治学的巨大进展。我想，把这种观点推广应用于社会，恐怕就是它屡屡受到压制的主要原因吧。

阿里斯塔恰斯的巨大贡献远远超越了星空研究的范畴。18 世纪末叶，英王乔治三世时代的音乐家和天文学家威廉·赫歇耳描绘了一幅星空图，他

卡尔 萨根：宇宙

发现在银河系平面图或带状图上，以地球为中心，各方位的星星的数量显然是相等的。由此他自然而然地认为，地球位于银河系的中央(14)。第一次世界大战前，密苏里州的沙普利发明了一种技术，用这种技术测量从地球到球状星团的距离，发现球状星团是可爱的恒星球状集团，就像一群蜜蜂一样。他还发现了一个恒星的标准烛光——一颗亮星，星光可见是因为它闪烁不定，但其平均本身亮度却总是一成不变的。把球状星团中发现的这类恒星的亮度和它的本身亮度加以对比，沙普利就能计算出它们离地球的距离。这就像我们在旷野中，通过观察射过来的微弱灯光，就能判断出已知其本身亮度的灯光距我们多远一样。这种方法实质上仍是惠更斯的方法。沙普利发现，这些球状星团并不是以太阳周围的星体为中心，而是以人马星座方向的银河系远区为中心。沙普利认为他调查大约 100 个球状星团极可能围绕银河系的质量中心运行，向它表示敬意。1915 年，沙普利大胆地提出太阳是位于银河系的边缘。而不是靠近其核心。

卡尔 萨根：宇宙

赫歇耳之所以搞错了，是因为在人马星座方向上布满了不易看清的宇宙尘，从而使他无法知道远处还存在着许许多多的恒星。我们现在都明白，地球离银河系的核心大概有 3 万光年之远，处于银河系的旋臂边缘，这里的恒星密度相对要稀疏些。如果在沙普利发现的球状星团中，一个有人居住的行星绕星团的中心恒星运行，或者就位于星团的中心，那么，他们就会可怜我们地球上的人只能看到为数不多的星星。而在他们的天空中却满布灿烂的繁星。仅在银河系的中心附近，就有几百万个灿烂的星球，他们凭肉眼也可以看到它们，而在我们的天空中，却只有微不足道的几千颗恒星。我们的太阳，以及别的太阳都可能有消亡之日，但在球状星团的世界里，漫漫黑夜却永远不会降临。

公元 18 世纪时，赖特和康德两人通过望远镜的观察都预言过，那无与伦比的旋涡状发光体，就是另外的银河系。但在进入 20 世纪很久以后，天文学家竟然还认为，宇宙中只有一个银河系。康德曾明确指出，在仙女星座中的 M31 星系，就是另一

卡尔 萨根：宇宙

个银河系，它含有许许多多的恒星，康德给它们取了个令人难以忘怀的奇妙的名字“岛宇宙”。但一些科学家认为，那些旋涡星云并非是遥远的岛宇宙，而是星际气体聚集成的云团，这些气体也许正在形成新的太阳系。

为了测定旋涡星云的距离，就需要一组各自不同的、本身亮度又较大的星体，建立一个新的标准烛光。哈布尔 1924 年认出了这组 M31 星系的恒星。他发现，看起来这些恒星极其晦暗，从而说明 M31 星系离我们极其遥远。

人们现在估计，它距离我们为 200 万光年。但如果 M31 星系真有这么遥远，那它就不可能仅仅是星空中的云雾，那就应该比云雾要大得多，就应该是一个巨大的银河系。其他更加模糊不清的星云（大约有 1000 亿个），必定离我们更加遥远。它们都透过已知宇宙的边缘黑幕闪闪发光。

自从人类诞生之日起，我们就一直在探索自己在宇宙中的位置。无论在人类的早期（当时我们的祖先以懒洋洋的目光注视着星星），其中不管在古希腊的爱奥尼亚科学家中，还是在当代的科学家中，人们都为

卡尔 萨根：宇宙

个问题所苦恼，那就是地球在宇宙的什么地方？地球是处于怎么样的一种地位呢？我们发现自己栖息的地球十分平庸。它的恒星也毫不出众，在银河系星群的边缘两个旋臂之间，占着一个可怜的位置。而这个银河系则是那比地球上的人口还多的星系中的一个成员，隐匿在广袤的宇宙中一个小小的角落里。这种观点鼓励我们继续建立和证实天空的心理模式。就是说，太阳是一个炽热的石头，繁星是天上的火焰，银河系则只是夜空的脊柱。从阿里斯塔恰斯以来，我们每探求一步都使我们自己更加远离舞台的中心。用于理解探求中的新发现的时间远远不够。沙普利和哈布尔有了巨大的发现，他们的许多同时代人至今仍活在世上。当然，他们当中至今也有不少人暗地里埋怨这些伟大的发现，他们对每一步进展都感到沮丧，在这些人的内心深处，仍然支持着宇宙中心的支点就是地球的观点。但是，我们要评价宇宙，首先就必须要了解宇宙，在了解的过程中，即使事实证实与我们的良好愿望相违背，也应该继续我们的了解。了解

卡尔 萨根：宇宙

我们生活的地球，则是了解邻近星球的重要先决条件。

当然，了解邻近星球是什么样子，也对此大有裨益。假如我们渴望着增加地球的重要性，我们就该为此做出努力，大胆地提出问题，精辟地回答这些问题，这无疑就会增加我们这个星球的重要性。 我们带着一个早在

人类发祥期提出的问题，开始了探索宇宙的航行，这个问题人们一代接一代地重复着：星星是什么？探幽索隐是人类的天性。人类开始探索时，完全是两眼一抹黑，即使到现在也仍然是星球世界的门外汉。我们在宇宙海洋的海滩边徘徊不前的时间已经够长了，现在我们终于扬起风帆，准备远航宇宙之海，去探索群星。 _____

①这种把火焰看成是一种有生命的东西，需要保护、需要照看的观念，不能把它当做一种“原始”的观念而不加以认真研究。在许多现代文明的发祥期都可以找到这样的观念。古希腊、古罗马以及古印度的婆罗门的各家各户都有一个炉灶，和一整套固定的照看火焰的规矩。晚上，煤火要用炉灰封住，清晨拨开炉灰，添上小树枝，

卡尔 萨根：宇宙

让炉火重新燃起来。炉火的熄灭意味着家破人亡。在上述三种文化中，对炉灶的祭祀同祭祀祖宗是相互关联的。这就是永世不灭的火的来源。在全世界范围内，这种象征至今还广泛应用于宗教、纪念性活动、政治和体育的庆典中。（在中国人的生活中也有于每年春节之前要祭灶王爷的风俗——校者注） ②为避免混淆，应指出

爱奥尼亚不是指爱奥尼亚海，而是爱奥尼亚海沿岸的殖民者命名的一个地方。 ③有证据表明，古代苏默人

（幼发拉底河流域的人种）的创世纪神话大部分是关于自然界的解释，后来在公元前 1000 年左右编纂的《天庭之上》这首诗集里才第一次用神祇取代了自然界。这个神话讲的是神学，而不是宇宙学。《天庭之上》使人联想起日本和阿伊努人的神话，他们的神话说宇宙原先是一片沼泽，后来一只大鸟振翅击打沼泽而把陆地和水体分开。斐济人的创世纪神话说：“罗科摩图创造了陆地，他用巨手从海底一捧一捧地把泥土捧出水面，到处堆积，形成了斐济群岛。”对于岛屿和远海的民族来说，从水

卡尔 萨根：宇宙

中筑起陆地是一种极其自然的想法。 ④星占学也包

括在内。星占学在当时被普遍认为是一门科学。在希波克拉底的一段典型文学中写道：“人们也必须密切注意星座的升起，特别是天狼星，其次是大角星，同时也要注意昴星团的降落。” ⑤该实验原先的目的是为了

证实一种荒谬绝伦的血液循环理论，但我们应该识别，任何一种通过实验探索自然界的想法都是一种重要的改革。 ⑥欧多克斯（Eudoxus）和阿基米德于德漠克利特之后也是这一领域的先驱。

⑦唯物主义与物质主义在英文中都是 materialists。——校者注 ⑧公

元前 6 世纪，是地球上人类智慧和精神上的百家争鸣时代。在这个时期不仅在爱奥尼亚出现了泰勒斯、阿那克西曼德、毕达哥拉斯等许多优秀人物，而且在古埃及，出现了法老尼科二世，他使人类完成了环绕非洲的航行；在古波斯，出现了琐罗亚斯德；在中国，出现了孔子和老子；在以色列，出现了犹太人先知；在印度，出现了释迦牟尼，等等。很难设想，这些优秀人物的出现，相

互之间是毫无联系的。⑩但其中也有一些值得欢迎的例外情况。毕达哥拉斯对和声学中整数比的沉醉明显地是基于对弹拨音弦发出声音的考证，甚至是基于实验形成的。恩培多克勒至少在部分是毕达哥拉斯学派的。人们知道，毕达哥拉斯的一个叫做阿尔克马厄昂的学生是第一个解剖人体的人。他区分了动脉和静脉，而且是第一个发现视神经和耳咽管的人。他还确认头脑是收藏知识的地方（这个论点后来被认为知识来自于心脏的亚里士多德所否认，再往后才得到希罗菲勒斯的恢复），他还创立了胚胎学。但是，阿尔克马厄昂在晚期对“净化”的热情不如他的毕达哥拉斯学派的同事们高。在争论中，更需要的是论据的分量，而不是权威的势力。确实，对那些渴望学习的人来说，教授者的权威性经常是一种极大的障碍。因为学习的人不再自己作出判断，而只是把自认为老师的既定结论作为解决问题的办法。在讲到这个问题时，我实际上并没有把这种传统的教学法归因于毕达哥拉斯学派。据说毕达哥拉斯学派在争论中，

卡尔 萨根：宇宙

每当有人问及其论点的根据时，总是答道：“大师这样讲的。”“大师，就是指毕达哥拉斯。一种已有定论的意见是极其有力的，它使权威性无需理智的支持便畅行无阻。

(11)有一位叫做希帕苏斯的毕达哥拉斯学派学者著书发表了《具有 12 个面的球体之秘密》（即 12 面体）。他后来死于船难，据说他的同学们都认为这是正义的惩罚。他的著作后来也没有发表。(12)哥白尼的日心说思想，可能是他阅读阿里斯塔恰斯的著作时受到启发的。最近发现的古教科书，在意大利大学里引起了轩然大波。当时，哥白尼就读于那儿的一所医科学学校。在哥白尼所著书籍的草稿中，提到了阿里斯塔恰斯的先著，但在他的书付印时，他又删掉了引文，在写给教皇保罗三世的一封信中，哥白尼写道：“据西塞罗的著作，尼斯塔斯（Ncetas）想到了地球本身是运动的……。据普鲁塔克的著作（此人探讨了阿里斯塔恰斯的学术思想）……，其他的一些人也具有相同的见解。我在研读他们的著作时，亦与他们颇具同感，也开始考虑到地球

卡尔 萨根：宇宙

运动的可能性。”⁽¹³⁾惠更斯实际上是用一颗玻璃念珠来推导透过小孔的光度的。⁽¹⁴⁾这种关于地球处于当时已知宇宙中心的具有优越地位的假设，使华莱士在他 1903 年的著作《人类在宇宙中的位置》中，站到反对阿里斯塔恰斯的立场，认为地球极可能是惟一的有居民的星球。

卡尔 萨根：宇宙

第八章 在时空中旅行

莫寿乎殇子，而彭祖为天。 天地与我并生，而万物

与我为一。 引自公元前 300 多年中国庄子所著《齐

物论》 酷爱星辰。岂惧夜幕 引自两位业余天

文学家的碑文 星星在我们的眼中书写着朦胧的史

诗， 书写着永不消失的空间的闪烁篇章。 引自

哈特·克雷恩的《桥》 波涛的起伏部分是由潮汐造

成的。月亮和太阳虽然距我们甚远，但它们对地球的引

力作用却是明显的、确确实实存在的。海滩使我们联想

到了宇宙。海滩上的细沙粒基本上是大小均匀的，它们

是由大石块在波浪长年累月地冲击和摩擦、腐蚀和风化

作用下形成的，而这一切又都是在遥远的月亮和太阳的

驱动下发生的。海滩还使我们想到了时间，地球本身要

比人类古老得多。 一捧细沙大约有 1 万粒沙，这比

我们在皎洁的夜空中肉眼所能看见的星星还要多。但是

我们肉眼能看得见的星星只占星星总数的极小一部分，

我们在夜空中所能看见的星星只是离我们最近的星星中

卡尔 萨根：宇宙

很少的一部分，而宇宙之丰富和辽阔是难以度量的，星星的总数比地球上所有海滩的沙粒总数还要多得多。

尽管古代的天文学家和星占学家竭力描述星空的景象，

星座却不过是星星的任意组合。某些本来不太明亮的星

星，由于离我们较近而显得很亮，而有些本身较亮的星

星却离我们比较遥远。严格地说，地球上的任何一个地

方，对任意一颗星星而言距离都是一样的。因此，无论

是在苏联的中亚细亚，还是在美国的中西部，观察某个

星座时，星星的排列位置都是一样的。从天文学的角度

来看，苏联和美国是同一个地方。只要我们局限在地球

上，任何星系的星星都距离我们如此遥远，根本无法辨

认出它们的立体构像。星星之间的平均距离只有几光年，

不过别忘了，一光年就是约 10 万亿公里的距离。若要观

察星座图像的变化，我们必须跨越与星星之间的距离差

不多的路程，即跨越光年级的距离，非如此，则无法看

到星座中的星移斗转和无穷变幻。但是，要实现如

此宏伟的星际航行，目前的技术还完全做不到，至少在

卡尔 萨根：宇宙

相当长的一段过渡时期内还做不到。尽管如此，我们却可以用计算机模拟距离我们较近的星星在空间的位置，从而进行某种类似的星际航行。譬如进行环绕由明亮的星体组成的北斗星的旅行，观察星座位置的变化。我们按照一般的天体绘图法——沿点连线，将某个星座的星体用线连结成图，视角不同，所绘制的图形也不相同。遥远的行星上的居民所看到的夜空星座形状，与我们在地球上看到的大不相同。再过若干世纪，人们也许能造出一种宇宙飞船，它速度巨大，能飞越宇宙空间，使人们看到迄今除了用计算机看到以外从未看到的新星座。星座形状的变化不仅体现在空间上，而且也表现在时间上。我们不仅通过变换视角可以看到星座的变形，而且只要等待的时间足够长，也可以观察到它们形状的变化。星星有时组成星团，成群结队地一起飞奔。有时某颗恒星独自狂奔，结果脱离原来的那个星座，而跑到另一个新的星座中去。在个别的情况下，双星系的某一成员会发生爆炸，从而摆脱相互间引力的束缚，以其固有的轨

卡尔 萨根：宇宙

道速度冲向宇宙空间。此外，星星也有生死存亡、演化发展的历程。假如我们观测的时间足够长，就会看见新生星体的出现和旧星的泯灭。也就是说，星空中的图像也处在缓慢地消融和变化之中。就是在有人类的几

百万年中，星座也一直在变化着。以北斗七星或大熊星座的图形为例，借助于计算机我们可以超越时空的界限，把北斗七星拉回到 100 万年以前的状态。人们可以发现，那时的北斗七星与现在的模样大不相同，不像一把勺子，而颇像一根长矛。如若时间机器猛然把你带回遥远的、未知的过去，你可以根据星座的形状大致判断出所处的年代。如果北斗七星状如长矛，那肯定是在更新世中期。

上图：100 万年前的北斗七星 中图：50 万年前的北斗七星 下图：现在的北斗七星由计算机模拟的 100 万年和 50 万年前从地球上看到的北斗七星。 我们

还可以让计算机把时间往前推移，预测星座未来的图像。以狮星座为例，黄道带由 12 个星座组成，像一条带子包裹着太阳每年在天空穿行的路径。黄道带（Zodiac）一

卡尔 萨根：宇宙

词的词根与动物园（Zoo）相同，因为黄道带中的星座如同狮星座一样，大都是以动物命名的。再过 100 万年，狮星座将比现在看到的更不像一头狮子。也许，我们的后代会把它称为射电望远镜星座。不过我猜测，射电望远镜在那时可能比石矛之于现在更加过时了。 猎户

星座（非黄道带）以 4 颗亮星为界，被 3 颗星组成的对角线分为两半，这一对角线表示猎人的腰带。根据通用的天文投影方法，悬挂在腰带下的 2 颗较暗的星组成猎人的剑。剑身中间的那颗星，实际上不是一颗星，而是巨大的气团，叫做猎户座星云，星云中不时地产生出新的恒星。猎户星座中的大多数星体炽热而年轻，而且大都演化迅速，最终在称为超新星的宇宙爆炸中了却残生。它们的生命周期大约为几千万年。假如用计算机进行模拟，把猎户星座未来的情形描述出来，我们就会惊奇地发现，这个星座中多数星体的诞生及其蔚为壮观的混灭，如同夜空中的萤火一般，闪烁明灭、飘忽不定。 半

人马座 α 星是距太阳最近的恒星系。它实际上是一个 3

卡尔 萨根：宇宙

连星，两颗星各自绕对方旋转，而第三颗星（半人马星座的比邻星）则始终以一定的距离环绕前两颗星运行。

当第三颗星处于其轨道的某个位置时，它是离太阳最近的恒星，它的名字就是由此而来的。我们在天空中所见到的大多数恒星都是双重或多重的星系。太阳这个星系倒是一个有点奇怪的例外。

在仙女星座中，第二颗最亮的 β 星距我们 75 光年。我们现在所看到的它的光亮，在黑暗的星际空间旅行了 75 年才到达地球。举一个不大可能的例子，如果仙女座 β 星上星期二因爆炸而销毁的话，也只有等 75 年之后我们才能得到这个消息。这是因为，爆炸产生的有趣信息以光速运行也要 75 年的时间，才能穿过茫茫的宇宙空间到达地球。我们现在所看到的这颗星的星光在它出发的时候，年轻的爱因斯坦还是瑞士专利局的工作人员，刚刚发表了划时代的伟大理论——狭义相对论。

空间和时间是互相关联的，我们不可能只是遥望太空而无须顾及时间。光的运行速度极快，但空间极其浩瀚，且星体遥遥相隔。在天文数字上，

75 光年左右的距离是微不足道的，仅举几个例子便可说明这一点。从太阳到银河系中心的距离为 3 万光年；从地球到位于仙女星座的、离我们最近的旋涡星系 M31 的距离为 200 万光年。我们现在所看到的 M31 的星光向地球出发时，地球上还没有出现进化成现代人的类星体；而从地球到最远的类星体需要 $80\sim 100$ 亿光年，我们现在所看到的是它们在地球凝聚之前、在银河系形成之前的形状。这种现象并非仅仅局限于天体，只不过由于天体相距非常遥远，有限的光速才显得如此重要而已。假如你的朋友站在房间里 3 米外的另一头，你用眼看她时，你所看到的并不是“现在”的她，而是 $1 / \text{亿秒}$ “以前”的她 $[(3 \text{ 米}) / 3 \times 10^8 \text{ 米} / \text{秒} = 1 / (10^8 / \text{秒}) = 10^{-8} \text{ 秒}]$ ，即 1% 微秒。在这类计算中，我们只要用距离除以速度就得到了时间]。你的朋友“现在”与 $1 / \text{亿秒}$ 以前的差别微乎其微。谁也不会去注意这点变化。相反，如果我们观察一个 80 亿光年以外的类星体，我们所看到的是 80 亿年前的它，这一事实可能就非常重要了

卡尔 萨根：宇宙

（例如，有人认为类星体可能是只发生在星系早期历史的爆炸事件中。如果真是这样，那么星系离我们越远，我们观测到它的历史就越早，它也就越可能是类星体。

当我们遥望 50 亿光年以上的距离时，类星体的数目确实在增加）。

两艘“旅行者”号宇宙飞船目前正以光速的万分之一的速度飞行，它们是地球上发射的最快的

飞行器。但是，它们可能要用 4 万年的时间才能到达最近的恒星。那么，难道就没有希望飞离地球，穿过惊人的遥远的旅程到达半人马星座比邻星吗？此外，难道就无法达到光的速度了吗？光速的奥秘究竟何在呢？我们不能飞得比光速更快吗？

例如你在 19 世纪 90 年代里去过意大利迷人的托斯堪乡下，你或许会在通往帕维亚城的大道上碰到一位留着长发的、中途退学的中学生。他的德国老师对他说过，他绝不会有任何成就，他提出的问题破坏了课堂纪律，他最好还是退学。于是，他离开了学校，漫步在乡间的大道上。在意大利北部的自由天地里，他反而能够思索那些与在纪律严明的普鲁士课

卡尔 萨根：宇宙

堂中被强行灌输的、来不及消化的各种课程相差甚远的事情。这个青年学生名叫阿尔伯特·爱因斯坦，正是他的沉思默想改变了整个世界。 伯恩斯坦的科普著作

《自然科学通俗读物》使爱因斯坦爱不释手。书的第一页就描述了电流通过导线以及光通过空间的不可思议的速度。他不禁想到，假如能以光的速度运动，世界将会是什么模样呢？一个 10 多岁的孩子，走在乡间阳光绮丽的小道上，竟然会想到以光速旅行，这是多么迷人、多么不可思议的想法啊！假如以光的速度旅行，你是不会感到在运动的。如果开始时你从光的波峰上出发，那么在旅行的过程中你会觉得一直在这波峰上，完全不会意识到它是波动的。倘若以光速旅行，就会出现这种怪事。爱因斯坦对这类问题想得越多，就越是摸不着头脑。如果真能以光速旅行，好像到处都会出现矛盾。人们往往不加仔细地推敲，就把某些说法当成真实的。爱因斯坦提出的这些简单问题，早在几个世纪之前就应该想到。例如，我们说两件事情同时发生，究竟指的是什么意思

卡尔 萨根：宇宙

呢？ 让我们设想一下我骑着一辆自行车向你奔去的情景。当我接近一个十字路口时差点撞上一辆马车，为了避免相撞，我赶紧转弯。让我们再把这一事件细细地体会一下，并设想一下马车和自行车都以接近光速的速度行驶的情景。如果你站在路上，马车行驶的方向与你的视线垂直。通过阳光的反射，你看见我向你骑来。难道我的速度不该叠加到光速上，我的影像不是要比马车先到达你的眼睛吗？难道你不是在看到马车之前就看到我转弯吗？从我的角度，而不是从你的角度看，马车和我会同时到达十字路口吗？我会不会几乎和马车相撞？在你看来，我是否无缘无故地转弯，并兴高采烈地朝芬奇城骑去呢？这些都是奇怪而又微妙的问题。它们向一切显而易见的常情提出了挑战。有理由相信，在爱因斯坦之前没有人想到过这类问题。正是从这些基本的问题出发，爱因斯坦才对整个世界进行了彻底的再认识，从而导致了物理学上的一场根本变革。 要想认识世界，要想在高速运动时避免上述逻辑上的矛盾，肯定存

卡尔 萨根：宇宙

在某些我们必须遵循的自然规律。在爱因斯坦的狭义相对论中，他总结了这些法则。一个物体发出的光（不管是反射还是发射出来的），不论这个物体是处于运动状态还是处于静止状态，光的运动速度都是相同的。就是说，不能把物体的运动速度叠加到光速上。此外，任何物体的运动速度都小于光速，即不能以光速或大于光速的速度运动。在物理学上，没有任何事物阻碍你以尽可能接近光速的速度运动，即可达到光速的 99.9%，但无论人们如何想方设法，都绝对不可能再获得最后的 0.1% 的速度。既然从逻辑上讲世界是协调一致的，那么就必定存在一个速度极限。否则就可以通过增加运动物体的速度来达到任何想要达到的速度了。本世纪初，欧洲人普遍相信存在不受一般法规制约的特殊参照系：德国、法国或英国的文化和政治结构比其他国家好；欧洲人比殖民地国家的人优越，他们受统治是他们的福气。阿里斯塔恰斯和哥白尼思想在社会和政治上的应用遭到反对和藐视。但是年轻的爱因斯坦在物理学上反对特殊

卡尔 萨根：宇宙

的参照系，在政治上同样反对这种优越感。他认为，宇宙中充满了星体，这些星体在各个方向上匆忙地奔驰着，没有任何处于“静止”的地方。在对宇宙的观测上也不存在一处优于另一处的问题。这就是相对论一词的含义。相对论乍看起来很玄乎，其实很简单：就宇宙而言，没有什么地方比其他地方更优越。不论由谁来描述，自然规律都应是一致的。如果自然规律具有不变的一致性，那么认为我们这个小天地在宇宙中有什么特殊之处，就是令人费解的逻辑了。因此可以得出结论，人们不可能以超光速的速度运动。

我们之所以能听到鞭子抽动的噼啪声，是因为鞭梢以大于声速的速度运动。从而产生一种冲击波，产生一个小小的声响。雷声的道理也与此类似。人们曾经认为飞机的速度不能大于声速，但如今超音速飞行却是极平常的事。但是，光障和声障不同，它不仅仅是一个技术上的问题（像超音速飞机所解决了的技术问题），而是如同万有引力一样）是一个基本的自然规律问题。在人类的历程中，还没有任何现象（包

卡尔 萨根：宇宙

括鞭响和雷声）能在真空中以大于光速的速度运动。相反，人们的普遍经历（包括核子加速器和原子钟）都精确地、定量地符合狭义相对论。同时性的问题适用于

于光，但却不适用于声，因为声音是通过某种物质媒介，通常是空气传播的。当你的朋友在谈话时，到达你耳朵的声波是空气分子的运动，然而光却可以在真空中传播。空气分子要运动需要一定的条件，真空中不具备这样的条件。太阳光能够穿越宇宙空间照射到我们身上，但是无论我们如何仔细地倾听，也不可能听到太阳黑子的爆炸声，或者听到太阳闪光的轰鸣。在相对论学说创立之前，人们一度认为光的传播是通过一种特殊的、充满宇宙空间的介质——以太。但是，著名的迈克尔逊-莫雷实验证明，根本不存在以太这种物质。我们有时会听说

某种事物能运行得比光还快，特别常提到的是所谓的“思维速度”。这是一种格外愚蠢的说法，因为思维的脉冲通过脑神经细胞的速度并不比一辆驴车快多少。人类聪明到能够提出相对论，这只说明我们有高超的思维

卡尔 萨根：宇宙

能力，但并不能因此吹嘘，说我们的思维速度有多么快。不过，计算机的电子脉冲速度倒确实与光速相差无几。20 几岁的爱因斯坦创立了完整的狭义相对论学说，经过各种实验的检验证明是正确的。将来，或许有人能提出一种普遍适用的学说，既防止同时性一类的矛盾，避免了特殊参照系，又能允许超光速的运动，但我对此十分怀疑。爱因斯坦提出不可能超过光速运动的见解可能很不符合常识，但在这个问题上，为什么非得要相信常识呢？为什么我们 1 小时走 10 公里的经验应当包含 1 秒钟运动 30 万公里的自然规律呢？相对论确实限定了人类能力的极限，然而，宇宙并非一定要与人们的愿望相适应。狭义相对论排除了我们的飞船以超光速的速度飞往星球的可能性，但却展示了另一种未曾预料到的诱人的方法。。依照乔治·盖莫夫的想法，让我们设想有那么一个地方，在那里光速不是每秒 30 万公里，而是一个颇为一般的数值，譬如说每小时 40 公里，并受到严格的强制（打破自然规律并不违法，因为其中毫无犯罪行为：

卡尔 萨根：宇宙

自然界是自我调节的，它只是将一切安排得使你无法逾越它的限制）。想象一下骑着摩托车以接近光速行驶的情景（在相对论著作中，以“设想……”开头的句子比比皆是，爱因斯坦称其为“思维实验”）。随着车速的增加，开始观察附近过往的物体。当你目不斜视地注视前方时，你身后的物体却出现在你前方的视野之内。当你以接近光速的速度奔驰时，世界在你的眼里就会变得十分奇特，最后，你会看到正前方有一个圆形的小洞，世上的一切都被装进了这个小洞。在静止的观察者看来，当你离开时从你身上反射的光呈粉红色，而当你返回时却呈现蓝色。假如你以近于光速的速度驶向观察者时，你就会处于斑斓而奇异的色彩包围之中。通常看不见的红外光就会变成波长较短的可见光。你会在运动的方向上受到压缩，质量增加，而时间却变慢——一种接近光速运动的惊人结果，称为时间膨胀。但是在同行的观察者，譬如摩托车后座上的人看来，上述现象都不会发生。狭义相对论这些独特的、初看起来令人困惑的预见是正

卡尔 萨根：宇宙

确的。在最深刻的意义上讲，科学的东西都是正确的，它们都取决于你的相对运动。但是，它们是实实在在的，不是光学上的幻影。可以用数学，大概只要一年级的代数就能简单地表述出来，因此任何受过教育的人都不难理解。此外，许多实验也证明了其真实性。与静止的钟相比，置于飞机上的十分精确的钟会少许变慢。核子加速器都是按照质量随着速度的增加而增大的原理设计的，否则，被加速的粒子就都会撞到加速器的壁上，这样就无法进行核物理实验了。速度等于距离除以时间。由于在接近光速时不能像我们日常所习惯的那样简单地进行速度的叠加，我们熟知的所谓绝对空间和绝对时间的概念，即与你的相对运动无关的概念就必须扬弃了。这就是身体受到压缩的原因，也是产生时间膨胀的原因。。

以近于光速的速度运动，你会青春常在，而你的朋友和亲属则照例会衰老。因此，当你从这种相对性的旅行返家时，你的朋友和亲属已老了几十岁，而你却一点都未变老，这是多么大的差别啊！由此看来，以

卡尔 萨根：宇宙

近光速旅行倒是一种长生不老之药。因为时间在接近光速时变慢，相对论提供了一种到星球去旅行的方法。但是，从实际的技术角度来看，接近光速的旅行可能吗？

能造出这样的星际飞船吗？

托斯堪不仅仅是年轻的爱因斯坦某些思想的发源地，它也是另一位伟大的天才达·芬奇的故乡。达·芬奇比爱因斯坦早 400 多年，他很喜欢爬上托斯堪山，从山顶俯瞰大地，就像一只翱翔的鸟。他最早从高空画出了青山绿水、城镇要塞的远景画。达·芬奇兴趣广泛、多才多艺，他爱好绘画、雕刻、解剖学、地质学，也爱好自然史、军事和土木建筑工程，他最喜好的是设计和制造一种能飞的器械。他绘制了草图、制作了许多模型，并造出了实际的样机，但是没有一架能飞起来。当时，功率强、重量轻的发动机尚未问世，他当然不会成功。但他的构思却极为巧妙，给后来的工程师以很大的启迪。一次又一次的挫折使达·芬奇非常沮丧，但那时是 15 世纪，又怎么能怪他呢？

1939 年发生了另一件类似的事情，英国的一批工程技术

卡尔 萨根：宇宙

人员成立了一个星际学会，他们设计了一艘载人登月的飞船。当然，他们在当时的技术条件下所设计的飞船与30年后完成登月飞行的“阿波罗”飞船无法相提并论，但这件事至少表明，登月飞行总有一天在技术上会成为现实。

如今，已经初步设计出载人去恒星的星际飞船。所有设想的这类星际飞船都不是直接从地面发射，而是在地球轨道上建造、并从地球轨道上发射的。有一个计划是以猎户星座命名的，称为猎户星计划，意思是飞船的最终目标是猎户星座的恒星。这个计划的设计思想是对着一块惯性极进行氢弹爆炸，通过爆炸产生推动力，像是一艘巨大的空中核摩托艇。从技术上来看，猎户星计划似乎是完全可行的。当然，它会产生大量的放射性碎片，但星际飞行是在广阔无垠的行星或恒星之间进行的。十分遗憾的是，在签订了禁止高空核爆炸的国际条约后，美国放弃了对猎户星计划的认真研究。制造猎户星星际飞船是我所能想到的利用核武器的最好方法。

最近，英国星际学会提出了戴达罗斯计划。它

卡尔 萨根：宇宙

是以核聚变反应堆为基础的，核聚变反应堆是一种比现有的核电站所采用的核裂变反应堆更安全、更有效得多的反应堆。我们现在尚未造出这种反应堆。但他们深信，再过几十年肯定会制造出来。猎户星计划和戴达罗斯计划的飞船速度只有光速的 $1/10$ 。因此，要到达距我们最近的半人马座 α 星（4.3 光年），只需要 43 年的时间，这比人的一生短，这种飞船的飞行速度与光速的差距还很大，相对论所阐明的时间膨胀原理还不会明显地显示出来。尽管我们希望现在就可以建造猎户星飞船，但根据对技术发展的最乐观估计，在 21 世纪中期之前，不大可能造出猎户星飞船、戴达罗斯飞船，或者与它们类似的飞船。要到最近的恒星以外去旅行，还有其他的问题必须解决。也许，猎户星飞船和戴达罗斯飞船可以作为多代飞船，那些到达另一颗恒星的卫星上的人可能是几世纪前出发的人的遥远后代。也许将会发明一种安全的冬眠方法，将宇航员冷冻起来，使他们处于休眠状态。经过若干世纪后再使他们重新复苏过来。与接近光

卡尔 萨根：宇宙

速的星际飞船相比，这些非相对论性的星际飞船虽然造价可能极其昂贵，但在设计、建造和使用上看起来较为容易。只要进行不懈的努力，人类是可以到达其他恒星世界的。

进行高速的星际飞行——以接近光速航行，不是经过 100 年，而是要经过 1000 年，甚至 1 万年的努力才能达到的目标，但在原则上它是可能的。R·W·巴萨德提出了一种冲压喷射飞船的设计方案，利用冲压喷射的方法把太空中弥散的物质，主要是飘浮在星体之间的氢原子，聚集到冲压喷射发动机后，再从发动机尾部喷射出去。这些氢原子既用作发动机的燃料，又是聚变反应的物质。但是在宇宙空间的深处，每 10 立方厘米（相当于一串葡萄的体积）大约只有一个氢原子。要使冲压喷射发动机正常工作，发动机前部的漏斗形接纳口直径需要几百公里之大。当飞船达到相对论原理所需的速度时，氢原子相对于飞船就会以接近光速运动。假如不采取足够的预防措施，宇宙飞船和宇航员就会被所诱发的宇宙射线所焚灭。已经提出的一种解决办法是利用一个

卡尔 萨根：宇宙

激光器把星际间飘浮的原子中的电子剥离出来，并在原子尚未靠近飞船时使它们变成带电的粒子，再用一个极强的磁场使带电粒子直接吸入漏斗形进口，而不与飞船的其他部分接触。不过在技术上人类目前还做不到这一步。我们现在所谈论的还只是小型发动机。但是，还是让我们来设想一下这种飞船。我们知道，地球以某种力吸引着我们，当我们从空中下落时，就会受到加速作用。假如我们从一棵树上掉下来——我们的始祖一定有过这种经历，我们的降落速度会越来越快，每秒钟增加大约 10 米（或约 32 英尺）。这样的加速度称为 $1g$ ，它表示地球的吸引力。在一个重力加速度（ $1g$ ）的情况下，我们不会有任何不适的感觉，因为我们一直就生活在一个重力加速度的环境中。假如我们生活在一艘星际飞船中，飞船的加速度也是 $1g$ ，那么我们对飞船的环境也会完全适应。实际上，地球的引力与同样加速度的飞船中所感觉到的力是等价的，这正是爱因斯坦后来提出的广义相对论的重要特征。以一个重力加速度的速度不断增

卡尔 萨根：宇宙

加下去，我们在宇宙空间航行一年以后，速度就会接近光速[$(0.01 \text{ 公里 / 秒} \times 3 \times 10^7 \text{ 秒}) = 3 \times 10^5 \text{ 公里 / 秒}$]。假定有这样一艘飞船，以 $1g$ 的加速度加速，越来越接近光速，一直到航程的中点，然后反过来以 $1g$ 的加速度向预定的目标减速。这样，在飞船的大部分航程中都将以近于光速的速度飞行，因而时间将大大减慢。一个最近的飞行目标是可能有行星的巴纳德恒星，距地球约 6 光年。那么照飞船上的时钟计算，大约 8 年的时间就可到达巴纳德恒星；到银河系的中心需要 21 年；而到达仙女星座的 M31 星体则需要 28 年的时间。当然，对地球上的人来说情况是截然不同的。到达银河系中心，对飞船上的人来说只用了 21 年，但在人世间，时间已经流逝了 3 万年，因此当我们返家时，前来迎接的将都是些陌生的面孔。原则上，这样一种旅行是以更接近光速的速度进行的，因此只需要大约 56 年的飞船时间就可以环绕已知的宇宙飞行一圈。返回地球时，人间已过了几百亿年，地球早已变成一片焦土，太阳也已混灭。高度

卡尔 萨根：宇宙

发达的文明能够乘相对论式的飞船进入宇宙，但也只限于参加宇航的人，而且他们无法以超光速的速度发出信息，与地面上的人互相联络。

达·芬奇的飞机模型不能与现代的超音速飞机同日而语，而人们现在设计的猎户星飞船、戴达罗斯飞船以及巴萨德的冲压喷射飞船更不能与将来实际的星际飞船相提并论。尽管如此，只要我们不自我毁灭，我相信总有一天我们会成功地飞向其他星系。即使我们的太阳系已探索尽了，还有其他星系的行星在向我们召唤。

空间旅行与时间旅行二者是相互关联的。只有能迅速地进入未来，我们才能快步进入空间旅行。但过去了的时间怎么样呢？我们能够返回过去，并改变它吗？我们能够使历史事件改变其模样吗？我们始终在向着未来迈进，但却是慢吞吞地，一天一天地走向未来。靠相对论式的宇宙飞船，我们可以迅速地飞向未来。不过许多物理学家认为，返回过去的飞行是不可能的事。他们认为，即使有某种飞行器能在时间上向后飞行，那也无济于事。因为假如你能进入过去，

卡尔 萨根：宇宙

而又不与你的父母相遇，那么你自己又是从何而来的呢？这就是一种矛盾了，因为你明明已经在于现世了。就像证明 2 的平方根是无理数一样，也如同讨论狭义相对论中的同时性一样，这是一个前提有问题的论证，因为其结论显得很荒唐。另有一些物理学家则认为，两种互不相容的历史，两种同样实在的事实可以并行不悖。一个是你所了解的，而另一个则是你尚未出生时的。尽管我们只能经历其中的一种历史、一种事实，但时间本身或许是多维的。假如你能退回到过去，并能改变过去，譬如劝说伊莎贝拉女王不要支持哥伦布，那么历史事件的顺序就完全改变了，而随后的发展则难以知晓了。假如这类时间上的倒转旅行是可能的，那么在某种意义上说，任何所能设想的历史变迁就都可能出现。历史在很大程度上是各种社会、文化和经济力量错综复杂的交织，不容易一一阐明。不断发生的无数细小而又难以预料的偶然事件，一般说来并没有什么深远的影响，但是在重大关头发生的某些小事件却可能改变历史的面

卡尔 萨根：宇宙

貌。在某些情况下，某些相对很平凡的事件可能会引起深刻的变化。这样的事件距现在越久远，其影响也越加强大有力，因为时间杠杆也就变得越长。 小儿麻痹

症的病毒是一种极小的微生物，我们每天都要接触成千上万个这种微生物。所幸的是，只有极少数的场合，它们才会侵入人体，引起这种可怕的疾病。美国的第 32 任总统 F·D·罗斯福就得过小儿麻痹症。这种疾病会削弱人的意志，也许正因为如此，才使罗斯福比较同情受压迫者，也许正因为这种疾病，才促进他为成功而奋斗。

假如罗斯福具有另一种个性，或者如果他从来就没有当总统的欲望，那么 30 年代大萧条、第二次世界大战和核武器发展的结局可能会大不相同，世界的面貌就可能大大改观，然而，一个病毒是微不足道的，直径只有百万分之一厘米，几乎是可以忽略的。 另一方面，如果

时间可以倒退，我们能够劝说伊莎贝拉女王相信，哥伦布根据埃拉托色尼地球是圆形的估计所提出的地理见解是错误的，哥伦布就永远到不了美洲。同样可以肯定的

卡尔 萨根：宇宙

是，在几十年内会有其他欧洲人向西航行，并发现新大陆。航海技术的进步、香料贸易的诱惑以及欧洲各强国之间的竞争，导致在 1500 年左右发现美洲成为不可避免的事件。当然，如果不是哥伦布发现了美洲新大陆，就不会有今天的哥伦比亚州或哥伦比亚特区，也不会有俄亥俄州和哥伦比亚大学。但是，即便如此，整个历史的进程仍然会相差无几。要想深刻地影响未来，时间旅行者恐怕要介入一些经过仔细选择的事件中，才能改变历史的面貌。

探测不曾存在过的世界只是一种可爱的幻想。不过通过这种探测，我们却能更好地了解历史的进程，历史也能变成一门实验科学。假如在历史上，像柏拉图、保罗教皇或彼得大帝这类举足轻重的人物从未出现过，我们的世界可能会是另一番景象。如果古希腊爱奥尼亚的科学传统能保存下来并繁荣兴旺，当今的世界又会变成什么样子呢？那种传统若要幸存，将要求当时的各种社会力量具有不同的观点——包括曾经盛行的、认为奴隶制是自然的、合理的观点。如果在 2500 年

卡尔 萨根：宇宙

前照亮地中海东部的曙光没有消逝，世界又将是怎样一种景象呢？假如在工业革命前的 2000 年中，人们一直尊重科学和实验，崇尚手艺和技艺的传统能得到发扬，世界又会是什么景象呢？如果人们更广泛地采用这种有效的新的思维方式，其结果又如何呢？有时我不由得想到，如果照上述情况发展，我们可能会节省一二十个世纪，达·芬奇的贡献也许要提早 1000 年，而爱因斯坦的功绩可能提早 500 年。当然，在那样一个迥然不同的世界中，可能不会出现达·芬奇和爱因斯坦。许许多多事物都可能会极不相同。每次射精总有上亿个精子，但只有一个精子能与卵细胞结合，从而产生人类的一个后代。但究竟是哪一個精子能与卵细胞结合，在内外诸多因素中，却往往取决于最次要、最不显著的因素。2500 年前，哪怕是一件不足挂齿的小事，如果其发生的过程不同，也不会有我们的今天，我们的位置很可能会被无数其他的生灵所取代。倘若爱奥尼亚人的思想统治了世界，那么我认为，我们——当然是与现在不同的我们——可

卡尔 萨根：宇宙

能早已到达其他的星球了。我们第一艘去半人马座 α 星、巴纳德星、天狼星和鲸鱼座 τ 星的探测飞船可能早已返回了地球。在地球的轨道上可能正在建造一支庞大的星际飞船队，其中包括无人探测船、移民船和巨大的商船，这些船都将航行在浩瀚的宇宙大洋之中。这些船上都可能有符号和文字，如果我们仔细辨认，也许能认出那都是希腊文。而且在首批星际飞船的船首符号中，可能会发现一个 12 面体，上面刻着“来自地球的‘西奥多罗斯’号星际飞船”的字样。

在我们这个世界的时间表上，事物的进展总是有点慢慢腾腾，我们远未做好到其他星球去的准备。但再过一二个世纪，当人类探测完整个太阳系时，我们也许就做好了这种准备，无论在意志上，还是在资源和技术知识上，都做好了去其他星球的准备。那时，我们将可以去考察千差万别的其他遥远的行星系。我们将会发现，有些行星与我们地球极其相似，而有些行星则完全不同。我们将会知道该到哪些星球去访问。我们的飞船，我们的后代——泰勒斯、阿里

卡尔 萨根：宇宙

斯塔恰斯、达·芬奇和爱因斯坦的后代，将能轻易地跨越若干光年的遥远距离。宇宙中究竟有多少行星系

我们还不清楚，但为数肯定不少。仅在我们附近就不止一个，至少有4个，即还有木星系。土星系和天王星系。每个行星系都有各自的卫星，这些卫星的大小和跨距都酷似环绕太阳的行星。对质量相差很大的双星的统计外推表明，几乎所有像太阳一样的双星都应该有行星系的伴随。其他恒星的行星在各自的太阳的强烈照射

下，只是一个个小光点，因而我们不可能直接看到它们。但我们却能探测出一个不能直接看到的行星，对一个已经直接观测到的大星的引力作用。设想有一颗星，具有很大的“自行”力，以更遥远的星座为背景运动几十年，这颗星有一个大行星，质量与木星类似，轨道平面恰巧与我们的视线成直角。在我们看来，当这颗暗行星位于恒星的右边时，恒星会因引力的作用稍许向右偏移。反之则会往左偏移。因此，恒星的运行轨道会改变或受到扰动，不是以直线，而是以波形线运行。可以用引力振

卡尔 萨根：宇宙

动方法确认的最近恒星是巴纳德星，它是一颗最近的单独的恒星。在半人马座 α 星中，3 颗星的相互作用非常复杂，使研究其质量小的伴星变得十分困难，即使对巴纳德星的研究也颇为费力。用望远镜观测数十载得到的照像底片就是用显微镜也难于分辨其位移情况。人类对巴纳德星周围的行星进行过两次这样的研究。从某种意义上说，两次都颇为成功，表明存在两颗或两颗以上的行星，行星的质量与木星差不多，运行在同一轨道上，其轨道半径略比木星和土星与太阳的距离小（根据开普勒第三定律计算）。但遗憾的是，这两组研究的结果看起来似乎相互矛盾。可能我们确实已经发现了巴纳德星的行星系，但确切的证实还有待于今后的研究。人们正在研究用其他的方法来探测环绕恒星的行星。其中一种方法是人为地遮掩住其他恒星的微弱的光，即在天文望远镜镜头前安上一个圆形挡盘，或以月亮的黑暗边缘作为挡盘，这样，恒星旁边的行星所发出的光就能显现出来。在以后的几十年中，我们或许就能确切地回答，

卡尔 萨根：宇宙

离我们最近的上百个恒星中，究竟有哪些恒星具有大行星或伴星。

近年来的红外观测表明，在一些邻近的恒星四周有许多可能是形成行星之前的碟形气尘云。同时，某些理论研究也得出令人振奋的结果，认为行星系统在银河系里是常见的现象。利用计算机研究了被认为是导致恒星和行星形成的扁平、密集。碟形气尘云的演变。盘状体最初凝聚形成的小块状物质，会不时地喷入云中，块状物质在运动过程中不断吸积尘粒，当它们变得足够大时，就会产生引力，吸引云团中的气体，主要是氢。当两块运动中的块状物相碰撞时，计算机使它们吸积在一起。上述过程一直进行到气尘以这种方式全部被结合完为止。结果取决于初始的条件，尤其是气体和尘埃的密度随与云团中心距离远近而分布变化的情况。但在一系列合理的初始条件下，会形成近似于我们太阳系的行星系，即大约 10 个行星，类地（球）行星靠近恒星，而类木（星）行星在最外圈。在其他情况下，不会形成行星，而仅仅产生弥散的小星状体；或者在恒星附

卡尔 萨根：宇宙

近形成巨大的类本行星；或者一颗类木行星吸积了大量的气体和尘埃而变成一颗恒星，形成一个双星系。似乎在整个银河系中可以发现大量各种各样的行星系，但现在还不能完全肯定，而且我们认为，很可能所有的恒星都来自这样的气尘云。在银河系中可能有上千亿个行星系，等待着我们去探测。这些行星中没有一个会与地球相同。看起来大多数行星的条件都是恶劣的，只有少数几个可能是宜人的。其中许多行星的景色将是极其美丽壮观的。在某些行星上，白天会有许多太阳在天空照耀，夜晚则有许多月亮倾泻着银光，或者在地平线上咆哮着巨大的粒子环。一些月亮可能离行星很近，以致它们的卫星高挂在大空，遮住了半边天际。某些行星可能看起来像巨大的气状星云，它们是以以前一颗普通恒星毁灭后的残迹。在所有这些世界的天空中充满了遥远的外来星座，其中可能会有一个暗黄色的恒星，一颗用肉眼观察不到的、只有用望远镜才能看到的恒星，它是探测银河系这一小小区域的星际飞船队的发源地。如

卡尔 萨根：宇宙

前所述，空间和时间是互相缠结的。行星和恒星也和人一样，有出生、成长和消亡的过程。人的寿命一般只有几十年，而太阳的寿命则比 1 亿年还长。与一颗恒星的寿命相比，我们就好比蜉蝣一样，朝生暮死，不到一天就结束了生命。在这种短命的生物看来，人类是迟钝的、令人厌倦的、几乎不动的、几乎什么事情也不做的。而在恒星看来，人生不过只是短暂的一瞬，只是亿万短暂生命的一员，虚弱地挣扎在一个由硅酸盐和铁组成的酷寒而又坚硬的、极其遥远的星球表面上。在宇宙所有的行星上，无时无刻不在发生着各种事件，它们决定着行星的未来。而在我们这个小小的星球上，此时此刻正处在一个历史的转折关头，不亚于 2500 年前古爱奥尼亚科学家所面临的转折。我们今天的所作所为将影响到若干世纪，并在很大程度上决定我们子孙后代的命运。如果星球也有命运的话，也将影响到它们的归宿。

卡尔 萨根：宇宙

第九章 恒星的生命

太阳神睁开双眼，埃及大地撒满阳光，当他闭上眼睛，埃及大地便又陷入黑暗，由此方有白昼和黑夜之分。诸神出于其口，像生出自其眼。万物莫不由他创造。他是金碧辉煌的神童，他的光芒使所有的生命都显得生气勃勃。

引自古埃及托勒密王朝时期的禅语 上帝

创造的物质颗粒的形状和大小各异，……也许密度和引力也不相同。因此，自然规律才会千变万化，宇宙也才会千姿百态。至少我看不出这一切有什么矛盾之处。

牛顿《光学》 夜空高悬，星光闪闪：我们常常躺在地上，仰望群星，谈论着这些星星究竟是创造出来的还是自然产生的。

马克·吐温《哈克贝利·芬》

每当我……极需得到……宗教的安慰时，我就到户外去描绘夜空的繁星。

荷兰画家梵·高 制作苹果

馅饼需要小麦和苹果，还要这儿加一点、那儿添一撮，最后用炉子烘烤。馅饼的配料是由分子组成的，比如糖分子或水分子。这些分子又是由碳原子、氧原子、氢原

卡尔 萨根：宇宙

子及少数其他原子组成的。这些原子又来自何方呢？除氢原子外，其他的原子都是星体造就的，一个星球就像一个宇宙灶，能把氢原子烧制成较重的原子。星球是由星际的气体和尘埃凝聚而成的，氢是这些气体和尘埃的主要成分。氢是在宇宙大爆炸中生成的。假如你想从头开始制作苹果馅饼，你就必须首先创造宇宙。假如

把一个苹果馅饼切成两半，将其中的一半再切成两半，按照德漠克利特的想法这样切下去，要切多少次才能切成原子呢？答案是：大约要连续切 90 次。这当然是不可能做到的。因为不会有这么锋利的刀，况且馅饼又极易破碎；原子非常小，肉眼无论如何是看不见的。不过，还是有办法做到的。在 1910 年前后的 45 年中，人们

在英格兰剑桥大学首次揭示了原子的本质。这个方法之一是：用原子碎片轰击原子，再观察它们是如何跳出来的。典型的原子外层裹着一层电子云。电子就是带电的粒子，它所带的电荷被随机地规定为负电荷。电子决定原子的化学性质，因此才有光灿灿的金子，冷冰冰的

卡尔 萨根：宇宙

铁和具有晶体结构的钻石。在原子的内部，原子核深深隐藏在电子云里面，它是由带正电荷的质子和中性的中子组成的。原子非常小，1 亿个原子首尾相连也只有小指尖那么大。而原子核则更小，只有原子的十万分之一。难怪人们用了这么长的时间才发现原子核①，然而，原子的大部分质量却集中在原子核内。相比之下，电子犹如漂浮的绒毛。由此可见，原子内部充满了空间，物质内部是很空虚的。我就是由原子组成的，我放在桌子上的胳膊肘就是由原子组成的，桌子也是由原子所组成的。既然原子如此之小，原子内部又是如此之空虚，原子核甚至更小，那么，为什么桌子能把我撑住？为什么我的胳膊肘的原子核不会轻易地滑进桌子的原子核中去呢？为什么我不会卷成一团或者掉到地球的另一端呢？A·爱丁顿就是经常这样问自己的。答案在电子云里。我胳膊肘中的原子外层有负电荷，桌子中每个原子的外层也都有负电荷，这些负电荷相互排斥。我的胳膊肘之所以不会穿透桌子，就是因为原子核周围有电

卡尔 萨根：宇宙

子，这些电子的电力是很强的。日常生活中的一切无不依赖原子的结构。如果去掉原子中的电荷，任何事物都将变成看不见的微尘。没有这种强大的电的作用力，世界上就不会有物体，而只有四处漂游的电子、质子和中子以及基本粒子的引力球——支离破碎的宇宙残骸。

当我们假定将苹果馅饼切成单一的原子时，我们面临着一个无穷小的问题；当我们抬头仰望夜空时，我们则碰到一个无穷大的问题。这些无穷是时空的无穷回归：在空间上没有尽头，在时间上没有穷尽。如果你站在理发店的两面镜子之间，你会看到你本人的许多映像，每一个映像都是另一个映像的反映。但不可能看到无穷无尽的映像，因为镜子不可能绝对平整，光传播的速度也不是无穷快，同时，你站在镜子中间阻碍了光的反射。

这里所谓的“无穷大”是一个比任何数字都要大的数。有一次，名叫 E·卡斯纳的美国数学家要他 9 岁的侄子为一个非常大的数字取个名字，这个数是 10 的 100 次方，即 1 后面跟着 100 个零。这个孩子称这个数为

卡尔 萨根：宇宙

“Googol”，写出来是 10000000……。你也可以自己组成一个非常大的数，再给它起个奇妙的名字。试试看，这是顶有趣的，特别是如果你碰巧也才 9 岁。“Googol”

(10100) 似乎够大的了，再设想一下 “Googolplex” (10¹⁰¹⁰⁰) 它是 10 的 10100 次方，即 1 后面跟 10100 个零。

人体中原子的总数大约为 10^{27} ，而在能观察得到的宇宙中，基本粒子——质子、中子和电子——的总数大约是 10^{80} 。

如果宇宙是由中子填充的实心体②，也就是说，在宇宙中不留任何空间，所需的中子数大约为 10^{128} 。这个数目与 “Googol” 相比是大得多了，但与 “Googolplex”

相比就微乎其微了。况且 “Googol” 和 “Googolplex” 都谈不上接近无穷大。确切地说，它们同无穷大的距离与 1 同无穷大的距离是一回事。如果有人试图写出

“Googolplex”，这只能是毫无希望的妄想。即使有一张纸大到足以清晰地容纳下 “Googolplex” 所包含的所有

的零，整个已知的宇宙也塞不下这张大纸。幸好 “Googolplex” 有一个很简单的表示法： 10^{10100} ，无

卡尔 萨根：宇宙

穷大也有相应的表示：“ ∞ ”（读作“无穷大”）。

烧焦的苹果馅饼大部分变成碳。切 90 次即可得到碳原子。

碳原子核中有 6 个质子和 6 个中子，外层云中有 6 个电子。假如我们从原子核中取出一小块，比如说一块带两个质子和两个中子的碎片，它将不再是碳原子核，而是氦原子核。在核武器和普通的核电厂中所进行的正是这种原子核的切割或裂变，只是它们所分裂的不是碳。在你第 91 次切割苹果馅饼时，或者当你从碳原子核上切下一薄片时，你所得到的不是一小块碳，而是化学性质完全不同的其他原子，这就叫做“元素嬗变”。 让我们

我们来进一步探索这个问题。我们知道，原于是由质子、中子和电子组成的。那么，我们能分割质子吗？假如我们在高能条件下用其他基本粒子（比如质子）来轰击质子，我们就可以看到隐藏在质子内部更基本的粒子单位。物理学家现在认为，像质子和中子等所谓的基本粒子，实际上是由称为夸克的更基本的粒子组成的。夸克的性质可以说是“色香味俱全”，这样说是为了让人们更好

卡尔 萨根：宇宙

地理解原子核世界。夸克是物质的最小组成单位吗？或者它自身也是由更小更基本的粒子组成的？我们对物质性质的认识是否已经到底了？是否还存在着无限的越来越小的基本粒子呢？这是科学上还没有解决的一个最大的问题。

在中世纪的实验室中，为了探求炼丹术，人们曾经探索过元素的嬗变。许多炼丹士都相信，所有的物质都是 4 种基本物质——水、气、土和火——的混合物。这是爱奥尼亚人的一种古老的推测。他们认为，通过改变土和火的比例，铜就可以变成金。这种谎言颇为迷人。卡格里沃斯特洛和圣·杰耳曼伯爵一类的骗子自称不仅可以点铁成金，而且还通晓长生不老的奥秘。他们有时把金子藏在搅棒的一端，然后装模作样地演试一番，最后让金块奇迹般地在坩埚中出现。炼丹士以财富和长生不老作诱饵，从欧洲贵族身上骗走了大量金钱。当然，严肃的炼丹士也还是有的。如巴拉塞尔士，甚至还包括文萨克·牛顿。当然，炼丹士诈骗到的钱并没有完全白费掉，他们发现了磷锑和汞等新的化学元素。事

卡尔 萨根：宇宙

实上，现代化学的兴起可以直接追溯到这些炼丹士的试验。

天然存在的化学性质不同的原子，共有 92 种，称为化学元素。直到近代，我们行星上的一切都是由这些元素所组成的，但它们主要以分子的形式存在。水是由氢和氧原子组成的，空气主要由氮（N）、氧（O）、碳（C）、氢（H）和氩（Ar）原子组成，以 N_2 、 O_2 、 CO_2 、 H_2O 和 Ar，分子形式存在的地球本身就是形形色色的原子的混合物，其中主要是硅、氧、铝、镁和铁的原子。

火并不是由化学元素所组成，而是高温下失去电子的原子核构成的热辐射等离子体。从现代观点来看，古代爱奥尼亚人所说的以及炼丹术的所谓 4 种元素——水、气、土、火，实际上根本不能称为元素，因为其中之一的水是一种化合物，另两种（土和气）是混合物，而火则是一种等离子子体。

自炼丹士时代以来，越来越多的元素已被发现，越后发现的元素越是稀有的元素。组成地球的元素或成为生命基础的元素是最常见的元素。在室温下有些元素是固态，有些呈气态，而溴和汞二种元

卡尔 萨根：宇宙

素则呈液态。科学家根据元素的复杂程度将它们按次序排列成表。氢是最简单的，为 1 号元素；最复杂的是铀，为 92 号元素。还有一些元素是我们不太熟悉的，如钪、钼、镉和镱，这些元素在我们日常生活中极难碰到。大体上说，愈是我们熟悉的元素愈普遍存在。地球含有大量的铁，而钼的含量却相当少。当然，这个规律也有例外。例如金或铀都很贵重，因为它们可以用来制造金币或装饰品，或者因为它们具有极大的实用价值。原子

由 3 种基本粒子——质子、中子和电子——组成。这一事实直到近代才被发现，而中子则迟至 1932 年才发现。现代物理学和现代化学的创立，把错综复杂的世界简化到了令人吃惊的程度：千姿百态的物质世界只是由 3 种粒子以不同式样排列组成的。中子，顾名思义，

是不带电荷的。质子带正电荷，而电子则带有与质子等量的负电荷。电子与质子所带的不同电荷之间的相互吸引力使原子得以结合在一起。由于每个原子都是中性的，原子核中质子的数目必定与电子云中的电子数目

卡尔 萨根：宇宙

相等。原子的化学性质只取决于电子的数目。电子的数目（也就是质子的数目）称为原子数。毕达哥拉斯一定会赞同如下观点，即化学仅仅是一门数字的科学。具有 1 个质子的原子必定是氢，2 个是氦，3 个是锂，4 个是铍，5 个是硼，6 个是碳，7 个是氮，8 个是氧，以此类推，具有 92 个质子的原子必定是铀。同性电荷互相排斥。这就是我们所说的“同类相克”——犹如隐士碰上了厌世者。电子排斥电子，质子排斥质子。那么，原子核是怎样捏合在一起的呢？为什么不会各飞东西呢？这是因为其中还有另一种自然力的存在，它既不是引力，也不是电力，而是一种近程核力。只有在质子和中子靠得非常近时，这种力才起作用。它像一排排的钩子，将质子和中子互相拉扯在一起，从而克服了质子间的排斥力。中子只产生核吸引力而不产生电排斥力，它像胶水一样把原子核粘在一起。纵使“隐士”性格孤僻，彼此之间仍可以和睦相处。氦的原子核里有两个质子和两个中子，它的结构非常稳定。3 个氦原子核构成一个碳

卡尔 萨根：宇宙

原子核，4 个构成氧原子核，5 个构成氖原子核，6 个构成镁原子核，7 个构成硅原子核，8 个构成硫原子核，如此等等。每当我们增加一个或几个质子及足够数目的中子使原子核凝聚在一起时，我们就制造出一种新的化学元素。如果我们从汞中取出一个质子和 3 个中子，我们就可以得到金——这是古代炼金士们梦寐以求的事情。铀以外还有一些其他的元素。在地球上，这些元素不是天然存在的，而是人工合成的，而且很容易分解。第 94 号元素叫钚，是已知最毒的一种元素。不幸的是，它的分解速度相当慢。天然存在的元素又是来自何方呢？我们不妨详细考察一下各种原子各自形成的过程。整个宇宙几乎到处都存在着氢和氦，这两种最简单的元素占宇宙物质的 99%。事实上，人们在地球上发现氦之前就已经在太阳上发现氦的存在，所以才把它命名为“Helium”（取自希腊的太阳神 Helios）。其他元素是否可能是从氢和氦演化而来的呢？核物质必须靠得很近才能抵消电斥力，从而使近程核力起作用。但这种情况

卡尔 萨根：宇宙

只有在几千万度的高温下才能发生，因为在这样的高温下，粒子的运动速度极快，以至于斥力来不及起作用。

在自然界里，只有星体内部才有这样的高温和因此而产生的高压。

人类研究了太阳离地球最近的恒星表面发出的各种波的波长，其中包括无线电波、普通可见光和 X 射线等。太阳并不像阿那克萨哥拉所设想的那样是一团炽热的石头，它是由氢和氦组成的一个巨大的球体，由于高温而发出灼热的白光，就像火钳在炽热的火炉里发出白光一样。当然阿那萨哥拉的见解并不是完全错误的。猛烈的太阳风暴会使太阳发出明亮的耀斑，严重地干扰地球上的无线电通讯。太阳风暴还会使太阳形成巨大的拱形羽状热气层——日珥。日珥受太阳磁场的控制。与日珥相比，地球显得渺小多了。有时在太阳下山时用肉眼可以看到太阳的黑子，它们实际上是太阳里磁场强度较大、温度较低的区域。所有这些连续的动荡扰动，都发生在相对温度较低的可见表面。我们看到的只是温度约为 6000 度的太阳表面。太阳内部的温度高达

卡尔 萨根：宇宙

4000 万度，太阳光就是从那里发射出来的。恒星及其伴随的行星是在星际气体和尘埃发生引力崩塌时产生的。星云中分子间的相互碰撞使温度升高，最后氢开始聚变成氦，即 4 个氢核结合成一个氦核，并释放出了射线光子。光子被上面的物质交替地吸收和发射，逐渐向恒星表面移动，而且每移动一步都要损失一部分能量。光子这种漫长的迁移过程需要 100 万年的时间，最后才变成可见光到达恒星表面，并向星际空间发射。结果恒星发亮了，原先的星云引力消失了。恒星外层的重量被内部核反应所产生的高温和高压支撑住。50 亿年来，太阳就是处于这样的一种稳定状态之中。像氢弹内的热核反应一样，太阳内不断地发生着抑制性的爆炸。这种爆炸为太阳提供了能量，每秒钟大约有 4 亿吨（ 4×10^{14} 克）的氢转换成氦。当我们仰望夜空中的繁星时，我们所看到的就是遥远的核聚变发出的光亮。在天鹅星座 Deneb 星（天鹅星座的一等星）方向上，有一个巨大的、由炽热的气体组成的超级发光气团，它可能是气团

卡尔 萨根：宇宙

中心附近发生的超新星大爆炸和旧恒星泯灭产生的。在其外缘，星际物质在超新星冲击波的重压下，触发出新一轮的星云引力崩塌和新星的形成。从这个意义上说，星体也有双亲，双亲之一可能在孩子出生时死亡，正如人类有时也会发生这种情况一样。像猎户座星云那样巨大的高度压缩的复合星云，能成批地产生像太阳一样的恒星。从外部看，这样的星云表面似乎暗淡无光，但星云内部却被炽热的新生星体照耀得灿烂辉煌。后来，这些星体离开了它们的生育之地，遨游到银河系去，在那里寻求自己的前程。成长起来的星体周围仍然带有成簇的发光云雾，它们是在引力作用下仍然吸附着的原生气体的残余。金牛座的昴星团是一个最新的例子。像人类的家庭一样，成年后的星体也会离家远走，致使兄弟姊妹之间很少团聚。在银河系的某些地方就有太阳的兄弟姊妹，其数目可能多达几十个，而且是由同一个星云在 50 亿年前产生的。但是，我们目前还不清楚它们都是哪些星体，只知道这些星体可能位于银河系的另一侧。

卡尔 萨根：宇宙

在太阳中心，由氢转化为氦的反应不仅发射出可见光的光子而使太阳光芒四射，而且还产生更神秘的、难以捉摸的辐射：太阳靠中微子发出微弱的光。中微子与光子一样，无重量，以光速传播，但中微子不是光子，它不是一种光。中微子与质子、电子和中子一样，具有固有的角动量，或称为“自旋”，而光子是根本没有自旋的。对中微子来说，物质无所不能穿透。它几乎能毫不费力地穿过地球和太阳，只有极小部分被干涉物质阻滞而不能通过。在我们朝太阳直视一秒钟时，有 10 亿个中微子穿过我们的眼球。当然，中微子不会像光子那样停留在视网膜上，而是势不可挡地穿过我们的头。奇妙的是，在晚上，我们低头朝着太阳的方向——地面时（就好像我们的脚下没有地球把太阳挡住一样），几乎有等量的太阳中微子穿过我们的眼球。像可见光可以轻易地穿透玻璃那样，中微子可以轻易地穿透地球。如果我们

如果我们

对太阳内部的认识能像我们所想象的那么透彻，而且又懂得中微子产生的核物理学，那么我们就可以准确地计

卡尔 萨根：宇宙

算出单位时间内在单位面积上所接收到的太阳中微子数量（譬如在我们的眼球上每秒钟所接收到的中微子数）。然而，要用实验的方法验证计算所得到的数据是相当困难的，因为我们不可能捕捉到穿过地球的中微子。但在大量的中微子中会有一小部分与物质相互作用，在条件适当的情况下还是可以检测到的。中微子偶然间可以将氯原子转变成氩原子，但质子和中子的总数不变。我们需要大量的氯，才能验证所谓的太阳中微子流的预言。为此，美国物理学家把大量洗涤液倒进南达科他州利德地区的霍姆斯特克矿井，采用微量化学的方法，从氯中除去新生的氩。从而可推断：产生的氩愈多，中微子也就愈多。实验表明，太阳的中微子比计算所预计的要少。这至今仍然是一个不解之谜。虽然低太阳中微子流不至于危及我们关于星体核合成的理论，但肯定具有某种不可忽视的意义。有的人认为，中微子在从太阳到地球的迁移过程中裂成碎片；有的人认为，太阳内部的核火焰被暂时封闭，缓慢的引力收缩过程是产生现在这种太阳

卡尔 萨根：宇宙

光的原因之一。当然，中微子天文学还是一门非常新的学科。但是，目前我们已经发明了一种奇妙的工具，可以用它直接观察炽热的太阳核心。随着中微子望远镜灵敏度的提高，我们还可能观测邻近星体深处的核聚变反应。

由于在太阳或者其他星球的核心里的氢燃料是有限的，氢的聚变不可能永远持续下去。一个星体的命运，一个星体的生命周期的完结，在很大程度上取决于它的原始质量。一个星体在太空中消耗了它的部分物质之后，如果它的质量还有太阳的质量的二三倍，那么，它的生命循环方式将与太阳绝然相同。但是太阳的运数已够壮观了。五六十亿年以后，当太阳中心的氢全部转化成氦的时候，氢聚变区将慢慢向外——向热核反应的膨胀壳——迁移，迁移到温度约为 1000 万度的地方。同时，太阳的自重将迫使其富含氦的核心重新收缩，使内部的温度和压力又进一步升高。氦核将更密集地堆集在一起，以致开始互相渗透。尽管存在着电荷间的斥力，但此时近程核吸引力开始起作用。灰烬又变成燃料，太

卡尔 萨根：宇宙

阳将开始第二轮核聚变反应。这个过程将产生元素碳和元素氧，为太阳在一定的时间内的继续发光提供新的能源。星球犹如埃及神话中的凤凰。相传这种鸟每 500 年自行焚化一次，然后由灰中再生③。在太阳外壳的氢聚变和太阳中心的高温氢聚变的共同作用下，太阳将发生根本的变化：外层膨胀、温度降低，变成一颗红色巨星。它的外表将远离其内核，结果表面引力将变得很微弱。它的大气层将以星球飓风的形式扩散到宇宙空间。当太阳膨胀成一颗红色巨星时，它将把水星和金星——甚至地球——完全吞没。整个内太阳系都将被太阳吃掉。再过几十亿年，地球上的美好时期就会结束。以后太阳将慢慢地发红、膨胀。整个地球，包括两极，都将酷热无比。地球北极和南极的冰冠将消融，整个地球会成为一片汪洋。由于高温，更多的海水将蒸发到空中，使天空变得雾气腾腾。因为云雾遮住了阳光，地球的末日可能向后推延。但太阳的演变是无情的。海水终将沸腾，大气层势必蒸发到太空中去，我们这颗行星将遭受到最

卡尔 萨根：宇宙

大的灾难④。到那时，人类肯定会进化成另一副模样。我们的后代也许能控制或调节星体的进化，或者只好卷起铺盖，搬到火星、土卫二或土卫六上去住，或者像 R·戈达德所设想的那样，到某个年轻的、充满希望的行星系去寻找尚未开发的新天地。利用太阳的星尘做燃料是有一定限度的。总有一天，太阳内部将完全由碳和氧组成，那时的温度和压力将无法继续维持核反应。当太阳中心的氢快用完时，其延缓的崩塌过程将重新开始，温度将再度上升，从而引起最后一轮的核反应，并使大气层相应地有所膨胀。在这最后毁灭的过程中，太阳将发生缓慢的脉动，每隔几千年伸缩一次。最后，大气层中的物质都将被抛入宇宙空间，形成一个或几个同轴的气壳。因为太阳炽热的核心已经暴露，它的紫外光会将气壳淹没，还会形成斑斓缤纷的红色和蓝色的荧光，一直延伸到冥王星轨道以远的地方。太阳中的一半物质大概会以这种方式损耗掉。到那时，太阳崩溃所产生的强光将充满整个太阳系。当我们从地球这个银河系的

卡尔 萨根：宇宙

角落里举目四望时，我们可以看见许多星体被闪光的球形气团——行星状星云——所包围。这些星体并不是行星，不过其中有些很像在低倍望远镜里所看到的天王星和海王星的蓝绿色圆盘。这些气团乍看起来呈环形，因为它们像肥皂泡一样，边缘比中心看得更清楚。所有行星状星云都是恒星的外层标志。在靠近星体中心的地方可能有一些已经死亡了的天体，它们是曾经充满生机的行星的残骸，现在既无空气也无海洋，笼罩在微弱的亮光之中。太阳的残骸，即裸露的太阳核，最初包裹在行星状星云之中，后来变成一个炽热的小星球。它在空间逐渐变冷、收缩，密度大到空前惊人的程度——一汤匙大小的物质重达 1 吨以上。再过几十亿年，太阳就会退化成一顆白矮星，像我们所看到的行星状星云中心的亮点。它的表面高温逐渐冷却，最终成为一颗暗淡无光的、死气沉沉的矮星。质量大致相同的两颗恒星的演化速度大抵相同。不过，质量较大的恒星核燃料的消耗速度要快些，变成红巨星的时间也会早些，而且会首

卡尔 萨根：宇宙

先衰退成白矮星。因此，应该有、也确实有许多双星体存在。在这些双星体中，一个是红巨星，另一个是白矮星。有些双星体紧靠在一起，灼热的星气流便直接从膨胀的红巨星流向致密的白矮星，在白矮星表面的某个特定的区域着陆。氢原子在白矮星的强引力作用下、不断地聚集在一起，压力和温度不断地升高，直到来自红巨星的大气物质发生热核反应，使白矮星短暂地闪烁出明亮的光辉。这样的双星体称为新星，其来源与超新星大不相同。新星只能在双星体系内形成，其能量来源于氢原子的核聚变。而超新星则只存在于单星体之中，其能量来源于硅原子的核聚变。

在星体内部合成的原子通常都要返回到星际气体中去。红巨星会将它们的外大气层喷射到星际空间去，行星状星云就是类太阳恒星不断喷射其外层物质后的最终产物。超新星迅速地将它的大部分物质喷射到星际空间去。返回星际气团的原子自然是星体内部热核反应最易产生的原子：氢原子聚变成氦，氦聚变成碳，碳聚变成氧。在大恒星内，由于氦核

卡尔 萨根：宇宙

不断增加，形成了氦、镁、硅、硫等物质。氢核是逐步增加的，每次增加 2 个质子和 2 个中子，一直到生成铁为止。硅原子的聚变也能直接形成铁原子，因为 1 个硅原子含有 28 个质子和中子，在几十亿度的高温下，两个硅原子就可以结合成一个含有 56 个质子和中子的铁原子。

以上都是我们熟悉的化学元素。这样的星际热核反应并不容易生成铊、铅、镉、镱或钇，却容易生成我们日常生活中常见的元素。这些元素返回星际气团，在随后发生的星云崩塌及恒星和行星形成的过程中散尽。除了氢和部分的氦以外，地球上的所有化学元素都是几十亿年前的星体中的某种星体灶制造出来的。这些星体有一部分已经变成白矮星，默默无闻地呆在银河系的另一侧。人体脱氧核糖核酸中的氮，牙齿中的钙，血液中的铁，以及苹果馅饼中的碳，都是在崩塌的星体内部形成的。因此我们可以说，人体是由星体物质构成的。某些稀有元素则是在超新星的爆炸过程中形成的。地球上金和铀的含量之所以比较丰富，就是因为在太阳系形

卡尔 萨根：宇宙

成之前发生过许多超新星的爆炸。其他行星系中稀有元素的含量可能与地球不尽相同。是否存在这样一些行星，它们的居民炫耀着铝制的首饰、钋制的手镯，而金子却是实验室中难得的珍品呢？假如地球上的金和铀也像镓一样鲜为人知，无足轻重，那么我们的生活是否会大大地改观呢？

生命的起源和进化，在本质上是与星体的起源和演化息息相关的。首先，构成人的物质以及使生命活动成为可能的原子，都是很久以前在遥远的红巨星上形成的。宇宙中发现的化学元素的相对丰度，与恒星中所产生的原子的相对丰度极其吻合，因此，我们有理由相信，红巨星和超新星就是炼制物质的锅和灶。太阳是一个第二代或第三代的星体，太阳中的所有物质以及在我们周围所看到的所有物质，都是星际锅灶在前一轮或前两轮的循环中炼制的。其次，地球上还存在着某些重原子，这一事实表明，在太阳系形成之前不久，可能有一颗较近的超新星发生过爆炸。这次爆炸不大可能是一种偶然的巧合，而可能是由于超新星爆炸所形成的

卡尔 萨根：宇宙

冲击波压缩了星际气体和尘埃，从而导致了太阳系的凝聚。第三，太阳出现之后，它的紫外线大量射入地球大气层，它的热度产生了光照，从而激发了导致生命起源的复杂的有机分子。第四，地球上的生命几乎都离不开阳光。例如，植物吸收光子后将太阳能转化成化学能，动物则以植物为养料。人类的种植活动只不过是利用植物作为媒介来获取太阳光而已。因此我们可以说，我们每个人都是以太阳作为能量来源的。最后，遗传学上的变异为进化提供了原始的材料。变异是大自然选择新生命形式的手段，而宇宙射线——超新星爆炸时以近于光的速度射出的高能粒子——则是产生变异的原因之一。遥远的大恒星的死亡是地球上生命进化的原动力之一。假如我们把一个盖格计数器和一块铀矿石带到地下深处，譬如说，放在一个金矿井深处，或放在一个火山熔岩洞——由融化的岩浆流过地球而切开的洞穴——深处，当它们受到 γ 射线或像质子和氦核这样带电高能粒子的照射时；灵敏的计数器就会检测出来。如果把计数

卡尔 萨根：宇宙

器移近铀矿石，计数速率（即计数器每分钟发出的咔嗒声）就会迅速增加，因为铀矿石在自发的核衰变中能释放出氦核。如果把铀矿石放在一个厚的铅筒内，计数速率就会大大减少，因为铅能吸收铀的辐射。但还是可以听到计数器发出一些咔嗒声，其一部分咔嗒声是由洞壁的天然放射性引起的，一部分是由穿透洞顶的带电高能粒子引起的。我们听到的是很久以前在太空深处产生的宇宙射线的声音。在地球整个生命史中，这种主要由电子和质子组成的宇宙射线一直在不停地撞击着地面。上万光年以外的星体在消亡过程中所产生的宇宙射线，有一部分经过几百万年才穿过银河系，碰巧撞上地球以及我们的遗传物质。在生命遗传码的形成、寒武纪爆炸或我们祖先进化成两足直立的某些关键阶段，很可能就是由宇宙射线触发的。

1054 年 7 月 4 日，中国天文学家在金牛星座发现了一颗他们称为“客星”的金牛星。这是一颗人们在天空中从未见过的最明亮的恒星。绕地球半固，在美洲的西南部，当时有一个富有天文研

卡尔 萨根：宇宙

究传统的高度文明的民族⑤也目睹了这颗明亮的新星⑥。根据我们发现的一个木炭堆残迹里的 C14，我们可以推断，在 11 世纪中期，有些安奈萨齐人，即今天的荷皮人（生活在美国亚利桑那州东北部的印第安人）的祖先，曾经在现在的新墨西哥州的一块悬垂的山崖下居住过。似乎是他们其中的一个人在悬崖上留下了一幅未受风化的新星图。这颗新星与新月之间的相对位置可能就是图中所绘的那样。在那儿还发现一个手印——也许是那位画家留下的印记。

这颗著名的恒星现在称为蟹状超新星，距地球 5000 光年。之所以如此称呼这颗星，是因为几个世纪以后，一位天文学家用望远镜观察大爆炸的残迹时，偶然想起它的形状像螃蟹。蟹状星云是一个巨大的恒星爆炸的残留物形成的。这次大爆炸经历了 3 个月，在地面用肉眼都可以看见。在晴朗的白天很容易看到，就是在晚上，也可以借它的光读书看报。每一个星系中，平均每 100 年出现一颗超新星。一个典型的星系的生命周期大约为 100 亿年，也就是说，将有 1 亿个星

卡尔 萨根：宇宙

球发生爆炸。这个数字是够惊人的，但是尽管如此，在 1000 个星星中不过只有一个星星发生爆炸。银河系在 1054 年发生爆炸之后，第谷于 1572 年发现了一个超新星。稍后，在 1604 年，开普勒⑦又发现了另一颗超新星。但是自从天文望远镜发明以来，竟然在银河系里还没有观察到超新星的爆发。几个世纪以来，天文学家们对此怨叹不已。

我们现在经常能观察到其他星系中的超新星。1979 年 12 月 6 日，英国《自然》杂志刊登的 D·赫尔方和 K·朗的文章足以使 20 世纪初的天文学家惊讶得目瞪口呆。文章宣称：“1979 年 3 月 5 日，由 9 个星际飞行器组成的爆发传感器网络，记录到了极其猛烈的硬 X 射线与 γ 射线的爆发。根据飞行时间测定：其位置与大麦哲伦星云中的 N49 号超新星的残留物位置相一致。”

（大麦哲伦星云所以这样命名，是由于在北半球第一个注意到这个星云的人叫麦哲伦。这是银河系的一个小卫星星系，在 18 万光年以外。既然有大麦哲伦星云，当然也有小麦哲伦星云）但是，同一期杂志还刊登了梅泽兹

卡尔 萨根：宇宙

和他在列宁格勒爱奥弗 (Ioffe) 学院的同事合写的文章。他们利用装在“联盟 11”号和“联盟 12”号宇宙飞船上的 γ 射线爆发探测器，在登上金星的途中，观察到了这个爆发源。他们认为，探测器检测到的是一个发光的脉冲星，离我们只有几百光年。尽管在位置上很接近，赫尔方和朗并没有肯定 γ 射线的爆发与超新星的残留物有关。他们估计了各种各样的可能性，其中包括如下这样一个令人吃惊的推断：这个爆发源就在太阳系内！也可能是其他星球的飞船在其漫长航行的归途中排出的废弃物。但是，“N49 号超新星发生星体爆发”的理论更容易为人们所接受，因为我们已经证实了超新星的存在。当太阳变成红巨星时，内太阳系的命运如何是一个严峻的问题。但有一点可以肯定，就是行星决不会被喷发的超新星融化和烤焦。只有比太阳还大的恒星附近的行星才会遭受这种厄运，因为大恒星的温度高、压力大，其核燃料的消耗速度也快，生命周期也就比太阳短得多。在发生异常的核反应之前，一个比太阳大数十倍的恒星

卡尔 萨根：宇宙

将氢转化为氦的过程，最多只能持续几百万年。因此，几乎可以肯定没有足够的时间让任何一个行星出现高级生命形式的进化。其他星球上的生命也不可能知道他们的星球会变成超新星。这是因为，如果他们的生命长到足以使他们能明白超新星是怎么一回事，他们的星球也就不可能变成超新星。超新星爆发的主要条件是：

硅聚变成大铁核。在巨大的压力下，星体内部的自由电子被迫与铁原子核的质子合并。等量而相反的电荷互相抵消，结果星球内部变成一个巨大的原子核。原子核所占据的体积比原先的电子和铁原子核所占的体积小得多。星球中心会发生猛烈的爆聚，而其外部则产生回弹现象。超新星就是这样爆发起来的。超新星的亮度可能比该星系中所有其他星球加起来的亮度还要大。预计在今后几百万年内，猎户星座中所有最近形成的蓝白色超巨星都会变成超新星。猎户座将出现连续不断的宇宙烟火。可怕的超新星爆发会将原来星球中的大部分物质——少量的氢和氦以及数量可观的碳、硅、铁和铀原

卡尔 萨根：宇宙

子——喷射到宇宙空间，剩下的就是由核力束缚在一起的热中子核。这是一个巨大的原子核（原子量达 1056），一个直径只有 30 公里的恒星，一个小得可怜的、皱缩的、密集的、没有生气的星体碎片，一个快速旋转的中子星。当巨大的红巨星坍塌成这种中子星时，它的自转速度显著加快。蟹状星云中心的中子星就是一个巨大的原子核，其大小与曼哈顿区差不多，每秒钟自转 30 圈。这个中子星强大的磁场在红巨星坍塌过程中得到进一步增强，并能俘获带电的粒子，其作用颇像小得多的木星磁场。在旋转磁场中的电子会产生辐射束。不仅会产生无线电频率范围内的射线，还会产生可见光。如果地球碰巧位于这个宇宙灯塔的光程之内，我们就会看到它每旋转一次就发生一次闪光。因此，我们又把它称为脉冲星。脉冲星犹如一个宇宙节拍器，它会定时闪光，定时发出嘀嗒声。它比最准确的时钟还要准时。通过对某些脉冲星的长期无线电脉冲频率的测定，我们可以推断。，这些脉冲星， 例如 PSR0329+52 号脉冲星，可能有一个或几个

卡尔 萨根：宇宙

小伴星。我们大概可以这样设想：行星能够在恒星演化成脉冲星时免于毁灭，行星有可能推迟被俘获。要是站在这样的行星表面上望天空。我们将会看到怎么样的一番景象呢？

一匙中子星的质量差不多等于普通的一座山的重量。因此。如果你让一小块的这种物质从手里脱掉（你也只能这么做）、它会像石头从空中落下那样轻而易举地穿过地球。在地球上钻出一个洞，从地球的另一侧——可能从中国——钻出来。那里的人们可能正在外面散步、思考着自己的问题。突然一小块中子星物质从地面冒出来，在空中停留片刻，然后又钻回到地球的下面去。这件事至少可以成为那一天人们拿来消遣的话题。如果一块中子星物质从附近的太空中落下来，当它下落时地球又正好在它的下面转动。那么。它就会反复穿越转动的地球，将地球撞出成千上万个孔。直到它与地球的摩擦所要生的作用力迫使它停止运动为止。在中子星物质停止在地心之前，我们的行星内部早就像一块瑞士乳酪一样千疮百孔了，因此只好等地下的岩石

卡尔 萨根：宇宙

流和金属流来愈合这些创伤。，幸运的是，大块的中子星物质还从来没有在地球上降落过。但小块的这种物质则比比皆是。中子星的这种可怕力量就潜伏在每个原子的原子核中。也就是说。在每只茶杯中，在每只老鼠身上。在每次呼吸之间。以及在每块苹果馅饼中。都存在着这种力量。中子星告诫我们，不要轻视最平凡的事物。从上面我们已经了解到，像太阳这样的恒星终将结束它的生命而变为红巨星，然后再变为白矮星。一颗质量比太阳大 2 倍的恒星坍塌后将变为一颗超新星，然后再变为一颗中子星。那些更大的恒星（例如在经历超新星阶段之后质量比太阳大 5 倍的恒星）的命运就更加奇特了。重力会使它转变成黑洞。假定我们有一台魔术重力机，那么就可以通过拨动它的刻度盘来控制地球的引力。开始时将转盘拨到 $1g$ ⑧（ g 表示重力加速度），地球上所有东西的行为与我们所预料的完全一样，因为地球上的动植物以及所有的建筑物都是按 $1g$ 演化和设计的如果重力远远小于 $1g$ ，所有事物的外形都会变得高而瘦长，动

卡尔 萨根：宇宙

物植物和建筑物都不会因自身的重量而倾倒或粉碎。如果重力大于 $1g$ ，动物、植物和建筑物都会变得粗壮而结实。但是即使在相当强的重力场中，光仍然是直线传播的。

物体的重量随着重力的减弱而减少，当重力趋近于零时，轻微的动弹就会使我们的朋友漂浮起来，并在空中直翻筋斗；茶或其他液体一旦溢出来就变成在空中跳动的圆球，因为这时的表面张力超过了重力。当重力盘恢复到 $1g$ 时。所有的茶球都会变成茶雨降落下来。当重力盘转到 $3g$ 或 $4g$ 时，人人都动弹不得。甚至移动一只脚都是很费力的。在我们继续将重力盘往上拨之前。我们还是把我们的朋友送出重力机的作用范围以外为妙。在重力还只有几个 g 的情况下，提灯的光束仍旧直线传播（就我们的分辨能力而言，可以说几乎是直线），这与重力为零时的情形没有什么两样。当重力达到 $1000g$ 时，光束仍然是直的，但树木已经被压扁。当重力达到 100 万 g 时，石头由于自身的重量而粉碎。最后，除了那只有特殊豁免权的笑猫以外，没有任何东西能够幸存。

卡尔 萨根：宇宙

当重力接近 10 亿 g 时，更不可思议的事情发生了：原来笔直射向天空的光束开始弯曲。在极大的重力加速度下，就是光也受到了影响。如果把重力再加大的话，光就会逆转而返回我们附近的地面。此时，任何宇宙间的怪物已不复存在，剩下的只是龇牙咧嘴的引力。当重力大到一定程度时，任何东西，哪怕是光，都不能够从中逃逸出来。这样的地方就叫做黑洞。黑洞对周围的一切都是冷酷无情的，它是宇宙中的一种怪物。当密度与重力变得足够大时，黑洞熄灭不见了。之所以称之为黑洞，是因为即使是光也无法从中逃脱出来。由于光被捕捉在黑洞里，所以黑洞到处都被照得明晃晃的。虽然我们从外面看不见黑洞，但它的重力存在却是很明显的。在星际航行中，如果你对黑洞没有给予足够重视，你就可能被黑洞无情地拖进去，你的身体就会被拉成细细的长线。但是，万一你在这样的航行中幸免于难的话，你倒是应该好好地看一看环绕着黑洞所形成的碟形物。太阳内的热核反应支撑着太阳的外层，使悲剧性的重力坍塌

卡尔 萨根：宇宙

延迟几十亿年。白矮星是靠从原子核中脱离出来的电子压力来支撑的，而中子星则是靠中子压力来抵消重力影响的。但对于超新星爆发和其他激变之后的残骸所形成的质量比太阳大好几倍的晚期星体来说，目前还没有什么已知的力量能够防止它坍塌。这种星体令人难以置信地收缩、旋转、发红、最后消失、质量比太阳大 20 倍的星体则会收缩成美国洛杉矶那个样子。当重力骤增到 10^{10} 时，这种星体会通过自生的裂缝滑到时空的连续统一体中，最终从我们的宇宙里消失掉。 黑洞是英国

天文学家约翰·米歇尔于 1783 年首先想到的，但是由于这个想法实在太离奇了。所以长期被忽视。一直到最近，这一想法才开始得到重视。随后，人们竟然找到了黑洞存在于宇宙空间中的证据。这一事实使包括天文学家在内的许多人都感到十分惊奇。X 射线是不能透过地球大气层的，因此，如果我们要确定这种波长很短的光是否是天体发出的，我们必须将 X 射线望远镜带到高空中去。

世界上第一个 X 射线观测站是国际合作的范例，它是美

卡尔 萨根：宇宙

国在 1971 年从意大利的一个发射台发射的，该发射台位于印度洋肯尼亚沿岸，命名为乌呼鲁（Uhuru 斯瓦希里语的“自由”）。1971 年，乌呼鲁在天鹅座星系发现了一个非常明亮的 X 射线源。这个 X 射线源忽隐忽现，频率为每秒 1000 次，因此这个被称为“天鹅 X-1”的射线源必定很小。不管忽隐忽现的原因是什么，这种隐现的信息穿过“天鹅 X-1”的速度不会比光速（30 万公里 / 秒）快，因此，“天鹅 X-1 的直径不会大于 $30 \text{ 万公里/秒} \times 1/1000 \text{ 秒} = 300 \text{ 公里}$ 。一颗与小行星一般大小的天体就是一个明亮的 X 射线源，即使在星际以外也看得见，它可能是什么东西呢？“天鹅 X-1”跟一颗炽热的蓝色超巨星并列在一起，从这颗超巨星的可见光里还可以看到一颗以前没有发现过的靠得很近的大伴星，它不断地改变它的引力方向，质量大约是太阳的 10 倍，该超巨星不可能是一个 X 射线源，因此，用 X 射线光源来验证这颗从可见光里看到的伴星是很理想的，但是，一个质量比太阳大 10 倍而且已经坍塌成小行星的不可见物体只能是

卡尔 萨根：宇宙

一个黑洞，X 射线很可能是由聚集在“天鹅 X-1”周围的气体 and 尘埃与超巨星摩擦而产生，天蝎 V861、“Gx339-4”“SS433”以及“圆规座 X-2”等星体都可能成为黑洞，“仙后 A”是一个超新星的残骸，这颗超新星的光在 17 世纪就已经到达地球了、当时世上已有不少天文学家，但竟然没有一个人记载过这次爆发。像 I·S·斯克洛夫斯基所推测的那样，那里可能隐藏着一个黑洞，黑洞吞噬了爆发中的恒星核。熄灭了超新星的火焰。空间望远镜是追踪、搜索神奇的黑洞蛛丝马迹的有效工具。

为了更好地理解黑洞，我们可以设想一个空间曲面，设想一个平整而又柔软的线性二维平面。如果我们往平面上投下一小团物质。平面就会变形或起皱，一粒弹子围绕这个皱面滚动，滚动的轨迹就像行星绕着太阳运动的轨道，根据这种解释（爱因斯坦的创见），重力就是空间结构的畸变。在这个例子中。我们看到，被物质弄弯曲的 2 维空间变成了 3 维的物理空间。设想我们生活在一个 3 维的宇宙空间里，物质将我们的住地

卡尔 萨根：宇宙

畸变成我们的直观所无法感觉的 4 维物理空间，物质的质量越大，它的重力就越大；平面越褶皱，空间的畸变或弯曲越厉害，以此类推，黑洞是一种无底的深渊。假如你掉进了黑洞，会发生什么事情呢？跟从外面看到的一样，你会觉得下落的时间无限之长，因为在别人看来，你的钟——不管是机械钟还是生物钟——都停止了。但在你看来，你的钟仍在滴答滴答地走动着。假如你能克服引力潮和辐射流的伤害、而且，假如黑洞正在旋转着（这是很可能的），那么，你可能出现在时空上完全不同的另一部分，即空间上的另外某个地方、时间上的另外某个时刻。有人提出空间有一种蛀洞，这种蛀洞有点像苹果上的蛀洞，尽管这种观点尚未得到证实。重力隧道能够提供一种星际的或星系间的通道，让我们以非凡的速度直抵难以抵达的地方吗？黑洞能作为时间机器为人类服务。，把我们带到遥远的过去和无穷的将来去吗？这些设想正在被认真、严肃、周密地讨论着。这个事实表明，宇宙是多么超现实的啊！从根本的意义上来

卡尔 萨根：宇宙

说，我们都是宇宙之子。试想。在炎热的夏天，你仰望万里无云的天空，阳光炙烤着你的面孔，如果你直视太阳。该是一件多么危险的事啊！太阳离地球足足有 1.5 亿公里远，但是我们尚能感觉到其巨大的威力。如果我们处在太阳炽热而发光的表面，或进入熊熊燃烧的核火炉中心，我们又将感觉到什么呢？太阳给予人类以温暖，养育着人类，使人类得到光明。是它使地球富饶肥沃，它的强大力量是人类的实践活动所远远不可及的。鸟儿欢快地迎接日出，甚至某些单细胞的生物也有趋光的本能。我们的祖先把太阳奉若神明⑨，这是何等的聪明！但在宇宙之中，太阳只不过是一颗普通的、甚至是平凡的星球。如果我们应该崇拜比自身强大的力量的话，难道我们不该去崇敬太阳和其他星体吗？这种敬畏之心，深深地隐藏在每一位天文调查者之中，有时埋藏得如此之深，以致研究者自己常常没有觉察到它的存在。银河系还是一个尚未探索的充满神奇的星体的世界。虽然我们对银河系进行过初步的探索，而且正碰到过其中

卡尔 萨根：宇宙

的一些星体，有几个与我们所了解的星体相似，有些则古怪到超出了我们所能想象的程度，但是，我们的探索才刚刚开始。以往的探索航行表明，我们对银河系的许多非常有趣的星体至今仍然一无所知，无法预言。在银河系以外不远的地方，几乎可以肯定存在着行星，它们环绕着麦哲伦星云中的恒星运转，环绕着银河系周围的球状星团中的恒星运转。银河系可能是一个巨大的螺旋形世界，拥有 4000 亿个星球，此外还有正在坍塌的气体云、正在收缩的行星系、发光的超巨星、稳定的中期恒星、红巨星、白矮星、行星状星云、新星、超新星、中子星和黑洞。我们这个星球上的物质、我们这个星球的形态及其大部分特征，是受生命与宇宙间深刻的内在联系所制约的。这个问题，我们从研究地球本身入手，已经逐步弄清，将来一定会在研究整个银河系行星世界的过程中进一步弄清。 _____

①人们原先认为质子是均匀地分布在电子云中，而不是在原子中心聚集成带正电荷的原子核。原子核是剑桥大学 E·卢瑟福发现

卡尔 萨根：宇宙

的，他发现某些撞击的粒子沿着它们入射的方向反弹回来。卢瑟福评述说：“这是我一生中所发生的最不可思议的事件，几乎就像向一张纸发射的一发 15 英寸的加农炮弹反弹回来打中你自己一样的不可思议。” ②作

这一计算的想法很古老。阿基米德的《数沙人》是这样开头的“有一些人，像济若王他们认为沙子的数目是无穷的，我所说的沙子不仅是指锡拉立兹周围和西西里其他地方的沙子，还包括任何地方，不论有没有人居住的地方所发现的所有的沙子。还有一些人，他们并不将其看为无穷，而只是认为没有一个已命名的数大到足以超过其值而已。”阿基米德接着不仅命名了这个数，而且估算了它。后来他问到，当时所知的宇宙能容纳多少一粒挨着一粒排列起来的沙子？他的估计是 10^{63} ，这与 10^{87} 个原子恰巧相当接近。 ③比太阳重的星体在它们最后的演化阶段会达到更高的中心温度和压力。它们能够不只一次地从灰烬中再生，利用碳和氧作为燃料合成更重的元素。 ④阿兹台克人（墨西哥印第安人）

卡尔 萨根：宇宙

曾经预言过“当地球变得疲惫不堪……当地球的子孙后代已经完结”的时刻，他们相信，到了那一天，太阳将从天空坠落，星星将从天空中抖落下来。⑤指玛雅

人（maya）族，印第安人的一个种族。⑥穆斯林的

观测者也注意到这颗新星，但在所有的欧洲纪年史中对此都没有提到过一个字。⑦开普勒在 1606 年出版

的一本书《新星》中，对超新星是宇宙中原子的某种偶然联结表示怀疑。他写道：“……这不是我的看法，而是我妻子的看法：昨天，当我写作疲倦时，被叫去吃晚饭，我要的一盘沙拉已放在我的面前。我说：‘好像只要锡盘、莴苣叶、盐水、醋、油和蛋片永远在空中到处飞翔，最后可能偶然会成为一盘沙拉’。我亲爱的妻子回答：‘是的，但不会像我的这一盘这么可口’。”

⑧ $1g$ 是物体在地球表面下落时所具有的加速度，约为 10 米/秒^2 。下落的石块 1 秒钟后速度将达到 10 米/秒 。2 秒后达到 20 米/秒 、如此等等、直到碰到地面或由于空气的摩擦阻力而减慢。在重力大得多的地方，下落物体

卡尔 萨根：宇宙

的速度也将相应增大许多。在加速度为 $10g$ 的地方，1 秒钟后速度达 10×10 米/秒 = 100 米/秒，2 秒后为 200 米/秒，以此类推。此时稍微绊一下就可能会致命的。由重力引起的加速度通常用小写 g 表示，以与牛顿的引力常数 G 相区别。 G 是宇宙各处引力强度的度量，不单单是指我们所讨论的地球或太阳的某个地方（两个参数的数量关系为 $F = mg = GMm/r^2$ ， $g = GM / r^2$ 。其中 F 为重力， M 为行星或恒星的质量。 m 为下落物体的质量， t 为下落的物体到行星或恒星中心之间的距离）。

⑨古代苏摩人表示神的象形文字就是星号——星星的符号，阿兹台克人（墨西哥印第安人）神一词为 *Teotl*，它的雕刻文字是一颗太阳，天空叫做 *Teoatl*——神海，宇宙之海。

卡尔 萨根：宇宙

第十章 永远的尽头

有物混成， 先天地生。 寂兮寥兮， 独立不改，
周行而不殆， 可以为天下母。 音不知其名，
字之曰“道”， 强为之名曰“大”。

大曰逝， 逝曰远， 远曰反。 （中国，大约

公元前 600 年） 老子(道德经·第二十五章) 在

晴朗的天空中，高悬着一条引人注目的大道，它自身发光，灿烂辉煌，称为银河。沿着这条银河，众天神来到伟大的朱庇特的住所和他的堂皇的宫苑。这里正是声名显赫威力无比的天神之家园，我斗胆称之为伟大的天窗。

（罗马）奥维德《蜕变》（1 世纪） 有些愚人妄称

是造物主创造了世界， 这种信条实不可取，理应不

屑一顾。 倘若是上帝创造了世界， 那在创世之

前，上帝独自栖身何界？ 上帝岂能无米成炊、创世

而无需以物凭借？ 倘若你说上帝先备料、后创世，

那你将永远不能自圆其说，而只能无休止地节节败退。

须知世界并非某人创造而成， 而是无始无终，如时

卡尔 萨根：宇宙

间本身无缘无界。 正是基于这种理论……

——

（印度）德富《伟大的故事》①（9 世纪） 100 亿

或 200 亿年前，一件了不得的事情发生了一宇宙大爆炸，炸出了我们的这个宇宙。大爆炸为什么会发生，这对我们来说是最大的奥秘。毫无疑问，大爆炸确实发生了。

现在宇宙中的一切物质和能量也许都以极高的密度——一种令人联想到许多民族文化中关于天地万物的种种神话的宇宙蛋——集结成完全无量纲的数学点。这并不是说把所有的物质和能量硬塞入当今宇宙较小的一隅，而是说，整个宇宙、物质和能量以及它们所充斥的空间、只占很小很小的一点体积，这就没有多少余地可供种种事件在其间发生了。 在那次巨大的宇宙爆炸中，宇宙开始了一种至今从未停止的膨胀过程。把宇宙爆炸描述为从外部观察到的一种膨胀泡，这容易引起误解。就定义而言、我们所说的外部其实什么也不是，所以最好还是从内部来考虑它。也许可以用想象中依附于空间运动结构且向各个方向均匀膨胀的格线来表示。当空间扩

卡尔 萨根：宇宙

展时。宇宙中的物质和能量随之膨胀并迅速冷缩 那个过去和现在一样充满整个空间的宇宙火球的辐射，通过光谱——从 γ 射线到 X 射线再到紫外光，通过可见光谱的虹色，进入红外区和射电区、现在，用射电望远镜可以探测到那个火球的残骸。即从天空各处散发出来的宇宙本底辐射。在早期的宇宙中，太空是灿烂辉煌的。随着时间的流逝，太空的结构继续膨胀。辐射停息了。在普通可见光中。太空第一次变得黑暗起来了。就像今天这个样子。

早期的宇宙充满了辐射和最初由氢和氦组成的充实的物质团。这些物质团是由原始致密火球中的基本粒子形成的。如果当时附近有人去观察，那是几乎什么也看不见的。然后，少量气囊——不均匀的小囊开始增大。巨大而轻薄的卷须状气态云形成了。一群群发出隆隆响声的。缓慢旋转的物体，平稳地发着光，最后形成了含有亿万个闪光点的各种天体。宇宙中最大的可辨认的结构就这样形成了。我们今天见到了它们，我们自己就居住在它们中一个默默无闻的角落，后来，我们

卡尔 萨根：宇宙

把它们叫做星系。在大爆炸发生约 10 亿年之后，大概是因为大爆炸本身的非均匀性，宇宙中的物质形成了略微凹凸不平的块状分布。物质在这些块状结构中比在其他地方更为稠密。它们的引力把附近大量的气体引向它们，从而增大了必将成为星系团的氢和氦的云。后来，极小的初始的非均匀性又使得物质形成了坚固的凝块。当引力坍缩继续时，因为角动量守恒，初生星系的旋转便不断加快。有的变平，在离心力不能抵消重力的地方，沿着自转轴把自己压扁。这些就变成了第一个漩涡星系，即一种在广袤太空中快速旋转着的轮状物质。其他一些引力较弱或自转初速度较小的原始星系只稍微变平，结果变成了第一批椭圆星系。因为万有引力和角动量守恒这些简单的自然定律在整个宇宙都一致不二，所以宇宙中有相类似的星系存在，就好像用同一个模子冲压出来的一样。为地球这个微观世界中的自由落体和花样滑冰尽力提供理论根据的物理学，造就了宇宙这个宏观世界中的种种星系。在新生星系里，小得

卡尔 萨根：宇宙

多的云块也经历了引力坍缩，内部温度变得非常高，激发了热核反应，第一批恒星也就开始运行。灼热而巨大的年轻恒星迅速演化，像浪子一样，毫不在意地挥霍其氢燃料资源，很快就在辉煌的超新星爆炸中结束了它们的生命，将热核尘埃——氦、碳、氧和种种较重的元素——还原为不断生成一代代新恒星的星际云。大量早期恒星的超新星爆炸，在紧邻的气体中产生了连续重选的冲击波，挤压着星系间的媒介物质，从而加速星系团的形成。引力是有机必乘的，即使是很小的物质凝块，它也会使之扩大膨胀。超新星爆炸的冲击波也许已经以各种规模促成了物质的增大，宇宙演变的史诗已经开始，即开始了对大爆炸产生的下列气体物质的凝缩进行分类：星系团、星系、恒星、行星，还有最终出现的生命，以及能认识一点导致生命起源奇妙过程的智慧生物——人。

今天的宇宙充满各种星系团。其中有些只是几十个星系毫无意义的、微不足道的集合体。被亲切地称之为“本星系群”中只包含两个还算大的星系，即两个

卡尔 萨根：宇宙

漩涡星系：银河系和 M31。其他星系团则大到含有数以千计的相互吸引旋转的巨大星系群。有线索表明，室女座星系团含有成千上万个星系。从宏观着眼，我们居住在一个充满星系的宇宙之中，这些星系是 1000 亿个宇宙形成和衰变的优美楷模，有的井井有条，有的杂乱无章，二者都一目了然：正常的旋涡形，与我们地球视线成不同角度的旋臂（从正面我们见到的是旋臂，从侧面看还可以看到贯穿旋臂中心的气体，如尘埃所形成的暗带）；棒旋星系，有一条气体尘埃和恒星的河，流过中心并连接两头的旋臂；稳定的椭圆巨星系，包含上百万颗恒星，因为它们已吸收或与其他星系汇合，因此变得非常大；许多矮椭圆体，星系中的矮子，每一个包含有千百万无足轻重的太阳；许许多多各种各样的神秘的不规则星系，表明了星系世界中许多已出现毛病的地方；而互绕星系如此接近，以致它们的边缘因它们的伴星系引力作用而扭曲，还有这样的情况，引力拉出一条条气体和恒星的长条，成为星系间的桥梁。有些星

卡尔 萨根：宇宙

系团中的成员星系是按球面几何体排列起来的，它们主要由椭圆体组成。其中又常以一个巨椭圆体（即假定的银河野人）处于支配地位。其他那些以更无规则的几何体排列的星系团，比较而言，拥有相当多的旋涡形和不规则形的星系。星系碰撞的结果，改变了原始球状星系团的形状，同时可能促进从椭圆形往旋涡形和无规则形演变的过程。星系的形态及其数量足以向我们讲述一个可能是最为壮观的有关古代事件的故事，一个我们刚开始阅读的故事。

高速计算机的发展，使我们有可能对几十或几万个集体运动点进行数值实验，每一动点代表一颗恒星，每个星都处在其他诸点的引力作用之下。在某些情况下，在已扁化为圆盘的星系中，旋臂完全以其自身的力量而形成。偶尔也有个把旋臂是由两个各自足足含有几十亿颗恒星的星系间的近距引力冲突而造成的。通过这种星系而弥漫扩散开来的气体和尘埃，会互相碰撞而变暖。但是当两个星系碰撞时，由于一个星系主要是空虚的，而且各恒星间的空间距离又很大，所以

卡尔 萨根：宇宙

恒星就像子弹穿过蜂群一样。毫不费力地互相穿越。虽然如此，星系的外观还是会发生严重的变形。一个星系对另一个星系的直接撞击，能使该星系的成员恒星流入星系际空间，这样。一个星系就瓦解了。当一个小星系在正面撞上一个较大的星系时，它能产生一个最壮丽罕见的不规则星系，一个跨度达数千光年宽的环形星系，反衬着星系际空间的天鹅绒背景。它是星系池中一种飞溅、崩裂瓦解后的恒星的一种暂时的外貌。一个被拔除了核心的星系。

不规则星系的结构不清的黑斑，漩涡星系的旋臂，以及环形星系的环面，在宇宙影中只闪现在不多的几个镜头中，然后就消散了，而后往往又重新形成。我们感觉中的星系是极重的坚固天体，这其实是一种错觉。它们是由 1000 亿个星状成分组成的流体结构。正如一个人。他是由 100 万亿个细胞组成的集合体，很有特征地处于合成和衰变间的稳定状态，整个人体大于其各部分的总和。星系也是这样。

星系中的自杀率很高。强大的 X 射线源、红外辐射和射电波源就是一

卡尔 萨根：宇宙

些近例。距离约有数千万或几亿光年远。它们有着极度发光的核，在光亮中波动达数星期之久。有些显示出辐射流、1000 光年长的羽状物和在混沌中的尘埃盘，这是一些正在炸毁自己的星系。在诸如 NGC625 和 M87 一类的巨形椭圆星系的核中、可能存在质量比太阳大几百万倍到几亿万倍的黑洞。在 M87 里面。有些从比太阳系小的区域来的质量巨大、密度极高而体积又很小的东西，像钟表似地在持续活动，并且呜呜作响。黑洞很复杂，而在数 10 亿光年之外则是更为混杂的天体——类星体，它们可能是一些年轻星系的大爆炸，即自宇宙大爆炸本身发生以来宇宙史上最大的事件。 “Quasar”（类星体）这个词是 “quasi-stellar radio source”（类—恒星的射电源）的缩略词。在它们并不都是强大的射电源这一事实弄清楚后、它们就被称为 QSOs（类恒星天体 quasi-stellar object）了。因为它们表面像星，所以人们曾自然而然地认为它们是我们这个星系中的恒星了。但用分光仪对它们的红移现象进行观察表明。它们

卡尔 萨根：宇宙

的距离可能极为遥远。它们似乎朝气蓬勃地参与了宇宙的膨胀，有些正以 90% 的光速退离我们。如果它们确实非常遥远，那么它们必定本身就极为明亮。才可能在那么远的距离外还能被看见，其中有的就像 1000 颗同时爆炸的超新星一样亮，正如“天鹅座 X—1”一样，它们的迅速波动，表明它们的巨大亮度被封闭在一个很小的容积内。这样它就小于太阳系的体积了。一定有某些巨大的活动使类星体内的能量大量外泄。对此有各种假说，其中包括（1）类星体是巨型的脉冲星、有一个与强磁场相连的迅速自转的超大型的核；（2）类星体是由于密集于星系核心内的数百万颗恒星多次碰撞而撕开了其外层。把巨大恒星内部高达 10 亿度的温度暴露在整个视野之下而出现的；（3）一个与此有关连的观点是：类星体也是一种星系，在这种星系内，恒星如此紧密地聚集在一起，以致一个类星体内的超新星爆炸会掀掉另一个类星体的外层而使它变成一颗超新星，从而产生恒星链锁反应；（4）类星体是从始至今日还多少保存于类星体内的物质

卡尔 萨根：宇宙

和反物质相互间的激烈的湮灭中获得动力的；（5）类星体是一种当气体、尘埃及恒星落入该星系核中的巨大黑洞时释放出来的能量，这个星系本身也许就是较小的黑洞长年累月的碰撞和凝聚过程的产物；（6）类星体是作为黑洞的反面的“白洞”，一种使注入宇宙其他部分甚至别的宇宙的大批黑洞中去的物质汇集和显示的过程。在考虑类星体时，我们遇到了许多深奥的秘密。不论类星体爆炸的原因何在，有一点似乎是很明显的：这样的极端猛烈的事件必定造成不可言状的大破坏。在每次类星体爆炸过程中，都有几百万个世界——其中有的世界有生命和能够理解所发生的事件的智力存在——可能被彻底毁灭。对星系的研究揭示了宇宙的秩序和宇宙之美，同样也向我们显示了一种至今连做梦也想象不到的剧烈的混乱。我们能生活在允许生命存在的宇宙中，这是非同寻常的；我们生活于其中的是一个毁灭星系，毁灭恒星和毁灭种种世界的宇宙，这也同样是非同寻常的。这个宇宙对诸如我们人类这样的微不足道的生物来说，似

卡尔 萨根：宇宙

乎既无善意，也无恶意，只是漠不关心罢了。甚至像银河系那样，看起来彬彬有礼的行星，也自有其激动起舞的时候。射电观察表明，有两片足以制造几百万个太阳的巨大氢云从银心骤然跌落，就好像那儿不时在发生轻度爆炸似的。一个在地球轨道上运行的高能天文台已经发现，银心是某种独特的 γ 射线谱线的巨大源泉，这完全符合那种认为在银心隐藏着巨大黑洞的观点。像银河系这样的星系也许正处于不断演化进程中的稳重的中年；这种星系，在其激烈的青春期中包含有类星体和爆发星系，因为这些类星体距离如此遥远，以致我们见到的只是它们的青春期，是它们几十亿年前的模样。银河系的恒星运动起来优美雅致，自成流派。球状星团冲过银面，并从另一边出来，此后，它们就降低速度，返身冲回。如果我们能够尾随一个个具体的恒星看它们在银面上疾驰的独特运动，就会发现它们像是一锅炒玉米花。我们从未看见某个星系较明显地改变其形式，这是因为这个变化过程需要很长时间。银河每自转一次要

卡尔 萨根：宇宙

2. 5 亿年。如果我们使之加速自转，我们会见到银河系是一个活动的、几乎是有机的实体，有几分像一个多细胞有机体。星的任何一张天文照片，只不过是它笨重缓慢的运动和演化过程中某一阶段的一张快照而已。②星系内部区域像固体一样自转。但是，此外其外层地区的自转运动逐步变慢，就跟太阳周围的行星遵循开普勒第三定律而自转一样。它的旋臂有缠绕其核的趋向，并且旋涡在不断紧缩，而气体和尘埃则以更大密度的旋涡形式而聚积，它们又成了那年轻、炽热和光亮的恒星的形成场所，这些恒星勾出了其旋臂外形的轮廓。这些恒星照耀 1000 万年左右，只相当于银河系自转周期的 5%。但当那些勾出了旋臂外部轮廓的恒星燃烧殆尽时，新的恒星和相联星云便随后形成，而旋涡型式则持续不变。那些勾勒出旋臂外部轮廓的恒星的生命比银河自转一次的时间短得多，留下的只有旋涡型式。绕银心转动的任何一个特定恒星的速度，通常与旋臂中恒星的速度不同。太阳一直以每秒 200 公里（大约每小时 50 万公里）

卡尔 萨根：宇宙

的速度绕银河系中心旋转，而它进出旋臂的速度则经常是前者的 20 倍。平均说来，太阳和它的行星在一个旋臂里要花 4000 万年时间，在外面要花 8000 万年时间，进去还要花 4000 万年，循环往复。旋臂勾勒出最近正在形成的许多新恒星的区域，但并不一定是像太阳一样的中年恒星所在的区域。在这个纪元，我们住在旋臂之间。太阳系穿过旋臂的周期也许对我们具有很重要的影响。大约在 1000 万年前，太阳从猎户旋臂的谷德带中出来。猎户旋臂现在的距离略远于 1000 光年（猎户臂的内部是人马座臂；而英仙座臂则在猎户座臂之外）。当太阳穿过旋臂时，与现状相比则更能进入气体星云和星际尘埃云、并更可能遇到次星质量的天体。已经有人提出，我们行星上的主要冰川期，也许是由于太阳和地球间星际物质的介入造成的。大概每隔 1 亿年左右重现一次。W·纳皮尔和 S·克拉波已经提出太阳系中的许多卫星、小行星、彗星和绕行星旋转环，曾在星际空间自由徘徊，直到太阳冲过猎户旋臂时，它们才被捕获。虽然这也许不

卡尔 萨根：宇宙

大可能。但却是一种引人入胜的想法，也是能测定的。我们所要做的一切，就是设法得到像火星的内卫星或彗星那样的取样，然后检验其镁同位素。相当丰富的镁同位素，（都有相同数目的质子。但有不同数目的中子）取决于产生了镁的任何特殊标本的恒星核聚变事件的精确结果。其中包括邻近超新星爆炸的时限。在银河系的不同角落，本会出现事件的不同结果，并总会出现不同比率的镁同位素。

大爆炸的发现和星系的退行，来自一种叫做多普勒效应的常见的自然现象。对于声物理学的多普勒效应，我们是习惯的。从我们身边疾驰而过的汽车，当司机按响喇叭时，司机在车内听到的是一种固定音调的平稳的嘟嘟声；而我们在车外听到的则是音调的特有变化。在我们听来，喇叭声从高频向低频逝去。以每小时 200 公里的速度行驶的一辆高速汽车，几乎是空气中一高一低、一高一低的连续波，波与波离得越近，音调就越高。如果一辆汽车驶离我们而去，它便拉长了声波，在我们看来，它便使声波降到较低声调，产生了

卡尔 萨根：宇宙

我们所熟悉的特有的声音。如果汽车向我们驶来，声波就会被压缩，其频率就增高，我们就会听到一阵高音调的声音。我们闭上眼睛也能从其音调的变化来推定汽车的速度。

多普勒效应。一个静止的光源或声源发射出一组圆形波。如果其源从右向左移动。波的中心便由 1 渐进到 6。在 B 处的观察者看到波拉长了，而在 A 处的观察者则看到波缩短了。远去的源被看做红移（波长拉长）近来的源被看作蓝移（波长缩短）。多普勒效应是宇宙学的关键。

光也是一种波。与声音不同的是，光极易穿过真空。多普勒效应在此也起作用。如果汽车由于某种原因向前方发射出一束纯黄色的光，而不是发出声音。那么汽车向我们逼近时，光频就会稍微降低。在通常速度下这种效应难以觉察。然而，如果设法使汽车以几分之一的光速行驶，我们便能观察到向高频变化的光色，即当汽车逼近我们时，光色接近于蓝色，当汽车退离我们时，这向低频变化的光色就接近于红色。我们能觉察到以非常高的速度向我们逼近的天体具有蓝移的

卡尔 萨根：宇宙

谱线色彩；以极高速度退离我们的天体则具有红移谱线。

③在遥远星系谱线中观察并解释为多普勒效应的这种红移，是宇宙学的关键。 本世纪初，为眺望当时还是

晴朗的洛杉矶上空，以便发现遥远的星系的红移现象，在威尔逊山上建造世界上最大的望远镜。望远镜的大部件必须运送到山顶上，这项工作是由骡马队干的。一位名叫弥尔顿·哈马森的年轻骡皮商，帮助把望远镜的机械和光学设备、科学家、工程师以及种种显贵人物运送上山。哈马森经常骑马指挥他的骡马队。马鞍后边站着他的白色小猎犬，它的前爪就搭在他的肩膀上。他是一个刁着烟斗的杂工、一个赌场老手、弹子戏行家，是一个当时被称为好对妇女献殷勤的男子。他受的正规教育不过 8 年，但他聪明好奇、天生好学，对被自己艰难地运到高山顶上去的设备很感兴趣。哈马森那时与天文台一位工程师的女儿相好，而这位工程师看到自己的女儿看中一个只甘当骡皮商而没有更大抱负的小伙子，便持保留的态度。因此，哈马森在天文台干一些杂活，诸如

卡尔 萨根：宇宙

电工助理、看门、擦地板等。真是无巧不成书，一天夜里，值夜班的望远镜助理身感不适，便问哈马森是否可以暂代他的岗位。哈马森便趁机显露了他对于仪器的精湛技巧，小心照管好仪器，结果很快成为一名固定的望远镜操作员和助理观察员。

第一次世界大战后，埃德温·哈布尔（扫校者注：即埃温德·哈勃，哈勃定律的提出者）来到威尔逊山，并且很快就出了名。他是一位文雅、善于交际的天才学者，说话带有浓厚的英国腔，在短短一年里就获得牛津大学的罗兹（Rhodes）奖学金。正是这个哈布尔，提出了这样一个确定的论断，即：旋涡星云实际上就是“宇宙岛”，像我们自己的银河系一样，是由无数个恒星组成的集合体。他计算出了用来测量星系距离所需的恒星标准烛光。哈布尔和哈马森合作得很好，是一对难得的和谐共事的望远镜工作者。他们效法洛韦尔天文台天文学家 V·M·斯莱弗，开始测量遥远星系的光谱。不久，哈马森就明显地表现出比世界上任何一个职业天文学家更具有才智去测得遥远星系的高

卡尔 萨根：宇宙

质量的光谱。他成了威尔逊天文台的正式工作人员，学会了他工作上所需要的许多科学基础知识。他逝世时颇受天文学界的尊敬。来自某个星系的光是该星系内

几十亿颗恒星所发射的光的总和。当光离开这些恒星时，恒星最外层的原子就吸收了它的一定频率和某些颜色。

最后，这些光谱线向我们表明数百万光年远的恒星含有与我们的太阳及其邻近恒星所含的相同化学元素。哈马森和哈布尔惊奇地发现，所有遥远星系的光谱都有红移，他们更为惊讶的是，星系离我们越远，谱线红移就越多。

对红移的最明确的解释要依据多普勒效应：星系在远离我们，星系离我们越远，其远离速度就越大。但是，星系为什么会逃离我们呢？难道我们在宇宙中所处的位置有什么特殊，银河在星系社会生活中似乎表现了某种漫不经心而又令人不快的举动吗？似乎更为可能的是，宇宙本身在膨胀，从而影响了星系。逐渐澄清的事实是：哈马森和哈布尔发现了大爆炸——它即使不是宇宙的起源，至少也是宇宙起源的最新化身。几乎所有的现

卡尔 萨根：宇宙

代宇宙学——特别是关于膨胀宇宙和大爆炸的观点——都是基于这么一个观点的，即：遥远星系的红移是多普勒效应，并起因于它们的远离速度。但是，自然界中还存在着其他种种红移。例如引力红移，在这种红移中，有一种离开强引力场的光，必须做许多功才能摆脱强引力，这样，它在其行程中便失去能量。这是一个被遥远的观察者理解为逸散光移为较长波长和更红颜色的过程。因为我们认为在某些星系中心可能有一些巨大的黑洞，所以这是对它们红移现象的一种可信的解释。然而，观察到的特殊谱线经常具有非常轻薄的扩散气体的特色。附近黑洞并非一定出现很高的密度。或者，红移也许是多普勒效应，并不是由宇宙的一般膨胀引起的，而是由一个较小和局部的星系爆炸引起的。不过。这么一来，我们就应指望飞向我们的爆炸碎片与飞离我们的一样多，指望蓝移与红移一样多。然而，不管我们把望远镜对准本星系群以外的多么遥远的天体，我们实际上看到的几乎只有红移，别无它物。 不过，关于从多普

卡尔 萨根：宇宙

勒效应到星系红移以及宇宙在膨胀的推导是否完全正确。一些大文学家对此抱有吹毛求疵的怀疑态度。天文学家霍尔顿·阿尔普发现了种种不可思议的和混乱的情形，即：处在明显自然共生组中的一个星系和一个类星体，——或一对星系，具有极不相同的红移。偶尔似乎有连结它们的气体、尘埃和恒星桥的存在。如果红移是由宇宙的膨胀而引起的。那么极不相同的红移寓示着极不相同的距离。但自然连结着的两个星系几乎不可能又彼此离得很远，有时竟相隔有 10 亿光年远。持怀疑态度的人说这个共生的说法纯属统计学上的认识。例如。邻近亮星系和遥远得多的类星体只是偶尔沿视线排列。每个都有极不相同的红移和极不相同的远离速度；它们之间并没有真正形体上的联系。这种统计排列一定会不时地偶尔发生。这种争论的中心在于巧合的数目是否大于偶然的数目。阿尔普提到了其他情况，在这些情况下，红移小的星系的两侧有两个具有几乎相同的大红移的类星体。他认为，类星体不在宇宙论距离上，而被处在“前

卡尔 萨根：宇宙

景”的星系或左或右地逐出去。这种红移是某种尚未探明的作用过程的产物。持怀疑态度的人论证了偶然巧合的排列和传统的哈布尔——哈马森对红移的解释。如果阿尔普是正确的，那么，用来解释遥远类星体能源的外来机理——超新星链式反应、超大黑洞等等——就证明是没有必要的了。那么，类星体就不一定是非常遥远的、这就需要某些其他外来机理来解释红移。在任何一种情形中，太空深处都正在发生着一些非常奇怪的事。用多普勒效应解释的具有红移的星系视退离，并不是大爆炸的惟一证据。独立而又相当有说服力的证据来源于宇宙黑体背景辐射，即来源于以我们纪元中所期望的强度，相当均匀地来自宇宙中的各方向电波模糊的静电干扰，以及来自现在实际上冷却了的大爆炸的辐射。但在这点上也同样存在着令人困惑的东西。用 U—2 飞机把敏感的无线电天线送到接近地球大气层顶部所进行的观察已经表明，背景辐射大体上在所有方向都一样强，好像大爆炸火球相当均匀地膨胀一样，具有很准确。很对称

卡尔 萨根：宇宙

的宇宙起源。但背景辐射一经更精确的检查，便证实并非完全对称。如果整个银河系（也许还有本星系群的其他成员）以每小时 100 多万英里（每秒 600 公里）的速度朝室女座星系团疾驰，则有一个可能被理解的很小的系统效应。以这种速率。我们将在百亿年内到达室女座星系团，那么研究河外天文学也就会容易得多了。室女星团是已知的最丰富的星系集团，充满了旋涡、椭圆体和不规则体，真是天空中的上个珠宝盒。但为什么我们会朝着它疾驶而去呢？乔治·斯姆特和他的同事们进行了这些高空观察，指出在引力作用下，银河系正被拖向室女座星团的中心，该星团有着比我们以前已探测到的多得多的星系；更令人惊讶的是，这个星系团具有巨大的容积，能跨越 10 亿或 20 亿光年远的巨大空间。可探测的宇宙本身只有数百亿光年宽，要是室女座群星有一庞大的超星系团，那么在遥远得多的距离中大概还有其他相类似的超星系团存在，相对来说，要探测到这类超星系团就更困难了。在宇宙生命史中，初始引力多相

卡尔 萨根：宇宙

性显然没有足够时间来聚积似乎存在于室女座超星系团中的大量的物质，因此，斯姆特试图得出这么一个结论，即大爆炸的一致性要比他从其他观察中所发现的少得多，宇宙中的原始物质是以多块状播散开来的（某些小块度是在预料之中的，而且甚至确实是了解星系的凝缩时所必需的。但在这个尺度上小块度却是一种意外）。或许只能通过设想有两个或更多个几乎同时发生的大爆炸，才能解答这个难题。即使对膨胀宇宙和大爆炸的整个描述是正确的，我们也一定还会遇到更加棘手的难题。大爆炸时的种种情形是怎样的呢？在此之前发生过什么情况呢？是否有一个极小的宇宙，它没有任何物质，然后物质突然从虚无中冒了出来？那一切又是怎样发生的呢？许多民族的文化惯于用上帝从虚无中创造世界来回答这个问题。但这种解释只是暂时成立的。如果我们勇气打破砂锅问到底的话，当然我们就要接着提出上帝又是从哪儿来的问题，要是我们觉得这是一个无法解答的问题那为什么不直截了当地断定：宇宙的起源

卡尔 萨根：宇宙

同样也是一个无法解答的问题呢？换一句话说，如果我们认为上帝一直就固有存在，那为什么又不直截了当地肯定宇宙也是一直就固有存在的呢？每一种民族的文化都有其创世之前和创造世界的神话，这些神话往往又配上神明或安排一个“宇宙蛋”。通常，宇宙又被天真地想象为遵循人或动物的先例。这里列举 5 个太平洋海盆区的神话，这些神话的复杂程度各不相同：最初，一切都在永恒的黑暗中休眠：夜幕就像不能穿越的灌木丛一样笼罩着一切。中澳大利亚阿拉达族创世祖神话 一切都处于悬疑之中，平静而默然；一切都静止不动；天空浩瀚而空荡。玛雅族克丘亚人神话 那·阿里安像一朵在虚无中飘浮的云彩一样，孤独地坐在太空之中。他不睡，因为不知睡为何物；他不饿，因为他不知饿为何感；于是他就这样不吃不睡地过了很长时间，直到一个思想在他脑海中浮现。他自言自语地说：“我要创造出一件东西来。”吉尔伯特群岛迈亚纳岛神话 起先有一个很大的宇宙蛋。蛋内是一团混沌：这混沌中

卡尔 萨根：宇宙

漂浮着发育不全的神圣胚胎盘古。盘古从宇宙蛋中迸发出来。后来，身材比现在任何人大 4 倍，手握他用来开天辟地的锤子和凿子。中国的盘古神话（大约 3 世纪）天空和大地成形之前，一切都含混而无形……那些清澈而轻盈的东西飘扬而上，变为天空；而那些混浊而沉重的东西凝固下来，变为大地。那些纯洁、精细的物质很容易聚集在一起，而那些沉重混浊的物质则极难凝固成形。所以，天空先完整地形成了，而后才形成大地。当天空和大地在虚无中接合起来时，一切都还是原始而朴素。就这样，未经任何创造，事物就出现了。这就是大同。一切事物都出自这个大同，但都变得互不相同了……。中国《淮南子》（大约公元前 1 世纪） 这些神话歌颂了人类的胆识。这些神话与我们关于大爆炸的现代科学神话之间的主要差别在于，科学是自问自答的，我们能进行实验和观察来验证我们的设想。而那些关于创世的故事只值得我们深深地敬佩。 人类各种文化都喜欢自然界中的循环现象。但是，有人认为，如

卡尔 萨根：宇宙

果神不授意于它们，那些循环又怎能出现呢？如果在人类漫长的岁月中存在着循环，那么在永恒的神境里就不可以有循环吗？在致力于阐明宇宙本身经历了许多次，实际上无限多次的消亡和再生方面，印度教是世界上惟一享有盛誉的宗教。它是惟一的一种，其时间尺度无疑是偶然地与现代科学宇宙学的时间尺度相一致的宗教。其循环周期是我们平常的一天一夜到婆罗门的一天一夜，86.4 亿年，比地球或太阳的年龄还长，大约是大爆炸发生以来的时间的一半，而且还有长久得多的时间尺度。

有一种十分引人的深奥信念，说宇宙只不过是神的一种梦境，这神在 100 个婆罗门年后，自己将消失，在无梦的睡眠中。宇宙随着神而消失，直到另一个婆罗门世纪时，他动起来，重整旗鼓又开始做伟大的宇宙梦。同时，别处还有无穷多的其他宇宙，各有自己的神在做着各自的宇宙梦。这些伟大的设想被另一个或许更为伟大的想法所冲淡。据说，人不可能成为神梦的对象，相反，神却能成为人梦的对象。

印度有许多神，并且

卡尔 萨根：宇宙

每个神又都有多种表现形式。11 世纪铸造的青铜像就铸有主神湿婆的几种不同化身。这些不同化身中最高雅、最尊贵的就是体现每个宇宙周期之始创造宇宙的一种化身，即称为主神湿婆的宇宙之舞。在这个叫做纳塔拉亚，即舞王的化身中，湿婆神有 4 只手。其右上手中拿着的是一面其声音就是创世音的鼓；其左上手中拿着的是火舌，暗示新近创造的宇宙会在数十亿年后被彻底摧毁。我喜欢把这些深奥而动人的图像想象为现代天文学的前兆。自大爆炸发生以来④，宇宙很可能一直在膨胀，但绝非表明它将长此不懈地膨胀下去。这种膨胀过程可能逐渐减慢，停止下来，然后便自行收缩。如果宇宙中的物质少于某一临界量，退行星系的引力就不足以使膨胀停止下来。这样，宇宙就会永远失去控制。但如果宇宙中的物质比我们所见到的要多，比如说藏在黑洞或藏在星系之间的热而不可见的气体中，那么，宇宙就会因引力作用而保持一体，略带一个印度式的连续周期，膨胀之后出现收缩，宇宙之外还有宇宙，宇宙是无终结的。

卡尔 萨根：宇宙

如果我们生活于其中的是这么一个不断地膨胀、收缩、再膨胀、再收缩的振荡宇宙，那么，大爆炸就不是宇宙的创始，而只是前一个周期的终结，也就是宇宙最新化身的毁灭。

上述两种现代宇宙学没有一种能让我们十分喜爱。其中一种认为，宇宙是以某种方式在 100 亿或 200 亿年之前被创造出来的，永远不停地膨胀，星系互相远离，直到最后一个星系在我们的宇宙地平线上消失为止。那样一来，星系天文学就无事可干了。恒星冷却并且消亡了，物质本身腐烂了，宇宙则成了一缕冷薄的基本粒子的烟雾。另一种学说。即振荡宇宙学说则认为，宇宙既无始也无终。我们处在宇宙死亡和再生的无限循环之中，没有任何信息流过这种振荡的顶峰。宇宙前一化身中演化了的星系、恒星、行星、生命形式或者文明，无一能够徐徐地进入顶峰，颤悠悠地飘过大爆炸而为我们现今的宇宙所知。两种宇宙学说所论的宇宙命运，似乎有点令人失望，但我们可以在有关的时间表中获得安慰。这些事件的发生需要数百亿年或更多的时间，

卡尔 萨根：宇宙

而人类和我们的子孙后代——无论他们是些什么人——在宇宙消亡前的数百亿年里能够完成许多光辉业绩。如果宇宙确实振荡，那便产生了更奇怪的问题。一些科学家认为，当膨胀之后收缩的时候，当遥远星系的光谱都发生蓝移的时候，因果就会颠倒，效应会先于起因，就好像先有涟漪从水面一点向四处蔓延，而后我才投石于池塘中；也好像先有出现火把熊熊燃烧而后我才点着它。这种因果倒置意味着什么，对此，我们不能不懂装懂。难道人们能在同一时间中从坟墓中诞生，并从母腹中别世吗？时间会倒退吗？提这些问题有什么意义呢？科学家们极想知道的是：从收缩到膨胀的转换过程中，到底振荡着的宇宙在顶峰发生了什么情况？有的认为，那时自然规律任意做了重新安排，管理这个宇宙的物理学和化学只代表范围无穷大的诸多自然法则中的一条法则。不难看出，只有范围有限的几条自然规则与星系以及恒星、行星、生命和智能的实际相一致。如果种种自然规则在顶峰不可预测地进行再分类，那么只有通过最

卡尔 萨根：宇宙

特殊的巧合，宇宙自动售货机才会提供一个与我们相一致的宇宙。⑤ 我们到底是居住在一个永远膨胀的宇宙之中，还是在有一组无限循环周期的宇宙之中呢？有种种方法可以找到这个答案：既可以通过对这个宇宙中的物质的总量进行精确的普查的办法，也可以通过查看宇宙边缘的方法。射电望远镜能探测到非常模糊而又非常遥远的天体。当我们遥望九霄云外的空间时，同时也就在追溯远古的时间。离我们最近的类星体大概离我们 5 亿光年远，最远的可能离我们 100 亿或 120 亿甚至更多一些光年。如果我们看到 120 亿光年远的天体，那实际上我们就是看到了它 120 亿年前的样子，通过遥望九霄云外的空间，我们就是在追溯遥远的过去，追溯到宇宙的地平线，追溯到大爆炸的纪元。正大天线阵（VLA）是在美国新墨西哥州的一个偏远地区上的 27 个各自独立工作的射电望远镜集合群体。它是一个相控阵，由电子装置把一个个独立工作的望远镜连结起来，就像是一个大小同其最微小的元件一般无二的望远镜，

卡尔 萨根：宇宙

又像是一个几十公里宽的射电望远镜。正大天线阵（VLA）能分辨或识别光谱射电区的细小清晰度，可与地面最大望远镜在电磁波谱中光学区所能做到的相匹敌。有时候，这种射电望远镜与地球另一侧的望远镜连结一起，形成了可与地球直径相比的一个基线，在某种意义上说，就是一架像地球这个行星一样大的望远镜。将来，我们也许会有绕向太阳另一端的地球轨道望远镜，效果上相当于一架与内太阳系一样大的射电望远镜。这种望远镜可以揭示类星体的内部结构和本质。也许将得出类星体的标准烛光，并测定类星体的距离确与它们的红移无关。知道了最遥远的类星体的结构和它们的红移，我们也许就能弄清几十亿年以前宇宙膨胀的速度是否更快些，现在是否正在变慢，宇宙是否会在某一天毁灭。现代射电望远镜灵敏度很高，遥远的类星体如此模糊不清，以致所探测到的辐射大约相当于千万亿分之一瓦特。地球上所有射电望远镜已经收到的来自太阳系外的总能量，要少于一片雪花落地所产生的能量。在探测宇宙背

卡尔 萨根：宇宙

景辐射，计算类星体数、搜索空间智能信号的过程中，射电天文学家们正在研究处理的，只是少得几乎根本不存在的能量。某些物质，特别是恒星中的物质、在可见光中发光，显而易见。其他物质，如星系界外的气体和尘埃，就难以探测到。虽然它好像在发射电波，但它却不发射可见光。正是由于这个原因。我们才需要利用外来仪器以及和我们肉眼敏感的可见光不同的频率，来解释宇宙学之谜。在地球轨道中所进行的观察，已经发现星系间有强 X 射线辉光。起先认为它是热的星系际氢，以前从未见过如此大量的氢——大概足以闭塞整个宇宙，足以保证使我们陷于振动宇宙的困境。但是吉亚科尼进行的最新观察，已经能够把 X 射线辉光分辨成许多单个的点，大概是遥远类星体巨群。这也为宇宙提供了前所未有的质量。当宇宙财产目录制成的时候，所有的星系、类星体、黑洞、星系际氢、引力波，还有太空外来居民统统被总结起来时，我便就会知道我们居住在什么样的宇宙之中了。在讨论宇宙的大规模结构

卡尔 萨根：宇宙

时，天文学家总喜欢假定空间是弯曲的，或者说宇宙没有中心。或者宇宙是有限而无边际。他们究竟在谈论什么？让我们来设想我们居住在一个奇怪的国家，那里人人都是平展展的。跟随住在维克多利亞时期的英格兰的一个研究莎士比亚的学者艾勃特，我们来到称为“平面国”的一个地方。我们中有些人是正方形，有些是三角形，有些具有更复杂的外形。我们匆忙进出于我们的平面建筑，从事平面公务，荒唐度日。平面国的每一个人只有宽度和长度，却没有一点高度。我们只知道前后左右，但若没有提示，一点儿也不理解什么是“上和下”——只有平面数学家才知道它。他们说：“听着，这事真是非常容易。想象一下左右方向，想象一下前后方向。这样想象不难吧。呃？现在来想象另一种维度，与其他两边成直角。”而我们则莫名奇妙，问：“你们在说些什么呀？‘与其他两边成直角’，是吗？可世上只有两维。要我们指向的那个第三维，可它在哪儿呢？”这些数学家们一听就泄了气，没精打采地走了。谁也不

卡尔 萨根：宇宙

去理睬什么数学家。平面国上的每一正方形伙计只看到另一正方形的某条线的一段，即只看到离它最近的那一面。稍微走开点它才能看到正方形的另一面，但正方形的内部却永远是个谜，除非某个意外事件或对它进行解剖而打破它的各个面。使其内部状况暴露出来。有一天，一个三维生物——假定外形像个苹果——来到“平面国”。在其上空盘旋。当它观察到有个特别引人注目并令人赏心说目的正方形正进入它平面房子的时候，这个苹果形的生物便拿定主意要向这个正方形致意——用维际间友好的手势表示问候：“您好！”第三维的访问者说道：“我是来自第三维的访问者。”可怜的正方形环顾了一下它关闭着的房子，什么也没看见。更糟糕的是，在它看来，从上方进来的问候声似乎是从它自身的平面体内发出来的。也许它此刻兴致勃勃细地想到：神经有点错乱正是它这个家族世代相传的通病。苹果的问候竟然被正方形误认为是其本身的一种心灵失常，这大大激怒了这个苹果。于是，它降落到“平面国”

卡尔 萨根：宇宙

上来。在“平面国”上，三维伙计只能部分存在。只有一个截面能被看到，即那些与平地的平面所接触的点。一个在平地上蜿蜒滑动的苹果，首先总是作为一点出现的，然后逐渐变大，成为近乎环形的薄片。正方形看到了在它的二维世界的紧闭房间中出现了一个点，这个点慢慢变大，逐渐成了一个圆形。一个不断变化形状的陌生伙计蓦地出现了。由于对这个平展展的愚笨家伙感到失望和不满、苹果便撞了正方形一下，让它腾空而起，飘飘然旋而进入那个神秘的第三维。起先，正方形对正在发生的一切感到莫名其妙，它从未经历过这种事情。但它终于意识到自己正从一个独特的有利角度上观察平面国，即“居高临下”。它可以透视关闭的房间，透视它的平面伙伴们。它正从一个独特而绝妙的视角上观察着世界。穿过另一维，这一动作的附带利益是使正方形获得了一种 X 射线视觉。最后，我们的正方形像一片落叶一样慢慢降回到平面上，在它的平面国同胞们看来，这个正方形先是已经莫名其妙地从紧闭的房间中消

卡尔 萨根：宇宙

失，而后再令人费解地蓦然显形了。它们说：“天哪！你到底怎么啦？”“我觉得”，它不由自主地答道：“我在上面来着。”它们轻轻拍打着它的各个边，安慰它。

幻觉始终是它的家族病。 在这些维际设想中，我们

不必局限于两维。遵照艾勃特的观点，我们可以设想一个一维世界，在那里每个人只是一条线的切段，或者甚至可以设想一个零维兽，即许多点的奇妙的世界。但多维的问题也许更为有趣。还能有第 4 维度吗？⑥ 我

我们可以设想用如下的方法来组成一个立方体：取一定长度的一段线，沿直角以其相同长度移动，这样就得到了一个正方形。然后又以相同的长度把这个正方形移到与其本身成直角的位置，这样就可得到一个立方体。我们认为，这个立方体会有一片投影，我们通常把这片投影画成其各角顶相连结的两个正方形。如果我们以两维来检查立方体的投影，就会看到：并不是所有的线都等长，它们的角也并非都是直角。这个 3 维体在其两维变体中并未得到完美的体现。这就是在几何投影中失去一维的

卡尔 萨根：宇宙

代价。现在，让我们把这个 3 维立方体取出来，按与其本身成直角的角度，使之穿过一个第 4 物理维，既非前后、左右挪动，也非上下升降。而是同时与前后、左右、上下等这些方向成直角。我无法向你表明那到底是什么方向，但我却能想象这种方向确实存在。在这种情况下，我们准能造出一个 4 维的超正方体来，也叫做四方体的 4 维模拟。因为我们把自己限死在 3 维之中，所以我无法让你们看看田形体（四方体的 4 维模拟）是个啥模样。而我所能给你看的只是田形体的 3 维投影：它类似于两个套装在一起的立方体，其各角顶以线连结。但是，作为真实的 4 维田形体，它所有的边应等长，所有的角都为直角。

设想一个完全像“平面国”那样的宇宙，它们的两维宇宙是随第 3 物理维而弯曲的，只是不为其居住者所知罢了。当平地居民们作一次短途旅行时，它们的宇宙看起来是很平的。但如果它们中的某个人沿着似乎是一条很直的线走很长很长的一段路，它就会发现一个伟大的奥秘：虽然它并未遇到障碍，也从未走回头

卡尔 萨根：宇宙

路，但它莫名其妙地又回到了它出发的地点。它的二维宇宙一定已经变弯了，随神秘的第 3 维而变得弯曲了。它无法想象那个第 3 维是个什么模样，但它能推断它，使本故事中所有各维增加一维，你就会得到与我们相符的情形。

宇宙的中心在哪里？宇宙是否有边缘？边缘之外又有什么？在两维宇宙里，由于它随第三维而弯曲，所以没有什么中心，至少在球体表面上没有中心。这样的宇宙中心并不在那个宇宙里，令人费解的是它处于第 3 维中，即球体内部。尽管球体表面只有这么多面积，但这个宇宙却没有边缘——它是有限而无边际的。所以，在它之外有些什么的问题是毫无意义的。平面生物不能依靠自身的力量逃离它们的二维世界。

在所有各维上增加一维，结果就会得到可能与我们相符合的情形：作为宇宙，4 维超球体没有中心，也没有边缘，在它之外什么也没有。那么，为什么所有的星系似乎正在远离我们呢？超球体从一点开始膨胀，像一个胀大的 4 维气球一样，每时每刻都创造更多的宇宙空间。膨胀开

卡尔 萨根：宇宙

始后的某个时候，星系凝缩了，并在超球体表面向外移动。每一星系中有许多天文学家，他们所见到的光也局限在超球体弯曲表面上。由于球面膨胀，任何星系上的某个天文学家都会以为所有的其他星系正在远离它。不存在任何特许的参照系。⑦星系离得越远，退行就越快。星系嵌于空间，附于空间，而空间结构在膨胀，问题是大爆炸曾发生在现在宇宙什么地方？显然答案是：到处发生。

如果没有充足的物质来阻止宇宙永远膨胀下去，那么它必定会有一个开口形状，像一个弯曲的马鞍，其表面以我们的 3 维数学比例而无限延伸。如果有足够的物质，那么宇宙就会有一个闭合的形状。像以我们 3 维模拟那样弯曲的球面。要是宇宙是闭合的，光就会陷于其中。在本世纪 20 年代，观察家们在与 M31 相反方向上发现了一对遥远的旋涡星系。他们极想弄清这是否可能是他们从另一方向看到了银河和 M31——这像用一种环射宇宙的光看见你自己的后脑一样。现在，我们已经知道，宇宙要比他们在 20 年代所想象的大得多，光要花

卡尔 萨根：宇宙

费比宇宙的年龄还长的时间才能环航宇宙。而星系则比宇宙年轻。但是，如果宇宙是闭合的，并且光不能从中逃离出来，那么，把宇宙描绘成黑洞可能就完全正确了。如果你想知道黑洞的内幕，那就请你环顾你的四周吧。前面我们已经提到过这么一种可能性，即：蛀洞可能穿过黑洞从宇宙的一个地方到另一个地方，而无须走过其间的路程。我们可以把这些蛀洞想象为贯穿第 4 物理维的管子。我们并不知道有这些蛀洞存在。但是，如果它们确实存在，它们就非得总是与我们宇宙的另一地方挂上钩吗？或者，蛀洞是否完全可能与其他一些宇宙（否则，我们永远到达不了的一些地方）相连结？据我们所知道的一切情况而论，可能还有其他许多宇宙存在。从某种意义上说，它们大概是互相镶套着的。有一种十分新奇、令人难以忘怀并令人深省的观点——一种科学上或宗教上的最绝妙的推测——这个观点还根本未经证实，也许永远也无法得到证实。但它却能激起人们的热情。据说，有一个无限大的宇宙层次，所以在我们的宇宙

卡尔 萨根：宇宙

宙中像电子一类的基本粒子，一经穿透，将自我显示为一个完全闭关自守的宇宙。在其内部，数量极大而体积小得多的其他粒子，组成星系和种种结构更小的本地对等物，这些更小的基本粒子本身就是低一级的宇宙。永远以此类推下去——无止境地向低一级退行下去——宇宙中的小宇宙，无穷无尽。反向高一级类推，道理也一样。我们所熟悉的包含有星系、恒星、行星和人的宇宙，则是向另一个方向上的无限退行的第一步——高一级宇宙中的单个基本粒子。

在我所知道的宗教观点中，只有这个观点超过了印度教宇宙论中无限老的循环宇宙的无穷尽的数目。其他那些宇宙会是什么模样呢？它们是否是基于不同的物理学定律而建立起来的呢？它们是否也有恒星、星系和人类世界或一些完全不同的东西？它有可能与一些不可想象的不同生命形式相一致吗？要进入那些宇宙，我们就得设法穿过第 4 物理维，那可不是一件轻而易举的事情。不过，黑洞也许会给我们提供一条途径。太阳系周围可能有许多小黑洞。在遥远的尽

卡尔 萨根：宇宙

头保持好平衡，我们就将跳离…… _____ ①《伟大的

故事，亦译为《故事广记》。印度古代长篇叙事诗。

公元 11 世纪以后失传。——译注 ②这不完全确实。

一个星系的近侧要比其远侧离我们近几万光年，因此我们现在看见的前面事实上要比其后面早几万年。但是银河动力学中的典型事件占据几千万年时间，所以，把某一星系图像想象为一瞬间的冻结图像，其误差是很小的。

③天体本身可以有任何颜色，甚至可能是蓝色。红移仅指每一谱线比天体处于静止状态时所发出的波长更长；红移的量分别与速度和天体静止时的谱线波长成正比。

④玛雅碑铭的日期既涉及远古的过去也涉及遥远的将来。尽管玛雅学者中对此有争论，但一个碑位涉及到 100 万年以前，而另一碑铭或许涉及 4 亿年前发生的事。它所纪念的事件也许是虚构的，但时间表却大得惊人。欧洲人在 1000 年以前就乐意放弃自己的宇宙只有数千年历史的圣经观，玛雅人却认为有数百万年的历史，而印度人则认为有数十亿年。 ⑤种种自然规则是不能在顶

峰随意转换的。如果宇宙已经经历了多次振荡，那么，许多可能存在的万有引力就只能是非常弱，以至于对某个特定的最早的膨胀来说，宇宙本来就不会连为一体了。宇宙一旦遇到这样一个万有引力，就会飞离，从而失去了经历另一次振荡、另一个顶峰和另一组自然规律的机会。这样，我们就能从事实出发，推断出：宇宙的存在不是在一个有限的年代里，就是在每次振动所允许的自然规则的严格控制之中。如果物理学定律不会随意在顶峰转换，那就一定会有一条规则。一组法则来确定哪些规则是可行的，哪些是不可行的。这样一组法则应包含一门超越现有物理学的新物理学。我们的语言贫乏，似乎找不到一个合适的词来为这种新物理学命名。类物理学（Paraphysics）和玄学（Metaphysic）已被其他相当不同、并很可能是完全无关的活动抢先滥用了，或许可以叫做“超物理学”（Transphysics）。⑥世上要是有一个 4 维的生物存在，它就能在我们这个 3 维世界中出现并任意隐形明显地变形，把我们从锁好的房间中

卡尔 萨根：宇宙

弹出去，使我们神出鬼没。它同样能使我们内外翻转。

使我们内外翻转的方法有几种：最令人沮丧的结果是我们的五脏六腑将翻到肚子外面来。而整个宇宙——发光的星系际气体、星系、行星和一切东西则翻到我们的肚子里面去。我不清楚自己是否喜欢这个主意。 ⑦就

我们所知，是吉奥尔达诺·布鲁诺首先提出了这个观点：不管我们碰巧在哪里观察宇宙，它看起来都是大体相同的。

卡尔 萨根：宇宙

第十一章 给未来的信

既然天地的命运已定，沟壑渠流已各得其道，底
格里斯和幼发拉底两河的堤岸已筑，我们还能有何
作为？我们还能有何创举？啊，阿奴那基，伟
大的天神，我们还能有何作为？亚述人关于创
世的纪事（公元前 800 年）当他——不论是哪位神明
——如此安排就绪、理清了那混乱的物质，并把它化为
宇宙的成分时，他就首先把地球造成为一个巨大的球体，
面面相似如一……并且，无处不存在自成一格的生气勃
勃的生命，星星和神仙占据了天庭；大海沦落为鳞光闪
烁的鱼类的家园，地球接纳了各种野兽，而流动的空气
则一任百鸟飞翔……接着，人类问世了……尽管所有其
他的动物都匍匐爬行，眼脸朝地，他却赐予人类以端庄
的面庞、直立的身姿和仰视苍天的双眼。奥维德：

《蜕变》（公元一世纪）在巨大的宇宙黑幕中，镶嵌
着数不尽的恒星和行星，有的比太阳系年轻，有的比太
阳系年老。尽管我们还不能肯定，但导致地球上的生命

卡尔 萨根：宇宙

和智能演化的过程，在整个宇宙中同样一直在起作用。仅银河系大概就有上百万个世界，此刻就住着与我们很不相同、比我们先进得多的生物。博学并不等于聪敏，智能不只是获得信息，还有判断，也就是要有对信息使用和协调的能力。还有，我们所检索的信息量成了我们智能的一项指标。量度信息的单位称作比特（二进位制）。根据二进位制，对一个明确的问题作出明确的回答“是”或者“否”，证明电灯是开还是关，只需要一比特信息。从 26 个拉丁字母中指出一个字母需要 5 比特信息（ $2^5 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32$ ，大于 26）。本书词语信息量略小于 1000 万比特，即 10^7 。解说一小时之久的电视节目所需信息的比特总数约为 10^{12} 。地球上所有图书馆收藏的不同书籍的文字和图片的信息，约有 10^{16} 或 10^{17} 比特（原注：这样，世界上所有的图书所含的信息与美国一座大城市一年内的广播电视所含的信息一样多。并非所有的比特都等值）。当然，其中大多是多余的。这样一个数字大致能测定人类的智能。但在别处，在一些

卡尔 萨根：宇宙

比较古老的世界里，生命的进化要比地球上早数亿年，也许，他们知道的信息不仅在数量上比我们多 10^{20} 比特或 10^{30} 比特，而且在内容上也极其不同。 在那些高级智能居住的数以百万计的星球世界里，拿其中的一个稀有行星来考虑考虑，即考虑一下该行星系内唯一的那个表面分布有海洋的行星。在这个富饶的水生环境中生活着许多有相当智力的生物：其中有些生物长着用来掳抓食物的 8 个腕足，其他一些生物则通过改变其躯体上明暗斑驳的花纹进行相互联系，甚至有些来自陆地上的灵巧的小生物，乘坐木船或金属船突如其来地进入海洋。但我们要寻找的是这个行星上硕大无朋的最主要的智能生物（原注：一些美洲杉要比任何鲸鱼都来得大，并且来得重），深海中有知觉的、举止高雅的主人——大鲸。 它们是地球这个行星上进化得最大的动物，远比恐龙大得多。一头成年鲸可达 30 米长，150 吨重。许多鲸，特别是须鲸，是安详的草食动物，它们为了摄食小动物而滤饮巨量的海水（扫校者注：此处似乎矛盾，

卡尔 萨根：宇宙

疑翻译用词不当），其他鲸则摄食鱼类和鳞虾。鲸是近代出现的海洋动物。仅在 7000 万年前，它们的祖先还是肉食哺乳动物，逐步由陆地移居到海洋中。在鲸鱼群中，母鲸哺乳并细心照料其后代，鲸鱼的幼年期很长，在这期间受到成年鲸鱼的教养。游戏是一种典型的娱乐，这些都是哺乳动物的特性，对智能生命的发展意义重大。深沉的海洋迷蒙晦暗。长期在陆地上生活得很好的哺乳动物，到了深海，它们的视觉和嗅觉就起不了多大作用了。那些依靠这些感官寻找配偶或幼鲸或食肉动物的鲸的祖先，并未留下许多子孙。于是，另一种途径在进化过程中得到了完善。这种途径效果极佳，是鲸理解的关键，这种途径就是“声感”。某些鲸的声音叫做歌，但对于它的真正本质和含义，我们仍然未获真谛。鲸鱼的音域很宽，其频率远远低于人类的耳朵所能听到的最低频率。一首典型的鲸鱼歌大概持续 15 分钟之久，最长的大约 1 小时。这种歌常常是一拍一拍、一个音符一个音符地重复出现的，一成不变。偶尔会有某一鲸鱼群中断

卡尔 萨根：宇宙

歌声，离开冬季水域，6 个月之后返回， 恰恰从中断的那个音符开始把那只歌续唱下去，就象根本没有间断过似的。鲸鱼的记忆力非常好。更常见的是，在返回的路上，它们变换了歌声，新歌成了鲸鱼的流行歌曲。 鲸鱼群的成员经常合唱同一支歌曲。通过某些相互交感、某种共同的创作，歌曲缓缓而可测地月月更换。这些歌声很复杂。要是把座头鲸唱的歌作为音调语言发表，那么其总信息量——即这些歌曲信息的比特数——大约 10⁶，大概与《伊里亚特》或《奥德赛》的信息量相同。我们不清楚鲸或其同类——海豚该谈论什么或歌咏什么。它们没有管理机构，也不进行工程建设，但它们却是社会性的生物。它们狩猎、游泳、捕鱼、吃草、嬉耍、交配、做游戏和逃脱掠食性动物的追捕。也许它们有很多话题可谈。 鲸鱼的主要危险来自海洋的新客，即自称人类的一种自命不凡的动物，他们只是在近代才由于工业技术的发展而成为海洋中的竞争者。自鲸鱼问世至今，在其历史长河的百分之九十九的阶段中，不论海

卡尔 萨根：宇宙

面或海底都不存在人类。在此期间，鲸进化了其特殊的听觉通信系统。例如，长须鲸以 20 赫兹的频率发出特别响的声音，其音频低到接近钢琴键盘上的最低音阶（1 赫兹是一个音频单位，用来表示某个音波每秒钟进入你耳朵的波峰和波谷）。这种低音频的声音几乎无法被海水吸收。美国生物学家罗杰·倍恩已经计算出：使用深海频道，两头鲸鱼以 20 赫兹的频率在世界任何地方都能互相联络。远在南极洲的罗斯冰障上的一头鲸鱼，可以与在阿留申群岛中另一头鲸进行联系。在鲸鱼问世以来的绝大多数时间里，它们或许已经建立了一个全球性的通讯联络网。大概当相隔 1.5 万公里时，它们唱的是情歌，满怀希望地把绵绵深情播放入广袤深邃的海洋世界。数千万年以来，这些智力发达、富有通讯联络能力的巨型动物，是在基本上没有天敌的情况下进化的。而后，到了十九世纪，轮船的发展给海洋带来了一种不吉利的噪声污染源。由于商船和军舰越来越多，海洋中的本底噪音，特别是 20 赫兹音频的噪音，成了不可忽视的问题。

卡尔 萨根：宇宙

跨洋通讯的鲸鱼一定经历着与日俱增的困难。它们通讯所能跨越的距离一定在逐渐缩短。 200 年前，长须鲸所能通讯的普遍距离大概是 1 万公里，而现在约为数百公里。鲸鱼能够知道彼此的名字吗？它们只能通过声音彼此识别吗？我们实际上已经把鲸鱼分隔开了。彼此通讯达数千万年之久的动物，现在实际上已经被迫沉默不语了（原注：相应于鲸鱼的故事，人们提出了一种新奇的观点。同其他技术文明进行星际通讯的最佳波道频率接近 14.2 亿赫兹，以宇宙中最丰足的氢原子——无线电谱线来标记。我们刚开始在这里收听智能生物发出的信号，但频道被地球上日益增多的民用和军用通讯联络所侵占，而且，这种侵占并非仅仅来自大国。我们正在干扰星际频道。地球上无线电技术的不断增长也许要中断我们早已建立的与遥远世界上的智能生物之间的通讯联络。因为我们无意控制我们的无线电频率污染，并且也无意收听，所以，他们的歌声可能得不到回答。） 而且，比这更糟糕的事我们也干了，因为时至今日猎鲸交

卡尔 萨根：宇宙

易的悲剧还在上演。有人专门从事猎捕、杀戮鲸鱼和出售鲸鱼产品去生产唇膏或工业润滑油。许多国家懂得全面捕杀这种智能动物是荒谬的，但这种交易仍在继续，主要是日本、挪威和苏联等国促进这种交易。作为一种生物，我们人类对与地球外智能生物的通讯感兴趣。难道与地球上的智能生物，与具有不同文化和语言的其他人类，与巨猿，与海豚，特别是与那些深海的智力主人大鲸，改进通讯联络难道不是良好的开端吗？

一头鲸要活下去，就得知道怎样去办许多事情。这个学问贮存在它的基因和大脑中。这种遗传信息包括怎样把浮游生物转变成鲸脂，或潜到水下 1 公里的深处时怎样屏气，大脑中的信息——后天学到的信息——包括弄清哪一只自己的母亲，或刚才听到的歌声的含义是什么这样一些常识。与地球上所有其他动物一样，鲸有一个基因库和大脑库。

与人类遗传材料一样，鲸的遗传材料也是由核酸组成的，即那些能够从其周围的化学建筑块繁殖其本身，也能够将遗传信息变成行动的特殊分子。例

卡尔 萨根：宇宙

如，一种与你们体内每一细胞中的酶相同的鲸酶，叫做己糖激酶。20 多个酶催化步骤的第一步，是要将其饮食时从浮游生物中获取的糖分子转变为少量的能量，这份能量大概能产生鲸鱼音乐中的一个低频音符。地球上的每头鲸，或每个人，其他哺乳动物或植物，在 DNA 双螺旋中贮藏的信息，可以用 4 个字母——4 种不同的核酸组成的一种语言来表示，它们组成了 DNA 的分子。各种生命形式的遗传材料究竟含有多少比特的信息呢？各种生物问题的肯定或否定的答案究竟有多少？一种病毒大约需要 10^3 比特信息，大致相当于本书两页的信息量。但滤毒信息却很简单，它极为紧密，效率特别高。解读滤毒信息要极为细心。这是一些指令，需要侵染其他有机物而使自身复制繁殖——这是病毒唯一擅长的本事。一个细菌大体使用 100 万比特的信息，大约相当于 100 印刷页的信息量。细菌要做的事比病毒多得多。它们不同于病毒，并不是彻头彻尾的寄生虫。细菌要自谋生计，而一个自由游动的单细胞细菌阿米巴虫则复杂得多，在

卡尔 萨根：宇宙

其 DNA 中，大约有 4 亿比特信息，大概需要相当于每卷 500 印刷页共 80 卷的信息量，来繁殖另一个阿米巴虫。

一头鲸或一个人需要的信息为 50 亿比特左右。我们生命百科全书中的 5×10^9 比特的信息量包含在每个细胞核中，如果用英语把这份信息量写出来，就会写满 1000 卷书。你身上的 100 万亿细胞中的每一个细胞，都包含一个完整的关于怎样构成身体的每个部分的指令库。你体内的每一个细胞，那是由一个单细胞——即你父母亲生产的受精卵连续分裂生成的。每当分裂时，最早两组遗传因子指令按形成你的胚胎发育步骤，真实地进行复制。因此，你的肝脏细胞具有一些关于怎样组成你的骨细胞的潜在知识，反之亦然。你的身体所知道的该怎样主动去做的一切，遗传因子库部包含了。古代信息以详尽的、仔细的、过多的细节来表述怎样笑，怎样打喷嚏，怎样走路，怎样识别图案，怎样生存，以及怎么消化一个苹果。

吃苹果是一个极为复杂的过程。事实上，如果一个人非得合成他自己的酶，非得自觉地记忆和指挥需

卡尔 萨根：宇宙

要从食物中获得能量的所有化学价，那他就可能会饿死。但是，甚至细菌也产生厌氧糖酵解，这就是苹果腐烂的原因：细菌的午餐。细菌和我们以及介于其间的所有生物，都有着许多类似的遗传指令。我们各自的遗传因子库有许多相同篇章，即从另一个角度提示了我们共同的变异遗传。我们的技术，仅能复制我们人体所能轻易进行的这种错综复杂的生化过程的极小部分。我们刚开始研究这些过程。然而，进化已有数十亿年的实践，DNA 对此是知悟不惑的。但是，限定你要做的事非常复杂，纵使有数十亿比特都不够，假定周围环境变化太快，原先编码的遗传百科全书尽管以前能起非常好的作用，那么现在即使有 1000 卷图书的遗传因子库也不够用了。所以，我们还得有大脑。像我们所有的器官一样，100 多万年来，大脑也已经进化，增加了它的复杂性和信息量。大脑的结构反映了它所经历过的所有进程。大脑的进化是由里到外地进行的。最里面的最古老，即脑干，它传导生物的基本机能，其中包括生命的节奏——心跳

卡尔 萨根：宇宙

和呼吸。按照保罗·麦克林提出的一种极有争议的见解，大脑的较高机能按三个连续阶段进化。覆盖在脑干的 R-复合物，主管攻击素、仪式、领土占领和社会等级，这些在数亿年前，我们的爬虫类祖先就开始进化了。我们每个人颅骨的深处有一些类似鲜鱼大脑的东西。环绕 R-复合物的是边缘系统或哺乳动物的大脑，数千万年以前，在当时仍是哺乳动物，但还未成为灵长类的我们祖先的颅中就开始进化，它是我们心绪和情感的主要源泉，也是我们对下一代关怀的主要源泉。最后，在外部，在更原始的脑的上面，存在着处于不稳定休止状态中的大脑皮层，它的进化始于数百万年前我们的灵长类祖先。大脑皮层是我们所有宇宙航行的起点，是物质变意识的地方。它构成了多于三分之二的脑质，是直觉和判断分析的王国。我们的观点和灵感，我们的读写能力，正是在身体的这个部位形成的，我们演算数学和谱曲等工作，也是在这里进行。这个皮层调节我们的意识生活。它是我们人类有别于其他动物之所在，是我们人性的中心。

卡尔 萨根：宇宙

文明，实际上是大脑皮层的产物。 大脑的语言并不是遗传因子 DNA 的语言，说得更确切点，我们知道的一切是用称为神经细胞的细胞——显微电化学转变元素来编码的。神经细胞通常只有几百分之一毫米宽。 我们每个人大概有 1000 亿个神经细胞，可与银河系中的恒星数相匹敌。许多神经细胞与其邻居有千丝万缕的联系。人类大脑皮层中有大约 100 万亿(10^{14})个这种联系。查理斯·谢灵顿在描述觉醒时大脑皮层的活动时这样写道： （皮层）现在变成了一个有节奏的闪光点的火花场，这些有节奏的闪光点闪烁着四处乱窜的流动火花。大脑苏醒了，随之而来的是思想的回归，就像银河开始跳起了某种宇宙舞。忽然，（皮层）变为一部着了魔似的织布机，几百万颗闪光的梭子织着一幅忽隐忽现的图案，这图案虽然不是经久不逝，却总是丰富多彩，其中的小图案变幻和谐。当苏醒中的身体奋起时，这幅活动十分和谐的图案中的小图案下伸到下脑的无光轨道中去了。一串串闪烁着的活动火花把它联结起来。这意味着

卡尔 萨根：宇宙

身体起床了，站起来去迎接苏醒的白昼。甚至在睡眠时，大脑也随人类生活的复杂工作而有规律脉动、跳动和闪光——做梦、记忆和解决问题。我们的思想、想象力和幻想具有一种自然真实感。一种思想是由几百个电化学脉冲形成的。如果我们自身细小到神经大小，我们就可以目击精巧奇妙、头绪纷繁和飘浮不定的模式，这可能是幼时乡间路上丁香花气味的一个记忆火花，也可能是面面俱到的紧急通报的一部分：“我把钥匙忘在哪儿啦？”

智慧山中有许多峡谷，即脑回，它大大增加了容量有限的颅骨中贮存信息的大脑皮层的有效表面积。脑神经化学结构在迂回曲折、错综复杂方面，比人类所发明创造的任何机器都更臻于完整、美妙，其工作之繁忙到了惊人的地步。思想王国大体上分为两个脑半球。大脑皮层的右半球主要负责图案识别、直觉、敏感性和创造性的洞察力，左半球则管理理性的、分析性的和判断性的思维。两个脑半球基本上互为对应，同样重要，体现了人类思维的特点。二者相辅相成，既为产

卡尔 萨根：宇宙

生思想又为检查这些思想的有效性提供了手段。通过一大束神经，即胼胝体这座架于创造力和分析力之间的桥梁，两个脑半球间正不断地对话，这两个脑半球都是人类了解世界所必不可少的。用比特表示的人脑信息量与神经元中的连接总数目大致相等，大约 100 万亿 (10¹⁴) 比特。如果用英语写出来，估计这些信息会充满 2000 万卷图书，与世界上最大的图书馆中的信息一样多，相当于 2000 万册图书的信息储存在我们每个人的大脑中。大脑是个空间非常小的大世界。大脑中的多数藏书就在大脑皮层中。在大脑底部下面，有着我们的远祖主要赖以活动的种种机能：进攻能力、生育能力、恐惧能力、性冲动以及盲从领袖的意愿。阅读、书写和说话等大脑某些较高级机能，似乎集中在大脑皮层中的一些特殊地方。另一方面，记忆功能则丰富地贮存于许多地方。假如心灵感应这个东西确实存在，那么它的伟绩之一就是为我们每个人提供了得以阅读自己亲人大脑皮层中书籍的机会。但是没有令人信服的证据表明心灵感应确实

卡尔 萨根：宇宙

存在，所以，亲人间的信息交流依然靠艺术家和作家来完成。

大脑的作用远不止于回忆往事，它还能比较、

综合、分析，最后形成各种抽象概念。我们知道的事必须比我们的遗传因子多得多。这就是为什么大脑文库要比基因文库大 2 万倍左右的原因。我们的求知欲望是我们赖以生存的工具，这一点在每个蹒跚学步的幼儿举动中那是很明显的。情感和礼仪的行为型式在我们身上深深扎根，成为人性的组成部分。但是这些禀性并非人类所特有，其他许多动物也有情感。使人类区别于其他动物的特征是思想。大脑皮层使人类从动物性中解放出来。我们不再限于从蜥蜴和狒狒那儿承继下来的遗传行为形式。我们每个人主要对那些得以进入并停留在大脑中的东西负责，对成年人来说，则对极力关心和了解的事情负责，我们可以不再受（爬行动物的）大脑的支配，我们能够改变自身的现状。

世界上的大多数大城市，

为了适应眼前的需要毫无计划地步步扩大了，但为遥远的将来进行规划的城市却很罕见。城市的演变类似于大

卡尔 萨根：宇宙

脑的进化：以一个小中心为基础而发展起来，然后慢慢扩大和变迁，同时让许多古老的部分仍旧起作用。由于其本身不完善，大脑进化无法完全舍弃其古老的内部而创造更现代的东西去取代它。大脑在更新过程中必须起作用，这就是为什么脑干会首先由 R-复合体，而后由边缘系统，最后由大脑皮层所环绕的原因。那些古代的部分担负的职能太多，不可能把它们统统淘汰。因此，它们苟延残喘，古老落后，有时还起反作用，但却是我们进化的必然结果。

在纽约市，许多主要街道的规划可追溯到十七世纪，证券交易所始于十八世纪，供水系统初建于十九世纪，电力系统则是二十世纪的产物。如果所有的城市系统平行建造，并定期更新这就是不幸的火灾——例如伦敦和芝加哥的大火灾——有时倒有助于城市规划的形成，那么，城市的布局可能更为有效（扫校者注：这句话意思不难理解，但译文文句似乎不通）。但是这种缓慢增长的新职能，却允许城市在几个世纪内或多或少地连续发挥作用。十七世纪，人们乘船渡过东

卡尔 萨根：宇宙

河在布鲁克林和曼哈顿之间旅行。十九世纪，工业技术的进步使建造横跨东河的吊桥成为可能。吊桥就建在原来摆渡的地方，这既是因为城市拥有这块土地，又是因为主要通道早已集中在原有的摆渡上。后来，当可能建造河底隧道时，隧道就基于同一理由，也在同一地方建成了。这样做还因为在建桥过程中已经放置了一种叫做沉箱的现已废弃的小小隧道先驱。这种修旧利废建新道的方式，与生物进化的形式极为相似。 当我们的基因

不能存贮生存所必需的全部信息时，我们就慢慢地发明了大脑。但是，后来我们又进而需要知道比大脑所能贮存的更多的信息，这个时间大概是 1 万年以前，于是我们学会了在人体外储备大量信息的本领。迄今所知，我们是本行星上发明了既不在我们基因里也不在我们大脑中存贮公有记忆办法的唯一动物。这种记忆的仓库就叫做图书馆。 书籍是由树木制造的。它是在其平直柔顺的部分（亦称做“叶”——页）的一个聚合体。对

着书本看上一眼，你就会听到另一个人——或许是某个

卡尔 萨根：宇宙

逝去数千年的人——的声音。跨越了 1000 年的时间，作者在你的大脑里清楚地、无声地、直接向你说话。写作大概是人类最大的发明，它把在时间纪元上相隔遥远的人们结合在一起，书本打破了时间的桎梏，证明人类能创造奇迹。

某些最早的作家在粘土上写作。西方字母的远祖——楔形文字大约在 5000 年前发明于近东，其作用是记录：谷物购买、土地拍卖、国王的凯旋、恒星的位置、僧侣的法规和对神明的祈祷。数千年以来，文字是刻在粘土或石头、蜂蜡、树皮或毛皮上的，也有写在竹简、纸莎草纸或丝绸上的，但总是一次写一本。只有纪念碑的碑铭不在此例，它们永远只有极少数读者。

后来，在二世纪和六世纪年间，中国发明了纸张、墨水以及用雕刻过的木块印刷，使一部著作能印刷和分发许多副本。这个新技术 1000 年后才在远离中国的落后的欧洲流行开来。而后，书本就突然间在全世界印刷开了。

在活版印刷发明之前，即 1450 年前后，整个欧洲总共不过几万册图书，所有的书都是手写的，数量大约相当于

卡尔 萨根：宇宙

中国公元前 100 年的图书，相当于亚历山大大图书馆藏书的 1/10。50 年后，到了大约 1500 年，就有 1000 万册印刷图书了，任何有阅读能力的人都能读上书了，到处出现了奇迹。到了更近代，大量的廉价版本图书得以印刷，特别是平装书。花一餐普通膳食的钱，你就可能仔细读到有关罗马帝国的衰亡、物种起源、圆梦以及物体的自然属性等等书籍。书本就像种子，它们可能蛰伏几个世纪，然后在最瘠薄的土壤上开花结果。世界上的大型图书馆收藏了数百万册的书籍，按字计算，大约相当于 10^{14} 比特的信息；按图计算，大概是 10^{15} 比特。这等于我们基因所存贮的信息的 1 万倍，大约是大脑中信息的 10 倍。如果我一星期读一本书，那我一生中只能读数千册书，大约是当代最大图书馆藏书量的千分之一。读书的诀窍在于知道哪些书该读。书本中的信息并不是一成不变的，而是不断变化，随事态的发展而变动，以适应这个世界的需要。自从亚历山大大图书馆建立起来，已经过去 2300 年了。如果世界上没有书本，

卡尔 萨根：宇宙

没有文字记录，试想一下达 2300 年的时间将变得多么奇异惊人呀！按每 100 年四代人计算，2300 年中几乎生活过 100 代人。如果只用口头来传递信息，那人类对自己历史的认识会变得何其浅薄，人类进步会变得何其缓慢！万事则只能取决于我们偶尔听到的古代发现，取决于所传说的事情有多大准确性。过去的信息是可以受到尊敬的，但在不断的复述过程中，它会逐渐变得越来越模糊不清，直至最后丧失殆尽。书本则能使我们跨越时代航行，敲开祖先的智慧之门。图书馆把我们与早先出现过的最伟大人物含辛茹苦地从大自然中汲取的洞察力和知识联结起来，把我们与整个行星和从我们全部历史中遴选出来的最好的老师联接起来，并孜孜不倦地教导和鼓励我们为积累人类的共同知识做出自己的贡献。公共图书馆有赖于种种自愿的贡献。我认为，人类文明的健康、对将来的关怀和对我们文化支柱的认识的深度，可以从我们对图书馆的支持程度中得到检验。如果地球保留其原有的一切自然特性，重新从头开始进化，那么重

卡尔 萨根：宇宙

新出现与人类极相似的任何生物种类是很不可能的事。这是因为，进化过程有一种很大的随意性。宇宙射线击中不同的基因从而产生不同的变种，这在进化的早期可能后果微小，但在后期后果就巨大了。偶然事件在生物学中可能发挥很大的作用，就像在历史上所起的作用那样。关键的事件发生得越早，对目前的影响就越大。以我们的手为例，我们每只手有 5 个指头，其中包括一个可以反向的大拇指，这些手指为我们起了很好的作用。但我认为，一只有着包括一个大拇指在内的 6 个手指，或包括一个大拇指的 4 个手指，或者可能有 5 个手指和两个大拇指的手，也照样会为我们起很好的作用。我们手指的特殊结构并没有一点内在的特别优点，我们只把它们看作如此自然，如此是此非彼。我们所以一只手有 5 个指头，那是因为我们是从有 5 根趾骨或其鳍中有 5 根骨头的泥盆纪鱼类进化而来。如果我们是从有 4 个或 6 个趾骨的鱼类进化而来，那我们每只手就会有 4 个或 6 个手指，并且会认为这是非常自然的。我们使用基数

卡尔 萨根：宇宙

为 10 的算术，只是因为我们每个人有 10 个指头。（原注：以数 5 或 10 为基数的算术是如此显而易见，以至于古希腊语的“to count”（点数）字义上相当于“to five”（用 5 来计算））。如果我们的手指是另外一种情况，那我们就会使用基数为 8 或基数 12 的算术，并把基数 10 归入新数学之列。我相信，同一观点对解释我们人类的许多更本质的方面也是适用的，我们的遗传物质，我们内部的生化，我们的形体、身材、器官系统，我们的爱憎、热情与失望、温柔的性格与放肆的言行，甚至于我们的解析程序，所有这一切，至少部分地是由我们漫长进化历史中显然是较次要的意外事件所造成的。或许，如果在石炭纪沼泽中少溺死一只蜻蜓，那么现在我们星球上的智能生物就可能会有羽毛，并会在其栖身的巢穴里教育它们的下一代，诱发进化的形式是一张复杂得惊人的网。对于这方面肤浅的认识，使我们显得低劣无能。 就在 6500 万年以前，我们的祖先还是最不起眼的哺乳动物——一种具有鼯鼠或树鼯那种

卡尔 萨根：宇宙

大小和智力的动物。只有非常大胆的生物学家才敢推测说，这种动物将逐渐衍生成今天支配地球的动物来。当时，地球上充满了令人惧怕的蜥蜴——恐龙。这是一种获得巨大成功的动物，它们实实在在地充满了每个小的生活环境中。那时，地球上各类恐龙，有的能游泳，有的能飞翔，有些有现在 6 层楼那么高，吼叫着横行于地球表面。它们当中有些有着相当大的大脑，直立的姿势和极像我们双手的两条小前肢——它们用以捕捉小而敏捷的哺乳动物，其中可能也把我们遥远的祖先作为食物。假如这些恐龙活了下来，那么，大概今天支配我们行星的智能生物会是皮肤绿色、牙齿尖锐、体高 4 米的动物，而人类的形态就会被当作蜥蜴类科幻小说的耸人听闻的幻想对象。然而，恐龙并没有幸存下来。在一场毁灭性的灾难中，地球上的所有恐龙和许多——或许绝大多数——其他生物种都被毁灭了。但是树鼯，还有哺乳动物，却安然无恙，它们幸存了下来。谁也不知道是什么东西把恐龙灭绝了。一个引人深思的看法是，

卡尔 萨根：宇宙

灭绝恐龙的是一次宇宙性的灾变，是地球邻近的一颗恒星的爆炸——那是一颗像产生蟹状星云的超新星。如果大约 6500 万年以前，在太阳系十或二十光年之内碰巧有一颗超新星，它就会把强通量的宇宙射线喷射到空间中去，其中进入地球大气层的宇宙射线就会点燃大气层中的氮，由此形成的氮的氧化物排斥了大气层中的臭氧保护层，从而增加其表面的太阳紫外线辐射的通量，使许多遭受强紫外线照射而防护不完善的生物，受到煎熬并发生突变。其个有些生物也许一直是恐龙每餐的主食。把恐龙从世界舞台上清除出去的灾难——不管它是什么样的灾难——排除了哺乳动物所受的压力。我们的祖先不必继续生活在贪婪的爬行动物的围剿追捕之中了。我们变得充满活力，并且兴旺起来了。2000 万年以前，我们的直接祖先可能还生活在树上。后来，因为大冰川时期森林面积缩小了，为大草原所取代，他们便从树上下来了。如果只有很小的树木存在，那么，对高度适应树上生活的动物是颇为不利的。许多栖于树上的灵长类，

卡尔 萨根：宇宙

大概已随着森林一起消失了。少数极力坚持在地面上过动荡的生活，从而幸存了下来。幸存者中一个种类进化成了现在的人类。谁也不知道气候变化的原因，可能是太阳本身光度稍微变小了，也可能是地球轨道起了小变化；或者可能是大规模的火山爆发把细微尘埃注入同温层，把更多的阳光反射回空间而冷却了地球；或许是由于海洋的环流起了变化；或者，是因为太阳穿过银河尘埃星云的缘故。不管什么原因，我们明白了，我们的生存与偶然的天文和地理事件有着何等密切的联系。我们的祖先从树上下下来后，进化成直立姿势，手获得了自由，还有两只极好的眼睛，这样，我们就获得了制造工具的许多先决条件。现在，真正的优势在于有一个大脑，能交流复杂的思想。其他事情也同样如此，机敏总要比笨拙好。智能人能更好地解决问题，能活得更长久，能留下更多的后代。在发明核武器之前，智能有力地帮助了人类的生存。在我们的历史长河中，正是一群有毛皮的小哺乳动物，躲过了恐龙的袭击，群栖于树梢，后

卡尔 萨根：宇宙

来又从树上下下来，驯服了火，发明了文字，建立了天文台，最后发射了宇宙飞船。如果事物向着稍为不同的方向发展，那可能会有某种其他的生灵其智力和使用工具的能力会导致与人类相匹敌的成就。这种其他的生灵也许是敏捷的双足恐龙，也许是浣熊，也许是水獭，也许是乌贼。能知道其他智能生物可能会是何等不同，那是很有趣的，为此，我们研究鲸鱼和巨猿。为了要稍微了解还可能存在哪种其他的文明，我们可以研究历史和文化人类学。但我们大家——我们的鲸鱼，我们的猿，我们人类——关系都太密切了。只要我们调查局限于单个行星上的一个或两个进化的种类，我们对其他智能和其他文明可能的范围和光辉业绩就会永远一无所知。在另一个行星上，由于造成变异遗传的随机过程的不同结果，和选择特殊基因结合的不同环境，发现体格上极相似于人的机会几乎等于零，但发现其他形状的智能的机会却不会没有。它们的大脑也许已彻底进化。它们也许具有类似于我们神经元的接通元件，但它们的神经元

卡尔 萨根：宇宙

可能与我们的很不同。也许它们的神经元不必像有机器件一样只能在常温下工作，而是能在极低温下工作的超导体。在这种情况下，它们思维的速度将比我们快 10^7 倍。或许其他地方相当于神经元的東西大概不会进行肉体上的直接接触，而是通过无线电进行联络，所以单个的智能生命能被分发到许多不同的生物中去，甚至分发到许多不同的行星上去，每个智能都带有整个智能的一部分，而它又通过无线电帮助比其自身大得多的智能（原注：在某种意义上，在不联系的个人无线电集成已经开始在地球这个天体上发生）。也许宇宙中有许多行星上的智能生命和我们一样，具有大约 10^{14} 神经元联结。不过，也许有许多地方的智能生命具有总数目为 10^{24} 或 10^{34} 神经元联结。我很想知道它们会知道些什么，因为我们和它们住在同一个宇宙中，我们和它们必定享有一些共同的实体信息。假如我们能与之联系，它们大脑里的许多东西是我们所感兴趣的，不过，反之亦然。我认为，地球外的智能——甚至那些实际上比我们更为进化

卡尔 萨根：宇宙

了的生命——将会对我们感兴趣，对我们的知识、对我们怎样思维和我们大脑的模样、对我们进化的过程以及我们未来的前景等感兴趣。如果在属于十分邻近的恒星的行星上存在着智能生命，那么，它们能了解我们吗？它们可能在某种程度上设法弄明白，在这颗无名行星地球上，已发生的从基因到大脑再到图书馆的漫长的进化过程吗？如果地球外生命呆在家里，那么它们至少有两种可以发现我们的途径。一种方法是用大型射电望远镜收听。数十亿年来，它们应该会收听到由闪电和在地磁场里发啸的俘获电子和质子产生的无线电静电干扰。然后，在数十年以前，射离地球的无线电波会变得更强大、声音更大，不太像噪声而更像信号。地球上的居民终于偶然发现了无线电通讯办法。现在已有大量的国际无线电、电视和雷达通讯往来。由于某些无线电频率，地球已变成太阳系中最光亮的天体（比木星亮，也比太阳亮），最大功率的无线电源。监听地球上无线电发射和接收这种信号的地外文明世界，不能不得出这样的结

卡尔 萨根：宇宙

论：最近，地球上发生了有趣的事。 由于地球的自转，我们功率更大的无线电发射台缓慢地掠过天空，这样环绕另一恒星的某个行星上的射电天文学家就能根据我们的信号从出现到消失之间的时间差，来计算地球上一天长度。一些最大的功率源是雷达发射器，其中少数用于雷达天文学，用无线电指针来探测附近行星的表面，对天空投射的雷达束的规模要比那些行星大得多。而且，很多信号继续飘送，飘出太阳系，进入星际空间的深处，到达也许正在收听的某个灵敏的接收器。大多数雷达发射器都作军事之用，这些雷达总是“担惊受怕”地对着天空发射雷达讯号，看看是否有大群带有核弹头的导弹发射出来，因为它是人类文明遭毁灭前 15 分钟的预兆。这些脉冲的信息量很小，只是编码成导弹遥控指令的一系列简单数字型式。 整体而言，地球上最普遍和最显著的无线电发射源是我们的电视广播节目。因为地球在运转，所以一些电视台会在一个水平线上出现，而其他电视台则在另一水平线上消失。这就会

卡尔 萨根：宇宙

出现节目干扰。属于邻近恒星的某个行星上的高级文明甚至可以把这些节目连结起来。最经常重复的信息是电台的呼叫信号和购买清洁剂、防臭剂、头痛药片以及汽车和石油产品的广告信号。最显著的消息是在许多时区由许多发射机同时播放的，例如，在国际危机时期，美国总统和苏联总理的讲演。商业电视对国际危机的述评和人类大家庭自相残杀的交战这一类没头脑的内容，是我们向宇宙选播的关于地球上生活的主要消息。它们该会怎样看待我们呢？

那些电视节日是无法呼叫回来的了，也无法发射一个更快的消息去取代它们并修正以前的发射。没有任何东西能传播得比光更快。这个天体上大规模的电视发射仅始于本世纪四十年代后期。这样，一个球状波阵面就在地球上集中形成了，并以光速向外扩大。因为有些消息都是几十年前才广播的，所以它们仅离地球只不过几十光年远，如果离我们近的文明远在几十光年之外，我们就还继续有稍事喘息的机会。不管怎样，我们都可以想象，它们终将发觉这些节目是

卡尔 萨根：宇宙

不可思议的。两架“旅行者”号飞船飞向恒星，每个飞船上附有一个有拾音座和记录针的镀金铜唱片，其使用说明在铝制的唱片套上。我们把关于我们的基因、我们的大脑以及我们的图书馆的一些信息，送往也许正在星际空间的大海中航行的其他生命。但我们并不想发送主要的科学情报，只要能在星际空间深处截获其发射机早已失灵的“旅行者”号，任间文明都会掌握比我们懂得多得多的科学。但我们却想把我们独一无二的东西告诉其他生命。对大脑皮层和边缘系统的兴趣就很有代表性，但对 R-复合体的兴趣则稍微小些。尽管接收者可能不懂地球上的任何一种语言，但我们还是用 60 种人类语言播出了问候语，同时还播送了座头鲸的问候。我们把世界各地人种互相关心、开展学习、制造工具、创造艺术以及响应挑战的照片播发出去。还播送了一个半小时的多种民族的优美音乐，其中有的表达了我们的宇宙孤独感，表达了我们的切望结束这种孤独和与宇宙中其他生命交往的愿望。而且，我们播送了在我们行星上所能

卡尔 萨根：宇宙

听到的从生命起源前的早期，到人类进化和我们新近萌发的各种技术录音信息。这是一首情歌，就像任何须鲸的声音一样，被投向茫茫天际深处。我们的许多信息，也许是大多数信息，是难以辨认的。但我们还是把它们发送出去了。因为关键问题是想试一试。根据这种精神，我们把一个人的思想和情感，以及他（她）的大脑，心脏、眼睛和肌肉的电活动记录携带到“旅行者”号上。这是一个人一个小时活动的记录。把记录改录成声音，再压缩时间，最后灌进唱片。这样我们就在 1977 年 6 月，把地球这个行星上的一个人的这种信息直接录音发射到整个宇宙。大概接收者对此一无所知，或者认为是脉冲星的录音；或者也许比我们的文明更高级得难以想象的文明，将有能力译出这种记录下来的思想和情感，并且十分赞赏我们与它们一起共享我们思想情感的努力。我们基因中的信息非常古老，大多数已有数百万年之久，有的长达数十亿年。相反，我们书本中的信息最多不过数千年的历史，而我们大脑中的信息则只

卡尔 萨根：宇宙

有数十年之久。长期存在的信息并非人类信息具有的特性。由于地球上的侵蚀，我们的纪念碑和人工制品，按照物体本身的自然发展过程，不会留存到遥远的将来。但是“旅行者”号上的唱片却正在超越太阳系的途中。星际空间中的侵蚀（主要是宇宙射线和碰撞的尘土粒）是很缓慢的，所以唱片上的信息会持续 10 亿年。基因、大脑和书本以不同的方式对信息进行编码，存留的时间也各不相同。但是“旅行者”号上压印在金属星际唱片中的人类记忆将持续得长久得多。 “旅行者”号上的信息传播得十分缓慢。尽管它是人类发射的最快的飞行物体，但它还是得花费几万年的长远跋涉才能到达最近的恒星。任何电视节目会在几小时内走完“旅行者”号已走了多年的距离。刚刚播送完毕的电视发射波仅在几小时内就会赶上和超过处在土星区域的“旅行者”号飞船，急速飞向恒星。如果它按这个速度前进，其信号将在 4 年多一点的时间内就到达人马座 α 星。数十年或数百年之后，如果远在那里的任何智能生物听到了我们

卡尔 萨根：宇宙

的电视广播声，我希望它会对我们宇宙进化 150 亿年后的产物——物质局部变形为有思想意识的生物——产生好感。最近，我们的智能向我们提供了令人敬畏的威力。人类是否具有足够的智慧去避免自我毁灭，这还说不清。但我们许多人正在尽力而为。我们希望，在不远的将来，在可展望的宇宙时代中，我们将完成一项伟业，即把我们行星和平统一为一个珍爱我们天体上每个生灵的机构，进而从容地迈出下一个伟大的步伐，把地球这个行星变为能与所有文明相互联系的银河系社会的一个部分。

第十二章 银河系百科全书

“你们是何物？来自何方？我还从未见过任何像你们一样的生灵。”造物主拉温瞅着眼前的人，接着……惊奇地发现这个陌生的新生灵竟然如此地像他自己。

爱斯基摩人创世神话

天空出现了，
地球诞生了，
谁将与天地共存，噢，神灵？

阿兹台克人的记事诗《天国的历史》

我知道，有的人会说我们关于行星的断言有点过于冒失。我们的断言是基于许多“假设”之上的。如果其中有一个假设碰巧是错误的，并且与我们的推测相矛盾的话，那么，它就会象松软的地基一样使整座大厦倾覆

卡尔 萨根：宇宙

沦为废墟。但是……假如地球只不过是同样崇高而神圣的行星之一，谁敢冒险断言说，别处再也找不到像我们一样欣赏着大自然歌剧奇观的生物？如果还有其他的观众，谁敢说，只有我们才深入地探索过它的奥秘并通晓它了呢？

引自 C. 惠更斯《关于行星世界及其居民和生产的新猜想》（约 1690 年）

大自然的创造者……使我们现时不可能从地球上与宇宙的其他大星球进行任何联络，很可能他同样切断了其他行星间以及不同星系之间的联系，……我们对所有星球的观测足以引起我们的好奇心，但我们却无法使这种好奇心得到满足……，如果认为我们的目光那么远大，好奇心那么强烈，结果只会使自己感到失望，那么，这种认识似乎并不与照耀整个宇宙的智慧之光相吻合。……因此，这就自然地导致我们把人类目前所处的

卡尔 萨根：宇宙

状态看成只是人类生活的曙光或开端，看成是进一步发展的准备或预备阶段。

C. 马克劳林(1748 年)

没有一种语言(比数学)更通用、更简单、更少谬误和更不含混……更适合用来表述天然事物之间的各种关系。它用同一种语言解释(所有的现象)，似乎就是为了证实宇宙设计的完整性和简单性，进一步表明驾驭一切自然进程的指令是不可变更的。

J. 傅立叶《热的分析理论》(1822 年)

我们已经向恒星发射了 4 艘飞船：“先锋 10”号和“先锋 11”号（扫校者注：通常译为先驱者而非先锋），“旅行者 1”号和“旅行者 2”号。与浩瀚的星际距离比较起来，它们是落后而原始的飞船，象梦中的赛跑一样

卡尔 萨根：宇宙

拖拉迟慢。但是，将来我们一定会进步的。我们的飞船将飞得更快些，将会有确定的星际目标，并且我们迟早会有载人的飞船。银河系中肯定有许多比地球年长数百万年的行星，有些要比地球年长数十亿年。难道地球上不曾有过天外来客吗？自从我们的星球形成以来的数十亿年中，难道从来没有来自遥远文明世界的陌生飞船从上面眺望过我们这个世界，并慢慢地降落到我们星球的表面，被五彩缤纷的蜻蜓、懒散爬虫、啸叫的灵长类或惊讶的人类观察到吗？这种想法是很自然的。每个哪怕是漫不经心地考虑过宇宙中智能生命问题的人，都会有过这种想法。但是，这种事情是否确实发生过呢？关键问题是那些所谓证据的可靠性，我们需要的是经过严密和反复推敲的，而不是似是而非的，也不是一两个自称目击者未经证实的证据。尽管所有关于未探明飞行物及古代太空学家的声言有时似乎使我们觉得我们星球充满了不速之客，但根据上述标准，有关天外来客的例子还不能令人信服。我倒希望情况会是另一个样子。有些证

卡尔 萨根：宇宙

据是无可辩驳的，哪怕只发现一件，也许是一块深奥莫测的碑铭，都可成为解开星外文明之谜的好钥匙。这正是人类早就感到迫切需要的东西。

1801 年，一位名叫约瑟夫·傅立叶的物理学家（原注：傅立叶因他对热在固体中的传导以及对波和其他周期性运动的研究而闻名于世。前者，现在用于认识行星的表面特性；后者，称为傅立叶分析，是数学的一个分支），当时是法国伊泽尔省的省长。当他巡视所辖省内的学校时，发现了一个 11 岁的男孩，他那超群的对东方语言的天赋已赢得了学者们的赞赏。傅立叶邀请他到家中一叙。那个孩子迷上了傅立叶所收藏的埃及工艺品，那些工艺品是在拿破仑远征期间收集的，当时傅立叶正负责为那个古代文明的天文学遗物分类编目。那些楔形文字的碑铭引起了孩子极大的好奇心。“它们究竟是什么意思呢？”孩子问道，他得到的回答却是“谁也不知道”。孩子的名字叫让·弗郎索瓦·商博良。由

卡尔 萨根：宇宙

于受到无人知晓的神奇语言的激励，他后来成了一名杰出的语言学家，热衷于研究古埃及的文字。当时，拿破仑偷来的埃及工艺品充斥整个法国，这些东西后来为西方学者所得。描述拿破仑远征的书出版了，年青的商博良贪婪地阅读它。到了成年，商博良成功地实现了他幼年的抱负，向社会提供了古埃及的象形文字的光辉译本。但直到 1828 年，在他与傅立叶相识 27 年之后，商博良才第一次踏上埃及这个他梦寐以求的国土。他沿着尼罗河从开罗逆流而上，对他所致力了解的文化表达了他的崇敬之情。这是一次非常及时的远足，一次对外国文明的拜访：

16 日晚，我们终于来到登德拉。皓月当空，庙宇离我们仅有一小时的路程。世上最冷静的人啊，请你告诉我，此刻，我们怎能够抗拒它的诱惑呢？当时的命令是：用餐后立即出发。我们孤单无援，又无向导，但我们全副武装，越过田野……庙宇终于出现在我们眼前。人们

卡尔 萨根：宇宙

可以很好地把它打量一番，但想得出结论却是不可能的。它是优雅和宏伟的最高度的结合。我们入迷地在那里呆了两个小时，在巨大的房间里穿梭奔跑……并试图在月光下辨认外面的碑铭。直到凌晨 3 点才回到船上，但 7 点又返回庙宇……。月光下的庙宇富丽堂皇，阳光下的庙宇宏伟壮观。我们这些欧洲人都感到相形见绌，没有哪个国家——不管是古代的还是现代的——能象古埃及人那样构思出这样一种令人惊奇的、伟大而壮观的建筑艺术。他们是按身高 100 英尺(1 英尺=0.3048 米)的人的标准去构制这一切的。

在卡纳克的石壁和圆柱上，在登德拉，在埃及各地，商博良高兴地发现，他几乎可以毫不费力地阅读那里的碑铭。在他之前，有许多人都尝试过，但都未能破译出那些有趣的象形文字，就连一个意为“神圣的雕刻”的字也译不出。一些学者曾认为，它们是一种图形密码，富含隐晦的比喻，大部分是些近乎眼珠和波纹线、甲虫、

卡尔 萨根：宇宙

土蜂和鸟一类的象形型体，特别是鸟型体，到处令人困惑不解。有一些人推断埃及人是来自古代中国的殖民地开拓者，也有一些人的推论刚好相反。当时出版了大量大开本的、足以乱真的翻译本。有一个译员对着罗塞塔的石头看了一眼，就匆匆宣告他知其含义了；其实石头上的象形文字碑铭尚未被破译！他说，这种快速译法使他得以“避免由于反复琢磨所必将导致的人为的错误”。他争辩说：“你不去考虑过多，结果反而较好。”正如今天在探索地球外生命方面的情况一样，业余爱好者的信口雌黄常常把许多专业研究人员吓得退避三舍。

商博良反对把象形文字视为图形隐喻。相反，借助于英国物理学家 T. 杨的卓越见解。他是这样着手研究的：罗塞塔石头是由在尼罗河三角洲拉希德镇要塞上服役的一个法国士兵于 1799 年发现的，当时的欧洲人大多不懂阿拉伯文，因此把拉希德叫成罗塞塔。它只是古庙的一块石板，上面的雕刻显然是用三种不同的文字来阐述同

卡尔 萨根：宇宙

一件事的：最上面用的是象形文字，中间用的是一种古埃及象形文字的通俗草写体，下面用的是希腊文——这是解开这个谜的关键。商博良通晓古希腊语，他一下就辨认出，这块碑铭是用来纪念托勒密五世于公元前 196 年春天登基加冕的。在那次加冕典礼上，国王宣扣释放政治犯，减轻赋税，捐款兴建庙宇，饶恕反叛者，加强军备。简而言之，他做了现代统治者为了保住他们的宝座所做的一切。

希腊原文多次提到托勒密，在象形文字原文中大约相同的位置上，有一组由椭圆或涡形环绕的符号。商博良推论说，这些符号极可能也表示“托勒密”。如果是这样，文字符号就根本不可能是图形文字或是一种隐喻；相反，其中的大多数符号一定代表了字母或音节。商博良还耐心地数了希腊字母数和可以认为是大抵等价的原文中单个象形文字的字数，而前者要少得多，这再次说明象形文字基本上是字母和音节，但哪个象形文字对应

卡尔 萨根：宇宙

哪个字母呢？很幸运，商博良带着一块在菲莱地里挖掘出来的方尖形石碑，石碑上有与克娄巴特拉的希腊文名字相对应的象形文字。本书正文后面附图所示的就是经过重新整理以便都可以从左向右读的“托勒密” (Ptolemy) 和克娄巴特拉 (Cleopatra) 的涡形饰纹。Ptolemy 的第一个字母是 P，涡形内的第一个符号是一个正方形。Cleopatra 的第五个字母也是 P，而在 Cleopatra 涡形内的第五个位置上也同样是个正方形。因此正方形就是字母 P。Ptolemy 的第四个字母是 L，它不正是用狮子表示吗？Cleopatra 的第二个字母也是 L，而在象形文字中，那里也是一只狮子。鹰表示字母 A，它在 Cleopatra 中出现了两次，正好吻合。这样，一种很明显的格式便显现出来了：古埃及的象形文字大部分是简单的代用记号。但并不是每个象形文字都代表一个字母或一个音节，其中有的是图形文字。Ptolemy 涡形的结尾符号念为“敬爱的 Ptah 神永生”。Cleopatra 结尾的半圆和卵形是“爱西斯（生育女神）之女”的惯用表意符号。字母和图形

文字的混合使用，导致了一些早期译员的失败。

现在回顾起来，这一切似乎是轻而易举的事，但人们却花费了许多世纪的时间才解开这个谜，而且，今后会有更多的事情要做，特别是要解译更为远古时期的象形文字。涡形是关键的关键，就好象埃及的法老们故意在他们的名字上画上圆圈，以便 2000 年后的埃及考古学家们更易于开展他们的工作。商博良到过卡纳克的大型多柱殿，无意中读到了这块使任何其他人都困惑不解的碑铭，解答了他自己在孩提时代曾向傅立叶提过的问题。打开这条与其他文明联络的渠道，使已经沉默了数千年的文化显露出它的历史、巫术、医学、宗教、政治和哲学内容，这在当时该是一件何等令人愉快的事呵！

今天，我们又在开始寻找古代外来文明的信息。我们这一次所寻找的信息，不仅在时间上，而且在空间上对我们来说都是讳莫如深的。如果我们接收到来自地球

卡尔 萨根：宇宙

以外某一种文明的一个无线电信息，又怎样才能理解它呢？地球以外的智能生命会是文雅、深奥、内在一致的，与我们完全不同。当然，地球以外智能生命还是希望把尽可能易懂的信息发送给我们的。但是，他们如何才能做到这一点呢？是否在某种意义上也存在着一块星际罗塞塔石呢？我们相信会有的。我们相信，不管种种技术文明之间的差异有多大，肯定会有有一种通用语言，那就是科学和数学。自然规律是放之四海而皆准的。遥远的恒星和星系的光谱图形，与太阳或在专门的实验室里实验得出的光谱是相同的。宇宙各处不仅存在着相同的化学元素，而且解释原子辐射的吸收和发射的量子力学定律，也是放之四海而皆准的。遥远的星系互相环绕运行，他们所遵循的定律与苹果落地或“旅行者”号飞船向恒星飞行所遵循的万有引力定律是一样的。大自然的运动格式是无处不同的，旨在为正在崛起的文明所理解的星际信息总该是不难破译的。

卡尔 萨根：宇宙

我们并不认为在我们这个太阳系的任何其他行星上存在着高级的技术文明。如果有某种只比我们稍迟一点出现的文明，比如说迟上 1 万年，那么，它根本就不可能有什么先进的技术。如果那是一种比我们——我们已经在探测太阳系了——早出现的文明，那么，它的代表现在就应该在我们这里了。为了与其他文明进行通信联络，我们不仅需要足以适用于行星之间的联络方法，而且还应有适用于恒星之间的联络方法。从理论上说，这种方法应是廉价的，这样，大量的信息就能以很小的代价得以发送和接收；这种方法应是快速的，这样，恒星际间的对话才有可能进行。同时，这种方法还应该是显而易见的，以便任何技术文明——不论其进化途径如何——都能尽早发现它。令人惊讶的是，这种方法确实存在，即射电天文学。

地球这个行星上最大的半可控射电 / 雷达观测台是阿雷西博天文台，由康奈尔大学代替国家科学基金会经

卡尔 萨根：宇宙

管。它设在波多黎各岛边远的内地，直径 305 米(约 1000 英尺)，具有抛物形反射面，建在原有的碗形山谷中。它接收来自空间深处的无线电波，使电波聚焦在高出谷地的馈电臂天线上，并通过电路连接，送到控制室，供研究人员进行信号分析。另一方面，当望远镜用作雷达发射机时，馈电臂将信号发送到谷地、并反射到空间去。阿雷西博天文台已经用它来探索太空文明的智能信号，并曾向一个遥远的球状星团 M 31 播放过信息。我们具有赖以在对话双方之间进行恒星际间通讯的技术能力，这是十分清楚的，至少对我们来说是如此。

阿雷西博天文台能在为期几个星期的时间内，将全套《大英百科全书》的内容发射到邻近恒星的一颗行星上同类天文台上去。无线电波以光速传播，它比附在我们最快的星际电船上的信息快 1 万倍。射电望远镜能在很窄的频率范围内发出很强的信号，因此，它们能越过浩瀚的星际距离而得到检测。如果我们有确定的发射目

卡尔 萨根：宇宙

标，那么，阿雷西博天文台就能与一个与地球相距 15,000 光年远——相当于从地球到银河系中心距离的一半——的行星上的同类射电望远镜进行通讯联络。射电天文学是一门自然科学技术。实际上，任何一种行星的大气层，不论它是由什么组成的，都具有部分透射无线电波的性能。恒星间的气体云对无线电信息的吸收和散射能力并不很强，就象格杉矶人即使在烟雾使光波能见度减少到只有几公里的情况下，也能清晰地收听到旧金山电台的无线电信号一样。有许多天然宇宙无线电源与智能生命毫无关系，如脉冲星和类星体、行星的辐射带，以及恒星的外层大气。在射电天文学的局部发展过程中，很早就发现了来自几乎任何行星的许多活跃的无线电源。此外，无线电反映了很大一部分的电磁波谱。任何一种能检测任意波长辐射的技术，都能很快找到光谱中的无线电部分。

也许还有其他一些确具优点的有效的通讯方法：星

卡尔 萨根：宇宙

际飞船、可见光或红外激光、脉冲中微子、调制引力波，或其他某种 1000 年内我们还不可能发现的发射方式。先进文明的通讯手段可能已大大超出了无线电的范围。但是无线电通讯威力大、成本低、速度快，并且简单易行。先进文明该会知道，象我们这样的落后文明，如果有希望接收到太空的信息，就可能首先借助于无线电技术。或许，他们将只得把古代技术博物馆中的射电天文台拿出来使用。如果我们打算接收到一个无线电消息的话，我们就该知道：至少有一件可以谈论的事情，即射电天文学。

但是，那里会有我们的谈话对象吗？单我们银河系就有 3000~5000 亿颗恒星，难道就只有我们这一颗有人类居住的行星吗？更有可能的是，种种技术文明的存在是一种常见的宇宙现象，种种先进社会正伴随着银河系在脉动和鸣响。因此，最邻近的技术文明并不会是十分遥远的，也许，就在邻近的某个肉眼可见的行星上所建

卡尔 萨根：宇宙

造的天线正在发射信号呢。也许，当我们在夜晚抬头仰望星空的时候，邻近的那些微弱光点中就别有洞天，那上面与我们人类极不相同的某种生物，正悠闲地对着我们称为太阳的这颗恒星看着，享受着一刹那荒诞臆测的欢乐呢。

这种假设的正确与否是很难肯定的。那里也许在技术文明进化方面存在着严重的障碍。行星的数量也许比我们所想象的少；那儿的生命起源，或许并不象我们实验室的实验结果所表明的那么容易；也许高级生命形式的进化在那儿是不可能的；那儿的情况也可能是这样的：复杂的生命形式进化迅速，但是各种有智能和技术的社会的形成和出现却有赖于种种不太可能有的偶然巧合，就象人类的进化取决于恐龙的灭亡和冰川期森林的消失一样，我们的祖先不就是在林中的树上尖声啼叫而不知所措吗？或者，文明在银河系中那数不清的天体上不可抗拒地一再出现，但通常是不稳定的，因此，除了极少

卡尔 萨根：宇宙

数外，所有的文明都无法幸免于他们的技术所造成的灾难，并在贪婪与无知、污染和核战争中消亡。

进一步探讨这个重大的问题，把银河系中高级技术文明的数目粗略地估算为 N ，这倒是可能办到的。我们给高级文明下的定义是：通晓射电天文学的文明。这个定义即使算得上是个实质性的定义，当然也只是狭义的提法。宇宙中可能存在着无数的世界，那里的居民都是杰出的语言学家或伟大的诗人，可是对射电天文学却一窍不通，我们无望获得来自他们的信息。 N 能用几个因素的乘积来表达，每一个因素都是一个筛子，每个筛子都必须非常大，因为文明的数量极大：

N_* ，银河系中恒星的数目；

f_p ，具有行星系的恒星的比率；

卡尔 萨根：宇宙

n_e ，在给定的体系中就生态学而言适合生命生存的行星数；

f_1 ，确有生命出现而在生态学以外的其他方面又适宜生命生存的行星的比率，

f_i ，住有智能生命且发生形式进化的行星比率；

f_c ，有智能生命居住，并且发展了通讯联络技术的行星的比率；

f_L ，兼备技术文明的行星生命期的比率。

全部写出来，方程为 $N = N_* f_p n_e f_1 f_i f_c f_L$ ，其中所有的 f 均为分数，取值 $0 \sim 1$ 之间。它们都使 N 这个大数递减。

卡尔 萨根：宇宙

为了导出 N ，我们必须估算每一个量。前几个因素，即恒星和行星系的数目，我们知道得比较清楚；后面的因素，即关于智能的进化或技术社会的生存期，我们所知甚少。在这些方面，我们的估算只比臆测略胜一筹。如果你不赞同我下面的估算，那就请你自己作出选择，看看你对银河系中高级文明的数目所作的不同估算含义何在。这个方程最初是由康奈尔大学的德雷克提出的，它的一个很大的优点就在于它涉及面很广：从恒星和行星天文学到有机化学、进化生物学、历史、政治和变态心理学等各个学科。宇宙的绝大部分都包罗在德雷克的方程式之内。

通过对天空中虽然很小但却有代表性的区域的仔细计数，我们对银河系中恒星的数目 N_* 是相当清楚了，有好几千亿颗。一些最新的估算把这个数目定为 4×10^{11} ，其中只有极少数属于巨大的、迅速耗尽热核燃料的短寿命型星体，绝大多数能生存数十亿年或更长的时间，并

卡尔 萨根：宇宙

在此期间稳定地发光，为邻近行星上生命的起源和进化提供适当的能源。

有证据表明，在恒星形成过程中常常有行星伴随产生，在犹如小型太阳系的木星、土星和天王星的卫星系中，在行星起源的理论中，在对双星体的研究中，在环绕恒星的吸积盘观测中，以及在恒星附近的引力摄动的一些初步调查中，都证实了这种伴随现象。许多恒星，甚至可能是大多数恒星，都有其行星。我们取有行星的恒星的比率 f_p 为 $1/3$ ，那么，银河系中行星系的总数应为 $N_* f_p \approx 1.3 \times 10^{11}$ 如果各个行星系都象我们太阳系一样有大约 10 颗行星，那么银河系中的行星世界总数将超过 1 万亿，这真是宇宙戏剧的一个广阔的舞台。

在我们这个太阳系内，有几个天体也许适合某种生命的生存。这当然首先是地球，大概还有火星、土卫六和木星。生命一旦发生，它就具有极强的适应性和持续

卡尔 萨根：宇宙

性。在一个特定的行星系中，肯定有许多适合生存的不同环境，但是我们保守地做出 $n_e=2$ 的结论，这样，银河系中适合生存的行星数就成了 $N_* f_p n_e \approx 1.3 \times 10^{11}$ 。

实验证明，在最普通的宇宙条件下，生命的分子基础是容易形成的，分子的结构单元能够自我复制。我们现在就不那么肯定了，例如在遗传密码的进化中，也许会有许多障碍，尽管我认为它不可能需要几十亿年的远古神秘变化过程。我们取 $f_1 \approx 1/3$ ，意为在银河系中，生命至少在其间出现过一次的行星总数为 $N_* f_p n_e f_1 \approx 1 \times 10^{11}$ 即有 1000 亿个有居民的世界。这个数字本身就是个惊人的结论。不可，我们的计算还没到达尽头。

要选择 f_i 和 f_c 就更困难了。一方面，在生物进化和人类历史进程中，为了把我们的智能和技术发展到今天的水平，就必然出现许多个别看来不太可能出现的阶段。另一方面，要往具有特定本领的高级文明进化，肯定有

卡尔 萨根：宇宙

许多不同的途径。考虑到在寒武纪的大爆炸中所显示出来的大型生物进化中明显的困难，让我们取 $f_i \times f_c \approx 1/100$ ，意为在所有有生命出现的行星中，仅有百分之一最后产生了技术文明。这个估算代表了各种科学观点中的一种折衷立场。有人认为，从三叶虫的出现到对火的驯服这样一个阶段，在所有的行星系中都只不过是一瞬间的事情而已。有的则认为，即使让它进化上 100 亿或 150 亿年，也不大可能进化到技术文明阶段。只要我们把调查研究局限于一个行星上，那就不可能通过实验来解决这样的课题。将这些因素相乘在一起，我们就可以得到 $N_* f_p n_e f_l f_i f_e \approx 1 \times 10^9$ ，即技术文明至少在 10 亿个行星上出现过一次。但是，这与关于现在存在 10 亿个具有技术文明的行星的说法是截然不同的。为此，我们还得对 f_L 来一番估算。

在行星的生命期中，具有技术文明的时间占多大的百分率呢？在地球数十亿年的生命期中，仅仅是最近几

卡尔 萨根：宇宙

十年才出现以射电天文学为特征的技术文明。因此，迄今为止，我们行星的 f_L 小于 $1/(1 \times 10^8)$ 即小于亿分之一。说我们明天可能毁灭自己，那简直是天方夜谭。但是，假定把人类自我毁灭看成是一个典型的情况，而且毁灭起来相当彻底，以致于人类或任何其他类型的文明都不可能在太阳灭亡之前 50 亿年左右的时间里重新出现，那么结论就是 $N = N_* f_p n_e f_l f_i f_c f_L \approx 10$ 。而且，在任何特定的时间内，银河系内只可能有少得可怜的几个技术文明同时存在。当新出现的社会取代了最近自我毁灭的那些社会时，这个稳态数目保持不变。数目 N 甚至可能小到等于 1。如果在进入工业技术阶段后不久，文明趋向于毁灭自己的话，那么我们可能再也没有任何可以和我们进行对话的对象了，只能在我们同类生灵中互相对话。我们也正是这么做的，只是做得并不太好罢了。文明可能要经过数十亿年的痛苦进化才能出现，然后由于不可饶恕的疏忽，又自我毁于一旦。

但是，让我们来考虑一下另外一种可能、另一种前景吧：至少有某些文明学会了与高度的技术共存；以往大脑进化中难以预测的矛盾得到了有意识的解决，这就不至于导致自我灭亡了，或者，即使确实发生了重大的动乱，但后来几十亿年的生物进化又把它们恢复过来了。这种社会就可能继续兴旺地生存下去，直到晚年，它们的生存期或许可以用地质或星体进化的时间标尺来估算。如果有百分之一的文明能够成功地度过技术的青春期，在这个危急的历史关头，选择适当的道路走向成熟期，那么 $f_L \approx 1/100$ ，而 $N \approx 10^7$ 。这样一来，银河系中现存的文明数量将以百万计了。因此，在我们所担心的德雷克方程中前几个因素可能存在的不可靠性——它涉及到天文学、有机化学和进化生物学——中，无法确定的主要还是经济、政治以及在我们地球上称之为人性的问题。如果自我毁灭并非银河系文明命中注定的归宿，那么，似乎很明显，天空中就应该充满着来自各种恒星的信息宜人的嗡鸣声。

这些估算是鼓舞人心的。它们表明，从空间接收到信息本身就是一个意义深远而充满希望的征兆，哪怕我们否时还无法破译它们。它意味着，某些智能生命已经懂得如何与高度文明共存了，并且度过技术青春期也是可能的。撇开信息的内容不说，单就这一点，就为研究其他文明的必要性提供了充分的理由。

如果有数百万个文明比较无规律地遍布于整个银河系，那么离我们最近的距离大约为 200 光年。即使以光速传播，一份无线电信息也需要二个世纪的时间才能从那里传到我们这里。如果我们之间开始对话，那就好象是当时约翰尼斯·开普勒提出的问题，我们今天才听到答案。特别是由于射电天文学还是一门新科学，我们肯定还比较落后，而进行发射的文明比较先进，因此对我们来说，只接收而不发送的做法是更可行的。对于更先进的文明来说，二者的位置当然得倒过来摆。

我们正处在用射电探索太空其他文明的最初阶段。在一幅密集的恒星场光学照片中，可以看到成千上万颗恒星。根据我们比较乐观的估计，它们当中有一颗正是先进文明之所在。可到底是哪一颗呢？我们的射电望远镜应当朝向哪一颗恒星呢？在可能出现先进文明的数以百万计的恒星中，我们迄今为止用射电望远镜进行研究的才不过几千颗，也就是说，我们所作的努力只是所要求的千分之一左右。不过，认真的精密的系统探索工作很快就将开始。美国和苏联都已进入准备阶段。这种探索工作的费用比较低，据估计，一艘中型现代化海军驱逐舰的成本就足以应付 10 年之久的探索地外智能生命计划的费用。

友善的接触历来就不是人类所遵循的常规，不同文化间的接触往往是直接的、有形的；这与接收无线电信号是根本不同的两码事，后者就象接吻那样轻而易举。

卡尔 萨根：宇宙

仔细回顾一下我们过去所做的一两件事，哪怕只是为了看清我们的前程这样做也还是有益的：在美国革命和法国革命这两段时期之间，法国国王路易十六装备了一支赴太平洋的探险队，这是一次以研究地理、经济和民族主义为目标的航行，总指挥官是彼鲁兹伯爵，他是一位在美国独立战争中为美国战斗过的著名探险家。起航后一年左右，他于 1786 年 7 月到达阿拉斯加沿岸一个现在称为利图雅湾的地方。他很喜欢那里的港口，挥笔写道：

“天地间再也找不到一个能比这里提供更多方便的口岸了。”就在这个典型的地方，彼鲁兹“发现了一些野人，这些野人挥舞着白色的斗篷和各种各样的皮革，以示友好。一些印地安人荡着独木舟，在海湾里捕鱼……这些野人的独木舟不时地向我们靠拢，他们拿出鱼、海獭和其他动物的皮毛，以及他们衣服上各种不同的小装饰品，跟我们交换铁器。使我们大为惊讶的是，他们显得很善于交往，讨价还价相当老练，一点儿也不比哪个商人逊色。”

美洲的土著人的讨价还价日趋激烈。使彼鲁兹感到烦恼的是，他们还经常行窃，偷的主要是铁制品，有一次还偷制服。有天晚上，他们把在武装的卫兵守护下酣然入睡的一些法国海军军官的制服从枕头底下偷走了，手段之高超堪与著名魔术大师哈里·胡迪尼的技艺相媲美。彼鲁兹遵照王室的命令，表现得很冷静，但他抱怨说，土人“以为我们的忍耐是无限的。”他蔑视他们的社会。但双方都没有给对方造成严重的损害。等到两艘船的食品得到补充之后，彼鲁兹便驶离了利图雅湾，从此再也不到这个鬼地方来了。1788 年，探险队在南太平洋遇难，除了一人生还外，彼鲁兹和其余队员都遇难了（原注：彼鲁兹在法国招募船员时，有许多聪明好学的青年报名，但却遭到拒绝，其中就有名叫拿破仑·波拿巴的科西嘉炮兵军官。这是世界历史上一个有趣的转折点。如果彼鲁兹接受了波拿巴的申请，罗塞塔石头可能就不会被发现，商博良也许决不会破译埃及象形文字，

卡尔 萨根：宇宙

而且我们的近代历史在许多重要的方面也将大大改观)。

恰好一个世纪以后，特林格特族的一个首领考依向加拿大人类学家 G. T. 埃蒙斯讲述了他的祖先第一次见到白人的故事，这是一个只靠口头流传下来的故事。特林格特人没有文字记载，考依也从未听说过彼鲁兹。下面就是从考依故事演译出来的一篇文章：

一年的暮春时节，一大帮特林格特人冒险北上，来到雅库托特，从事铜的买卖。当时铁比铜更贵重，只是无法弄到货。一进入利图雅湾，四只独木舟就被波浪吞没了。当幸存的人架起帐篷，哀悼他们失去的伙伴时，两个怪物进入海湾。谁也不知道那是什么玩意儿，看起来好象长着白色大翅膀的大黑鸟。按照特林格特人的信仰，世界是由经常伪装成乌鸦形状的大鸟创造的，这只鸟把太阳、月亮和星星从禁锢它们的匣子中放了出来。看到这只乌鸦的人全变成石头。特林格特人惊恐地逃到

卡尔 萨根：宇宙

森林里面去躲藏起来。但是，过了一会儿，他们发现大鸟对他们并不伤害，几个胆子较大的人便慢慢爬了出来，用臭菰叶卷成的土望远镜代替肉眼进行观察，他们以为这样就不会变成石头了。透过臭菰，他们看到大鸟似乎正在收起翅膀，从它们的体内冒出成群的黑色小天使，在它们的羽毛上蠕动。

一个近于瞎眼的老勇士把人们召集在一起，宣布说，为了公众的利益，他将不惜自己的性命，要前去证实一下这只乌鸦是否真会把他的子孙变成石头。他穿上海獭皮外套，跳上独木舟，下海朝那只乌鸦划去。他爬了上去，听到了陌生的声音，他那受过损害的视力使他几乎分辨不出在他眼前活动的许多黑色形体到底是什么，也许是乌鸦吧。当他平安地回到他的同伴中时，人们涌上前去围住他，看到他能活着回来，都感到莫明其妙。他们伸手摸摸他，凑上前去闻闻他，看看是否真是原来的那个老人回来了。经过反复思考，老人确信：他所看到

卡尔 萨根：宇宙

的不是神鸟，而是人造的大木舟，那些影子也不是乌鸦，而是不同种族的人罢了。他的话，特林格特人信服了，就去参观了这两艘船，并且拿他们的皮毛去跟大船上的人交换了许多奇怪的货物，其中主要是铁器。

特林格特人用口头流传的方式保留了完全可信的准确史实，记下了他们第一次几乎以完全平静的方式与外国人当面交往的情景（有关特林格特人的首领考依的介绍说明，即使在没有文字记载的文化中，与先进文明的接触的事例也能几代流传下来。如果在数百或数千年前，地球外的先进文明访问过地球，哪后与之接触的是地球史前的文明，我们也很可以期望有某种可辩认的接触形式遗留下来。但是没有任何一个有案可查的早期技术时代的传说，可以被认为只是记述与地球外文明接触的实例）。要是有一天，我们与地球外更先进的文明遭遇上了，能大体上(哪怕谈不上某种亲善)象特林格特人与法国人的交往那么平静吗？或者，较高级的社会会彻底消

卡尔 萨根：宇宙

灭技术上较落后的社会吗？16 世纪初叶，一种高度文明在墨西哥中部兴盛起来，如阿兹台克人那高超的建筑艺术、巧妙的记录保存法、精湛的艺术以及比欧洲任何一种都更优秀的天文历法。一见到第一批由墨西哥货船载回的阿兹台克工艺品，艺术家 A. 杜勒尔就于 1530 年 8 月写道：“在此之前，我从未见到过今我如此醉心的东西，我见到了……一（口十寻）宽的全金的太阳（实际上是阿兹台克人的天文历书），同样大的全银的月亮，还有满满两舱的各式武器、盔甲和其他令人惊讶的兵器。所有这一切，比任何奇迹都更值得一看。”学者们捧着阿兹台克人的图书，目瞪口呆。有个学者说：“这些书籍简直与埃及人的书籍相差无几。”H. 科特斯把阿兹台克人的首都特诺奇蒂特兰描写成“世界上最美丽的城市之一。……那儿，人们的言谈举止简直与西班牙人一样高雅，各种事情也和西班牙人一样被组织得井井有条。考虑到这些人的野蛮习性、他们对于上帝的无知以及与其他文明民族的隔绝状况，再看看他们所拥有的这一切，

卡尔 萨根：宇宙

真是令人意想不到。”就在写下这段话之后两年，科特斯把特诺奇蒂特兰连同阿兹台克的其他文明彻底摧毁了。下面是一份阿兹台克人记载的材料：

莫克台祖玛（阿兹台克皇帝）对所听到的情况大为震惊和恐惧，对他们的食物大惑不解。而使他几乎昏厥过去的是，听说西班牙人指挥的大朗巴德炮发射炮弹时轰响如雷，使人胆颤心惊，头晕目眩。从火堆和闪光中蹦出石头一样的东西来。乌烟瘴气，臭味熏人。中弹的山头被夷为平地，化为乌有，树木被炸得碎如锯屑，好象被风一吹，就会无影无踪似的……当莫克台祖玛得知这一切时，先是惊恐万分，继而昏迷不醒，最后心力枯竭。

报告接二连三地传来，告诉莫克台祖玛说，“我们不如他们强大”“我们无法与他们匹敌”。西班牙人开始被称为“来自上天的神明。”但是阿兹台克人对西班牙

卡尔 萨根：宇宙

牙人不抱任何幻想，他们用下面这样的话来描写他们：

他们脸上闪着光，像猴子一样掠夺黄金。很明显，他们对黄金贪得无厌；他们如饥似渴，欲壑难填，一心想像饥不择食的饿猪一样，用黄金去填满他们的大肚皮。因此，他们到处乱窜，翻箱倒柜，金条到手，掂量再三，占为己有。中还念念有词，彼此争吵不休。

但是，他们对西班牙人本性的洞察并没能帮助他们保卫自己，1517 年在墨西哥曾出现过一颗大彗星，莫英克台祖玛深信阿兹台克神克察尔科托正以白种人的形象跨越东海回来了，他便立即处决了他的星占学家。因为这些星占学家没有预测到彗星的出现，也没有能解释它的含义。确信灾难即将临头，莫克台祖玛变得冷漠忧郁。1521 年，400 名武装的欧洲人和他们在当地的全盟者，利用阿兹台克人的迷信，凭借他们在技术上的优势，完全征服并彻底摧毁了 100 万人的高度文明。阿兹台克人

卡尔 萨根：宇宙

从未见过马匹——在新界里根本没有这种动物，他们没有把炼铁术用于战争，也没有发明火器，但他们和西班牙人之间在技术上的差距并不很大，大概只落后几个世纪。

我们一定是银河系中最落后的技术社会。任何更落后的社会根本不会有射电天文学。如果地球上不同文化间冲突的可悲经验成了银河系的典型的话，那么我们似乎早应被消灭了，就连对莎士比亚、巴赫和威梅尔的赞赏也许也成了过眼烟云。但是，这一切并未发生。也许外星人极其友善，与其说象彼鲁兹，不如说象科特斯（扫校者注：此句不通，疑说反了）。这很可能是因为我们这个文明还未被外星人发现，尽管有各种有关未探明飞行物和古代宇航员一类的传言。

一方面，我们主张，哪怕只要有一小部分技术文明学会了与他们自己以及与拥有大规模毁灭性武器的人共处，

卡尔 萨根：宇宙

那么银河系现在就应有无数的先进文明。我们已经进行了慢速的星际飞行，并把快速星际航行定为人類可能达到的目标。另一方面，我们又认为，还没有可信的证据表明目前地球是否被外星人访问过，将来会不会有外星人前来访问。这二者不是相互矛盾吗？比如说靠地球最近的文明远在 200 光年以外，那么，他们以近于光速的速度航行，则只需 200 年时间就可以从那里来到地球。即使以百分之一或千分之一光速航行，邻近文明的生灵也应该在地球上开始有人类生存至今的期间到达地球了。可他们为什么还没来过这里呢？答案可能是多种多样的。也许，我们这里正是头一个技术文明的社会呢，虽然这种想法是违背阿里斯塔恰斯和哥白尼的遗言的。在银河系的历史上总得有某一种文明首先问世。我们相信，至少有些文明能避免自我毁灭。也许这种信念是错误的，也许星际宇宙飞行中存在某种无法预料的困难——尽管对于以比光速低得多的速度所进行的飞行来说，要弄清究竟是什么样的障碍并非易事。也许，他们

卡尔 萨根：宇宙

可能就在地球上，只是由于某种银河系的规矩的约束——尊重某种不干涉正在崛起的文明的道德规范，他们隐藏起来了。我们可以设想，他们正好奇地、不带偏见地观察着我们，以确定我们今年是否又能设法避免自我灭亡，就象我们注视一碟琼脂中的细菌培养液一样。

但是，还有另外一种解释与我们所知道的一切相一致。如果在许多年前，200 光年以外的地方出现了高级的星际空间的文明，那么除非他们到过我们这里，否则就毫无理由认为地球有什么特别之处。没有任何人类技术的产物，哪怕是我们的无线电发射，即使以光速传播也还来不及传播到 200 光年远的地方去。从他们的现点来看，所有邻近的恒星系对于探索和开拓殖民而言都或多或少具有同样的吸引力（也许会有许多到恒星去的推动力。如果我们的太阳或者邻近的恒星即将变成超新星，一个星际飞行的大规划也许会突然变得有吸引力。如果我们非常先进，发现银河系核心即将爆炸的迹象，就可

卡尔 萨根：宇宙

能认真考虑如何进行穿越银河系或星系之间的星际飞行。这种宇宙的激烈变动经常会发生，以至于在空间流动的文明可能不是罕见的事情。即使如此，他们仍是不大可能到达这里）。

正在崛起的技术文明，在对本行星系进行探测和发展星际飞船技术之后，慢慢地总会对附近的恒星开始试探性的探测。有些恒星可能没有相应的行星，它们大概都是些巨大的气体世界，或者是很小的小行星。其他的恒星可能伴有一定数量的行星，但有的也许已经有生物居住，或者大气有毒，或者气候不佳。在很多情况下，殖民者们可能不得不对世界进行改造——或者如我们从狭义观点所说的进行地形改造——以使它变得暖和、舒适。改建行星是需要时间的。偶尔也可能发现和开拓一个本身已经很适合居住的世界，利用行星资源在当地建造星际飞船，那将是一个缓慢的过程。最后，第二代的探测和开拓飞行将朝着尚无人迹的恒星层起飞。这样，文

卡尔 萨根：宇宙

明可以慢慢地行进，就象地球上枝藤植物的蔓延一样。

可能在将来某个时候，随着第三或更高级殖民开拓阶段对于新世界的开发，将发现独立扩展的文明。很有可能它们已经通过无线电或其他遥感手段彼此进行过接触了。即将来临的可能是不同类型的拓殖社会。可以预料，具有不同行星需求的两个扩展的文明彼此将互不干扰，它们以互相交叉的形式扩展，而不互相冲突。他们也许会合作探索银河系的某个边远区域。即使是邻近的文明，也可能要花费数百万年的时间去从事这种独立的或共同的开拓殖民冒险事业，而不会与我们这个无名的太阳系邂逅的。

除非人口数目有所限制，否则任何文明都不可能维持到星际航行阶段。人口显著膨胀的社会，都非得把所有的能源和技术技能集中用来养活和照顾好本行星上的人口不可。这是一个非常强有力的结论，而且完全不以

卡尔 萨根：宇宙

某个特定文明的个性为转移。在任何行星上，不管它的生物学或社会体系发展到什么程度，人口指数的增长必将耗尽一切资源。反之，从事严肃的星际探险和开拓殖民事业的任何文明，一定已经在许多代人中，把人口增长率控制在零或非常接近于零的范围内。哪怕在成为某种繁荣的乐园，而且对人口迅速增长的严厉批评业已停止之后，人口增长率低的文明也需要很长时间才有可能开拓许多新世界。

我和我的同事威廉·纽曼计算过，如果在 100 万年前，人口增长率低的空间游牧文明已出现在 300 光年远的地方并向外扩张，开拓适宜的殖民世界，那么，他们的勘测星际飞船也差不多只能到现今才进入我们太阳系。但是，100 万年可是一段非常漫长的时间啊。如果离我们最近的文明还没有 100 万年的历史，那他们就还到不了我们这里。一个 200 光年半径的球体内包含了 20 万个恒星，以及数目大概与此相当的适宜开拓殖民的世界，

卡尔 萨根：宇宙

按照事物发展的通常进程，只有在 20 万个其他的世界被开拓殖民之后，我们这个竟然藏有土生土长文明的太阳系才会被偶然发现。

对于一个文明来说，100 万年的历史意味首什么呢？我们的射电望远镜和宇宙飞船已有数十年的历史，我们的技术文明则已有几百年的历史，具有现代计算方式的科学观点已有数千年历史，普通的文明则已有数万年的历史，人类在这个行星上的进化只是在数百万年前才开始的。按类似于我们目前技术的进展速率来看，我们与数百万年之久的高级文明之间的差距，就象非洲森林中的小猿或猕猴与我们之间的差距一样大。我们会认可上述猿猴的存在吗？一个比我们先进 100 万年的文明会对开拓殖民或星际空间飞行感兴趣吗？由于某种原因，人们的生命期是有限的。生物和医学科学的巨大进步可能会揭示这个原因并找到适当的补救办法。我们对宇宙飞行如此感兴趣，是不是因为这是一条能使我们跨越自己

卡尔 萨根：宇宙

有限的生命期而与世长存的途径呢？基本上由不朽的生命组成的智慧生命，会不会认为进行星际探测从根本上说是十分幼稚的呢？外星文明之所以至今还没有光临地球，也许是因为在浩瀚的空间中散布着大量的恒星，从而使邻近的文明到达地球之前就迁情于其他星球，或者它本身已经进化成我们所无法探测的形式了。

科幻小说和飞碟文学的共同特点是把外星人假设为大体上像我们一样能干。也许他们有某种不同类型的飞船或射线枪，但在战斗中——科幻小说总是喜欢描写文明之间的战斗——我们和他们总是势均力敌的。事实上，两个星系的文明几乎不可能在同一（发展）水平上相互作用。在任何对抗中，总是一个完全支配另一个。200万年是一个很长的时期，如果某个先进的文明执意前来我们太阳系，那我们是无计可施的。他们的科学和技术一定大大超过我们。有人担心，我们可能接触到的先进文明恐怕是不善的。这种担心是毫无意义的。情况更可

卡尔 萨根：宇宙

能是这样，即他们之所以能生存如此之久，这个事实本身就意味着他们已学会与他们自己以及与其他文明共处。我们如此害怕与外星人接触，大概只不过是我们的落后状态的反映，是我们对自己曾在历史上蹂躏过比我们稍为落后的文明而感到良心上不安的一种表现，我们还记得哥伦布和阿拉瓦克人、科特斯和阿兹台克人，甚至还有在彼鲁兹之后的特林格特人几代人的命运。我们对往事记忆犹新，对未来忧心忡忡。但是，如果星际舰队在我们的上空出现时，我预料我们又会对他们非常殷勤的。

有一种更为可能的完全不同的接触方式，即一种我们已经讨论过的情况：通过无线电，我们接收来自空间另一种文明的丰富而复杂的信息，这样至少在一段时间之内不与他们发生有形的接触。在这种情况下，发射信息的那个文明就无法知道我们是否已接收到他们的信息。如果我们发现所收信息的内容令人不快或带恫吓性，

卡尔 萨根：宇宙

我们大可不必答复。但是，如果所收信息富有价值，那么，它对我们文明的影响将是不可估量的——它使我们得以洞察外星的科学和技术、艺术、音乐、政治、道德、哲学和宗教，尤其使我们得以深入了解人类生存条件的非地方性。我们将学会别的可能的生存条件。

因为我们愿意与其他任何的文明共享科学和数学的成果，所以，我相信，理解星际电报是最容易解决的问题之一。但要说服美国国会和苏联部长会议为探测地外文明提供资金，却是一个难题。实际上，文明也许可以分为两大类别：一类文明中，科学家们无法说服非科学家们授权探测地外文明，精力只能用于内部事务，世俗的成见是不可动摇的，社会踌躇不决，并且，重新放弃了探测恒星的努力；另一类文明中，主张与其他文明进行接触的远见卓识受到广泛的理解和支持，大型的研究计划得以实施。

这是人类所致力极少数努力之一，这种努力即使失败了，也是一种成功。如果我们打算并进行了对包含有数百万颗恒星的地球外无线电信号的精确研究，即使一无所获，我们也可以断言银河系的文明就是有也是极为稀少的。这是对我们地球在宇宙中地位的一个检验，它可以雄辩地证明，我们行星上的生灵是多么稀少。可以在人类历史上首次标明我们每个人的个人价值。如果我们得以成功了，那么，我们人类和我们行星的历史就将会完全改观。

外星人不难发出一个清晰的人工星际电报。例如，所用的头 10 个质数——即只能被它们自己和被 1 除尽的数字——是 1、2、3、5、7、11、13、17、19、23。任何天然的物理过程都能发射只包含质数的无线电信息，这看来是极不可能的。如果我们接收到了这样一种无线电报，我们就可以推断，说那里的文明至少是对质数感兴趣的。但是，情况最可能是这样的：星际通讯用的是某

卡尔 萨根：宇宙

种“羊皮纸”，就象古代作家缺乏纸莎草纸或石头时，就把他们要写的内容重写在原先有字的羊皮纸上。可能在邻近的频率或更快的时标中，会有另外的信息，它传播的其实是一种入门性质的内容，以帮助收听者理解星际演说的语言。进行发射的文明因为无法知道我们何时收听他们的信息，所以他们总是反复重播入门性质的内容。那么，真正的内容是在“羊皮纸”的深层，即写在呼唤信号和入门内容的下面。无线电技术容得下该电报那不可思议的丰富内容。也许，当我们打开接收机时，会发现他们正在播送《银河系百科全书》的第 3267 卷。

我们将揭示其他文明的本质。宇宙中总会有许许多多的文明存在，它们由与我们这个行星上任何东西都不同的有机体组成。他们对宇宙的看法也可能多少会有些不同。其艺术和社会职能也与我们的不同。他们感兴趣的東西，我们过去从未想过。通过比较彼此的知识，我们会取得无可估量的进步。通过把我们最近获得的信息

卡尔 萨根：宇宙

分门别类地存入计算机的记忆，我们应能弄清银河系的哪个地方存在着哪种文明。不妨设想一下，有那么一台巨大的银河系计算机，一个多少算是银河系中所有文明的本质和活动信息的最新贮存库，一座宇宙生命的巨大图书馆。也许，在《银河系百科全书》的内容中，既有一整套对这种文明所作的总结。即使我们成功地翻译了这部百科全书，这些文明的信息仍然是莫测高深，令人种往，可望而不可即。

不管我们准备花多长的时间作准备，我们最终将做出决定，给地外文明发出回音。我们将发射一些有关我们自身的信息——最初只是一些基本的东西——作为长期星际对话的开端。因为星际空间距离如此漫长而光速是有限的，所以这场对话只能从我们开始，而由我们遥远的后裔去继续进行。总有一天，在某个遥远恒星的某个行星上，一个与我们每个人的差别都很大的生命，也许会要求我们向他们发送最新版本的《银河系百科全

卡尔 萨根：宇宙

书》，以获得刚刚加入银河系文明共同体的这个最新社会的一些资料。

附录 1 谬误归约论和 2 的平方根

毕达哥拉斯学派关于 2 的平方根的无理性的原始论证称为谬误归约论。谬误归约论指的是先假设一种说法是真实的，顺理推论，出现矛盾，从而证明该说法是虚假的。兹以现代的实例说明这个理论，即 20 世纪的一个大物理学家玻尔的一句名言：“一种伟大思想的对立面也是一种伟大的思想。”倘若这个说法是正确的，则推论下去难免要承担一点风险。以黄金定律为例，或者以劝阻撒谎或“你不能杀人”为例，考虑它们的反论，就会明白了。也可以先认定玻尔的名言是一种伟大的思想，那么，这个说法的对立面呢，即“一种伟大思想的对立面并不是一种伟大的思想”也一定成立。这就是谬误归约论的论证过程。倘若反方的说法是虚假的，则这一名言并不会耽误多少功夫，因为这等于自我承认并非伟大的思想。

下面，根据谬误归约论，用现代论证法论证 2 的平方根的无理性。论证中只要用到简单的代数法，不必要用到毕达哥拉斯学派发明的几何论证法。论证的风格和思维的方式至少和结论一样引人入胜。

设边长为 1 个单位（该单位无论是厘米、英寸还是光年都无所谓）的正方形，对角线 BC 分正方形为两个直角三角形。根据毕达哥拉斯学说，在这样的直角三角形中， $1^2+1^2=x^2$ 。因为 $1^2+1^2=1+1=2$ ，由此推及 $x=2$ 的平方根。假定 2 的平方根（ $2^{1/2}$ ）是一个有理数， $2^{1/2}=p/q$ ，式中 p 和 q 均为整数。p 和 q 可以代表任何整数，也可以无穷大，当然也可以认为 p 和 q 没有公因子。设 $p=14$ ， $q=10$ ，得 $2^{1/2}=14/10$ ，分子分母都除以 2，得 $p=7$ ， $q=5$ ，而不再是 $p=14$ ， $q=10$ 。在任何计算中，分子分母的公因子都要先除掉。p 和 q 可以选用任何数。把 $2^{1/2}=p/q$ 两边平方，则得 $2=(p^2)/(q^2)$ 。两边两乘以 q^2 ，则得：

$$p^2=2q^2 \quad (\text{式 1})$$

据式 1, p^2 一定是乘以 2 的某个数, 故 p^2 是一个偶数。但是, 奇数的平方一定是奇数 (如 $1^2=1$, $3^2=9$, $5^2=25$, $7^2=49$)。所以, p 本身一定是偶数, 可以写作 $p=2s$, 式中 s 为一个整数。把 p 代入式 1, 得:

$$p^2=(2s)^2=4s^2=2q^2$$

最后等式的两边都除以 2, 则得:

$$q^2=2s^2$$

因此, q^2 也是一个偶数。证明过程如上, 则 q 本身也是一个偶数。要是 p 和 q 都是偶数, 都可以除以 2, 那么这两个数都没有归约到最小公因子, 这和论证前的假设

卡尔 萨根：宇宙

是矛盾的。这里谬误得到归约。但是，哪一个假设是谬误的呢？论证过程中并没有规定公因子不可归约，也没有规定 $14/10$ 可以归约， $7/5$ 不可以归约。所以，原始的假设一定是谬误的。 p 和 q 不可能是偶数：2 的平方根是无理数。事实上 $2^{1/2}=1.4142135\cdots$

这个结论真是出人意外！证明过程真是奇妙！但是，毕达哥拉斯学派却感到难受，千方百计要掩盖住这个伟大的发现。

卡尔 萨根：宇宙

第十三章 为地球呼吁

整日面对著死，目睹残酷的奴役和压迫，何必自寻烦去探索星体的奥秘呢？

——引自蒙塔古著作中阿那克西米尼(公元前 600 年)向毕达哥拉斯提出的一个问题

充满星球的太空多么浩瀚，与其他星球相比，我们的地球多么渺小。但是，我们的一切宏伟的计划，一切航行，一切战争，却都是在地球这个小小的舞台上进行的。那些不惜牺牲无数生灵而发动战争的王公贵族真该好好地反省一下，他们的野心充其量不过是成为世界的一个可怜的小角落的主人。

——引 1690 年惠更斯所著《关于星球世界及其居民和生命的新猜想》

卡尔 萨根：宇宙

太阳对我们说：“我把光明撒向整个世界；在你们感到寒冷时，我给你们送去了温暖；我使田野肥沃，牛羊成群；每天我都要环绕地球一周，为的是更好地了解你们的需要，并满足你们新的需要，以我为榜样吧！”

——引自加西拉蒙·德拉贝加 1556 年所著《王家纪事》中的印加神话

如果追溯到千百百万年前，我们就会看到：具有顽强求生意志的小生物从海洋潮间带泥泽中挣扎出来，它们在残酷的斗争中不断改变形态，增强本领，从爬行进化到自信地行走在大地上，一代又一代地奋斗，终于适应了空气环境，活动在大地那无边的黑暗之中；它们在恶劣的气候和饥馑中改变自己的形态，变得越来越与我们形似；它们朝着难以置信的目标，坚持不懈地努力，不断扩展自己，强化自身，最后变得与我们相差无几。至今，在我们的头脑中、血管里都有着它们的烙印……。

卡尔 萨根：宇宙

那种认为过去的一切只是一个新阶段的起点，现有的一切都只是晨曦的亮光，都可能是正确的。那些认为人们的头脑所想到的一切都不过是临醒前的梦境，也可能是正确的……脱离了我们的门第观念，思想将会产生飞跃，并将反过来影响我们，扩展我们狭隘的眼界，使我们更好地认识自身。在漫漫的时间长河中，这样的一天一定会到来。那时，我们想象中的还孕育在人类肢体中的生命能够屹立在这个星球上，笑着向太空张开双臂，就象我们现在站在小凳子上一样。

——H. G. 威尔斯 1902 年所著《发现未来》，见《自然》杂志第 65 卷，第 326 页

人类发现宇宙，犹如近在昨天。百万年来，我们的祖先都只知有大地，不晓得天外有天。只是到了 1000 年前，尤其是阿里斯塔恰斯时代以后，我们才不得不承认，我们并非位于宇宙的中心，并非是宇宙的主宰，而只是

卡尔 萨根：宇宙

生活在一个无足轻重的脆弱的小天地之上，湮没在广阔无垠、永恒不变的宇宙大海之中，漂游在千亿个星系、上百兆亿个星球之间。我们斗胆检测了一下这“海水”；结果发现宇宙之海竟与我们有不解之缘。我们竟是由星尘演变来的。追本溯源，人类的产生和进化，都与遥远的宇宙中发生的事件有关。因此，我们探测宇宙的航程，实际上是一种自我发现的过程。

正如古代神话所说的，人类既是天之子，也是地之子。人类在地球生存的过程中，逐步继承了危险的进化包袱：对侵略和陈规陋习的嗜好和媚上仇外的习性，这对人类的生存是很不利的。但是我们也学会了同情别人、热爱子孙后代、渴望从历史中汲取教训，充分发挥自己的聪明才智——这些是我们得以生存和繁荣的有力武器。人类本性中的哪一方占上风尚无定论；尤其是当我们的眼光、理解力和思想境界只局限于地球，甚至只局限于地球上其一个小部分时，就更没有定论了。然而，

卡尔 萨根：宇宙

宇宙的无穷奥秘，还要靠我们去发掘，因为至今尚无迹象表明，地球以外存在更高级的生命。这使我们不由得怀疑，象我们这般的文明是否总是轻率地、不可逆转地走向自我毁灭。从宇宙空间观看地球就无所谓国界了。假如地球是一个脆弱的蓝色发光体，在群星的辉映下正在衰变成一个不显眼的光点，那么种族主义、宗教主义和大国沙文主义就难以维持了。宇宙旅行能使我们的眼界开阔。

在有些世界中，生命从未产生过，而在另一些世界上生命已经由于意外的宇宙灾祸而焚灭。但我们的世界却格外幸运，我们不仅还很好地生存着，而且还强有力地、牢牢地控制着我们的文明和人类自身。如若我们不为地球呼吁，还有谁来为它呼吁呢？如若我们不为自己的生存承担责任，那么要由谁来承担责任呢？

人类正在进行着一个巨大的冒险，如果成功，这个

卡尔 萨根：宇宙

冒险既象土地的开拓或从树上迁居地上一样重要。我们正在犹犹豫豫地打破地球的桎梏，隐匿一点地表现在对地球上头脑比较原始的同类的对抗和征服上，显露一些地表现在到其他星球上去旅行及倾听来自遥远星球的信息。这两个方面又是密不可分的。我认为，它们还是相辅相成的。但我们的精力却更多地注重于战争。嗜好互相猜疑，几乎毫不关心人类或地球，这无异于毁灭人类自己。正因为我们所做的事是如此可怕，我们就不愿去多加考虑。但是，如果我们不愿去考虑，又怎能加以纠正呢？

所有思想健全的人无不为核战争而担心，可是每一个技术先进的国家都在计划着核战争。尽人皆知，进行核战争是发疯的行为，但每一个国家又总有种种借口（发动战争）。世界上存在着一种可怕的连锁反应：第二次世界大战初期，德国人正在研究原子弹，美国人因此赶紧造出了第一颗原子弹。既然美国拥有了原子弹，苏联

卡尔 萨根：宇宙

也就要造原子弹。接着，英国人、法国人、中国人、印度人、巴基斯坦人……就一一起而效尤。到二十世纪末，许多国家都将拥有核武器。要设计核武器并不难，裂变物质可以从核反应堆得到。核武器几乎成了一种家庭手工业。

第二次世界大战时使用的常规炸弹当时称为巨型炸弹。这种炸弹内装 20 吨 TNT 炸药，能摧毁整整一个街区。在第二次世界大战中，所有城市承受的炸弹总共约有 200 万吨，1939~1945 年之间投下的这种巨型炸弹达 10 万枚，200 万吨，考文垂（英格兰）、鹿特丹（荷兰）、德累斯顿（德国）和东京（日本）都遭到了狂轰滥炸，造成了无数的伤亡。但到了二十世纪后期，只要爆炸一颗普普通通的热核炸弹，就能释放出 200 万吨的能量，即一颗这样的炸弹，就能产生第二次世界大战中所投炸弹的破坏力。可世界上的核武器数量已何止成千上万！到二十世纪九十年代，美苏两国的战略导弹和轰炸机的

卡尔 萨根：宇宙

弹头将瞄准 15 000 个以上的预定目标。这样，地球将没有任何安全的绿洲了。死神正在耐心地等待有人去摩擦神灯。这些武器释放的能量将远远超过 100 亿吨。如此巨大的破坏力不是在 6 年的时间内，而是在几个小时内释放出来，相当于在地球上的每个家庭头上落下一枚巨型炸弹，等于在一个悠闲的下午每秒钟发生一次第二次世界大战。

核爆炸的直接杀伤力是冲击波，它能摧毁数公里以内的坚固建筑物。其次是原子爆炸产生的巨大烈焰、伽马射线以及中子流，它们能把路过的人的五腑六腑烧焦。第二次世界大战快结束时，美国在广岛投下了一颗原子弹。一位幸免于难的日本女学生，据其目睹情景写道：

天昏地暗，我听到了其他同学哭爹喊娘的呼喊。在一座桥基旁以前挖掘的大水池中，我看到一位母亲在恸哭，她高高地托着一个裸体的婴儿，孩子被烧得浑身通

卡尔 萨根：宇宙

红。另一位母亲则一边抽泣着，一边让她的宝宝凑近她那被灼伤的乳房。许多学生站在水池里，只有头露出水面，他们紧握双拳在空中挥舞，凄惨地尖叫着，呼喊着自己的双亲。所有过路者都浑身带伤，无一例外，没有一个人能够伸出援助之手。人们的头发被烤得卷曲起来，变了颜色，沾满了灰烬。人们的模样变得千奇百怪，简直不象是这个世界的生灵。

与稍后的长崎爆炸不同，广岛的原子弹是在远离地面的空中爆炸的，因此它产生的放射性尘埃数量少得多。1954 年 3 月 1 日，在马绍尔群岛的比基尼基地所进行的核爆炸产生了比预料高得多的放射性尘埃。巨大的云状放射性尘雾降落在 150 公里以外的朗格拉普环礁上。当地的居民把这次爆炸比喻为在西边升起的太阳。若干小时后，放射性尘埃雪片般撒落到朗格拉普环礁上。但人们受到的平均辐射量只有 175 拉德左右，还不到一般人致死量的一半。由于爆炸试验远离人群，死亡的人并不

卡尔 萨根：宇宙

多。但是，人们吸入的放射性碘浓缩在骨头中，放射性碘则渗入了他们的甲状腺，以致事过不久，当地有三分之二的儿童和三分之一的成年人患上了甲状腺异常，以及发育迟缓和恶性肿瘤等疾患。作为补救措施，马绍尔群岛上的居民受到了专门的医护。

在广岛投下的原子弹的爆炸力只相当于 13000 吨 TNT，而比基尼核试验的爆炸力也只有 1500 万吨 TNT。假如爆发全面的热核战争，那么就会有相当于 100 万个广岛那样的原子弹落到世界各地。广岛的原子爆炸杀死了大约 10 万人。按这样的致死率，全面的热核战争则足以杀死 1000 亿人。而到二十世纪末，地球上的人口还不足 50 亿。（扫校者注：事实是 60 亿）当然，在这样一场核战争中，不见得人人都会死于冲击波、爆炸烈焰、辐射线和放射性尘埃。不过，过得了初一，过不了十五，因为放射性尘埃会存在相当长一段时间，百分之九十的碘-131 衰变要 96 年，铯-137 要 100 年，碘-131 要一

核战争的幸存者将可目睹不可思议的后果。高空中的氮将会烧掉并变成各种氮的氧化物，从而消耗掉高空大气层中的大部分臭氧，使大剂量的太阳紫外线透过大气层（原注：这一过程与烟雾喷射器中的碳氟化合物推进剂对臭氧层的破坏类似，但危险得多。因此许多国家禁止使用烟雾喷射器，这也被用来解释由于几十光年以外超新星的爆炸造成恐龙的灭绝）。这骤然增加的紫外线通量可能要持续若干年，它会导致皮肤癌，对于浅色皮肤的人尤其如此。更为严重的是，还不知会对地球的生态发生什么影响。大大增加的紫外光会毁灭庄稼，杀死大量的微生物。我们还不能确切地预测究竟是哪些生物、有多少种生物会罹难，也不知道其后果有多么严重。我们现在所能知道的，只是被杀死的将是处于巨大生物结构底层的生物，而人类将在这样的生物结构的顶端苟延残喘。

在一场全面的核战争中，喷入空中的尘埃将会反射太阳光，从而使地球稍许变冷。但是，哪怕轻微地变冷也会在农业上产生灾难性的后果。鸟类比昆虫更易受射线的伤害，虫灾将进一步造成农业的紊乱，这可能是核战争的后果之一。还有另一种值得忧虑的灾祸，全世界的瘟疫都是地区性的，到了 20 世纪后期，死于瘟疫的人已经不会太多了，这倒不是不存在瘟疫了，而是人的抵抗力增强了，然而，热核战争中产生的辐射至少会削弱人体的免疫系统，从而降低人们抵抗疾病的能力。从更长期的效应来看，由于发生变异，会产生新的微生物和昆虫。这对于任何幸免于核灾难的人都可能会造成更深远的麻烦。经过一段时间，当隐性变异重新组合并且表达出来，可能会产生新的可怕的人种来。隐性变异一旦表达出来，往往是致命的，只有少数不是如此，痛苦将接踵而至，心爱的人不断去世，无数的烧伤患者、瞎子、四肢不全者，惨不忍睹；疾病、瘟疫横行，空气和水体

卡尔 萨根：宇宙

长期滞留着放射性毒素、恶性肿瘤、死胎、畸形儿，比比皆是；缺医少药，文明荡然无存。我们本该避免的一切，却都无可避免地发生了。

L. F. 理查森是一位对战争问题颇有研究的英国气象学家。他想搞清楚触发战争的原因。战争与天气有某种相似之处。两者都很复杂，但却都有规律可循。这就说明，它们并非不可改变，而是可以认识和控制的自然体系。要了解地球的天气，首先就必须搜集大量的气象资料，就必须搞清天气的实际变化。因此，理查森认为，要搞清战争的规律，其研究途径无疑与研究天气相同。因此他搜集了 1820 年到 1945 年期间在我们这个可怜的地球上爆发的几百次战争的资料。

理查森的研究成果发表在一本题名为《直接冲突的统计学》的遗著中。由于他竭力想弄清可能发生造成特定数量伤亡的战争所需的时间，他为一场战争的规模规

卡尔 萨根：宇宙

定了一个指数 M ，并用这个指数来度量战争直接造成的死亡人数。假如 $M=3$ ，那就只是一场小规模战争，死亡人数只不过 1000 人 (10^3)。假如 $M=5$ 或 $M=6$ ，则说明战争的规模大得多，战争中据有 10 万人 (10^5) 或 100 万人 (10^6) 死亡。第一次世界大战和第二次世界大战的指数都较大。他从这项研究中发现，一场战争死亡的人越多，这样的战争就越不可能发生。人们等待目睹这场战争的时间就越长，就象猛烈的风暴不如阵雨频繁一样。

理查森认为，假如不断降低 M 值，直至使 $M=0$ ，就可以大致估算出世界的凶杀死亡率，即每隔 5 分钟，就有一人被谋杀。上述情况说明，不仅从次要的角度，而且我认为从最深刻的心理角度来看，战争就是大规模的凶杀。当我们的安宁受到威胁，我们的前程受到挑战时，我们——至少是我们当中的一部分人——会不由得怒火万丈。国家受到类似的威胁时，他们有时也会愤慨万分，但在这种情况下，这种愤怒往往是那些谋求权益和私利

卡尔 萨根：宇宙

的人激起的。但是随着凶杀手段的改善及战争威胁的不断增长，必须使许多人同时进入极端激怒的状态，才能形成一场大战。一般说来，因为宣传工具掌握在国家手中，国家不断作出这样的安排（但核战争的情况是个例外，因为极少数几个人就能触发一场核战争）。

在这里，我们看到了感情和有时被称之为人的善良本性之间，在古代爬行动物控制发怒的头脑部分——R复合体，与近代哺乳动物及人类的相应大脑部分——边缘系统和大脑皮层之间的矛盾。当人类小群地生活，当我们的武器较为简陋时，一个愤怒的士兵只能杀死几个人。随着技术的进步，战争的手段也进步了，同时我们自己也进步了。我们学会了控制自己的恼怒、挫折和绝望的感情，而且在世界范围内改善了不公正的状况。但是，我们现有的武器能够杀死几十亿人，难道我们改善的步伐就够快了吗？在理智教育方面就没有问题了吗？对于战争的起因我们做过勇敢的深入的探讨吗？

人们通常所说的核遏制战略，最显著的特点就反映了人类远祖的野蛮性。当代的政治家亨利·基辛格说过：“遏制，主要应该是心理上的遏制。为了达到遏制的目的，深谋远虑的威胁比明目张胆的恫吓更有效。”然而真正有效的核威胁，有时还包含非理性的姿态，即对核战争恐怖的无知。这样，当非理性的姿态使得一场全面对抗成为似乎不可避免之时，你的对手便被迫屈服于争端的焦点，而不是进行这场对抗。采取令人置信的非理性姿态的主要危险在于，要想成功，你就得装得十分逼真。而过一段时期之后，你便习惯于此了。于是，你就会弄假成真。

以美苏为首的全球恐怖均势是以地球上的全体居民作为人质的。两国各自对对方的行为设置一定的容许限度，各自警告对方，一旦超越了这个限度，核战争便会一触即发。不过，这种限度时时在变化。对于变化了的

卡尔 萨根：宇宙

新限度，双方务必心领神会。它们各自都在扩大自己的军事优势，但这种扩大不是以露骨的、使对方深感不安的方式进行的。它们一直在互相试探对方的容忍度。例如，核轰炸机在荒凉的北极上空的飞行、古巴导弹危机、反卫星武器试验、越南战争及阿富汗战争等等。这不过是从一系列的令人担忧的例子中略举一二而已。全球的恐怖均势是一种极其微妙的平衡。这种均势取决于不出岔子、不犯错误、不爆发爬行动物的兽性。

其实，核武器及其发射系统的不断完善，迟早会把地球推向灾难的深渊。许多美国和来自欧洲的移民科学家，当初研制出了第一代核武器，如今却深为他们放出的这个恶魔而焦虑不安。他们极力呼吁在全世界范围内销毁核武器，但无人理会他们的呼吁。美苏两国都憧憬取得战略的优势，开始了核军备竞赛。

与此同时，国际上大规模破坏力的非核武器贸易正

卡尔 萨根：宇宙

在蓬勃发展，人们诡称之为“常规武器”。在过去的 25 年中，扣除通货膨胀率后，国际上每年的武器贸易额从 3 亿美元猛增到 200 亿美元以上。仅以有完整资料的 1950～1968 年的情况为例，世界上每年平均发生数次涉及到核武器的意外事件，虽然核爆炸的意外不超过 1～2 次。苏联、美国和其他一些国家的军火工业规模庞大，强大有力。美国的军火工业包括了一些著名的民间制造公司。根据一份材料估计，同样技术用于军火工业的利润比民用工业要高出百分之三十到五十。另外，在军火工业中费用的超支是许可的，其程度在民用工业中则被认为是无法接受的。在苏联，大量的人力、物力、注意力和精力都投入武器生产之中，这与不太重视消费品生产的情况适成鲜明的对照。据某些人士估计，世界上几乎有一半的科学家和高级工程技术人员完全或部分地为军事工业服务。从事毁灭性武器的研制人员，所获得的工资、享受的特权以及可能拥有的荣誉，都是同行中最高的。对武器研制的保密，在苏联保持得特别长，这意味着研

卡尔 萨根：宇宙

制人员对其工作几乎不承担任何责任。他们受到保护，他们的名字也从不张扬。保守军事秘密的需要使军人在所有社会中成为最难以监察的一部分公民。假如我们不知道他们在做什么，我们就很难阻止他们的行动。由于报酬十分优厚，也由于敌对双方的军火工业在某些可怕的共同点上互相勾结，世界从而会被引向彻底的毁灭。

每一个大国对于拥有和贮备毁灭性武器都具有可以大肆宣扬的理由。常见的理由包括毫无道理地认为潜在的敌人品质卑劣、修养低下（与可靠的同盟者正相反），或者认为别人，而决不会认为自己有征服世界的野心。每个国家似乎都有一系列的禁区，绝对不许它的人民和追随者越雷池一步。在苏联，这些禁区包括资本主义、上帝和有损国家主权的言行；而在美国，则包括社会主义、无神论和损害国家主权的言行。世界各国，概莫例外。

卡尔 萨根：宇宙

对于一个不偏不倚的天外观察者，我们该如何解释全面的军备竞赛呢？对于最近不断研制的卫星武器、粒子束武器、激光武器、中子弹、巡航导弹，以及拟议中在所有盟国建造成千上万个地下发射井、装备洲际弹道导弹，对这一切，我们又如何解释呢？难道一万个瞄准好目标的核弹头是为了改善我们生存的前景吗？我们如何对这个星球的居民交待呢？我们都听到过核超级大国振振有词的理由，我们也知道谁在为本国的利益辩护。但是，谁来为人类辩护呢？又有谁来为地球辩护呢？

人脑质量的三分之二位于大脑皮层，主管直觉和推理。人类是群体进化而来的，因此喜欢有人作伴，互相体贴。我们互相合作，利他主义根植在我们心间。我们对自然界某些部分已有了出色的认识，有足够的动机携手共事，也有足够的能力找出合适的方法来把事情做好。例如我们确想认真地对待核战争，以避免我们的蒸蒸日上社会出现全面崩溃，难道我们不该考虑重建我们的

卡尔 萨根：宇宙

社会结构吗？从外星人的角度来看，地球上的文明在最紧迫的问题上正处于毁灭的边缘：无法维持地球居民的生命、安宁和幸福。因此，难道我们还不应该在所有的国家里，尽力探究改变传统的办事方法的途径吗？还不该从根本上重新建立经济的、政治的、社会的和宗教的结构吗？

在如此令人不安的选择面前，人们总是尽量冲淡问题的严重性，总是认为那些担心世界末日到来的人是杞人忧天。人们还认为，要进行社会结构的重大改变是不切合实际的，或者是违反“人性”的，好象只有核战争才是切实可行的，好象世界上只有一种人性。全面的核战争还没有发生过，人们由此得出结论，大概将来也决不会发生。但是要知道，这种战争我们只能经历一次啊！真到那时，一切都将悔之莫及。

美国是极少数几个真正支持一个控制军备竞赛机构

卡尔 萨根：宇宙

的政府之一。但从国防部的预算（1980 年达 1530 亿美元）和军备控制及裁军署的预算（每年 180 万美元）来看，人们对这两者的相对重要性就一目了然了。一个有理性的社会难道就不能多花些钱用于互相了解，用于防止而不是用于准备下一次战争吗？要研究战争的起因并不难，在现今的世界上，人们的相互理解是极为可怜的，这很可能就是自从埃凯德的萨根王（校者注：公元前 2600 年巴比伦闪米特人的埃凯德王国的建立者，在此他或许是某个战略计划的代称）时代以来，裁军预算就始终处于可有可无状态的缘故。细菌学家和医生研究疾病主要是为了给人治病，他们并不仅仅是为了寻找病原体。让我们在研究战争时，象爱因斯坦说过的那样，把它当作给孩子治病来对待。如今，核武器的大量增加以及反对核裁军的势力已威胁到每个人的安全，因此，不存在任何特殊的利益，特别的例外。人类的生存全靠我们用智慧和资源来掌握自己的命运。

卡尔 萨根：宇宙

我们——地球上所有的人，作为核武器的人质，都必须大力进行关于反对常规战争和核战争的教育。同时，我们还必须教育我们的政府。必须明白，只有科学技术才是确保我们生存的可靠工具。我们要敢于向传统的社会、政治、经济和宗教挑战。此外，我们还必须真正懂得，全世界的所有民族都一样是人。诚然，要做到这一点并非轻而易举。但是，就象爱因斯坦在他的建议被当作不切实际或不符合“人性”时多次重复回答的那样：我们又有什么其他的抉择呢？

哺乳动物的天性是喜欢用鼻子、用舌头去触摸和亲吻幼仔，也喜欢把幼仔抱在怀里，对他们百般爱抚和珍爱。而这些行为在爬行动物中是极难见到的。假如在我们的头脑中，R-复合体和边缘系统真的处于一种不稳定的休战状态，且带有其祖先的偏好，我们可以期望充满柔情的父母挚爱能激发哺乳动物的天性，而缺少抚爱则会引起爬行动物的兽性。某些证据表明，情况确实如此。

卡尔 萨根：宇宙

哈里·哈洛和玛格丽特·哈洛通过实验室实验发现，如果把猴子单独养在笼子里，即使它能看到其他的猴子，听见它们的声音，闻到它们的气味，笼子里的猴子也会变得惊恐不安、爱发脾气、撕抓自己以及表现出其他一些反常的性格。在儿童中也观察到同样的现象，尤其是在因为得不到大人的抚爱（通常是在孤儿院里）而受苦受难的孩子们中，这种现象非常明显。

精神病专家 J. W. 普雷斯考特别出心裁地对 400 个工业化前期社会进行过一次国际性的统计分析。结果发现，孩子们得到充足的抚爱会使他们厌恶暴力行为。即使只得到一般抚爱的孩子，只要青春期的某些必要的活动没有受到压抑，成年后也会厌弃暴力行为。普雷斯考特认为，假如在人生的两个关键时期，即婴儿期和青春早期，享受不到欢乐，这些人长大成人后就容易嗜好暴力。在人们普遍相亲相爱的地方，盗窃、有组织的宗教活动、对财富仇视以及虐待行为等都不会普遍发生。在虐待孩

卡尔 萨根：宇宙

子盛行的地方，奴役现象，行凶杀人、折磨和残害对手、深信男尊女卑以及崇拜一两种超自然的事物就会屡见不鲜。

尽管我们可以作出某些推测，但我们对人的行为的认识还不足以确定这些关系的机制。然而人们的相互关系却是至关重要的。普雷斯考特写道：“在一个社会中，假如人们都能爱抚孩子，那么这个社会变为嗜好暴力的可能性就只占百分之二。偶然发生例外的可能性的比例为 125 000：1。我找不出任何其他试验性的变数具有如此高的预见性。”孩子盼抚爱，此乃人之常情。如果年青人能按他们的意愿行事，社会发展的结果就会是：成人很难容忍侵略、领土扩张、追求陈规陋习和社会等级制度（当然，在孩子们成长的过程中，他们也许会经历这些卑鄙行为的折磨。假如普雷斯考特的观点是正确的，那么在一个核武器泛滥成灾的时代，虐待儿童就违反人性了。同时，我们每个人都应责无旁贷地为世界的未来

卡尔 萨根：宇宙

作出贡献，方法就是对我们的孩子给以真挚的抚爱。

如果奴役、种族主义、厌女癖和对暴力的嗜好是彼此互相关联的话，正如对个人的性格、人类的历史以及跨文化的研究所说明的那样，那么就还有乐观的余地。在我们的社会中，近来发生了重大的变化。延续了几千年的奴隶制，在过去的两个世纪内通过震撼世界的革命已近于绝迹。千百年来地位低下的妇女一直毫无政治地位和经济权力，如今，哪怕在最落后的社会里，也都逐渐取得了与男子平等的地位。一些较大的侵略战争在现代史上第一次因侵略国人民的反战而部分地得到了制止。陈旧的民族主义热情和侵略主义的荣誉感已开始失去号召力。另外，也许是因为生活水平的提高，孩子们的待遇普遍地好转起来。仅仅在几十年的时间内，席卷全球的变化开始朝着有利于人类生存的方向发展。人们开始觉悟到，我们都属于一个物种——人类。

卡尔 萨根：宇宙

生活在亚历山大图书馆创建时期的西奥菲拉斯塔写道：“在上帝面前，迷信是懦弱的表现。”在我们居住的宇宙里，各种原子在星球的中心孕育；每一秒钟都有上千个恒星诞生，在年青的行星的空气和水中，阳光和闪电使生命大放异彩；有时一个星体还没走完银河系的一半路程就在太空中爆炸，为生物的进化提供所需的原料；象银河系一样莫明其妙的事物形成过千亿次；这是一个浩瀚的世界，充满了类星体的夸克、雪片和萤火，可能存在着黑洞和其他的世界，外星文明的无线电信息此刻可能正飞向地球。两相对照之下，迷信和伪科学是多么苍白无力，而追求科学、探究科学才是人类所应该致力的事业。

大自然的一切都深藏着奥秘，令人神往、敬畏。西奥菲拉斯塔说得有道理，那些害怕知道宇宙真面目的人，那些要求不存在的东西、妄称人类是处于宇宙中心的人，总是更沉缅于对迷信一时的满足之中，而不愿面对现实

卡尔 萨根：宇宙

世界。只有那些勇敢地探索宇宙真面目的人，即使发现事实与自己的愿望完全不同也无所畏惧的人，才能洞察宇宙最深刻的奥秘。

地球上只有人类才从事科学事业，迄今为止，科学还只属于人类。它是由自然选择进化而来的人的大脑皮层的产物，其存在只有一个理由：它确实起作用。但它还不完善，有时也会用错。它毕竟是一种工具，但却是我们的最好的工具，因为它能自我修正错误，不断地运转，运用于一切事情。它有两条基本原则：其一，没有神圣的真理，所有的假说都必须加以严格的检验，权威说的话也不该一味盲从；其二，无论什么假设，一经发现与事实不符，就必须加以修正或者抛弃。我们必须以其本来的面貌去认识宇宙，而不能将它与我们的愿望混为一谈。显而易见的东西有时是假想，而意料之外的事有时却是真的。当范围足够大时，任何人的目标就都一样了。而研究宇宙恰恰提供了最大的范围。世上现有的文化象

卡尔 萨根：宇宙

是一个骄傲的陌生人，经过了四、五十亿年的风风雨雨才来到地球这个舞台上，然而只经过几千年的观察就宣布自己掌握了永恒的真理。在一个如此瞬息万变的世界中，这种宣称预示着不幸，因为所有的民族，所有的宗教，所有的经济体系和知识都不能回答有关人类生存的所有问题。肯定有许多社会制度比现存的任何制度好得多，科学的使命就是去寻找它们。

在人类历史上，只存在过一次科学和文明繁荣昌盛的景象，那就是古爱奥尼亚灿烂的文明，其明证则是亚历山大图书馆。2000 年前，那些最优秀的人物奠定了基础，才使我们后来能系统地研究数学、物理学、生物学、天文学、文学、地理学和医学。亚历山大图书馆的建造得到了历代希腊托勒密王的支持。这些国王所继承的领土是亚历山大帝国的古埃及部分。从公元前三世纪托勒密王朝建立到其崩治的 700 多年中，它一直是古代文明的灵魂和心脏。

本书提到的一些人物、机械和事件的时间表。安提开塞拉（Antikythera）机械是古希腊人发明的一种天文计时装置。亚历山大城的希罗曾做过蒸汽机的实验。图中部 1000 年的空白代表人类丧失的宝贵时机，实在令人惋惜。

亚历山大城曾是世界的出版中心。当然，那时还没有印刷术，书籍十分昂贵，因为每一本书都是手抄的。该馆的藏书是世界上最准确的抄本。而且在那里还发明了严格的藏书编目技术。流传下来的旧约圣经大部来自该馆翻译的希腊语译本。历代托勒密王不惜耗费巨资去收集各种希腊书，以及来自非洲、波斯、印度、以色列和世界其他各地的著作。托勒密三世尤俄吉提对索福克勒斯、埃斯库罗斯和欧里庇得斯三位作家的伟大悲剧作品，无论是原稿还是正式版本，他都想从雅典人手中借去。而对雅典人来说，这些作品则是他们的文化珍品，

卡尔 萨根：宇宙

就象英国人对待莎士比亚的手稿和最早的版本那样。他们不愿与其有须臾分离。只是在托勒密王保证归还并付了巨额押金后，他们才同意出借。但托勒密王在把剧本弄到手后，把它们看得比金银还珍贵。他情愿失去作抵押的巨款，也不愿意归还这些剧本，而将其珍藏在亚历山大图书馆中。恼怒的雅典人只好忍气吞声地接受托勒密惭愧地还回的抄本，世上还很少有这样的国家如此热烈地猎求知识。

托勒密王朝并不仅仅满足于收集已成文字的知识。国王们还鼓励和资助科学研究，以求获取新的知识。这种政策产生了惊人的效果。埃拉托色尼准确地计算出了地球的体积，并绘之成图。他认为，从西班牙出发一直向西航行，可以到达印度。喜帕恰斯则预言，行星出现和形成后，在漫长的岁月中缓慢地运动，最终消亡。正是他首次对星体的位置和大小进行分类，以便检测它们的变化。欧几里得编纂的几何教程，人们使用了 23 个世纪。

卡尔 萨根：宇宙

正是这部著作，引起了开普勒、牛顿和爱因斯坦对科学的浓厚兴趣。盖仑撰写的临床治疗和解剖学的著作，在文艺复兴之前一直在医学上占统治地位。正如我们已经提及的，在托勒密时代还产生了许多其他著名的人物。

亚历山大城曾经是西方世界最伟大的一座城市。各国人士都云集那里，或者移居该城，或者前往经商，或者前往学习。在亚历山大港每天都挤满了商人、学者和旅游者。古希腊人、古埃及人、阿拉伯人、叙利亚人、希伯来人、波斯人、努比亚人、腓尼基人、意大利人、高卢人和伊伯利亚人，都聚集到这座大城市来交换货物，交换思想。也许正是在这里，“世界性”（原注：“世界性”一词是戴奥真尼斯（Diogenes）创造的，他是一个唯理论哲学家、柏拉图主义批评家）一词才真正表明了它的含义，即地球上的居民不单单只是一个国家的公民，而且是宇宙的公民。大家都来做宇宙的公民……。

显然，现代世界正是从这里萌发的。那么究竟是什么力量使这些种子不能生根、枝繁叶茂呢？又是什么使西方世界在黑暗中沉睡了 1000 多年呢？在亚历山大城已经开创的事业为什么要等到哥伦布、哥白尼及其同代人才重新做起呢？对此，我不能简单地回答。但是我们确实知道，在亚历山大图书馆的全部历史中，没有任何一位科学家或学者对他们社会的政治、经济和宗教作出严肃的挑战。他们只对星体的永恒性提出怀疑，但不去探究奴隶制是否合理。而且，一般说来，科学和知识只掌握在少数有特权的人手中。城里的广大居民对于图书馆内的重大发现几乎一无所知。此外，对于这些发现也没有人去进行解释和宣传普及，对居民们也没有带来什么好处。在机械和蒸汽技术方面的发明创造也主要用于改善武器装，怂恿迷信，以及取悦国王。科学家们从未认识到机械在把人从劳动中解放出来方面的潜在作用（原注：阿基米德是一个例外。他在亚历山大图书馆设计的水轮机从那时起一直在埃及被用于灌溉耕地。但是甚至

卡尔 萨根：宇宙

他本人都认为，设计这种机械大大有损于科学的尊严)。此外，古代知识分子的伟大成就几乎没有得到直接的实际应用，而科学也从来没有汲取广大群众的丰富想象力。对于社会的停滞不前、人们的悲观厌世情绪和对神秘主义的可怜崇拜，都无人关心，以致很久以后暴徒烧毁这座著名的图书馆时，完没有人挺身而出加以阻止。

在这座图书馆工作的最后一位科学家叫希帕蒂亚(Hypatia)。她是一位数学家、天文学家、物理学家，同时也是新柏拉图哲学学派的领袖。她在许多方面取得了卓越超群的成就。她于公元 370 年出生于亚历山大城。在那个时代，妇女没有任何自由，只被当作玩偶。但希帕蒂亚是个例外。她不自觉地冲破了一直由男子独霸的科学领地。希帕蒂亚还是一位绝世美人，许多男人追求过她，但都遭到拒绝。在希帕蒂亚时期，亚历山大城已由古罗马帝国统治了很长一段时间。全城死气沉沉，奴隶制逐渐销蚀了古文明的活力。日益增长的基督教教

卡尔 萨根：宇宙

会在努力巩固其势力，竭力想根除异教的文化和影响。在这强大的社会势力的进攻中，希帕蒂亚首当其冲。亚历山大城的大主教西利尔，因为她与罗马执政官过从甚密，以及她是知识和科学的象征而藐视她，——早期的教会曾把科学知识视为异教。面对个人生命安全的严重威胁，希帕蒂亚继续从事教学和发表文章，直至公元 415 年，在她去工作的途中，终于遭到了西利尔手下的宗教暴徒的残害。他们把她拖下马车，扒光她的衣服，用鲍鱼壳刮下她的皮肉。她的遗体被焚烧，她的著作被销毁，她的名字被人遗忘了。西利尔也就成了大圣人。

亚历山大图书馆的兴衰是一部惨痛的回忆史。在希帕蒂亚死后不久，它的最后遗迹也被摧毁了。整个文明就好象经历了一次自我惩罚的脑外科手术，对文明的记忆、发现、思想和激情的绝大部分都无可绝回地灭绝了。这种损失是无法估量的。在某些情况下，我们只知道被毁的著作的引人入胜的标题，而大部分著作我们既无从

卡尔 萨根：宇宙

了解标题，也无法知道作者是谁。我们确实知道，图书馆珍藏的 123 部索福克勒斯剧本中幸存者只有 7 部，《俄狄浦斯王》是其中之一。埃斯库罗斯和欧里庇得斯剧本的命运也大间小异。打个比方，这种浩劫就好象莎士比亚的著作遗留下来的只有《科里奥拉努斯》和《冬天的故事》，但是，我们知道，他还写过其它一些剧本。这些剧本现在虽然见不到了，但显然当年曾风行一时，其中有《哈姆雷特》、《麦克佩斯》、《尤利乌斯·凯撒》、《李尔王》和《罗密欧与朱丽叶》。

这座著名图书馆中所有有关物理学方面的著作无一幸存。在当今的亚历山大城，很少有人对亚历山大图书馆，或者是对延续了几千年的古埃及伟大的文明有兴趣，而对它们有详细了解的人就更少了。它们已被更新的事件，被其他文化的强制所取代。全世界的情况也大抵如此，以致我们与过去只有极微弱的联系。但是，在离塞拉皮厄姆遗迹仅仅一掷之遥的地方，就有一些东西能使

卡尔 萨根：宇宙

我们追忆起许多灿烂的古代文明：古埃及法老时期的狮身人面象；古罗马戴克里先皇帝的追随者为他竖大的巨大石柱，因为他没有使亚历山大的居民全部饿死；基督教教堂、伊斯兰教寺院以及现代工业文明的标志：高楼大厦、汽车、电车、城市贫民窟以及微波中继塔。很显然，我们今天的现代社会与过去有着千丝万缕的联系。

我们今天的成就是建筑在四万代祖先努力的基础之上的，他们中除了极少数人以外都没有留下姓名，并已被遗忘。我们会不时发现一些重要的古代文明，例如古埃伯拉文化，它的兴盛时期距今只有几千年，但我们对它却一无所知。我们对自己的过去是多么无知啊！古代的碑铭、文献、书籍把人类的历史串接在一起，使我们尚能领略古代兄弟姐妹的音容笑貌。当我们从中发现他们与我们那么相似时，这是多么令人欣慰啊！

本书对我们的先辈给予极大的重视，他们的名字还未被

卡尔 萨根：宇宙

人忘却；埃拉托色尼、德谟克利特、阿里斯塔恰斯、希帕蒂亚、达·芬奇、开普勒、牛顿、惠更斯、商博良、哈马森、戈达德和爱因斯坦。他们受惠于西方文化，因为现在地球上的科学文明，主要是西方的文明。但是，所有的文化、包括中国、印度、西非和中美洲的文化，都对人类社会作出了各自的重要贡献，都产生过重要的思想家。由于通讯技术的巨大进步，世界各民族正逐步联结在一起，以飞速的步伐行进在通往建立一个全球社会的最后阶段。倘若我们能在地球上消除种族隔离，而又能保持各自文化上的差异，或者说不去作自我毁灭的蠢事，那么我们将完成一桩伟大的壮举。

在亚历山大图书馆旧址附近，至今还有一尊无头的狮身人面像，那是在亚历山大皇帝之前 1000 年的第十八代法老霍伦赫布时期雕塑的。而在离狮身像不太远的地方，耸立着一座现代的微波中继塔。这二者把人类历史紧紧地联系在一起。从狮身人面像到中继塔不过是宇宙

卡尔 萨根：宇宙

时的片刻——宇宙大爆炸后大约 150 亿年中的一瞬。过去的一切都几乎随岁月的流逝而消失了。宇宙演化的一切迹象比亚历山大图书馆中珍藏的文化资料毁坏得更加彻底。尽管如此，凭着勇敢和智慧，人类还是找到了我们的祖先和我们所走过的逶迤历程的一些蛛丝蚂迹：宇宙大爆炸释放出大量的物质和巨大的能量，不知又经历了多少年代，宇宙还未定形，还没有星系和行星，更没有生命；浑沌未开，到处都是一片黑暗，氢原子亦尚在虚空；四处散布的密度较大的气团在不知不觉中慢慢变大，氢聚集成比现代的恒星还要大得多的气团；最后在这些大气团中点燃了核反应的火炬。第一代星体就这样产生了，从而照亮了黑沉沉的宇宙空间。但在那时，还没有任何行星去接受这亮光，也没有任何生命去赞赏星空中的奇景。太空炼金炉深处发生的核裂变产生了重元素，以及氢燃烧后留下的尘埃，而这些正是未来行星和生命形式所需要的原材料。巨大的星体不久就耗尽了它们贮存的核燃料。在后来发生的大爆炸的震撼下，这些

卡尔 萨根：宇宙

星体又将其大部分物质重新送回到原来形成它们的较稀薄的气体之中。然后，在星体间的浓云之中形成了由多种元素组成的新聚结体，从而产生出新一代的星体。附近较小的聚结体虽然也能变大，但其体积太小，不足以激发核裂变，便朝着形成行星的方向发展。其中有一个由岩石和铁组成的小星体，那就是早期的地球。

早期的地球在不断的熔融和凝结过程中释放出大量的甲烷、氨、水和氢气，它们被地球捕集而形成原始的大气和海洋。在阳光的沐浴下，地球逐渐变暖，并产生了风暴和电闪雷鸣。火山爆发、岩浆奔流。这一切过程使原始大气中的分子碎裂，分子的分裂物重新聚结，逐渐生成日益复杂的物质形式，溶解在原始的海洋中。再经过一段时期后，池水变成温暖而又稀疏的液体。在地表上，发生了分子的组合和复杂的化学反应。有那么一天，偶然出现了一种分子能以其他分子为原料，复制出与它们自身相同的分子来。随着时间的推移，出现了能

卡尔 萨根：宇宙

更加准确精细地进行自我复制的分子。自然的选择有利于那些复制能力最强的分子。哪些分子复制得好，哪些分子便增多。由于分子复制的消耗，以及转化成自我复制的有机分子的复杂缩合，原始的海水逐渐变稀了。生命就这样在不知不觉之中慢慢出现了。

单细胞植物出现了，而且生命也开始生产出自己的食物。光合作用改变了大气的组成。性别出现了。曾经是自由生活的形态结合在一起，形成了具有特殊功能的复杂细胞。化学感受器进化出来了，味觉和嗅觉也产生了。单细胞生物演化成了多细胞的群体，它们各个部分慢慢发展出特殊的功能。眼和耳也产生了，可以看到和听见来自宇宙的信息。动植物发现陆地上可以维持生命。各种各样的生物嗡嗡作响、匍匐爬行、奔跑追远，扑腾抖动、攀越翱翔。庞大的野兽在浓密的丛林中怒吼。胎生的而不是卵生的小生灵出现了，在它们的血管里奔腾着类似早期海水的原液。它们靠反应迅速和聪明灵巧而

卡尔 萨根：宇宙

生存下来。后来，就在不久以前，某些栖息在树上的小动物离开树木下到地面，它们学会了直立行走，学会了使用工具，开始驯化其他的动植物，掌握了火，发明了语言。宇宙炼丹炉的灰烬现在开始出现意识了。它以前所未有的速度发明了文字、城市、艺术和科学，甚至向行星和恒星发射了宇宙飞船。这一切都是氢原子在 150 亿年的演化过程小所作的部分贡献。

上述的一切听起来象是美妙而可信的神话。但是，它确是现代科学所揭示的宇宙进化过程的简单描述。我们是经历了艰难曲折才进化而来的，而且对我们自己来说，我们本身就是一种潜在的危险。宇宙演化的所有迹象都清楚地表明，地球上的所有生命都是宇宙氢气工业的最新产品，那是极其珍贵的。在宇宙的其他地方，也可能存在同样奇异的物质变化，因此我们是多么盼望能听到来自天外的音信啊！

卡尔 萨根：宇宙

我们，不管是什么人，都抱有一种奇特的观念，一个人或者一个社会，只要与我们有些差别，我们就觉得有些奇怪或异乎寻常，就觉得难以信任或令人讨嫌。请想想，“外国的”和“稀奇古怪的”这类词所包含的含蓄的贬义。然而，我们文明社会的任何遗迹和文化，只不过代表人类不同的生活方式而已。假如有一位天外来客看到我们，他就会发现他所看到的人类及其社会中的不同与其相似相比是微乎其微的。宇宙中可能存在许许多多高级生命的世界。但是根据达尔文主义的理论，除地球以外，其他地方不存在人类。只有在这里，只有在地球这颗小小的行星上才存在人。我们是稀罕的受到危及的物种。从宇宙的角度来看，我们每一个人都是极其珍贵的。如果有人与你有隙，让他活下去吧！因为在1000 亿个星系中，你找不到第二个这样的人。

人类的历史是缓慢地认识这样一个真理的过程：我们都是一个更大家族的一员。人类社会的初期。人们只

卡尔 萨根：宇宙

忠实于自己和直系亲属，随后，他们的忠诚也只局限在四处流浪漂泊的狩猎——采集群落；再往后是效忠于自己的部落、小地区、城邦、国家。我们现在已大大扩展了我们所爱的人的范围。我们还组成了简称为超级大国的国家联盟，不同种族、不同文化的人在一起为某种事业一起工作，这显然是更富人性和有利于性格塑造的尝试。但是假如我们要继续生存下去，我们的忠诚还必须进一步扩大、它应该包括全人类，包括整个地球。当然，对那些统治国家的许多人来说，这种观点是令人不快的。他们害怕失去权势，我们将会听到许多有关叛逆和不忠诚的喧嚣。富裕的国家必须同贫穷的国家分享他们的财富。但是正如 H. G. 威尔斯在另一篇文章中所说的，要么保留人类社会，要么共同毁灭，没有其他的选择余地。

几百万年以前，地球上尚无人类。而再过几百万年，谁还会在地球上？在我们这个星球 46 亿年的整个历史中，尚没有什么东西离开过地球。可现在，无人驾驶的探测

卡尔 萨根：宇宙

飞船正闪烁着银光，矫健地穿行在太阳系中。我们已对 20 个天外世界进行过初步的探测，包括肉眼可以看得见的行星，它们都是在夜空中遨游的光点，它们曾激励我们的祖先去醉心探索。假如人类能继续生存下去，那么有两点理由会使我们的时代为人永志：在这技术蓬勃发展的危险时刻，我们设法避免了自我毁灭；在我们这个时代，星际航行开始了。然而，严酷而颇具讽刺意味的是，用来把探测器送往行星的火箭同样也能用于向别国发射核弹头，“海盗”号和“旅行者”号飞船采用的核技术又正是用于制造核武器的技术；无线电技术和雷达技术既用于跟踪、制导弹道导弹，以及防御核攻击，也可用于监测和控制宇宙飞船，捕捉地外文明发出的信息。假如用这些技术来毁灭我们自己，无疑就再也不能去探测其他的行星和恒星了。相反也是这样，假如我们继续我们的航天事业，沙文主义将会进一步崩溃，人们就会从宇宙的角度来看待问题。我们将全认识到，我们只能代表整个人类去进行宇宙考察。这样，我们就会全

卡尔 萨根：宇宙

力以赴去争取光明，而不是走向灭亡，去扩大我们对地球和地球上生物的了解以及寻找其他地方的生命。无论是进行载人的还是不载人的空间考察，所采用的科学技术和组织管则，以及所需要的献身精神和勇敢无畏精神，与进行战争的要求是基本相同的。因此，只要在核战争爆发之前实现了真正的裁军，这样的考察就会使主要国家的军事工业去从事一项长远的、无可非议的伟大事业。耗费在准备战争的精力能够比较容易地转变到从事宇宙的开发事业之中。要进行一次有限的，甚至是雄心勃勃的不载人的行星考察，开支并不很高昂。美国用于宇航事业的预算并不很高。在苏联，相应的开支要比美国高好几倍。但两国加起来也只相当于 2-3 艘核潜艇 10 年的费用，或者许多武器系统中的某一种一年的耗费。1979 年第四季度，美国的 F/A-18 型飞机的费用增加了 51 亿美元，而 F-16 型飞机增加了 34 亿美元。无论是美国还是苏联，从一开始花费在无人行星际飞行计划上的钱，比起他们不光彩地花费在战争中的钱一直少得多。

卡尔 萨根：宇宙

例如，1970～1975 年间美国用于轰炸柬埔寨（译注：原文如此，地名恐有误，应为越南）的费用高达 70 亿美元。而美国用于发射探测火星的“海盗”号或探测太阳系以外太空的“旅行者”号的总费用，还不及苏联在 1979～1980 年入侵阿富汗所花费的钱多。随着先进技术的采用，以及高级技术的刺激，花在宇宙探测中的钱会加速经济的发展。一项研究认为，在行星探测上每花费 1 美元，国民经济可以回收 7 美元。然而，许多重要而又确实可行的计划却因缺乏资金而无法实施，包括在火星表面行走的巡回车、彗星交会、进入土卫六的探测器和全面探测来自太空其他文明的无线电信号。进行较大的空间探测的费用十分高昂，如在月球上建立永久性基地和人到火星上去探险。因此，我认为在最近的将来，不可能筹措到这样的巨款，除非在核裁军和“常规”武器的裁减上取得突破性的进展。即使实现了这样的裁军，那时也许会有更紧迫的事情要做。尽管如此，我仍然坚信，假如人类能避免自我毁灭，我们就迟早能实现上述计划。

卡尔 萨根：宇宙

一个社会不可能停滞不前。人们存在着某种复杂的心理、在探索宇宙过程中哪怕是小小的退缩趋势，也会给许多代人带来明显的退却。相反，哪怕对地球以外的探险给予轻微的资助——我们可以学哥伦布，把它称为“星际事业”，经过几代人的努力，人类就能最终出现在其他世界上，来庆贺我们参加了宇宙的事业。 大约在

360 万年前，在今天的坦桑尼亚北部发生了一次火山大爆发，火山灰覆盖了周围的大平原。1979 年，古人类学家玛丽·李基在火山灰中发现了一些脚印，她认为这是早期人类的脚印，也许是现代地球上所有人的祖先的脚印。在 38 万公里远的地方，在我们曾经乐观地称之为静海的一片干燥平坦的大平原上，人类也留下了其他天体上最早的脚印。我们已经走过了 360 万年的旅程，走过了 46 亿年和 150 亿年的旅程。 因为我们是产生了

自我意识的宇宙局部的化身，我们已经开始考虑自己的渊源了。我们是在深思其他星球的星球物质，是由 1028 个原子组成的集合体，我们正在探索原子的演化过程，

卡尔 萨根：宇宙

正在追踪意识产生的漫长历程。我们应该忠诚于全人类，忠诚于整个地球。必须由我们来为地球大声疾呼。维持人类的生存不仅是对我们自己负责，也是对宇宙负责，对这个古老的、浩瀚的、孕育了我们的宇宙负责。

Kindle 版 pdf 文件由木鱼桥制作