

地球以外的文明世界

I·阿西莫夫 著

知 识 出 版 社

地球以外的文明世界

[美] I. 阿西莫夫著

王静萍 王世纲 孙乃修译

知 识 出 版 社

1983. 2. 上海

内 容 提 要

美国著名天文学家阿西莫夫是一个擅长文笔的科学幻想小说作家，能利用他的专业知识，使所写科幻小说，非常逼真，几乎带有预言的性质。

阿西莫夫是一位多产的科普读物作者。他所写的《地球以外的文明世界》一书是十分受人欢迎的一种。在这里，阿西莫夫以严谨的科学态度，探讨了宇宙的形成、生命的起源、地外文明世界存在的可能性，以及我们可能与之通讯往来的方式。读者看了本书，可以一扫荒诞故事中的所谓星际飞船、天外来客等等说法引起的混乱思想，并在获得正确科学知识的同时，也享受阅读的乐趣。

Extraterrestrial Civilizations

by Isaac Asimov

Crown Publishers, Inc. New York, 1979

地球以外的文明世界

[美] I. 阿西莫夫著

王静萍 王世纲 孙乃修译

知识出版社出版

(上海古北路 650 号)

新华书店上海发行所发行 上海海峰印刷厂印刷

开本 850×1156 毫米 1/32 印张 7.75 插页 2 字数 193,000

1983 年 2 月第 1 版 1983 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—11,200

书号: 13214·1008

定价: 0.79 元

目 录

第一章	地球	1
	神灵 (2) 动物 (6) 灵长目 (10) 脑容量 (12) 火 (14)	
	文明 (16)	
第二章	月球	19
	月相 (19) 另一个世界 (21) 无水 (25) 月球骗局 (30)	
	无空气 (32)	
第三章	内太阳系	36
	附近的星球 (36) 金星 (39) 火星运河 (43) 火星探测器	
	(50)	
第四章	外太阳系	55
	行星化学 (55) 土卫 6 (58) 木星 (63)	
第五章	恒星	68
	亚恒星 (68) 银河系 (72) 其他星系 (78)	
第六章	行星系	83
	星云假说 (83) 星的碰撞 (86) 星云假说的复活 (89)	
	恒星的自转 (90) 恒星的摄动 (94)	
第七章	类日恒星	99
	巨星 (99) 小恒星 (104) 正好合适 (110)	

第八章	类地行星	112
	双星 (112) 恒星族类 (119) 生物域 (124) 可居住性 (126)	
第九章	生命	132
	自然发生 (132) 生命的起源 (135) 原始地球 (139)	
	陨石 (143) 尘云 (145) 生命的发生 (147) 多细胞生命 (150)	
	陆地生命 (151) 智力 (154)	
第十章	其他星球上的文明	156
	我们的巨大卫星 (156) 月球是俘获的吗? (159)	
	智慧 (164) 绝灭 (166) 合作 (170) 探索 (174)	
	访问 (177)	
第十一章	空间探索	181
	下个目标 (181) 空间城 (184) 空间遨游 (189) 跳板 (192)	
第十二章	星际飞行	195
	光速 (195) 超光速 (198) 时间膨胀效应 (204) 滑行 (209)	
	飘泊的世界 (212)	
第十三章	信息	220
	发送 (220) 接收 (225) 光子 (231) 微波 (233)	
	在哪里? (238) 为什么? (240)	
英汉对照人名表		245

第一章

地球

要回答的问题是：我们人类是孤独的吗？

是否只有人类才具有探索宇宙深处的眼睛？才能创造装置来扩展自己的天然器官？才拥有能理解和解释所看到和感觉到的东西的大脑呢？

其回答很可能是：我们并不是孤独的！还存在着其他的种类，他们也在寻找、探索，而且或许比我们做得更有成效。

许多天文学家都相信这一点。我也相信这一点。

我们还不知道其他智慧生物在什么地方，但他们确实是在某一个地方生存着；我们还不知道他们都在做些什么，但他们确实是在做着许多事；我们还不知道他们是什么样的，但他们是聪明的。

他们是否能从他们那里发现我们？或者，是否已经发现了我们？

如果他们还没有发现我们，我们能找到他们吗？进一步说，我们应该去寻找他们吗？那样做安全吗？

一旦我们同意我们并不孤独这一观点，我们就得向自己提出这些问题。天文学家们正在研究这些问题。

第一次有希望使地外智慧探索顺利进行的科学讨论会是在1959年才召开的。可以说，它似乎完全是一种20世纪的现象，是近年来因天文学的进展而产生的，也是外层空间火箭技术和载人宇航的产物。

也许你会认为，几十年前人们理所当然地认为人类就是唯一有智慧的生物，而现在，有其他种类的智慧生物存在这一新观念的出现，将使人们感到极大的震惊。不管他们愿意与否，这将迫使他

们去经历一场世界观的根本变革。

没有比这再荒唐的了。

几乎在全部历史进程中，几乎所有的人都认为我们不是孤独的，人们一直毫不怀疑地认为存在着其他有智慧的生物。

人们的这种信念不是从科学发展进程中产生的。恰恰相反，科学排除了早期那种关于有非人类智慧存在的不可靠说法。科学创立了关于我们周围世界的新观点，虽然按旧的观点看，人类被认为是孤独存在的。

让我们以这种孤独存在的观点作为出发点，然后再进而讨论其他智慧存在的全新观点。

神 灵

要从头谈起，我们就要看到：地外智慧这个短语的含义已经变得复杂了。总的来说，它指的是地球以外星球上的智慧生物。如果这个短语有意义的话，我们就必须承认空中存在着其他星球。

但是，在几乎所有的历史进程中，绝大多数人都认为不存在什么地球以外的世界，地球就是世界，就是万物唯一的家园。古代的观测者认为，天空就是它看上去的那个样子，即悬挂在世界上一个伞形盖。白天，天空是蓝色的，太阳的光芒普照在大地上；到了夜晚，天变黑了，点点的星光在天空中闪烁。

在这样的情况下，地外智慧是没有意义的。我们还是来谈谈非人类智慧吧。

一谈到这个问题，我们便能立即发现，科学出现以前的人类总是以为人类不是唯一有智慧的生物。他们认为，在充满了各种非人类智慧的宇宙世界里，人类不但仅是许多智慧中的一种，而且似乎是其中软弱、落后的一种。

对科学出现以前的人们来说，世界上的事毕竟都是不可理解的，都是偶然的，没有什么事情是遵循自然的不可抗拒的“规律”的。因为人们认为规律不是宇宙的一部分。如果什么事情意外地发生了，那并不是因为人们未能对它有充分的了解，因而无法预料到它

的发生；而是因为宇宙的每一部分都是按自己的自由意志行事，并且是通过某种人们不理解，甚至是不可能被理解的动机去行事的。

自由意志与智慧必然有联系。自由地做一件事情时，一定要懂得都可以怎么做，从而在其中有所选择，这就是智慧。因此，认为智慧是自然界的一种普遍现象似乎就讲得通了。

对古希腊人（他们的神话我们一点也不陌生）来说，自然界的每一部分都有它的神灵。每座山、每块岩石、每条小溪、每个池塘、每棵树，都有自己的仙女。这些仙女不仅有智慧，而且在某种程度上与我们人类的外型很相象。

海洋有神，上天和地狱也有神。它们都被人们赋予了人的属性，比如生孩子、睡觉以及各种程度的抽象化的东西，如艺术、美和运气。

随着时间的推移，希腊思想家在看待这些神灵方面变得成熟起来，他们把神灵看成某种象征，努力使它们与人类区别开来。

这样，宙斯大神等就成了从来就是住在北希腊奥林匹斯山上的神。后来，它们迁到了天空中的某一含糊不清的“天”上。*

以色列的主也是这样。最初它住在西奈山上或约柜中，最后也迁居到了“天上”。

同样，人们认为死后的灵魂最初也是与生物同居于一个世界上的。这样，在《奥德赛》中，奥德赛在遥远西方的一个什么地方访问了地狱；希腊的天堂，即极乐世界，也曾在西方某处存在过。死后的灵魂最后都迁到了一个相当神秘的地狱里去了。

不过，这个复杂的抽象化过程只不过是一个纯粹的知识范畴的现象，是为了不使思想家陷入不成熟的见解的窘迫境地，它对一般人的影响很小。

这样，不管希腊的哲学家认为下雨的原因是什么，没有受过教育的一般农民仍会认为（如亚里斯多芬在他的一个剧中开玩笑说的那样），下雨就是宙斯透过筛子向下小便。

* 这是存在着另一个“世界”的例子。但是，这个世界从来也看不见，也从来不能用任何普通的方法被感觉到。

在当代美国，气象学是一门复杂的学问。人们把气候变化看成是遵循特别复杂的规律（一种十分复杂以至我们现在还没有彻底掌握，还不能准确预报的规律）的自然现象。不过，对许多美国人来说，季节干旱却是上帝的意志。他们于是便成群结队地去教堂求雨，以为上帝的计划是那么轻而易举和不重要，只要有人请求，他就会改变计划似的。

我们习惯认为神话中的神和恶魔是“超自然”的。但是，这个词用得并不恰当。当任何一种文化还处于虚构的神话阶段时，是不会有现代人观念中的自然规律这一概念的。所以，实际上没有任何东西是超自然的。神话中的神和恶魔只不过是超人类的。它们能做人所不能做的事情。

只有现代科学才带来了在任何情况下都攻不破的自然规律的概念——各种守恒定律、热力学定律、麦克斯韦定律、量子论、相对论、测不准原理和因果关系。

超人类是完全可能的，因为这种现象很普遍。马在速度上超人，大象的力气、乌龟的长寿、骆驼的耐力和海豚的游泳本领都是超人的。我们甚至可以想象有些非人类的实体会有超人的智慧。

然而，科学认为，在宇宙中，在“科学宇宙”中是不可能有什么超自然规律的东西的，即没有“超自然”的东西。这个“科学宇宙”是本书所涉及到的唯一的宇宙。

也许有人会说，人类没有权利说这件事或那件事是“不允许的”。有些东西之所以被称作超自然，是因为人们从有限的、不完全的知识出发，任意地下了这个定义。每个科学家都得承认，我们并非已经懂得了自然界可能存在的所有规律；我们并不完全了解我们认为存在的所有自然规律的含意和局限性。除了我们所知道的一点点以外，还可能存在着许多对我们的浅薄的知识来说是“超自然”的，但却确实存在的东西。

这些很有道理。但是，请想一想：

当我们在愚昧时，我们就得不出结论。如果我们说，“任何事情都会发生，任何事情都可以有自己的样子，但由于我们知道的太

少,我们无权说‘这个是’,或‘这个不是’”,那么,所有的推理就进行不下去了。我们无法做任何取舍的判断,我们只能在直观或信念或新发现的基础上,将文字和思想加以组合。但不幸的是,似乎没有一个人会与另一个人有同一直观、同一信念或同一新发现。

我们必须制定规则和界限,不管它们会多么任意。这样,我们就可以发现在这些规则和界限上我们能说什么。

科学的宇宙观就是承认但凡是人都得以某种方式观察到的现象,并承认从这些观察中归纳出来的概括(我们称之为“自然规律”)。

那么,就存在着四种控制着所有亚原子粒子相互作用的力场。这些力场还将最终控制所有的现象。按被发现的顺序,它们是:万有引力场、电磁场、强核相互作用及弱核相互作用。所有被观察到的现象都能用这四种力场来解释。还没有一种现象是那么费解,以至于使科学家们怀疑是否有第五种力存在。

第五种类型的相互作用完全有可能存在。但我们观察不到。或许还有第六种,或更多的相互作用。但如果我们观察不到,如果它们不以任何方式表现出来,那么,我们去谈论它们是不会有任何收获的。或许,顶多能在幻想当中寻开心而已。*

我们完全可以认为存在着第五种相互作用(或第六种,或更多),它们可能被观测到,但是,只是被某些人、在某种不可预言的条件下被观测到。

这虽然不难想象,但是它不属于科学的范围。因为在这种情况下,无论怎么说都可以。我可以说落矶山的山脉是绿宝石的,这些宝石让别人看上去却是普通的岩石,你反驳不了这些。但它又有什么意义呢?(远不提意义,这种说法总是很令人厌烦的,谁要是坚持这种说法就会被当成疯子。)

科学所研究的只是那些能重新展示的现象,如:在某一确定条

* 我不想贬低幻想的价值。我知道这是一门高尚的艺术,需要高超的技能。多年来,我自己就是以幻想为生的。但是,编造一个吸引人的幻想与使之与事实溶为一体是完全不同的两件事。

件下，任何一个具有一般智力的人都能进行观测，或是有理智的人*能同意观测的现象。

实际上，科学是人类施展智力的唯一领域。在这里，有理智的人经常能达成一致，并在新迹象出现时改变他们自己的观点。在政治、艺术、文学、音乐、哲学、宗教、经济和历史中——你还可以随意列举下去——有理智的人却不能达成一致，而且永远不能。有时，他们甚至会变得很激动，而且似乎从不改变自己的看法。

当然，自古以来，科学的世界观并没有完整地继承下来。它是被逐渐发现和研究出来的。现在仍然不完整，而且永远不会彻底完整。新的加工、修改、增添在开始时可能只被看成是异想天开（量子论和相对论一开始时不就是如此吗？）。但是，人们用各种出色的方式对它们进行了检验。如果通过了，就会被人们接受。这些验证方法并不那么简单和轻而易举。也会出现试验当中的争执，从而不必要地耽误了验证。**

不过，正确的理论最终是会被人们接受的。因为只要有合理的研究和出版的自由，科学的思想是可以自行校正的（当然，没有无限的钱财和无限的空间，绝对自由就很难保证）。

这些就是我之所以只让本书在必要时谈及超一般，但绝不谈及超自然的原因。在以非人类智慧为题旨的这本书中，我们将既不考虑天使，也不考虑恶鬼；既不考虑上帝，也不考虑魔王；也不去考虑那些在观测、试验和推理中无法理解的东西。

动 物

在排斥了所有人类凭空想象出来的奇妙东西以后再来寻找地球上的非人类智慧时，必须要在我们所能感觉到和观测到的单调无味的东西中去寻找一切可能找到的东西。

在所有的地球自然界物体中，我们可以毫不犹豫地

* 我不想为“有理智的人”下定义。我想，也许有一个很方便的说法，那就是，所有不惜来读这本书的人就是有理智的人。

** 这种争执有时也会因为攻讦不已而十分令人厌烦，因为科学家也具有普通人的习性，他们当中的任何一个都免不了会表现小气、卑鄙、爱报复或纯粹是愚蠢。

体排除在寻找智慧的范围以外。

这并非是一个无可置疑的决定。因为或许有人会认为意识和智慧是物质的固有属性，甚至一个小小的原子也会有微弱的意识和智慧。

这也许是真的。但是，由于这种意识和智慧不能（至少目前还不能，我们只能这样说）用任何方式检测出来，甚至还不能被觉察到，因此，我把它们排除在有关的宇宙研究之外，而不去考虑它们。

另外，如果我们是在寻找非人类智慧，我们理所当然地就是在找存在于人类以外，但在质量上可以与人类智慧大致相近的智慧。这意味着这将是某种我们能清楚地证认的智慧，岩石中或许具有某种什么智慧，但这种智慧决不是我们所能证认的。

但是，是否各种智慧都相同，或者类似，或者甚至可以被证认呢？一块顽石难道不会有与我们一样发达、或者更发达、但却是完全无法证认的智慧吗？

如果是那样的话，我们就完全可以认为，全宇宙中任何一个物体都和人有着一样的智慧，甚至比人更聪明。但当它们作为一个个体时，这种智慧的性质与我们的智慧完全不同。因而，我们不可能证认它。

如果我们能坚持这一点，那么，所有的争论可以就此结束，而且再没有继续探讨的余地。要想继续下去，我们必须划出界限。在寻找非人类智慧时，我们可以合乎情理地只限于讨论那些能被重复观测到及能以我们的智慧为标准证认（那怕是很模糊地）的智慧。

这种智慧很可能与人的智慧完全不同，以致于我们不能马上证认它，但我们是会逐渐认识的。不过，在人类与无生物打交道的长久岁月中，我们没有真正的理由去想象它们当中的任何一种曾显现和表示出过智慧，哪怕是很微弱的智慧的迹象*。所以，我们完全可以将无生物排除在外。

* 这里不包括那种叫做计算机的无生物。计算机在上世纪的最后 25 年中就已存在，而且，它的某些特征在一定程度上很容易被误解为智慧。不过，计算机是人类的产品，它完全可以被看成是人类智慧的扩展，而不是非人类智慧。

如果我们再来看有生物，便可提出如何区别有生物和无生物的问题。指出这种区别可能比我们想象的要难，但是，这和本书的题旨无关。不管是活的，还是死的物体，只要其在分类上还存在任何纠缠不清的问题，显然就没有正当的资格被认为具有非人类的智慧。

至于在那些无可置疑是具有生命的物体中，我们可以将整个植物界都排除在外。即使是最绚丽的红杉和香味最浓的玫瑰中，或是最凶恶的捕蝇草中*，也没有人能认出有什么智慧来。

但动物就不然了。动物与我们一样能动；一样具有表示需要和恐惧的能力，它们进食、睡眠、排泄、繁殖，也懂得寻求安逸和躲避危险。由于这些，人们就很容易将它们的行动看成与人具有同样的动机和智慧。

这样，在人们的想象中，蚂蚁和蜜蜂这样一些完全靠本能支配行为、没有或很少有个体差异，也没有应付突发事件能力的动物，就是在有意识地辛勤奔忙了。

蛇在地上蜿蜒爬行，因为它那通过进化获得的躯体和结构只有这样才能前进，也只有这样，它才能避免注意，并在被发现之前采取行动。而蛇被人们认为是狡猾、阴险的（这种描绘可以从《圣经》中找到根据。见《创世记》第3章第1节）。

人们还认为驴很蠢；狮子和鹰很傲慢和霸道；孔雀爱虚荣；狐狸很狡诈，等等。

如果把动物的行为全都看成具有人的动机，那么人们就会理所当然地认为，只要他能与某些动物交谈，就会在它们身上发现人类智慧。

这并不是说当一个人无路可走时，就会承认他相信这一点。不过，我们却可以看着那些狄斯耐动画片中的各种动物被描写成有人的智慧的东西而一点也不觉得有什么不恰当。

当然，这种动画片只不过是寻开心的游戏而已，而且人的一个

* 有些书上描绘了植物能听懂人语，并从而作出适当反应。不过，生物学家认为这种观点没有什么科学价值。

众所周知的特性是愿意居之不疑。所以，伊索寓言以及中世纪的列那狐狸见闻录中讲的也并不真是会说话的动物，而是在对社会弊病进行揭露的同时，以此来避免触怒当权者。但那些蠢笨的当权者却意识不到他们自己已被嘲讽。

不过，这些动物故事如此盛行不衰，加上哈里斯的“瑞马斯叔叔”中的狐狸兔子和劳夫丁的“杜立特大夫”中的鸚鵡鸭子，都表明了人们对这种问题很容易居之不疑。我想，这其中有一种内心感情的因素，那就是即使动物实际上并不如我们聪明，人们却还是觉得它们应该和我们一样聪明。

当然，我们也不能推说这些描写会讲话的动物的书只是为孩子们写的。亚当斯最近出版的畅销书《水船牧场》就是描写会讲话的动物的，但却是一本给成年人看的书，使我深受感动。

不过，在具有这种将人和动物从亲缘关系上联系在一起古老而原始的感情（早在我们狩猎或奴役动物时就已如此了）的同时，至少在西方人的思想中，已经意识到了人和其他动物之间有着一条不可逾越的鸿沟。

按《圣经》中所说，人是上帝用不同于他创造其他动物的方法所创造的；人是按照上帝的形象创造的；人对上帝创造的其他事物有统治权。

我们可以把人和上帝创造的其他事物的差异理解成为人有灵魂，而它们却没有；人有神的观念和追求流芳百世的热忱，而它们却没有；人身上有某种能超越死亡的东西，而它们却没有。

所有这些都不属于科学范围，我们不必去考虑。但这些宗教观念的影响却很容易使人相信只有人是会推理的动物，其他动物却不会。这一点起码可以通过一般的科学方法检验和观测出来。

然而，在人类是否唯一的有智慧动物这一问题上，我们还没有足够的把握来放心将它交给科学去检验。当那些生物学家抱着强烈的体系概念开始去将各种生物划分成种、属、目时，人们甚至还有些紧张呢！

将动物按相象程度分类可以使我们画出一棵生命之树。这棵

树的各个枝桠上是不同的物种。看着这棵树，就必然会明白树会长大，树枝还会延伸。

总之，仅是物种分类就会无情地使我们对生命的进化产生怀疑，比如：智力发达的物种是从智力不太发达的物种发展而来的。特别是，人是从不具有我们现在认为唯独人类才有的能力的原始物种变来的。

的确，尽管达尔文在 1859 年发表的《物种起源》一书中已经格外小心地避开了进化论（他在 10 年以后才敢将《人类的起源》发表），但他的书还是激起了一场轩然大波。

至今仍有许多人难以接受进化的事实。对米老鼠这样的动物具有人的特征的说法，他们显然没有什么反对意见（还有谁能比米老鼠更可爱呢！），但是，他们却接受不了我们可能是非人类祖先的后裔这一点。

灵长目

动物分类中有一种叫灵长目的动物，包括人们很熟悉的猴和猿。从外表上看，灵长目比其他动物更象人类。由于这一点，人们也很自然地认为它们比其他动物与人更接近。实际上，只要这种分类是有道理的，人类就必须被算成灵长目动物。

承认进化，就必然得出结论：包括人在内，各种灵长目动物都是从某一个单独祖先发展而来的。也就是说，在不同的程度上，它们都是亲戚。

其他灵长目与人相象这一点既使人高兴，又令人反感。在动物园里，猴房总是最受欢迎的地方，人们会被类人猿（这种动物与人最相象）完全迷住。

但是，在 1695 年，英国戏剧家康格里夫却写道：“我从来不能长时间地看猴子，我总会产生一种受辱的感觉。”不难想象，产生这种“受辱的感觉”，主要无非是害怕把人说成是某种大的、多少更聪明些的猴子。

那些反对进化论思想的人常常对猿猴更难容忍，他们总是夸

大猿的非人类特征，使得猿看上去与我们不象会有什么血缘关系。

有人还从解剖学方面寻找猿和人的差别，他们要寻找一些唯独有、其他动物都没有、猿更没有的微小体征。但是他们什么也没有找到。

实际上，进一步研究，我们便会发现，我们与其他灵长目动物，尤其是与黑猩猩和大猩猩的外表更相象。人身上所有的内部结构，黑猩猩和大猩猩身上都有。所有的差异只不过是程度上的差异而不是类型上的差异。

但是，如果从解剖上不能在人和与人关系最近的非人类动物之间建起一条不可逾越的鸿沟，也许从习性上可以吧？

比如，黑猩猩不会说话。不管人们曾怎样耐心、巧妙、不懈地去教幼年黑猩猩说话，结果都是徒劳的。而不会说话，黑猩猩就只能永远是个动物。

但我们是否混淆了交际与说话呢？

我们可以理所当然地认为，讲话是我们所知的最有效、最微妙的交际方式。但是，它是唯一的方式吗？

人类靠控制咽喉、口腔、舌、唇的快速、灵活的运动来说话，所有这些又是在叫做“布洛卡脑回（左额下回）”的控制下。此名是从法国外科医生布洛卡的名字而来的。如果布洛卡脑回被瘤或被重击损伤，人就会患失语症，既不会说话，也听不懂别人说的话。但他仍然有智慧，能使别人理解他，比如通过手势。

黑猩猩大脑中与布洛卡脑回相当的部分在重量和复杂程度上都不足以使它能象人一样说话。但手势呢？黑猩猩在野地里靠手势来交际，这种手势可以改进吗？

1966年6月，尼伟达大学的加德纳夫妇挑选了一只一岁半的雌黑猩猩作实验。他们为它起名为瓦舒，决定教它学会一种聋哑手势语言。其结果使他们自己，也使全世界震惊了。

瓦舒毫不费力就学会了许多手势，并用这些手势恰当地表达欲望和抽象概念。它还创造了它自己能运用自如的新花样，而且还教其他黑猩猩学习这种语言，它自己显然很喜欢交际。

后来，人们对其他黑猩猩进行了同样的训练，让它们在墙上排列和重新组合磁性筹码。在这当中，它们显示出有将语法运用进去的能力，而且在它们的老师试图造出一些荒谬的句子时不会受愚弄。年轻的大猩猩也接受了同样的训练。这些训练并非条件反射。所有的迹象都表明，黑猩猩和大猩猩完全知道它们自己在做什么。这和人在讲话时知道他们自己在做什么是一样的。

当然，和人的语言相比，猿的语言非常简单。人比猿要聪明得多。但是，这只是程度差别而已，不是种类的差别。

脑容量

对任何一个探讨动物智力高低的人来说，最重要的解剖因素无疑是大脑。总的来说，灵长目的脑容量要比非灵长目的大。人的脑容量是灵长目中最大的。

成年黑猩猩的脑容量是 380 克，成年大猩猩的脑容量是 540 克。与之相比，一个成年男子的脑容量平均重 1 450 克。

不过，人的脑容量还不是至今为止进化动物中最大的。最大的象的脑容量可重达 6 000 克，而最大的鲸的脑容量则重达 9 000 克。

大象无疑属于比较聪明的动物。实际上，大象的智力过于外露，人们总爱将其夸大（与猿相比，人们更爱夸大象的智力。这也许是大象从外表上看与人太不相象，这就对人类是唯一有智慧动物的威胁小一些）。

我们没有象研究大象那样的机会去研究鲸，但我们相信鲸也是一种比较聪明的动物。

但是，尽管大象和鲸都比较聪明，与人相比，它们还差得很远。而且，比黑猩猩和大猩猩也差得远。这怎么能与它们超人的脑容量相称呢？

大脑不仅仅是智力的器官，也是组织和控制身体各部分的中枢。如果躯体太大，大脑就必须主要用来控制躯体的各个部分，而没有多少余地用以进行智力活动。

这样，黑猩猩的大脑与身体的比例为 1:150。对大猩猩来说，这个比例为 1:500，而人的比例则是 1:50。

大象的大脑与身体的比例为 1:1 000，最大的鲸的比例则小到 1:10 000。与这些动物相比，人身上之所以具有某种这两类脑容量大的动物都不具备的特性，就不足为奇了。

但是，也有些生物的这一比例实际上比人的这一比例还要可观。一些较小的猴子和蜂鸟就是这样。有些猴子的比例高达 1:17.5。当然，对它们来说，大脑的绝对质量太小，无法进行什么智力活动。

人的这个比例最为合适不过。人有足够的脑容量使其具有发达的智力，而他的身体大小又正好可以使大脑有余地进行智力活动。

但是，在这一点上人也并不是唯一的。

在考虑鲸的智力时，用最大的鲸来举例也许是不公平的。我们不妨抛开鲸的稍小的亲戚，从最大的大猩猩入手，来测定一下灵长目的智力。

尖吻海豚和圆吻海豚呢？它们是鲸这种庞然大物的极远的亲戚，其中有些和人一样大小。但大脑比人的大得多（可重达 1 700 克），而且回转更多。

仅凭这一点，我们并没有把握说海豚比人聪明，因为这其中还有大脑的内部组织问题。海豚的大脑或许就不是为脑力劳动而组成的。

唯一可行的方法是研究海豚的习性。但不幸的是，在这一点上我们遇到了困难。海豚似乎是通过一种比人类语言还要复杂的声波来交际的，而我们却一直弄不懂它们的语言。它们的行为似乎说明它们有智力，甚至友好和富有人情味。但是，另一方面，它们的环境和我们的大不一样，我们很难深刻体会它们的思想和动机。

海豚智力的确切程度至少在目前仍然是悬而未决的。

火

鉴于本章上述部分，地球上是否有非人类智慧这个问题的答案只能是“有”。

这样，我们在前面谈的关于科学使我们变得孤独的论点似乎没有得到说明。有许多动物都有惊人的发达智力，而且不仅仅是猿、大象和海豚。与其他鸟相比，乌鸦要聪明得多。章鱼也显示出比其他无脊椎动物要发达得多的智力。

然而，绝对的差异确实存在，不可逾越的鸿沟确实存在。其关键不在于智力的有无，而在于通过智力的运用能做些什么。

人被说成是能制造动物的动物。而且，无疑，早在2万年以前，我们的祖先——大脑较小的古人类就能运用加工过的卵石了。这不足为奇，因为即使这些大脑较小的古人类，其大脑也比现代猿猴的大脑发达得多。

不过，其他一些动物，甚至有些很不聪明的动物，它们使用石头和树枝的方式只能被看成是在使用工具。

那么，在人和其他智慧动物之间的鸿沟就不是工具制造本身了。

不过，一定有某种工具标志着最聪明的物种与其他物种之间的明显的分界线。

我们不用费多大力气就能找到：关键的问题在于使用火。中国的洞穴里就有明显的使用过火的痕迹。在这些洞里，至少在500 000年前，居住着早年的人类——直立猿人，这个发现人们一直没有忘记。

没有任何一个现存于地球上的人类群体不知道如何点燃火和使用火。就我们所知，从没有一种非人类物种在使用火上取得过任何进展。

假设“人类智慧”的定义为：能达到想出点燃火和使用火的方法这样的水平。

那么，关于地球上的非人类物种身上有没有相当于人类智慧的东西存在的答案就应该是：没有，即人类是唯一有智慧的。

这似乎不公平，而且是某种武断和利己地下定义的结果。让

我们用海豚和人作比较，来看这个答案是否正确。

海豚在水中度过一生。人则在空气中生活。水是一种粘性介质，比空气要粘得多。在一定的速度下，在水中行进比在空气中要费力得多（只要将你的身体的一部分浸在水中试着往前跑，就可以知道这一点）。

为了在水中保持前进速度，海豚长了一个流线型身体，以减小水对它的阻力。而在空气中，人就不需要进行流线运动。人的体形可能很不规则，但他们也能快速运动。

因此，人可以有复杂的肢体，而海豚却没有。海豚的流线型躯体使它能有两个短而粗的鳍和一个尾叶，这是它唯一可操纵的肢体，而且，这些肢体只有在推进和导向时起作用。

最简单地讲，由于人生活在空气中，人有可以用来操纵周围一切的手；而海豚生活在水中，便没有手。

而且，原始人要控制的**火，是一种由于化学反应释放能量而产生的快速的光热辐射**。其中，有目的、最常见的大规模释放能量的化学反应是那些含有碳原子、氢原子或两者兼有的物质（“燃料”）与空气中的氧相结合，这个过程叫氧化。在水中由于没有游离氧，也就没有燃烧。

因此，即使海豚具有这样的智慧：它有了火的概念并在心里明白控制火和使用火的步骤，但它们却不能使之付诸实践。

不过，**人使用火也只不过是人生活在空气中的一个偶然的副产品，并不一定说明人真的有什么智慧。**

尽管海豚不能变换它的环境，不会生火和使用火，**它们却可能有一种自己的微妙的生命哲学。它们的生活也许比我们更有益更合理，它们比我们也许更能用感情来交流喜悦和友谊。能理解更多的东西。我们掌握不了它们的哲学和思想方法，并不说明它们的智力比我们的低，也许是我们自己的智力低。**

或许如此！

但事实却是：我们没有掌握任何一点海豚拥有生命哲学的根据。这也许完全是我们的过错，但我们对之无能为力。没有根据，就无

法进行有益的推理。也许我们可以去寻找，并在某一天找到这种根据。在这之前，我们不能说海豚有智慧。

另外，即使我们根据火所得出的人类智慧的定义是不公平的，在某种抽象范围内是自私的，这个结论对本书也是有用的，合乎情理的。从火入手，我们去寻找地球以外的智慧。离开火，我们就永远找不到地球以外的智慧。

那么，我们正在寻找的地球以外的智慧在其历史的某一时期一定已经会使用火了（或者，恰当地说，使用与火类似的东西）。否则，他们不会具有那些能使人们发现他们的特征。这一点我们很快就会看到。

文 明

在生命史上，生物已经在自身细胞内把一定的化合物和氧气进行缓慢反应以利用被释放的化学能。这个过程与氧化过程是一样的。但其速度要缓慢得多，其受控制的方式也微妙得多。有时是利用了较强壮的物种体内的能，就象鲫鱼附在鲨鱼身上，或人把牛和犁系在一起一样。

当物种随风或随水飘逐移动时，有时靠的就是无生命能。不过，这种无生命能必须要在它出现的当时当地全部被用掉。

人使用的火是可以携带随处可用的无生命能。人们可以随便将火点燃或熄灭，可以让火烧得很小，或添加燃料，直到火势很旺，而且想要多大就能多大。

火的使用使仅能抵御温和气候的人类突破了温带。火使他们能抵御寒夜和漫长的冬天，使他们能防御那些怕火的野兽的袭击，使他们能烤肉和煮食。从而扩大了食物的品种，减少细菌和寄生虫传染的危险。

人类大量地进行繁殖。这说明他们有了更多的智慧来设想将来的发展。有了火，生活不再是那样勉强糊口了，人们有了更多的时间将自己的智慧用于考虑眼前以外的事情。

总之，火的使用引起了越来越多的各种技术的发展。

大约在 10 000 年前，在中东出现了一系列重大的发展。其中包括农业、畜牧、城市、陶瓷、冶金及书写。最后这一项——书写——是约在 5 000 年前在中东出现的。

延续了 5 000 年之久的这些复杂变化带来了我们现在的文明。这个文明的意思就是一种安定的生活，一种个人专门从事一种工作的复杂的社会。

当然，其他动物也可以建立复杂的社会，也可以有它们的从事不同工作的成员。在那些蜂、蚁和白蚁的社会中更是如此。在这些昆虫社会中，单独的一个动物常常从心理上就专门化到了不会自己吃东西的程度，它只能由自己的同伴来喂养。有些蚂蚁的物种也从事农业，开一些小小的蘑菇园。另一些蚂蚁则放牧蚜虫，还有另一些蚂蚁则与同类的小物种交战，对之实行奴役。当然，蜂窝和蚁窝或白蚁窝与人的城市有着许多相似的地方。

不过，昆虫中最复杂的非人类社会是本能行为的结果。这种本能行为在这些昆虫出世时就已经在其基因和神经系统里形成了。没有任何一个非人类社会使用火，除了很小一部分昆虫以外，昆虫社会是由昆虫本身产生的能量来治理的。

那么，我们就可以合理地认为：人类社会从根本上与其他社会是不一样的，**我们所说的文明**只有人类社会才具有。

第三次发展是在大约 200 年前开始的。那时已有了实用的蒸汽机，引起了至今还在发展的工业革命。约在 20 年前，我们开始使用一些能以可观的数量逸向空间的能量。人类社会从此变得可以被发现了。

总之，我们不仅仅是寻找地球以外的生命，甚至不仅仅是地球以外的智慧。我们寻找的是能够使用相当多以复杂手段产生的能量，从而能在星际距离上被发现的地球以外的文明。如果某个星球上的生命、智慧和文明的发展程度不可能被发现，那也就无所谓发现了。

现在读者可以知道，地球上确实只有一种我们所要寻找的那种文明，即人类文明。据我们所知，地球上还没有第二种这样的文

明。而且，我们的人类文明也只是在不久以前才发展成为我们所指的这种文明的，即那种可以被发现的文明。

当然，虽然我已经证明，作为文明的创造者，我们在地球上孤独的，但这并没有什么可悲。地球已不再是人们意识中的唯一世界。我们只需到别处，到别的星球去寻找文明，也许这样我们就可能发现，我们根本就不是孤独的。

第二章

月球

月相

如果我们对自己周围的情况一无所知，那么，把地球看作唯一存在的世界还是有情可原的。那么，是什么东西使得人们认为还有其他的世界存在呢？

是月球。想想看——

天空物体的主要特征是它们发光。恒星是一些闪闪发光的小物体；行星比恒星稍大一些；太阳是一个光芒四射的大圆球；偶然出现的流星也发出一线短暂的光；彗星则更偶然地发出无规律和模糊的光。

天空物体与地球的区别在于前者发光，地球本身是黑暗的，不发光。

当然，地球上也可以有以火的形式出现的光。但那与天体的光截然不同。在地球上，人们得不断地为火添燃料，否则，它就会不稳定地跳动直至熄灭。而天体的光则可以稳定地保持不灭。

实际上，希腊哲学家亚里士多德（公元前 384~322）主张，所有的天体都是由一种叫以太的物质组成的，与组成地球的物质完全不同。“以太”一词源于希腊语，意为“燃烧”。天体物质燃烧，而地球物质不燃烧。如果这是真的话，那么，就只有一个世界。在这个坚硬、黑暗的世界里，生命可以存在，而在许多其他燃烧的世界里却没有生命存在。

但月球却是一个例外。月球这个天体在不断地变化着形状，

其变化方式很有规律，仅凭肉眼也可以看得很清楚。月球的不同形状（它的“相”）最引人注目。而且，除了昼夜交替以外，月相也是最先引起原始人注意的天文变化。

月亮相位的一个完整周期为 29 天多一点。这个时间长短特别方便，对史前的农民和猎人来说，季节循环（一年）非常重要。但那时人们很难发现四季平均每隔 365 天或 366 天重复一次。365 天或 366 天这两个数字太大，不易于记忆。数出从每一个新月到下一个新月之间的 29 天或 30 天、再数出每年的 12 或 13 个新月倒简单得多，也实用得多。用来记录一年四季月相变化的日历是早期天文观测的自然产物。

马尔夏克在他 1972 年出版的《文明的根源》一书中，有力地论证说，早在有历史记载以前，原始人已经在石头上用一种符号来记录每一个新月了。霍金斯在《巨石阵解谜》一书中，也同样雄辩地提出，巨石阵是一种为了记录新月和预报偶然在满月时出现月食的史前天文台（月食是月球的一种可怕的“死亡”。可是，人们得靠月球来记录四季。如果能预测月食的出现，人们就不必那么担心这种死亡的出现）。

天文学的产生很可能是出于实际需要，根据月相变化作出的一个历法，而这一活动则迫使人类研究天文。从那以后，开始了对自然现象的细致观测，终于使科学发展起来。

我认为，由于月相的变化非常有用，才使人类更加相信。世上存在着一个慈善的神。这个神出于对人类的爱，把天象排列成为历法，使人们可借以进行适当的活动，从而保证粮食的可靠供应。

在早期文化中，许多国家都把每一个新月当作宗教节庆。历法常常是由祭司一手掌管的。“历法”一词源于拉丁语，意为“宣布”。这是因为只有当祭司正式宣布新月到来时，一个月才算开始。这样，我们可以得出结论，在人类宗教的发展以及上帝是一位慈父而不是一个多变的暴君的信念中，有很大一部分可以追溯到月球的外形变化上去。

此外，由于对月亮进行细致研究可以控制人类的正常生活，因

此这一个重要认识就一定会使人们想到，其他的天体也同样有这种重要性。这样，月亮外形的变化就引起了占星术，从而又引起了其他形式的神秘主义。

但是，除此以外（如果说月球引起了科学、宗教和神秘主义，那么看来再对它提出些要求也不为过），月亮使人们有了多样世界的概念——即地球只是众多世界当中的一个。

当人们最初夜复一夜地注视着月球，以观察其盈亏时，他们很自然地会认为月球真的在改变着形状。它一开始是一弯很细的新月，然后逐渐变圆成一个完整的圆盘，再后，又渐次缺损成一个半钩，直到最后死亡。而且，每一个新月都真的是一个新的月亮，都是一个崭新的创造。

不过，在很早以前，人们就已清楚地知道半钩月的角总是背向太阳的。仅这一点就足以说明，太阳和月相之间有着某种联系。自从有了这种说法后，进一步的观测表明，月相与太阳和月球的相互位置是有关系的。当月球和太阳在天空上正好处于相对位置时，月球为满月，当两者相距 90 度时，月球为半月；当月球靠近太阳时，月球为半钩月。

显然，如果月球是一个与地球一样黑暗的球体的话，如果月球只是借太阳的光才发光，是反射太阳的光的话，月球就会完全按着实际观测出来的相位周期运行。人们开始想到，并越来越接受了这种观点：月球至少是与地球一样黑暗的。它不是由什么燃烧的以太所组成。

另一个世界

如果月球在黑暗这一点上与地球一样，其他方面难道不可能也一样吗？难道它不可能也是一个地球吗？

早在公元前 5 世纪，希腊哲学家阿那克萨哥拉（公元前 500～前 428）就曾经提出，月球是一颗象地球一样的世界。

把宇宙想象成为一个世界加上一些光点是近乎情理的，但如果说它是由两个世界加上光点就难以使人接受了。如果天空上的

某一物体是一个世界，另一些或全部物体为什么不可能也同样是世界呢？渐渐地，多元世界的想法传播开了，越来越多的人开始认为，宇宙里有许多世界。

这些世界诚然不会是空的。这种想法显然使人们充满反感——如果他们曾经想到过这点的话。

我们所知道的世界即地球上充满着生命。认为生命与固体一样也无疑地是世界的一个特征，这是完全自然的。同样地，如果我们认为地球是由某一个或几个神创造的，那么，假设其他世界也是这样被创造的就符合逻辑了。而认为任何一个世界都可以被创造，但却任其成为荒凉世界，就是荒唐的了。为什么要创造空无所有的世界呢？那将是一个多么大的浪费！

因此，当阿那克萨哥拉宣布月亮是一个类似地球的世界时，他同时也指出：月亮上可以居住。其他思想家，如希腊传记家普鲁塔克（公元46~120）也是这样认为的。

那么，如果星体可以居住，人们似乎很自然就会认为可以被智慧物种居住——这些物种一般总是被描写成与人很相象。如果星体上只是些没有理智的植物和动物，似乎也同样是一种莫大的浪费。

奇怪的是，早在人们发现月亮是一个星体以前，就已有说过月亮上有生命。那是由于在所有的天体中，月亮是唯一没有均匀光色的。月亮的明亮表面上有一些较暗的阴影，尤其在满月时看得最为清楚鲜明。

任何一个普通人在观察月亮时都会情不自禁地对它上面的阴影作一番想象（实际上，即使是那些有知识和见闻广的现代观察者也会这样做）。

凡事以人类为中心既是人类思考问题的自然倾向，那么把这些阴影想象成为人类就是不可避免的了，于是就产生了“月中人”的说法。

当然，这种原始的说法是史前时期的。不过，在中世纪时代，人们已经经常在设法为那些古老的说法寻找一个可敬的圣经中的

依据。于是，月中人就被认为是指《民数纪》第 15 章第 32~36 节中所说的人：“当以色列人在旷野的时候，遇见一个人在安息日捡柴……耶和华吩咐摩西说，总要把这人治死……于是全会众将他带到营外，用石头打死他……。”

在圣经故事中没有关于月亮的描述。但我们可以加上一段故事，就说当那个人声明他并不想在地球上守“太阳日”（星期日）时，法官就说：“那么，你就得永远在天上守月亮日（星期一）。”

中世纪时期，人们将月中人描绘成一个背着荆棘丛的人。荆棘丛象征着他捡得的柴禾。他还提了一只灯笼，因为人们认为他是怕别人看见而在夜里去捡柴的。此外，不知为什么，他还带着一条狗。带了这么多东西的这个月中人就是莎士比亚《仲夏夜之梦》这个剧中的小插曲里村夫“底儿”和其他村夫的表演内容。

当然，人们想象，这个月中人充满着整个月亮，因为月亮的整个表面看上去都有阴影，再说月亮又显得很小。

最早用有充分根据的数学方法计算月球与地球大小的人是希腊天文学家喜帕恰斯（公元前 190~前 120）。他基本上找到了正确的答案。月球直径大约是地球直径的 $\frac{1}{4}$ ，而不是“月中人这样大小的物体”。它是一个世界，并不仅仅因为它的构成物质是黑色的，也因为它的广大。

此外，喜帕恰斯还算出了到月球的距离。从地球表面到月球的距离为从地球表面到地球中心距离的 60 倍。

按现在的计算，月球与地球之间的距离为 381 000 公里，月球的直径为 2 470 公里。

古希腊人已知道月球是所有天体中最近的一个天体。其他天体都要远得多。我们在这么远以外却还能看得见它们，这说明它们一定也都是具有世界规模的庞然大物。

多元世界的观念从曲高和寡的哲理高山来到雅俗共赏的文学园地。我们所知的第一篇此类著作读起来就象现代科幻小说里讲的星际旅行一样。

约在公元 165 年，希腊的一个名叫卢西安的作家写了《一个真

实的故事》一书，叙述了月亮旅行的经过。在此书中，主人公被旋风卷到了月亮上。他发现月亮熠熠发光。远处，他看见了其他一些发光世界；身下，他看见了一个显然是他自己的世界——地球。

卢西安对宇宙的看法已经落后于他那时代的科学知识，因为他把月亮看成是发光的，而且认为天体都是靠近的。他还认为，宇宙空间充满着空气，而且“上”和“下”的概念到处一样。他认为没有什么理由可以怀疑这几点。

卢西安认为，宇宙中的每一个星体上都有人居住。他还认为，到处都有地球以外的智慧存在。月亮中的国王是安代米翁，他正在与太阳国王菲顿打仗（这些名字是从希腊神话中来的。在希腊神话中，安代米翁是月亮女神所爱的青年牧羊人，菲顿则是太阳神的儿子）。月亮上的人和太阳上的人在外表和风俗上都与人类一样，甚至也和人类一样做蠢事，因为安代米翁和菲顿正在为向木星殖民而彼此交战。

在此以后，过了大概 1 300 年，才出现另一个较大的作家来重新描写月亮。那是在 1532 年，意大利诗人阿里奥斯托（1474~1533）在一首史诗《疯狂的奥兰多》中描写了一个人，乘着希伯来预言家埃利亚曾经用以盘旋升天的神车来到了月亮上。他发现，月亮上有很多文明人民居住。

多元世界的说法随着望远镜的发明又被向前推进了一步。1609 年，意大利科学家伽利略（1564~1642）制造了一架望远镜，并用它观测月球。有史以来第一次，月球经过放大呈现在人们的眼前。而且，这样比肉眼看到的显然要仔细得多。

伽利略看到了月球上的山脉，还有象火山口一样的东西。他看见了黑色光滑的部分，很象海洋。事情很清楚，他所看到的的确是另一个世界。

这刺激人们进一步写作飞向月球的虚构故事。第一本是由一位一流的天文学家开普勒写的*，在作者死后的 1633 年出版，书

* 这是第一个由专业科学家写的科幻小说，但后来的科学家写科幻小说的当然不可胜计。

名为《睡眠》，因为书中的主人公是在一场梦中来到月球上的。

这本书之所以有名，是因为它第一次记载了有关月球的已知事实。在那之前，这些事实一直被认为是与所有星球上的东西没有什么两样的。

开普勒发现，月球上的一夜和一昼分别都等于地球上的 14 天。不过，他认为月球上有空气、有水、有生命。没有任何东西可以否定这三样东西的存在。

1638 年，第一本用英文写的月球旅行科幻小说问世。那是英国主教戈德温（1562~1633）写的《月球上的人》。这本书也是在作者死后才出版的。

戈德温的这本小说是早期此类书中最有影响的，因为它引起了不少模仿。小说的主角乘着一辆由一群鹅拉着的车来到了月球上（书上说，这些鹅在有规律地向月球移居）。与别的书中所描写的一样，戈德温说月球上住着许多与人类有同样智慧的人。

在戈德温的书出版的同年，另一位英国主教威尔金斯（1614~1672）出版了一本非小说体裁的科幻书《在月球上发现的另一个世界》。在书中，他推测了月球的可居住性。尽管戈德温的主人公是个西班牙人（西班牙人是前几个世纪的伟大开拓者），威尔金斯却相信第一个登上月球的是个英国人。从某种意义上来说，他是正确的，因为第一个登上月球的人是个英国人的后裔。

威尔金斯也认为在去月球的路上充满着空气，而且整个宇宙都是如此。甚至到了 1638 年，人们还是不懂，如果按威尔金斯的说法，就不会有单独的天体存在。因为如果月球是在无边无际的空气中围绕地球运行的话，空气阻力就会使它的运行失速，直至坠落在地球上撞得粉身碎骨，而地球则再撞向太阳，等等。

无 水

不过，空气无所不在的说法并没有持续很久。1643 年，意大利物理学家伽利略的学生陶利切里（1608~1647）成功地将一个水银柱与大气的重量平衡起来，从而发明了气压计。与空气的向下

压力相平衡的水银柱表明，如果大气密度始终如一的话，则大气层就只有 8 公里厚。而如果密度随高度而减小（实际就是如此），直到最后变得极为稀薄那么维持生命的大气层的厚度也只能比 8 公里稍大一点。

这样，人们第一次知道，宇宙并不是充满空气。空气完全是地球本身具有的现象，各个天体之间的空间是空的，即“真空”。这从某种方式上使人们发现了外层空间。

没有空气，人类就不能利用喷水柱或鹅拉车的形式或任何一种能穿行空气的形式向月亮飞行。

实际上，唯一能沟通地球与月亮的方法就是利用火箭。第一个提出这一点的不是别人，正是法国作家和决斗者齐拉诺（1619~1655）。

齐拉诺在他的《月球和太阳旅行》一书中，列举了几种能使人从地球到月亮上去的不同方法。其中有一种就是靠火箭。不过，他的书中的主人公却没有乘火箭，而是通过另一种（可惜是行不通的）方式飞行的。

随着 17 世纪的进展和越来越优良的望远镜继续对月球进行的观测，天文学家们开始发现我们的卫星——月球的一些特点。

月球看上去似乎总是很清楚和稳定的。它的表面似乎从来不会有云或雾。它的明暗界线——也就是光明和黑暗的两个半球之间的分界线总是很鲜明的，决不会象光通过大气发生折射时，其分界线会变模糊那样。这意味着月球上没有象地球上的曙光或黄昏一样的东西存在。

另外，在月球接近一颗恒星时，这颗恒星仍然保持自己的亮度，直到月球的表面碰到它，使它在一瞬间熄灭。如果月球上有大气，并在月球表面之前先接触到这颗恒星的话，那么恒星的光要穿过越来越密的气层，就应该慢慢地变暗。

总之，月球是一个没有空气的星球这一点已经很清楚。而且，月球上也没有水，因为进一步的观测表明：伽利略所说的那些黑暗的“海洋”上到处都是一个一个的火山口，当然，它们是沙子的海

洋，而不是水的海洋。

没有水，月球上就不会有生命。人们第一次不得不意识到，死寂的世界也可能存在，即没有生命的世界。

不过，我们不要过分着急。就算是一个没有空气、没有水的星球，难道就能肯定上面一定没有生命存在吗？

我们可以先来看看地球上的生命。当然，地球上的生命有着变化多样的形式。海洋深处和海面，淡水和陆地上，地下和空气中，甚至在沙漠和冰冻的荒地都有生命。

甚至还有不需氧气也能存在的微生物。氧气对它们来说实际上是致命的。无空气对它们来说一点也不可怕（正是由于这种微生物，密封在真空中的食品必须先彻底加热。有些相当危险的细菌，包括导致罐头食品中毒的细菌在真空中也能平安无事地存在）。

那么，生命体在没有水的情况下也能生存这一点是否难以想象呢？

对，相当难。没有任何地球生命可以离得开水。生命是从海中产生的，所有生物细胞中的液体甚至包括那些现在生活在淡水中或干燥地面及那些一放到水中就死亡的生物，从根本上来讲，都是海水的一部分。

在行星表面（在其中的一个上面已经有了我们所知道的生命）上，物质可以以三种形式当中的任何一种存在：固体、液体、气体。

在气体中，分子彼此相距很远并作无目标地运动。这样，气体混合物就总是均匀的。各种成分都很好地混合在一起。一个地方出现的任何一种化学反应都可能在另一个地方出现，即以爆炸的速度从这个系统的一部分扩散到另一部分，因而很难设想生命系统所赖以维持的有规则和受控制的反应，它的机体所必需的复杂性和细致的平衡，怎么可能在气体中实现。

而且，组成气体的分子多半非常简单。那些我们认为必要的复杂分子（因为如果我们能亲眼目睹变化中的生命，那么这种生命一定是处在多种多样微妙的变化中）在正常情况下是处于固体状态。

在充分加热或置于很低气压下的时候，有些固体会变成气体。但是，在加热后，生命所特有的复杂分子将分解成互不联系的东西，从而一无所用。即使放在零度气压下，这些复杂的分子也只能产生微不足道的一点蒸气。

因此，我们得出结论：在气体状态下不可能有生命存在。

在固体中，各分子彼此很好地联系在一起，而且，可以在任何复杂的环境中存在。除此以外，固体还可以而且一般也是不匀称的，即一处的化学成分与另一处的可以大不一样。换句话说，在不同的地方、在不同的速度和不同的条件下，会有不同的反应发生。

话虽这样说，但问题是：固体中的分子几乎都是禁锢在一起，化学反应太慢，不能产生我们认为与生命有关的细致变化。因此，我们说，在固体状态下也不会有生命存在。

在液体状态下，各个分子彼此接触，而且如同在固体状态下一样，存在着不匀称的可能。但是，这些分子的运动十分自由，化学反应可以进行得很快，与气体下一样。而且，固体和气体物质可以溶在液体中，以产生非常复杂的系统，引发变化无穷的反应。

总之，只有在液体状态下，我们认为与生命有关的化学过程和现象才有可能存在。对地球来说，这个液体就是水。在随后的章节里，我们还要讲到是否有什么替代物存在的可能性。

那么，没有水的星球（也没有其他任何替代物）似乎根本就不能维持生命。

也许是我的思想仍然太狭窄了？

为什么化学和物理成分完全与地球生命不同的生命就不能发展甚至产生智慧呢？为什么月球上，或者说，为什么地球上就不能有一种非常缓慢的固体生命（也许非常缓慢，不是我们能认识的生命）？比如说，太阳上为什么就不可能有一种迅速喷发的气体生命，不时以一纵即逝的形式爆出思想和存在的火花？

人们已对这一点进行过猜测。科幻小说中就设想过完全陌生的生命体。小说作者认为，地球本身就是一种生命体，整个星系及星际太空的尘云、气云都是一种生命体。也有人写过由纯粹能量

辐射组成的生命，它们处于我们的宇宙之外，因而是无法形容的。

在这一问题上的假想是无止境的。不过，在本书中，我将只谈那些至少有些根据的问题。这些根据可能是不完全的、不够有力的，所得出的结论或许也极易引起非难。但是，我决不会毫无根据地信口开河。

因此，在相反的证据出现之前，我必须下结论说：根据我们对生命的了解（我承认这种了解是有限的），没有液体的地球上就没有生命。既然月球上没有液体，也就不会有生命。

如果更谨慎一些的话，我们应该说：没有液体的地球上便没有**我们所谓的**生命。可是，一遍又一遍地重复这几个字实在太烦，我只想不时地提醒一下，免得读者忘了我的意思。在这本书中，凡是我谈到生命的地方，指的都是我们所谓的生命。同时，别忘了，还没有任何一点证据，无论多么含糊和间接，能使我们相信存在着什么非我们所谓的生命。

即使到现在，我们的结论可能仍然下得太急。利用早期的望远镜，天文学家已经清楚地看出：月球上没有水。即没有海洋，没有大湖，也没有长河。在望远镜发展以后，月球表面上仍没有发现过什么游离水。

可是，难道月球上就不会有少量的水存在于火山口壁阴影下的小水潭或沼泽地里，存在于地下河或渗液的岩层结构中，或者甚至就存在于构成月球坚硬表面的物质分子（在这里，水分子可能和其他分子组成松散的化学结构）中？

这些水当然不能通过望远镜观察到。但它们也许能维持生命。

对，也许能——但是，如果生命是从毫无规律的化学反应中产生的（我们在后面再谈这个问题），那么，这种无规律反应的规模越大，产生象生命这样复杂的東西的机会就越多。再说，这种反应的规模越大，发生大量死亡和更新的余地也就越大，而这正是无规律演化进程的強大动力。

在那些只有少量水的地方，生命形成的可能性很小，即使形

成生命，它的进化也是很缓慢的。它只不过是越过了一个界限，使复杂生命得以用一定时间和机会去形成和兴旺发展，但它当然不会复杂到能产生智慧和技术文明的程度。

这样，即使我们承认月球上有大量望远镜所不能观测到的水分，我们顶多也只能推测，那里有非常简单的生命。我们无法想象月球能成为地球以外文明的家园——如果月球一直就是现在这个样子的话。

月球骗局

我仍然认为，不可理解的并不是地球以外有智慧这个说法，而是与之相反的说法让人无法接受。望远镜下观测出来的迹象（比如说对月球的观测）虽然是相反的，人们却仍然很难想象星球是死寂的。

1686年，法国作家丰登奈尔（1657~1757）写了《论众多世界的可能性》一书。他在此书中对当时已知的每颗行星（从水星到土星）上的生命作了饶有兴味的猜想。

虽然当时人们对月球上有生命这一点已经不大相信，而且越来越不相信，但是，直至1835年人们还是很容易被月球上有智慧生命的故事所欺骗。就在这一年，发生了“月球骗局”。

这事发生在一家新开张的报纸《纽约太阳报》的专栏里。这家报纸很渴望能吸引读者的注意以打开销路。它雇用了洛克（1800~1871）做专栏作家。洛克是在这以前三年刚从家乡英国来到美国定居的。

洛克对其他星球上可能有生命这一点很感兴趣，甚至试着写了一些有关这方面的科幻故事。现在，他想假戏真做写一篇科幻小说。

他选了英国天文学家约翰·赫歇尔（1792~1871）的探索为题材。赫歇尔那时正在南非的开普敦研究南半球的天空。

赫歇尔携带了精密的望远镜，但并不算是世界上最好的望远镜。这些望远镜的价值不在它们本身，而在于当时所有的天文学

家和天文台都是在北半球，还从未有人真正研究过南极附近的天空。任何一种望远镜在那里都会是有用的。

洛克深知如何才能将此事做得更有声有色。从 1835 年 8 月 25 日开始，他在《纽约太阳报》上仔细描绘了赫歇尔用一架（用洛克的话来说）能看到月球表面那些宽度只有 18 英寸的物体的高倍望远镜所观测到的各种不可思议的发现。

在第二天的连载中，洛克描绘了月球表面。他说，赫歇尔看见了象罌粟属植物一样的花和象紫杉、冷杉一样的树。文中还描写了一个翻卷着蓝色波浪的湖，及一些长得象野牛、独角兽之类的庞然大物。

其中，他对一块长在这种类似野牛动物前额上的肉垂作了精彩的描写。这块肉垂可以支起或卸下，使动物不至受到月球向地这面周期性出现的极端光明和黑暗。

最后，洛克描绘了和人长得一样、但有双翼的动物。这些动物似乎还能交谈：“它们的手势，尤其是手和臂的多种动作，看上去充满了感情，十分有力。因此，我们猜想它们是有理性的动物。”

天文学家们当然知道这个故事完全是荒唐的，因为那时还没有一架望远镜能从地球上看到这些细节（现在或许也没有），因为洛克所描绘的，与人们对月球表面及其特征的了解毫无共同之处。

这场骗局很快就被揭穿。但是，在这期间，《纽约太阳报》的发行量在短时期里却大为增加，一跃而为世界上最畅销的报纸。无数的人都不问情由就上当受骗，而且他们还想继续再看下去。这说明人们是多么急于相信地球以外智慧的存在，以及所有激动人心的发现（或所谓发现），即便这种发现和现实科学的合理但缺乏兴味的信念冲突也不在乎。

不过，随着月球的死寂性质变得越来越明显，人们仍然希望这只是一种非常态的孤立情况，太阳系的其他星球还是可能有人居住的。

英国数学家休厄尔（1794~1866）在他 1853 年出版的《众多的世界》一书中，提出了某些行星上可能不会存在生命。这种观点在

当时自然属于少数。1862 年，年轻的法国天文学家弗拉马里翁（1842~1925）写了《可居世界的众多》来反驳休厄尔的观点。结果，他的书比休厄尔的书要畅销得多。

然而，弗拉马里翁的书问世后不久，一个新的科学发展便出现了，它有力地支持了休厄尔的观点。

无空气

19 世纪 60 年代，苏格兰数学家麦克斯韦（1831~1879）和奥地利物理学家博尔茨曼（1844~1906）分别提出了气体动力理论。

这个理论把气体看成是由散布很广、速度快慢不等、运动方向不定的分子组成的。它说明在温度和压力变化的情况下，被观察的气体的习性如何可以从这上面推断出来。

这个理论的结果之一，就是表示出分子的平均速度都与绝对温度成正比，与分子质量的平方根成反比。

在同样的温度下，任何一种气体中都会有一些分子的运动速度高于其他分子的平均速度，并超过该行星引力所确定的逃逸速度。所有比逃逸速度快的东西，不管是火箭飞船，还是分子，只要它不与别的东西相碰撞，就会永远地离开这颗行星。

在一般情况下，大气中只有很少的一部分分子能达到逃逸速度——并在经过不可避免的碰撞达到一定的高度后，不再与其他物体碰撞而离开行星——所以，大气向外层空间渗漏的速度是极为缓慢不易觉察的。这样，逃逸速度为每秒 11.3 公里的地球就能成功地保持住自己的大气，在几十亿年之内也不会丧失太多。

但是，如果地球的平均温度大幅度地提高，地球大气中分子的平均速度也会随之提高。大气就会更快地向外逸散。气温如果高到一定程度，地球就会很快地失掉大气而变成一个无空气的星球。

下面我们来看看氢和氦。组成这两种气体的粒子比我们地球大气中氧和氮的粒子要小得多。氧分子（由两个氧原子组成）的分子量为 32；氮分子（由两个氮原子组成）的分子量为 28。比较之下，氢分子（由两个氢原子组成）的分子量为 2，氦原子（氦不结成分

子)的原子量为 4。

在一定的温度下,轻粒子的运动比重粒子的运动要快得多。这时,一个氦原子的运动要比地球大气中的一个较重因而惰性也大的分子运动快 3 倍,而一个氢分子则可以快 4 倍。而运动速度比逃逸速度快的氦原子和氢分子的数量,比起同样情况下氧和氮的数量来要多得多。

结果就是,地球可以永远牵制住其大气中的氧分子和氮分子,但这种引力却会很快失去其大气中的氢和氦。这些氢和氦会跑到外层空间去。如果地球早年是在其现在的温度条件下形成的,并被氢和氦的宇宙尘包围着,那么,它就不会有一个足够强的引力场来将这些较小的、灵活的分子和原子聚集在一起。

虽然氢和氦两种气体是组成太阳系的原始气云的主要部分,但地球大气中却只有很微量的氢和氦。其原因就在于此。

月球的质量只有地球质量的 $1/81$,其引力场强度也只有地球引力场强度的 $1/81$ 。由于月球比地球小,其表面离中心就近,其表面引力比我们根据它的整个质量来想象的要大一些。月球表面的引力是地球表面引力的 $1/6$ 。

这一点也可以在逃逸速度中反映出来。月球的逃逸速度只不过是每秒 2.37 公里。在地球上,任何气体分子只有微量会超过地球的逃逸速度。在月球上,同一气体的相当多分子会超过比它们运动速度小得多的月球逃逸速度。

而且,由于月球自转速度特别慢,从而使太阳能在其表面的某一点上停留两周,月球的温度就会比地球的温度高许多。这就更增加了速度快于逃逸速度的分子数量。

结果就是月球没有大气。当然,月球的较小引力也可以保持较重的气体。比如,氦原子的原子量为 83.8,氩原子的原子量为 131.3,月球的引力场可以轻而易举地保持它们。然而,这两种气体在宇宙间是很稀少的,即使它们在月球上出现,组成了月球的大气,这个大气也只是地球大气浓度的 10 000 亿分之一——如果这样的话,这种大气也真稀得不可名状了。

实际上，对地球以外的生命来说，这样一种极稀的大气是无足轻重的。月球仍然可以被称为无空气星球。

这个问题与水这种液体有关系。水是“易挥发”的，即它很容易蒸发变成气体。在适当的温度下，水蒸气可以反过来重新凝结成液体。因此，在任何特定的温度下，只要水蒸气不被从周围带走（比如被风带走），液体水就很容易与水蒸气取得压力平衡。

如果没有水蒸气，也就没有这种平衡压力。越来越多的液体水将蒸发掉，直到一点不剩。我们都很熟悉一场风雨过后，所留下的水是如何蒸发直至一滴不剩的情况。气温越高，水蒸发得就越快。

当然，水蒸气并没有离开地球。如果它在一个地方没有凝结，就会在另一个地方凝结成露珠、雾、雨或雪。这样，地球仍然没有失去水。

如果月球上有液体水，那里形成的蒸气就会渗漏到空间去，因为这个水分子的分子量只有 18，月球的引力场拉不住它。这个液体水会继续蒸发，最后，月球上就会滴水不剩。月球上没有空气，说明那里没有气压去减慢水的蒸发速度。如果那里原来就有水的话，这水也早就失去了。

因此，月球上一定没有水，也没有空气。而且，任何一个无空气的星球都无生命——这倒不是因为空气对生命是那么必不可少，而是因为无空气的星球上无水。水才是对生命必不可少的。

不过，即使是动力理论也有漏洞。少量的水，至少量的空气都有可能月球的地下存在着，或是在土壤里与其他分子化合在一起。那么，这些小分子会被非引力的力量（如物理障碍和化合力）拉住。

当然，月球在其早期历史中也可能有过大气和海洋。但后来它们都逸向空间。在那些日子里，生命，甚至是智慧生命也可能存在过，它们可能在生理上或技术上都已使自己适应了空气和水的逐渐丧失，因此，它们可能住在月球的大穴洞里，从那里得到封闭的空气和水。

时至1901年，英国作家威尔斯（1866~1946）出版了《第一批登上月球的人》一书。书中的主人公发现了一个有智慧的月球人种，他们具有昆虫的特性，实行高度分工，住在地下。

但是，就是这样说也很值得怀疑。因为分析表明：月球会很快失掉其大气和水（如果它有大气和水的话）。当然，月球可能会把大气和水保持好几十个人生这样长的时间，所以如果在月球还有大气和海水时，我们可以不愁过完自己正常的一生。不过，这个大气和海水不会存在足够长的时间使生命得以发展，使智力能从零开始进化，甚至在还没到达这点之前，大气和海洋就已经不存在了。

现在，我们似乎已有了最后的结论。1969年7月20日，第一个宇航员登上了月球。在这次及以后的几次登月中，宇航员们带回了月球表面物质的标本。月球岩石显然表明：月球从一开始就是干燥的，上面没有一点水的痕迹，过去也不曾有过。

月球似乎无可置疑地是一个无生命的星球。

第三章

内太阳系

附近的星球

伽利略一旦利用他的望远镜来研究星空，就发现各个行星都扩大为小小的球体。用肉眼看，它们仅是些光点，这是因为它们离我们太远了。

此外，比地球更靠近太阳的金星，其位相显得很象月亮，因为如果它是一个仅靠反射而发光的黑暗的星体的话，它应当与月亮的状况相同。这充分证明，行星可能也是大体象地球一样的天体。一旦这一点被证实，人们自然就会认为所有这些行星上都有生命，并且是智慧生物的栖居地。正如我在前面章节中所述，弗拉马里翁直到 1862 年还确信无疑地坚持这种观点。

然而，气体动力学理论不仅把月亮，也把所有小于月亮的星球排除在生命的栖居地之外，几乎不能指望在所有小于月亮的星球上会存在空气和水，因为这些星球不可能有相应的引力场。我们来看看小行星，第一颗小行星发现于 1801 年。小行星仅在火星轨道外围绕太阳运行，它们中最大的直径仅 1 000 公里，有 40 000~100 000 颗左右的小行星，其直径最小为 1 或 2 公里，而每一颗小行星上都没有空气或液态水*，因此也没有生命。

1877 年发现的两颗极小的火星卫星的情况也和上述的行星

* 也可能有很少一点处于冻结状态的水（冰），被某些化合物阻留在小行星或其他小星体上，这样的化合并不受引力的影响。但冻结的水对生命来说是不适宜的，即使在地球上，南极和格陵兰的冰冻层中也不存在正常状态下的生命。

相同，它们很可能是被捕获的小行星，在其上同样既无空气也无液态水。

在小行星轨道以内，就是“内太阳系”，我们知道其中有4个大于月亮的行星，除了地球以外，还有水星、金星和火星。

其中，水星是最小的，不过它的重量是月亮的4.4倍，直径为4860公里，是月亮的1.4倍。水星表面的引力是月亮的2.3倍，大约为地球的2/5。难道这还不足以维持一种稀薄的大气吗？

问题并不这么简单，水星是离太阳最近的行星，在它最接近太阳时，其与太阳的距离仅为地球与太阳距离的3/10。水星上可能有的点空气，将被加热到比地球的大气高得多的温度，气体分子的运动速度将相应加快，而很难保持住。因此，水星应该和月亮一样，没有空气，没有水，也没有生命。

在1974年和1975年，火箭探测器“水手10号”三次从水星表面掠过。在第三次时，它距水星表面不到327公里。探测器对水星作了详细测绘，在其表面可发现与月亮上很相似的陨石坑；水星上没有空气和水被进一步证实，其上没有生命是毫无疑问的。

金星好象比水星有希望。金星的直径是12100公里，与地球的直径12740公里相差不多，金星的质量大约是地球的0.815倍，其表面引力是地球的0.90倍。

即使考虑到金星比地球离太阳更近，因而应比地球更热这一事实，金星上看来也应有某种大气。它的引力场有足够的力量来保持一种大气。的确，金星有一种比地球大气更为明显浓厚的大气，所以金星始终被笼罩在积云层中，这使人马上就想到金星上一定有水。可惜，这种云层却有损于我们对金星所持的有希望的见解，因为它妨碍我们收集金星适合生命存在的证据。从未有任何一个天文学家曾瞥见过金星的表面。无论他们的望远镜有多好，他们无法知道金星能以多快的速度自转，也不知它的轴线有多大倾角，它的海洋（如果有的话）可能多大，及其它有关情况。除了某种大气和云层的存在以外，其他情况就一无所知了。因此，要得出金星上存在生命的合理结论是困难的。

至于火星，既可说无希望，又可说有希望。说火星没有什么希望，是因为它明显小于地球，它的直径仅有 6 790 公里，它的质量仅为地球的 0.107。以其相当于地球的 1/10 的质量而言，火星显然不是一个大的星球。然而，火星的质量却是月亮的 8.6 倍，因而，它也确实不小了。实际上，火星的质量是水星的 2 倍。

火星表面的引力是月亮的 2.27 倍，恰好与水星大致相同。然而，火星与太阳的距离却是水星的 4 倍。因此，两者相比火星要冷得多。

所以，虽然水星上没有空气，但火星上却可能有——而且也确实有。诚然，火星上的大气十分稀薄，但其存在则无疑问。火星可能比地球更干燥，因为火星的大气不象地球上的那样多云（更不用说金星了），只是偶尔出现。但人们也观察到了尘暴，因此，火星上肯定有强风。

火星的好处在于它的大气非常稀薄，偶尔才有一点云，因而从地球上可以（模糊地）看见它的表面。几个世纪以来，天文学家们尽最大努力描绘出了他们对那个遥远的星球观测的结果（在火星最接近地球时其距离为 56 000 000 公里，这是月亮与地球距离的 146 倍）。

荷兰天文学家惠更斯（1629~1695）是对火星作出观测标志的第一人。1659 年，他对一些好象是围绕着火星移动的痕迹进行了跟踪观察，测出火星的自转期仅比地球长一点。我们现在知道，火星自转一周要 24.66 小时，与地球的 24 小时差不多。

1781 年，英籍德国天文学家威廉·赫歇尔（1738~1822）发现火星的自转轴与地球的一样有倾斜，并且倾角几乎相等。火星的轴线倾角是 25.17° ，地球的是 23.45° 。这意味着，火星不仅有同地球一样的昼夜交替，而且也有季节变换。当然，火星与太阳的距离是地球与太阳距离的一倍半，因此，火星的四季比地球上的更冷。此外，火星沿轨道绕太阳运行一圈需要更长的时间，即 687 天，地球是 $365\frac{1}{4}$ 天。因此，火星上的每个季节几乎有地球上的两倍长。

1784 年，赫歇尔发现，在火星的两极上覆盖着一层冰，正象在地球的两极上有冰一样。还有一个相似的地方是，人们认为这一冰层是冻结的水，从而成为火星上有水的证据。

火星和金星看来都很可能是生命的栖居地，比起小行星、月亮或者水星来，可能性显然大得多。

金 星

1796 年，法国天文学家拉普拉斯（1749~1827）对太阳系的起源进行了推测。

如果从太阳北极的远上方观察，太阳是以逆时针方向围绕其轴线旋转的。从同一点看，拉普拉斯发现，所有当时已知的行星都是以逆时针方向绕日运动的。而且，当时已知有自转的行星，其自转方向都是逆时针的。更有甚者，所有拉普拉斯发现的卫星也都以逆时针方向围绕各自的行星旋转。

最后，所有的行星的运行轨道都在太阳赤道附近；所有卫星的运行轨道都在它们的行星的赤道平面附近。

拉普拉斯对这些现象的解释是：太阳系最初是一团巨大的尘和气组成的云，称为星云，这团星云以逆时针方向缓慢地旋转。它的引力场使星云逐渐收缩，随着星云的收缩，它必然按照一种称为角动量守恒的定律越转越快，最后，凝聚成仍以逆时针方向旋转的太阳。

随着星云收缩为太阳及其转速的加快，旋转离心力导致星云在其赤道处隆起来（地球的赤道也有这种隆起，使赤道距地球中心比南北极要远 21 公里）。

星云不断收缩和加快转速，使隆起更加显著，直到全部隆起象一只炸面圈饼一样被抛在星云周围。随着星云继续收缩，更多的“炸面圈饼”被继续抛出去。

按照拉普拉斯的观点，每个“炸面圈饼”都会逐渐凝聚成一个行星，它们仍以原来的逆时针方向旋转，并随着凝聚，其自转速度也越来越快。在行星形成过程中还可能抛出自己的更小的“炸面

圈饼”以形成卫星。土星周围的那些环就是这种（按照拉普拉斯的星云假说）被抛出去，但还未凝缩成卫星的物质。

这一星云假说解释了为什么太阳系所有星体的公转和自转方向会相同*，这是因为它们都参与了原始星云的旋转。

这一星云假说也解释了为什么所有行星都在太阳赤道平面附近公转，这是因为行星最初就是在太阳赤道带形成的，而卫星则是在行星赤道带形成的。

这一星云假说大体上被 19 世纪的天文学家们接受，并使人们对火星和金星更增加了认识。

根据这一理论，随着星云的收缩，各行星似乎理应按由外向内的次序形成。换句话说，在这团星云收缩到 500 000 000 公里宽后，它分离出形成火星的物质环。随后，经过很长一段时间的进一步收缩，它分离出形成地球和月亮的物质。若干年后，又分离出形成金星的物质。因此，按照这一星云假说，火星的年龄似乎应比地球大得多，而地球的年龄又应比金星大得多。

所以人们通常认为，在演化进程中，火星比地球更先进，不仅在其行星特征上，而且就其上的生命而言，也是如此。相反，金星却落后于地球。难怪瑞典化学家阿亨尼斯（1859~1927）于 1918 年竟把金星描绘成一片被水浸透的丛林。

科学幻想小说中也反映出这种观点，科学幻想小说作者总是说火星上居住着某种比人类历史悠久得多的智慧动物，他们的科学技术据说比我们先进得多，但作为一种古老的物种，却常常是意志颓废，厌倦生活。

另外一些小说则描述了丛林一样的，或是有某种海洋的金星。无论丛林还是海洋，金星上总是充满各种原始生命。1954 年，我曾出版了一本小说：《幸运星和金星海》。在这本书中，我说金星有一个海洋。然而，仅在两年以后，我们对金星的设想就被彻底改变了。

第二次世界大战后，天文学家们有了许多新的和非常有用的

* 现在我们知道有某些例外。

探测太阳系星空的工具。他们能发送出可到达遥远行星表面的微波，接收其反射波，并根据这些反射波的特性推断出那些用肉眼看不见的行星表面的性质。他们能接收由行星本身发出的无线电波，能发送火箭推进的探测器。这种探测器可以从行星旁掠过，甚至降落在行星表面上，并发回各种有用的数据（象用水手 10 号测绘水星表面的情况那样）。

1956 年，美国天文学家理查森分析了来自云层下金星表面的雷达反射波，发现金星十分缓慢地，以相反的方向——顺时针方向在旋转。

同年，一个在迈耶尔领导下的天文学家小组接收到来自金星的无线电波，他们惊奇地发现，这些波的强度竟与某个原先设想应比金星更热的星体的强度相等。如果真是如此，在金星上则不会有海洋，当然也就不会有任何液态水（仅仅两年，我的小说就不幸完蛋了）。

1962 年 12 月 14 日，美国金星探测器水手 2 号从金星旁的空间经过，探测到金星的无线电波，证实了早先的报道。1967 年 6 月 12 日，苏联金星探测器金星 4 号进入了金星大气层，在一个半小时的下降过程中发回了确切的数据。1969 年 5 月 16 日和 17 日降落到金星表面上的金星 5 号和金星 6 号更确定无疑地证实了这一点。

金星上有一种格外浓密的大气，大约比地球的大气稠密 95 倍。而且，金星的大气中有 95% 是二氧化碳，这些二氧化碳的分子量大多是 44（早在 1932 年，人们就用简单得多的方法测出在金星的大气中有二氧化碳存在）。

一个行星的大气中含有二氧化碳是十分自然的。我们地球的大气中就含有少量的二氧化碳（0.03%），这一点二氧化碳对于植物的生长却是必不可少的。

绿色植物的光合作用利用太阳的能量与水化合成二氧化碳分子而形成植物细胞组织的成分——碳水化合物，淀粉，纤维素，脂肪，蛋白质等等。不过，在这一过程中，也产生多余的游离氧，被排

入大气之中。

事实上，人们普遍认为，在古代的某一时期，地球大气中二氧化碳的含量比现在大得多，而游离的氧却很少（我们在本书中随后还要谈到这一问题）。此外，早期地球的大气有点象目前的金星，不过不是那么稠密。

从金星的大气中非常富于二氧化碳和十分缺少氧（至今还有一点没有发现）这一事实中，我们可以毫不犹豫地推断，金星上没有这种地球式的光合作用，或者，至少还没有形成多久。

这似乎表明在金星上没有多少绿色植物，因而也没有任何动物（它们最终是依靠植物为生），从而也没有智慧动物。

也许会有人争辩说，光合作用对于生命来说并不是必不可少的，在地球上就有许多生命形态既不利用光合作用，也不依赖其他利用光合作用的生命形态。不过，这些生命形态还处于细菌水平。在地球上还没有任何迹象表明，现在或过去曾有过任何比细菌高级的生命形态，可以不需要任何直接或间接的光合作用而生存。

但或许又有人会提出，地球上的情况并不一定是一种规范。假设某种生命形态从太阳得到它所需的能量，并利用了二氧化碳，但并没有把氧排入大气中而是将其贮存起来，在适当的时候，它利用这些氧来与碳原子化合，并把二氧化碳还原于大气中。这样，就可以在保持二氧化碳大气的同时，也进行了光合作用。

这并未超出可能的范围。但是，二氧化碳有一种吸收红外辐射的特性。它使得高能量的太阳可见光能透过大气并照射在行星表面上，但接着二氧化碳就吸收行星于夜间重新辐射回太空的低能量（不可见）的红外辐射线。由于这与温室四壁玻璃的作用相同，被称为温室效应。

大气中的二氧化碳保存了行星上的红外辐射线，使行星的温度增高，就象玻璃保存了红外辐射而提高了温室温度一样。由于金星大气中二氧化碳含量特别高，金星的表面温度远远高于我们仅根据它与太阳的距离所作的计算，特别是，我们通常总认为金星的

云会把大部分太阳的热量阻挡在金星之外，而实际上，金星是这种失控温室效应的受害者。

这使得金星的表面温度达到 480℃左右，远远高于水星的表面温度。水星尽管离太阳更近，但是它没有这种储存热量的大气。

金星表面的温度远高于水的沸点，并且实际上热得足以熔化铅。在这个行星上的任何地方不可能存在液态水。金星上的水必定是以蒸气的形式存在于云中。有证据表明，这种云中的小液滴在极大程度上是一种腐蚀性非常强的硫酸。

认为这样的行星上有生命确实需要一番生动的想象，然而，金星决不可能是地球外的智慧动物的栖居地。

火星运河

至于火星，从最初起，生命存在的希望就大得多。它的自转，它的轴线倾角，它的冰帽，这些似乎都说明是有希望的。尤其是它的高龄似乎更使高级生命的存在有了可能。

1830年前后，天文学家们开始了认真描绘火星的工作。第一张图由德国天文学家比尔（1797~1850）绘出，另外一些人也画了，但成绩并不显著。要从几亿公里的远处，透过地球和火星的两层大气来观察火星的详情是困难的。每一个天文学家所画出的火星图似乎都与前人所画的完全不同，不过，所有这些天文学家都认为，火星上似乎有明区和暗区，有人还进一步认为，明区是陆地，而暗区则是水面。

1877年，火星和地球恰巧处于彼此最接近的轨道位置上，这为观察者提供了一个特别好的机会。而且，当时天文学家们的望远镜也比从前的精良得多了。

意大利天文学家斯基帕雷利（1835~1910）就是一个拥有一架精良的望远镜的观察者。在1877年的观察期间，他画了一幅火星图，这又是一张与前人所画的完全不同的火星图。不过，这一次事情有了眉目。他终于发现了，或者说似乎发现了那些确实应被

发现的东西。因为 100 多年以后的天文学家们普遍看到了他所发现的火星的亮区和暗区的形状。

然而，当时麦克斯韦和博尔茨曼已经提出了他们的气体动力理论，一个具有火星一样的质量和引力场的星体似乎不应该有大量的不冻水域。如果火星的大气比地球的稀薄，则可断定即使在火星这样低的温度下，火星上的水蒸气也很容易逸散。因此，怀疑增大了，火星上一定是缺少水的。固然，火星上可能有冰帽，也可能有沼泽和湿土区。但是，看来却不会有不冻的海洋。

那么，这种暗区是什么呢？

它们可能是生长于湿土带的植物，而亮区可能是某种多沙的荒漠。有趣的是，当火星的一个半球是夏天的时候，其冰帽缩小了，好象融化了一样。而暗区则变得更宽阔了，似乎那些融化了的冰灌溉了地面，使植物区扩展了一样。

很多人自然就开始认为火星确定无疑是生命的栖居地了。

此外，斯基帕雷利在 1877 年对火星的观察过程中，又发现火星上有一些非常细的暗纹，每条暗纹都连通着两片大的暗区。这种情况早在 1869 年曾被另一位意大利天文学家塞奇（1818~1878）注意过，塞奇曾把这些暗纹称为水沟——沟通两个大水域的一条细长水域的普通说法。斯基帕雷利也同样使用了这个名称。他们俩当然都是用意大利文来表示的：canali（水沟，但请注意，这词在英文中作“运河”解）。

斯基帕雷利发现的水沟比塞奇报告发现的更长、更细，而且数量更多。斯基帕雷利发现了大约 40 条，他把它们绘在火星图上，并以古代和神话中的河流名字来命名这些暗纹。

斯基帕雷利的火星图及水沟引起了人们极大的兴趣和劲头。除了斯基帕雷利，没有任何人在 1877 年的观察中曾看到这种水沟。不过，以后天文学家们开始专门地寻找它们，发现它们的报道时有所闻。

但更重要的是“水沟”这个词在译成英语时成了“运河”，这就不同了。沟是任意一种狭窄的水道，一般是指自然形成的水域。而

运河则是指一种狭窄的（在地球上）、由人建造的非自然形成的水道。后来英国人和美国人把“水沟”说成“运河”时，他们就当然把这些条纹认做是非自然形成的，并且是由智慧动物建造的。

对火星的新的巨大兴趣立刻掀起来了。看来，终于提出了强有力的证据，说明地球以外存在智慧动物。

由此塑造的情景是：一个比地球古老的火星，由于其引力场太弱而正在逐渐失掉水分；而比我们历史悠久，技术先进的智慧火星人正面临着失水带来的死亡。

不过，他们为保住火星的生机而在英勇奋斗着，他们修造了庞大的运河以便从最后的行星蓄水池——冰帽——中取出所需的水。这是一场十分感人的情景：一个古老的，或者说濒于死亡的种族不甘心投降，它们通过不屈不挠和艰苦的工作来使自己的星球免于死亡。几乎一个世纪之久，这种见解在很多人当中，甚至在一些天文学家中一直很流行。

有一些天文学家还对斯基帕雷利的报道进行了增补。美国天文学家皮克林（1858~1938）报道了运河相交之处的圆形暗斑，这些暗斑被称为绿洲。我在前面章节中曾提到弗拉马里翁是一个坚信地球外存在生命的重要代表。他对这种运河尤其感兴趣。1892年，他出版了一部巨著，名为《火星》，在书中他认为有一种建造运河的文明。

支持火星文明见解的最有影响的天文学家是美国人洛韦尔（1855~1916）。他出身于波士顿的一个名门望族，利用自己的财富在亚利桑那州建造了一个专用的天文台。在那里，由于几英里厚的干燥的沙漠空气以及远离城市灯光这些条件，使能见度极为良好。洛韦尔天文台于1894年启用。

洛韦尔着魔似地对火星进行了15年的研究，拍摄了几千张火星的照片，他看到了许多斯基帕雷利没有看到的运河，绘制了许多幅火星详图，这些图中总共标出500多条运河。他标绘出运河交会处的绿洲，记录了某些单线运河在某些时候似乎重迭起来这种特殊情况，研究了可能是标志农作物的消长的明暗的季节变化。他

对火星上存在着某种更先进的文明确信无疑了。

洛韦尔对其他天文学家未能象他一样发现那些运河毫不在乎。他指出，任何人也没有象他在亚利桑那州那样的良好观测条件，他的望远镜是极其精良的，他的眼力也是超群出众的。

1894年，他出版了第一本这方面的专著：《火星》。这本书写得很精彩，普通群众也完全可以读懂。这本书提出的观点是：一个古老的、逐渐干枯的火星；一个具有先进工程技术的物种用巨大的灌溉工程来保持这个星球的生机；火星运河由于两边存在植物区，因而可从地球上明显地加以辨别。

洛韦尔的这些观点在他后来于1906年出版的《火星及其运河》和1908年出版的《作为生命栖居地的火星》两本书中发展得更极端了。一般公众对此极感兴趣，因为在一个临近的行星上居住着比人类先进得多的物种这个想法太富有戏剧性了。

然而，洛韦尔在宣传更先进的火星生物方面所起的作用却被一个英国科学幻想作者H. G. 威尔斯超过了。

1897年，威尔斯以连载的形式在杂志上发表了一本小说：《星球之战》，次年出版为单行本。这本书把洛韦尔提出的有关火星的观点和成书前20年中的世界形势结合了起来。

在那20年中，欧洲强国，主要是英国和法国，也包括西班牙、葡萄牙、德国、意大利和比利时，已经瓜分了非洲。他们都无视一直生活在那里的本地人的意愿，建立起了殖民地。由于非洲人是黑肤色的，有着不同于欧洲人的文化，欧洲人就认为他们是劣等的、原始的和野蛮的，并认为他们对自己的土地没有任何权利。

威尔斯想到，火星人在科学上与欧洲人相比，就象欧洲人与非洲人相比一样，应更为先进，如果这样，那么，火星人的可能会象欧洲人对待非洲人一样对待欧洲人。《星球之战》是有地球参加的星际战争的第一篇故事。

在此之前，有关天外来客的故事是把这些来客描绘成和平的观察者。而在威尔斯的小说中，天外来客却带着武器。他们逃离了那个几乎不能再维持生存的火星，到达繁茂的、有水的地球，并准

备把这个星球接管过来，建造他们自己的新家园。在他们看来，地球人不过是些动物，可以任他们残杀和吞食。地球人不能击败火星星人，甚至不能招惹他们，所处的境况就象非洲人对付武装的欧洲人部队一样。虽然这些火星星人最终还是被战胜了，但战胜它们的不是人，而是地球上的细菌，火星星人的身体无力抵抗这种细菌。

这本小说风行一时，并引起了一股模仿浪潮，以致此后半个世纪之久，人们一直认为任何地球外智慧动物的到来，都会导致人类的毁灭。

例如，1938年10月30日，在《星球之战》发表近40年之后，当时仅有23岁的奥逊·威尔斯（1915~ ）把这篇小说改编成广播剧，他把故事的内容改成现代，并让火星星人降落在新泽西州而不是在英国。他以尽可能逼真的方式来叙述这些事件，伴有正式的新闻公报、目击者的报告等等。

广播剧一开始就告诉人们，故事是虚构的。然而有些人并未仔细收听，另一些人是在开始以后才收听的。他们被这些俨然正在发生的事件惊呆了，特别是那些住在广播所说火星星人降落地点附近的人。

很多人从不询问是否真有火星星人的入侵，甚至是否真有火星星人，他们对火星星人的存在、火星星人已来征服地球、并正在成功等都确信不疑。几千人纷纷跳进他们的小汽车，惊恐地逃走。正如一个世纪以前的月亮骗局一样，这充分说明人们多么容易相信地球外智慧动物的说法。

虽然洛韦尔及他有关火星运河的观点在普通群众中很成功，但专业天文学家们却对此非常怀疑，至少多数是如此。

有些人坚持说：虽然他们仔细地观察过火星，但从未看到过任何运河，并且他们也没有被洛韦尔所谓这是由于他们的眼力和望远镜不好的说法所唬住。

美国天文学家巴纳德（1857~1923）是一个特别敏锐的观测者。事实上，他常常被推崇为有史以来目光最敏锐的天文学家。1892年他发现木星的第5个小行星，这颗星非常小，并与木星的光

芒非常接近，要想发现它需要某种超人的敏锐眼力。巴纳德说：无论他怎样仔细地观察火星，他也从未发现有什么运河。他断言，那些细小，不规则的黑斑之所以看上去成了直线是由于眼睛在紧张地观察物体时，在视线的边缘处产生的视错觉引起的。

这种见解被其他人采纳了，英国天文学家蒙德（1851~1928）还在1913年将其付诸实验。他准备了一些圆圈，在圆圈里点上一些不规则和模糊的点，然后让一些小学生处在只能勉强看清圆圈内有什么东西的地方。他让小学生把他们看到的描绘出来。结果，这些小学生画出了象斯基帕雷利所画出的火星运河一样的一条条直线。

与此同时，天文学家们继续对火星的可栖居性进行着研究。随着20世纪的发展，人们发现了各种可察觉和测定微热的仪器。如果把这种热探测器装置在望远镜的焦点上，并让来自火星的光线照射在它上面，则火星的温度就能测定出来。

1926年，两个美国天文学家柯布伦茨（1873~1962）和兰普伦德（1873~1951）第一次实施了上述设想。测量结果表明，火星赤道上的温度似乎时常可升高到冰点以上。实际上，在难得的情况下，其赤道温度甚至可能高达25℃。

然而，在夜间其温度则急剧下降。不过，我们还没有办法测量它的夜间温度，因为火星黑夜的一面总是背离地球的。不过，从火星球体的西边可以测出其清晨的温度，那里的火星表面正处于从黑夜到黎明的转变过程中。在12小时15分钟的黑夜之后，其温度可低至-100℃。

简而言之，看来火星的温度太低了，水只能以冰的形态存在。除了在其赤道周围的狭窄地带和正午前后的短暂时刻外，火星上其他地方的温度比南极还要冷。

更糟的是，黎明温度与正午温度的极大差别意味着火星的大气很可能比人们所意料的稀薄得多。大气象一层毯子一样吸收和传递着热量，大气越稀薄，温度的升降变化就越急剧。

不幸的是，稀薄的大气不能吸收多少太阳辐射能。在地球上，

相对较为浓密的大气起到了一种保护层的作用，它有效地吸收了从太阳和其他地方辐射到我们星球上的辐射能。

如果各种辐射的全部能量都照射到地球表面上来的话，则对于无保护层的生物来说会成为致命的。例如，火星比地球离太阳更远，它受到的紫外线照射就较少，然而，到达火星表面的紫外线密度较小的紫外线似乎远远大于到达地球表面的紫外线密度。

在 40 年代，人们已经可以通过分析来自火星的红外线来确定其大气的成分。1947 年美籍荷兰天文学家奎伯（1905~1973）进行了这种分析。他发现，稀薄的火星大气中几乎全部是二氧化碳，只有很少一点水气，而且显然完全没有氧。

由于考虑到火星的寒冷，有些天文学家甚至怀疑那里到底有没有水，也许所谓的冰帽并不是冻结的水，而是冻结的二氧化碳？

考虑到所有这一切：稀薄的二氧化碳气体，辐射到火星表面的紫外线，极低的温度等等之后，看来火星上似乎不可能有那种具有发达的智力的复杂生命形态。

人们逐渐感到，也许没有什么运河，那只不过是自然现象而不是什么更先进的工程技术的产物。

但是，如果没有智慧动物，原始生物又如何呢？地球上有一种以对其他生命形态有毒的化学品为食的细菌，苔藓能长在光秃秃的石头山顶上。那里空气十分稀薄，温度极低，会使人觉得就象在火星上一样。

从 1957 年开始，人们进行了一系列的试验，以观察是否任何能适应地球的严酷条件的低等生命形态都可以在与火星一样的环境中继续生存，多次的试验证明：某些生命形态可以。

也许我们不应一下子便放弃复杂的生命形态可能存在的希望，地球上的生命毕竟也己为适应地球环境而起的变化。因此，对我们来说，虽然地球上的条件好象很舒适，而那种与地球条件差别很大的环境则似乎是很不舒适的。然而，在火星上，生命形态则要逐渐演变，以适应火星的环境，所以那里的环境对它们来说也会是很舒适的。

直到 60 年代，这个问题仍然是悬而未决。

火星探测器

60 年代，人们发射了由火箭推进的探测器，他们想让这些火星探测器从火星附近经过并向地球发回情报（就象我在水星和金星的有关章节中提到的那样）。

1964 年 11 月 28 日，第一个火星探测器“水手 4 号”发射成功。在“水手 4 号”掠过火星时，它拍摄了 20 张照片，并将这些照片变成无线电信号发回地面，最后再将信号还原成照片。

这些照片上有些什么？运河吗？还是有什么高度文明的迹象？或者至少有生命的迹象？照片上所显示的图案完全出乎人们的意料之外。因为当天文学家拿到这些照片时，他们看到的分明是陨石坑——看上去与月亮上的陨石坑极为相象。

这些陨石坑，至少是“水手 4 号”照片上显示的那些，看上去数目不少，而且陡峭，这就使人很自然地会认为，在火星上根本不存在风化作用。而且这也许说明火星上不仅空气稀薄，而且很少有生命的活动。“水手 4 号”照片上的那些陨石坑似乎说明火星是一个死亡的世界。

“水手 4 号”飞近火星进行探测后，要从火星背后（从地球上）飞过，从而使它的无线电信号在传向地球的途中最终能穿过火星大气。天文学家可以从信号的变化中推测出火星大气的密度。

结果证明，火星大气甚至比最低的估计还要稀薄；不到地球大气密度的 1%。火星表面的气压大约与地球表面 32 公里高空的气压相等。这是对那种火星上有发达生命存在的说法的又一打击。

1969 年，人们又向火星发射了另外两个火箭探测器：“水手 6 号”和“水手 7 号”。它们装有更先进的摄影机和仪器，拍下了更多的照片，这些照片证明，确有陨石坑的存在，它们布满了火星表面——在某些地方，就象月亮的陨石坑一样稠密。

不过，这两个探测器证明，火星并不完全象月亮。从照片中某些地方看，火星表面似乎是平坦的，没有什么特色；而另一些地方

则似乎是杂乱、凹凸不平，和月亮以及地球都不一样。仍旧不见有什么运河迹象。

1971年5月30日，“水手9号”被发射出去，踏上了前往火星的征程。这个探测器不仅要掠过火星，还将进入环绕火星的轨道。1971年11月13日，这个探测器进入轨道。当时，火星正处于一阵席卷全球的尘暴之中，什么东西也看不见。不过，“水手9号”在那里进行了等待。1971年12月，尘暴终于平息下来。“水手9号”开始了拍摄火星的工作，整个行星被详细地测绘了下来。

第一桩解决的事就是这些照片彻底地证实了火星上并没有运河，洛韦尔终于错了。他所看到的其实是一种视错觉，他所说的暗区也并不是水或植物。火星看来是一片荒漠，不过，到处可以发现一些源于某些小陨石坑或其他高地的黑条纹，它们好象是被风吹起的尘粒组成的，并堆积在高地的背风处。

火星上也有一些明亮条纹，两者的区别大概在于组成明暗条纹的尘粒大小不同。几年前，美国天文学家萨根就提出过明暗区可能是由尘粒组成，暗区在春季扩展则是因为季风变化影响。“水手9号”证明萨根的观点是完全正确的。

火星只有半个球面有陨石坑，另一个半球则是巨大的火山和深谷，而且处于地质活跃状态。

火星表面的特征引起了人们极大的好奇，那是一些象河流一样的蜿蜒穿过火星表面的东西，它们具有某种从任何角度看都象支流的条纹。此外，两极的冰帽好象都有迭层，在冰帽边缘的融化处，它们看上去很象一迭倾斜的薄片。

可以想象，火星历史上也经历过气候循环。目前，它可能正处于寒冷周期。在这个周期，大部分水冻结在冰帽上和土地上，在从前或在今后的某一时期内，火星可能处于温暖周期。在这个周期中，冰帽融化了，释出水和二氧化碳，使火星的大气变得比较稠密，河水充沛。

那样的话，即使现在在火星上好象不存在生命，但过去则可能存在过，将来也还可能出现，即使现在，生命形态也可能以芽孢的

形态蛰伏于冻土之中。

1975年，人们又发射了“海盗1号”和“海盗2号”探测器。前者于8月20日，后者于9月9日登上了飞向火星的路程。它们将降落在火星上，并用多种方法对火星进行探测。尤为重要的是，它们将考察一下火星上是否有生命的迹象。

1976年夏季，两个探测器安全地降落在两个相距很远的地方，它们对火星的冻土进行了分析，发现这些冻土与地球上的没有显著区别，只不过含铁的成分较多，而铝则少些。

人们进行了3次实验，想发现生命。3次实验的结果都表明火星土壤中可以预期有活的细胞。

然而，第4次试验却使人对前3次试验产生了怀疑，为了理解这一点，我们必须先考虑一下我们所知的生命体中最具特征的分子的性质。

除了有水以外，活的机体还存在着各种从几十个到100万个原子组成的复合分子，它们之间进行着无休无止的迅速的相互作用。在自然界中，这种复合分子仅能从活组织和已死的活组织的残存物中被发现*由于这一原因，这种复合分子被称为有机化合物。

各种有机化合物有一些共同之处：它们都含有元素碳。碳原子有一种独特的能力，它能相互连接成复杂的链，可以是一条直链，也可以有分支。还可以形成单环或连环，再与原子链——不管是直链或分支链——结合在一起。

其他元素的原子或原子结合，主要是氢、氧、氮，以及少量的硫、磷等也能连接在碳链或碳环的外围。有时，这几种原子还能结合进碳链或环中去。

没有一种其他元素能象碳原子这样轻易形成链或环。除了这些以外，很难想象，象生命这样一种异常复杂和活跃的特殊物质能

* 有机化合物也能在实验室里生成。此外，化学家也合成了千万种不能从活机体或其残骸中找到的有机化合物。但化学家也是活的机体，所以即使“不存在于自然界”的合成有机化合物仍是活机体活动的结果。

靠任何比我们所熟悉的地球有机物中的分子简单的东西来形成。

这并没有严格地限制了生命的无限种类。在地球上，生命的种种差异是很大的，包括形态、结构、行为以及适应性诸方面，然而，这些差异都是以有机化合物为基础的，而这些有机化合物本身又是以碳原子链或环为基础的。

此外，有机化合物的变化数量可能非常之大，以至于很难以一种人们所能理解的方式表达。地球上的生命所利用的有机化合物的数量与全部可能存在的有机化合物的数量相比，小于一个原子与整个宇宙的大小之比。因此，以碳原子为基础的复杂化合物的数量实际上是无限的。相比之下，不含碳原子的复杂化合物的数量实际上等于零。因此，我们可以假设，如果一个星球上没有有机化合物，它就没有生命。

不过，结论也不要下得太快，以免走得太远，这样才似乎更稳妥些。我们能肯定在某种我们不熟悉的条件下，除了碳以外的某些元素或元素化合物不会形成复杂的化合物吗？我们能肯定在一定条件下，生命不会从相对简单的化合物中形成吗？

不能，我们对其他星球的详情缺少了解，而且除了能从我们自身的实例中收集一些知识以外，对生命的微妙之处所知极为有限，只要一想到这点，我们就不能过于自信。

但是，我们可以要求证据。没有证据表明，除碳元素以外，任何一种元素、或不含碳的任何几种元素组成的化合物，能够构成象有机化合物这样复杂、这样精细、这样变化无穷的分子。也没有任何证据能表明，某种象生命一样复杂的东西能由比较简单的化合物形成。

因此，在没有什么相反的证据出现之前，我们仅能假设：不存在有机化合物就不存在生命。

但“海盗1号”和“海盗2号”对火星冻土的分析表明，火星上没有有机化合物。

这给解开火星生命之谜留下了含糊不清的结论。这些证据既未明确地肯定，也未明确地否定火星上生命的存在，必须等待更进

一步的和更好的考察。不过，如果火星上有生命，这种生命能超越出十分原始的形态的可能性不会太大，它决不会比地球上的细菌微生物更先进。

如此简单的生命是完全足以使生物学家和天文学家兴奋一番的。但是，对于有关地球以外的智慧的研究来说，它给我们的东西几乎等于是零。

我们必须把目光转向别的地方。

第四章

外太阳系

行星化学

以火星轨道为界，内太阳系的结构相对说来是比较小的。火星以外的空间就是外太阳系，它要广阔得多，而且有着巨大的行星。那里至少有木星、土星、天王星和海王星这样4个庞然大物。其中任何一个都比地球大，尤其是木星，它的体积超过地球1000倍，它的质量超过地球300倍。

为什么内太阳系的行星小如侏儒而外太阳系的行星却大若巨人呢？我们来思考一下。

演化出太阳系的云团在物质成分上与构成宇宙的物质自然应当是基本一样的。天文学家们运用光谱学，既测定出星际尘埃和气体的化学结构，也测定出太阳和其他星球的化学结构。因此，他们对宇宙中基本元素的成分作出了一些结论。见下面附表：

元素	每 10 000 000 个氢原子 所含的原子数量	元素	每 10 000 000 个氢原子 所含的原子数量
氢	10 000 000	硫	95
氦	1 400 000	铁	80
氧	6 800	氫	42
碳	3 000	铝	19
氟	2 800	钠	17
氮	910	钙	17
镁	290	其他元素总计	50
硅	250		

可见，原子结构最简单的氢和氦是宇宙中的两种基本元素。在宇宙的所有原子中，氢和氦就几乎占总量的 99.9%。当然，氢和氦是非常轻的原子，没有其他的原子重，但是它们仍然占宇宙总质量的 98%。

上表所列出的 14 种最普通的元素，几乎构成了整个宇宙。其他元素只占 1/250 000。

在这 14 种元素中，氢、氦和氩原子既不互相化合，也不与其他元素的原子化合。

氢原子在与其他原子发生碰撞之后才和它们化合。但是，从宇宙的构成来看，只要氢原子能和其他原子发生碰撞，那么氢原子之间也会互相碰撞。碰撞的结果是，两个氢原子构成一个氢分子。

氧、氮、碳、硫等原子在有极为充分的氢原子时，它们很可能会和氢原子化合。一个氧原子和两个氢原子化合成水分子。一个氮原子和三个氢原子化合成氨分子。一个碳原子和四个氢原子化合成甲烷分子。一个硫原子和两个氢原子化合成硫化氢。

这八种物质——氢、氦、氖、氩、水、氨、甲烷和硫化氢——在地球的温度中都是气体，就水的情况来说，它是一种很容易汽化的液体。我们可以把它们统称为“挥发物”。

硅和氧化合，要比和氢化合容易得多。镁、铝、钠、钙和硅——氧化物很易化合，我们所熟悉的那些坚硬的物质（“硅酸盐”），其主要成分就是由这 6 种元素构成的。

而铁呢，往往存在于岩石里，但有时数量又多得相当可观，因而大量的铁是以金属的形式存在着的。与铁相似但却较为稀少的金属镍、钴，则和铁混在一起。

岩石、金属的原子和分子由很强的化合力使它们互相粘结在一起，即使是温度达到白热化的程度，它们仍不会分解。它们不需借助引力来聚合，因此，引力作用完全可以不去考虑，岩石和金属的微小的原子颗粒能够彼此紧密结合。

原始星云演化出太阳系，而构成原始星云的最初物质大约有 99.8% 是挥发物，只有 0.2% 的成分是固体。

在太阳系内层，太阳周围的热力把温度提得很高，使得挥发性物质的原子和分子一直急速地运动，速度快得连引力都控制不住它们。结果就导致太阳系内层的行星由岩石和金属构成，于是就着用不着靠引力来聚合了，但那也不过是构成星云物质的很小一部分罢了。这就是内层行星之所以小的缘故。

事实上，最小的行星一点也没有挥发物。水星是由一个相当大的金属核构成，外层则是由岩石包裹着（我们知道这点是因为水星的密度相当高，所以其内部的大部分物质一定是高密度的金属，而其余中等密度的部分就只剩下岩石了）。月球全是由岩石构成的。它的密度太小，以致不能容纳任何可观的金属核。水星和月球都没有挥发性物质。

火星象月球那样，全是由岩石构成的。地球和金星则象水星那样，是由岩石包裹着一个金属核而构成的。可是，这三个星球都相当大，能够靠引力保持住一些挥发性物质。

在火星轨道外面，却很容易在一个既定的引力强度下积累挥发物。一方面，温度越低，所有的分子运动也就越缓慢，越是不可能超过逃逸速度。另一方面，当温度下降的时候，挥发物就挨次地凝聚起来，于是固态的挥发物将以化合力聚结在一起，不再依赖引力。

在地球上，8种挥发物的冰点见下面附表：

<u>冰 点</u>		
物质	摄氏	绝对温度
水	0.0	273.1
氨	-77.7	195.4
硫化氢	-85.5	187.6
甲烷	-182.5	90.6
氫	-189.2	83.11
氛	-248.7	24.4
氢	-259.1	14.0
氫（在压力下）	-272.2	0.11

这就是说，在火星轨道以外的任何地方，哪怕是很小的天体，

都既能收集到金属和岩石，也能收集到诸如水、氨和固态的硫化氢等挥发物。如果这个小天体距离太阳相当遥远，所吸收的温度又很小，那么固态的甲烷和氩也能够被它收集。氦、氢和氖在相当低的温度下才能冻结，甚至就连太阳系外面的小天体也不能够收集它们。

毫无疑问，冻结的水就叫冰。其他挥发物的固体形态，在物理形态上类似于冰，因此固态挥发物也可以看作是冰。为了区别于原来的冰，我们可以把冻结的水称为水成冰。

土卫 6

现在我们来看看，我们对于太阳系外层世界的知识虽然十分贫乏，却还是能够很快下断语说那是不能有生命存在的。

我们已经肯定：有机化合物是生命之本。有机化合物是由链或环状的碳原子和一些氢原子所组成的分子构成的，还有氮原子、氧原子和硫原子组成的少量化合物。这 5 种原子构成有机化合物原子总量的 99% 或者更多。这些原子也都属于那 8 种挥发性物质。（其他 3 种——氩、氦、氖——的原子并不与别的物质化合，在生命中也没有什么作用。）

那么，这就很清楚，正如我们所知道的，生命就是挥发物的一种机能，如果不存在最低限度的某些挥发性物质，那就不可能有生命存在。

在火星轨道以外的通常温度下，几乎一切星体，不管它多么小，都能够含有一些挥发性物质。例如，时而有陨石落下来，人们发现那里面含有水、碳氢化合物*，和其他挥发物。含量虽然不算多，只有 5% 左右，但确实是存在的。

人们称这种陨石是碳质球粒陨石。与那种由金属、岩石、或金属和岩石混合体所构成的一般陨石相比，这种陨石确实是很少见到的。目前已经确定出属于这类碳质球粒陨石的，只有 20 个左右。

* 分子只由碳和氢原子构成的物质。例如甲烷。

这并不意味着碳质球粒陨石稀少。它们还可能很普通呢。可是，它们在结构上不象岩质和金属质的陨石那样坚固。碳质球粒陨石容易在通过大气层时所发生的高热中碎裂开来，因此只有极少量的残存碎块落到地球上。

最近几年，人们才知道，火星和木星轨道间的小行星，尤其是那些离太阳更为遥远的小行星，绝大部分都具有碳质球粒陨石的性质（颜色黑、密度低），因此也就含有挥发性物质。火星的两颗小卫星在颜色上比火星要暗得多，在密度上也更低，因此它们一定含有一些挥发性物质。

还有彗星，它们远离太阳，作为体积很小的固体而处在自己的轨道上。它们的直径可能只有几公里，而且大部分、甚至是完全由冰状物质构成。

当它们穿过靠近太阳的轨道时，这类冰状物的一部分就会汽化，使那些可以和这类冰化合的岩石和金属的颗粒游离出来。这在固体“彗星核”周围就形成一团雾状的“彗发”。太阳不断地辐射出湍急的亚原子粒子流，把彗发扫向偏离太阳的另外一个方向，形成了一条又长又稀疏的“尾巴”。

我们可以推论出：在太阳系外层，任何大于小行星和彗星的天体，都含有挥发物。这一点，差不多可以说是毫无疑问的。

尽管缺乏挥发性物质就是肯定不能有生命存在的一个标志（正如我们所知道的），但是它的逆命题却并不正确。有挥发性物质的星球仍可能没有生命存在（金星就是一个例证）。如果事实不是这样的话，我们就不得不作出这样的判断：火星以外的一切星体都有生命存在。

归根结蒂，尽管可能有挥发性物质存在，但是却可能不会形成那种作为生命起源前提的相当复杂的有机化合物。

可是，我们从地球上进行观察，却很难说在火星轨道以外的小星体上是否含有复杂的有机化合物。那么，在不能得到精确详细情况的条件下，我们是否有办法判断出在一个遥远的世界上，生命可能存在还是不可能存在呢？。

我们可以首先指出这一点：我们讲过，类似水的一种液体介质，是生命必需的。

可是，假如一个星球的表面有着充分的液体来为生命的存在提供可能——这种生命不仅仅是一种分布得很稀薄的类似于细菌的生物体，而是相当复杂、能够产生智力的生命——这种液体就一定会有某种程度的挥发性。

假如这个星球不能够通过它的引力控制住这种挥发物，那么这个星球上的液体就会不停地挥发，直到全部液体挥发净尽。假如这个星球果真能够控制住那些挥发物，那么这个星球就不止有些挥发物，而是有一个大气层。这个大气层正是由那种挥发物一点一滴构成的，也可能还有其他各种气体成分。

那么，随之而来的便是，一个没有大气层的星球，是不能使生命物超出细菌的生长水准的（正如我们所知道的）。这并不是因为大气层本身是生命所必须的最重要的因素，而是因为星球表面大量的游离液体是高于细菌水准之上的生命体得以存在所必需的。没有大气层，挥发物一定是处于冻结的固体状态，这对生命来说是不够用的。

在这个前提下，让我们来考查一下那些处于火星轨道以外并且其直径小于 2 900 公里的天体。

这样的天体在数量上多得无法计算：数以万亿计的尘埃颗粒，数以十亿计的彗星，数以万计的小行星，还有几十个小卫星，所有这些都不会有生命存在。尽管它们中的相当大一部分，甚至可能全部，都大于尘埃颗粒，含有挥发性物质，但是却没有一个具有持久的大气，也没有任何一点存在游离液体的希望。那些彗星在靠近太阳的时候，会有一种暂时性的大气，即使如此，它们是否真的有游离液体也还是很令人怀疑的；而且，拥有大气的阶段在它们居于轨道的总过程中只占一个极短的时期。

那些在火星轨道以外、直径在 2 900 和 6 500 公里之间的天体，情况又怎样呢？

它们恰好有 6 颗，都是卫星：木卫 1，木卫 2，木卫 3，木卫 4，土

卫 6 和海卫 1 (直到 1978 年,人们还以为作为行星的冥王星是第 7 颗大卫星。但是根据最新情况才真相大白,它原来是一颗小得人吃惊的星体)。

在这 6 颗星体中,木卫 1,木卫 2,木卫 3 和木卫 4 这 4 颗卫星围绕着木星旋转,它们离太阳最近。它们都只有微不足道的大气。

木卫 1 距离木星最近。在行星形成的初期,木星放射出相当强烈的热能,木卫 1 肯定经受过相当高的热量。不管怎么说,从它本身的密度就可以推断出:木卫 1 非常象我们的月球,即使在它的结构里有那么一点挥发性物质,那也不过是聊胜于无。

距离较为远一些的卫星,它们的密度则依次递降,因此,它们所含有的挥发物也就肯定愈来愈多。这些挥发物的主要成分一定是水,以及少量的氨和硫化氢。即使木星附近的星体普遍处于极低温度,它们上面的甲烷也还是一种气体,它的分子非常活跃,所以不可能被卫星之间弱小的引力保持住。

木卫 2 是第二大卫星,它的表层可能有薄薄的一层水成冰。木卫 3、木卫 4 则是第三、第四大卫星,在它们岩核四周有着一层相当厚的挥发性物质。这个挥发性物质层可能有数百公里厚。在它的表面,有着一层水成冰,但是它的下面却受着内热的温暖,可能有一层液态水。在这永远漆黑一团的区域里、在这由于被几英里厚的坚冰所封闭而与宇宙的其他部分都隔绝的两个卫星上,生命能不能得到发展呢?我们现在还不好说。

假如木星的卫星象我们所说的那样是这 6 颗星体中最近的星体,那么冥王星就居于全部 6 颗星体之外。冥王星距离太阳很远,而且温度很低,甚至连甲烷都要冻结。近来,根据对它反射出来的光进行观察后表明,事实上它是被一层冻结着的甲烷所覆盖。可以想像它具有由氢、氮和氖所混成的薄薄大气,但是目前还没有任何迹象证实这一推测。即使这是事实,也并不说明它的表面有任何游离液体存在,因为处于冥王星那样的温度,氢、氖和氮是气体,而其他一切存在物都是固体。而且,在 1978 年还发现冥王星并不是单星体,而是两个星体。它有一个卫星,现在取名为“卡

戎”。冥王星和它的卫星都比我们的月球小，它们都不能发展生命。

第二远的星球就要数海卫 1 了。它是海王星的卫星。它的情况与冥王星非常相似，表面有一层固态的甲烷和由氢、氦、氦混成的一层极为稀薄的大气，但目前这些都还仅仅是一种推测。

剩下的与此属于同一体积序列的星球就是土卫 6 了。它是土星最大的卫星。和木星的那 4 颗卫星相比，它距离太阳更远些，温度也更低些；和海卫 1、冥卫星、冥王星相比，它距离太阳更近些，温度也更高些。

土卫 6 的温度大约是 -150°C ，比木星卫星的温度要低 15°C 。处于土卫 6 这种温度，甲烷仍然处于气体状态，但是这已经很接近于甲烷的液化点了（ -161.5°C ），而且它的分子确实已迟滞难动。它们能够被土卫 6 的引力保持住，尽管那种引力在强度上只相当我们月球引力的 $2/3$ 。

因此，可以推测，土卫 6 可能有一种由甲烷构成的大气。1944 年，奎伯的确发现了这个大气层，从而得知，这种大气层处于一种相当紧密的状态，它的密度很可能比火星大气的密度要大。

土卫 6 是太阳系里已知唯一具有真正大气层的卫星，它也是太阳系里具有真正大气的最小一个星体，而且也是具有主要成份为甲烷的大气层的较大星体。

甲烷是最小的有机化合物，它的分子是由 1 个碳原子和 4 个氢原子构成的。由于碳原子具有独特的性能以及随时可以和其他碳原子结合的态势，所以甲烷就很容易成为含有 2 个碳原子、3 个碳原子甚至 4 个碳原子的更大的分子聚合体，同时也带入一定数量的氢原子。虽然太阳距离土卫 6 相当远，但它仍然能够供给足够的能量来促成这种反应。

这样一来，可以说问题就清楚了：土卫 6 的大气是一部分由高碳氢化合物的蒸汽构成的一种复杂的混合物，可能就是由于这种混合物使土卫 6 具有明显的橙黄色，我们通过望远镜看到的正是这种颜色。

碳化氢分子越是复杂，它的液化点也就越高。虽然高碳氢化合物可以象蒸汽那样存在于大气中，但是它主要还是以液态形式存在于星球表面。由于打火机液体是由含有 5 个或 6 个碳原子的碳化氢分子制成的，我们可以说土卫 6 上布满打火机液体的湖泊和海洋，里面还溶有一些更复杂的分子，在这些湖泊和海洋的岸边，则生成一些泥状沉积物。

因此，土卫 6 可能有大量的游离液体，也有大量的有机化合物。

这为生命的存在提供了最基本的条件。但是还有这样一个很重要的问题：碳氢化合物是否能够代替水而成为构成生命的基本液体呢？

水是一种“极性液体”。这就是说，它的分子是不对称的。在两端有着微小的电荷。这些很小的电荷具有引力和斥力，这在生命的化学变化过程中具有相当重要的意义。可是，碳氢化合物却是“非极性液体”，它的分子是对称的，而且没有微小的电荷。非极性液体能够充分担当生命所需的基础吗？

任何其他液体都能象水那样充当生命的基础吗？为使一种液体能够为生命的存在提供基础，它必须普遍、大量地存在于宇宙之中，并在行星温度中处于液态。除了水和碳化氢以外，只有另外两个“候补者”——氨和硫化氢。氨是一种极性液体，但是它的极性并不象水那样强，而硫化氢的极性则更弱一些。

我们能够巧夺天工，运用这些液体制造出一种化学物，为生命的存在提供背景和前途，但是目前这些仅仅还是一种假设性的试验而已。我们还没有任何证据能说其它常见液体能代替水的功用。

哪怕是这种证据即将出现，甚至已经得到一点蛛丝马迹的证据，我们也还是认为只能靠水生活。因此，尽管土卫 6 是一个诱人的化学世界，但在我们细致地研究过它之前，我们也还是不能对它寄予过多的希望，以为它可以维持生命的存在。

木 星

在火星以外那寒冷的区域里，可能会出现这种情况：一个星球

在形成的过程中，会通过足够多的冰状物质（当然也尽可能收集岩石和金属）来使引力场得到很大的发展，从而能够保持氢和氦。增加的质量会使引力场的引力得到增强，这样就能够保持住氢，而氢比其他别的物质在数量上要得多。

每增加一些氢，就使这个星球特别容易收集更多的氢，于是便产生一种滚雪球的效果，很快地把它四周的物质空间吸空，产生出一个巨大的行星，剩下相当数量的物质便形成类似于卫星和小行星一类的小天体。

太阳系外层有 4 颗行星就是这样形成的。它们是木星、土星、天王星、海王星。

其中最大的是木星，它的直径是 143 200 公里，相当于地球的 11.23 倍。最小的是海王星，它的直径是 49 500 公里，相当于地球的 3.88 倍。按照体积计算，木星是地球的 1 415 倍，海王星是地球的 58 倍。

由于这些外层的巨星绝大部分是由挥发物构成的，具有低密度的特点，它们总的密度比地球的密度小得多。这些巨星中密度最大的是海王星，它的平均密度是水的 1.67 倍。密度最低的是土星，它的平均密度是水的 0.71 倍（如果有一个极其广阔的大洋，并且土星在整个过程中一直完整无损，那么土星会浮在水面上）。而地球的平均密度则是水的 5.5 倍。

由于这些外层巨星在密度上如此之低，它们的质量（就它们含有的物质数量粗略地说）就不像它们的体积那样惊人。质量最大的是木星，它的质量是地球的 318 倍；质量最小的是天王星，它的质量是地球的 14.5 倍。

仅仅从这种情况来看，问题就很清楚了：这些外层巨星的特性和质地与地球是判然不同的。能够设想那上面有生命存在吗？

1972 年 3 月 2 日，向木星发射了探测器“先驱 10 号”。1973 年 12 月 3 日，这个探测器在距离木星表面只有 135 000 公里的地方飞过。

在“先驱 10 号”靠近木星飞行的 4 天当中，它运用仪器探测辐

射能,计算粒子量,测量磁场,记录温度,并且对穿过木星大气的太阳光进行分析。

继“先驱 10 号”成功地飞过木星之后,第二个探测器“先驱 11 号”——在构造上与前者十分相象——也靠近了这颗行星。它是 1973 年 4 月 5 日离开地球的,1974 年 12 月 2 日,它在距离木星表面 42 000 公里的地方飞过。它飞过木星的北极地区,人类从地球上观测不到的。

这两个探测器都发回了照片和其他有用的材料。通过这些材料,天文学家们感觉到,岩石和金属只占木星整个组成中的很小一部分。很明显,看来木星主要是由氢构成、还有少量的氦以及微量(相比较而言)其他挥发物。地球主要是一个由岩石和金属构成的旋转着的球体,与此相象的是,木星则是个由很热的液态氢构成的旋转球体(一般说来,液态氢的沸点是极低的,但是在木星内部那巨大的压力之下,氢显然能达到高得多的温度)。

木星球体最外面一层的液体是冷的,但是它深处的温度却升得相当快。距离这个可见云表面 950 公里的深处,温度已有 3 600℃。

这颗行星的最外层较冷,上面有水、氨、甲烷和其他挥发物,包括占比例很小,分子里含有 2 个或 3 个碳原子的碳氢化合物。

自然,木星上的液体之间可能进行着循环,就象在地球上的海洋里那样。可能有很大量的木星液体在沉落、变热,同时同样大量的其他的液体在升起、变凉。

猜测在这种液体中存在生命是令人感到兴趣的。在这种液体里,肯定存在着水,但是它的百分比可能很小;在偌大的木星上,虽然百分比很小,但它的绝对值却是很大一个数字。尽管氢的数量对水来说占绝对压倒的优势,但是木星上的水量也还是会远远超过地球的。

除了水以外,还有甲烷和氨,这三者可以化合在一起,形成与我们生命有关的有机物分子。这种化合需要运用能量来促成,可是考虑到木星所具有的巨大内热,这是不成问题的。

我们很容易就会联想到生命细胞甚至复杂的多细胞动物生活在木星的海洋里，在一种舒适的温度下维持生命，在下沉的液体中就往上游，在上升液体中就往下游，甚至在必要的时候从一种液体转入另一种液体。

的确，这样的事并不难想象，甚至说木星有我们所知的生命形态也可以，但当然要等到寻出实际探查木星海洋的某些方法之后，我们才能真有把握这样讲。

虽然我们直到今天还没有对木星以外的任何一个外层巨星作过探查（尽管有一些探测器继探查木星之后正在飞向土星的途中），但是，看起来似乎没有任何理由怀疑这点：对木星的估计，也适用于别的行星。

那么，在太阳系外层，应当有这样 4 个星球：这些星球上的生命可能要比地球上的生命丰富得多。

在这些外层行星上的生命，可能是生活在海洋里，因为这些行星大部分是由含氢极多的挥发物构成的，所以这种行星必定是液态的。我们不能想象那里存在什么大陆或是岛屿。

因此，在外层行星上形成的生命，很可能是流线型的，这样就能够在那种比地球上的空气要粘稠得多的生活环境里穿梭往来，这就会导致一种结果，即很可能缺少操作器官。

即使它们能够应付这种环境，它们能不能运用一种便利的无生命能量，达到象我们运用火这样的水平呢？（可以肯定地说，象木星这样的行星是缺乏游离氧的，但是有游离氢，所以含氧丰富的化合物可以在氢气层里燃烧。）

总之，下面一点看起来很有可能：假如生命在这些巨大的行星上发展起来，并且进化到具有智能的水平，与其说它是人类的智能，不如说它是海豚的智能。这将是导向更为高级的生命形态的一种智能，但是它却不能够制造出那种以相当精巧、高级的工具为前提、具有工艺水平的建筑物，因此，这种智能生物可能只是越来越灵巧、直接地利用环境而已。

以下一点同样可能是真实的：在木卫 3 和木卫 4 外壳之下可

能存在的水层中，生命在同不利的环境作斗争而发展着。

换句话说，木星和其他巨大行星上可能存在着生命，甚至是有智能的生命——但是它们似乎不可能具有我们所谓的技术文明。

第五章

恒星

亚恒星

对太阳系作了面面俱到的观察之后，结果就是，尽管在地球以外的一些星球上可能存在生命，甚至可能是智能生命，但是这种可能性并不大。况且，在太阳系里，除地球以外的任何其他星球上，技术文明的存在以及这种存在的可能性，从实际情况看来，似乎都是不可能的。

但是，太阳系并不是整个宇宙。让我们看看别的地方吧。

我们可以想象，在广漠的空间，生命以一种能量场集中的形式存在，或者一种有生的尘埃和气体就是生命，但还没有任何证据可以说明这种可能。所以，除非出现这种证据（科学思维当然并不排斥可能性），我们只能设想，只有在温度低于恒星的固体星球上才会发现生命。

我们所知道的仅有的一些凉的固态星球，就是那些环绕我们太阳旋转的行星体和亚行星体，但是我们却不能因此而设想在宇宙中这类星体一定与恒星有联系*。

可能存在着在质量上比产生出太阳系的那种星云小得多的气体尘埃云，这些云团可能最后凝聚成比太阳小得多的星体。假如这些星体比太阳小得多，在质量上只有 1/50 或更少一些，它们最后就会因为质量不足而不能引发热核燃烧。这类星体的表面仍然

* 也许用不着说明，我们的太阳是一颗恒星，它看起来与所有其他的星很不一样，这只是因为它离我们太近的缘故。

是凉的，并且在性质上和行星很相象，只不过它们在空间里独立地运行，并不围绕着恒星旋转。

我们的全部经验告诉我们，任何一类天体聚合中，体积越小的个体，数量就越大。小恒星的数量要比大恒星多，小行星要比大行星多，小卫星要比大卫星多，如此等等。我们能不能由此而得出结论，认为这些小得不能够燃烧的亚恒星，比起那些质量大得能够燃烧的同类星体在数量上要大得多呢？至少有一位重要的天文学家——美国人沙普利（1885~1972）——相当有力地提出有可能存在这种星体。

当然，因为它们不发光，所以不易被发现，我们也就无从知道。但是假如它们确实是存在的，我们可以这样推想：在从超过木星的大星球到微小的小行星这种依照体积排列下来的整个系列中，亚恒星在太空中占有一定地位。我们甚至还可以这样设想，较大的亚恒星可能还有一些小得多的星体在绕着它们运行，就象在我们太阳系里也有星体围绕着木星和其他巨大的行星运行一样。

那么，现在问题在于：生命会不会在这种亚恒星上形成呢？

正如我所讲过的，我们所谓的生命存在的必不可少条件是，第一，一种游离液体，尤其是水；第二，有机化合物；第三个条件是我们熟视无睹的，但却必须加上，那就是能量。能量是用来从最先出现的微小的分子——象水、氨和甲烷那类微小的分子——中生成有机化合物的。

在这些亚恒星上，能量会从哪里来呢？

在气体尘埃云凝缩成一定体积的星体的过程中，这种云的成分的向内运动就表示从引力场取得动能。一旦这种向内运动停止，随着碰撞和聚结，动能就转化为热能。因此每一个大星体的中心都很热。例如，据估计，地球中心的温度达到 5 000℃。

体积越大，所形成的引力场就越强；动能越高，热能就越高，内部温度也越高。例如据估计，木星中心的温度达到 54 000℃。

可以这样认为，这种内热只是一种暂时现象，行星肯定会慢慢地冷却。假如内部没有提供出能量来补充它逸到空间去的那部分

热量，它就会冷却。

以地球的情况为例，由于外层岩石具有极好的隔离作用，所以地球的内热释放得确实很缓慢。同时，外层中含有很少数量的放射性元素，诸如铀和钍，这些元素在分裂的时候释放出大量的热，补充那些失去了的热量。这样就感觉不出地球在冷却，尽管地球作为一个固体星球已经存在 4 600 000 000 年，但它的内热仍保持着。

就木星的情况来说，它的中心似乎存在着某些核反应，发出象恒星那样的一些微弱的闪光，所以实际上木星射向空间的热量，是它从太阳那里获得的热量的 3 倍。

这种持续时间很长的内热足够供给生命所需，假如生物能够去开发它的话。

我们可以作这样的设想，生命存在于行星体内靠近热能区域的地方，这样就能够得到能源来形成和维持生命。可是，并没有证据证明生命除了生存在星球表面或是靠近星球表面处以外，在其他任何地方也都能生存。在相反的证据出现以前，我们只能认为生命仅存在于星球表面。

现在，再来设想一个并不比地球质量大的亚恒星；或是一个质量和地球相等的天体在绕着一颗亚恒星运转，后者的质量比木星稍大一些，但没有可见光。

无论游离于空间，还是围绕着一颗亚恒星运行，这样的一颗类地天体将很象是木卫 3 或是木卫 4 那样的一个星球。它将有内热，但是由于外层的隔绝作用，它将和地球一样，只让极少的热量逸到表面来，就象地球的内热使极圈里的雪融化，并且使地球的寒冷得到改善一样。

确实，在地球上，存在着相当多的局部性的通路，形成温泉，喷泉，甚至火山。我们可以想象象地球这样大小的亚恒星上也有着这种通路。而且，还有一种来自雷雨中闪电的那种能量。可是，这类零散的能源是否足以形成和维持生命，也还是个问题。还有另一个关键性的问题，一个不能从附近恒星得到大部分光源的星球，

是不适于智能的发展的——这个问题我将在后面讲到。

象地球一样大小的亚恒星可能比地球含有多得多的挥发物，这是因为它们并不靠近发热的恒星，因此周围空间的温度不会提高，也就不会妨碍它把挥发物聚集起来。所以，正象在木卫 3 和木卫 4 上面出现的情况一样，我们可以设想出一个环球海洋，或许是水的海洋，它依靠内热来保持液体，但是却由一层厚厚的冰壳覆盖着。

那些小于地球的亚恒星，内热也较少，所以更可能是冰状的，而零星获得的能源相应也少一些、不足道些，内部的海洋也更小些，或者根本就没有。

假如一个天体小得几乎不能吸引挥发性物质，甚至是在那种附近没有恒星的低温情况下也如此，这个天体可能就是一颗由岩石或者金属、或是两者混合而成的小星体。

那些比地球大、因而具有更大更多的内热量的亚恒星，情况又该是怎样呢？这种体积较大的星体肯定与木星相象。一颗较大的亚恒星必定大部分是由挥发性物质构成的，尤其是氢和氦；而内部的高热将把这颗行星完全变成液体。

通过对流在液体里传递热量，要比依靠缓慢的传导在固体里传递热量有效得多。我们可以设想在这种较大的亚恒星的表面或是靠近表面的地方有着大量的热，这种热量可以一直存在数十年。尽管如此，我们最多只能希望这上面存在某种海豚类的智慧生命——而且没有技术文明。

简而言之，亚恒星的形成与太阳系外层星体的形成更为相象。对于这两者，我们都不能寄予什么希望。

为了实现技术文明，我们需要一个既有海洋又有陆地的固体行星，这样，我们所知道的那种生命就能够先在海洋发展，然后出现在陆上。形成这样一个星球，必须在附近有一颗恒星供给它热量，这种热量将会把绝大部分的挥发性物质驱走，但并不是一点不剩。附近的这颗恒星还要以丰富而稳定的方式供给它形成和维持生命所必需的能量。

所以我们必须把注意力集中在恒星上。因为我们至少能够对它们加以观测。我们知道它们的存在，因此用不着象对待亚恒星那样对它们的存在与否作什么假设。

银河系

假如我们把注意力转向恒星，把它们看作是一种能源，以供给邻近那些有生命、可能还有智能、甚至有技术文明的星球以能量。我们最初的想法就会活跃起来，因为看起来这样的星球为数相当多。所以，假如我们在其中的一个星球上找不到生命，我们还可以在另一个同类星球上去寻找。

事实上，甚至经验较少的早期天文观察者们也可能已感觉到星星的数量是多得没有穷尽的。所以，按照《圣经》故事所讲，当上帝想使族长亚伯拉罕相信，尽管他没有子女，他还是会成为许多人的祖先时，作了如下的描述：

“于是他（上帝）把他（亚伯拉罕）带出门来，对他说，‘现在你朝天上看，看你是否能够数出这些星星的数目’。于是他（上帝）对他（亚伯拉罕）说，‘你的子孙也将象这星星一样多’。”

但如果上帝只答应亚伯拉罕有象他在天上所看到的星星那么多的子孙，那么上帝所许诺的数目并不象初想那样大。

这些恒星后来曾被那些不厌其烦的天文学家们数过。计算的结果是，用肉眼所能看到的恒星（假定视力极好）的总数大约是 6 000 颗。

当然，在任何时候，都有一半的恒星处于地平线以下，而那些在地平线附近的恒星，由于它们的光芒常常被极稠密的大气吸收，以致即使在晴天也看不见。在既没有云也没有月的夜间，远离一切人造光的干扰，就是一个视力极好的人也不能一次观测到 2 500 颗星以上。

在哲学家们设想一切星球都有人居住，从而作出诸如此类断言的时代，是否有哪一位哲学家真正懂得恒星的性质，还是很难说的。

也许以近代眼光第一个做出确切阐述的人就是库萨的尼古拉(1401~1464)。他是一位红衣主教,他的见解在他那个时代是极为出色的。他认为空间是无限的,而且宇宙并没有中心。他认为一切事物都在运动,包括地球在内。他还认为那些恒星就是处在遥远处的一个个太阳,它们就象太阳那样被行星侍卫着;并且认为那些行星上有人居住。

尽管我们很感兴趣,但是处于当今的世界,我们对于可居住性这一问题并不那么乐观。而且不能坦然接受那种认为到处都有生命存在的观点。我们知道存在着没有生命的星球,我们也知道还有另外一些可能有生命的星球,这些星球好象只能养育一些结构简单的细菌类的生命体。为什么恒星周围的行星就不可以是一些没有生命的死寂星体呢?或者说,在这些恒星周围根本就没有行星。为什么不可以这样说呢?

如果结果证明只很小一部分星球适宜居住(正如生命好象是只在太阳系中很小一部分星球上存在),那么,使下面这一问题得到确切解决就变得很重要了,即除了我们偶尔能够看见的那些恒星以外,是否还有其他的恒星;如果有,那么有多少。总而言之,恒星的数目愈大,在空间形成众多生命的机会也就愈多,即使这种机会具体对于任何一个单独的恒星来说并不很大。

当然,一般的设想是,恒星的数目只有看得见的那些。的确,有一些星特别暗,肉眼的视力再好也只能依稀辨认。假如还有一些更暗淡,甚至连视力最好的眼睛也不能辨认出来的恒星,这难道不是很自然的吗?

显然,很少有人想到这点。也许当初有一种难言的隐衷,上帝不能创造出暗得让人看不出来的东西,否则这种物体又有什么用呢?认为天空中的一切物体只是因为它影响人类才存在(占星学信念的基础),这种说法似乎是为反对看不见的星体而发的。

英国数学家狄格斯(1543~1595)持着象库萨的尼古拉那样的观点。1575年,他不仅坚持认为空间是无限的,而且认为散布在空间的恒星也是无限的。意大利哲学家布鲁诺(1548~1600)也力

主同样的观点，他是以一种不够策略的争辩方式进行的，这使他最后被以异端的罪名烧死在罗马的火刑柱上。

直到 1609 年，由于伽利略和他的望远镜的出现，关于这一问题的争论才算告终。当伽利略把他的望远镜用在太空的观测上，他马上就发现，运用这种仪器比没有这种仪器看到的星星要多。不管他朝哪个方向观察，他都看到了以前所看不到的星星。

不用望远镜，人们在一个名叫昴星圈的区域中能看到 6 颗星。关于一颗先是朦胧，最后消失不见的第 7 颗星，有着种种传说。有一次伽利略使用望远镜后，不仅毫不费力地看到了这第 7 颗星，而且还看到了另外 30 颗星。

更为重要的是他通过望远镜观测银河时的发现。

银河是一抹暗淡的光雾，看上去就象是环绕着天空的一条带子。在一些古老的神话里，它被描绘成一座联结地球与天堂的天桥。在希腊人的眼里，它有时被看成是从女神赫拉的乳房里喷出来的奶水。对银河的一种更切实际的想法是认为它是一条尚未形成恒星的物质带，这种看法是在望远镜出现之前就有的。

可是，当伽利略观察银河的时候，他发现银河是由无穷尽非常暗的恒星构成的。直到这时，人们才第一次意识到，星星的数目实际应有多少。假如上帝赐给亚伯拉罕象望远镜那样的视力，那个关于有无数子孙的断言简直就太可怕了。

银河的真实情况，与狄格斯的观点——无数颗星平均散布在无限的空间里——正相反。如果事实真是这样的话，那么望远镜就应当在任何一个方向都能发现大致相同数量的星球。而事实上，这一点很清楚：星星并不是均衡地向各个方向扩展，而是以一种特定的形状聚在一起的密集体。

最先主张这种见解的是英国科学家赖特（1711~1786）。1750 年，他提出，星星的分布应当象一枚硬币，太阳系靠近这个硬币的中心。假如我们向硬币的两个平面看，所看到的星星相对说来就很少，超出这个区域，也就看不到星星了。假如我们沿着这个硬币的长轴向任何一个方向看，由于它的边线很远，使得那些数量众

多、距离遥远的星星统统消融在一片暗淡的光雾里。

因此，银河是根据星系的长轴进行观察所得出的印象。从任何其他角度去看，这个星系的边缘相对来说都是比较短的。

假定有人能够计算出天空中各部分可见星的数量，并根据数字大小描绘图形，那么银河系的形状就能够比较精确地测定出来。1754年，威廉·赫歇尔承担起这项工作。

当然，计算出天上所有恒星的数目，这是不可能的。但是赫歇尔认识到，对天空分块估算则比较实际可行。他在天空中选定了683个区域，然后运用他的望远镜逐区计算可见星。他发现，越是靠近银河，单位星区里的恒星数量就越是规律地增长；与银河处于同一平面的时候，恒星数量最多，与银河平面成直角的时候，恒星数量最少。

根据他从各个方向观测到的恒星数量，赫歇尔感到应当对银河系中恒星的总数作一个大致的估计。他的判断是，银河系里有3亿颗恒星，这个数字是肉眼所能看到的恒星的5万倍。他进一步作出结论说，银河系的长径是短径的5倍。

他提出银河系的长径是太阳与明亮的天狼星之间距离的800倍。那时，这个距离还不清楚，但是我们现在知道它是8.03光年。一光年就是光在一年里所走的路程*。

因此，按照赫歇尔的估计，银河系的形状就象一块磨石，它的长径大约有7000光年，它的短径大约有1300光年。由于银河系从各个方向看起来宽度都差不多，所以太阳也就被当作银河系的中心，或是认为太阳靠近银河系的中心。

过了一个多世纪之后，这项工作又被荷兰天文学家卡普坦(1851~1922)承担起来。他掌握照相的技术，这给他的工作带来了一些方便。他最后也作出这样的结论，银河系是磨盘状的，而太阳靠近银河系的中心。但是，他对银河系范围的估计要比赫歇尔的更大一些。

* 由于光速是每秒299 792公里，因此，一光年就是9 460 000 000 000公里。所以天狼星的距离就是 82×10^{12} 公里。用光年来计算更简便。

1906年，他估计银河系的长径有23 000光年，短径有6 000光年。到1920年，他又进一步提出，它们的长度分别为55 000和11 000光年。他最后所作的包括银河系在内的总容量估计，是赫歇尔所作的估计的520倍。

正当卡普坦在对银河系进行这种探查的时候，天文学界里却出现了一种全新的观点。

人们开始认识到，银河系里充满气体尘埃云（就象当初成为太阳系或其它行星系起源的那种物质一样），这些云团阻挡了我们的视线。由于这个原因，我们只能观测银河中与我们相邻的区域，在这个区域中，我们则是居于中心位置的。在那些云团外面，很可能还有我们所看不到的广阔星域。

由于估测远处星团距离的新方法有了发展，已经证实太阳根本就不在银河系的中心，也并不靠近银河系的中心，而是处在遥远的银河系外围。最先宣布这一结论的是沙普利。他在1918年提出证据，说明银河系的中心是朝向人马星座方向的一个很远的地方，在那里，银河系恰恰是特别厚而且明亮。实际上银河系的中心为尘埃云遮蔽，中心以远的区域也是这样。

在20世纪20年代里，沙普利的看法被证实，得到了肯定。到1930年，银河的范围最后被计算出来。这要归功于瑞士籍美国天文学家特朗普勒（1886~1956）。

与其说银河系的形状象磨盘，倒不如说它更象透镜。这就是说，它的中心部位最厚，越向两边就越薄。银河系的两边距离是100 000光年，太阳距离它的中心大约有27 000光年，差不多相当于从银河系中心到一边距离的一半那么远。

银河系中心的厚度大约有16 000光年，它距离太阳的位置大约有3 000光年。太阳位于银河系上下两边之间一半的地方，这就是为什么银河看起来把天空分成相等两半的原因。

正如现在所知道的，银河系的容量相当于卡普坦所作的最大估计的4倍。

从某种意义上说，银河系很象是一个巨大的太阳系。在它的

中心部位，扮演着太阳角色的，是一个直径有 16 000 光年的球形的“银核”。这只是银河系总量的一小部分，但是它却包括绝大部分的恒星。围绕着它的是数量极多的恒星，这些恒星象行星围绕着太阳那样沿着轨道绕银核运行。

1925 年，荷兰天文学家奥尔特（1900~ ）就已经能够证明太阳是在沿着一个相当圆的环形轨道以每秒 250 公里的速度围绕着银核运行。这种速度大约相当于地球围绕太阳运行的速度的 8.4 倍。太阳以及整个太阳系每 200 000 000 年环绕银核一周，因此，在这些星体有生的漫长旅途中，太阳大约已经环绕银核运行了 25 圈。

根据太阳环绕银核运行的速度，可以计算出它所受到的引力。然后再根据太阳与银河系中心的距离，就可以计算出银核的质量，而且也能大体上计算出整个银河系的质量。

银河系的质量肯定超过太阳质量的 1 000 亿倍。有些估测则认为相当于太阳质量的 2 000 亿倍。

为了确定一个基本数字，我们可以简便地在这两个数字之间取一个中间数（在得到更好更精确的数据之后可随时修正），认为银河系的质量是太阳质量的 160 000 000 000 倍。

银河系的质量分属于三类物体：(1) 恒星，(2) 无光行星体，(3) 气体尘埃云。

虽然无光行星体可能比恒星要多得多，但是它的每个星体与恒星相比则小得多，因此全部行星体的质量肯定也是相形见绌。而且，尽管气体尘埃云的体积庞大，但是它们非常稀薄，因此所有云团的总质量肯定也是相形见绌。

我们可以肯定地说，几乎银河系的全部质量都在恒星上。举例来说，虽然我们的太阳系只有一颗太阳，还有数不清的行星、卫星、小行星、彗星、流星，以及围绕着它旋转的尘埃粒子，可是这一个太阳就大约占太阳系全部质量的 99.86%。

银河系里的恒星在质量上可能不象太阳那样占绝对压倒的比例，但是我们可以万无一失地这样认为，这些恒星可能占银河系质

量的 94%。在这种情况下，银河系里恒星的质量相当于太阳质量的 150 000 000 000 倍。

是否可以根据这一质量来推算恒星的数目呢？

这就要看太阳的质量在所有恒星中有多大代表性来确定。

与地球相比，太阳是个大家伙，甚至与木星相比，它也算是个庞然大物。它的直径是 1 392 000 公里，相当于地球直径的 110 倍。它的质量是 2×10^{30} 公斤，相当于地球质量的 324 000 倍。尽管如此，和恒星相比，就不稀罕了。

有些恒星在质量上相当于太阳的 70 倍，在光度上相当于太阳的 10 亿倍。还有一些恒星只有太阳质量的 1/20(因而只有木星质量的 50 倍)，它的亮度也极弱，只有太阳的 10 亿分之一。

大体说来，人们有必要作出如下结论：太阳是一颗居于中间地位的恒星，它处于两种极端情况的中间等级：一边是巨大、耀眼的星体，另一边则是微小、暗淡的星体。

如果恒星都平均地分布在这种质量等级之间，如果太阳确实是处于中间等级的，那么我们就可以作出这样一种假设：银河系里有 1 500 亿颗恒星。

可是，小恒星的数量要比大恒星多得多。因此可以合理认为一个中等的恒星在质量上大约相当于太阳的一半（在一些小恒星里，物质被压缩得很紧密，但是它们的质量却并不太大，所以并不影响这个平均数）。

假如银河系里恒星的总质量是太阳质量的 1 500 亿倍，而这颗中等的恒星的质量是太阳的 0.5 倍，那么随之而来的结论就是，银河系里有大约 3 000 亿颗恒星。这就是说，每在天空中看见一颗银河系里的星，就有 50 000 000 颗肉眼看不到的星。

其他星系

讲到这里，我们是不是就大功告成了呢？3 000 亿颗恒星是不是宇宙的全部呢？换句话说，银河系就是宇宙的全部吗？

我们先来观察那两块孤立于银河之中的光团吧。它们远在南

天极，所以身处北温带的观察者看不见它们。这两个光点最早是在 1521 年由随同麦哲伦环球航行的记录员记述下来的，因此被称为“大麦哲伦云”和“小麦哲伦云”。

直到 1834 年赫歇尔在好望角天文台观测它们的时候，人们才开始对它们进行详细的研究。就象银河系那样，“麦哲伦云”原来是由大量非常暗的恒星（它们所以暗，是因为它们的距离太远的缘故）聚集而成的。

在 20 世纪的头 10 年里，美国天文学家勒维特(1868~1921)对“麦哲伦云”中的某些变星进行了研究。到了 1912 年，运用这些变星（因为最先发现的变星是在仙王星座而被称为“仙王变星”）就能够测量出广阔的天体距离，而这是用其他方式所不可能估算出来的。

于是知道，“大麦哲伦云”原来距离我们有 170 000 光年，“小麦哲伦云”是 200 000 光年。它们都远在银河之外，而且各自成为一个星系。

可是它们并不算大。大麦哲伦云可能拥有 100 亿颗恒星，小麦哲伦云只有 20 亿颗恒星。我们的银河系有这两个麦哲伦云加在一起的 25 倍那么大。我们可以把麦哲伦云看成是银河系的卫星星系。

那么，问题就算完了吗？

人们的一些疑团又转向仙女座里的一团暗淡不清、被称为仙女座星云的云状物质。甚至就连最好的望远镜也不能把这些暗淡的恒星团分开。因此，很自然的结论就是，那是一团灼热的气体尘埃云。

虽然被称为灼热的云团，但它们本身并不是灼热的。它们发光发热，是因为它们里面有恒星。经过分析得知，来自其它发光尘云的光，与恒星光完全是不同的；可是仙女座星云的光的确非常象恒星光。

另一个问题是，仙女座星云是一个恒星聚集体，但它的距离甚至比麦哲伦云还要远，因此不能清晰辨别单个的恒星。

赖特在 1750 年首先提出，可见星都集中在一个圆平面里；他推断说，在距离我们极其遥远的地方还应当有其他这样由恒星组成的圆平面。这一思想在 1755 年被德国哲学家康德（1724~1804）所采纳。康德谈到了“宇宙岛”的问题。

这一观点并没有流行起来。尽管当拉普拉斯发挥他的观点——太阳系是由一团旋转着的气体尘埃云所形成——的时候，曾援引仙女座星云为例来说明一团云由于缓慢地旋转、收缩可以形成一个太阳及其随从行星。但这也就是这种理论被称为星云假说的理由。

可是，一跨进 20 世纪，赖特和康德的老观点却又逐渐变得风行起来。仙女座星云中的恒星偶尔也会露面，那显然是些“新星”；也就是说，这些星突然超越好几个等级发出强光，然后又黯然失色。这好象表明，在仙女座星云里有恒星，这些恒星在一般情况下是极为暗淡的，由于它们的距离极其遥远，所以人们无论如何看不见它们。但是，由于爆炸所产生的短暂的光亮，恰好使这些星凭借这种亮度而显示出来。

在我们自己的银河系里，有时也出现这种新星。我们运用这样一种方法——把它们明显的亮度同仙女座星云中的那些非常暗的新星的亮度相比较——就能够大致计算出仙女座的距离。

直到 1917 年，问题才得到解决。一架安有 254 厘米镜头的新型望远镜在加利福尼亚州巴萨丹纳正东北方向的威尔逊山上装备就绪。这是当时世界上最大、最好的一台望远镜。美国天文学家哈勃（1889~1953）运用这架望远镜，终于能够看清仙女座星云外围的那些非常暗淡的星群。

从那时起，它就被称为“仙女星系”。

根据最现代的距离推算法所得到的结果来看，“仙女星系”距离我们有 2 200 000 光年，相当于麦哲伦云距离的 11 倍。因此，我们辨认不出单星，就毫不奇怪了。

但是，仙女星系并不小。它可能有银河系的两倍那么大，它包括的恒星可能多达 6 000 亿颗。

银河系、仙女星系、还有那两块麦哲伦云，由于引力而相互制约，形成了一个被称为“本星系群”的“星系团”，它们并不孤独，总共有大约二十个成员。其中有一个被称作“马菲 I”的星系，距离我们大约有 3 200 000 光年，它大约恰好有银河系这么大。剩下的十多个全都是小星系，每一个星系都有将近 100 万颗恒星。

在“本星系群”里总共大约有 1.5×10^{12} 颗恒星，但那也并不是天体的全部。

在“本星系群”以外，还有别的星系，有些是单独的，有些是聚成小群的，有些是上千的巨团。用现代的望远镜，能够发现出上 10 亿个星系，这些星系一直延伸到 10 亿光年的极远处。

尽管如此，这也仍然不是天体的全部。有理由这样认为，借助于精良的仪器，我们能够观测到 120 亿光年的远处，然后才是一个观测的极点——绝对限度。因此，就目力观察所及的宇宙来说，可能存在有 1 000 亿个星系。

正象太阳是一个大小适中的恒星那样，银河系也是一个大小适中的星系。大星系的质量有银河系的 100 倍那么大，而小星系的质量只有银河系的 1/10。

而且，每一等级中的小天体，在数量上远远超过那些大天体，我们可以大致地估算出，每一个星系平均拥有 100 亿颗星，因此每一个星系的平均大小相当于大麦哲伦云那么大。

这就意味着，在能够观测到的宇宙空间里，有 1 000 000 000 000 000 000 000 颗恒星。

单单这一个结论，就差不多可以肯定地球以外的智慧是存在的。总之，智慧的存在并不是一种绝对不可能的事，因为我们本身就存在着。假如这是一件几近于零的可能，那么我们要说，这件对于个别恒星来说是几近于零的事，对于 10^{21} 颗恒星来说，却几乎可以肯定，它们里面的某些地方存在着智慧、甚至存在着技术文明。

举例来说，假如存在着技术文明的恒星只有 10 亿分之一，那么就意味着在整个宇宙中，将有 10^{12} 个不同的星球存在着这种文明。

让我们继续努力去寻找一种方法来为这些估计提供实际数据，或至少使我们的数据能够尽量接近实际一些。

在进行这一工作的时候，我们最好把注意力集中在我们自己的银河系上。如果宇宙里存在着地外文明，那么存在于我们银河系里的文明显然使我们更感兴趣，因为它们与其他星球相比离我们要近得多。我们所得到的有关银河系的任何数字，常常能够很容易地转换成对其它星系很有意义的数字。

以我们银河系里得出的某个数字为准，把它除以 30，就会得出一般星系的近似数字。以我们银河系里得出的某个数字为准，把它乘以 33 亿，就得出整个宇宙的近似数字。

那么我们就从已经提到的这样一个数字开始吧：

1——我们银河系里恒星的数量=300 000 000 000。

第六章

行星系

星云假说

不管恒星有多么多，只是靠恒星的存在，并不能保证文明以及生命也是存在的。恒星提供必要的能量，但是生命必须在适合复杂的有机化合物存在的温度下才能够得到发展，这种复杂的有机化合物是生命的化学基础。

这就是说，在这样一颗恒星的附近一定会存在一颗行星。一般说来，在这样一颗从恒星得到热量和能量的行星上面，生命是可能存在的。

因此，我们用不着去考虑恒星，而应当去考虑行星系。在这些行星系中，我们知道得最清楚、最详细的只有我们自己的太阳系。

可惜的是，我们对任何其他恒星的周围所作的观测，却不能够象观测我们自己的太阳周围那样非常细致，以致能直接发现它们周围有行星运行*。

但这能够妨碍我们，使我们不能对地球以外智慧的存在作出进一步的结论吗？

倒也未必。如果我们能够确知我们自己的太阳系是怎样形成的，那么我们就应当能够对其他行星系形成的可能性作出结论。

例如，关于太阳系的形成的第一个理论，就是拉普拉斯的星云假说，这一理论使许多天文学家感到浓厚的兴趣。我在本书的前

* 目前对这种行星的存在只能提供微弱和间接的证据。但这是另外一回事，我们留在后面章节去讨论。

面部分提到过这一理论（实际上，与此相似的一些提法在 1755 年就已经由康德提了出来；比拉普拉斯早半个世纪）。

假如太阳是由一个旋转着的气体尘埃云凝聚而形成的（我们能够在自己的银河系和别的一些星系里看到很多这类云），那么，认为其他恒星也通过同样方式形成就是合情合理的了。

可以把我们的太阳描绘成这样一幅情景：在凝缩的过程中，它愈来愈快地旋转着，并且从它的赤道区一圈接着一圈不断地分离出物质环，这就形成了行星，别的恒星在形成的过程中也会是这样的。由于这种情况，每一颗恒星都会有一个行星系。

可是，如果这种行星形成的理论经受不住严密的检验，我们就不能作出上述结论，而星云假说就是经不起检验的。

1857 年，麦克斯韦（他后来创立了气体动力理论）对探究土星环的构造颇感兴趣。他指出，假如这些环是固体结构（就象从望远镜中所看到的那样），那么它们就会在土星引力的作用下瓦解。所以，看来它们一定是由一大圈较小的粒子组成的物体，分布浓密，从极远处观察，就象是固体那样。

麦克斯韦的数学分析，在研究那些被认为是在星云凝缩成太阳的过程中甩出的气体尘埃环问题上，是很适合的。结果表明，假如麦克斯韦的数学计算是正确的话，就很难理解这样的环怎么能凝聚为一颗行星。它可能至多只会形成一条小行星带。

由于角动量的提出，因此出现了一个更加重要的相反见解。角动量是一切孤立的天体或体系的转动状态量度。

角动量由两个因素决定：(1)每个物质粒子自转或公转或两者兼有时所达到的速度，和(2)每个物质粒子与旋转中心点的距离。不管这个系统里发生什么变化，一个孤立的天体的总角动量数值不变。这就是角动量守恒定律。根据这一定律，距离减少，转速就要增加，反之亦然。

一个花样滑冰者在她伸开双臂开始旋转、然后再收回双臂时的表演，就说明了这个原理。在人类身体的这种收缩过程中（暂且这样说吧），旋转速度迅速增加，如果双臂再伸开，旋转速度就会很

快降下来。

当旋转着的星云抛出一个物质环的时候，这个物质环只能是整个星云中极小的一部分（这很明显，因为这个环凝缩成一个比太阳小得多的一个行星）。这个环中的每一小块物质所具有的角动量比星云主体中同样大小的物质的角动量要大，这是因为这个环是从赤道带抛出来的，而这个赤道带在旋转速度以及与旋转轴心的距离这两方面都是最大的。尽管如此，这个物质环的总角动量肯定只是整个广大星云的总角动量中的一小部分。

因此，人们可以这样想，今天的太阳，甚至是在它抛出形成所有行星所需要的物质之后，仍然保持着原始星云的很多角动量。当它在收缩的过程中，旋转速度应当加大，到今天就应当是以极快的速度在自转。

而事实却不然。太阳赤道上的某一点围绕太阳轴线转一周所需要的时间至少要 26 天。赤道北部和南部的点，所需要的时间甚至更长一些。这就是说，太阳的角动量小得可以。

太阳占去了太阳系总质量的 99.8%，而实际上，它的角动量却只占太阳系的 2%。剩下的绝大部分角动量包含在那些自转和绕太阳公转的各种不同大小的星体里。

太阳系里足足有 60% 的角动量被木星占去，另外 25% 角动量被土星占去。这两大行星合在一起，只有太阳质量的 1/800，但它们的角动量却相当于太阳的 40 倍。

如果由于某种原因，太阳系所有旋转着的星球都向着太阳作螺旋形的移动，并且把它们的角动量移给太阳（这是由于角动量守恒定律所致），太阳就会半天自转一周。

看来似乎没有办法使这么多的角动量聚集到这些从旋转星云赤道区离开的小环上面，而且也没有办法从星云本身夺去这么多的角动量。等到 19 世纪末叶，角动量一旦被人们认识得很清楚的时候，星云假说看来是遭到了一次致命的打击。

星的碰撞

为了解释太阳系的起源，并说明角动量的这种特殊分布，天文学家们纷纷抛弃行星形成的进化论（即认为变化是缓慢的、不可抗拒的一种理论），而转到灾变说的立场上来。这种理论认为，行星是由于一场突如其来的变故而形成的，因此行星并不是必然发展的结果，而完全是意想不到的产物。

这种理论认为，原始的旋转星云平稳顺利地凝聚成太阳，但并没有形成行星。太阳以它孤独的光辉在空间滚动着，它遭到一次灾变，然后才形成行星，并且把角动量移到这些行星身上。

最早的灾变说是在 1745 年提出来的，比康德首次提出星云假说*的看法要早 10 年。这一理论是由法国自然科学家布丰 (1707~1788) 提出来的。

布丰认为，包括地球在内的行星，在 75 000 年以前就已经存在，这是太阳和另一大星球——他称之为彗星——碰撞的结果（当时彗星的性质尚未为人所知，但是人们已经知道这些彗星离太阳特别近）。他认为，生命是在地球形成之后的 35 000 年才有的。这种观点与一般人的观点——上帝在将近 6 000 年前创造了地球和生命——是冲突的。

由于布丰的理论缺乏详细的论述，因此被当时流行的星云假说所埋没。直到 1880 年，当星云假说由于角动量的提出而陷于窘境的时候，灾变说才重新复活。

英国天文学家毕克顿 (1842~1929) 提出太阳和另一颗恒星彼此紧靠的观点。由于它们之间的引力作用而在外部拖着一条物质流。当这两颗恒星分开的时候，它们之间的这种引力作用就把这条物质流拉向一边，使它旋转着前进，并且从球的主体转给它很大一部分角动量。就在这接近碰撞的过程中，物质流拖曳着形成了

* 对于太阳系形成原因的所有自然主义解释都不会比这种说法早多少。创世说的信念(即认为宇宙的形成是按照创世纪第一节所描述的那样)直到那时还很有力量，以至于谁要是不相信它，就会遭到危险。

行星。当时的动人景象就是：两颗孤独的恒星进入接近碰撞的状态；两颗带有行星系的恒星出现了。

到了1880年，人们借助于当时的望远镜，发现了一些星系。其中很多星系都有一个发出光热的核，同时这种核的外部还具有螺旋形的结构。爱尔兰天文学家罗斯（1800~1867）于1845年最先注意到这一点。

当时还不懂得这些“螺旋形星云”就是广阔而遥远的恒星群，我们自己的银河系不过是其中之一而已。人们把它们看作是我们银河系里的一小部分，而毕克顿认为它们是当初行星系形成过程的再现，那种螺旋形的臂状物代表着中心部位的太阳向外拖曳出来形成一条鲜明曲线的物质流，就这样开始了它们的运行。

50年之后，这种行星形成的灾变理论在天文学界广为流行。英国天文学家金斯（1877~1946）认为这种从太阳拖曳出来的物质流呈雪茄烟形，木星和土星都是由这物质流的最粗大部分形成的，这两颗星之所以那么巨大，原因就在这里。金斯是一位极出色的科普作家，由于他的影响，就使这种太阳系形成的理论更加深入人心了。

运用这种灾变理论进行细致的分析，却产生了很多困难。从太阳分离出来的这种物质流能不能延伸很远而形成外部的行星呢？其他恒星的引力能不能把足够多的角动量转移给行星呢？

后来，一个又一个的天文学家相继试图完善这一理论，使它更为圆通。有人认为，与其说是从旁边经过，不如说它们是轻擦而过更符合实际。美国天文学家罗素（1877~1947）认为，太阳只是双星系统中的一颗，它的行星是由另一颗恒星产生出来的，所以它们享有它的角动量。

尽管有这么多的难题，灾变理论仍然一直统治到20世纪30年代，而这一状况对地外文明的讨论却具有关键意义。

如果星云假说或其他有关太阳系的进化理论是正确的，那么行星的生成就是恒星正常发展的一部分。因此，从根本上说来，有多少颗恒星，就有多少个行星系。在这种情况下，地外文明的机会

就很大了。

从另一方面看，灾变理论却把行星的形成看作是偶然的、而不是不可避免的事，即行星系是靠宇宙中的一种突发势力，在两颗恒星偶然相遇之后产生的。

但事实上，恒星之间距离极大，和这种距离相比，它们的移动又非常缓慢，所以发生这种碰撞或接近碰撞的机会是极小的。自恒星存在以来，象太阳这样的恒星在 50 亿年中靠近另一颗恒星的机会只有一次。自银河系有生以来，在银核外部发生靠近的情形，可能只有 15 次。

如果各种灾变理论都符合实际，那就意味着银河系里只有极少的行星系，这极少的行星系中的任何一个星系都包含一种文明（当然不包括我们自己）的可能性也就实在太小了。

有幸的是对于地球以外智慧存在的可能性问题，灾变理论愈来愈站不住脚。

尽管人们对这一理论进行了各种各样的修改，可是对于供给行星足够的角动量这一问题依然很难解释。人们设想的一切可提供这种角动量的机制，都不能不同时使这些行星获得足够的速度来逃逸太阳系。

到了 20 世纪 20 年代，英国天文学家爱丁顿(1882~1944)计算出了太阳的内热（也计算出一般恒星的内热）。太阳的巨大引力场自然而然地压缩着它本身的物质，向内部牵曳，而且整个太阳是一个滚热的气体，它的密度大约只有地球密度的 1/4。在这种顽强的内引力的作用下，它为什么没有凝缩成密度极大的星球呢？

在爱丁顿看来，这似乎是因为，能够抵抗这种内引力的只有这种内热的外张力。爱丁顿对这种引力达到平衡所需要的温度进行了计算。结果令人信服地表明，太阳内核的温度达到数百万度。

那么，作为碰撞的产物，或是作为接近碰撞的产物，假如有大量的物质从太阳里面拖曳出来，或是从任何其他恒星中拖曳出来，这种物质将应当比以前想象的温度要高得多。美国天文学家斯皮泽(1914~)于 1939 年指出，这种物质热得根本不能凝聚成行

星。它们会扩展成稀薄的气体，变得无影无踪。

星云假说的复活

在 20 世纪 40 年代初期，由于星云假说死去已久，灾变理论又新近夭折，没有任何一种理论能够解释太阳系的存在，这使人们产生一种不安的情绪。看起来简直是不顾一切地要返回到那种太阳系是神力所创造的说法上去，或者是认为太阳系根本就不存在。

但就在 1944 年，德国天文学家魏茨泽克（1912～ ）却又回到星云假说上来，他使这一理论更加致密。这是 150 年以前自拉普拉斯时代以来科学知识发展的产物*。

这种新观点认为，太阳在形成过程中并不收缩，也不放出气体环，而是原始星云在收缩同时，把气体和尘埃抛在后面。在这些气体和尘埃里，形成了扰动——即大漩涡。

当这些大漩涡相遇的时候，里面的粒子互相碰撞，形成更大的粒子。就在这原始星云的外围，这种粒子可能形成一圈由小冰块组成的长带，其中有一些粒子由于附近恒星的引力作用而不时地改变自己的轨道，进入太阳系内层。这时我们所看到的这种现象就是彗星**。

越是靠近太阳，这些气体尘埃云就越是紧密，质量也就越大，形成了较大的物体——行星。

到底是怎样一种机制使行星从这种扰动中形成，这是很难知道的。象奎伯这样的天文学家，以及美国的尤里（1893～ ）这样的化学家，在魏茨泽克的观点上更发展了一步，对行星的产生方式力图求得令人满意的解释。

尽管如此，也还是存在着角动量的问题。为什么太阳转动得那么慢，几乎全部的角动量都由行星占去了呢？是什么原因使得

* 与此非常相似的一种理论，也在这个时期，由苏联天文学家奥托·施密特（1891～1956）提了出来。他的出生地恰好离我的出生地只有 130 公里。

** 这样一圈远离太阳的彗星带首先是由美国天文学家惠波尔（1906～ ）于 1963 年设想出来的。他在魏茨泽克之后很长时间才提出这一看法。后来，奥尔特加以细致的补充，认为这种长带离太阳很远，有一光年或 2 光年左右。

太阳这样慢下来的呢？

拉普拉斯当然懂得引力的作用。当时没有人比他更懂得这一点，以后也不多。但在拉普拉斯的时代，对恒星和行星都具有的电磁场却缺乏真正的了解。现在的天文学家们在这方面的知识是相当丰富的，在描述太阳系起源的时候，这些作用场就能用来解释一些现象。

瑞典天文学家阿尔文（1908～ ）对于这一过程曾作过一个详细的设想与描述：太阳如何在早期抛出物质（类似今天的太阳风，但是比太阳风更强有力），然后这些物质又如何如何在太阳电磁场的作用下获得了角动量。正是由于电磁场，才使太阳把角动量转移到太阳外部的物质身上，使行星能够象今天这样保持与太阳之间的距离，并且具有象今天这样多的角动量。

从星云假说恢复以来一直到今天，一个世纪的 $1/3$ 已经过去了。天文学家们都以相当信服的态度接受了这种理论，遵循着它的结论。

从星云假说的新观点看来，外部行星并不比内部行星年代更长；所有的行星以及太阳本身都是同年龄的。

而且，如果太阳和行星都从这个气体尘埃漩涡里形成，都在这同一个过程里发展起来，那么看起来很可能任何恒星都是象太阳那样发展形成的。这样一来，宇宙中就应当有极多的行星系，而且这些行星系很可能象恒星那样多。

恒星的自转

是否有办法使我们证实一下这种关于行星系的设想呢？理论当然很好，但是如果收集一点确凿的证据——不管这种证据是多么微弱——则更好。

假设我们有证据证明行星系极少，我们就必须认为魏茨泽克关于恒星形成的理论是错误的，或者至少要大大加以修正。也许太阳原是一个孤独的光球，然后穿过空间的另一块气体尘埃云（有很多这样的云），由于引力的原因而收集了这样一些物质。这样一

来，第二块云里的扰动可能最后就会形成行星，这种行星就要比太阳年轻一些，也许年轻很多。

这就会回到灾变说上来，尽管太阳在气体云中的这种穿行并不象两颗星之间碰撞或是接近碰撞那样猛烈，但这仍然是一种偶然，并且一定会产生较少的行星系。

另一方面，如果有证据清楚地表明为数极多的恒星恰好都有行星，那么我们也许就不能把这看成是按照灾变说所认为的那种方式产生的。星云假说的某些观点认为行星跟随着一颗恒星而自动地或几乎自动地形成，这种见解应当是正确的。

困难在于，我们不知道是否所有的恒星都有侍从的行星。甚至连距离最近的恒星（半人马座 α ，距离我们 4.3 光年），我们也没有办法观察到哪怕是象木星或是体积更大的行星。这样一颗行星太小，它所反射的光是看不见的。甚至发明一架能够观察到那种幽暗的反光体的望远镜，它身边恒星的强大光芒也会把它完全淹没。

因此我们必须抛开直接进行观测的念头，至少目前应当抛开，而借助于间接的方法。

我们自己的太阳，毫无疑问是一颗拥有一个行星系的恒星。它最明显的一点就是自转得非常缓慢，这个星系的 98% 的角动量都存在于它的那些在质量上微不足道的行星身上。

如果说在行星形成的最初（由于任何一种机制），就已从太阳获得角动量，那么人们就有理由认为角动量能够由任何一颗恒星传递给它的行星。这样，如果一颗恒星有一个行星系，我们就应当发现这颗恒星的自转是相当缓慢的；如果不是这样的话，我们就应当看到它是在相当迅速地自转。

可是，甚至在我们最好的望远镜里，恒星也只不过是一个光点，到底怎样去测出一颗恒星的转速呢？

实际上，有许多星的转速都能够通过星光——哪怕这颗星本身只不过是一个光点——来推算出来。星光是各种波长的光线的混合体。光能够依照最短的紫光波到最长的红光波依次列出，结果就形成了“光谱”。录制光谱的仪器就是“分光镜”。

光谱是由牛顿在 1665 年谈到太阳光的时候最先指出来的。到了 1814 年，德国物理学家夫琅和费 (1787~1826) 指出太阳光谱被许多暗线干扰，最后才知道，这是些散失了的波长。它们都是因被太阳大气吸收而没能传播到地球上来的光波。

1859 年，德国物理学家基尔霍夫 (1824~1887) 指出，光谱中的暗线是各种元素的“指纹”，因为每一种元素的原子都放射或者吸收其他任何元素的原子所不能放射也不能吸收的特殊的波长。光谱学不仅可以用来分析地球上的矿物，而且也能用来分析太阳的化学成分。

同时，分光技术曾达到这种巧妙的地步，各种星光，哪怕是比太阳光暗得多的星光，都能够被列成光谱。

通过星光光谱中的暗线，可以看出许多东西。举个例子来说，如果某个恒星光谱中的暗线略为移向红色的一端，那么这颗星将向着与我们相反的方向运动，它的运动速度可以通过位移的程度计算出来。如果这种暗线移向光谱中紫色的一端，这颗恒星将朝向我们运动。

这种“红移”或“紫移”的意义，在 1842 年奥地利物理学家多普勒 (1803~1853) 对声波所作出的研究以及 1848 年法国物理学家费佐 (1819~1896) 在运用这一成果对光波进行研究时表现得极为明显。

现在，我们假设有一颗恒星在自转，假设它居于空间的这样一个位置——它的两极都不朝向我们，但是它的每一极都位于或是靠近这颗恒星的两侧——我们可以看得见。这样一来，处于这颗恒星两极之间的这一侧面朝向我们运动，而相反另一侧面则向我们的反方向运行。从这一侧面来的光使暗线略为移向紫色，从另一侧面来的光则使暗线略微移向红色。由于这些暗线向两个方向移动，它就变得比正常状态要宽一些。这颗恒星自转得越快，光谱中的这些暗线就愈宽。

这一点是英国天文学家艾布内 (1843~1920) 在 1877 年首先提出来的；而自转产生宽线这一现象，则是美国天文学家施莱辛格

(1871~1943)在 1909 年从自己的实际工作中首先发现的。只有到了 20 世纪 20 年代的中期,对恒星自转的研究才开始普及,美籍俄国天文学家斯特鲁维 (1897~1963)表现得尤其活跃。

确实有一些恒星自转很慢。当太阳缓慢地自转的时候,太阳赤道上的一点每秒钟只移动 2 公里。许多恒星都以那种赤道速度或是快得不太多的速度自转。另外有些恒星自转得相当快,它们的赤道速度达到每秒钟 250~500 公里。

这很容易使人想到,缓慢自转的恒星有行星,同时把角动量移给行星,而快速旋转的恒星没有行星,它们保存着全部或几乎全部的原角动量。

这只是运用这种方法所掌握的部分情况。当初刚刚开始研究星光光谱的时候,有些星的光谱很象太阳的光谱,而有些光谱又不象。事实上,星光光谱之间有着很大的不同,早在 1867 年,塞奇(他是曾对斯基帕雷利发现火星运河作出过预言的天文学家)就认为光谱应当分为不同的类型。

这种想法终于成功了。经过对光谱进行的各种分类,最后把它标为 O、B、A、F、G、K 和 M。O 代表质量最大、温度最高、光度最强的恒星;B 其次,A 再次,依此递降到 M,其中包括质量最小、温度最低、光度最弱的恒星。我们的太阳属于光谱中的 G 型,因此它在这个表中居于中间地位。

随着星光光谱的研究愈来愈精密,每一个光谱型都能够分成 10 个亚型: B0, B1……B9; A0, A1……A9; 等等。我们的太阳属于光谱型中的 G2。

和斯特鲁维在一起工作的美国天文学家埃尔维 (1899~),在 1931 年发现,恒星的质量愈大,它就愈可能是个转速快的星体。属于光谱中的 O 型、B 型和 A 型的恒星,和那些 F 型中 F0 到 F2 等较大的恒星一起,都很可能是转速快的星体。

光谱型 F2~F9, G、K 以及 M 中的恒星实际上都是转速缓慢的星体。

这样看来,光谱型中有一半是转速快的星球,另一半是转速慢

的星体，但是这并不能把恒星平均分成两半。小恒星比大恒星数量要多，所以属于光谱型 G，或更小的光谱型的恒星，肯定比属于光谱型 F 或更大的光谱型的恒星多得多。事实上，全部恒星中只有 7% 的恒星属于光谱型 O 到 F2 这个范围。

换句话说，转速快的星体不超过恒星总数的 7%，而足足有 93% 的恒星都是转速慢的星体。这样看来，似乎至少有 93% 的恒星都有行星系。

事实上，我们不能排除这 7% 转速快的星体。这里面恰好包括了质量特别大的恒星。似乎它们在开始的时候具有的总角动量要比小恒星的角动量高出许多。这些恒星甚至在把一部分角动量移到它们的行星上之后，也还是可以保留足够的角动量来保持自己较快的转速。

或者，角动量移给行星的过程可能需要一段时间。正如我们将会看到的，质量确实很大的恒星都是年轻的恒星。这可能是因为它们还没有时间来转移角动量。

根据有关星体自转的材料看来，这一结论似乎是很清楚的：至少有 93%——也可能是 100%——恒星都有行星系。

恒星的摄动

尽管根据是那么充分有力，但是我们必须承认这一点：恒星自转的快慢，可能根本与行星没有关系。有些恒星可能只是因为它们赖以形成的云团具有多少不等的角动量才有自转快慢不同的现象。

我们能不能再寻找一些其他方面的证据呢？

可以的。我们看到，当两个星体发生引力作用，这作用是相互的。太阳吸引木星，但木星同样也吸引太阳。

假如两个由于引力而互相吸引的星体在质量上恰好相等，那么就可以说，谁也不会去围绕着对方旋转。由于这种引力的相互作用是平衡的，它们会各自围绕着恰好位于它们之间的一个点转动。它们围绕着转动的这个点，就是“引力中心”。

如果这两个星体在质量上不相等，那么质量较大的星体受到吸引力的影响也就较小些，转动得也就要慢些。如果质量较大的星体相当于较小星体质量的两倍，这个引力中心就会以两倍的比率靠向质量较大星体的中心。我们可以拿月球和地球为例。月球常常被人们看作是绕着地球转的，但它并不是绕着地球的中心运行。月球和地球都围绕着一个引力中心转动，这个引力中心始终居于地球中心和月球中心之间。

恰好地球的质量是月球的 81 倍，所以这个引力中心对地球中心的距离，就应当是对月球中心距离的 $1/81$ 。地-月系统的引力中心，距离地球中心是 4 750 公里，而距离月球的中心，则远到 81 倍的距离，也就是 348 750 公里。

地-月系统的引力中心距离地球的中心这样近，它在离地球表面只有 1 600 公里的内层。在这种情况下，完全有理由认为，月球是在绕着地球转；总之，它是在围绕着地球内部的一个点转动。

地球的中心也在围绕那个引力中心转着小圈，每 $27\frac{1}{3}$ 天转一周。如果没有月球的话，地球就会沿着一条平稳的轨道围绕太阳运行。由于月球的存在，地球就在绕太阳运行的途中每 $27\frac{1}{3}$ 天绕一个小弯——每绕太阳一周，就要绕 12 个多一点的小弯。从理论上说，地球的这种摆动可以从空间测量出来，根据这一点，月球的存在、或是它的距离、大小都能够计算出来，甚至由于某种原因它不能被直接观察到，也还是可以计算出来的。

木星和太阳的情况也是这样。太阳的质量是木星的 1 050 倍，因此日-木系统的引力中心就应当是以 1 050 倍的比率靠近太阳的中心。由于知道这两个星球中心之间的距离，所以就得出引力中心距离太阳的中心有 740 000 公里。这就是说，这个引力中心距离太阳表层是 45 000 公里。

太阳的中心围绕着这个引力中心每 12 年转一周。太阳在它围绕着银河系中心平稳运行的过程中，轻微地摇摆着，先是移向轨道的这一边，然后又移向轨道的那一边。

假如只存在太阳和木星，观察者从空间的一个位置——这个位置由于太遥远以致于不能直接看到木星——也能够根据太阳的摆动推算出木星的存在。

实际上，太阳还有其他3个大行星：土星，天王星，海王星，它们和太阳之间分别有着自己的引力中心，尽管没有一个中心距离太阳中心象日-木中心那样大。这使得太阳的摇摆更复杂些，也更难解释。

又假如观察者站在最近的恒星的位置上，太阳的摇摆也就小得不能准确地测量出来，甚至根本不能察觉。

能不能把这一点推广运用呢？我们能不能观察其他一些恒星、探测出它在运行中的摇摆、并由此而推算出它是否有行星呢？

在某种情况下，这是毫无疑问的。早在1844年就已经有人这样做了。

在那一年，德国天文学家贝塞耳（1784~1846）注意到明亮的恒星天狼星在运行中的摄动。根据这种摄动，他推算出有一颗在质量上相当于天狼星 $2/5$ 的看不见的伴星存在。

我们现在恰好知道天狼星在质量上相当于我们的太阳的2.5倍。因此，这颗伴星恰好和我们的太阳的质量一样。实际上，它不是一颗行星，而是一颗十足的恒星，由于太暗而很难看到，它的结构是相当紧密的*。

找到一颗恒星的伴星要比找到它的一颗行星容易一些。行星和它所围绕着转动的恒星比起来，在质量上简直太小了，因此行星和恒星之间的引力中心会极度靠向恒星的中心，即这颗恒星的摇摆是极小的。

这种摇摆都能测量出来吗？

有可能，假如各种条件都具备的话。

首先，这颗恒星一定要尽可能地靠近我们，这样，那种摇摆看

* 这些很有质量但却又小又紧密的恒星，以及另外一些质量更大、体积更小，密度更高的恒星，与本书所论无关，所以只是提提而已。如果读者对它们感兴趣，可以参见我的另一本书《宇宙黑洞的秘密》。（此书已由本社翻译出版——编者注）

起来相应就会大些。

其次,这颗恒星一定要很小,必须要比太阳小,这样,它本身质量的支配力量相应就小。相对说来,引力中心就远离这颗恒星的中心,这颗恒星也就会产生较大的摇摆。

再次,这颗恒星一定要有一颗大行星,至少要有木星那么大,这样,这颗行星的质量将会大到足够从它所环绕着转动的小恒星那里把引力中心牵引过来,以使这颗恒星形成较大的摇摆。

这 3 个条件使可能性大为降低。假如行星系形成的可能性本来就很小,那么除非巧合,不能希冀既有一个靠近我们的小恒星,又要它拥有一个行星系,而且这个行星系里又刚好有一颗至少和木星一样大的行星。

从另一方面看,如果我们在附近的小恒星里寻找,并且的确刚好发现有一颗伴随着的行星绕着其中的一颗恒星转,那么,为了不使我们自己硬去附合一个很难靠得住的模式,我们必须认为行星系是非常普遍的,也许甚至是遍布宇宙之中。

在美籍荷兰天文学家范德坎普(1901~)指导下的斯沃斯莫学院,曾对恒星运动中的这种摄动是否存在作过种种尝试性的测定。

在范德坎普指导下进行工作的美籍丹麦天文学家斯特朗德(1907~)发现天鹅座 61 双星系中的一颗恒星在运行过程中有轻微摄动,并且推断出有一颗绕着它转动的伴星体存在。这颗伴星在质量上是极小的,算不上是一颗恒星但却足够称得上是一颗大行星,它的质量相当于木星的 8 倍。1943 年宣布了这一发现。

从那以后,人们发现一颗只有 6 光年远的小恒星——巴纳德星,也有类似的摄动。这种摄动可能表示两颗行星的存在,一颗的质量象木星那样大,轨道周期为 11.5 年,一颗的质量象土星那样大,轨道周期为 20~25 年。其它较近的恒星,诸如罗斯 614 和拉朗德 21185 也都有摄动现象,似乎说明有大行星的存在。

总之,我们已经发现,附近的小恒星中可能带有大行星的不只是一个,而是有半打。在这种情况下(必须承认这种观测很有局限,

并不是所有的天文学家都准备无条件地贸然接受这一结论)，看来我们有必要作出结论：行星系是非常普遍的，至少所有转速缓慢的恒星都有行星系。

我们还是要慎重一些，把行星系只限定在转速缓慢的恒星上，它们占总量的 93%。

这样，我们就得到第二个数字：

2——我们银河中行星系的数量 = 280 000 000 000。

第七章

类日恒星

巨星

按照我们在前一章里所作出的结论，在我们的银河系里有无数个行星系这一事实本身并不意味着到处都有生命存在。

恒星对其周围行星能否起到孵育的作用，要根据其各个不同的情况而定。因此，随之而来的问题就是，考虑这种可能性并且确定（如果可能的话），哪一颗恒星能起这种作用，以及这类恒星大约有多少颗。

假如结果证明这种要求对于恒星实在是太多、太复杂的话，那么这可能就意味着实际上不存在适合这一要求的恒星，所有那些行星系实际也就等于不存在，那就更谈不上地球以外的智慧了。

可是，这种过分的悲观也不必要，我们先指出两点，其中一点是绝对可靠的。

绝对可靠的一点是：我们的太阳是可以孵育生命，因此看来，恒星是可能具有这种功能的。第二点虽然不算完全可靠，但是也相当可信。天文学家都相信，太阳不是一颗太稀罕的恒星。如果太阳是具有这种功能的话，那么许多恒星也都应当具有这种功能。

我们先来提一个问题：恒星各有着怎样的不同呢？

最明显的不同点就是恒星的亮度不一样，当好奇的眼光仰望着夜空的时候，就会认识到这一点。

这种区别当然可以完全归因于距离的不同。假如从一个特定的距离观察，所有的恒星都一样明亮（换句话说，假如亮度都一

样)，那么离我们较近的恒星事实上也就应当比那些离我们较远的恒星看起来更明亮。

等到恒星的距离一旦计算出来（第一个开始这项工作的人是贝塞耳，从 1838 年开始，他在 6 年之后就发现了天狼星的伴星），人们就发现这些表面上的亮度并不完全是由于距离不同。有一些恒星本来就比别的恒星亮。

有一些恒星的质量也比较大，但是质量和亮度总是联系在一起的。正如爱丁顿在本世纪 20 年代所指出的那样，质量大的恒星，其亮度必定也大。质量较大的恒星具有较强的引力场，为了不使自己坍缩，它中心的温度就得更高一些。较高的内温产生出较大的能量，从四面八方向外发散，恒星的表层也就更热更亮了*。

而且，亮度的增长要比质量的增长快得多。假如恒星 A 在质量上是恒星 B 的两倍，那么恒星 A 因为它的引力场更强大，所以也就有更强的坍缩趋势。为了抵抗恒星 A 这种更强大的引力场，这颗恒星的中心必须更热，这种温度要高到足够使恒星 A 的亮度达到恒星 B 的 10 倍。

据现在所知，质量最大的恒星大约相当于太阳质量的 70 倍，但是这些恒星在亮度上却相当于太阳亮度的 600 万倍。另一方面，一颗质量只有太阳 1/16 的恒星（相当于木星质量的 65 倍），它的质量应当刚好能够发出暗淡的红光，亮度只相当于太阳的百万分之一。

在这样一种情况下，对于围绕着小恒星转动的行星来说，将是怎样一种情况呢？

举例来说，假设地球围绕着一颗在质量上相当于太阳 70 倍的恒星运行。

当然，假如地球在围绕太阳运行的同一距离处围绕着这颗巨星运转，那么这颗恒星就会在天空中以相当于太阳 40 倍大的样子出现在我们面前，而且它将放射出相当于太阳 600 万倍的光和热。

* 一颗大质量恒星的辐射能可能很大部分表现为不可见的紫外线，所以对人眼来说，并不象想象中那样明亮。

地球将会成为一个红热的岩石球。

我们能够很容易就想象到，每一颗恒星周围都有一个具有一定厚度的外层空间，使它的行星在这个外层范围内运行时所接受的热量能符合地球的舒适标准。对于一个大恒星来说，这种外层，或称为“生物域”，要比小恒星的厚得多。拿那个相当于太阳 70 倍的巨星来说，这个生物域和它的距离将会有几千亿公里之远。

再假设，地球围绕着这颗 3 660 亿公里以外的巨星运行。这一距离相当于地球与太阳之间距离的 2 450 倍，同时也相当于冥王星与太阳之间距离的 62 倍。这样的一个距离，使地球绕这颗恒星转一周需要 14 500 年。

从这样一个惊人的距离来看，这颗巨星将是极小的，小得以至于看不见，它可能还是象一颗恒星那样闪着光，可是和我们所看到的那些恒星是不一样的。它将是特别亮的，因为它的温度要比太阳高得多（50 000℃对 6 000℃），尽管这颗巨星离我们这样遥远，看起来是这样渺小，它也仍会象太阳对地球那样向远方的行星发射出大量的光和热。

确实，这颗恒星的温度改变了它辐射的性质。我们为地球作过设想，就在这一距离上，这颗恒星会放射出和太阳同样多的能量，但是这颗巨星能量的很大一部分将是紫外线和 X 射线，只有很小一部分才可能是可见光。

人类的眼睛适应于感觉可见光，所以那颗巨星的光看起来就要比太阳光暗淡。另外，大量的紫外线和 X 射线将能致地球上的生命于死地。

也许这还不是最要紧的问题。地球大气使我们免受太阳能量放射的伤害，我们还可以设想地球距离这颗巨星再远一些。那么总放射量的衰减以及被可能较厚的大气所阻挡的结果，就能使行星适合生命的发展，虽然温度比我们所习惯的要低一些。

但是，对于这颗巨星来说，还有一个更关键的问题，这个问题却不是靠调整行星在生物域里的位置或行星大气层所能解决的。

恒星的一生并不总是适合孕育生命的。例如，当它正在原始

星云里浓缩形成时，并不能供给生命所必需的能量。它必须先要浓缩到一定程度——使中心部位发生核燃烧，并且开始辐射光。最后，浓缩达到一个稳定的阶段，辐射也达到一个最高点并保持稳定。

这时，这颗恒星就进入主星序（所以用主星序这个名称，是因为我们能够看到的大约 98% 的恒星都处在这种状态，按照质量从大到小形成一个序列）。

处于主星序阶段，恒星的辐射是稳定而可靠的，可以把它看成像太阳那样起到孕育生命的作用。

可是，恒星的辐射决定于它内核中的氢在核聚变过程中转变成氦时所产生的能量。当大部分的氢被耗尽时，这个辐射过程就开始摇曳不定。内核里积聚起来的氦就使得内核的质量愈来愈大。恒星继续收缩和趋于致密，它的温度上升，使氦聚变成更为复杂的内核。

在这一温度下，这颗恒星变得很热，足以克服自身的牵引力而向外膨胀，虽然在这以前，当它还在主星序过程中时，这种向内的引力和向外的温度张力一直是平衡的。

随着不断的膨胀，恒星离开了主星序，变成体积巨大的恒星。由于这种膨胀，恒星表面的温度降低，变成一种红热，在它现在这种广阔的表面上，辐射量比以前要大得多。这就是一颗红巨星。

恒星一旦离开主星序，随之而来的变化就很狂乱了。这颗红巨星能够继续存在几亿年（这在天文现象中只是很短的一段时期），将余剩的氢耗尽，内核则变得越来越热。最后，当一切可能的核燃料统统用光、中心的核聚变中断，恒星不能再继续顶着它自身的引力而膨胀的时候，于是就发生一场大坍缩。

假如这颗恒星质量相当大，在坍缩前就会先发生灾变性爆炸——产生一颗超新星。恒星的质量愈大，爆炸就越猛烈。星体的残余部分就缩成体积较小、密度却很大的球体。*

这颗恒星离开主星序之后的详细情况，对于生命来说是不相

* 对这问题的详细论述见我的《宇宙黑洞的秘密》一书。

干的。当恒星开始向红巨星阶段变化时，它的总放射量显著地增加。所有原来直接受合适辐射量以形成并维持生命的行星，现在却接受到多得可怕的辐射量。所有存在着的生命都将会被烤死（在特别厉害的情况下，行星本身也会融化甚至气化）。

因此，我们可以指出，作为一条普遍规律——只有当恒星处在主星序阶段，它才可以孵育生命——这也许是不可违反的定律。

幸运的是，恒星能够在主星序中呆上很长一段时间。例如我们的太阳，可以在主星序中呆上 120~130 亿年。尽管它 50 亿年来一直象这个样子在发光，但是作为一颗主序星，它的生命还没到一半*。

一颗在质量上大于太阳的恒星，必定承受着一个更强引力场的内引作用，它的中心温度肯定上升得很高，以此对抗由于引力而产生的收缩力，同时，它肯定会迅速地使氢聚变。可以肯定，比太阳质量大的恒星，它本身所含有的氢就更多些，可是它的聚变速度比起氢的含量来要大很多。

所以，恒星的质量愈大，拥有的氢虽多，消耗却更快，因此它呆在主星序中的时间也就愈短。

一颗在质量上相当于太阳 70 倍的大恒星，必定以一种惊人的速度消耗自己的氢，以此维持膨胀并对抗它本身巨大的引力作用，所以它的主星序中的生命可能只有 500 000 年或者还短一点。这确实就是我们为什么观察不到质量真正很大的恒星的原因。即使形成了巨大的恒星，它们产生的那种温度事实上也会使它们一下子爆炸的。

当然，对于人类说来，甚至 500 000 年也算是一个很长的时期了。有文字记载的人类历史，充其量只有它的 1/100。

但是，智慧生命并不是与地球同时产生的，而是长期进化的结果。假如我们的太阳在地球形成之后只发过 500 000 年的光，然

* 随着年龄的增加，太阳将逐渐变热，等到它到达主星序的最后 10 亿年时，地球上的生命可能就活不下去了。当太阳膨胀成红巨星时，它将吞没水星和金星的轨道，虽然地球将可能还在这个膨胀起来的星球——太阳外面残存，但最多也只不过是个红热的岩石球而已。

后就离开了主星序，那么，是否有时间让哪怕是最简单的原始生命在地球的海洋里形成，也很难说。

根据地球的实际情况推断，行星上的生命要发展到可以出现文明的复杂阶段，大约需要 50 亿年。

当然，对于地球这种事例在宇宙中有多大的典型性，我们还没有把握。可能是由于某种细微的原因，地球上的这种进化完成得极缓慢，而在别的行星上智能的这种发展在时间上要短得多。但反过来说，也可能由于某种细微的原因，地球上的这种进化完成得极为迅速，而在别的行星上智能的这种进化在时间上要长得多。

我们一时还无法知道哪一种说法正确。我们无所依靠，只能按照“折衷的原则”，根据我们对地球情况的了解，来假定这种情况是典型的，但这只是就它的一般性质而言。

因此，我们必须在主星序中呆上 50 亿年，这是文明发展所需要的最低限度。

结论就是：一颗在质量上相当于太阳的 1.4 倍，属于 F2 型的恒星，并在主星序中停留 50 亿年。因此我们可以这样说，只要是质量上超过太阳 1.4 倍的恒星，都不适合孵育生命。在围绕着这样一个质量太大的恒星运转的行星上面，可能确实有生命，但是这种生命利用足够时间来达到一定的复杂程度以产生一种地球以外文明的机会却是小得可以忽略的。

这就是说，我们所看到的天空中的亮星，它们的质量都比太阳大得多（至少绝大多数都是），它们都不适合孵育生命。例如，天狼星在主星序中呆了将近 5 亿年，猎户座 β 只呆了 4 亿年。这些星我们都可以不加考虑。

但是，恰好这些质量大、年龄轻的恒星都是转速快的星体，所以也就不属于我所说的带有行星系的恒星之列。这样，在以后的讨论中，不再提起它们，就有了双重的理由。

小 恒 星

现在，让我们再来解决另一方面的问题，考查一下质量相当于

太阳的 $1/16$ 、亮度相当于太阳百万分之一的恒星（所有在质量上比这小的天体内部可能都不会有核燃烧，所以算不上是真正的恒星）。

质量只有太阳 $1/16$ 的小恒星，却相当于木星（行星）质量的 65 倍，而且密度也要大得多，虽然在体积上可能不会比木星大多少。它的直径可能有 150 000 公里。

下面，我们假定地球距离这样一颗恒星的中心有 300 000 公里，因此在距离它的表层 150 000 公里的高度围绕着它运行。地球将会每 1.1 小时环绕一周。

地球将会从这颗距离非常近的小恒星那里得到象它现在从太阳那里所得到的同样多的能量。从行星上看，这颗小恒星的大小将相当于我们从地球看到的太阳的 3 000 倍，所以这颗小恒星尽管刚刚达到红热的程度，也会因此而弥补它在温度上的欠缺。

可以有把握地说，从这颗小恒星得来的能量和从太阳那里得来的能量，在性质上是有区别的。实际上，这颗小恒星并不放射紫外线，只放射极少量的可见光。它的绝大多数能量都是以红外线的形式表现出来的。

从我们的观点看，这该是多么不方便。用我们自己的肉眼看，所有的东西都象是太暗淡了，在颜色上也是深红得使人不愉快。但是，我们可以想象一下，活在这颗行星上的生命，可能会在视觉上得到发展，可能对红色和红外线很敏感，而且可能把这段光谱看成不同颜色。对这种生命来说，这种光很可能是白色和相当明亮的。

红光和红外线不象可见光谱的其他部分那样强烈，而且黄光、绿光或者是蓝光可能会产生许多化学反应，可是红光和红外线都不能。尽管如此，除了光合作用，生命并不是建立在光化学反应这一基础上的，而光合作用则是靠红光产生的。毫无疑问，我们根本就没有必要硬去想象在这样一个星球上有生命，至少目前不必。

让我们讨论一个新题目吧。

任何物体的引力场强度都与距离的平方成反比。如果距离增加一倍，引力强度就降到原来强度的 $1/4$ ；如果距离增加两倍，引

力强度就降到原来强度的 $1/9$ ，依此类推。

这就影响到月球和地球互相吸引的方式。

月球中心和地球中心之间的平均距离是 384 390 公里。当月球沿着自己的轨道运行的时候，距离稍有变化，但是这并不影响我们的讨论。

地球的各部位与月球的距离并不一样。当地球的中心与月球的中心处在平均距离时，地球正对月球的那一面要近 6 356 公里。正好背对月球的那一面要远 6 356 公里。

这就是说，当地球正对月球的那一面距离月球的中心是 378 034 公里的时候，地球背对月球的另一面距离月球的中心就是 390 746 公里。

如果把地球靠近月球中心的这一面的距离确定为 1 的话，那么地球的另一面的距离就是 1.0336。这点差距，只占与月球总距离的 3.36%，看起来不算多。可是，月球的引力就因为这么一段短短的距离而减弱 $1/1.0336^2$ ，即与靠近的这一面的 1 相比，另一面只有 0.936。

月球对于地球两边的引力差所产生的结果就是，使地球的向月面被拉出，面向月球的一边比它的中心部位更厉害地被拉向月球，而中心部位则又比另一面更厉害地被拉向月球。地球两侧的表面——面向月球的一面和背向月球的一面——都膨胀起来。

这只是小小的膨胀现象，大约半米的样子。可是，地球是转动的，当它把一面转向月球的时候，它的固态物质的每个部分都膨胀起来；当这一面正好对准月球的时候，这种膨胀就达到了最高点；直到它转离月球的时候才平息。当它转向远离月球的那一面时，它的固态物质就又膨胀起来，当它转到恰好背对月球的位置上，这种膨胀就达到另一个高峰，然后再退落。

海水也膨胀，比固态陆地的膨胀度更大。这就是说，当地球转动的时候，陆面通过膨胀较高的海水，于是水就漫上岸来，然后再退下去。这种现象随着海水的两次膨胀而出现，一次是当它面对月球的时候，另一次是背对月球的时候。这就是说，海水沿着海岸

的升落一天发生两次；或者换句话说，一天有两次“潮汐”。

由于引力的不同而导致了潮汐，所以这种现象就被称为潮汐效应。

地球当然也对月球产生潮汐效应。由于月球比地球小，月球的直径是 3 416 公里，而地球的直径是 12 713 公里，所以月球上的引力落差要比地球小。

月球的宽度只有地球与月球之间总距离的 0.90%，所以另一侧面所受到的引力是这一侧面所受引力的 98.2%。因此，月球所受的潮汐效应只是地球所受潮汐效应的 0.29 倍，但是地球的引力场却是月球引力场的 81 倍，因为地球的质量是月球质量的 81 倍。如果我们拿 0.29 乘以 81，就会发现地球对于月球所产生的潮汐效应是月球对地球所产生的潮汐效应的 23.5 倍。

这种差异是否有意义呢？有意义。

当地球转动和膨胀的时候，岩石升降所产生的内部摩擦，以及海水起落所产生的摩擦，都消耗地球自转的部分能量，并且把它变成热量。结果，潮汐的运动使地球的自转减缓。地球的质量很大，它自转的能量当然也很大，所以地球的自转失速也是一个非常慢的过程。一天的长度在每 100 000 年里增加一秒*。

这在人类的时间上并不算长，但是地球已经存在有 50 亿年，而这种每日延长率又是一直不断的，所以至今一天的长度就增加了 50 000 秒，几乎有 14 个小时。当地球刚刚出现的时候，它可能一直是只以 10 个小时或者更少时间在自转，假如潮汐在早期地质时代的作用比现在的作用更重要的话，就更应当是这样的。

地球的潮汐效应对月球的影响又是怎样呢？

月球的质量要小一些，所以很可能一开始的自转能量就较小。而且，月球所受到的潮汐效应是地球的 23.5 倍。对于质量较小的物体来说，潮汐效应愈强，减缓自转的力也就愈大。结果，月球的

* 自转的减缓，意味着角动量的一种丧失，根据角动量守恒定律，这并不是真的丧失。结果是，月球慢慢地越转离地球越远，地一月系统的引力中心也如此。地球所失去的自转角动量，又因为受制于一个更远的引力中心而产生较大摆动获得补偿。

自转周期一直减慢到现在正好与围绕地球一周相等。因而月球总是一面朝向地球，潮汐效应引起的膨胀总在它表面的这一点上发生，因此，这个球体的其他部分不必随着它的转动而涨落，也就不再有减慢的现象了（至少就地球对月球所产生的潮汐效应来说是这样的），而且现在月球的自转周期也已稳定。

潮汐效应的结果是，小的星体将会把它固定的一面朝向它们所环绕运行的大星体（这一点是康德在 1754 年最先提出来的）。不单单是月球只有一面朝向地球，火星的两颗卫星、木星的 5 颗最里面的卫星也都是只有一面朝向火星和木星，如此等等。

既然如此，为什么地球不是固定一面朝向太阳呢？

先分析一下假如月球脱离地球，会产生什么结果。当它离开地球的时候，地球的牵引力就会与这种距离的平方成反比而减弱。另外当它离开地球的时候，月球面地和背地两侧在总距离增大中所形成的比例差也不断缩小。潮汐效应会因为这两个原因而减弱；假如这两个原因都被考虑进去，那就意味着潮汐效应将随着距离的立方而减弱。

太阳的质量是月球的 2 700 万倍。如果太阳和月球距离地球一样远，那么太阳对地球所产生的潮汐效应将是月球对地球所产生的潮汐效应的 2 700 万倍*。可是，太阳与地球的距离是月球与地球距离的 389 倍。太阳的潮汐效应将以 $389 \times 389 \times 389$ 或是 58 860 000 这样的数字减弱。用 2 700 万除以 58 860 000，我们发现太阳对地球的潮汐效应只相当于月球潮汐效应的 0.46 倍。如果月球的潮汐效应到目前为止还不足以很大大地减缓地球的自转周期，那么太阳的潮汐效应肯定也不行。

水星与太阳之间的距离，要比地球与太阳之间的距离近，这可能成为使太阳的潮汐效应得到增加的一种因素。从另一角度来说，水星比地球小，这可能使这种潮汐效应减小。根据这两个因素，就可以看出，太阳对水星所产生的潮汐效应是月球对地球所产生

* 这只是一个假设，因为如果太阳的中心象月球的中心那样靠近地球，地球将会进入太阳里面。

的潮汐效应的 3.77 倍，只相当于地球对月球所产生的潮汐效应的 1/6。

因此，太阳对水星的转速所产生的减缓作用比月球对地球的转速所产生的减缓作用要显著，但是和地球对月球转速的减缓相比，那就相形见绌了。我们可以相信，水星虽然自转得慢，但是没有慢到只把一面朝向太阳。

1890 年，斯基帕雷利（在此以前 13 年他宣布说火星上有运河）承担起观察水星表面的工作。这是一件非常困难的事，因为水星比火星离我们更远；水星常常只露出一个新月状的外形，火星却总是以球面或是近乎球面出现；水星不象火星那样，它常常很接近明亮的太阳，使人们观测的时候未必舒服。尽管如此，斯基帕雷利还是通过水星表面上的那些暗斑作出判断说，它每 88 天旋转一周，而且它只把一面朝向太阳。

1965 年，从地球发射出去的雷达波达到水星表面，然后反射回来。对这一反射波的分析表明，情况完全不是这样。如果它们击到一颗旋转着的星体，这一雷达波的长度就会改变，而且这种改变就会随自转的速度而变化。根据反射回来的雷达波性质，可以看出水星的自转周期是 59 天，也许刚好是它公转周期的 2/3。这种情况是比较稳定的，虽然不象它的自转与公转周期相等那样平衡，但是却已稳定到可以不再因太阳的弱潮汐效应而继续变化的程度。

现在我们可以回到对我们的小恒星作的那种假设上来。假设地球在距离这颗小恒星中心 300 000 公里以外围绕着它转。这一距离只是地球与太阳之间距离的 1/500。所以即使这颗小恒星的质量只有太阳的 1/16，它对地球的潮汐效应也可能是地球对月球的潮汐效应的 150 000 倍。

所以，毫无疑问，如果地球非常靠近某个小恒星，处在它的生物域，这颗恒星强有力的潮汐效应将会使地球的自转减缓，而且早就会使它在形成的初期就把一面永远朝向这颗恒星，而另一面永远背向着它。

在总是朝向恒星的这一面，温度会升高到水的沸点以上。而

在总是背向恒星的那一面，温度会远远降到水的冰点以下。两面都不会有液体水。

人们可以想象，在永远光明和永远黑暗的两个半球的边界线上会有一个“半阴影区”，那里的情况会温和一些。但是，只有当行星的轨道几乎是圆形时，才会有这个“半阴影区”。即使如此，炎热的一面的温度也会过高，从而造成大气的慢慢逃逸，使行星处于无空气状态。所以这个半阴影区仍旧和其它地方一样不能居住。

恒星越大，生物域就离得越远，在这个生物域里的行星所受到的潮汐效应影响就越小。最后，恒星非常之大，潮汐效应就不会再使行星不适于我们所知道的生命地生存。

我们可以估计说，一颗恒星至少得有 $1/3$ 的太阳质量（这说明它至少是 M2 光谱级），它的生物域里的行星才能适于生命。

潮汐效应也不仅仅是小恒星的唯一问题。生物域的大小取决于恒星释放能量的多少。一颗巨大、明亮的恒星会有一个距本身很远而且很宽阔的生物域，比我们整个太阳系的还宽。小恒星的生物域离本身很近，而且很窄。在这样窄的一个生物域里，行星形成的可能性是极小的。

另外，小于 M2 光谱级的恒星常常是“耀斑星”，即它们的表面会周期性地发出特别明亮和炽热的气体。每一颗恒星上都会发生这种情况，包括我们的太阳。不过，在太阳上，这种耀斑只会略为增加它的正常光热，不致对生物有很大影响，而在一颗小恒星上，同样的耀斑却会使其光热增大 50%。在有耀斑的情况下，从小恒星接受一定能量的行星所得到的光热就会大大超过需要。恒星所起的孵化器作用就会太无规律而使生命不能生存。

由于小恒星在潮汐效应、生物域过窄和周期性出现耀斑这三方面都存在不利因素，我们在对地球以外的智慧作进一步讨论时把它们排除在外就更为有理了。

正好合适

质量太大而不适于孵化生命的恒星——即那些大于 F2 光谱

级的恒星——只占全部恒星很小一部分，但那些小于 M2 光谱级而且也不能孵化生命的恒星却不是小部分。小恒星非常普遍。我们银河系里 2/3 以上的小恒星都太小而不适于生命生长。其它星系中的情况可能也是如此。

在 F2 光谱级和 M2 光谱级之间，是从太阳质量 1.4 倍到 0.33 倍的恒星。在这个序列的上端，恒星的寿命勉强强地足够智力的产生，在其下端，行星刚好能逃脱汹涌的潮汐效应的影响。

但在这个序列的中间，就是“类日恒星”。这些恒星在具备其它一些条件后，就适于孵化生命。虽然它们并不占天上恒星的大多数，但它们的数量也不小，银河系的全部恒星中，可能有 25% 的恒星都完全具备象太阳的特性，从而可以孵化生命。

这样，我们便有了第 3 个数字：

3——在我们的银河系里，围绕类日恒星的行星系统总数为 75 000 000 000 个。

第八章

类地行星

双 星

有些恒星看上去和太阳一样，但却不能孵育生命。这些恒星除了质量和光亮外，可能还有一些本身的特性，使得类地行星无法绕它们运行。

比如一颗恒星，表面上看它与太阳完全一样。但是，它身边的伴星不是一颗或一组行星，而是一颗恒星。天空只要有两颗联系密切的恒星同时出现，类地行星就不可能绕其中任何一颗运行。

天文学家是在两个世纪前才意识到双星存在的可能性的。由于我们的太阳没有恒星作伴星，所以，人们一直以为所有的恒星都没有伴星。当初人们发现这些星也是一个个太阳时，他们认为这些都是单星。天空有许多距离很近的恒星，比如北斗柄中间的一颗星——“北斗6”附近有一颗定名为大熊80的暗星。以前，人们一直认为这两颗星都是在地球同一方向、但距地球远近不一的单星。

18世纪80年代，威廉·赫歇尔开始对双星进行系统的研究。他想证实一下，那些他认为较亮的恒星会不会随较暗（较远）的恒星作轻微的、有系统的移动。这种移动可以反映地球绕太阳运行的情况并成为该星的“视差”，从而也就能推知该星的距离。这在赫歇尔以前还从未有人研究过。

赫歇尔的发现证明，这些星之间确实有运动。不过，他并未因此发现“视差”的存在。但是，他倒发现了一些围绕共同引力中心

运行的双星。这些双星是名符其实的，它们受彼此引力作用连在一起，双星因此而得名。

1802年，赫歇尔宣布他已发现了许多这类双星的存在。现在，在宇宙星际中，这种双星早已不是什么新鲜东西了。许多我们熟知的亮星都是双星。如天狼星、御夫座 α 、小犬座 α 、双子座 α 、室女座 α 、天蝎座 α 和半人马座 α 等，都是双星。

实际上，受引力作用连在一起的星也可以不止两颗。例如半人马座 α 双星（即半人马座 α 和 β ）就有一颗遥远的伴星——半人马座C星，它距 α 、 β 两星的引力中心16 000亿公里。一个双星系统还可能受引力作用与另一双星系统连在一起，两个双星系统同时围绕着一个共同引力中心运行。至今人们已发现的双星系统中，星数最多的达5颗甚至6颗。

但是，在这种多星系统中，相对说来，总是两颗两颗比较靠近，远离第三颗星或其它双星系统。

这就是说，如果双星系统中一个子星A周围有一颗行星，这时另一子星B可能距离很近而对这一行星有某种重要的影响。比如在不同时间向该行星发出不同程度的辐射，或是它的引力会使行星轨道发生不规则变化。

另一方面，如果A-B双星有一颗相连的单星或另一双星或两者兼备，那么这些星可能因为距A-B双星太远，也就和其它星没有什么两样，因而对行星上生命的发展不会有特别的影响。

根据本书的主旨，我们还是只谈双星。

双星的存在是不足怪的。

当原始星云聚集成一个行星系统时，其中一颗星会在混乱之中得到足够的质量使自己变成一颗恒星。在我们的太阳系演变过程中，假使木星的质量增加到65倍之多，对太阳来说也算不上什么大损失。太阳的外观不会受到什么影响。但木星自己却已变成了一颗暗淡的“红矮星”，太阳也从此变成这个双星系统的一个子星了。

原始星云还可能在两个中心周围逐渐凝缩成两颗质量几乎相

等的星，每一颗都比太阳小，如天鹅座 61 号双星，或者和太阳差不多，如半人马座双星，又可能都比太阳大，就象御夫座 α 双星那样。

这两颗星的质量不同，他们的历史也可能截然不同。大一点的星可能会离开主星序而膨胀，变成一个红巨星，直到最后爆发。爆发时放出的物质凝缩成一颗小而密度很高的星。小一点的星则仍然留在主星序上。天狼星身边的白矮星伴星就是这样一个爆发过后的高密度残余。小犬座 α 的白矮伴星也是如此。

银河系（或者说整个宇宙）双星的总数是多得令人吃惊的。从双星被发现至今 200 多年以来，对双星进行的估计数字一直在上升。根据目前离我们比较近、便于仔细地观察的星来看，50%至 70%的星都属于各个双星系统。我们不妨取一个中间数，即 60% 的恒星，即类日恒星，都是双星系统的成员。

假如任何一颗象太阳那样的恒星都可能与另一颗任何质量的星组成双星，那么，根据不同质量的星的比例，我们可以把银河系 750 亿颗类日恒星大致分成 4 种：

1. 单星：300 亿（占恒星总数的 40%）。
2. 与小恒星组成双星的星：250 亿（占总数的 33%）。
3. 组成双星群的星：180 亿（占总数的 24%）。
4. 与巨星组成双星的星：20 亿（占总数的 3%）。

难道我们应该把双星系统中的这 450 亿类日恒星都看作不适合孕育生命而撇在一边吗？

当然，我们可以不提那 20 亿颗与巨星组成双星的类日恒星。这些星的伴星早已在这颗星周围的行星上出现智慧之前就变成超新星而爆发了。

那么，其余 430 亿组成双星系统的类日恒星情况又怎样呢？

首先要问，双星系统能有行星围绕吗？

也许，有人会说，如果一团星云凝缩成两颗星，这两颗星收集星际物质的效率应是单独一颗星的效率的两倍。任何可能构成行星的物质，总会被其中一个子星收集，所以结果只能有双星而没有行星。

不过，“天鹅座 61”却是一个例外。人们在 1838 年就已计算出它与地球的距离，目前的数据是 11.1 光年。

我在前面已经讲过，“天鹅座 61”是一个双星。从地球上观察，这个双星系统的 A、B 两星之间的距离为 29 弧秒（大约是满月宽度的 1/64）。

“天鹅座 61”双星中两颗星的体积虽然不象太阳那样大，但外观却与太阳差不多。其中 A 星的质量是太阳质量的 0.6 倍，B 星质量为太阳质量的 0.5 倍；A 星直径约为 95 万公里；B 星直径为 90 万公里，A、B 两星之间的距离为 124 亿公里，稍稍超过太阳与冥王星之间距离的 2 倍，它们围绕引力中心转一圈需要 720 年。

如果地球以其与太阳的距离来环绕“天鹅座 61”中任意一颗子星运行，另一颗星就会变成夜空中一颗时隐时现的亮星，它看上去与普通的星一样，但我们看不到它的日轮。它的辐射将很微弱，所产生的引力阻滞作用也很小。

不难想象，“天鹅座 61”双星很可能各有与太阳系一样广阔的行星系，它们各据一方，互不干扰*。

对于这一点，我们不必完全凭借推测。第一颗被证明有行星存在的恒星就是“天鹅座 61”。根据这个双星系统中 A、B 两星互绕运行时发生的摄动，我们可以断定有第三颗星（即 C 星）的存在。又根据其摄动的程度，人们猜测它是一颗质量约为木星 8 倍的巨大行星。

列宁格勒附近波尔可沃观察站的天文学家曾对“天鹅座 61”进行了细致的研究，计算出了摄动的不规则性，并于 1977 年提出了三星同时存在的可能性。他们认为，A 星有两颗大行星，其中一颗的质量是木星的 6 倍，另一颗的质量达木星的 12 倍；而 B 星只有一颗行星，其质量为木星的 7 倍。

当然，这只是些很肤浅的观察。“天鹅座 61”运动的细微变化

* 可以肯定，如果地球与“天鹅座 61”双星的距离象它与太阳的距离一样，那么，地球上将永远处于冰期。反之，如果这距离等于金星到太阳的距离，那么地球上的气温将是宜人的。

很不易被察觉到，人们很容易把由于测量上和理解上的细小偏差当成是双星运动的变化。

不过，在没有什么更新的见解之前，我们可以这样说，一个双星系统中的两颗星（都是类日恒星）都具有自己的行星，至少是巨大的行星。既然有巨大行星，就可能还有许许多多小行星、卫星、流星或彗星，只不过这些星太小，看不出它们对摄动的影响罢了。

当然，有一些双星系统中两星之间距离比“天鹅座 61”两星之间的距离还要近。

我们可以来看看半人马座双星。其中 A 星的质量是太阳的 1.08 倍，B 星的质量则是太阳的 0.87 倍。A、B 两星之间平均距离为 35 亿公里。它们围绕引力中心在椭圆形轨道上运行，有时彼此离得很近，有时又很远；最近时为 17 亿公里，最远时为 53 亿公里。

假设半人马座 B 星以它绕 A 星的同样方式绕太阳运转，那么，B 星就会顺着—个椭圆的轨道运行，离太阳最远处可到海王星轨道，最近处可在土星轨道。

在这种情况下，A、B 两星都不会有象太阳系那样广阔的行星系。A、B 星周围那些与木星或其它大行星一样的行星，将会受 A、B 两星之一的影响而具有不稳定的轨道。

不过，内行星系仍然可能存在。要是半人马座 B 星象绕 A 星那样绕太阳运转，那么，闭着眼从地球上就很难感觉出其中的差异。半人马座 B 星将是天空中一颗明亮的星，它离地球最近时的光度可比满月光度大 5 000 倍，但只是太阳的 1/100。根据它在轨道上不同的位置，它可以给人类增加 0.1%至 1%的热量。这点热量不会使我们感觉什么不便，而且它的引力也不会对地球的轨道有什么太大的影响。

半人马座 B 星也可能会有自己的内行星系统。行星在它的生物域里运行时（生物域和 B 星的距离当然要比 A 星或太阳和各自生物域的距离近些），不会太受那颗较大的伴星 A 的干扰。

以“天鹅座 61”双星为例。“天鹅座 61”A、B 两星都可能有我

们所说的那种生物域。类地行星在这个生物域运行时不会受到其伴星的辐射或引力影响。

美国海军观察站的哈林顿 1978 年报道了用高速计算机研究双星轨道的结果。

如果某一双星系统中有一颗类日恒星，如果这颗恒星与另一子星的距离至少是它与自己生物域距离的 3.5 倍，那么，这个生物域就是有用的。对于我们的太阳系来说，就是可以在与木星距离相同的地方有一颗伴星，而地球仍不受其引力影响。如果这颗伴星比半人马座中的 B 星暗淡，则对地球就不会有很大的辐射影响。

有些双星中两颗星之间的距离比“半人马座”双星中两星的距离还要小，比如御夫座 α 双星之间的距离只有 0.84 亿公里，比金星到太阳的距离还近些。

这种双星中的任何一颗星都不会有太阳系那样的行星系。其中一颗星的轨道会受另一星的引力影响而不稳定。

但是，只要一颗行星与双星之间有充分的距离，这颗行星就不会去绕当中某一颗子星运行，而是会绕这两颗子星共同引力中心运行，犹如绕一个哑铃形物体运行一样。

哈林顿算出，如果一颗行星与双星引力中心的距离至少等于双星本身距离的 3.5 倍，它便可以在轨道上平稳地运行。比如对御夫座 α 双星来说，如果一颗行星想保持一个平稳的轨道，就必须与该双星的引力中心保持至少 3 亿公里的距离。

在那些两颗星离得很近的双星中，两星的总光度如果合适的话，行星的轨道也可能处在这两颗星共有的生物域里。这又是一个双星系统可以具有有用生物域的方式。

还有许多相互环绕运行的双星，它们之间的距离太近，就连最精密的天文望远镜也分不出来。它们的存在是用分光镜测知的，光谱的黑线条化双，合一，化双，合一，不断交替进行。

对这种现象的最简单解释就是：有两颗离得很近并且彼此环绕运行的星，其中一颗在离我们而去时，另一颗则在向我们而来。在这个过程中，其中一颗星会产生红移现象，而另一颗则产生紫移

现象，所以黑线看上去会化双。这道理就和恒星在自转时黑线条会变粗一样。两颗星互相围绕运行比单星的自转要快，所以单星自转时，其黑线不仅变粗，甚至最终会分开成为两条线。

北斗 6 就是第一颗被发现的“分光双星”。那是在 1889 年。美国天文学家皮克林 (1846~1919) 发现了北斗 6 的光谱线的化双现象。其实，北斗 6 两星之间的距离有 1.64 亿公里，比御夫座 α 两星的距离还大些。用望远镜之所以看不出北斗 6 是两颗星，是因为它们离我们太远了。

有些分光双星中的两颗星的距离比北斗 6 两星距离要近得多。其中有的只相距 100 万公里，几乎碰在一起了。它们绕引力中心转一周只需几个小时。

如果用两颗星来取代太阳，其中每一颗都是太阳光度的 $1/2$ ，两星相距小于 0.427 亿公里——即比太阳到水星的距离还小——那么，地球仍旧可以平稳地在自己轨道上运行。而其它与水星和金星远近距离一样的行星却不能。

当然，在这种情况下，这两颗星的质量总和会比太阳的质量大，地球公转的周期就会大大低于一年。另外，在两星之间的距离不断变化的情况下，地球上会出现比现在更复杂的四季变化。不过，这两种因素都不至于使地球不适于生命。

那么，银河系有多少类日恒星有有用的生物域呢？

我们不妨先假设，所有象太阳的单星都有，那么，就是 300 亿颗。

所谓双星系，并不包括那些有巨星作伴星的星（也不包括那些由巨星爆炸的残骸压缩、聚集而成的又小又密的星）。

至于那 180 亿颗与另一颗类日恒星形成双星的恒星，我们可以先作一个比较保守的估计：假定他们当中只有 $1/3$ 有有用的生物域，即 60 亿颗。我认为（仅属猜测），由两颗类日恒星组成的双星系有 40 亿对，其中只有稍大的一颗星有有用的生物域；这类双星系中，还有 100 万对，其中两颗星都有有用的生物域。

最后，我们再来看看那些由一颗类日恒星和另一颗小恒星组

成的双星系。据估计，银河系共有 250 亿颗这样的星。不管是在引力方面还是在辐射方面，小恒星对行星系统的干扰程度都远不如较大的恒星。我们可以再作一个保守的估计：2/3 的类日恒星都有有用的生物域，即约 160 亿颗。

现在，我们可以得出第 4 个数字：

4——银河系具有有用生物域的类日恒星有 520 亿颗。

恒星族类

至此，我们的计算还没有结束。有的类日恒星即使有一个有用的生物域，却并不一定有一颗类地行星在运行。实际上，各星之间的差别不仅仅表现在质量、亮度和相互关系上，它们的化学组成也是大不一样的。

150 亿年前，当宇宙初次形成时，物质好象一下从一个炸开的质量中心扩散出来。开始只是些化学成份极简单的物质，如氢气及少量的氦，几乎没有什么重元素。

这些原始物质弥漫于整个宇宙之中。然后又分裂成一些扰动的气团，每一团都是一个星系的雏形，从此形成所有恒星。

如果我们集中看某一个将形成星系的气团，我们将发现它的中心比外围的密度要大得多。在中心区域，气体均匀地分散成许多与恒星一样大小的质量，它们互相拥挤在一起，相互之间不能获得外加质量。这样，就形成了成千上万颗数不清的恒星。这些星每一颗都很小或中等，没有一颗是巨星。而且，所有的气体不是被一颗星占有，就是被另一颗星独揽，整个星际几乎完全处于无气状态。

这些星具有星系中心区域的特点，被称作二等星族。

在中心以外不远的区域里，由于气体稀少，不可能稳定地不断地形成星群。不过，气体会分裂成几百个小的浓缩漩涡，每一个漩涡中又产生出一组密集的星团，其数量可达 1 万或 100 万个。这样，就形成了“球状星团”。这些“球状星团”成球形排列在银河中心周围，也没有星际尘埃。它们的每一颗星在本质上也属二等星族。

我们不能忘记，二等星族是以氢为主加上少量氦气组成的。它们周围的行星系也应该是由同样化学结构的行星组成。这些行星在组成上应该与木星或土星一样，但却缺少木星与土星所具有的混合冰——水、氨、甲烷等。

这些行星系中不可能有小型的行星，因为体积小的行星没有足够的引力来控制仅有的氢、氦气体。

也不会有生命的存在。因为生命离不开氮、氧、碳和硫磺这类的元素，而这些元素在二等星族的行星系中数量很少。

当然，随着时间的推移，重元素也会形成。二等星族在燃烧几十亿年之后，各种重元素便在聚变反应的中心形成，其中特别包括一些生命所需的元素。

不过，如果这些重元素始终留在核心，就不会对生命的形成有什么帮助。

每颗恒星终将脱离主星序，膨胀，然后分裂。如果这只是一颗比太阳稍大的星，分裂时就不会伴有爆炸现象，只不过产生一颗白矮星。但在这个过程中会有 1/5 的质量留下来，在白矮星周围形成一团气云。这就是我们所说的行星星云。膨胀着的气体慢慢地散入太空，直到变得十分稀薄，不能再被看见，于是只剩下一颗白矮星。

如果星的质量大于太阳质量的 1.4 倍，分裂时就会有爆炸现象。星体越大，爆炸就越猛烈。这种爆炸会将一颗星的 9/10 质量象一股气流似的喷射到太空里去。

不管是行星星云还是超新星散射入太空的气体，都包含着百分比很高的复杂元素。尤其是在超新星爆炸过程中，的确会有一些复杂的元素产生。这些元素在该星处于主星序阶段时还没有形成。当时只有铁元素。而在相对说来较短的超新星爆炸时期，铀甚至更稀有的元素也会形成。

不过，二等星族中的恒星都不很大。而且，由于它们本身就含有百分比很高的氢气，它们在主星序阶段停留的时间很长。从宇宙大爆炸至今已有 150 亿年的时间，但几乎所有的星至今仍然停

留在主星序阶段，那些重元素也仍然被禁锢在核星。

这一切似乎说明，星系中心是一个宁静、平安无事的世界。可是，这个结论并不正确。

1963年，人们发现了类星体。它们看上去很象星。开始人们把它们错当作我们银河系的暗星。后来人们才发现，它们和我们的距离在10亿光年以外，比任何一个可见的星系都远。类星体离我们这么远，我们却仍可以看得到的，这说明它们的亮度至少等于100个普通星系。但与那些直径达几千光年的普通星系相比，类星体体积根本算不了什么，它们的跨度顶多只有1、2光年。

这些迹象似乎说明，类星体是一些很亮的星系中心，它们的外围结构当然也和一个普通星系一样，只是由于离我们太远，所以只能看到它明亮的中心。

那么，星系中心为什么会有这么强的光呢？

星系中心好象经常是猛烈变化的发生地。这里有爆炸，有从中心两端散发的大量无线电波，就象从爆炸中心向四面喷射物质一样。

所有的星系中心都很亮，有的格外亮。当星系越来越远时，我们只能看到那些明亮的星系中心的最亮部分，即类星体。

为什么这些宁静的二等星族竟具有这么大的威力呢？

如果没有外界干扰，就不会有任何事发生。但问题是有外界干扰。在拥挤的星系中心，星的数目比我们所处的外围多100万倍。这些星之间的平均距离只有700亿公里，只是太阳与冥王星之间距离的10倍。

在这样一个拥挤不堪的星球世界，直接碰撞与接近碰撞总是免不了的。质量的转移或获得都可以形成质量很大的星。这些星很快就会爆炸，引起一系列反应，形成黑洞。黑洞是物质密度达到极点的结果（见我的另一本书《宇宙黑洞的秘密》）。

黑洞是密度达到极点的物质，它的表面是一个引力很强的磁场，能把所有的物质都吸住，连光也逃脱不掉。

如果黑洞是在各种物质的包围之中形成的（比如在星系中

心)，那么，这些物质就会不断盘旋进入黑洞，同时释放 X 光和其它辐射能（这种辐射其实在物质进入黑洞之前就已经释放出来，所以它才可能跑到外太空去）。黑洞不断地获得质量，逐渐变大，直到能将整个星球吞灭。

我们的银河系中心有一个很强的辐射源，那里就很可能有一个黑洞。它的质量可达 1 亿颗恒星的质量总和。据 1978 年的消息报导，M87 巨大星系中心可能有一个黑洞，它的质量可达 100 亿颗恒星的总和。甚至每一个星系和球状星团内都可能存在黑洞。

星系中心的猛烈爆炸会产生很多复杂元素的原子，并扩散到空间去。但这又有什么用处呢？这种爆炸释放出大量辐射能，也许就是这个理由使得周围许多光年之内都不可能有我们所谓的生命存在。

由于化学组成和辐射能，二等星族区内无疑地是不适合生命存在的。

再假设我们来到中心爆炸和辐射所不能及的外围区域。

这里，原始气体相对稀薄，而且分布得很不规则。由于这个原因，在星系中心不可能形成的巨星，却能在这里正常形成，并有一定数目（当然，也会有各种中、小星形成）。

星系外围的恒星，包括许多巨星，广泛而又不均匀地分布在比星系中心大得多的空间。这就是一等星族*。不过，星系外围的气体非常稀薄，极不易凝缩。因此，星系外围的一等星族区至今仍有许多气云和尘云存在。

最初的一等星族，和二等星族的星一样，全部是由氢和氦构成，但有一点不同：

在星系外围形成的巨星并不能长期留在主星序阶段。特大巨星顶多能停留几十万年，稍小的几百万年，一般巨星则有 10 亿年。

* 由于我们在银河系中所处的位置就是由这类恒星组成，所以才得了一等星族之名。

巨星离开主星序后，就开始膨胀，然后崩溃，爆炸成许多威力无比的超新星。在这个过程中，大量的气体连同大量复杂元素一起被卷入空间，与那里的尚未凝聚的气云混成一团。

星系外围区域经常有这种爆发现象。但这里恒星分布稀疏，因此除与最接近的星有关（最多如此）外，超新星对恒星的影响并不很大。

银河系诞生以来，外围区域已发生过近 5 亿次超新星爆发。这些爆发在空间留下了大量复杂元素，并使那里原有的气云和星云变得更稠密。超新星的向外冲力还会在周围气体内引起涡漩和收缩，从而形成一颗或大群新星。

新形成的星是由超新星灭亡时放出的元素的气云组成的，它们被称作“第二代恒星”。我们的太阳就是一颗这样的星。太阳在 50 亿年前形成时，银河系已有 100 亿年高龄了，在这之前已有许多亿颗星先后死亡。

形成第二代恒星的星云中含有能产生冰块、岩石和金属的元素，这些元素能形成和我们的太阳系一样的行星系。

如果我们想寻找和太阳一样能孵育生命的恒星，我们就必须排除二等星族甚至一等星族中的许多恒星，而只考虑二等星族中的第二代恒星。

二等星族只存在于整个星系的很小一部分范围里，即中心密集区域和几乎同样密集的球状星团内。外围区域的广大空间都是一等星族的天下。

不过，这只是听上去惊人。事实上，一个星系中约有 80% 恒星是处于密集的中心区域或球状星团之中。

而且，余下的 20% 二等星族之中只有一半星是第二代恒星，换句话说，具有有用生物域类日恒星中，只有 10% 是第二代恒星，只有它们周围才有可能有类地行星在运行。

这样，我们就有了第 5 个数字。

5——银河系中，属于一等星族并且具有有用生物域的第二代类日恒星的数目是 52 亿颗。

生物域

即使有一颗与太阳完全一样能孵育生命的恒星，仍不足以解决问题。我们还需要有被孵育对象，即一颗围绕这颗恒星运行的行星，以便生命能借助恒星的适宜光热发展。

当然，我们已假定每一颗恒星实际上都有自己的行星系，所以整个银河系共有 52 亿颗一等星族第二代类日恒星有自己的行星。可是这些星都在哪里呢？

有的星能成为绝妙的孵育器，但它的一些行星可能离它太近，造成温度过高，生命不能生存；而另一些行星则可能又离它太远，温度过低，也不会有生命存在。也很可能这颗恒星的生物域里（在这范围内可容许液态水存在）根本没有一颗行星。

那么，在什么情况下，一颗恒星的生物域里才可能有哪怕至少一颗行星呢？

不巧的是，能使我们详细了解的行星系只有太阳系，这使我们的判断很难进行。到目前为止，我们还没有任何别的办法去更多地了解其它行星系的情况。我们发现的几颗围绕附近恒星运行的行星，又都是和木星一样大小，甚至更大。

目前我们发现的行星只有这几颗大的，但这费了不少力气得到的结果也不是肯定的。至于这样的恒星的生物域中是否还有别的行星，它们比较靠近恒星而且又小如地球，就更不得而知了。

我们还是只能再谈谈我们自己的行星系。我们的行星系也许是一个不典型和特异的结构，根本说明不了什么问题。不过，我们可以运用一下折衷原理，假设我们的行星系是一个典型的行星系，假设可以从它入手。

这并不完全是偏见或妄想。美国天文学家多尔运用计算机对行星系进行了检验。他从具有一定质量和密度的，即可作太阳系起源的气体尘埃云着手，研究了不规则运动、碰撞聚集和引力效应等等所需的条件，然后由计算机处理得出结果。

计算机给出了各种不规则变化的结果：每次计算都表明有一

个和我们的行星系一样的行星系形成。这些行星系中少则 7 颗星，多则 14 颗，靠近太阳的是一些小行星，稍远些是大行星，最后又是小行星，几乎在每一个行星系中，都有一颗质量象地球、与地球到太阳之间距离同样的行星，或者质量象木星、距离与木星到太阳的距离相等的一些星，等等。

其实，如果把太阳系的图解与计算机算出的各种模拟混在一起，根本分不出其中的差异。

当然，计算机算出的结果不一定有多大的价值，不过，至少在这一点上，它们能给折中的原则增加几分真实的色彩。

如果把我们的行星系当作一个典型来研究，我们会发现这些行星几乎是在圆形的宽阔的轨道上运转，每一颗星的轨道不会与其它任何内外行星的轨道发生重迭现象。

这种说法颇有道理。因为从长期观点看，两个彼此离得太近的轨道会变得不稳定。由于各种碰撞和相互引力作用，各行星肯定会在行星系的早期阶段就相互推挤分开。

这说明，在类日恒星的生物域里，不可能有很多行星同时存在。生物域根本容不下那么多的行星。我们不妨主观猜测一下，一旦行星互相推挤分开，生物域里就会只剩下一颗孤零零的行星。如果把地球和月球当作一个双星来看，那就是剩下两颗星。

用这个观点来看我们的行星系会如何呢？

比如，地球肯定是在太阳的生物域内，否则就没有你我了。

就在十几年前，人们还一直以为生物域起码有 1 亿公里宽，因为他们一直认为，虽然金星过热，火星过冷，倒还都不至于没有生命存在。

其实不然。金星由于失控温室效应的影响，温度太高，根本不能有生命；火星却又可能是常年冰冻，也不会有生命。在这两个行星上，一反往常的可能性都是很小的。

如果是这样的话，太阳的生物域就应该比我们想象的窄得多。1978 年，美国国家航空和宇宙航行局的哈特用计算机模拟地球的历史。如果他开始的设想是正确的，而且他的计算程序也是正确

的话，那么地球曾经险险乎逃过了一次失控的温室效应和一次失控冰期。地球只要离太阳再近些，也早就成了牺牲品。按照哈特的数字所示，太阳的生物域宽度只有 1 000 万公里，地球正好在这个生物域里则完全是一个偶然的巧合。

如果太阳的生物域相当宽（哪怕不一定能容得下金星或火星），那么，根据多尔的行星系模拟计算，那里就一定会行星存在。其概率为 1.0。

另外，如果哈特对地球历史的模拟是准确的，那么太阳的生物域里就不可能有行星。太阳附近的所有行星都将变成象金星或火星一样，只在纯属偶然的情况下才会有类地行星的形成。这时，行星形成的概率就几乎是 0.0。

当然，多尔的模拟仅仅是一种新的尝试，尚很不成熟。我们绝不能对其太乐观或太悲观。最好的办法是取一个折中数字，假设太阳生物域里有行星存在的概率为 0.5。

那么就有了第 6 个数字：

6——银河系中，属于一等星族的第二代恒星并在其有用的生物域中有一颗行星运行的数目是 26 亿颗。

可居住性

即使某一颗行星处在生物域中，它也不一定就适于生命居住。

我们只需看看太阳系就可以证实这一点。在太阳系的所有行星中，地球是唯一的一颗在恒星的生物域内运行的行星。但是，“行星”的定义往往使我们忽视了生物域内存在两个星球的可能性。

严格地讲，月球并不是一颗行星。这是因为月球是围绕地球运行的（或者说与地球一样，它是围绕地球——月球的引力中心运行的）。但月球是一个星球。而且，它和地球一样，很稳定地呆在生物域里。尽管如此，月球上也不能居住生命*。

* 我们判断一个星球是否可以居住生命，是看这个星球上是否能独立发展和保持生命。即使将来人类能在月球上居住下来，那也是因为人的才智和技术的成果，而不是因为月球有什么可居住性。

很清楚，月球不能居住的原因是因为月球的质量太小。正是因为质量太小，月球保不住空气或水份。那么，行星的质量应该多大呢？

我在谈到二等星族时已讲过，组成行星的唯一物质就是氢气和氦气。一等星族中的行星似乎都是象天王星这样的巨星，或者比天王星还大的行星。小于天王星的行星没有足够的引力强度来保住氢气和氦气。

我们认为，只有一等星族中的恒星才可以孵育生命。在这些恒星的范围内，构成星体的物质除了氢和氦以外，还有金属、岩石和冰。同样，这里也只有那些巨大的行星才能利用氢和氦。正是由于这一点，它们才成为巨大的行星。

不过，一等星族中也有些由金属、岩石和冰组成的较小的星体，因为这些金属、岩石和冰并不是依靠引力，而是依靠其它的力量凝聚在一起的。

这些小星体倒底能有多大呢？

它们并不太大。因为即使是一等星族的第二代恒星，除了氢、氦以外，别的物质的数量也很少，不可能形成什么较大星体。如果可能，它们就会聚集起一定的氦和氢而变成巨大的星球。

多尔对行星形成的模拟研究相当清楚地表明：在类日恒星的生物域里，行星如果不是硕大无朋，它的体积就会相当小。

非巨型的小行星倒底能有多大呢？

如果不算太阳系的4大行星（当然也不包括太阳），那么地球就是最大的了。

地球的质量恐怕也已接近于一颗非氢非巨型行星所能达到的最大质量。

如果其它条件具备，那么一颗体积略大于地球的行星当然也可以居住。质量大必然导致大引力场，使星球表面的重力加强。但生命并不一定不能适应较大的表面重力。

地球上的生命，说到底，也是先在海洋里演化的。海水的浮力使得海里的引力影响很小。然后生命体离开水，来到引力很大的

陆地上。它们不仅学会了如何对付引力，而且居然在引力影响下仍能迅速移动。既然生命在我们这个可以详加考察的地球上有着惊人的适应性，那么较此略强的表面重力肯定也不会阻碍生命。

同样，如果一个星球质量比地球大，但密度比地球小，其表面到中心的距离较远，是习惯于地球条件的人类所不能想象的，但同时这个星球的表面重力也不会比地球高，甚至可能更低些。

至此，我们可以下结论说：如果一颗恒星在其生物域中的热量足以阻止住氢和氦的聚集，那么质量过大不适于生命的行星就不会形成。

但是，质量不太大的星球总是要形成的。比如说月亮。但什么是质量不够大呢？

要使生命存在，星球必须有相当大的体积，以产生足够的引力场来控制一定的大气——倒不一定都是为了大气本身，而是只有大气能使星球表面保持游离水。

太阳系里正好有 4 颗非巨型星球：地球、金星、火星和土卫 6，它们都有相当的大气层。

质量为地球 0.82 倍的金星的大气比地球大气要稠密得多（但由于其它原因，金星不适于居住）。火星的质量是地球质量的 0.11 倍。它虽有相当的大气层，但由于仍太稀薄，除了可能维持一些极其简单的生命形式以外，其他都谈不上。质量为地球质量的 0.02 倍的土卫 6 的大气层可能比火星的可观些，但是，土卫 6 所以能存在，完全是因为它远在生物域之外的缘故。

在生物域内，一颗小于地球的星球可以维持适量的大气，但是这个星球必须大于火星。比如说，这个星球的质量必须是地球质量的 0.4 倍。

在太阳的生物域中或附近，一共有 4 颗相当大的星球：地球、金星、火星、月球（当然，还有一些不起眼的星，如火星的两颗卫星，时隐时现的彗星和流星。但这些微不足道的星体都可忽略不计）。在这 4 颗较大星球中，地球和金星的质量远远不止 0.4 倍，但火星和月球远远不足 0.4 倍。

如果我们根据折衷的原理，把这看作整个宇宙的标准情况，那就可以得出一个结论：在适当恒星的适当生物域内或附近，只有一半的星球具有可居住生命的质量。

生物域里的星球如果有适当的质量，就自然会产生许多和地球同样的特性。比如：这个星体的温度也会高到能使大量的冰冻物不能保持固体状态。一旦它们仍变成了液体或气体，这个星球的引力就不足以控制它们。因此，生物域内具有适当质量的星体与内太阳系所有星球一样，主要都是由岩石或岩石和金属组成的。

在温度到达最高点时，冰冻物会溶化并沸腾。水是最普通的物质，最易与岩质结合。水是一定程度上最容易保持冰冻状态的物质。因此，生物域内具有适当质量的星球表面经常有大量气态、液态和固态水存在，有时，星球表面至少还有部分海洋。

简而言之，生物域内具有一定质量的星球的特性将是“地球式”的。

如果生物域内每两个星球中就有一个是类地行星，那么，我们便有了第7个数字：

7——银河系内具有有用生物域并有一颗类地行星在此空间运行的一等星族第二代恒星共有13亿颗。

从温度和结构来看，就是类地行星也会因为各种次要的理由不能居住。比如，如果它的环境条件有极端剧烈的变化时，就很可能难以维持生命。

如果一颗行星与太阳的平均距离是在生物域的正中，但实际轨道并非以太阳为中心，那么，在轨道的一端，这颗行星会飞向太阳，进入生物域的内缘以内，而轨道的另一端则远离太阳，一直退出生物域的外缘以外，这种行星的夏天将极为短暂并热得难以相信，海水会因此沸腾，而冬天则漫长，冷得难以相信，海水会因此冰冻。

也许生命能够战胜这些极端而得以发展，但这种机会似乎很小。

另外一个极端情况是，如果行星的自转轴过于倾斜（对比于公转平面而言），也会影响生命的形成。行星的主要部分就会出现半年阳光明媚，半年一片黑暗。

行星自转的速度如果很慢，昼和夜都相应变长，不必要的温差也会出现。

当行星的质量稍稍偏大时，它就可能聚集大量的水，使其海洋遍布全球，几乎无一寸干燥之地。这样的行星上即使有生命，也不会有技术的发展。而我们所寻找的不单单是生命，还有技术。

反之，如果行星的质量稍稍偏小时，上面就不可能有什么水，整个星球将是一片沙漠，生命只可能发展到一定的程度，远不够复杂。

有时，大气会出现各种不正常现象而过多地阻挡阳光，或过少地阻挡紫外线辐射。地壳也可能出现不正常而导致过多的火山爆发或地震，附近空间会出现异常情况，过强的陨星碰撞会给生命的生存造成很大困难。

也许所有这些现象都不会发生。太阳系所有的行星中，毕竟只有水星和冥王星这两颗星的轨道是明显的椭圆形，只有天王星会产生严重的轴倾斜，旋转周期极慢的也只有水星和冥王星。

尽管每个这样的不完美情况本身不一定出现，而且可能只影响 1/10 的类地行星，甚至更少，但所有的不完美情况加起来就成了一个可观的数字。

我们可以凭直觉假设每两颗类地行星中只有一颗在主要方面很象地球，这颗星有自己的一定长短的昼与夜，有温差适宜的四季，大小合适，既不过分辽阔也不过分狭小的海洋，还有地质上既不过分活跃又不过分死寂，等等。

我们可以称这样的行星是“完全的类地行星”，或干脆就是“可居住行星”。我们不必要再去具体说明我们指的是类日恒星，还是一等星族的第二代恒星，或生物域。仅是“可居住”三个字就足以说明问题了。

所以，如果每两颗类地行星中有一颗是可居住的，我们就有了

第 8 个数字：

8——银河系可居住行星有 6.5 亿颗。

听上去这个数字很可观，而且确实也如此。但是，它也反映出我们在计算当中的保守。按这个数字，银河系每 460 颗恒星中只有一颗拥有一个可居住行星。这个数字甚至比一些天文学家的估计还小。美国天文学家萨根是调查地球以外智慧的可能性的主要人物之一，他认为银河系可居住行星的数量可达 10 亿之多。

第九章

生命

自然发生

根据严格的逻辑推理和目前最好的证据（但愿是这样），我们算出，银河系可居住行星的总数竟达到惊人的 6.5 亿颗。那么，整个宇宙就应该有 200 亿亿颗可居住行星。但我们必须根据本书的宗旨来考虑这些可居住行星的价值。如果没有生命，行星的可居住性将毫无用处。

如果我们找不出充足的理由来说明可居住行星上生命存在的可能性，就谈不上去对地球以外的智慧发展作什么探讨。

为此，我们必须再回过头来看看我们已知的行星，即我们确知有生命存在的行星，也就是地球。换句话说，要想对可居住行星上生命的发展有一个中肯的估计，我们必须弄清地球上的生命是怎样形成的。

早先，人们一直认为地球上生命的创造与自然毫无关系，生命只不过是某个神或半神创造的。在西方，最为人熟知的一个传统说法是：人类与整个宇宙一样，都是在神的一系列作为下产生的。

世界的创造是在 6 天里完成的。第一天上帝创造了光；第二天创造了大地、海洋；第三天创造了植物生命；第四天创造了各种天体；第五天创造了海中、空中的动物生命，第六天创造了陆地动物生命，人类便是在这最后的第六天创造的。

生命被分成三天创造，说明早先人们认为生命的形成，各有其

独立的物种（用钦定英文圣经的话来说，就是“各传其种”）。大概当时的这些物种一直流传到现今。有些人相信，从最初创造之后，没有新添什么物种，也没有减少什么物种。

至于说到创世的时间，圣经上没有确切的说明，因为人们只是许多年代后才在历史著作中习惯于使用准确无误的纪年法。根据圣经中的一些文字来推断，世界的创造仅是几千年前的事。通常，在钦定圣经的一些标题里，一直把这个日期精确定为公元前4004年，这是爱尔兰神学家詹姆斯·厄歇尔（1581~1656）算出来的。

虽然早先的人认为世界（或其它世界）的创造可能是一次完成的，但他们却常常觉得生命的创造并不一定如此。

这种想法颇有道理。人类在其历史进程中虽然没有看见过什么星球的创造，但却的确好象看见了独立于原始生物之外的生命的创造。

田鼠在麦堆中掘洞造穴，在洞里垫上偷来的羊毛。一个农民偶然发现了老鼠洞，看见里面有几只小而无毛、眼睛还未睁开的幼鼠，而母鼠则已经逃跑了。这个农民很自然地就会说：他看到了从发霉的麦子和腐烂的羊毛中生出老鼠来。

把一块肉放臭后，蛆虫便开始在上面出现，青蛙好象也是从河泥里长出来的。

如果认为害虫之类的物种是这样起源的，那么所有的生物也都可能是这样产生的；不过对那些较大、较复杂的动物如马、狮子或人类来说，这样的观点就好象不是那么容易接受了。

胆子大一点的话，我们还可以把《创世纪》中的故事完全当作无稽之谈，而把无生命诞生有生命的“自然发生”看成是生命最原始的开端。这些物种经过由简到繁的形成过程，最后当然也就发展成为人类。

如果用这一点去看可居住行星，我们发现这些行星上也同样会有生命的形成。所有的可居住行星上都会有生命。

当然，这样说得有一个前提，即自然发生学说可以经得起周密

的检验——可是问题却在于它经不起检验。

自然发生学说的第一个缺口是意大利物理学家雷迪（1626～1697）在1668年打开的。雷迪发现腐烂的肉不但会产生苍蝇，而且还招引苍蝇。他怀疑先前的苍蝇和后来的苍蝇之间是否有什么联系，于是就进行了试验。

雷迪把肉装在小容器里，让它变质腐烂。有几个容器的口上没有盖任何东西，其它的几个则遮上了一层纱布。苍蝇纷纷飞来，但它们只能在那几个没有遮纱布的肉上停落。这些肉很快就长出了蛆。盖着纱布的肉则没有生蛆，虽然也同样很快地变质并发臭。

雷迪的试验清楚地表明，蛆（以及后来的苍蝇）是从苍蝇在腐坏的肉上产下的卵中生出来的，并不存在什么自然发生的苍蝇，只有按照正常的过程从卵（或种子）中生出来的苍蝇。

就在雷迪做实验的同时，另一位荷兰生物学家洛文霍克（1632～1723）正热衷于他的业余爱好——磨镜片（其实那就是最早的显微镜）。用这种镜片，他可以把小的东西放大，以便于观察。

1675年，洛文霍克发现脏水沟里有许多肉眼看不到的活物。这些活物便是第一批被发现的微生物，现在被人们称为“原生动物”。1680年，洛文霍克发现酵母是由比多数原生动物还要小的活物组成的。1683年，他又发现了更小的活物，即细菌。

这些微生物是从哪里来的呢？

为了让微生物繁殖，人们利用肉汤作实验。他们发现，并不需要把微生物放到肉汤里去寻找微生物。他们把肉汤煮沸、过滤，直到最后在显微镜下什么微生物都没有为止。但过了一段时间再看时，他们就会发现，肉汤里却生机盎然（即使他们没在肉里放任何微生物，肉也会因为微生物的作用而变质）。

也许肉眼可见的物种当中不存在自然发生。但是，在微生物这种比我们日常生活中常见的植物和动物要简单得多的生物中，则很可能有自然发生，而且这一点好象已被公认了。

1767年，意大利生物学家斯帕兰赞尼（1729～1799）不仅煮了

肉汤，还把盛肉汤瓶的颈部密封起来。在这瓶煮沸、密封的肉汤中一直没有发现有任何微生物的产生。但一旦拆封后，微生物马上开始成群浮游。

密封使空气隔绝，其作用与雷迪的纱布起的作用一样，其结果当然也一样。我们周围的空气中充满着比苍蝇的卵还小、还不易被发现的微生物和各种肉眼看不到的物质。这些浮游于空中的小生命一旦落到任何暴露在空气中的肉汤里，就会在那里繁殖（斯帕兰赞尼曾把一个细菌隔离起来，然后对其进行观察，他发现这个细菌就是用对半分裂的简单方法繁殖起来的）。如果不让肉汤里进去任何细菌，就不会有任何生物产生。

1836年，另一位德国生物学家施万（1810~1882）在这基础上又进了一步。他发现，只要人们已对空气进行了加热以消灭其中一切生物，则即使肉汤暴露在这空气中也处于无菌状态。

提倡自然发生论的人们认为，热可以消灭从无生物中产生生物的某种的“活素”。把肉汤加热、封闭，就不能产生生命。所以把加热的肉汤放在加热过的空气中也不会产生生命。

1864年，法国化学家巴斯德（1822~1895）制成了夹钳。他把肉汤煮沸直至细菌完全被杀死，然后装在一个玻璃瓶里。这个瓶子的颈又细又长，先向下弯，然后又向上弯，呈水平“S”形。装着肉汤的瓶子既不密封也不加瓶塞，就敞开放在冷空气中。

空气自由地进入这只曲颈瓶，接触肉汤。如果空气中存在“活素”，则可随空气一起进入瓶里，而尘土和微粒则一般不能进来，只能沉积在曲颈附近。

结果，肉汤里没有产生任何微生物，也没有任何生命迹象。但一等巴斯德把曲颈折断，使尘土和微粒随着空气接触到肉汤时，里面马上就出现了微生物。

至此，“自然发生”的说法似乎永远地被否定了。

生命的起源

既然“自然发生”已被否定，而且就人类所知，所有的生命又都

是由以前的生命变来的，那么，地球上的生命或其它星球上的生命倒底是怎么开始的呢？

这种过渡与行星系起源的道理很相似。如果相信拉普拉斯的星云说这类进化理论，那么，我们就可以设想行星系很普遍，每一颗恒星都有一个行星系统。从某种意义上来说，星云说就是行星的自然发生理论。

行星形成的突变论则等于说，这种事件是稀有的，因此行星的数目也是极少，于是我们就容易以为，象我们这样的行星系统在别处是没有的。

同样，对自然发生的否定和生命只能起源于以前生命（而以前的生命又是从更早的生命而来等等）的新说法却使人们觉得生命的最初形式好象只能从某种超自然的奇迹中来。按这种说法，即使可居住行星象天上的星星一样多，也唯有地球可以有生命存在。

但是，就在巴斯德全盘否定了自然发生的同时，形势又有了一点新的变化。1859年，英国生物学家达尔文（1809~1882）写成了《物种的起源》一书。

在《物种的起源》中，达尔文引用了各种详尽的根据来证实进化论。这种理论认为，各种生物的物种在开始时并非彼此独立，也不彼此区别。后来，由于繁殖的压力和自然淘汰，所有的活物逐渐起了变化，新的、更适于生存的物种代替了老的、不适于生存的物种。几个不同的物种最早也许是同一个祖先。再向前追溯，地球上所有的生命很可能都是从一种最原始的生命发展而来的。

当时，这种理论遭到了强烈的反对。但很快它就被生物学家接受了。

这意味着人们不需要再去寻找那些已知的几百万个活物的产生原因，只需了解任何一种生命体的创造原因就够了（不管这种生命体是多么简单）。这种自然发生的原始的简单的生命体在进化的过程中引起了其他种种复杂的生命的发生，直至出现人类。

当然，如果确实不存在什么自然发生，那么，任何一种生命

的发生将与几百万个生命的发生一样，完全是一种超自然的奇迹。

另一方面，生物学家所证明的只是：已知的各种生命形式是不可能实验室里用有限的时间自然发生的。假如有一个比任何已知的生命形式都简单的生命形式，再假如有充裕的时间和一整个行星可用来进行实验，那么，这种非常简单的生命形式难道不会发生出来吗？

关键是“充裕的时间”五个字。就连进化论者也承认，漫无目标的进化过程需要很长的时间。问题在于这种简单的生命形式是否有足够的时间得以发生，及后来的各种复杂生命形式是否有足够的时间得以发展。

早在达尔文时代，科学家们就已经否定了地球只有 6 000 年历史的说法。他们一致认为，地球已经存在了几百万年。但是，进化所需的实际时间却远远不止几百万年。

19 世纪 90 年代，人们发现了放射性，同时，人们还发现，铀转化成铅的速度慢得惊人。一定数量的铀，它的一半只有在 45 亿年以后才会变成铅。1905 年，美国化学家波特伍德（1890~1927）提出，岩石的放射性衰变程度可以用来确定岩石凝固后所经历的年代。

人们利用各种放射性变化对地球的各部分和陨石进行研究，最近又将这方法用来对月球的岩石进行研究。他们认为，地球，或整个太阳系的年龄约为 46 亿年。

早在 20 世纪初叶，人们就已经发现一些迹象，证明地球有极长的历史，于是觉得，如果生命真的可以自然发生的话，这样漫长的岁月已足够它去进化了。

但是，倒底有没有自然发生呢？

不幸的是，就在人们算出了地球的高龄的同时，他们也意识到了生命的复杂性，这使得自然发生的可能似乎又减小了。

20 世纪的化学家们知道，作为生命主要特征的蛋白质是由一串串名叫氨基酸的较简单分子链组成的，每一种蛋白质中都必须

含有成千成万（甚至成百万）的各种原子，都以一定次序排列，才能具备活力。后来，化学家们从核酸中发现了一种更为基本的分子，这种分子比蛋白质分子还要复杂，而且各种不同的核酸和蛋白质又与其它各种更小的分子一起，组成了许多复杂的反应链。

就连看上去很简单的细菌这种生命，也比当初人们在争论自然发生时所想象的要复杂得多。如果人们想象中最简单的生命形式也是由各种蛋白质和核酸组成的，那么这些蛋白质和核酸又是怎样从无生命物质中产生的呢？尽管确有进化，地球上生命的起源似乎还是一个近乎奇迹的事件。

不少科学家放弃了这个问题，不再进行研究。1908年，瑞典化学家阿亨尼斯(1859~1927)写了一本名为《创造中的世界》的书，又提出了生命的起源问题。他坚持生命的普遍性，认为生命是宇宙中的一种自然现象。

阿亨尼斯还认为，生命很可能是互相传染的，当地球上的各种简单生命形成芽孢时，风会把这些芽孢吹到一个新的地方，在那里发芽。有的芽孢会在一阵大风之中高高飘入空间。在空间，它们在太阳辐射的推动下，并在一种坚硬不能穿透的薄膜的保护下，可以在真空状态下漂游几百万年，而其内部生命的火花始终不灭。最后，当芽孢遇到一颗没有生命但又合宜的行星时，就会停留下来。从此，这颗行星上便开始有了生命。

阿亨尼斯认为地球上的生命就是这样通过太空飞来的芽孢变活而产生的。至于芽孢借以发生的星球，则可能永远不会为人所知。

我们可以用好几种论点来驳倒这种说法。我们不妨算一算，为使一颗芽孢有机会在宇宙的一生中碰上另一个星球，需要多少芽孢离开自己本身的星球。这数字是大得近乎荒唐的。

而且，这些芽孢在穿过空间时也很难幸存下来。细菌芽孢对寒冷有着很强的抵抗力，它们还能战胜真空，免于一死。但就连最坚硬的芽孢恐怕也难以经受住从一个行星系到另一个行星系的漫长

时间的考验，也许少数的芽孢可以做到这一点，但是，别忘了芽孢对紫外线和其它强烈的辐射是很敏感的。

在地球上，空气就象一块大毯子一样把太阳的强辐射进行过滤，这样，芽孢就不会再受放射性的影响。阿亨尼斯当时没有意识到宇宙间充满强烈的辐射。任何恒星的生物域里的辐射，都可能足以杀死原来适应于保护性大气层的漂游芽孢，在空间的深处，甚至宇宙射线微粒也会把它们消灭掉。

阿亨尼斯认为辐射压力会驱使芽孢脱离一颗恒星穿过空间。我们现在知道，太阳风更有可能这样做。不管怎样，推动芽孢脱离一颗恒星并使之投向其它恒星的力量，同样也会排斥芽孢使之不能在处于生物域内的行星上着陆。

总而言之，地球是由来自其它星球的芽孢繁殖的说法是很值得怀疑的。

再说，用其它行星上的生命来解释地球上的生命又有什么用处呢？那样，我们还得先解释其它行星上生命的起源。如果生命可以在其它行星上通过某种自然和非奇迹的方式形成，那么，它也可以在地球上以同样的方式形成。

但是怎样形成呢？一直到 20 世纪 20 年代，生物学家还是找不到这样一个自然机制。

原始地球

有一种反对地球上生命自然发生的说法认为，如果远古时期生命可以从无生命中产生，那么以后也应该有同样的现象定期发生，或者现在就在发生。既然现在我们没有发现任何这种现象，我们是否可以由此推断说，远古时期也从未发生过这种现象？

这种说法显然是站不住脚的。毫无疑问，在原始地球上还没有生命时，地球与现在的地球相比较，有着不同的特征。如果肯定这一点，那么，我们就不能用现在的地球去对原始地球加以论证。现在不可能和没有发生的事情，那时却可能发生过，而且确实发生过。

比如，现在的地球上有生命，而原始地球上却没有，这就是两者的明显区别之一。现在地球上任何一种自然发生的化学物质，在逐渐趋向复杂并变成足可称为原始生命的时候，肯定会被动物吞食掉。在地球的远古无生命时期，这些物质倒可能留存下来（起码不至于被吃掉），并有机会得以发展得更复杂并变成生命。

原始地球上的大气也可能与现在的不同。

第一次提出这个问题的是英国生物学家赫尔丹（1892～1964）。那是19世纪20年代。赫尔丹发现，既然煤是由植物变来的，植物生命又是从空气中的二氧化碳中吸取所需的碳，那么，在地球上生命之前，煤中的碳素就应该是以二氧化碳的形式存在于空气之中。不仅如此，空气中的氧也应该是植物吸收二氧化碳中的碳原子，使之形成植物组织中的化合物后的间接产物。

由此可以认为，原始地球的大气层并不是氮和氧，而是氮和二氧化碳（这种说法在今天看来已比赫尔丹提出的当时更显得合理，因为我们现在知道，金星和火星的大气层主要就是由二氧化碳构成的）。

赫尔丹进一步推断说，如果空气中没有氧，高空大气中也不会有臭氧存在（臭氧是氧的一种活泼形式）。这种臭氧几乎可以把太阳放射出的紫外线全部挡住。按这种说法，那么，原始地球上太阳紫外线辐射一定比现在要强烈得多。在原始条件下，紫外线能量可以把氧、二氧化碳和水分子化合成分复杂的化合物，并使其最终具有生命特征。接着，原始地球上的正常进化就开始了，直到今天的人类。

原始地球上大量的紫外线和二氧化碳，那里的化合物不会受到氧的破坏，也不会被另一些活物吞食。但是，在紫外线和二氧化碳稀少、氧和各种生命过剩的今天，情形就大不一样了。因此，我们不能以今天的无自然发生去否定原始地球上自然发生的可能性。

这种见解得到苏联生物学家奥帕林（1894～ ）的支持。早在本世纪20年代，奥帕林就写了《生命的起源》一书，但这本书到

1937 年才被译成英语，这是第一本论述生命起源的专著。奥帕林与赫尔丹的不同之处在于，前者认为远古时的大气层充满氢，即氢气，氢与碳的化合物（甲烷），氢与氮的化合物（氨），以及氢与氧的化合物（水）。

从我们现在已大体知道的宇宙成份，尤其是太阳和外行星的元素组成来看，奥帕林的观点是有道理的。科学家们推测说，生命起源于奥帕林所说的那种由氨、甲烷和水组成的大气（第一期大气）中，太阳的紫外线辐射使水分子分解并释放出氧。氧与甲烷又发生反应，形成赫尔丹所说的由氮、二氧化碳和水蒸汽组成的大气（第二期大气）。最后，绿色植物的光合作用产生了今天的由氮、氧和水汽组成的大气（第三期大气）。

当然，关于原始地球生命的自然发生的讨论，在 20 年代和 30 年代华竟只是一种推测，人们那时还不可能有任何确实的证据。

而且，就在赫尔丹和奥帕林这两位无神论者起劲地把生命与上帝完全分开时，其他人却被触怒了。他们力图证明，生命的起源不可能离开某种奇迹而被看成是原子的随机碰撞的结果。

另一位法国生物物理学家努伊在 1947 年出版的《人类的命运》一书中也谈到了生命的起源问题。在人们已经证实了蛋白质分子的复杂性的时候，努伊却想证明各种碳、氢、氧、氮、硫的原子毫无规律地排列在一起是根本不可能有与生命有关的蛋白质分子出现的，宇宙的整个一生也远远不够给它提供一个比微小更大的机会。

努伊认为，偶然的机会有不能解释生命的起源。

我们不妨举一个例子来说明他的论点。假设有一个由 100 个氨基酸组成的蛋白质链。其中每一个氨基酸可属于 20 种不同的氨基酸中的任意一种，那么，可能有的不同蛋白质链总数将达 10^{130} 。

如果每一个这种蛋白质链的形成只需百万分之一秒的时间，如果自有宇宙以来，有 10^{12} 个科学家以每百万分之一秒的速度各

自随机组成一个不同的链，那么，要想形成一个与生命有关的链的机会也只不过是 10^{95} 分之一，即其可能性小得不值一提。

何况原始地球上并没有氨基酸，只有甲烷和氨这样的简单物质。生命的形成所需的是比由 100 个氨基酸组成的链要复杂得多的化合物。因此，仅用几十亿年的时间就想在单独一个行星上形成生命的机会几乎等于零。

努伊的论点似乎很有道理。不少人相信了他的论点，甚至至今还有许多人相信。

然而，这个论点是错误的。

其错误就在于他把机会看作是唯一的制约因素，他认为原子可以以任何方式随便相互结合。但实际上，原子是按一些众所周知的物理化学定律彼此结合在一起的。络合物从简单到复杂受到各种定律的严格约束，这就极大地限制了原子以不同方式结合的种类。况且，象蛋白质和核酸等复杂分子中并不存在什么与生命有关的特殊分子，而是无数个各式各样的分子加在一起才与生命有关。

这也就是说，生命的产生不仅仅是取决于机会，而是取决于受自然规律制约的机会。这样的机会就充分多了。

能否在实验室里对此加以检验呢？美国化学家尤里鼓励一个名叫米勒（1930～ ）的青年学生在 1952 年进行了一次有关的实验。

米勒复制了原始地球的条件，假定当时存在的是奥帕林所说的第一期大气。他把由水、氨、甲烷、氢混合而成的液体作过灭菌处理，加以密封，以此代表原始地球上的大气和海洋；又用电流作能源，代表太阳。

米勒把液体通电一个星期，并对其进行了分析。第一天，他发现原来无色的液体变成了粉红色，到第七天，液体中 $1/6$ 的甲烷都变成了更复杂的分子，其中包括丙氨酸和甘氨酸。这是蛋白质中最简单的两种氨基酸。

在这次关键的试验后不几年，人们又利用各种不同的材料和

能源进行了许多次试验。每一次试验中都有一些更复杂的分子产生出来，其中有一些与活细胞中的分子一样，有一些则只是与它们有关。令人吃惊的是，许多种构成活组织的主要分子都以这种方式“自然发生”出来，虽然按努伊的简单化计算，这种分子的形成是几乎没有可能的。

如果以极短的时间在很小的范围内可以做到这一步，那么，以亿万年的时间在整个海洋上会有多少分子形成！

同样值得注意的是，在实验室里，通过分子的随机碰撞和能量的随机吸收引起的各种变化（受已知的自然规律约束），似乎都是在朝着我们所理解的生命前进，还没有发现什么定向作其它某种化学反应的变化。

这样看来，生命很可能是化学反应中一些高几率变化的必然产物，于是原始地球上生命的形成也就是不可避免的了。

陨 石

当然，科学家们做的这些实验并不一定真实地反映了原始地球的情况。最好是我们能研究一下原始物质本身，并找到其中有通过无生命过程形成的化合物，正在（姑且这样说）向生命进化。

目前，在地球上可供研究的原始物质只有那些偶然撞在地球上的陨石。在研究过这些陨石中的放射性衰变以后，我们发现，如果从太阳系的幼年时期开始计算的话，这些陨石已有了40多亿年的高龄。

人们已对1700多个陨石进行了研究。其中的35个每个重量有一吨以上。这1700多个陨石的化学成份几乎都是铁镍或岩石，没有一点与生命有关的成份。因此，它们并不能提供什么与生命起源问题有关的有用资料。

有一种黑色、易碎的碳质球状陨石里倒是含有少量的水和碳化合物。但是，与其它类型的陨石相比，它们过于脆弱，所以虽然它们在外空间很普通，但是，只有很少的一部分能顺利通过大气层

并在与坚硬的地球碰撞后幸存下来。目前，我们已发现了 20 多块这种陨石。

为保证结果有效，必须在碳质球状陨石一落到地面上时，就立即对其加以研究。否则，它们就会被地球上生命或生命的产物污染。

人们已对两个碳质球状陨石进行了及时的研究。一个是 1950 年落在肯塔基州默里市附近的陨石，另一个是 1969 年 9 月在澳大利亚默契逊市上空爆炸的陨石。

到 1971 年，人们已从默契逊陨石的碎块中分离出了 18 种不同的氨基酸。其中的 6 种常出现在活细胞的蛋白质中，其它 12 种与前 6 种只是在化学成份上相关，但是很少或根本不出现在活细胞中。默里陨石中也有同样的结果。这两个前后相距 19 年，落在地球两端的陨石竟然会如此相象，是很值得注意的。

1973 年底，人们又发现了脂肪酸。与氨基酸相比，脂肪酸中的碳和氢的原子链更长，但氮原子却很少。脂肪酸是构成活细胞脂肪的主要成份。至今，已被发现的不同种类的脂肪酸约有 17 种。

陨石中为什么会有这类有机分子呢？难道陨石是行星爆炸的结果吗？*难道碳质球状陨石是某个行星的地壳，上面原有生命存在，所以仍然带有生命痕迹吗？

显然，这是不可能的。我们可以从许多方面来说明陨石中的化合物倒底是不是从活物中来的。

除了最简单的甘氨酸以外，氨基酸有两种，其中一种与另一种互为镜像，被称作 L 型与 D 型。它们的普通化学属性是相同的，因此，在化学家们用相应的原子配制氨基酸时，所产生的 L 型与 D 型氨基酸数量是相等的。

但是，如果用氨基酸去组成蛋白质，那么就只能使用 L 型或 D 型中的一种。否则，其结果就会不稳定。地球上生命（很可能完全是一种偶然）只是靠 L 型一种氨基酸，因此，D 型氨基酸在自然

* 这是早期流行过的一种理论，现在已很少有人拥护。

界中很稀少。

如果上述两块陨石中的氨基酸不是 L 型就是 D 型的话，那么在这些氨基酸的产生过程中是否有与我们一样的生命就很值得考虑了。其实，球状碳质陨石中 L 型和 D 型的氨基酸的数量是相等的，这说明，它们的产生过程是和生命无关的。

同样，活细胞中的脂肪酸也是通过彼此增加不同数量的偶数碳原子化合物组成的。这样，几乎所有生物细胞的脂肪酸中的碳原子都是偶数。奇数脂肪酸虽不是我们这种生命的特点，但在无生命化学反应中，它们产生的可能性却与偶数脂肪酸的可能性一样大。默契逊陨石中奇数与偶数脂肪酸的数量几乎是一样的。

碳质球状陨石中的化合物并不是生命。它们只不过是在朝着我们这种生命的方向发展，但并非人类进行的实验的结果。总的说来，对陨石进行的研究与实验室内的实验结果大致一样，好象生命是一个自然的、正常的，甚至必然的现象。很明显，原子只要一有机会，就会结合在一起组成向我们这种生命发展的化合物。

尘 云

在太阳系外面，我们可以看见一颗颗的恒星。但是，我们已经把它们排除在生命的孵育地之外了，但如果我们能观察一下这些恒星周围行星的较冷表面，也许可以发现一些生命的孵育地。

当然，我们不可能做到这一点。但我们却可以发现外层空间的一些较冷物质，一些弥漫在星际空间的稀薄气体和尘埃。

人们是在本世纪初首次发现星际物质的。那时，来自遥远的恒星所发出的光的波长被一些偶然游荡在广阔的星空中的原子吸收了。到了 30 年代，人们认识到，这些星际物质中含有各种各样的原子，它们很可能就是那些在恒星内部蒸腾，并在超新星爆炸时播散到空间的原子。

这些星际物质十分稀薄，人们会很自然地认为空间除了一些单个原子以外再没有其它物质。无论如何，两个原子要想组成一

个分子，必须先碰撞在一起。各种不同的原子在整个星际空间极为分散，所以各种不规则的运动引起的碰撞是极为难得的。

不过，1937年，人们发现有星光穿过黯淡的气云和尘云，其中缺少某些波长，说明有一种碳氢化合物（CH）或一种碳氮化合物（CN）吸收了这些波长。从此，人们发现了星际分子的存在。

当然，CH和CN只能在密度极低的物质中才能形成并保存。这种原子组合非常活跃，只要碰上其它原子，就会彼此结合在一起。由于地球上各种原子很多，地球上没有自然生成的CH和CN。

从可见光谱的黑线条之中可以察觉的只有这一种组合。

不过，自从第二次世界大战以来，射电天文学变得越来越重要。星际原子在释放或吸收特定长度的无线电波时所用的能量远比释放或吸收可见光时所用的能量少得多，因此也就更容易发生。只要用相应的射电望远镜，就可以很容易地测出无线电波的这种释放或吸收，并找出与其有关的化合物来。

例如，1951年，人们发现了氢原子发出的特定的辐射波。这样，人们第一次通过直接观察、而不仅仅依靠推测发现了星际氢气的存在。

除了氢以外，氮和氧便是宇宙中最普通的原子。氮不和其它原子结合，但是氧原子则结合。这样，空间难道还会没有氢氧（OH）的结合吗？这种结合会释放出4种特殊波长的辐射线，其中的两种已在1953年首次被人们发现。

但直到1968年初，人们只发现了3种不同的原子结合，即：CH，CN和OH。它们都是两原子的化合物，大概是个别原子偶然相碰产生的。

发现在数量上少得多的原子结合则几乎没有可能。但1968年，人们却从星际尘云中发现了水和氨的特有无线电波。水是一个3原子分子，即2个氢原子和1个氧原子（ H_2O ），氨则是4原子组成的分子，即1个氮原子，3个氢原子（ NH_3 ）。

这个发现太惊人了。1968年，诞生了天文学。

实际上，一旦人们发现了 2 个原子以上的化合物，接下去的发现步伐就加快了。1969 年，发现了包括碳原子在内的 4 原子化合物，即甲醛 (HCHO)。1970 年，人们又发现了 5 原子化合物，即丙炔腈 (HCCCN)。同年，发现了第一种 6 原子分子，即甲醇 (CH₃OH)。1971 年，又发现了 7 原子分子，即甲基乙炔 (CH₃CCH)。

这样，在星际空间已发现了 20 多种各式各样的分子。虽然目前人们对各种原子化合的机制还不十分清楚，但它们的存在则无疑问。

就是在外层空间，分子也象是在朝着生命的方向组成*。很有趣的是，在陨石和星际尘云中都有碳链的形成，一个复杂分子中也都无不包含碳，这就证明生命中总是含有碳化物的推测是正确的。

不管是从实验室里，从陨石中，或是从星际尘云中得出的证据来看，赫尔丹—奥帕林的观点似乎是正确的，即生命确是在原始地球上自然发生。而且，所有的迹象都表明，生命随时都可能发生，朝这个方向发生的一系列反应是不可避免的。

所以，任何可居住行星上迟早都会有生命产生。

生命的发生

这个“迟早”倒底是什么时候呢？地球上是从什么时候开始有生命的呢？

我们对地球上原始生命的了解几乎全靠化石。这些化石是各种贝壳、骨头、牙齿、木头、鱼鳞甚至粪便的遗迹。它们虽经历了漫长岁月，仍足使我们据以推断当初的有机物的结构、外貌甚至特性。

确定化石年代的方法可以有多种。我们手头最古老的几块化

* 英国天文学家霍伊尔 (1915~) 深刻认识到这一点。他认为彗星中 (彗星的组成与星际尘云的组成有些相似) 含有复杂的、已具备生命特性的各种化合物；同时，也有各种相当于病毒的物质在形成。因此，彗星就成了偶然出现的传染病的根源，不断向大气传播新的病毒，使地球染上各种疾病。这个说法很有趣，但是否可信就很难确定了。

石是寒武纪留下来的。

最古老的寒武纪化石已有 6 亿年的历史。看起来生命就是 6 亿年前左右开始的。但是，据我们所知，地球已有 46 亿年的历史，这就是说，地球在没有生命之前已经存在了 40 亿年。为什么会这么长呢？如果这么长时间内一直没有生命，后来生命怎么又会忽然出现了呢？为什么地球不会一直没有生命呢？

而且，从化石记录来看，在寒武纪时期，已经有了大量的复杂多样的生命。当然，所有有记录的寒武纪生命都栖居海中，那时还没有淡水或陆地生命。而且，这些海洋生物都是无脊椎动物。最早的脊椎动物（我们的同类）是那以后 1 亿年才出现的。

不过，这些海洋生物那时已经相当高级了。人们发现了几千种寒武纪的三叶虫标本。这些三叶虫与现在的马蹄蟹很相象。它们不可能从乌有中忽然出现并分化成许多物种的。在寒武纪之前，地球上一定早已有了更简单的生命。但是，为什么没有记载呢？

很可能是因为这些简单生命不适于变成化石，它们缺少易于保存的东西，比如象贝壳和骨骼。尽管这样，更早的一些生命的遗迹已被人们发现。

美国植物学家巴格霍恩（1915～ ）在 60 年代对一些很古老的岩石进行了研究，他发现这些岩石中有痕量的碳，他认为这些碳的痕迹就是微生物生命的遗物。

人们发现，这些微生物生命的痕量证据可以追溯到 32 亿年，甚至再早几亿年以前。

这样，我们可以下结论说，可辨认的生命形式早在地球 10 亿岁时就已出现了。

从直觉上说，这个结论是不无道理的。我们完全可以想象，在地球历史的头 5 亿年中，地球还处于十分不稳定的状态。地壳一定很活跃，并有激烈变化。地球在刚开始冷凝，从而其组成部分离析以后，海洋和大气也就形成。在这以后的 5 亿年中，发生了缓慢的化学演化，在太阳紫外线的强烈作用下，越来越多的复杂的化

合物得以组成。于是，在地球形成 10 亿年后，各种很简单的生命就在各处发生。

太阳在主星序停留的时间大约是 120 亿年。我们可以把这个时间当作其它类日恒星的平均年龄。这意味着地球（也可以泛指所有的可居住行星）在 120 亿年之内都可作孕育生命的地方。如果生命是在 10 亿年之后才在地球上出现的，那么，那时候地球也才度过了其生命长河的 80% 时间。

根据折中原则，我们可以假设，可居住行星一般是在度过了其生命的 1/8 时间后才开始有生命的。

再让我们假设，在银河系结束其星尘扩散的幼年期后，就一直在其外围以稳定的速度生成恒星。

但这决不仅仅是假设。有迹象表明，恒星只是较近期的产物。那些属于 O 级和 B 级的巨星大约是 10 亿年前才形成的，否则它们早就不会仍然停留在主星序阶段了。既然在最近 10 亿年里可能有恒星形成，那么，一直以来以至未来也应该有，至少在充满尘云和气云（这些就是形成恒星的原始物质）的区域应该有恒星在形成，而这些区域正好在各星系的外围，那里按我们的推断是生命得以生存的唯一地方。

况且，我们也不一定完全依靠推理来证明恒星的形成。实际上，我们自己也许就正在目睹它们的形成过程。本世纪 40 年代，一位美籍荷兰天文学家博克（1906~ ）提请人们注意一些半透明的、致密的但彼此独立存在的球状星云，他认为，这些星云（现在被称作“博克球状星云”）正处于浓缩成恒星和行星系的过程中，至今，已有许多迹象表明博克的观点是正确的。据萨根估计，银河系平均每年有 10 颗恒星在形成。

如果恒星的形成速度是均匀的，那么，我们就可以假设还有 $x\%$ 可居住行星还没有度过其生命的 $x\%$ 时间，即有 50% 可居住行星还没有度过它们生命的 50% 时间，或 10% 可居住行星未度过生命的 10% 时间，等等。

这也就是说，8% 的可居住行星还没有度过它们生命的 8% 的

时间，即它们还不到 10 亿岁，因此，它们不可能形成生命。

反之，有 92% 可居住行星已有了相当长的历史使生命得以发展。

那么，我们就有了第 9 个数字：

9——银河系有生命的行星有 600 000 000 颗。

多细胞生命

虽然生命在地球的早期就已出现，但它的进展在相当长的时间内却是很缓慢的。

生命最初存在于地球上的 20 亿年中，主要是以细菌和蓝绿海藻的形式出现的。这些细菌和海藻是些很小的细胞，比我们人体内的细胞要小得多，比我们知道的植物、动物的细胞也要小得多。而且，这些细菌和蓝绿海藻中没有明显的细胞核，而控制化学反应和细胞增殖的脱氧核糖核酸（DNA）分子则是存在在细胞核中的。

细菌和蓝绿海藻的差别在于蓝绿海藻可以进行光合作用（即利用太阳能把二氧化碳和水变成纤维），而细菌却没有这个能力。细菌只能靠破坏那些已经存在的有机化合物来获得能（或靠利用其它化学变化来获得能）。

蓝绿海藻既利用太阳能来组成它们的机体，但随后也利用与细菌同样的化学变化。但这些化学变化中所产生的能很少，因此，生物的生长和繁殖也少得可怜，更不用说进化到各式各样的高级物种了。这是因为供应目前地球上一切生物能源的化学变化都要利用氧分子，但早期地球的大气层中几乎没有氧。

蓝绿海藻在进行光合作用的同时倒是能产生少量的氧，但这些小细胞分布稀疏，作用能力也弱，所产生的氧确实少得可怜。

尽管地球进化的速度很慢，但进化则是肯定的。大约在 15 亿年前，当地球上的生命已存在了 20 亿年的时候，第一批有核细胞出现了。这种细胞与今天的大型细胞同属一个类型，但具有更有效的化学反应，使之能够以更大规模进行光合作用。

这意味着氧已开始大量进入大气层，而二氧化碳已趋于减少。到了距现在 7 亿年以前，当地球上生命存在了 30 亿年的时候，大气中的氧已达到近 5%。

这时，那些仍然处于萌芽状态的单细胞动物生命也开始象细菌一样，不利用阳光，而利用化学变化作为能源，并开始利用大气中的游离氧。有机化合物与氧化合时释放出的能是等量的无氧分解释放的能的 20 倍。

有了充足的能，动物生命（植物生命也一样）就能更自如地运动，生活得更活泼，效率更高，更大量地进行繁殖和向更多样化发展，它们消耗能源的标准，以过去观点衡量，甚至是浪费。于是一些细胞彼此依附并实行分工的生命体，即多细胞生命体诞生了，坚硬的组织也随之形成，以支持这些生命体，使肌肉有所依附。

这种坚硬的组织很容易变成化石。所以根据化石记录，好象高级而且复杂的多细胞生命是突然凭空昌盛起来的。

直到地球 40 亿岁，当其 1/3 的寿命已过去时，这种复杂的生命形式才开始出现。

按折中原理，如果这是所有完全的类地行星的特征，那么，它们之中的 1/3 还太年轻，除了单细胞生命外，不可能有其它东西存在。反之，也就是它们之中的 2/3 都拥有复杂而多样化的多细胞生命。

于是，我们便有了第 10 个数字。

10——银河系拥有多细胞生命的行星有 433 000 000 颗。

陆地生命

不管生命形式变得多么复杂和分工多么细致，但如果这个生命没有智慧，就和我们这本书的主题毫不相干，我们也就不会对它们感兴趣。

生命只有在具备发达的大脑之后才能有智力（或者具备大脑的同等物，但至少在地上我们还不知道有什么同等物）。而没有

一定的操纵器官和各种复杂的感觉器官的发展，就不可能有智力的发展。

来自外界宇宙的印象进入大脑，而有探索能力的操纵器官对这些印象作出反应，使大脑的智力得到发挥，有时甚至超过其能力，这就使增加大脑的容量和复杂性有了必要。如果少量的大脑已足以处理并调节机体收集的信息，那么较大的脑就没有什么用处，因为较大的脑所发展的高度复杂的组织只是在浪费能源，反之，如果需要充分发挥大脑，则较大的脑就有较大功能，也就更有价值。

从这个角度去看问题，海洋可能是理想的孵育生命的地方。但是，海水孵育生命的能力很低。生命中最有价值、信息最丰富的感觉就是视觉（不包括幻想）。在水中的视觉是很有限的，因为水吸收光的能力比空气强得多。在空气里，视觉是一个远距离概念；而在水中，它只是一个近距离概念（当然，在水中，听觉要比其在空气中的效率高得多，而且还能产生奇迹。但是，生命使用的最短声波也比光波长得多。因此，声波不能与光波一样传播同样数量的信息）。

至于前面提到的操纵器官，生物为能顺利通过水这种粘滞的介质而具有的流线型使这种器官几乎不能发展。海洋生物的操纵动作通常体现在嘴、尾和身躯的全部重量上，而这种操纵的性质一般都是比较原始的。

但章鱼及其家族却是一个例外。章鱼有一套敏感灵活的触角，可用于操纵周围环境，当它快速向前游动时，它可以把这些触角拖在后面，这样，章鱼又可以流线型向前游动。而且，章鱼有一双锐利的眼睛，这是无脊椎动物与脊椎动物最接近的地方。

尽管我们羡慕章鱼的智力，但这种智力离我们所说的文明毕竟还差得很远。

当然，还有另外一些比章鱼还要聪明得多的海洋动物，比如海獭、海豹、企鹅等。但它们都是由陆地动物再次回到水中的。就连鲸和海豚的祖先也是陆地动物。无疑，这些动物的智力是当初它们

的祖先登上陆地生活时发展的。

至于我们在本书中所说的真正智力，还得从陆地生命体中去寻找。陆地生命体拥有远距离察看各种形态各种细节的惊人能力，它们拥有操纵器官，能在游离氧中生存，并能利用火，从而使技术得以发展。

在只有海洋生命的时期，陆地对生命是非常不友好的，就象空间对我们很不友好一样。我们在征服太空时起码还可以利用我们的技术并采取各种人为的防护措施，而几亿年以前，海洋生命只能在缓慢的进化中用它们的身体来起保护作用。

想象一下它们要克服的种种困难：

在海水里，生命体不必担心口渴和干旱，它们周围有取之不尽的水，而水则保证化学反应以形成生命。但在陆地上，生命本身就是一场避免丧失水分的战斗，要么把水保存起来，要么干渴致死。

在海里，氧气从水中分解出来后很容易被吸收。在陆地上，氧气则先要从肺叶两侧的液体中分解出来，在这个过程中，肺必须始终保持湿润。

在海里，可以把卵产在水中，不需（或很少）再加照顾，而任其在适宜的环境中发育和孵化。但在陆地上，卵必须要有一个硬壳，以防止水分丧失；同时还要保证空气畅通，使正在发育的胚胎能得到氧。

海里的温差很小，而陆地上却有寒暑两种极端。

海里的重力几乎是零。但在陆地上，它的威力很大，生命体必须有坚实的腿才能在陆地上自如行走。否则，它们就只能爬行。

肯定地讲，水中的生命就是在变得富有生机和复杂以后，也需要几亿年才能征服陆地。

但它们最终是胜利的。竞争的压力使得各种生命体在陆地上停留越来越长的时间，直到它们能多少长期地定居为止。

大约在 3.7 亿年前，第一批植物来到了陆地上。荒芜和贫瘠的大地在沉睡了 42 亿余年之后，边缘上开始出现了隐隐绿意。

植物登陆几千万年后，陆地上有了动物。约在 3.25 亿年前，第一批真正的陆地动物——昆虫和蜘蛛出现了，随后又出现了蛇和爬虫。完全属于陆地动物的最早脊椎动物，即原始爬行动物，是在 2.75 亿年前出现的。

当地球度过 43 亿年光阴，其生命的 36% 已经过去时，大量的陆地生命出现了。我们仍不妨应用一下折中原理，假设 64% 的可居住行星上都有丰富的陆地生命。

那么，我们就可得出第 11 个数字：

11——银河系有丰富陆地生命的行星有 416 000 000 颗。

智 力

并不是所有的陆地物种都有智力。至今，牛和其它食草动物的智力仍然不高。

不过，智力是在稳步提高的，大脑是在不断地从简单发展到复杂。1.8 亿年前出现的哺乳动物较之爬行动物在智力上就是一个进步。

灵长目动物的出现最早可追溯到 0.75 亿年前，它们的眼睛和大脑开始愈趋发达。大约在 0.35 亿年前，这些灵长目动物开始向两种新的动物转化：一部分变成了大脑较不发达的小猴和狐猴，另一部分则变成了大脑比较发达的大猿。

距今 800 万年前，一种大脑特别发达的物种即类人出现了。60 万年前，开始有了人类。后来，约在 5 000 年前，人类发明了书写，从此便有了书面历史，而且至少在世界的某些地方有了欣欣向荣的文明。

文明开始出现时，地球已经度过了 46 亿年的漫长岁月，它一生 40% 的光阴已经过去。按折中原则，就可以说，在现存的可居住行星中，有 40% 的星都还不够年头具备什么文明，其余的 60% 则可以产生文明。

由此，我们又有了第 12 个数字：

12——银河系里，有技术文明出现的行星有 390 000 000 颗。

换句话说，银河系每 770 颗恒星中，就有一颗已经把自己的阳光照耀在它的具备技术文明的行星上。

我们还可以进一步设想，从文字的发明到人类首次进入太空，已经过去了 5 000 年。乐观一点的话，我们还可以设想，我们的文明会和地球继续支持生命的期限一样长，即 74 亿年，那么在这期间，我们的技术水平还将不断提高*。

假设一个文明平均可以持续 74 亿年（关于这点，以后我们再谈），假设宇宙飞船是在文明开始的头 5 000 年上天的，那么，到宇宙飞船上天时，只过去了 150 万分之一的文明，其余时间中，技术水平的发展则将远远超过现在。换句话说，银河系各种文明中，只有 150 万分之一是不发达的，它们只达到了发射宇宙飞船的边缘，或还没有使飞船上天。其他的则全部达到并高于我们的水平。

这表明，银河系里的 3.9 亿个文明中，只有 260 个与我们一样原始，这个数字算不了什么，但其余的那些则比我们的文明发达。

总而言之，我们不仅已经弄清了地球以外智慧的可能性，而且还弄清了地球以外超人智慧的可能性。

* 当然，由于人类的进化，或由于人类研究的遗传工程，我们的体形也会发生变化。不过，这丝毫不影响我们的讨论。

第十章

其他星球上的文明

我们的巨大卫星

在某种程度上，我们对地球以外智慧的研究终于算是有了几分成绩。在尽了最大的努力，作了合乎情理而又中肯的估计和假设后，我们发现宇宙里很可能充满着智慧。包括地球在内，在学习和探索的伟大历程中，银河系已经有 3.9 亿个星球进入了文明的行列。

如果这 3.9 亿颗星均匀地分布在银河系河外区域的一等星族里，那么，每两颗相邻恒星之间的平均距离就是 40 光年。

这个宇宙距离并不算大。

但却有一个很扫兴的问题：

到哪里去找这些星球呢？

如果银河系真的有几亿个很发达的文明世界，那么，他们早就应该从他们的天地里跑出来了，他们会结成同盟，组成银河文明联邦，派遣使者到其他外星系联邦，特别是他们早就应该来到我们地球上作客了。那么，他们为什么没有来呢？

这些星球在哪里呢？

这个谜可以有好几个解法。也许我们这里进行的分析在某个关键问题上根本就不对，除了地球以外，也许根本就没有其他可居住星球。

由于我们的知识不完善，在分析的每个阶段都可能会有错误。也许，双星比我们想象的要多得多，它们对行星的形成所起的不良

影响也许大得多。那么，由于类日单星并不很多，象我们这样的行星系数目也就不会很多。

也许正象有些人计算的那样，生物域可能很窄，几乎不能使一颗行星正巧处于其中，从而也就不能成为可居住行星。

或许，由于某些我们尚不清楚的原因，具有地球质量的行星为数很少。大量的行星系中的行星不是太大就是太小，很难找到大小合适的行星。

地球上能有适量的液态水也许完全是宇宙中的一个偶然。其他东西可能也是一样。因此，整个银河系，甚至整个宇宙，地球就是唯一可居住的行星了。

但是在目前，我们还不应去考虑这些问题。可以证实这些想法的证据随时都会出现，可能就在明天。在这之前，我们还只能坚持用我们的推理方法，看看我们是否能解释为什么至今没有能证实其他星球上有文明存在。

也许这并不是我们的无知引起的错误。也许，有某种十分明显，但一直被我们忽视了的因素引起了这种错误。例如，太阳或其他行星系，或地球上是否有什么特别的地方，使我们不能运用折中原理。

就太阳和整个行星系来说，我们看不出有这种因素。太阳可能许多方面是独特的，但是表面上却一点也看不出来。而地球就不同了，地球在某个方面一看就很特殊，但我们一直忽视了。现在，我们要根据这些东西来解答我们的宇宙客人的下落。

这个特殊的地方就是地球的卫星，即月球。

我在前面已提到过，作为绕地球运行的月球，它的体积特别的大，因此，地球和月球的结合是太阳系里最接近双星的一种结合*。月球质量是地球质量的 $1/81$ 或 0.0123 。下列表格列出了太阳系

* 从 1978 年发现的冥王星的卫星来看，这个说法还有待于修改。冥卫星的质量是冥王星质量的 $1/10$ 。所以，冥王星和冥卫星，比起地球和月球来，更象是个双星。当然，冥王星和冥卫星都是较小的星球。所以这节的讨论仍适用于类地行星般大小的星球。

每一颗行星及其卫星的质量比，冥王星除外：

地球（1 颗卫星）	0.0123
海王星（2 颗卫星）	0.0013
土星（10 颗卫星）	0.00025
木星（13 颗卫星）	0.00024
天王星（5 颗卫星）	0.00010
火星（2 颗卫星）	0.00000002
冥王星（无卫星）	
金星（无卫星）	
水星（无卫星）	

把每一颗卫星的质量与它所环绕的行星的质量相比，月球就是太阳系所有卫星（包括冥王星在内）总和的 6.5 倍。

从这一点看，月球是一颗非常特殊的卫星。它使得地球看上去与其他行星的形成完全不一样。

除了地球以外，其他具有一定体积的行星好象都是围绕着一个中心凝聚区形成的，在它们的外围，最多只有几小团物质，与中心凝聚区相比较少得可怜，不可能想象会对该主要行星形成的方式有什么影响。

但地球却有两个凝聚点，其中一个比另一个稍大些。

再看金星与地球。它们在质量和组成上十分相象，但是，它们的表面状况却完全不一样。难道这是因为（至少部分地）金星形成时是一个凝聚点，而地球则是两个吗？难道月球在形成时取走了大量物质，这样，与金星相比较，地球的化学或物理面貌起了变化，从而开始了一个不同的地质进化吗？莫非这种开始时很细微的变化后来逐渐扩大，直到地球变成一颗有海洋的大气层很稀薄的冷行星，而金星则成了一颗无一滴液体水、其大气层非常稠密的热行星？

也可能地球—月球双星的两个凝聚点是一个极罕见的现象，那么，认为类日恒星的生物域里每两颗行星中就有一颗是类地行星的说法就是错误的。每一颗类地行星都要有一颗象月球的卫

星，但这种情形几乎根本不存在。行星如果没有象月球的卫星，顶多只能是一颗象金星的星。

按这种说法，我们不得不下结论说，宇宙里根本没有可居住行星，地球的形成只不过是一个不可思议的偶然现象；那么，当然也就不会有什么地球以外的智慧了。太空为什么这么安静，我们为什么从那里得不到一点消息，也就没有什么可惊讶的了。

但是这种论点能使人信服吗？就以月球的形成对地球的形成具有的影响来说，月球在形成时到底是怎样减弱地球的大气浓度，怎样增加地球上水的供应，防止失控温室效应的呢？

至今，我们还没有什么适当的答案。

最后，我们可以指出一个更能合理解释金星与地球差异的论点，而不必理会月球的作用。

金星离太阳要比地球离太阳近得多。这样，太阳的紫外线将水分子分离为氢和氧的光合作用过程就加快了。由于离太阳近，温度高，氢会很快地逃逸，氧则与甲烷组成水和二氧化碳。这种过程不断继续，直到最后形成一个稠密的主要是二氧化碳的大气层，这个大气层又加快了温室效应，使金星成为今天这个样子。

还有许多细节有待于我们去探讨，但是，金星与地球的差异不是在其本质和是否有卫星上，而是在于它们与太阳的距离不一样，这一点已不再那么费解了。

在没有更进一步的证据之前，我们似乎不得不承认许多可居住、有生命的行星存在的可能性。然而，就算那样，我们还不能对月球存在的特殊性结束讨论。

月球是俘获的吗？

月球这颗地球卫星的存在是太奇怪了，一些天文学家认为月球不是形成的，而是被地球俘获来的。如果这是真的，那么，我们那种想找到其他文明的希望就又要落空了。

以月球的大小和它对地球的距离判断，它很可能是一颗被俘获的星球。而且，月球的轨道平面接近于绕太阳运行的行星轨道

平面，但和地球的赤道平面却有很大交角，而凭经验我们知道，作为一颗卫星，它的轨道平面应在行星赤道平面附近。这就很容易使我们相信，月球一开始应是一颗较小的行星，而不是什么卫星。

在组成上，月球也与地球很不一样，月球的密度只是地球的 $\frac{3}{5}$ ，而且，月球没有金属内核。在这一点上，它倒很象火星的结构。也许形成月球的原始尘云和气云是和火星同类，而不是和地球一样的？

另外，月球上的某些固体物质也比地球上少得多。这些物质只要温度稍高，就会融化并从月球上蒸发掉。月球上有大量经融化后又变成固体的玻璃岩质，但这种岩石在地球上却很少。月球的这两个特点说明它在很长的一段时间内受到的温度可能比地球（和月球本身）现在受到的温度要高很多。

那么，这个与火星有同样形成过程的月球是否由于某种原因而有过一个非正圆轨道呢？也许这轨道的一端象水星一样逼近太阳；而另一端则象火星一样远离太阳，因此，月球的表面看上去与水星一样，而内部却与火星一样。

然后，在某个阶段，由于某种偶然情况，使得地球有可能在月球离它较近的地方将它俘获。

肯定地讲，所有这些关于月球是一颗被俘获的星体的说法都不够有说服力。月球的体积很大，这就不够有说服力，因为太阳系里那些已被天文学家们确定是俘获来的卫星体积并不很大；月球与地球的距离可能完全是潮汐效应的结果；月球轨道的偏心率也并不象其他那些肯定是俘获得来的卫星轨道那样大；月球的公转平面与地球赤道平面所形成的轨道交角也比海王星要小得多。

至于组成上的差异，则可能是因为金属凝聚在先，当月球在最初凝聚区以外也开始凝聚时，组成月球的尘云大部已是岩质。为解释月球表面所受的高热，我们只需记住，月球与地球不一样，它没有大气，也没有可以用来作隔离太阳辐射的海洋。

地球在俘获象月球这样大的星球时所需的巧妙机制尤其是不易理解的。至今，科学家们还未能提出一个可信的方法能实施这

样的捕获。

不过，反对月亮是一颗俘获卫星的观点也并没有多大说服力。在这点上，天文学家们至今仍是众说纷纭。月球可能不是一颗俘获的卫星，也可能是。

为便于讨论，我们不妨先假设月球是一颗俘获卫星，看看那样会有什么结果。

首先，月球是什么时候被俘获的？

确实没有办法知道。它可能是在 40 亿年前，在月球和地球形成后不久，当地球上还没有任何生命时被俘获的；也可能是 400 万年前，当地球上的第一批人类物种出现不久前被俘获的。

如果只考虑月球，那么无论如何是难以确定的。不过，我们可以同时考虑一下地球的情况：在地球历史上是否有过什么可能与月球的俘获有某种关系，并且是由这种俘获引起的剧烈变动？

地球上陆地生命是如何出现的呢？陆地是在很久以后才开始为生物栖居的。尽管海洋生命可能是在地球形成 10 亿年后出现的，陆地生命却是在地球形成 42 亿年后才出现的。如果将地球作为可居住行星的 120 亿年的寿命比作一个人的 70 岁的一生，海洋生命就是在地球 6 岁时出现的，而陆地生命则是在地球 25 岁时出现的。为什么会有这个时间上的差别呢？

陆地生命的出现是否与潮汐有某种关系？

海水的定期涨潮和落潮会带来生命。它会留下一些水坑。生命会在这些水坑里生长起来。有些浸透了水的沙子会对生命的生长有益，逐渐的适应使某些生命体能经受住一次高潮与另一次高潮之间出现的短暂干涸期。生命体会向着岸边越爬越高，直到最后，再也不需浸在水中也能生存为止。

也许，在一个无月球的地球上，由于几乎没有潮汐，所以也就不会发生潮汐引起的海洋生命向陆地生命的转化；在 30 亿年之内也许根本就没有出现过陆地生命？

也许月球是在 6 亿年前不久被俘获的？那些忽然形成的潮汐也许足以促使正在形成的水成岩去清除早期的化石痕迹，使得寒

武纪岩石中生命体的出现似乎那么突然？

几亿年的潮汐会不会最后将生命冲到了陆地上，使那里终于可能出现智慧和技術？

肯定地讲，就算没有月球，地球也不是完全无潮汐的。太阳也能引起潮汐。而且，如果天上没有月球，单是太阳本身引起的潮汐已足以达到月球和太阳一起引起的潮汐的 $1/3$ 。

有人会说，太阳的作用不会太大，况且，月球在许多年以前所起的作用比现在所起的要大得多。

由于潮汐效应使地球的自转变慢，地球自转的角动量就在逐渐减小。但角动量其实不会真的丧失，它只能是被转换。对地球来说，就是由地球的自转变成了地球—月球的公转。地球和月球彼此离得越来越远，它们围绕共有引力中心运行的轨道越来越大，以这种方式来补偿角动量。如果我们再追溯往古，我们就会发现，4 亿年以前，当海洋生命开始向陆地生命转变时，白天一定比现在的要短，月球一定比现在离地球要近。实际上，从那时的化石珊瑚的年轮上我们可以发现，那时的白天是 21.8 小时，月球的公转周期是 21 天（也就是说，月球与地球相距仅 320 000 公里）。

如果我们记得潮汐效应和距离的立方成反比的话，我们便可以发现，4 亿年前，月球潮汐的高度是现在的 1.66 倍，是现在月球、太阳共同的潮汐的 1.14 倍。由于当时的潮汐比现在约高 1.5 倍，并由于其速度比现在快 10%（那时的白天比现在的短），向陆地生命的推进就很可能比现在有成效。

那么，我们可以下结论说，由于地球完成了俘获月球这一棘手的任务（这一任务太难了，天文学家们也弄不懂是怎样一回事），使得陆地生命有可能存在。

当我们计算可能有多少万个可居住行星存在时，我们没有计算过它们当中能有多少曾经成功地俘获过一个碰巧在附近的大型卫星，于是有了陆地生命并从而发展了那种我们正在寻找的智慧及技術。

然而，这种支持地球是唯一有陆地生命、从而唯一有智慧和技术的星球的论点并没有什么说服力。我们并不需要用月球的俘获来解释陆地生命的出现。在生命存在于水中而不是在陆地上的几十亿年里，月球潮汐不管多高，可能都不曾引起过生命向陆地的转移。

在地球形成以来的大部分时间里，地球大气中如果有游离氧的话，它在大气中的比例毕竟一直很小。这就是说，在大气层的外围没有臭氧层，太阳的大量紫外线可以到达地球表面。

这种强烈的紫外线对生命是有害的。因为它会破坏生命赖以生存的复杂分子。然而，它对海洋生命却不会有影响。海洋生命可以深入水下，以接受足够但又不过分的紫外线。

然而，在陆地上，要逃脱太阳的致命辐射就不是那么容易的了。所以，陆地上一直没有生命。所以，使陆地荒凉而无生意的，就是太阳。

即使到了 6 亿年前，当寒武纪开始时，地球大气中也只有不到 5% 的氧气。不过，这种氧气含量得到了快速地增长。一个臭氧层开始形成并变得越来越稠密，紫外线越来越受到臭氧层的阻挡。到了 4 亿年前，紫外线再也不能大量地到达地球表面，那些被潮水冲到岸边的微弱生命组织，有史以来第一次不再立即死亡。渐渐地，陆地上有了生命。

这是解释陆地生命为什么形成得那么晚的一个观点，它比月球被俘获的观点更有说服力。

因此，我们似乎必须放弃那种认为月球是在文明世界的发展中起了一种关键作用的想法，以我们现有的证据来判断*，不管一个可居住行星是否有一颗大卫星、小卫星、被俘获的卫星、几颗卫星，或没有卫星，都不应影响陆地生命的发展，智慧将不受其影响而向前发展。

那么，它们都在哪里呢？

* 我必须强调指出，这种“现有的证据”是零散的和不确定的。任何时候——也许就在明天——新的证据都可能在一个问题上打破这本书的逻辑推断。

智 慧

就算是真的有那么多颗可居住行星，每颗星上都充满着陆地生物，难道就一定会有智慧吗？

也许我们不应该用折中的原理来进行计算，地球上智慧的发展可能完全是一个令人难以置信的侥幸。尽管星系和太空充满生物，甚至有陆地生物，但除了地球以外，其他地方也许根本就没有智慧，因而也就没有文明。

难道产生智慧物种的条件根本不可能具备吗？它都需要哪些条件呢？

首先，智慧物种必须相当大，因为它要长成一定体积的大脑。当然，也不能太大，不能仅是身躯长大。

因而，人比同类的动物——大猩猩要聪明得多，而且，无疑地比更大的（现已绝种的）古代巨猿也聪明得多。古代巨猿是至今我们所知道的最大的灵长目。

不过，人只是现存最大的 9 种灵长目动物中的一种。这 4 种灵长目动物都比从长臂猿变来的稍小些的灵长目动物要聪明得多，而且，在类人猿中，最聪明的人类也是身躯最大的。

非灵长目动物中最聪明的是大象和海豚；这两种动物也很大，无脊椎动物中最聪明的章鱼也很大，鸟类中最聪明的可能要算乌鸦，它也是大鸟。

地球上智慧发展所以很晚的一个原因，也许就是因为这个“大”的问题（其他行星上可能也是同样），因为在盲目进化过程中，要产生一个能容得下所需大脑的物种，是需要相当长的时间的。

更困难的是，由于大脑是所有细胞组织中最复杂的，所以，增加机体其他部分的组织和复杂性，都比增加大脑容易得多。因此，身躯大而大脑小的物种，比身躯大、大脑也大的物种要多得多。

是否身躯和大脑都大的物种很难生成，以至于在任何情况下都根本不可能产生呢？

当然，智慧能提供这么多有利条件，所以变成身躯大脑都大的

物种的趋势将不可阻挡。说到底，是智慧使我们人类能免于任何大型的、爪牙锐利的、凶猛的生物的吞食。任何强大的野兽也不敢与我们作对。实际上我们还不得不特别努力来防止现存最奇观最威严的物种归于绝灭。也许无论我们如何努力，我们也终将失败。智慧是这样伟大，不可能表示温和和慈悲。

但我们也不要被骄傲引入歧途。人的智慧也不是十全十美的，它也有缺陷。由于智慧动物必须相当的大，其数量相对就少。它必须有一定寿命，以便利用其智慧（因为，如果刚学到一点东西就已死去，其智慧也就无用武之地），而它还须以相当慢的速度进行繁殖。

如果一个智慧物种与其他没有智慧的、体小的、数量大、繁殖快的、短命的物种竞争，就会处于很不利的地位。在这个进化过程中，适于生存的可能不是别的，而是繁殖快的物种。

智慧物种的后代很少，在特别复杂的大脑没有适当发育以前，处于不能自立阶段，而即使经过长时间的胚胎期，对大脑的充分发展来说也是不够的。如果在这些幼年动物达到繁殖年龄之前发生意外，那么，就意味着大量的时间和精力损失（从生物学和社会学两方面看，都是这样）。

一个小小的无智慧物种能生产几千甚至几十万个卵，这些卵很快地又变成无尽数的幼体，它们可以完全独立于母体外面生存，其中大部分会被吞食，但对每个卵的投资是微不足道的，而且总会有一部分幼体生存下来。

而且，短命和多产本身就是一种高度的进化。我们最熟悉的短命，多产的昆虫就是一个例子。这些昆虫已经进化成了比所有非昆虫生物的总数还多的物种。只要我们不自视过高，就应承认，昆虫实在是世界上最成功的生物。

即使凭借现有的高度智慧和技术水平，人类对昆虫也无能为力。我们可以轻而易举地对待大象和鲸鱼，但对那些耗掉我们大量粮食的昆虫，我们却无能为力。我们可以成亿万杀死它们，但总有更多亿万的昆虫再繁殖出来。如果我们使用毒药，那么幸而抗

住药性的少数昆虫就会马上繁殖出成亿万的后代，个个都有抗药性。我们靠的是智慧，而它们靠的是多产，结果它们胜利了。

其实，如果不算人类，其他物种更不如昆虫。大猩猩和黑猩猩都不是很成功的物种。在对付敌对环境这一点上，大猩猩和黑猩猩都不如老鼠的本事大，大象看来比不上兔子，鲸比不上青鱼。

难道从根本上来说，智慧的进化是一条死路？难道在达到和超过某个关键水平，从而使智慧物种能在世界上形成一定的统治之前，它们的不利条件将一直超过有利条件？

也许一般来说，智慧克服自身的不利条件以达到和超过一定的关键水平是太难了。地球上的类人也许只是凭着一次侥幸才得以成功，除了地球，其他地方还没有过同样的事情发生。

然而，这种种说法都没有说服力。

我们如果观察一下地球的进化过程，就会发现似乎有一种朝着大和复杂方向发展的趋势（有时甚至有些过分，达到得不偿失的地步）。而且，复杂性的增加好象几乎总会使智慧在很多生物部门中得到发展。

即使在昆虫中，起码也有三种群居昆虫：蚂蚁、蜜蜂和白蚁。它们没有长成体大复杂的个体，而是组成许多庞大复杂的群体，作为一个整体，这些群体似乎比每一个体小动物要聪明得多。

如果在许多不同物种的发展中，智慧都有增强，而且采取两种形式——个体的完善化和群体的完善化——那么，早晚会有一些智慧通过发展超过这个关键水平。

所以，目前我们已掌握的证据就使我们不得不认为，智慧，一定的智慧，只要给以充分时间，在一颗可居住行星上产生文明世界，几乎是一个必然的发展结果。

绝 灭

我们仍然没有能躲开这个老问题，即如果我们没有什么理由来否定银河系里成千上万个文明世界的存在，那么，为什么一切都是那么安静？为什么我们对它们一无所知？

也许这是因为，我们只确定了有文明世界诞生这一点，但还没有想过，文明世界在诞生以后可以维持多久？

这个问题很重要。我们可以假设一个文明世界在诞生后只能维持一个较短的时间，就是说，如果观察一下宇宙中所有的可居住行星，我们会发现有相当一部分还没有文明世界，更多的行星上虽有文明世界，但这些文明世界已经绝灭。

文明世界生存的平均时间越短，我们就越不易碰到一个仍有文明的世界。换句话说现存的文明世界相当少——或者在宇宙历史任何时期中都是如此。

那么，也许文明世界是有内在限制的？其他文明世界之所以不为我们所知，难道是因为它的生存时间太短，不足以被察觉吗？

我们有什么理由可以认为文明世界是短暂的呢？不幸的是从我们知道的唯一文明世界——地球——来看，我们很容易找到这种理由。

我们的文明世界的前途是未定的。简单地说，是因为在解决地球上的问题的过程中，我们很难（也许不可能）进行合作。我们太好胜了，总把自己局部的争吵看得比整体的生存重要得多。

从某种角度上说，所有的生物都是好胜的。由于强大的繁殖力，不管有多少食物，任何一个物种，只要放任繁殖，很快便会超过食物的供应*。接着，这些物种之间就会产生一场争食之战，这种竞争虽然不一定是直接的，也不一定有对抗；但是，一部分物种的生存必然引起（也依赖于）另一部分物种的绝灭。各种植物也是在顽强地、无情地为得到阳光而竞争着。

所以，文明的危险并不仅仅是因为人类好胜，而是因为他们比其他物种好胜得多。我们可以找出几个原因来，其中每一个原因都与智慧有关系——这很不幸。因为它将意味着所有能建造文明

* 在计算一个物种如病毒、细菌，一对苍蝇，一对老鼠，一对人类甚至一对大象在具备放任繁殖、无限食物和只有老死的条件下需要多少时间能使自己的后代达到和整个地球同样大小时，所得的结果常是短得可笑的。拿人类来说，如果开始时为一对，以每年3.3%的比率递增——完全是人类能力范围内的递增，那么他们的后代的体积将在1600年后达到和地球一样。

的物种都必须十分好胜。

比如，由于人有智慧，他们就能比其他物种更懂得竞争的存在。他们不单要争夺眼前的一些食物，或保卫眼前的猎物不被夺走，而且要想出长远之计来战胜其他物种。

在其他物种中间，争食之战只持续到一方将食物吞下，另一方则垂头丧气退出阵地去寻找其他食物为止。一旦食物不见，也就不再用打架和争夺了。

而对于有智慧的人类，情形就不一样。人类具有预谋的能力，因此他们知道饿死意味着什么和在什么时候这种境况可能发生，所以对食物的争夺就更可能是激烈和长期的，并往往招致重伤和死亡。而且，即使一方失败，带着轻伤逃跑，让对方独吞了所有的食物，这场争战可能仍没有结束。

人类的智慧使他们会记仇、失败的一方永远不会忘记伤害过他们生存的事件，所以即使他们知道不能力胜，也会使用狡计、暗算或集合朋友来杀死胜利者。而且这样做对他们自己并不一定有直接的好处，也不一定能增加他生存的机会，而是纯粹出于报怨。

似乎只有人类才会以互相残杀来报复（或是防止报复，因为死人不会说话，也不会设陷阱）。这并不是因为人比其他动物更凶狠，而是因为人更聪明，他们在相当长的时间内能准确无误地记得所发生的事，从而形成复仇的概念。

进一步讲，对其他物种来说，除了食物、性和对幼体的保护外，没有其他事情可以引起争吵。而对人来说，由于他们有预谋，有记忆，任何一样东西都可以激起竞争的欲望。失去某个装饰品，或是未能得到某个装饰品，都能产生怨望，从而导致暴力和死亡。

而且，随着文明的到来和取得，人类文化变得越来越唯物。取得任何数量的不同东西都被认为具有价值。狩猎的发展使石斧、标枪、弓箭有了价值；农业的发展使土地的价值大大提高，兴起的技术使人的财产成倍增长，于是任何东西，从动物的放养到陶器，到些微金属材料，都可以与经济富裕和社会地位等同起来。那时，

人就有各种理由去攻击、守卫和杀戮了。

这还不算，技术的发展必定会增强个人实施有效暴力的程度。这不是舍犁铧而造刀枪的问题。当然，有些技术产品是专为杀害他人而设计的，但是，人在气愤或恐惧时什么东西都会被用来作为凶器，一个平时被用于最和平目的沉重瓦罐，也会被举起来砸碎他人的头颅。

这样的例子举不胜举。现在，人们掌握了一些前所未有的残酷武器，他们还在力图使其更加残酷。

我们可以下结论说，任何一个物种如果没有理解竞争的意义，没有意识到竞争失败的危险，不能无尽数地设想可供竞争的物质和精神对象，不能发明威力越来越大的武器来帮助竞争，就是没有智慧。

所以，当智慧物种发明出威力极为强大的毁灭性武器，以致自身都不免陷于万劫不复的境地时，文明就将自动结束。

看来人类已经经历整个过程，现在正面临着一场大规模的热核战争，这场战争将毁灭文明世界——也许是永久性的毁灭。

即使我们避免了一场热核战争，伴随技术发展而来的另一些事物，如果因缺乏明智的指导而得到蔓延，也会造成祸害。无止境的人口增长，再加上能源和资源的不断萎缩，一定会造成更大的饥荒，于是就又会激发热核战争。

环境的污染也会减少地球的生命力。核电厂的放射性废料，工厂和汽车排出的化学废料，甚至象燃烧煤油所产生的不值一顾的二氧化碳（这可能导致失控温室效应）——在在都能毒化地球。

也许无需恐怖的热核战争，文明也会由于内部暴力而解体。文明社会的各种制约，可能只是因为人口增长的紧张和生活水准的下降而破除。在恐怖主义高涨的今日，我们已经可以看到这点。

那么，就假设所有的地球上都是这样。文明开始后，技术发展加快，直到达到了核弹的水平。然后，忽然“呼”的一声，可能还带着几声抽泣，文明化为乌有。我们不妨进一步把我们自己当作平均数，假设在每一个生存期为 120 亿年的可居住行星上，智慧物种在

46 亿年后才出现，而在随后的 60 万年间从逐渐建立文明到迅速结束，即在发展过程中将行星毁坏到无法再重建文明的地步。

由于 60 万是 120 亿的 2 万分之一，我们可以用 2 万来除以银河系的 6.5 亿颗可居住行星，从而算出只有其中的 32 500 颗还在那 60 万年阶段内。

根据人类在不同的发展阶段所用的时间长短来判断，并以此作为平均数，我们就可以假设有 540 颗可居住行星上有智慧物种，而且，至少在那些比较发达的地方，这些物种正在实行农耕和过着城市生活。

我们的星系中，有 270 颗行星上的物种已发明了文字，有 20 颗行星上已经有了现代科学；有 10 颗行星上已发生了与工业革命相同的变化；另外 2 颗上已有了核能的发展，当然这两个文明世界已经濒临绝灭。

既然人类的 60 万年历史是在太阳的中年阶段发生的，既然我们是把人类的经历当作平均数，那么，就只有 2 万分之一的可居住行星是处于这一阶段内，其中一半还太早，另一半则太晚，也就是说，在大约 3.25 亿颗行星上，智慧物种根本还没有出现，而在另外 3.25 亿颗行星上则有已绝灭文明世界的迹象，至于还存在而且文明程度大大超过我们的星球，则一个也没有。

如果是那样的话，那么即使我们现在对自己的星系存在几个文明世界的分析是正确的，我们未能察觉它们也就不奇怪了。

合 作

但是，这个分析尽管很令人沮丧，也并不一定全然可信。人类并不单是好勇斗狠的，还有合作的一面，甚至无私的情况。

如果人类的智慧能使他们记仇并进行报复，他们同样也能去同情他人，理解和宽恕他人。即使一个人的心极为冷酷，出于纯粹的利己动机，他也能看出合作的优越性。

尽管可以出冷拳打倒竞争对手，把眼前的全部食物吞下，但分享食物，群策群力寻求更多的食物，从长期来说更能避免饥荒。

在人类历史上，无私地为家庭、朋友、部落，甚至为某些抽象的理想而献身的例子是数不胜数的。无数的男女曾把各种考虑置于满足眼前利益甚至生命之上。

虽然无私的人只是人类史上的一小部分，他们的影响却大大超出了他们的人数。

甚至人类最好勇斗狠的活动——有组织的战争，如果不存在士兵们相互保护并经常为同伴牺牲生命这一信心的话，也只能是乱杀乱砍而已。

总之，结果就是人类的政治单元（即暴力受到严厉控制和有组织惩罚的社会）一直在增大并拥有越来越多的人口。

几百人的狩猎部落让位给了农耕社会，再给城邦，再给幅员越来越广的帝国。现在，世界上 1/6 的土地是在苏联政府的统一管辖之下，近 1/5 的人口是在中国政府的统治之下，而世界财富的 1/3 则在美国政府的控制之下。

可以设想，形成一个包括整个行星及其人口和财富的政治单元应是一个自然发展趋势。

但目前这种宝贵的迹象还是太少，世界各民族都认为他们的意愿高于一切法律，并能不高兴时随意相互征伐，而有些民族还真的这样做了。不但如此，内部的制约也会失灵，于是内战和各种各样混乱和恐怖也就产生了。

不过，自从有核弹以来，也能明显看到人类已越来越不愿冒战争的风险，从 1945 年以来，几个大国之间还没有发生过战争，也没有让什么小型战争达到正式把大国卷入的程度。

而且，人们越来越认识到人口过剩，环境污染，资源枯竭和互相敌视影响着整个地球的危险，必须采取全球规模的解决方法。这个想法似乎不合某些人的心意，当世界各国人民不得不抛弃怨恨和怀疑以实行合作时，有些人就会难过得咬牙切齿。

也许人类不能达到这个目标。武力可能压倒合作的力量，或者我们已经贻误时机，即使我们现在全力合作，但在各种压力下，我们已不能防止文明世界最终崩溃。不过，即使我们彻底失败，这

个失败也不将是我们认命或坐视的结果。我们将进行一场搏斗。

这将是一场死里逃生的搏斗。我们或者功亏一篑，归于灭亡，或者历尽艰难，幸存下来。

从这里，我们可以根据折中的原理推断：总的来说，死里逃生是所有的文明世界的必经之路。由于历史，习性甚至生物的可测偶然性，有些文明的幸存机会可能比我们好，也可能比我们坏。

如果从平均数来看我们的地球文明，并想象我们自己也同样可能失败或幸存，那么，我们就可以设想，银河系中已有的文明世界中，有一半可能都已战胜了我们现在面临着的这种危机。

当然，目前的这种危机决非文明世界面临的唯一致命危机。还会有来自外界的危险：在离文明世界不远的几光年范围之内，可能会爆发新星，它的辐射会大大损害生物的基因结构；小行星会与行星相撞；这颗行星的太阳可能出现阵发性的不稳定。

还会有各种内部的危险。由于我们的文明尚未达到能遇上这些困难的阶段，我们就很难发现这些困难。例如，假定一个文明已经解决了自己的全部问题，稳稳当当地进入了一个安全境界，但却纯粹因为百无聊赖萎顿至死。

也许不管文明世界解决多少问题，它终将灭亡。

那样的话，每一个文明世界的平均持续时间有多长呢？

在这个问题上，我们没有任何逻辑的回答，也作不出什么合乎情理的猜测。我们一概不知，也说不出。

我们可以认为，既然我们还没有被任何先进的文明世界访问过，文明世界的持续时间一定很短。

在得出这个令人扫兴的结论前，我们不妨先作一个试验：假设文明世界的持续时间很长，然后来看其中是否有什么合乎逻辑的根据可以解释我们尚未被遥远星球上的同类智慧访问过。如果我们从未有过他们的消息这一点根本就没有根据的话，那么，我们就必须回到文明世界的持续时期短暂这一假想上来。

在进行这个试验中，让我们假设每一个文明世界在由于某种原因灭亡前能持续 100 万年时间。为什么是 100 万年呢？因为

“100万”是一个相当可观的整数，对人类来说很长，而对行星来说很短。

再说，我前面的设想，认为文明世界一旦消亡，便是永久性的灭绝，行星上从此便不再会有文明世界，难道不合理吗？

也许不合理。即使人类把自己炸掉，使大地、水、空气受到放射性污染，这种放射性也会随着时间而渐渐减弱。会有一些生命幸存下来，几百万年过去，地球伤愈之后，地质演变的结果将重新提供资源，同时，进化过程将重新呈现多种多样的生命形式，于是另一个智慧物种将出现并发展一个新的文明的世界。

如果一个人道的、长寿的社会不是因为武力而是象生物一样由于衰老而结束的话，那么这种推想就更正确了。

这样，我们很可以假设，在10亿年之内，会有第二代文明世界出现，并在生存了100万年的平均年龄之后归于消亡。一句话，会有第二代、第三代一直到第十代文明世界出现，直到这颗行星所围绕的恒星离开主星序为止。

我们还没有什么证据可以说明这一点。在地球上，我们现在的文明世界是个第一代的文明世界，这似乎是无可置疑的。没有任何迹象表明曾经有过什么更早，即早于人类的文明世界*。就我们所知道的地球生命进化史来看，我们没有发现有什么在人类以前的物种可能建立过这样一个文明世界。

不过，我们根据直觉很容易相信这种几代的文明世界确实存在，也许一个临近死亡的文明世界会为自己准备后路，对某种较有智慧的物种进行改造，或者直接创造一种智慧来代替自己。

把一颗行星上几代文明世界都算在内，我们可以设想，在这颗行星的太阳停留在主星序期间，文明延续时期的平均总和大约是1000万年。

这个估计是相当保守的。它说明，一颗类地行星上，从第一代文明世界兴起后，它作为生命家园的时间只占行星全部生存期的

* 即使我们相信象亚特兰蒂斯这样的故事，那也只不过是说一个略为早期的人类文明。

1/740，也就是说，每 57 万颗恒星中，只有一颗的光是照在一个目前尚存在的文明世界上。

我们曾算出一共产生过 3.9 亿个文明世界的数字，我们现在又有了第 13 个数字：

13——银河系中，现存的有技术文明的世界的行星是 530 000 颗。

探 索

即使考虑到文明世界的死亡率，银河系目前也仍有 50 万以上的文明存在。那么，我们便不禁要问，这些文明世界都在哪里呢？

但是，不能因为这 50 万个文明世界是在我们自己的星系内，就过低估计他们与我们的距离。不管从哪一点上说，他们都不是我们的近邻。

在银河系的外围（我们已认定文明世界就在这个区域），两个无引力联系即并非聚星系统的相邻恒星之间的距离约为 7.6 光年。

如果每 570 000 颗恒星中有一颗的光是照在一个目前存在的文明世界上，那么两个相邻文明世界之间的平均距离为 7.6 光年乘以 57 万的立方根，也即 630 光年。

这是个很大的距离。也许我所讲的许多用来解释为什么其他文明世界未来访问过我们的原因中，无法克服这个距离是最有说服力的。一个文明世界，无论多么发达，很可能都只局限在自己星系内，根本不可能有什么相互来往。

不过，也可能是因为，仅靠我们现有的技术水平来进行星际飞行还是困难的。100 年以前，我们还认为登上月球是一个不可逾越的困难，喷气飞机和电视是异想天开，而现在这些东西已普通得不在话下了。

如果再有 100 年——或在我们估计的 100 万年文明生存期中再取用 1 000 年——星际飞行难道还不会成为一件稀松平常的事吗？

让我们以后再来考虑这些正反面的理由。现在我们先来假设，在银河系的 50 万个文明世界之间进行星际飞行是现实的，从一个行星系到另一个行星系没有什么困难。如果是那样的话，为什么他们没有来访问我们呢？

会不会是因为他们一个个跑到太空中时，彼此相遇发生了冲突呢？就算是每一个文明为了进入太空，都组成了行星际的政治单元，星球之间难道就没有战争了吗？

如果我们作一番戏剧性的想象，也可以认为文明世界会用炸毁整个行星或使恒星离开主星序的方法来互相残杀。

但我认为这个想法不对。那些在自己的星球上已经好不容易克服了过度暴力的文明世界，深知和平的来之不易，所以在离开他们的行星后，他们当然不会轻易忘掉过去的一切。

另外，这一场斗争也决不会象我们通常所说的那样两败俱伤，势均力敌到同归于尽。比较发达的会获胜，在银河系建立起自己越来越广阔的势力范围。的确，那些最古老的文明世界，由于一心想扩大自己的天地，可能早已攫取了几十个，几百个，几千个可居住行星，使当地的文明根本来不及发展，从而也就永远失去了这个机会。

在这 50 万个可居住星球上可能确实都有文明世界，但它们可能都只属于少数几个“银河国家”，相互之间维持着一种不稳定的和平。也许其中最古老最强大的文明世界已经征服了所有的星球，扼杀了那些尚未开始形成的文明，毁灭或奴役了那些较晚形成的文明，建立了自己的“银河帝国”。

但是，如果这样的话，为什么我们地球还没有被扼杀掉？被取代？被奴役？被摧毁？这个银河帝国的恐怖又在哪里呢？

也许正在途中。银河系太大了，它还没有来得及到达。

当然，这不太可能，银河系是在 150 亿年前就已形成的。真正的巨星在存在几百万年之后就会爆发，因此，银河系存在 10 亿年后，在其外围就一定已有了越来越多的第二代恒星，再加上发展文明世界所需的 40 亿年，有些文明进入太空扩展可能已有 100 亿

年的历史。

银河系周长是 31.5 万光年，所以要从一端到达另一端，即使沿着周边绕行，也有 15 万光年以上。这就是说，那个扩展领域的文明世界，平均每年只要进展地球到太阳这样一段距离，100 亿年就可绕行这一距离。

这只是指一个文明世界来说，如果是两个以上的文明世界，那么由于文明中心的增加，殖民的速度也会增加，即使假定这个速度不十分快，银河系的每一个可居住的地方也一定已被彻底探查过了——只要他们已经发明了一种实际可行的星际交通方式。

那么，他们为什么还没来过地球呢？

是否可能因为他们遗漏了我们？由于恒星太多没有看见我们？

这不太可能。我们的太阳当然是一颗类日恒星，我不相信用 100 亿年的时间在银河系寻找，还会遗漏任何一颗这样的恒星。

那么，如果星际飞行有实际可能，我们应该已被其他星球访问过了。但既然地球还未被征服被解决，既然我们的独立文明并没有遭到任何干扰，那么，我们的文明就不是银河帝国带来的。

向外扩展的那些文明世界可能是很仁慈的。他们可能原则上允许所有的可居住行星都按自己的方式发展生命，他们可能原则上只在那些缺乏可居住行星的行星系建立自己的基地和取得资源，即只利用火星或月球之类的星球。

各个文明世界可能组成一个银河联邦，而我们的行星系可能就象是这个联邦的保护国，直到本身产生文明世界并发展到够资格参加联邦。

也许，星际飞船一直在观察我们。奥地利出生的天文学家戈尔德（1920～ ）就曾开玩笑地说过，在地球还是一个新生的、荒凉的行星时，观察飞船可能就已经着陆过，他们留下的垃圾废物中含有细菌，于是地球上就有了生物。这是阿亨尼斯的外空芽胞植根地球说的一种翻版。

所有的这些都可能吗？我们能想象文明世界彼此之间这样关

心，而不实行占领吗？

也许我们可以这样说，50 万个文明会以 50 万种不同的方式对待宇宙，产生 50 万种文化，有 50 万种科技发展道路，50 万种文学艺术和娱乐方式以及各种交往方法，其中有些是能在各智慧物种之间沟通的，所以即使得以传递和接收的部分极微，每一个物种都会理解。实际上这种相互充实还可能增加每一个有关文明的生命力。

访 问

如果地球以外的文明已经来过地球，并且从原则上已经让我们不受干扰自由发展，那么他们最近是否在人类出现后来过，而我们是否意识到这点呢？每一种文化都有自己的关于具有超自然能力的人物的传说，说他们在原始年代是如何创造人类并教导他们学会各种技术。这些关于神的传说是否起源于对不久之前天外来访的模糊记忆呢？即使地球上的生命不是太空播种的结果，那么技术是否可能得之于地球以外呢？也许外空人不仅允许文明在地球上发展，而且实际还帮助过这一发展？*

这点是发人深思的，但还没有任何一点令人信服的证据。

当然，人类并不需要外空人才能编出这些传说。关于亚历山大大帝，和查理曼大帝的长篇传说，也几乎没有什么事实根据，虽然他们完全是历史舞台上的真实演员。

就这点来说，连福尔摩斯这样的小说人物在全世界亿万人的眼中也变成了活生生的真实人物，至今各种关于他的传说还源源不断地产生。

另外，那种认为任何技术在人类历史中都是突然出现，或者任何制品对当时的人来说都太复杂，所以一定是出于某种更成熟的干预等等说法，当然也是极端错误的。

丰·丹尼肯的书代表了这种戏剧性的说法的最近一次回潮。他发现所有的古老工程都不是过于庞大（如埃及的金字塔），就是

* 这是科幻电影《2001 年：星空远征》的主题。

过于神秘（如秘鲁荒漠中的标记），不可能是人类创造的。

然而考古学家们却坚信，具有公元前 2500 年的技术水平，加上人的才智和体力，已完全可以修建金字塔。认为古人不如我们聪明的看法是错误的，那时的技术可能比现在原始，但他们的智慧一点也不差。

而且所有丰·丹尼肯认为神奇因而应属于外空因素的东西，考古学家相信他们都可以用一种完全属于人世的方式来解释得更加清楚。

因此，尽管可以想象过去，甚至在不久前曾有地球以外的文明来过，但都没有任何确实的根据可以证实这一点。就我们所知，那些热衷于地球以外文明的人们为此提供的证据，都是毫无价值的。

但甚至古代宇航员来访的说法也并不是最戏剧性的假设。现在更有无数报道说，有地球以外的文明正在进行访问。

这些报道的根据通常是，有人看见了某种不能解释的东西，他们（或代表他们的人）把这种东西解释为星际飞船。**常常听到的说法是：不是太空船，还能是什么呢？好象他们的无知就是一个决定因素。**

自有人类以来，人们经历了各种自己不能解释的事情，越是经验丰富和思想开阔的人，就越欢迎不能解释的事物，因为这是一种饶有兴趣的挑战，但他们是冷静加以对待，而不是匆忙作出结论的。**在从事研究时，有一条规则，即首先寻找与事实相符的最简单、最通常的解释，而只是在不得已的情况下，才逐步去探讨更复杂和更特异的解释。如果最后仍没有一个象样的解释，那么也只能暂时搁下不提；成熟的观察家一般都懂得不确定是无法避免的。但不够成熟缺乏经验的人却不耐烦困惑，听得片言只语，只要能够满足人类喜爱戏剧性和刺激这种基本需要，就据以匆忙作出结论。**

这样，生活在一个普遍信仰天使和恶魔的社会里的人，只要一看到神秘的光或听到神秘的声音，就必然认为这是天使和恶魔或是鬼魂等了。

在 19 世纪，人们遇到这种现象时，常把它们看作是飞行机器。

第二次世界大战后，当一般人都知道有火箭时，人们又把它们说成是宇宙飞船。

从此就开始流行起“飞碟”的说法（这名称是1947年开始出现的），或者更确切地说，叫做“不明飞行物”（UFO）。

“不明飞行物”这种东西的存在是无可置辩的。从来没见过飞机信号灯的人在看见飞机信号灯时就说他看见了一个不明飞行物，由于雾或是由于离地平线太近，金星的形状发生变化，给人造成一个很近的错觉，于是也被说成是不明飞行物。

每年都有成千上万个关于不明飞行物的报道，其中有些纯属欺骗，有些是真实的，但可用常理解释。还有极少一部分是真正神秘莫测的，它们是什么呢？

这些真正神秘莫测的发现之所以神秘，往往是因为资料不充分。当一个人看见一个他所不能理解的事物，而且是在一瞬间毫无准备的情况下看见的，因此激动或害怕起来时——这样他能收集到多少资料？

当然，那些狂热者们认为这些神秘东西就是外空飞船的证据。他们甚至把那些一点也不神秘，而且显然是错误甚至欺骗的东西，也作为外空飞船的证据。有些人甚至说他们已经登上过外空飞船。

不过至今还没有任何根据设想任何一个不明飞行物就是外空飞船。当然，外空飞船不是不可想象的，明天可能就会出现一个，于是人们就只好加以承认。不过到目前为止，还没有任何迹象。

那些似乎最真实可靠的不明飞行物报道只不过是提到了某种神秘的光，但随着这些报道越来越富于戏剧性，它们也就变得越来越不可靠。那种所谓真正遇到了“第二种类或第三种类”的说法看来是毫无价值的。

所有关于外空人的报道，都把他们的描写得基本上和人的形体一样，这种可能性实在太小，不值一提。至于对飞船本身和外空人的科学设备的描述，则往往暴露了描述者对一些早期的科幻电影知之甚详，而对真正的科学却一无所知。

总而言之，如果我们以为星际飞行是轻而易举，就不得不设想外空人曾到过地球或正在地球访问，或地球正在接受外空帮助，或至少是未受各个仁慈文明的联邦的干预。

也许是这样。但听上去这些都没有任何说服力。还是假设星际飞行是并不容易或并不现实来得可靠些。

因此，在本章结束时我能作出的结论就是：地球以外文明确实存在，也许还是大量存在，但他们所以没有来过地球，很可能就是因为无法克服广漠的星际距离。

第十一章

空间探索

下个目标

一个存在无数文明世界的宇宙中，又似乎只有我们人类存在，而解决这个矛盾的困难则在于空间。那么，就让我们进一步来看看这个问题。

人类只是在 1957 年 10 月 4 日才把第一个物体送入宇宙轨道。从此，“空间时代”开始了。“空间时代”开始十几年后，人类登上了月球。这是一个很有希望的开始。显然我们可以再进一步。

从某种意义上说，我们已经在向前迈进了。我们已经使仪器在金星和火星表面软着陆；照片和其他数据已经发回地球；探测火箭已经不着陆掠过水星和木星表面，同时发回了照片和其他数据。现在，人们又向土星和更远的地方发射了探测器。

然而，这种无人驾驶的人造装置的纵深飞行并不象探险那样使人感到立下了丰功伟业。人类本身是否也能与无生命仪器一样，到月球以外的星球上去呢？

不幸的是，登上月球并不是一个很有希望的开始。它离地球太近，很容易使我们产生一种错觉，从而低估空间探索的距离。

月球与地球相距毕竟太近，从地球到月球只需 3 天时间，而哥伦布横渡大西洋则用了 7 个星期。

登上月球，只不过是宇宙的广阔无垠的天地里留下了最微小的足迹。实际上我们还没有完全离开地球。因为月球与地球就象一只苹果与一颗苹果树一样，月球完全依附于地球的万有引力

影响——这是牛顿在几个世纪以前就发现的。

当然，在月球周围几百万公里之内，即从月球到地球之间距离的 10 倍到 50 倍的地方，偶尔也会有一些小的星体——偶然的一颗流星或彗星。但除了月球以外，离地球最近的、较大的星体就该算金星了。

金星即使在离地球最近时，两者间的直线距离也有 4 000 万公里。这个距离为月球与地球之间距离的 105 倍。

空间飞船不能笔直地穿过行星轨道之间的空间。它的一条最经济的航行路线是从地球开始与金星轨道相交的一条椭圆形轨道。金星此时正好到达这个交会点上。

我们发射的探测器到达金星需要 7 个月。这些探测器在开始时得到一次加速推力，然后任其滑翔全程。对于一个无生命体来说，时间问题无关紧要。

但是，如果是载人飞船的话，时间就很重要。必须在很短的时间内走完全程，而要做到这点，最简单的办法就是尽量加快速度。

人们已经不止一次地靠加速来解决距离问题。我已说过：尽管从地球到月球的距离几乎是大西洋宽度的 80 倍，宇航员却只用 3 天就登上了月球。而哥伦布横渡大西洋却用了整整 7 个星期。

这是因为宇航员的速度比哥伦布的速度快 300 倍。那么，再把这个速度加快 70 倍，也可以用 3 天就到达金星。

一种加速的方法是使用高于月球火箭推力 70 倍的火箭来发射，使宇宙飞船的速度等于月球火箭加速度的 70 倍。但即使我们有这么大的推进器，也情愿消耗这么多的燃料，人体却只能承受一定的（不大的）加速度。使飞船能神速地发射到金星上所需的加速会使宇航员当场死亡。

另一种加速的方法是用不高于向月球发射飞船的速度，然后再逐渐地进行适当的加速。这样，飞船便可以越来越快，直到飞完一半的路程。然后，使火箭从反方向排气，用相当时间逐渐减低飞船速度，使其能与金星相会。

加速和减速都需要时间。因此，这一旅程需要的时间将大大

超过 3 天。这还不算，还要消耗大量的能。所以我们可以得出一个总的规则，即减少旅行时间就要消耗更多的能（就是说，如果宇航员以比哥伦布快 1 300 倍的速度前进，他所消耗的能就远不止是哥伦布所消耗的 1 300 倍）。

时间长短与消耗的能量似乎永远是分不开的。如果我们对自然规律的理解没有错，我们就没有任何办法使这二者分开。由于人体所能承受的加速度和经济上所能负担的能量消耗这两个因素的制约，使得我们的第一批（如果有的话）载人飞行至少要用 4 个月才能到达金星。

人们已经在空间中呆过 4 个月之久，但他们是住在空间实验站里，离地球很近，可以随时得到救援。在狭窄的船舱里在空间呆上 120 天，每时每刻都意识到离地球越来越远，的确是一种心理上的压力。

更糟糕的是，一旦到了金星附近，由于金星表面的灼热，人们不能着陆，只能靠空间飞船发射的无人驾驶探测器去对金星表面进行探测。无人驾驶探测器可以在金星轨道上停留，还可以经过 4 个月的飞行又回到地球上。

既然金星表面仍将由无人驾驶的仪器来探测，那么，这个探测器也可以远从地球直接发射——一部分探测器已经这样做了。从载人飞船上发射探测器并接收讯号所得到的好处，很难说明为此在太空呆上 8 个多月所经历痛苦是值得的。

离太阳最近的水星比金星距我们更远。水星离我们最近时也有 8 000 多万公里。这是金星与我们最近时的距离的两倍。

但水星至少可以让远征的宇航员着陆，因为我们可以想象他们在水星黑暗的一面降落，在太阳快升起来、他们不得不离开之前，先在水星表面进行几个星期的探索。

不过，驶向水星的航行使宇航员们来到了离太阳仅 6 500 万公里的地方。在那里，太阳的辐射会比地球周围强烈 4 倍。由载人探测器飞上水星去所得到的东西，比由无人探测器去飞行所得到的东西要多，但冒大量辐射作用的危险所要付出的代价也许是太

高了。

既然朝太阳方向的旅行没有什么合适的目标，与太阳相反的方向怎么样呢？

背着太阳方向，离地球最近的行星无疑就是火星了。火星与地球的最近距离是5 800万公里。除了金星外，再没有比它离地球更近的行星，朝火星方向飞行意味着太阳辐射强度的逐渐变弱。而且，火星是一个冰冷的世界，即使在太阳的照射下，人们也可以在那里进行无限期的探索（不过，除了火星自身的一些稀薄无用的大气外，还需有些措施来抵挡太阳紫外线的照射）。

然而，到火星去旅行，一来一回要一年多的时间。虽然火星在太阳系里是除地球以外最为舒适的一颗行星，可以在上面作或长或短的停留，这样长期的飞行也肯定会使人们不易忍耐。

再比火星远的星呢？要到稍大的小行星上去，或是到巨大行星的卫星上去，将意味着跨过外太阳系的广漠空间。这一行程需要几年甚至几十年的时间。这样远距离的载人飞行在目前还不现实。

这样，除了月球以外，就只有火星算得上是个适合的目标了。而且也是一个可能达到的目标。

空间城

从实际意义上来说，我们在宇宙中取得的最初胜利似乎并算不了什么。看起来，在可以预见的将来，我们的生活只能限于地一月系统。

不过，这可能只是因为到此为止我们一直把地球本身作为空间探索的基地。是否能有其他可供选择的基地呢？

如果我们仅局限在地一月系统里，那么，唯一的可能就是月球。假如我们在月球上建立一个完善的基地，那么就能在那里建造宇宙飞船、积聚燃料。与地球相比，月球的逃逸速度要小得多。因此，从月球上进行发射就比从地球上发射能节省很多能量，可以把更多的能量用到加速和减速上去，从而缩短飞行时间。尽管如

此，飞行时间也会很长而不实际。

但我们还可作另一种设想。由于我们和我们所知的所有生命体都是住在星球表面，我们自然会觉得其他任何不在星球表面的东西便都是非自然的。1974年，美国物理学家奥尼尔(1927~)提出了可供人类居住的空间城设想。这并不是个新的概念，它早已在科幻小说中出现过，但从来还没有人象奥尼尔这样详细认真地提出来过。

奥尼尔甚至提出了两个可以用来作为人类居住的基地。这两个基地不在月球上，但它们与我们的距离正象月球和我们的距离一样。

假设月球在天顶位置，从月球沿天空往东划一条线到地平线。在这条线的 $\frac{2}{3}$ 处，即离地平线 $\frac{1}{3}$ 处，并和月球到地球等距的地方，就是这两个基地当中的一个。再从月球朝西划一条线，线的 $\frac{2}{3}$ 处，地平线以上 $\frac{1}{3}$ 的地方，则是另一个基地。

把一个物体放在这两点的任何一点上，那么它便与月球和地球形成了一个等边三角形。从月球到地球的距离是 384 400 公里。所以这两点中任何一点到月球或地球的距离也应该是 384 440 公里。

这两点有什么特别的呢？早在 1772 年，法籍意大利天文学家拉格朗日(1736~1813)就证明，对月球来说，任何小的物体都可以在这两点上保持基本固定。当月球围绕地球运行时，这两点上的小物体也与月球保持同步，一起围绕地球运行。地球和月球的不相上下的引力会使它们保持在自己的位置上。

如果一个小物体不是正好在这点上，那么，它就会围绕这个点来回抖动（“释放”）。空间的这两点被称作“拉格朗日点”或“释放点”。

拉格朗日一共发现了 5 个释放点。其中的 3 个没有什么实际意义，因为它们不够稳定。为使物体对月球保持稳定，就必须永远使它们呆在这两点上。否则，稍微偏移一点就会引起更大的偏移，再也不能恢复原位。物体能保持稳定（除处于释放状态外）停留的

这两点，就是与月球和地球组成等边三角形的两点。靠东边的一点是L4，靠西边的是L5。

奥尼尔认为应该利用这个引力同步，并在两个释放点的周围建立空间城。这两组空间城将永远成为地—月系统的一部分。它们可以是球体、圆柱体或环形物体，足以容纳一万人至1 000万人。

人们可以在这些物体内生活。这些物体将以能产生一种离心效应的速度旋转，从而以相当于地球表面引力的力量把所有的物和人人都牵制在它的内层上。于是，这个内层就可以设计规划成一个人们熟悉的世界。在这个世界上，将有可耕作的土地，还有畜牧业。所有的人类产品——如楼房和机器，那里都有。

这种空间城的外壳将由金属和玻璃相间组成。阳光通过和空间城一起进入轨道的大镜面的反射进入空间城内作为照明。否则，那里将象一个大穴洞一样黑暗。射进来的阳光可以由百叶窗控制，形成昼夜交替，并保持温度的稳定。

空间城将从太阳那儿得到能量——一种丰富、容易控制和无污染的能量。

较大的空间城里，大气层的厚度将足以形成蓝色的天空，托住云彩。大的空间城内层的一些地方还可以被修建成山区——一些名符其实的山峰，而不是摆摆样子的浮雕。

建造这样的空间城是很费钱的。但比起目前世界用在制造各种武器上的钱还是要少得多。为使地球生存下去，就必须进行越来越紧密的国际合作，也就是必须减缩这些武器的生产。在空间修建城市的工作将使我们积极地去利用现在正用于战争和备战上的人力和财力。

另外，随着修建空间城的实用技术的提高，以及出于扩展自己的活动范围的自然愿望，空间居民将把修建更多空间城的工作承担过来，从而使建造空间城的费用有所减少。

但是，到哪里去找建造这些空间城的材料呢？地球承受着沉重的人口负担，其主要资源的储量已逐渐枯竭，不可能再提供这样

大量的资源。修建每一个空间城都需要几万到几百万吨的建筑材料。

但是我们有月球。月球是一个完全没有本身生命的死寂星球。否则，这些生命的“权利”从道德上说就会使我们产生一种不安。

构成月球的物质可以用来生产铝、铁、钛、玻璃、混凝土和其他所需的建筑材料。月球土壤将可用来铺设空间城的内表层。所有这些材料不仅大量地存在，而且，从月球上将它们搬走所需克服的较弱引力仅有从地球上将它们搬走时的 1/20。所有的熔炼和其他化学处理都可以在空间进行。

当然，月球物质并不完全适合人们的需要。它缺少碳、氮、氢这些易挥发元素，而这些元素则是空间城生存所必不可少的。很幸运的是地球上并不短缺这些元素，完全可以提供初步建设所需的数量。当然，我们必须小心地保存和重复利用这些元素，而把损耗补充限制在最低点。最后，我们还可以从过往的彗星等来源开发易挥发物质。

会有什么危险和困难吗？当然会有。

流星撞击的可能性虽然存在，但并不大，这种危险要比地球上地震或火山爆发少得多——这后两者有时能摧毁很多城市。

强烈的太阳辐射很危险。但对受铝、玻璃和土壤保护的空间城将不会有任何影响。宇宙线粒子倒是个更麻烦的问题。空间城必须有一个相当厚的外壳来吸收大量这种粒子。

另外，圆柱旋转时的离心效应也和地球的不完全一样。在地球上，当我们从地面上站起来时，引力的影响不会发生什么明显的变化。然而，在旋转着的空间城里，当你从地面站起来时，其离心效应会立即变弱，在空间城旋转轴附近这个效应将下降为零。目前，我们还不知道，这种起伏不定的引力效应在长期内是否对人体有害。但是，根据我们在空间的经验，我们完全可以希望它不会有什么害处。

为什么要修建这样的空间城呢？人们是不会因为单纯地想开开心而去进行一项巨大的建筑工程的。例如，长城是由于当时中

国北方各族间的争战而修建的；埃及金字塔的修建，则是因为那时的宗教信仰使人们认为，保存君主的尸体便能保证国家的昌盛；中世纪的教堂是为至高无上的上帝而修建的。

至于空间城，则是由于石油供应的下降和寻找一种能充分、安全、持久地替代石油的新资源而设想的。

直接利用阳光可以是一个出路。在空间，人们可以得到比在地球上更充足的阳光。那里的太阳能电站可以不受大气影响而最大限度地得到太阳能。如果这个电站处于地球赤道上空的同步轨道，如果它的高度略高于 35 000 公里，那么，这个电站在一年内就只有 2% 的时间处在地球的阴影下。

在地球周围修建几个发电站，就可以满足人类在无限期的将来对能量的需求，也可以使地球上各国有理由去积极地进行合作，因为修建和维护这些电站将可以确确实实地成为每一个国家维持生存的途径。

如果人们都认为有必要修建这样的电站，并努力进行建造，空间城就自然会成为在月球开采站和在电站工作的人员的居所。

的确，有了太空电站作动力，空间就可以越来越广泛地被用来修建观测台、实验室。大型的工厂，其自动化和电子计算机化的水平都会比现在地球上高得多。

等到这么多的人类工业、技术活动都搬到太空去进行以后，地球又可以回到一个更理想的荒原—公园—农庄的状况中去。我们可以在具有工业和技术所带来的物质利益的同时，使地球恢复自然之美。

在今后的几十年中，一旦空间城的建造变成地球人口为满足能源需求而制定的计划中的一部分时，还会有不少相应的好处。

随着空间城数量的增加，人们的活动余地也会加大。在一个世纪内，空间城就可以供 10 万人居住；在两个世纪内，空间的人口就会比地球上的人还多。

这并不排除降低出生率的长远目标，因为如果人类继续按现在的出生率繁殖，约 9 000 年后，整个人类的质量就会和整个宇宙

的质量一样多了。

其实，就在眼下我们也需要降低出生率。因为早在这 10 万人能搬到空间去之前，地球人口早已增长到 250 亿了。那将是灾难性的。但空间城可以起着安全阀的作用。有了空间城，出生率就不必降得那么低了。

空间城不仅可以给人们以生存的余地，它们犹如雨后春笋般的建立还可以带来丰富多采的文化。每一个空间城都有自己不同的生活方式，有的可能很特殊。每一个空间城都有自己独特的服饰、音乐、艺术、文学、家庭生活和宗教风格。创造性的发挥，尤其是科学的发展，将是无止境的。

甚至那里还会出现唯独空间城才有、地球上不可能重复的各种生活方式。

在较大的空间城登山将能享受到地球上所没有的舒适和乐趣。爬得越高，空间城旋转发生的离心效应的引力就越小。这样，再继续往上爬就更容易了。而且，那里的空气既不会太稀薄，也不会太冷。

最后，在山顶上精心围起来的、离心效应特别小的地方，由于空气稠密，引力微弱，只要给人们安上结构轻巧的塑料翅膀，他们就可以借自己的臂力飞起来。

空间遨游

不过，对本书来说，空间城的主要价值还在于它们可以使我们对太阳系进行探索——主要是由于心理上的原因，而不是身体上的原因。

首先，空间飞行对地球上的人来说毕竟是异常的。他们将离开自己的世界，离开他们的生命发育演化已达 30 亿年以上的地方。

但另一方面，空间飞行对空间城居民来说却是生活中的要素。他们的世界将会由于空间飞行而增加，他们在月球开采站和在空间城建筑工地的的工作将理所当然地包括空间飞行。

在这些不断增加的空间城之间也会有旅游事业。

由于这些空间城没有自己内在的引力，由于它们与太阳、地球、月球的距离几乎相等，从一个空间城到另一个空间城就只需很少的能量，犹如在平坦的冰上滑行一样。

鉴于能源消耗不大和各个不同的空间城之间丰富多采的文化，访问者们将会发现许多吸引他们和使他们感兴趣的东西。这些空间城居民很可能从小就进行空间旅游，空间旅游的概念对他们来说一点也不可怕。

即使空间城居民想离开释放点，甚至即使他们在月球上而现在想离开月球，他们也不需要什么强大的起动力和加速。而在地球的强大引力的牵制下，要穿过地球大气将火箭发射出去，就需要这种加速。所以，如果不需要加速，那么空间飞行中最难受的阶段就可以避免。

因此，当地球上的人总的来说还在犹豫不决，当他们当中只有很少一部分人从体力上和气质上具备了探索空间的条件时，空间城的居民们却可能都具备空间探索的条件。

另外，对地球上的人来说，空间飞行的环境是一个根本的变化。他们已经习惯于依附在一个广阔的世界的外表层上；习惯于在一个巨大的范围内的食物、空气、水的循环使用而不以为怪，也习惯于处处都一样的引力强度。

而对空间城居民来说，空间飞行所引起的变化根本不明显。首先，他们是住在一个世界的内部，他们能感觉到、也习惯于食物、空气和水在有限范围内的循环使用，他们已经适应了多变的引力影响。

总之，空间城居民在进行长期的空间飞行时，只是从一个宇宙飞船换乘另一个虽然较小、但几乎仍是一样的飞船。

所有这些并不一定会使飞行到某一目的地的路程缩短，或是不那么乏味。但是，起码使人们从心理上感觉轻松多了。一队空间城居民在向火星或更远的星飞行时，无疑要比一队地球人更能适应飞船上有限的船舱，他们的感觉会轻松得多，工作效率也会高

得多。

不过，我们还得提出那个动力的问题：什么东西会驱使空间城居民跑到太阳系外去呢？

人们的好奇心和求知欲会使他们去进行偶然的长途飞行，但是对于一个大规模的运动来说，好奇心与求知欲绝非唯一的原因。一定要有其他原因。

这个其他原因很容易找到。

月球两边的释放点不太大，很快就会被占满。而且，随着越来越多的空间城的修建，随着它们逐渐被住满，地球上的易挥发元素的外流就会越发明显，地球上的人们会越发地不愿意失去这些元素。

因此，寻找别的生存空间和更理想的易挥发元素资源将是很有用的。

总的来说，内太阳系很缺乏易挥发元素。月球、水星上一点也没有；金星不可接近；火星虽然可接近，也有易挥发元素，但加以取用也许不大合乎道德。等到空间城居民去远征时，火星上也许早就有人了。那里的易挥发元素早已归他们所有。

我在前面已说过，易挥发物丰富的彗星是常来常往的。但这只是一个断断续续的不可靠来源。随着空间城的增加，这些彗星越发地变得不可靠了。

小行星带才是空间城扩大生存空间的最近、最合适的地方。成千上万颗小行星会使我们比在月球上更容易得到建筑材料，其中将包含大量的易挥发物质。

到了 22 世纪，释放点上的这些空间城很可能只会被当作一个初级阶段，人们会认为小行星带才是空间居民的家园。这些空间居民会远离地球，完全独立于地球之外。但是，用无线电和电视可以看到和听到他们。小行星带上将有充足的地方来永远供人们修建几百万个空间城。

这种向外扩展将会继续下去，空间城将会发展到木星和土星周围，但和这两颗行星的磁场和带电荷粒子保持适当的距离。

总之，空间居民将成为空间时代的腓尼基人、威金人和玻利尼西亚人，远往外层空间去建立自己的新基地。

到 23 世纪时，人类通过在各个有利的地方建立空间城，很可能已将太阳系作了彻底的探索。如果适当集中太阳的辐射，即使在外太阳系的茫茫太空，它也可以充分提供能源，氢聚变反应最终也将成为一个充分的能源。

跳 板

进行这个全面的大探索，即对太阳系实行全面占领的乐观设想在很大的程度上取决于利用月球作为跳板。

如果天空没有月球，如果月球不是和地球一起在一个极少可能的偶然情况中形成，或者不是在地球生命后期的某一极少可能的偶然情况中被俘获，那么，这对人类技术的发展将会带来多么大的影响！

月球是第一个使人们有了多星球概念的星球。月球与我们的距离及月球的大小使人们对它产生了兴趣，引诱着人们去对它进行探索。

没有月球，不断发展的天文技术当然也会使我们认识其他行星是一个个世界。但是，如果离我们最近的合乎情理的目标是金星和火星，如果到达最近的合乎情理的目标要一年的时间，那么，人们还会去进行空间飞行吗？

我们需要一个很容易达到的目标，以使用来研究空间飞行的技术；我们需要一个可能获得的成功来作诱饵，来激励我们去掌握这些技术。

当然，即使天上没有月球，人们可能也会把火箭送上天，把人送到绕地轨道上。这种飞行的作用绝非仅在于登上月球本身。全面地了解地球的愿望——地球资源、大气、气候、磁场、大气外的尘埃和宇宙线，在大气层外观察宇宙以及对太阳能的利用等等——所有这些都促使我们去发展火箭技术和进行空间探索。

如果不是月球使我们产生了那些神奇的幻想，这一切就不太

可能，虽然经过一定的时间，这些事仍可能发生。的确，如果没有月亮，除了载人与不载人登月飞行以外，至今发生的一切也都可能发生，甚至对遥远行星的探索也可能发生。

然而，我们因此就会谈论起空间定居来吗？如果这对许多“头脑冷静”的人来说是不现实的，那么，在月球不能供应原材料因而必须到地球上来寻找空间城所需的全部建筑材料就更不现实了。

而没有空间城，我们就不可能对太阳系进行真正的探索。

那么，如果类地可居住行星不大可能有象月球一样的卫星，如果在这一点上，地球的条件只不过是众星中一个非常偶然的现象，那么，我们就得怀疑其他文明世界是否能超过我们现有的空间飞行水平了。

其他文明世界是否都被局限在各自的行星和近邻内，它们能否向另外的行星发射探测器？不管它们的技术发展程度如何，它们可能做到这几点吗？这个想法很有趣，它将能透彻地解释为什么尽管在我们银河系中就可能拥有 50 万或更多的文明世界，而整个宇宙看上去却那么空荡的原因。

这也许会使我们增强一些自豪感。由于我们有月球，所以在下两个世纪内，我们的空间飞行能力就会比那些比我们更古老、在其他方面更发达的文明世界要强得多。最后，由于我们有月球，我们自己、而不是别的文明世界将会成为宇宙的主宰者？

也许这是难以相信的。只要有比我们更先进的技术，只要有追求能源的动力，没有月球，其他的文明世界肯定也会将自己送上空间。他们会合理应用各自行星上的资源，克服一切艰难乏味，直飞最近的行星。一旦做到这一点，附近的行星上的资源就可以用来延续物质供应。

也许每一个文明世界都能做到这一点——不一定有我们做的那么容易，但是，由于它们有一种更强烈的刺激，它们或许会比我们做得更好。也许每一个文明世界都在进行空间飞行，都在探索和开拓各自的行星系。

如果是那样的话，为什么我们至今未得到它们的一点儿消息？

为什么没有一个文明世界曾来访问过我们？

要进行星际访问，不仅需要从一个行星飞到另一个行星的能力，还要有从一个星系飞到另一个星系的能力，这其中又将有着一种完全不同的困难。

第十二章

星际飞行

光 速

我们在太阳系所能看到的最远的星体是冥王星及其卫星卡戎。还有一些彗星比冥王星离我们更远。也许在比冥王星更远的每一个地方都有成千上万颗彗星在围绕太阳运行。但是，我们还没有见过任何一颗彗星曾越过冥王星的轨道或甚至越过土星的轨道。因此，可以认为冥王星的轨道就是可见太阳系的直径，即 11 800 000 000 公里。

这个距离大得惊人，因为这大约是地球与太阳之间距离的 80 倍。但是，到最近的恒星——半人马座 α 星的距离则是这个直径长度的 3 500 倍。

如果设想太阳系小到使冥王星的轨道正好与地球赤道一样大，那么，半人马座 α 的最近距离就是金星的距离，而半人马座 α 还是最近的恒星。天狼星和我们的距离是半人马座 α 星的 2 倍，小犬座 α 是 2.5 倍；织女星是 6 倍；牧夫座 α 星是 9 倍；猎户座 β 则超过 100 倍。

我们还可以用另一种方式来看这些距离。光和电磁辐射（X 线、无线电波等）的速度是每秒 299 792.5 公里。这一点很重要，因为最快的通讯方式就是利用电磁辐射，我们知道，没有比它更快的讯号了。

光只需 1.25 秒就可以从地球到达月球（任何同样的辐射也一样）。这就是说，当一个人在地球上与月球上的宇航员通话时，即使

宇航员一听到声音便作出回答，地球上的人也只有 在 2.5 秒以后才能听到回音。

如果“光秒”的定义是光每秒钟走的距离，那么，从月球到地球就是 1.25 光秒。

光线横越冥王星轨道要 10.93 小时。如果其轨道的两侧各有一个空间城，它们想互相取得联系，那么，在我们所知的任何情况下，没有 21.86 小时，先说话的一方就听不到对方的回答。

因此，太阳系的直径就等于 10.93 光时，即光一小时内走过距离的 10.93 倍。

根据这种标准，最近的半人马座 α 星离我们就是 4.40 光年远，即光在一年内走过距离的 4.40 倍。如果从地球上向半人马座 α 周围的行星发出一个讯号，对方一收到讯号就回答，则地球上的人要在他发出讯号的 8.8 年之后才能听到对方的回音。

至于其他星球，天狼星距我们 8.63 光年；小犬座 α 星距我们 11.43 光年；猎户座 β （还算是较近的星）540 光年。而要收到猎户座 β 周围一颗行星上的回答则需要 1 000 多年。

这与飞到恒星的问题似乎有点不相干了。如果到半人马座 α 星需要 4.40 光年，我们难道不能用比光还快的速度来超过光讯号，在光之前到达那里吗？

然而，正如爱因斯坦(1879~1955)在 1905 年提出的狭义相对论中首先指出的那样：任何有质量的物质都不可能超过光速。爱因斯坦完全通过理论研究得出了这个结论。这个结论一问世，似乎就是与“常识”相违背的（至今仍有许多人反对爱因斯坦的这个结论），然而，这个结论是正确的。光速极限已被多次的试验和观测证实。就我们已知的物质和宇宙而言，我们没有任何道理怀疑这一点。

使我们难以接受光速极限的这种“常识”来自我们的日常生活经验。我们发现，如果我们不断地推一个物体，它就会运动得越来越快。牛顿第二定律就是专门论述这一点的。同时，不管物体原来的运动速度有多快，给它一定的推力，就给了它一定的加速度。

因此，不管一个物体的运动速度如何，只要再给它一定的推力，它似乎就会运动得更快。在正常条件下所进行的多次仔细测量和观察确实都证实了这一点。

在这种情况下，在我们所能观测的范围内，牛顿第二定律确实站得住脚，“常识”统帅一切。

然而，实际上，如果我们给物体一个推力，使其运动速度加快，然后再给它一个同样的推力，物体第二次加速的程度并不如第一次大。确实有一部分推力加快了速度，但也有一部分加大了物体质量。

在一般速度情况下，只有很小一部分力用于增加质量，这一质量的增加几乎察觉不出来。随着速度的加快，越来越多的力会用来增加质量，而用来增加速度的力却越来越少。这就是爱因斯坦得出的一个公式。当速度高到一定程度时，大部分的力都将用来增加质量，只有极少的一点用来增加速度。这时，我们就会发现牛顿第二定律以及所谓的“常识”都行不通了。

直到 20 世纪初，科学家们才发现，任何运动得极快的物体都能反映出牛顿第二定律的缺陷。那时，人们发现的快速运动物体是亚原子粒子。人们对这些微小的物体进行了仔细的研究，证明了爱因斯坦把力和速度联系起来的等式是完全正确的。

当物体速度接近光速时，施加给它的力几乎一点也没有用到增加物体的速度上，而是几乎全部都用于增加其质量。加速中的物体变得格外重，而其速度却几乎丝毫没有增加。最后，即使加上无穷大的力，也只能增加无穷大的质量，速度最高只能达到光速。

这就是说，即使施展什么魔法，在一瞬间把速度加快到顶点，也需要 4.40 年才能到达半人马座 α 星。如果能再把速度一下子降到零，然后再加快到最高点，这样的来回也需要 8.80 年。

实际上，我们必须用逐步加速来达到极高的速度。而要使这种加速保持在人体能承受的限度内，就需要很长的时间。同样，减速也需要同样长的时间，才有可能降落在半人马座 α 星系的行星上。

如果我们以与光速相等的速度飞行，那么，加速和减速的需要将使到达一颗星的时间延长 1 年。同样，返回时也要增加 1 年，或许还要加上探索所需要的第 3 年。

因此，如果把加速、减速、探索加在一起，到达一颗星的往返时间就是光速往返的时间再加上 3 年。到达半人马座 α 星，对其星系进行探索，然后再返回，一共就需要 11.80 年。并且，别忘了半人马座 α 星是最近的恒星。

此外，我们将看到，在这个漫长的加速、减速过程中，在如此高的速度下，还会有各种巨大的困难。因此，星际飞行显然是一项非凡的工程，恐怕最先进的技术也无济于事。

所以，我在前面说过，至今还没有人来访问过地球的最合乎逻辑的原因，就是其他文明世界不能成功地进行星系之间的飞行。星系之间的飞行可能太困难了，以至还没有任何一个地球以外的文明世界曾与其他文明世界有过什么实际的往来，每一个文明世界都被永远局限于自己的行星系中。

而我们也就被局限于太阳系以内了。

超光速

不过，我们先不要灰心。也许有什么能够解决光速极限问题的办法。我在前面已经说过，在这件事上，“就我们已知的物质和宇宙而言，我们没有任何道理怀疑这一点（光速极限的存在）”。那么，宇宙中会不会有一些我们尚不知道的事情或我们尚不了解的方面呢？

比如说，光速极限在那些有质量的物体中作用最明显——即当这些物体相对于整个宇宙而言处于静止状态时。这些物体包括原子的所有组成部分，当然，也包括我们自己、我们的飞船、我们的星球的组成部分。它们必定始终保持慢于光速的速度运行，而且只有无穷大的力才能使它们的速度赶上光速。

这就似乎包括一切了吧，其实不然。有些物体并没有质量，或者说，当它们相对宇宙而言处于静止状态时没有质量。这些“零度

静止质量”的物体包括那些构成所有电磁辐射的基本单位的光子，也包括起码在理论上是引力的基本单位的引力子。另外还包括叫中子的各种类型的粒子。

所有这些零度静止质量的粒子都必定永远以光的速度在真空中移动，不能比光速快一点，也不能慢一点。所谓“光速”，就是因为光是由以这种速度运动的光子组成的。

如果在有质量的慢运动粒子相互作用中产生了一个光子，这个光子就会以光一样的速度马上消失，其加速过程一点也不会被觉察出来。同样，如果一个光子被某一带质量的粒子吸收，它的速度也会立即消失，其减速过程也一点觉察不出来。

有时，人们曾设想，有一天，我们可以将飞船上的所有带质量粒子，包括船员和乘客身上的带质量粒子全部变成各种类型的不同光子。那么，这些光子就可以光的速度运动，不需任何加速，也不需消耗一般加速时所需要的能量。在一般情况下，这些光子会以光的速度向四面八方散开。但是，我们不妨设想，在有激光光束产生的情况下，可能发生一种变化：激光将向同一方向前进，比如朝半人马座 α 星前进。一旦这些光子到了半人马座 α 星，它们又转变成原来的粒子——不需要减速、不需要平常情况下这种减速所需的能。

这样，任何一艘向某颗星进行往返旅行的飞船都可以省去平时加速和减速中浪费的时间；更重要的是，可以节省大量的能。

当然，这也有缺陷。首先，我们只是以光速前进。节省两年的时间固然很有意义，但这只是针对那些最近的恒星而言。算上一年的探索时间，到半人马座 α 星的往返路程只需要 9.4 年而不是 11.4 年。节省两年确实很可观。但是，到猎户座 β 的往返路程虽不用 1 083 年，也得要 1 081 年，这时节省下来的两年就没有什么意义了*。

另外，我一点也不敢断言，象我这样随意地将速度和能的消

* 在这里，我先不谈这种飞行中比较有希望的另一面。不过，我在后面还要回过头来谈。

耗分开来是否妥当。我很怀疑，如果我们设法将一部分物质转变成光子，那么，我们会发现这样做所需要的能或许会与当初把物质的速度加快到接近光的速度所需的能一样多。将物质还原的过程也一样，我们得用同样多的能来使物质的速度减到低于光的速度。因此，“光子运行”也许并不能节省时间，也节省不了能。

而且，我们也不知道，物质在变成光子，然后又重新转变成物质的过程中怎样可能丝毫不差地将物质原来的特性完全还原出来（就设想一下人的大脑在分解成光子后再重新组成时的复杂情况吧。有些人会觉得这完全可以想象，但是就连他们自己也找不出任何一个如何去做的线索）。

而且，物质向任何一个方面的转变都必须丝毫不差地同时发生。因为如果一部分在转变成光子时比另一部分哪怕慢了一秒钟，这些光子就会被扩散到千百万公里以外去，很可能再也不能将它们还原成致密的物质了。

这些光子即使是严格地同时发生，又如何才能使它们在漫长的飞行中不至于混乱，始终保持着正确的方向，然后在同样严格的同时恢复原状呢？

虽然现代的电视技术在 200 年前是一件不可思议的事，但我们也不能因为有些我们曾认为是异想天开、根本不可能的事最终都变成可能，就认为一切异想天开的事都会成为可能。

在本书中，我一直比较保守。如果没有一点起码的，哪怕是微小的、脆弱的根据，我不相信任何事。目前，我们还没有任何根据设想光子运行可以成为现实。在某些相反的证据出现之前（当然，可能明天就会出现），我只能说，虽然我不能完全排除光子运行的可能性，但这种可能性太小，我完全可以把它看成为零。

我们能否避开这些转变和复原及确定光线方向的困难，而让所有的粒子仍然保持粒子原状但却设法把它们的质量分离掉呢？一个无质量的飞船及其负载可以在一瞬间加快到光的速度，并保持在这个速度上。一旦质量恢复，其速度又会立即还原。这似乎比变成一束光子要舒服得多。

不幸的是，我们不知道任何可以从粒子中减掉质量的方法，我们也不知道到哪里去找这种方法。而且，即使我们有了这种方法，我们也只不过是仍以光速前进。

至此，我所讲的一切还只涉及光速，我们还未涉及超过光速的情况。

不过，1962年，比兰尼克、戴施潘得和苏得斯汉三位物理学家指出，如果根据爱因斯坦的等式，就应该有数学家们称为虚数质量的物体存在。

如果爱因斯坦的等式是正确的，那么，这种有“虚数质量”的物体就必须永远以快于光速的速度运动。因此，美国物理学家法恩贝格（1933~ ）把它们称为“快子”。

带有虚数质量的物体会有一些与普通质量的物体很不一样的特性。首先，快子的速度越慢，其能就越大。如果你给一个快子一个推力，使它的能加大，它的速度却会慢下来，直到你给它一个无穷大的推力，使它的速度与光速一样，但永远不会低于光速*。

另一方面，如果你将快子朝它运动的相反方向推一下，或者使它通过一个阻滞介质，以此来削弱它的能，它的运动速度就会越来越快，直到它的能完全丧失，并以相对于宇宙一般速度而言为无穷大的速度飞行。

那么，假设有一种“快子运行”；假设组成飞船及其负载的每一个亚原子粒子都相应变成了快子，飞船便可以在一瞬间飞出去，不需任何加速。其速度会比光速快许多倍，用不了几天就可飞到另一个遥远的星系了。到了那里，一切就又立即被变回原来的粒子，不需任何减速，飞船及其负载又开始以正常速度运行**。

这倒是解决光速极限的办法。

* 快子有光速极限问题，带普通质量的粒子（即慢子）也有光速极限问题。但对于快子来说，这一极限是最低速度，而不是最高速度。无质量粒子（即光子）的运动速度与光速完全一样，或者说，正好处于我们自己的慢速粒子世界与快速粒子世界之间划出的“光子分界线”上。

** 在科幻小说里，人们惯于用某种宇宙中不再存在光速障碍的情况来解决光速屏障问题。这种情况被称为超空间或亚空间。但是不管叫什么，其特性都将是快子宇宙的特性。

但是，首先，我们并不确实知道快子的存在。当然，它们并不违背爱因斯坦的等式，但仅这一点就能证明它们的存在了吗？可能在这些等式以外，还有一些其他条件将排除它们存在的可能性。比如，有些科学家认为，如果有快子存在的话，因果关系定律（在时间上因必须先于果）就将不成立了。因此，它们其实并不存在。当然，至今也还没有人发现过快子，既然没有发现，就很难说它们确实存在，再说我们似乎没有受到什么快子特性的影响，所以也不必相信它们的存在*。

另外，即使有快子存在，我们也一点不知道如何将普通的粒子变成快子，或怎样使这个过程还原。在快子运行中，光子运行的所有困难都会激增，因为在转变时发生的任何一个差错都不仅会将所有的东西扩散到几千百万公里以外，而且甚至可能是千百万光年以外。

最后，即使这些问题都可以解决，我仍然怀疑我们能否解决能量问题。靠快子运行将物质从星系的一端移到另一端所需要的能，与加速和减速所需要的能是一样多的。实际上，由于有时间和距离问题，快子运行所需要的能也许更多。

不过，我们或许还有另一条出路。如果“已知的物质”帮不了我们的忙，“已知的宇宙”会怎样呢？只要我们研究的这个宇宙是牛顿所认识的宇宙——一个运动缓慢和距离狭小的宇宙——牛顿定律似乎就是不容置疑的。

如果我们所研究的宇宙是爱因斯坦眼中的宇宙——密度稀、引力弱的宇宙，那么，爱因斯坦的定律似乎又不可置疑了。不过，我们可以越过爱因斯坦的宇宙，如同我们越过牛顿的宇宙一样，来设想一下：

当一颗大恒星爆炸和坍缩时，坍缩的力量和不断坍缩的剩余

* 25年以来，尽管物理学家们从未发现过中微子，他们却一直认为中微子存在，因为在解释已观察到的现象时需要中微子。就是目前，尽管物理学家们并未发现过任何叫夸克的粒子，但他们也认为有夸克存在，因为这种存在对解释已观察到的现象是必需的。然而，还没有什么已观察到的现象需要有快子存在。仅仅是等式的演算有这个要求。

物的质量会驱使所有的亚原子发生相互作用——然后，又使它们发生裂变，并无止境地朝极小体积和无限密集坍缩。

这种坍缩的恒星的表面引力可以强到把所有的物质都吸进去、任何东西也休想逃出去的程度，从而形成一个空间的无底“洞”。由于甚至光也不能逸散，这就成为我在前面说到过的“黑洞”。

一般情况下，人们认为掉进黑洞里的物质是高度密集的。但也有些理论主张，如果黑洞总是在自转的话（所有的黑洞可能都在自转），掉进去的物质就可能从别的地方被挤出来，就象在压路机的逐渐碾压下将牙膏从一个硬的牙膏筒的微孔中被一下子挤出来一样。

物质的转移看来可以在很短暂的时间内，在很大的距离甚至是几百万或几十亿光年的距离之内进行。这种转移可以避开光速极限问题，因为严格地讲，这种转移所穿过的洞或越过的桥不带有我们所熟悉的宇宙的那种时间特性。实际上，这种通道有时被称为“爱因斯坦——罗森桥”，因为爱因斯坦曾和一个叫罗森的助手在 20 世纪 30 年代为此提出过理论根据。

将来，黑洞会不会使星际旅行甚至是星系间的旅行成为可能？假设黑洞大量存在，假设我们能合理地利用黑洞，我们或许能从 A 点进入一个黑洞，几乎在同时（在很远的距离以外）从 B 点出来；经过一段在普通空间的航行到达 C 点，从那儿又进入另一个黑洞，立刻又从 D 点出来，依此不断进行。这样，从宇宙的一点到任意另一点就可以在很短的时间内完成了。

当然，人们得绘制一幅详细的宇宙地图，精心标出黑洞的进口和出口。

我们或许能推测，一旦这种星际旅行的方式开始，在黑洞口附近的天体就会繁荣兴旺，在离黑洞口更近的地方就会有空间站建立起来。

这些空间站也可以成为电站，因为掉进黑洞的物质所施放出的能一定是大量的。我们甚至还可以想象，会有废弃的、无用的物

质掉到黑洞里去，从而增加了能的输出（就象给一个炉子增添燃料一样）。

实际上，这从另一方面解释了为什么尽管宇宙中充满文明世界，但却从未有人来访问过我们地球的理由。可能对黑洞来说，地球是处于遥远的一潭死水中，地球外的文明世界可能对我们的一切都很了解。但是，他们觉得不值得为我们花费访问的时间和钱财。

不过，把充满黑洞的宇宙想象成一种进行星系飞行的超级地道系统虽然激动人心，却也有其缺陷。

首先，我们不知道宇宙中到底有多少黑洞。在银河系和球状星团中心外，也许每个星系里只有几个黑洞。它们仅对黑洞口附近的几个行星系有用，其中没有一个包括可居住的行星。

第二，进入黑洞的物质会从其他地方跑出来的说法一点也不确切。许多天文学家都认为这种说法站不住脚。

第三，即使进入黑洞的物质会从别的地方出来，但所有的物质也都将被极强的黑洞引力场产生的不可思议的潮汐效应击成亚原子粒子或更小的粉末。也许存在某种先进的技术，可借以避免一切引力，使宇宙飞船不致成为黑洞这个大火炉的燃料，或不致被潮汐力撕碎。但目前即使从理论上说也似乎没有这种可能。

从目前我们所认识的宇宙看，似乎没有什么切实可行的办法来解决光速极限问题。

我们还得来看一下在低于光速的情况下我们能做什么。

时间膨胀效应

爱因斯坦的相对论提出了一个特殊现象（这个现象已被人们对高速亚原子粒子的研究所证实），那就是时间随速度增加而变慢。这就是所谓时间膨胀。

在高速运动的太空船上，一切东西，如原子运动、钟和人体组织的新陈代谢都会变慢。由于飞船上的一切都是以完全相同的程度变慢，船上的人在主观上不会感到这种变化。他们只不过会觉

得是船外的一切都加快了（这和人在火车平稳前进时，人们不会感到火车在运动，而是觉得车站和农村在往后退一样）。

一般说来，物体相对于宇宙运动越快，时间的变慢就越明显，当其速度达到每秒 293 800 公里——即光速的 98%——时，其时间流逝率仅为太空船静止状态时的 1/5。如果更接近光速一些，时间流逝率还会继续降低，直到其速度每秒比光速慢不到 1 公里时，时间流逝率几乎等于零。

假设我们处于一条不断以 1 个重力加速度加速（这一速率和地球表面对我们的引力相等，使我们觉得自己在被推向飞船后部）飞行的船上，这时我们根本觉不出什么异常来。船的后部就象在往下沉，前部好象在往上翘起一样。

这样的情况经过一年，飞船就会以与光速几乎相同的速度前进。那时，也许船上的一切对我们来说没有任何变化，但船外的世界将会使我们感到很陌生。我们将看不见许多星星，因为前面星星发出的光将变成 X 射线而看不见（实际上，这条船必须设法避开这些 X 射线的辐射）。飞船后面的星光会变成无线电波，也看不见。

如果船上的人根据他所走的路程来计算速度，那么他们就会发现，自己似乎在用比光速还快许多倍的速度飞行。因为似乎只需要一个星期时间，他们便可以走完两颗星之间相距 10 光年之远的路程。如果我们能从地球上看见他们，我们就会发现这条飞船实际上已经走了 10 年多一点的时间，但对船上那些以为时间变慢了的人来说，这 10 年多一点似乎只是一个星期。

利用时间膨胀效应，太空船就可以在船上的人觉得很短的时间内飞过很远的路程。在对他们来说是 60 年的时间内，他们可以登上离我们 2 300 000 光年远的仙女座星系*。

时间膨胀可以解决问题了吧？

* 如果光子运行是可能的，时间流逝率对于参加运行的人来说则为零。一切星际航行即使是到宇宙边缘的航行似乎在一刹那就能完成。这就是为什么尽管由于时间膨胀能使宇航员感觉他们行进得很快，但他们却无法超过一束光的原因。到达仙女座可能仅需要宇航员 60 年的时间，但当他们到达那里时可能会发现，一束光已在他们之前到达了。

可能还不行。因为还有一定的困难。首先，如同我在前面讲过的一样，要在相当长的时间内保持以 1 个重力加速度加速（或者 1 个重力加速度减速），就需耗费大量的能。

如果我们能设想出一种获得能的十分有效的方法，就是使同等数量的物质和反物质发生作用，这种相互作用会导致相互湮灭，使全部物质都转化为能；又如果有一定数量的这种燃料，那么这种反应将产生比氢聚变大 35 倍的能量。能比这种方式产生更多能量的方法，我们目前还毫无概念。

不过，将 1 吨物质加速到光速的 0.98 倍，就意味着需混合约 25 吨的物质和反物质，如果是两个加速和两个减速的话，一个来回飞行就要 100 吨。而如果是用氢聚变作推动手段，那就需要约 3 500 吨氢以进行聚变。换句话说，如要把 1 吨物质送上半人马座 α ，仅仅 1 吨，就需要地球上的人现在一年所消耗的能的 10 倍。

人们也许不用燃料就可以得到所需的能。美籍英国物理学家戴森（1923~ ）提出，在象木星一样的行星边上掠过的宇宙飞船可以大幅度地加速而不会对宇宙航员有任何副作用，因为飞船的每一个原子和船的所有负载都被同样地加速了（除了轻微的潮汐效应以外）。实际上，木星探测器先驱 10 号和先驱 11 号就是利用木星的巨大引力来获得能量，从而获得足够的速度冲出太阳系的。

我们可以设想宇宙飞船在飞向某颗遥远的恒星途中不时地从一颗大行星旁掠过，从而获得极大的速度——如果在适当的地方正好有这种大行星的话。不过，这种可能性几乎不存在。

宇宙飞船也许还可以用另一种无需燃料的方式加速，即用激光照在飞船周围的一块大“帆”上。这样，由太阳系内某个适宜的物体供给的激光就可以不断地对准飞船上的帆，作为一种连续的推动力而不断地给飞船加速。当然，为了使这种激光保持连续不断，就要消耗大量的、飞船本身不需消耗的能（能的问题是怎么也规避不了的）。另外，飞船离根据地越远，就越难被激光对准。最后，激光也不能用来减速，除非在前方终点处能从相反方向对飞船

射出激光。

但即使所有不用燃料的方法都行不通，以光速飞行的飞船也不一定需要携带燃料，而可以在飞行过程中不断地获得燃料。星际空间毕竟不是真的空无一物，不是完全真空。那里偶尔也会有物质原子（主要是氢）出现。

1960年，美国物理学家布萨德提出，这种氢可以在宇宙飞船通过空间时收集起来。于是这只飞船便成了一架“星际喷气机”。但是，由于宇宙的物质比地球大气中的物质要少，飞船就需从更大的空间范围之内去收集这些物质，使之浓缩，并通过氢聚变来获得能。

在穿过有尘云和气云及物质分布得最稠密的太空时，飞船收集器的直径至少应为125公里才能有效。在空旷的星际太空，收集器直径应为1400公里；在星际系空间，其直径应为140000公里。

即便使用最薄的物质来制作收集器，它也不会很轻。怎样才能把这种收集器的物质带到空间去呢？或者，要把这些材料从已存在于宇宙间的物质中聚集起来需要多少时间和作多大努力呢？

即使能的问题可用现在完全无法预料的方法解决，一只以非常接近光速飞行的巨大飞船也总是特别易受损害的。和恒星相撞的危险可能没有，但在太空中，从行星到砾石这样一些相对较小的天体可能是相当多的。

从飞船的角度来说，宇宙中每一个飞向飞船的物体都将具有光的速度。要避开这种物体是不可能的。因为所有能预报这些物体接近的信息（X射线或其他任何东西）都只能以光速传递，所以物体本身都是紧跟在信息之后到达的，撞击警报一响，撞击便发生了。

任何一个与飞船相撞的坚实物体，只要它的速度和光一样，它就会干净利落地洞穿飞船的船身。所以不久这只飞船就会变得百孔千疮了。

即使排除与较大粒子相撞的可能性，假设飞船经过之处只有非常稀薄的气体，也已够麻烦了。

随着宇宙飞船的加速和越来越快，星际空间原子的碰撞也会

越来越猛烈，而且每一秒钟都会变得越发频繁。

从宇宙飞船的角度来看，这些不断迎面袭来的粒子将非常接近光速。这样，它们实际上便成了宇宙射线粒子。

在一般情况下，宇宙里的这种宇宙射线并无致命危险。有的宇航员曾在空间连续生活三个多月，也没有发生任何意外。但是，如用光速在星际太空飞行，由于每一个撞击粒子都以宇宙射线速度与飞船碰撞，飞船就会遭受比现代核反应堆还要强几百倍的辐射。

有些科学家怀疑，这种星际物质的干扰本身就足以使宇宙飞船永远达不到光速的 $1/10$ 的速度，而以此速度飞行，时间膨胀的作用就很小。

即使所有的问题都已解决，还有一个相对论的核心问题，即时间变慢的感觉只是对宇航员有影响，但对地球上的人一点影响也没有。

充分利用重力加速(980 厘米/秒²)和减速，以及时间膨胀效应，宇航员也需要 20 年才能在天鹅座 α 和地球之间打一个来回（包括在这个星系探索一年的时间）。但是，当他们返回时，他们会发现，在地球上已是 200 年以后了。在这种加速下飞行的距离越远，他们就会越接近光速极限，时间对他们来说也就越慢。因此，飞船时间流逝和地球时间流逝之差将随距离增大而大幅度增加。到银河系另一端的往返旅行对宇航员来说似乎是 50 年，但他们会发现，在地球上已经过去了约 400 000 年（如果是作光子运行的话，就更是如此）。

人们会认为，仅这一点就能使人确信，地球上的人们，或者任何可居住行星上的人们，不会有靠时间膨胀来进行星际探索的普遍愿望。要让人们为了在 30 年之后得到他们所渴望的甚至是必不可少的东西而放弃眼前的任何东西都是相当难的。将大量的精力用在那些只有在几百年甚至几千万年后才能返回的东西上，似乎不是我们所能指望人们去做的。

因此，考虑到能的消耗、辐射的危险及时间差等问题，根据我

们的保守标准，依靠时间膨胀效应来到达其他恒星，不管从体力上，还是从心理上来说，似乎都是不可取的。

滑 行

既然以接近或高于光速的速度飞行都不实际，我们就必须看一看低速下的情况如何了。

当然，低速的优点在于它不需消耗过多的能，星际太空的环境也不会有危险；但其不利在于所需时间太长。

假设使一只飞船加速到每秒钟 3 000 公里。这个速度通常讲起来已经是很快了。因为这时，飞船从地球到月球只需 2 分钟。但是，这只是光速的 1/100。所以，其时间膨胀效应是微不足道的。以这样的速度飞行，到最近的半人马座 α 的往返飞行要 900 年时间。

人类有没有一种能经得住 900 年飞行的条件呢？

假如宇航员可以永生，那么，滑翔到半人马座 α 所需的 900 年（中间只作短暂的加速和减速）将只是他们无尽生命中的一小部分，对他们的身体不会有任何影响。

不过，即使如此，他们也要吃、喝、呼吸，也要排泄。这就意味着需要一个维持生命的复杂系统，使它在近 1 000 年内能正常运行。这也许可以建成，但其造价一定很高。

而且，宇航员也需要有充实头脑的东西。在周围环境没有任何变化的情况下，在狭窄的船舱里呆上 1 000 年的滋味可不好受。早在飞行结束之前，互相凶杀和自杀可能早已使飞船空无一人了。这个想法并不过份，因为战胜死亡总比战胜厌倦要容易些。

况且，我们还没有客观的根据来认为——至少在目前还不能——我们可以永生。

不过，我们也许可以用暂时死亡然后复苏的方法来替代永生的难题。换句话说，我们将宇航员冰冻起来，让他们假死，当终点到达时，再让他们活过来。

这样，飞船就能在不用光速飞行的情况下，低速滑翔前进。而

且，宇航员也不会有时间膨胀效应时的那种感觉。对他们来说，一个几千年的飞行只不过在一眨眼之间就已过去。而如果他们返回地球，他们看上去也一点不会衰老。这样，就不需要一整套特别可靠的维持生命的系统。在这样一个长途旅行中，也不存在如何使宇航员不至于因精神空虚而产生厌倦的问题。

但这事也不好办。将一个人冰冻起来，保持不死，然后，又顺利地让他恢复生命，这些似乎还不是我们目前能有把握做到的事。

即使我们能做到这一点，在原封不动地保持生命活力的情况下，冰冻的人体能保存多久的问题还有种种限制。也许在恒星之间飞行的过程中不可能将它保存下来。要想做到这一点，就得给飞船提供一种安全无比的系统，来维持这种冰冻状态（即又一种生命维持系统），以及在适当的时候进行自动操作，使宇航员复生。制造这种能使生命在几百年休眠之后复苏的装置决不是轻而易举的。

这其中的困难是艰巨的。虽然不能说即使有足够的时间我们可能也解决不了，但是，我们也没有把握说，我们一定能解决。

而且，尽管冰冻起来的宇航员处于假死状态，不会衰老，也不会感到时间的流逝，在地球上的那些将宇航员送上天的人们可不是这样（除非他们也都进行了冰冻，而这对我们来说是荒唐的）。这也就是说，和时间膨胀效应下完全一样，宇航员在几十年后返回地球时，也要经历一次深刻的“未来休克”。

实际上，即使永生也有问题。如果宇航员可以永生，那么，整个地球上的人也可以永生。在漫长的飞行之后，宇航员会返回地球，向多年以前将他们送上天的人报告。但是到那时，飞船与地球上的生活肯定已经朝不同的方向起了很大的变化。这两种人肯定已经互不相识了。

因此，在所有这些情况下，宇航员返回地球似乎就没有什么意义。探索恒星应在宇航员不再返回、飞船不再飞回地球的条件下进行。几百年、几千年以后，可能会有各种信息的发送和接收，但是，也就仅此而已。

如果是这样的话，人们是否情愿永久被流放在外？或者，如果从宇宙飞船上得到的只是一些在遥远的将来才能得到的偶然信息，那么，地球上的人们会愿意把自己的同类送上天去吗？

发射自动探测器不是更经济、更容易、也更有成效吗？天文学家布雷斯威尔（1912～ ）早在1960年就说过，其他文明世界可能已经使用过这种方法。

我们本身也已经对行星采取过这一方法。虽然宇航员只不过到过月球，自动探测器却早已上了火星、金星，并穿过了水星和木星。这些探测器给我们增加了许多知识。即使我们认为最好由人去探索，我们也必须承认，在由人去探索不可能的情况下，探测器是一个很好的替代物。至今，探测器已取得了不可忽视的成果。

所以，我们可以向外发送恒星际探测器。这个费用当然不会小。但是，与送人上天相比，还是少多了。我们可以自如地进行更大的加速，无需考虑那些为活着的或冰冻的宇航员准备的生命维持系统。同时，我们也不必担心宇航员的心理状态。而且，我们也无需害怕将来的情景。因为自动探测器没有什么特殊的原因一定要返回地球——即使返回，地球上已过去的几十年对它也无所谓。

发达的文明世界可能已经在向外发射非常先进的探测器。但是，越朝这个方向发展，所获得的好处就越不会成比例增加。探测器制作得越是精致，其维修就越难，运动就越不稳定——很少有一种确实精致的东西能在几千年甚至几万年以上一点不出差错地运行（就是最发达的文明世界也无法改变热力学第二定律或测不准原理）。

如果不怕走极端的话，我们也可以假设：已有一队具有人类智力的机器人，正在进行着人所不能亲自进行的宇宙探索。可是，如果机器人真的那么聪明，他们不是也一样会患上各种智力疾病吗——厌倦、沮丧、暴躁、凶杀和自杀？

因此，似乎就很有必要找出一个折中办法，即发射带有某种精密仪器装置的探测器，它能将最有用、最有趣的消息发回地面，但它又很简单，能经得起长年飞行。不过，这个折中办法要求的似乎

是一种由大大低于人类智能的装置来控制飞船。

这一点可能也是为什么别的文明世界没有来访问过我们的原因。也许有什么东西已经来过。但来的不是活的生物；也或许已有探测器穿过太阳系，并且已发回关于太阳及其行星性质的信息，特别是关于太阳系存在着一颗可居住行星的信息。如果正好有一个探测器最近才飞过，那么，它就会发现，太阳系已有了一个正在兴起的文明世界。

当然，我们不知道每隔多久就会有一个探测器飞过；或者，最近一个是什么时候才飞过的；或者，所有的探测器是否都是属于某一个文明世界*。说实在的，这些探测器的寿命很可能比它们的文明世界的寿命长。它们还在发回各种信息，但这些信息早已无人接收了。

飘泊的世界

在星际飞行可能性这一问题上的保守观点似乎说明，没有什么可以将智慧生物从一个星系送到另一星系的可行办法。最好的办法就是利用自动探测器。

不过，到现在为止我们已假设，一队宇航员必须在人的一生时间内飞完到宇宙各恒星的往返路程——不管是靠比光还快的速度、靠时间膨胀、靠延长寿命或是靠低温冰冻。所有这些办法实际中都行不通。

如果我们抛开这种假设，不要求宇航员在一生之内完成这个飞行呢？

假设我们设计了一艘在几百年时间之内滑翔到半人马座 α 的飞船，假设宇航员不是永生的，也不是处于冰冻状态的，而只是和普通人一样具有有限的寿命。

远在这个飞行结束之前，这些宇航员无疑地早已死去。但是，

* 那些绝非骗局和错觉的“不明飞行体”很可能就是探测器（即它们不属于上述两类谎报），但也不是真正由生物操纵的宇宙飞船。这不难想象。但是另一方面，还没有什么支持这种说法的根据。截至目前还没有。

在船舱里还有别的宇航员，有男、有女，他们还会有自己的孩子，这些孩子还会有自己的后代——第四代、第五代——直到飞船到达目的地*。

这种飞船上仍然需要维持生命的精密装置。但是，使宇航员不至于无所事事和厌烦的问题却不存在。培养后代可以帮助他们消磨时间，死亡和新生可以保证一个平稳的换班，那种多年总是接触一些不变面孔从而产生厌倦的情况也不再会发生。而且，在飞船上降生的孩子不知道（至少不会直接知道）还存在着其他生命，因而也不会感到厌倦。

不过，这种飞行值得去做吗？有这样的宇航员愿意在飞船上度过一生，而且还让他们的子孙后代也在飞船上度过一生吗？另外，地球上的人们愿意为只有在1000年以后才会为他们的后代造福这一前景而作出惊人的工程投资吗？

其回答很可能是：不。实际上，一般人可能一想这事就会害怕，以至于觉得只要提出这个想法就已经是有些神志不正常了。

但是，这很可能是因为在本章里，我给读者的印象一直好像是驶向星系的宇宙飞船真的是我们通常所说的“船”——一条巨大的海船，或象电视剧《通往恒星》中的“企业号星船”一样。

如果是这种飞船的话，我们就很难或许根本不可能反驳那种不赞成延续几代飞行的观点——但是，我们难道一定要与这种飞船打交道不可吗？

在前一章结尾时，我曾虚构了一幅图画：太阳系点缀着一个个空间城——它们本身都很大，足以组成一个个有世界规模的社会。

这种空间城并不象通常想象那样携带食品和氧气。只要有能源的保障和最低限度的物质补充，空间城就能有效地保持自身的生态平衡，从而无限地生存下去。这些空间城里也不象一般人们所想象的那样只有一队船员，而是几百万或几千万的居民。对他们来说，空间城就是他们的行星。

* 斯皮泽在1951年提出了这种延续几代的飞行。科幻小说家海恩兰在1941年写了有关这一主题的中篇小说《宇宙》。

空间城居民对太阳系的不断开发，会把他们引向小行星带和小行星带以外的空间，这就肯定会削弱空间城居民与他们祖居的地球甚至太阳本身在感情上的联系。

对在小行星带和以外的空间城居民来说，太阳离他们那么远，看上去那么小，仅这两点也会削弱太阳对他们的重要性。随着离太阳越来越远，他们越来越难以把太阳作为能源。这将促使他们利用氢聚变来取得能。火星以外的太阳系中存在着用之不尽的氢，这更使空间城能独立于太阳而生存。

另外，空间城离太阳越远，就越容易达到一种能使它完全脱离太阳系的速度。

最后，当某些空间城发现再绕太阳运转已经没有什么意义时，它们就会使用某种利用氢聚变反应的推力装置冲出轨道，连同其整个结构、土壤、水、空气、植物、动物和人一起飞到一个未知领域里去。

它们为什么要这样做呢？

但为什么不这样做呢？

也许因为这是一种乐趣，为了想看看地平线以外有些什么东西，出于一种好奇心和一种动力，这种动力自人类诞生以来就在不断地驱使他们扩展自己的活动范围，早在有文明世界以前就已经使一批批的人经过艰难跋涉，来到各个大陆，现在又在驱使着他们到月球和更遥远的地方去。

另外，也有可能是因为人口增长的压力。随着空间城的不断建立，氢的供应也会越来越紧张，各个空间城之间在相互关系上的复杂化也会使人产生离去的念头。

另外，空间城的离去所引起的心灵创伤也是最小限度的。空间居民不会丢下家园——他们将与家同迁。除了太阳看上去明显变小，以及与其他空间城之间的无线电联系变得越难以维持以外（直到完全失去太阳和无线电联系），这种从终日绕太阳运行到在整个宇宙无止境地向前推进的变化对他们不会有很大影响。

空间居民也无需担心在不完善的循环使用中资源的逐渐流失

或氢燃料消耗的问题，空间城一旦变成游离星体，不再依附于其他星球之后，它总能在宇宙的某个地方找到燃料。

比如，它可以设法穿过太阳系边缘的彗星云，在1 000亿颗彗星中寻找一颗象一个小冰块原始彗星。当然，即使它是个“小物体”，它的直径也有几千公里，它也有足够的碳、氢、氮和氧，从而弥补了不完善循环在长期使用中挥发物的损失，并在同样长的时间内提供足够的氢作为燃料（游离星体毕竟不会经常或大量地加速或减速，在大多数情况下，它们总是在进行惯性运动）。

当一颗彗星被发现时，它可以被收集起来，保管好，并用来长期提供物质和能。只要有一定的时间——而游离星体最富有的莫过于时间——就可以将一连串的彗星收集在一起。

通过彗星云后，宇宙也不是空无所有的。其他恒星周围仍会有彗星云，而且偶然还会有完全独立于恒星之外的星体。

这种飞行避免了我们所讲过的所有问题。

这个游离星体将非常缓慢地运动，从而不会发生气体阻力和碰撞问题，也不必为大幅度加速和减速而消耗能。游离星体上的人既不必永生，也不用被冰冻起来。他们可以和我们一样，在一个广阔的天地里和许多人一道正常地生活。游离星体上也有和地球一样的自然景色，也有离心效应，产生一种和地球上一样的引力。游离星体的阳光将是人造的，但人们可以依靠它来生存。

而且，这种游离星体将不靠地球上的人来投资和修建。它将由空间居民自己修建。这很象美国的城市是由美国人修建，而不是由繁衍美国人或他们的祖先的欧洲各国人修建的一样。这说明它将不依靠地球的投资意愿而生存。

游离星体上的人也不必担心他们的第二代、第三代会在“船舱里”度过一生——在其他情况下，他们就得担心这一点——他们也不会忧虑几千万年以后重返地球的事。他们可能根本就不会想到他们还要返回地球。

许多空间城都可以将自己变成游离星体。太阳系在经过46亿年历史、有了能修建空间城这种技术文明的智慧物种后，可能最终

会“退化”。而人与其他生命体保持生态平衡的游离星体则将飘向四面八方。

最后，地球这个中心星球甚至可能只是整个宇宙范围内游离星体的一个发源地，直到出于某种原因，地球上的文明世界凋零、衰败直至灭亡。那些没有离开太阳系的空间城可能也会凋零衰亡，只有游离星体上还存在不断发展和生机勃勃的人类。

最后，经过了一代又一代，就会有一个游离星体接近一颗恒星。它不太可能是偶然靠近这颗恒星的。无疑地，这个游离星体上的天文学家将会在这么多光年之外对所有的恒星加以研究，并提议去向一颗特别合意的恒星靠拢。他们还可以通过这种方式去对白矮星、中子星、黑洞、红巨星、造父变星等进行研究——当然是使自己处于一个谨慎、安全的距离。

他们也许还会主张向类日恒星靠拢（可能带着几分怀古的情緒），并探索那里文明世界存在的可能性。他们可能再也不想在一颗类地行星上降落再到一颗行星的外层去过那种早已被忘怀的、现在也许已令他们反感的生活了。在星球的表面上，生态循环系统过于庞大而无法控制，气候又不适宜和难以捉摸，而和不经选择的野生动植物共处也将是令人烦恼的。

如果在一颗恒星的周围有一些小的星球，如果这些小星球与这颗恒星的距离可以使冰冻物体和金属、岩石存在——要是有一个小行星带当然最理想不过——那么，人们就可以有时间重新修建一个空间城，而将那个尽管屡经修补，但却早已破烂不堪的游离星体抛弃（这也是引进新设计和新技术的机会）。

人们甚至还会产生作短暂停留的强烈愿望，在这个小行星带上修建一个又一个的居留点。

这样做的好处是显而易见的。游离星体在宇宙飘泊的漫长岁月中，必须始终控制人口的增长。现在，它可以毫无顾忌地去繁衍后代。

而且，在这些年月，这个游离星体虽然比我们平时所说的宇宙飞船要大得多，但也不会太大。这样，它才可以实行一种文化和生

活方式的一致性。在几百年之内，在小行星带上修建很多的空间城将使各种丰富多采的文化有表现的机会。

当然，这些新的空间城最终也将退化，然后以新一代游离星体的形式离去。

我们大概可以想象有两种不同形式的文明世界：一种是飘泊于太空的活动游离星体，其人口有控制地增长；另一种是座落在恒星周围的空间城，其人口不断增加。

每一个游离星体在太空飘泊中，最终都会与其家乡基地、与其他空间城及其他游离星体失去一切联系。它将变成一个孤独、自在的文化，有自己的文学、艺术形式及自己的哲学、科学和风俗。当然，这些都是在昔日地球的某些文化的基础上建立起来的。其他游离星体也会这样做，所以不会出现两种文化完全相同的状况。随着每一个空间城在新的太阳系的建立及随后的突破，就会产生一种新的差异。

这种文化的多样化会给整个人类带来无穷无尽的变化。而如果人类始终禁锢在太阳系里，这种变化便不易想象。

当两个游离星体的路线相交在一起时，不同的游离星体文化就能有机会进行交流。

一个游离星体可能会从很远的地方被另一游离星体发现。这对双方都将是一个振奋人心的时刻。他们的相会一定会伴有一个非常重要的仪式，而决不会是在匆匆之中的欢呼相见与挥手而别*。

每一个游离星体当然都会编写自己的历史，以供其他游离星体参考。这其中将有对每一个从未被对方访问过的地方的描绘；将有新的科学理论和对旧理论的新解释；将有对哲学和各种生活方式的讨论，将有文学、艺术作品、各种产品和技术的交流。

也许还可能交换基因（暂时的或长期的）。人员的交换将是每

* 有些游离星体可能是孤立主义者。他们对其他游离星体会有一种恐惧或怀疑，所以他们会避免与其他游离星体接近。不过，这种情况很不常见。我对有智慧的人富于好奇心这一点总是寄予很大希望的。

一次两个星体相会的主要成就。这种交换可能会使双方的生理活力都得到进一步的加强。

当然，由于长期处于彼此隔绝状态，会有许多变种使得两个星体上的人彼此不育。他们可能会进化成不相干的物种。但无论如何精神上的交流总是可能的（当然必须先克服语言障碍。因为即使两个游离星体最初使用同样一种语言，这种语言可能也会发展成完全不同的方言）。

这样，人类就将不再是地球或太阳系的动物，而是属于整个宇宙的。它将向外飘泊，永远地向外飘泊，形成各种有亲缘的物种，直到最后，宇宙到了一个极其缓慢的末期，再也不能通过任何途径来维持它的生命为止。

但是，地球以外的智慧生物又将会怎样呢？就算它们没有利用任何我们目前还想象不到的神秘技术，它们也会有所发展，使得游离星体成为一种（也许是唯一的一种）在星际宇宙发送生命的现实方法。

游离星体便可以这样产生于千万个不同的行星当中。其中有一些游离星体可能已经在宇宙飘泊和在小行星带出入了几十亿年。

如果地球以外的文明世界已经访问过我们，那么，它可能是以游离星体的形式来的。如果是那样的话，它们访问的也许不是地球（他们对地球的兴趣也许是有限的），而是我们的小行星带。

也许当我们的空间城扩建到小行星带上时，我们就会发现一些迹象，说明很久以前，那里就曾有过游离星体存在。但却早已消失*。

或者，游离星体原则上也可能会避开拥有可居住行星的类日恒星，因为所有的恒星对游离星体来说其实都一样合适。一颗恒星可能是短命的，但游离星体可以与它保持一定的距离，避开它的

* 有些更富于浪漫幻想的人甚至说，在火星和木星的轨道之间本来是一颗完整的行星。为了在长时间内修建无数的空间城，一个游离星体拆散了这颗行星。小行星带便是他们遗留下来的残骸。

辐射，并利用在这个距离上可以得到的行星物质，在 100 或 200 年之内建造新的星际船。即使最短命的恒星也不止生存 100 或 200 年。或者（这种可能性更大）一颗恒星可能很小、温度很低，但游离星体并不需要从它那里得到能，而只是需要它周围的行星体。

如果很多文明世界都采用这一技术，那么，某一个人类游离星体在朝某个行星系飞去时，很可能会发现那里已经被其他的非人类游离星体占据过了。

历史发展到那时，人们就会明白，个体的亲缘关系是在于心智的性质，至于形状、式样和习惯上的差别则完全是微不足道的。

当人类游离星体开始向外发展时，他们会变成一个庞大的智慧世界当中的一员，而自己则是宇宙为了自身理解所发展的众多进化途径之一。

也许，当人与其他地球以外的文明世界结合在一起时，大家就可以比任何一个单独的文明世界都发展得更好更快。如果说真的存在什么克服自然规律的方法，或想使宇宙服从它自身创造的智慧生物的意志，那么也只有靠齐心协力才有最大的希望。

第十三章

信 息

发 送

我们已经认定，银河系可能有 50 万个文明世界。但它们其中的任何一个要想离开它所在的行星系的唯一方式，只能是通过星际探测器，或是以游离星体的形式。

但这两方面都没有什么令人信服的证据。绝大部分或是所有的文明世界很可能都只留在它们自己的行星系内。发出的星际探测器中，可能没有一个是为了在可居住行星上着陆，而只是局限于对太空进行观测和记录；所有那些可能会朝地球而来的游离星体可能对一个定居的文明世界并不感兴趣，而是想寻找能维持它的生命所需的物质和能。

这样，为什么尽管银河系可能大有文明世界存在，而我们却对它们一无所知的难题就可以得到合理说明了。

倘若如此，我们又该怎么办呢？

最简单和最省事的回答就是什么也不做。如果地球以外的文明世界找不到也不想找到我们，我们完全可以不去找这个麻烦。我们自己已有许多麻烦事足够我们去忙碌了。

我们也可以发送某种信息去联系。即使地球以外的文明世界不可能到达地球，或者我们也不能到达那儿，我们也许可以穿过太空与它们取得联系，哪怕只是这么一句话：“我们在这里，你们在那里吗？”

这种意念是很正常的。早在 19 世纪，当人们还在探究太阳系

其他星体上的生命，并理所当然地认为甚至月球上也可能有文明世界存在时，就已有有人提出过与外星文明建立联系的方法了。

德国数学家高斯(1777~1855)曾建议在中亚地带的大草原上用树木标出一个巨大的直角三角形，并根据它的三边作正方形。在这些图形内则种上麦子以示醒目，这样，月球或火星上的文明世界在仔细观察地球表层时，就会看到这一毕达哥拉斯定理的演示，从而马上断定地球上有智慧。

奥地利天文学家李特洛夫(1781~1840)则提出修建运河的方法，在水面上用煤油示出数学方程式，到了夜间，在水上将煤油点燃。这样，从其他星球上也可以看到这些数学符号。

法国发明家克洛(1842~1888)的建议就更灵活了。他建议做一面能向火星反射光的大镜子，人们通过控制这个镜子可以发送相当于摩尔斯电码的东西。这样就可发送实在的信息(当然，这些信息并不一定能被译解)。

与地球以外的文明世界建立联系的兴趣一度高涨，到了1900年，巴黎出了10万法郎的高价，给第一个能完成这一使命的人。不过，这不包括与火星建立联系。人们觉得那算不上什么，不值得花这笔巨款。

当然，19世纪的这些设想都是没有意义的。因为月球、金星或火星上都没有有智慧的生物。他们所说的那些简单的装置是否能到达更远的地方也很令人怀疑(如果达到那么远确实有用的话)。

而且，有意思的是，在20世纪，我们不费多大气力就已经向外发出了比那壮观得多的信息。

电灯的发明以及城市、公路的日益照明已经逐步使地球表层的夜空越来越亮。至少在工业化、城市化的地方是这样的。当火星上的天文学家对地球的黑暗面上出现的越来越强烈的光疑惑不解时，就一定会得出结论说，那里有一个文明世界存在——如果火星上有天文学家的话。

人们之所以利用光，是因为光是他们所知道的能穿过宇宙真空的辐射中最容易控制的一种。不过，在两个世纪交替之际，人们

已发现了无线电波(无线电波与光波一样,但比光波长 10 000 倍), 并已开始加以应用。到了 1900 年, 美籍南斯拉夫发明家特斯拉(1856~1943)已经提出利用无线电波向其他星球发送信息。

人们没有在这方面作过什么努力, 也不用去做。在那以后的几十年中, 他们已发出了越来越强烈的无线电波, 其中有些电波都能穿过地球高处的大气层。所以地球已成了一个向四面八方辐射无线电波的球体。

火星上的天文学家如果看到这个辐射, 如果他们发现这个辐射在不断地加强, 他们就会想到地球上有一个文明世界存在。

但是, 到了 20 世纪下半叶, 我们已经很清楚地知道: 太阳系没有地球以外的文明世界存在。如果我们要发送信息的话, 就只能向其他恒星发送。

这将引起十分复杂的问题。在太阳系, 我们至少知道我们可以向哪些行星发送信息——向火星、向金星等。但是, 我们却不知道哪一颗恒星才是最理想的目标。

而且, 由于在许多光年距离上不可避免的散射, 向恒星发出的电波应有足够的强度才能使最近的恒星收到。

正如我所说过的那样, 我们正在无意识地向恒星发送无线电波。那些从地球高处大气层泄漏出去的电波现在已经形成了一个直径为几十光年的大球团。有许多恒星已经从它的外部边缘穿过。尽管这个电波的强度很小, 但它可能已被这些恒星接收到了。

不过, 对遥远的天文学家来说, 这么微弱的信号并不能说明在我们太阳附近的什么地方一定存在着某个文明世界。即使天文学家认为有文明世界的存在, 他们也很难分辨和译解这么多复杂的信号。

一束特意发出的电波中可能包含大量的信息。即使它的内容我们无法理解, 它也可以使我们打消一切怀疑。

问题是目前我们还不想把能量用来向太空发送信息, 再说我们也没有找到任何明确的目标, 而且也不能期望在几年之内得到回音。

有没有什么比较节省能量的办法呢？

我们可以发送一个物质信息，一个不用付出或只付出很少代价就能随便向太空发送的信息。物质信息当然要比辐射电波更确定目标。而且，物质信息需要长几千倍的时间才能到达一个确定的目标。但是，至少它还完全在我们现有的能力之内。

我们确实已经发送过这样一个信息了。

1972年3月3日，土星探测器“先驱10号”被发射出去。它于1973年12月经过土星，12月3日离土星最近，并成功地发回了照片和其他数据。这些照片和数据使我们对土星这颗巨星的了解大大加深。

如果到此为止——如果“先驱10号”在经过土星时消失或爆炸，或者停止工作——那么，我们所付出的时间、精力和钱财也是值得的。除了土星探测之外，“先驱10号”所能做的任何一件事从某种方式上来说都将是一个额外的收获。因此，如果让它带上一个信息根本不需付出任何代价。

“先驱10号”上确实带着一个信息。这个信息完全是在发射前的最后一刻为了制造声势而加上的。

这个信息是一块镀金的铝片，它长9英寸，宽6英寸，固定在“先驱10号”的天线支架上。

在这块金属板上刻着美国天文学家萨根和德雷克设计的信息。这些信息除极少数人能懂外，大多数人都不能理解。其中包括有关氢原子的详情。这个信息是以二进位数字表示的。它根据地球周围的脉冲星来对地球定位，脉冲周期也用二进位表示。脉冲星只是在特定的时间才在特定的地方出现。它们的自转速度在变慢，使它们在一定的时间只有一定的转速，因而这个信息就能准确地表示出在宇宙历史的某一特定时间内，地球与银河系其他部分的相对位置。

金属板上还有一小幅太阳系行星示意图，“先驱10号”探测器以及它在穿过太阳系时所经的路线图。

不过，这块金属板上最引人注目的，是一个关于“先驱10号”

的示意图及图前面按探测器比例作出的人像，上面画的是一个裸体男人和一个裸体女人（这是萨根的妻子林达·萨根的作品）。那个男的一手上举，作画者希望这手势能被解释为和平。

如果有一种智慧生物恰巧收到了这个信息，他们能懂吗？既然接收这个信息的只有飞船或游离星体上的物种，我们便可以认为这个物种已具有掌握高深科学概念的本事。那么，他当然应该能理解这个纯科学的标记。不过，萨根指出，那一男一女倒很可能使外星智慧迷惑不解，因为他们从来没见过这种生物，他们甚至连这些图象是代表生物也不知道。

他们可能也会对“先驱 10 号”探测器本身进行研究。从某种意义上说，这将比那个金属板更能使他们对地球及其居民有所了解。

但是，“先驱 10 号”要把这个金属板带到哪里去呢？“先驱 10 号”在从木星旁掠过时，将从木星的庞大引力场上获得能。到 1984 年，它将以每秒钟 11 公里的速度从冥王星边缘滑过。这将足以使它永远离开太阳系，几十亿年地飘泊下去，直到它撞到一个相当大的、能摧毁它的物体。

“先驱 10 号”需要 8 万年才能远离地球，达到地球与半人马座 α 距离相等的地方。不过，那时，它决不会在半人马座 α 的附近，因为它的飞行方向不是对着那颗星的。

在人们发射“先驱 10 号”时，他们对它要落在哪一颗星上心中是没有数的。它对准木星的方式，是为了使我们对木星能有尽可能多的了解。至于它在离开太阳系时会朝哪个方向飞行，那都无关重要。

实际上，“先驱 10 号”的飞行路线，至少在 100 亿年之内，不可能把它带到任何可见恒星的行星系附近。当然，在“先驱 10 号”的长途飞行中，完全有可能偶然地掠过一个游离星体。不过，就连这一点的可能性也是十分小的。没有一个人真的指望“先驱 10 号”在其长途飞行中会被哪一种智慧生物看到。

如果是这样的话，我们何必还要去费这个心呢？

首先，这并不很费心。其次，这个探测器仍有可能在某个时候会被外星智慧发现。即使发现它的外星智慧离我们太远而不能有所作为，或者，只是在人类早已绝灭后才被发现，我们也总算在宇宙中留下了某种标记。

我们将留下证据，证明在我们这个小小的世界上，曾经存在过一种智慧生物，它能运用相当的技术将一个物体抛出我们的太阳系。这该是多神气啊！

我们还可以发出两个以上的信息，使我们能有更多的机会。“先驱 11 号”探测器上放了一块相同的金属板。它最终也会以一条不同于“先驱 10 号”的路线离开太阳系。

1977 年，人们发射了带有大量反映地球上丰富多采生活的图片的探测器，上面还有一盘录音磁带，录有地球上的各种声音。

接 收

显然，我们现在还只有能力去发送无目标的而且只是消极图案的信息。

而且，有人根本就不赞成发送信息的想法。这种反对意见的核心是：“为什么我们要去招引别人的注意呢？”

如果我们真的宣布了我们的存在，我们不是在招引那些比我们发达得多，但至今还没有意识到我们的存在的文明世界来全速向我们靠近、来取代我们、将我们奴役，或者把我们消灭吗？

但是，我认为这种可能性很小。在前面我已经解释了为什么我认为那些比我们的现有技术发达的文明世界可能是和平的。即使不和平，它也只可能局限在自己的行星系内；即使某个文明世界是好战的并正在太空自由飘泊，它们可能已经探索过所有的星体并注意到了我们的存在。最后，即使不知为何它们没有发现我们，我们也已经通过无线电广播将自己暴露了。

由于所有这些原因，不管我们发不发信号都没有什么区别。但是，我们很难宽解那些没有根据的担忧，有人总以为会有各种最坏的事情发生。假设确实有一些和我们表现最坏时一样邪恶、一样

好战的文明世界，它们能够自由自在地在宇宙行动，它们正在四处寻找牺牲品，它们还未发现我们，我们难道要潜伏起来、保持绝对的安静吗？

如果是这样的话，即使我们潜伏起来，为了自身的安全，我们难道不该尽可能地对这些想象中的怪物有更多的了解吗？我们难道不应知道什么地方有危险、有多么危险及怎样才能更有效地避开吗？

换句话说，即使放弃了一切发送信息的想法（我们在这一点上毕竟是效率不高的），我们难道不该想尽各种办法去接收信息吗？如果我们真的接收到一个信息，把它译解出来，发现我们对它并不感兴趣，那么，我们也完全可以不去回答它。

然而，我们在发现一个信号时能知道它是一个信号吗？我们应该去寻找什么？

我们应该抱着一个乐观的态度。尽管我们不能预见到这些信号将采取什么形式，但只要有信号，我们就能认出来。看上去象一个网状系统的火星运河的发现在当时就是一大震动，但很快就被认为是一个高度文明世界的象征。

不过，现在我们知道，生命信号只能从其他恒星的行星系得到（或者从星际空间的自动探测器或游离星体上得到）。我们所能得到的所有信号很可能都是从很多光年以外来的。但是，发送出能量如此大、在这么遥远的距离之外还能收到的信号是可能的吗？

也许我们不应该根据我们自己的文明世界来判断其他的文明世界。对我们来说是一种高能级的东西，也许对比我们更发达的文明世界来说根本算不上什么。1964年，苏联天文学家卡达谢夫曾提出：可能有3种能量级的文明世界。第一级和地球一样，依靠矿物燃料作为能源；第二级可以开发本恒星的全部能量，从而控制比第一级文明世界高 10^{14} 倍的能源；第三级能将它所在的星系的全部能量都开发出来，从而控制比第二级文明世界高 10^{11} 倍的能源。

二级文明世界所发出的信号有足够的强度使所在星系的任何

一个地方探测到。三级文明世界所发出的信号有足够的强度使宇宙的任何地方探测到。

我们也许会立即对这点加以否定，因为我们在哪里也没有发现信号，但这首先是因为我们没有在真的收听。另外，即使这些信号真的闯入我们的意识，我们能辨别出来吗？

比如，1963年，美籍荷兰天文学家马尔顿·施密特（1923～ ）发现了类星体。这是一种特别明亮和遥远的物体，其亮度会有不规则的变化。1968年，英国天文学家休伊什（1924～ ）宣布他发现了脉冲星。这种脉冲星发出有规律的脉冲电波，其间隔很短，但在慢慢地延长。从1971年起，一些强度变化无常的强烈的X射线开始被人们认为与黑洞有关。

这些物体会不会就是二级和三级的文明世界的信号标志呢？当然，类星体和黑洞的强度变化都是不规则的，而脉冲星的强度变化是规则的。这两种情况中似乎都不存在智力活动的因素——但那也许只是因为我们的理解不正确所造成的？

也许是吧？不过，从本书的保守观点出发，这只是一个可能性极小的可能。我们只能说，到目前为止，宇宙还没有大规模的、牵涉恒星或星系强度的能量输出，还没有任何智慧信息的迹象。在这些迹象出现之前，我们决不能急于下结论。

当然，一个信号可能不是有意发出的信号，而完全是随着文明世界的活动而产生的附带现象。我们给城市和公路照明，完全是为了方便人民生活 and 保证安全。但对其他那些在地球外离我们不远并留心注意到了这些灯光的文明世界来说，就成了一种信号。

如果火星上确实有运河，它们也会供给火星上的文明世界以急需的灌溉用水——但这种运河的存在应该就是发给我们的信号。

同样，一个较发达的文明世界也会做出某种大规模的事情，使星际距离以外的人们能发现他们的存在。

戴森指出，当人类开始开发和探索宇宙时，他们会在太阳能量允许的情况下尽可能地增加人口。现在，地球只能截住很少量的

阳光，几乎全部的辐射能都通过太阳系的冷星体逸入和穿过星际太空逃失。人们最终可能击破太阳系中各个外层星体，组成一个游离星体群。这个游离星体群将在与小行星的内缘同样距离的地方成球形包围太阳。

所有的太阳能将被这些游离星体吸收。当然，能量还会从这些游离星体的黑暗面辐射到宇宙里去，但都是红外线辐射。从另一颗星上看，太阳的辐射就从主要为可见光辐射转变成几乎全部是红外线。这个变化可能要几个世纪的时间，但这对天象变化来说却仅是一瞬间。

如果我们从地球上看见的一颗星，根据记录一直在稳定地发着光，而现在，它突然开始变暗，而且不一会儿便告熄灭的话，这时，我们便可以合情合理地认为，我们所看到的是智慧的作用。

也许是这样——但是，我们还没有看见过这一现象。

那么，我们就必须作出如下结论：

- (1) 我们根本没有能力发现信号，所以也不必去想这件事；
- (2) 还没有过什么信号，所以也不必去想收听；
- (3) 有信号正在发出，但其能量很小，因此，不会是什么大的文明世界的举动。而为了探测这些信号，我们要花费相当的气力。

显然，只有在第三个结论上切实下了一番功夫后，我们才能接受第一或第二个结论。

让我们来研究一下那些低能量（但仍需高到我们探测得到）的信号，看看它们怎么样。

这些信号将是一些可以穿过宇宙的广阔空间的现象，可以分为三种：

- (1) 象金属板、探测器和游离星体这样的巨大物体；
- (2) 带质量的亚原子粒子；
- (3) 无质量亚原子粒子。

我们可以完全不去考虑那些大的物体，它们运动得很慢，根本不能胜任传递信息的工作。

带质量亚原子粒子又可分成两个小类：不带电荷的亚原子粒

子和带电荷的亚原子粒子。带质量但不带电荷的亚原子粒子一般运动得很慢。因此，可以作为不实用而排除在外。

既带质量又带电荷的亚原子粒子能够快速运动，因为它们受到与恒星及整个星系有关的电磁场的加速。因此，在穿过星际和星系际空间时，它们可以达到几乎接近光速的速度和获得大量的能。

这些亚原子粒子确实到处都会出现。它们经常不断地、永远地撞击着地球，我们称它们为宇宙射线。

但是，这些粒子受到电磁场加速这一事实说明它们是受一种吸引力或一种排斥力的影响的。并且，不管是吸引力还是排斥力，它们的路线都会发生弯曲。粒子所获得的能越多，它的路线就越渐渐轻度弯曲。而在很远的距离上，即使轻度的弯曲也变得举足轻重。而且，一束粒子还会逐渐地散开，因为能量大的粒子束会比能量小的粒子束的弯曲度小。

这些宇宙射线粒子从四面八方向我们袭来。但是，由于它们的路线通过电磁场，从它们到达地球时的方向上，我们无法知道它们是从哪个方向来的，也不知道一起到达地球的粒子群是否是一起出发的。一个信号要有用，就得是沿着一条笔直的路线而来，既不能分散，也不能变形。这样，就把所有带质量的亚原子粒子排除了。

现在，只剩下无质量的亚原子粒子。这些粒子一般可分为三类*：中微子、重子、光子。

由于这些粒子无质量，它们可以用光的速度运动。再没有任何信息会比它们运动得更快了。这是它们的一大优点。

而且，无质量粒子不带电荷，因此，它们不会受电磁场的影响。它们倒确实受引力场的影响。但是，那只是在这种引力场十分强的地方。况且，即使在那里，许多无质量粒子束的弯曲度也是一致的，不会被分散。由于宇宙引力场的强度到处都很小，即使无质量粒子是从几十亿光年以外来的，它们到达地球时基本上也都是未

* 如果还有其他未知粒子，那么也不是我们能探测得到的。

分散、未变形而且都是直线的。这是它们的第二个优点。

而要想接收中微子却又太难。因为中微子极难与物质发生相互作用。中微子束可以穿过许多光年厚的铅块而只有很少量的中微子被吸收掉。

当然，很小的一块物质也能吸收非常少量的中微子，所以尽可能以多产生一些中微子，而使非常少的一部分用来传递信息。

不过，恒星内部在发生核反应时也产生中微子。在一颗象太阳这样的恒星里，大量的中微子就是以这种方式产生的*。一个文明世界所产生的中微子数量不会比其恒星所产生的多多少，因此，不管这一文明世界发送出去什么样的信息，都有被这颗恒星所发出的数量大得多的中微子所淹没的危险。（也许这是一条普遍准则——你用来发送信息的手段应该很容易与其背景区别开来。在一个锅炉厂里，你总不会用耳语的方式来从一间屋子的这头向那头的人传递一个信息吧！）

也许还有一条出路。尽管在恒星中心发生氢核聚变反应中有中微子产生，但象铀和钍这样的重核裂变反应中却会相应产生所谓反中微子的粒子。

反中微子也是无质量、无电荷的。但它们是中微子的镜像。当反中微子被物质吸收时，它们所产生的结果将与中微子粒子所产生的不同。如果一个文明世界可以将一束反中微子用来传递信息，那么，即使在庞大的中微子流中，人们也可以辨出这个信息来。

然而，要想截住这种粒子决非轻而易举。如果有什么更好的方法的话，没有一个文明世界会使用这种方法。

引力子也不见得更好些。引力子的能量少得可怜，比中微子还难测到，而且比生产中微子更难得多。靠我们目前所能掌握的技术，要产生哪怕是勉强可以测出来的引力子，必须把巨大的质量加速（即以某种规定的方式使这质量自转、公转、脉动、坍缩等）。我

* 现在，在宣布这一点时，我已不觉得自己象在几年前那样有把握了。在过去的几年中，人们曾试着想发现太阳所产生的中微子。但是，他们实际发现的比应该发现的要少得多。天文学家们一直未弄清这其中说明了什么问题。

他们可以幻想，某个文明世界已经发达到可以使一颗巨星按摩尔斯电码产生脉冲。但是就连这样一个发达的文明世界也不会去找引力子这样的麻烦。

那么，就只剩下最后一种通讯系统——光子了。

光 子

所有的电磁辐射都是由光子组成的。这些光子的能量大小不一*，从最短波伽马射线这种能量极强的光子，到能量极弱的无线电波。如果有一个射电谱，从它的一端到另一端的能量是加倍的话（或者从相反的方向波长加倍），那么，这就是一个倍频带。电磁辐射的整个范围内有许多倍频带，在中间的某个地方，可见光组成了单独的一个倍频带。

凡温度不是绝对零度的物体都放射出各种能量的光子。倍频带两端的光子很少，中间某处有一个高峰。这个高峰代表了一定能量的光子。随着温度增高，这个高峰的能量也就越来越大。

对接近绝对零度的非常寒冷的物体来说，其高峰辐射远在无线电波区域里。那些室温物体（比如我们自己）的高峰是在长波段红外线上；在较冷的恒星上，这个高峰是在短波段红外线上，但仍有可见光的大量光子释放出来，使这颗恒星变成红色。对那些类日恒星来说，这个高峰是在可见光波段；而那些非常热的恒星的高峰则是在紫外线波段上，但仍有可见光的大量光子释放出来使这颗恒星呈蓝白色。

绝大多数的电磁辐射波段都不能穿透地球大气层，而可见光却可以。大部分生物都已具备了能对这些光子作出反应的感觉器官。换句话说，我们能看见。

在地球上，我们至少还可以借助其他感官。但是，对于大气层以外的任何一个物体来说，我们所接到的唯一的信息（直到最近为止）只是通过这些物体发出的可见光子得到的。

因此，我们会很自然地把外层空间所来的信号当作可见光。我

* 或者是波长不一。波长越长，能就越低；波长越短，能就越高。

方向完全一致的光子组成的光。激光射线很少向外扩散，因此，只要有一定的能，它就能保持足够的强度，并在比一束普通光远得多的地方被测出来。而且，激光射线很容易通过光谱分辨，只要发现激光的存在，就足以说明这是智力活动的结果。

激光可以算是比上述所有的方法都更实际的信号发送方法。但是从某一颗行星上发出的激光信号，在长远的距离上也会被它所环绕的恒星所发出的光淹没。

有人又提出另一种可能性：

类日恒星的光谱线上有许多黑线条，表示这里缺乏某些光子——这些光子已在恒星大气层里被某种原子吸收。假设一颗行星上的文明世界发出一束很强的激光射线，它的能级与这颗恒星光谱上的一条明显黑线的能级完全一样，那么，这条黑线就会变亮。

假如我们对一颗恒星的光谱进行研究，发现它缺少代表恒星大气层中一定原子群的某条黑线，而其他一些同样代表这些原子的黑线仍然存在，那么，我们就必须认为：缺少的这个能级是由人为的方法提供的。这也就意味着存在一个文明世界。

人们至今还未观察到这样的现象——但是，在我们失去信心之前，我们不妨先看看是否偶然可以用什么更简单的方法来发送信号。归根结底，如果有简单的办法的话，没有一个文明世界会去采用更难的办法。

微 波

早在 19 世纪，可见光射程外的电磁辐射就已被发现。1800 年，赫歇尔发现了日光红外波段，因为温度计同样能受可见红光以外波段的影响。1801 年，德国物理学家里特（1776~1810）根据可见紫光以外波段能引起化学反应的观察，发现了日光的紫外波段。

不过，这些发现对天文学并没有什么太大的影响。紫外线和红外线的大部分波段都不能穿透大气层。因此，太阳和其他恒星

的这种射线只有很小一部分可以到达地球。

从 1864 年开始，麦克斯韦（气体动力理论就是他研究出来的）又发展了电磁理论，第一次证实了光是一种电磁辐射，并预言在可见光谱两边有多级电磁辐射的倍频带。

1888 年，德国物理学家赫兹（1857~1894）发现了象光一样的电磁辐射。这种辐射波比光波长 100 万倍。因此，其能级也只有光的百万分之一。这种新发现的辐射被人们称作无线电波。

因为无线电波能量很低，因此很容易产生。而且，尽管它的能量低，它也很容易被接收到。无线电波可以穿透任何光所不能穿透的实体。与光不同，它在遇到高空大气层中带电荷的粒子层时能弹射回来，所以无线电波实际上就能沿着弯曲的地球表面行进。无线电波可以很轻易地以相干的方式产生，从而形成紧密波束作长距离运动。此外，无线电波也很容易加以调制而用来传播信息。

基于以上这些原因，无线电波显然是远距离传播的理想方式。而且，它无需电报或电缆传播信息所用的电线。第一个实际应用无线电波的人是意大利电气工程师马可尼（1874~1937）。1901 年，他使一个无线电信号越过大西洋的上空，这一伟绩就是大家都知道的无线电的发明。

从那天起，随着不断的提高和改进，无线电成了一个重要的传播方式。很多人都知道，任何一个有技术的文明世界都宁肯利用无线电而不利用其他方式联系。

所以，1924 年，当火星比以往任何时候离地球都近时，人们曾试图收听这个修建了火星运河的文明世界有没有发出什么无线电信号。结果，他们什么也没有发现。

从某种方式上来说，这也并不奇怪。高空大气层中的带电粒子既然能反射来自地球的无线电波，使这些无线电波不能进入太空，而是留在地球表层附近，那么它们同样也会反射太空中产生的无线电波，使它不能到达地球表层。

然而，1931 年，美国贝尔电话实验室的无线电工程师央斯基

(1905~1950)在企图找出影响无线电话的静电干扰时,发现了一个奇怪的信号。这个信号是从天空方向来的。这第一次显示出存在着一种叫作微波的宽阔短波段,它可以顺利地穿过地球大气层。我们可以从天空得到两种类型的电磁辐射:狭窄的可见光波段和宽阔的微波波段。

1932年12月,人们证实,央斯基所发现的是来自银河中心的无线电波。《纽约时报》用头版标题刊登了这一消息。一些天文学家如格林斯坦(1909~)和惠波尔(1906~)等人对这一发现的潜力很是欣赏。但当时还不能有所作为。他们没有一个象样的仪器来探测这种辐射。有一个叫里伯(1911~)的美国无线电工程师倒是认真地考虑了这一问题。他造了一种“无线电望远镜”装置,用来探测来自天空的无线电波。从1938年开始,他便开始在他的后院里用这架望远镜对天上所有能看到的地方进行研究,以测量一下从各个不同方向接到的无线电波的强度。

第二次世界大战期间,雷达的出现改变了一切。雷达是利用微波的,从而使微波技术有了飞速发展。战后,无线电天文学一跃成为一个巨人,与伽利略在350年前发明了光学望远镜一样,微波技术的兴起给这门科学带来了一场大变革。

几十年后,人们又有了比探测光还要灵敏的探测微波的无线电望远镜。利用这种无线电望远镜,可以探测离我们太远、已经无法测出同样能量的光辐射地方的微波辐射源。实际上,现在我们可以测出银河系的任何一颗恒星发出的微波,尽管它的发射能量只不过和我们所已掌握的一样大。

而且,我们还可以很准确地测出这些微波的波源,并很轻而易举地将不同的微波区别开。由于每一个分子都放射或吸收它自己的波长,星际气云的化学成份就可以准确地测出来。微波不会被背景辐射截断,在天空中大部分地方,微波没有光那么强。即使在微波大量存在的地方,一个文明世界也很容易发送出比这个波长的天然背景要强得多的一定的波长。

这样,如果一个文明世界想发送信息的话,它肯定会发现微波

是一个比光——或者，实际上比任何东西都更好、更经济也更自然的发送手段。

现在，我们找到了象是答案的东西：要穿过每一条星际鸿沟进行信息发送或接收，我们必须利用微波。

但是，这些信息可能从哪一个能级或波长来呢？接收机可以调在一定的波长上接收信息，但如果发出的信息是另一波长，就收不到。另一方面，要想收到所有的波长就会大大增加接收的困难和费用。但是，我们能猜测外星的智慧，看看他们会使用什么样的波长吗？

第二次世界大战中，荷兰天文学家范德胡斯特（1918～ ）因纳粹统治而无法进行观测，于是进行了一些书面计算。这些计算表明：在一些情况下，冷氢原子会起一种组态排列上的变化，这时会放射出一个波长为 21 厘米的微波光子。

每一个单独的氢原子经历这种变化的可能性很小。但是，宇宙中所有的氢原子无时无刻都在经历着这种变化。那么，如果范德胡斯特的计算是正确的，氢原子所产生的微波就应该能被测出来。1951 年，美国物理学家珀赛尔（1912～ ）真的测到了这种微波。

氢原子在星际空间占统治地位。因此，这种 21 厘米的波长就成了一个普遍存在的辐射，在任何地方都可以收到它。一个已经具备了地球现有技术水平的文明世界当然也有天文学的能力。我们可以肯定：即使它们别的什么也不做的话，他们也一定会使用仪器去接收这个 21 厘米波长。当然，他们会以他们自己能收到并认为别的文明世界也会收听的波长来传递信息。

因此，1959 年，美国物理学家莫里森和意大利物理学家克康尼（1914～ ）提出，如果要想寻找外星发出的信息，就应该在 21 厘米波长去找。

不过，这一微波波长也正是背景辐射最强，最易受干扰的——特别是在银河区域。因此，有人曾觉得我们似乎应该换一个波长，比如说使用 42 厘米或 10.5 厘米的波长，因为使用 21 厘米的两倍

或一半，是不直接使用 21 厘米本身而又将它作为基础的最简单的办法。

另一些人则建议我们去利用氢和氧的双原子——羟。除了氢本身以外，羟便是星际太空里分布最广的微波辐射体，它的微波辐射波长为 17 厘米。

由于氢和羟组成了水，从波长 17 厘米到 21 厘米的微波段有时就被称作水洞。这个叫法非常形象。因为当各种不同的动物到地球上真正的水洞来饮水时，各个文明世界也许就在这个地区发送和接收信息！

1960 年，人们真的试着收听了天上的 21 厘米波长，希望能发现外星文明世界发出的信息。这是在德雷克的指导下在美国进行的。德雷克称这为奥兹玛计划。奥兹玛是童话世界奥兹地方的公主。奥兹是著名的儿童探险系列故事中所描写的一个遥远地方。总之，天文学家们想在比奥兹还要遥远的地方寻找已有智慧生物居住的迹象。

他们是从 1960 年 4 月 8 日清晨 4 点钟开始收听的。当时，这项工作是完全秘密进行的，因为他们担心他们会出丑。他们一共进行了 150 个小时的试验，直到 7 月才结束。他们随时期待着能在一段很窄的波段上发现任何一种既不很规则、又不很杂乱的脉冲。但是，他们什么也没有发现。

从那以后，在美国、加拿大和苏联，人们又进行了 6 次或 8 次同样的试验。所有的这些试验都比第一次更谨慎。但至今仍没有任何确切的结果。不过，这实际上是因为至今所有的探测都很短暂和粗疏。

可是天文学家们仍然寄希望于偶然发现的可能。1967 年，当脉冲星（一种非常小、非常密、转速很高的星。它是超新星爆炸后坍塌的残骸）被发现时，微波脉冲的意外发现曾一度给了有关的天文学家一种恐怖的感觉，以为他们收到的是智慧生物发出的信息。他们把它叫作 LGM 现象（“小绿人现象”）。但是，他们很快就发现，这种脉冲过于规则，不可能是在传播信息，于是以后又对这一

现象作了比较寻常的解释。

然而，如果要想抱着成功的希望去寻找地球以外的文明世界的信息，就要花费比奥兹玛计划长得多的时间，要对更多的星进行研究，使用更多的精密仪器。总而言之，要订出一个花费很大的计划。

在哪里？

1971年，在奥利佛的指导下，美国航空和宇宙航行局的一个小组提出了被称作“独眼计划”的方案。这是用许多无线电望远镜排列的大矩阵*。其中每一个望远镜的直径都是100米，并且都调谐在能收到水洞区域的微波上。

这一矩阵包括1026个这样的无线电望远镜，每一个都象一个士兵一样，统一听从一个电子计算机系统的指挥。整个矩阵加起来将等于一个直径为10公里的无线电望远镜。这个矩阵能在100光年以外探测到地球偶然渗漏出来的微波，而至少能探测到1000光年以外另一个文明世界有意发出的信号。

地球表层可能不是最理想的地方。如果能到宇宙中去，或者，更理想的话，到月球的背面去，这个矩阵就更能与地球本身的大部或全部微波噪音隔绝开。

独眼工程的建造绝非轻而易举，其造价也显然太昂贵。据估计，即使到最后收听本身完全自动化，也不需要更多人员时，仅这个矩阵的建造、维修和运转也将需要100亿到500亿美元。

因此，任何能比独眼计划更简单、更快的探测方法都将是有益的。比如，天上可能会有些值得我们先去探索的地方，因为那里更可能有信息源。

这些地方可能会在哪儿呢？

首先，进行探索的最理想的地方，是那些可能有获得相当能量的行星文明世界存在的恒星周围（当然，肯定会有一些信号是从离我们最近的游离星体或自动探测器上发出的。但是，我们无法知

* 每一个无线电望远镜都象一个圆眼睛，凝视着天空。独眼计划由此得名。

道这些物体在哪里，所以也没有一个明确的目标去探索)。

另外，这个目标应该是一颗离我们较近的恒星。因为，即使在其他条件都相同的情况下，发出微波的行星系离我们越近，微波辐射就越强，也就越容易被探测到。

第三，这个目标应该是一颗象太阳一样的恒星。因为我们认为，只有在这样的恒星周围才有可能存在着可居住行星。

第四，最先进行探测的几个目标应该是单星。因为，虽然双星周围也可能有可居住行星，但单星的可能性更大。

实际上，离我们不远于 24 光年的类日单星只有 7 颗，它们是：

恒 星	距离 (光 年)	质 量 (太阳质量=1)
波江座 ϵ	10.8	0.80
鲸鱼座 τ	12.2	0.82
天龙座 σ	18.2	0.82
孔雀座 δ	19.2	0.98
波江座 82	20.9	0.91
水蛇座 β	21.3	1.23
杜鹃座 ζ	23.3	0.90

这些恒星的名称比较陌生，因为那些比较熟悉的恒星一般都是最亮的星，它们太大、寿命太短，对文明世界不适宜。

那些可以用肉眼看到的星即使不十分亮，一般都是根据它们所在的星座命名的。有时，人们也根据它们的亮度或位置，按希腊字母 ($\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta$ 等) 或按阿拉伯数字顺序排列。

上列表格中的星属于波江、鲸鱼、天龙、孔雀、水蛇和杜鹃等星座。

所列出的这 7 颗星中，有 3 颗的位置远在天空南面的地方 (孔雀 δ 、水蛇 β 和杜鹃 ζ)。从天文学最发达、复杂仪器最充实的北方看不到它们。波江 82 并不太靠南天空，但它可能离地平线太近，要探测它很不方便。

那么，最理想的 3 个目标就是波江 ϵ 、鲸鱼 τ 和天龙 σ 了。在

美籍苏联天文学家斯特鲁维的建议下，奥兹玛计划就是以这 3 颗星作目标的。

尽管这 7 颗星，尤其是这 3 颗北边的星可以作为第一阶段探测的目标，如果我们所得到的结果是否定的，我们也不应气馁。如果 23 光年中有 7 个基本目标，那么，在独眼工程的 1 000 光年射程内就会有约 500 000 个目标。

最理想的应该是对所有这些星都进行收听。实际上，在我们真的放弃全部希望之前，我们应该将整个天空巡视一遍，以防在料想不到的恒星周围有文明世界存在——也有可能在我们不注意时已经有离我们很近的游离星体在发出信号。

我们甚至应该对这个水洞外的波段进行收听，以防万一。

为什么？

但是，我们必须提出这个问题：为什么人类要对宇宙进行收听，来寻找地球以外的文明世界发出的信号？为什么在我们可能一无所获的情况下，还要去花费这笔数百亿元的巨款？

总之，尽管我在本书中作了种种推理，如果根本不存在什么地球以外的文明世界，那又怎么办呢？

——或者，如果存在，但它们离我们太远，使我们无法探测到它们的信号？

——或者，如果存在，但它们并没有在发送信号？

——或者，它们在发送信号，但其方式我们无法理解？

——或者，即使我们理解，但我们无法将所收到的信号译解出来？

所有这些可能性都存在。因此，让我们作一个最坏的打算：尽管我们做了最大的努力，我们最终可能一个可辨认的信号也收不到。

如果是那样的话，我们是否就真的浪费了钱财呢？

也许不然。假设独眼计划和空间探索一共需要 20 年时间及 1 000 亿美元的费用，那么，每年就是 50 亿元。而现在地球上所有

国家的年军费开支总和高达 4 000 亿美元。

花费在军事装备上的钱只能激起仇恨和恐惧，不断地增加地球上各国之间彼此消灭或将整个人类消灭的可能性。而寻找地球以外的智慧则无疑将对每个人起一种团结的作用。一想到有比我们更先进的文明世界存在，一想到有一个充满这种先进的文明世界的星系存在，我们就会倍感我们为小事争吵不休的无谓，我们就会感到内疚，从而认真地去进行合作。如果我们探索的最终失败将使我们相信我们原来是银河系唯一的文明世界，那么，我们不是也会更加感到我们的世界和我们自己的宝贵，从而就更不愿把这一切都当儿戏一样来轻易毁坏吗？

但是，如果我们最终一无所获，这些钱财就全部浪费了吗？

首先，修建独眼工程本身将可以使我们学到许多关于射电观测的知识，并且，可以在对天空进行实际观测之前就大大提高射电观测的技术水平。

第二，在新技术、新工艺、新能源和不懈的努力之下，不可能找不到宇宙内与先进的文明世界没有关系的新事物，即使发现不了信号，我们也不会一无所获。

我们不知道将会有什么发现，也不知道这种发现会对我们有什么样的启示，更不知道它们究竟是否有用。但人类（在他们心灵最美好的时刻）始终是为知识而重视知识的。能否获取知识是区分智慧物种高下的标准之一，也是区分进步文化和腐朽文化的标准之一。

但我们也无须担心最终只是为知识而获取知识。过去，在人类广泛地运用知识的过程中，它一直对人们是很有帮助的。我们完全可以期望它在未来还将继续使我们受益。

但是，假如我们真的发现了一个什么信号，并肯定了它就是来自智慧生物的信号，这对我们会有很大的意义吗？

也许它根本不是一束针对我们的信号，也许没有人想吸引我们的注意，或是想和我们说什么，它可能只是技术上的偶然泄漏，和正在从地球向四面八方不断扩散的微波群一样，完全是某种杂

乱的日常现象。

从某种意义上来说，仅仅辨认出一个意味着遥远的文明世界的确存在的信号，即使再没有其他情报，也已够了。

想一想它在心理上的意义吧！它说明在另一地方存在着另一个文明世界*。仅从它的信号强度上，我们就可以判断出它很可能比我们更先进。这一点给我们带来了激动的消息：至少有一种智慧生物已经达到了我们现有的技术水平，已经战胜了死亡，已经在向着新的高度发展。如果他们已经这样做了，我们难道不能吗？

如果这一想法能使我们不致于在解决人类面临的棘手问题中丧失信心，那么，仅这一点，也已可以鼓励我们继续寻求出路了。也许，它还能成为最关键的一点，帮助我们在生死存亡关头选择光明的前途。

而且，除了存在信号以外，也不可能再无其他发现。即使这个信号中没有智慧信息，或没有我们所能理解的信息，这个信号的特征也可以使我们知道发出信号的行星的公转和自转速度，以及其他物理特性，可为天文学家所用和研究。

但假如我们认出这个信息中确实有有用的东西，但它意味着什么我们却一点也不知道。

那么，这个信息就没有用了吗？当然不是。首先，它是一个很有趣的课题，它本身就是一个引人入胜的游戏。即使我们不能给这个信息下一个具体结论，我们也可以对陌生的心理有一个概括的了解——这也是知识。

另外，就是密码当中的最小突破也是有趣的。比方说，从信息当中我们找到了一种关系的暗示，如果这个关系是真的话，它将使我们对物理的某些特性有新的、更深的见解——也许只是一个意义不大的见解。然而，科学不是在真空中发展的。这一见解会引起其他思想，最终，它将大大加快整个进程，我们的科学知识也将

* 另一方面，如果我们最后什么也发现不了，那也并非说明什么也不存在。也许我们找错了地方；或者寻找的方式不恰当；或是我们的技术不合理；或是在这三点上都不对。

由此得到发展。

如果我们对这个信息确实有了某些详尽的了解，我们也就有了充足的知识来判断发送这个信息的文明世界是否是和平的。

如果这是危险的，如果有战争的危险（我认为可能性很小），那么，我们所获得的知识就将促使我们去保持沉默，不对这个信息作出任何答复，尽我们的最大努力去堵住任何可能会泄漏到外界空间去的、能暗中暴露我们的存在的东西。如果发生了最坏的情况，那么，我们所学到的东西也许能使我们如何最好地保护自己有新的、深入的了解。

反过来说，如果我们认为这个信息是来自一个和平和善意的文明世界，或是一个无论其态度如何都不能来到我们地球的文明世界，那么我们也可以决定利用我们所学会的密码去回答它。

当然，这个文明世界可能离我们很远，而由于光速极限，我们在 100 年之内也收不到它的回答。不过，等待也未尝不可。我们可以边等待边做自己的事。这样，我们不会有任何损失。

对方的那个发达的文明世界在收到我们的回答并知道有人正在收听时，可能会立即认真地进行信号播送。虽然我们要等待 100 年，但到时我们会一下子得到有关这个文明世界各个方面的大量报道。

我们不知道这种信息会有多大用处，但是，它肯定不会是无用的。

实际上，如果我们想入非非，认为光速极限可以解决，又假设有一个和平、善意的星系文明世界联盟存在，那么我们对这个信息的成功理解和我们的勇敢回答就是我们加入这个联盟的合格证书。

谁知道呢？

即使不考虑千百年来驱使着人类的强烈的好奇心，即使不考虑除了我们以外，宇宙里到底还有没有其他文明世界这样一个压倒一切的问题，我也确实认为，在寻找这个问题的答案之中，我们的一切努力都将对我们有利和有所帮助。

因此，为了我们大家，还是让我们抛开那些无谓的、无休无止的和自杀性的争吵，团结起来解决一个真正的任务吧——生存下去——学习——发展——达到一个新的知识境界。

让我们通过努力去主宰等待着我们的宇宙。如果不得已，我们将孤军奋战；如果存在其他文明世界，我们就协力前进。

英汉对照人名表

- Abney, William de Wiveleslie
艾布内
- Adams, Richard 亚当斯
- Alfven, Hannes Olof Gösta 阿尔文
- Anaxagoras 阿那克萨哥拉
- Ariosto, Ludovico 阿里奥斯托
- Aristophanes 亚里斯多芬
- Arrhenius, Svante August 阿亨尼斯
- Barghoorn, Elso Sterreberg
巴格霍恩
- Barnard, Edward Emerson 巴纳德
- Bier, Wilhelm 比尔
- Bessel, Friedrich Wilhelm 贝塞耳
- Bickerton, Alexander William
毕克顿
- Bilaniuk, O.M.P. 比兰尼克
- Bok, Bart Jan 博克
- Boltwood, Bertram Borden
波特伍德
- Boltzmann, Ludwig Edward
波尔茨曼
- Bracewell, Ronald N. 布雷斯威尔
- Broca, Pierre Paul 布洛卡
- Bruno, Giordano 布鲁诺
- Buffon, Georges 布丰
- Bussard, Robert 布萨德
- Coblentz, William Weber 柯布伦茨
- Cocconi, Giuseppe 克康尼
- Columbus, Christopher 哥伦布
- Congreve, William 康格里夫
- Cros, Charles 克洛
- Cyrano Savinien de 齐拉诺
- Däniken, Erich von 丹尼肯
- Deshpande, V. K. 戴施潘得
- Digges, Thomas 狄格斯
- Dole, Stephen H. 多尔
- Doppler, Christian Johann 多普勒
- Drake, Frank Donald 德雷克
- Dyson, Freeman John 戴森
- Eddington, Arthur Stanley 爱丁顿
- Einstein, Albert 爱因斯坦
- Elvey, Christian Thomas 埃尔维
- Feinberg, Gerald 法恩贝格
- Fizeau, Armand 费佐
- Flammarion, Camille 弗拉马里翁
- Fontenelle, Bernard 丰登奈尔
- Fraunhofer, Joseph von 夫琅和费
- Galileo 伽利略
- Gardner, Allen & Beatrice 加德纳
- Godwin, Francis 戈德温
- Gold, Thomas 戈尔德
- Greenstein, Jesse Leonard 格林斯坦
- Haldane, John 赫尔丹
- Hall, Asaph 霍尔
- Harrington, Robert S. 哈林顿
- Harris, Joel Chandler 哈里斯
- Hart, Michael 哈特
- Hawkins, Gerald 霍金斯
- Heinlein, Robert A. 海恩兰
- Herschel, John 约翰·赫歇尔
- Herschel, William 威廉·赫歇尔
- Hertz 赫兹
- Hewish, Anthony 休伊什
- Hipparchus 喜帕恰斯
- Hoyle, Fred 霍伊尔
- Hubble, Edwin Powell 哈勃

Huygens, Christian 惠更斯
Jansky, Karl Guthe 央斯基
Jeans, James Hopwood 金斯
Kapteyn, Jacobus Cornelis 卡普坦
Kardashev, N. S. 卡达谢夫
Kirchhoff, Gustav Robert 基尔霍夫
Kuiper, Gerard Peter 奎伯
Lagrange, Joseph Louis 拉格朗日
Lampland, Carl Otto 兰普伦德
Laplace, Pierre Simon de 拉普拉斯
Leavitt, Henrietta Swan 勒维特
Leeuwenhoek, Anton van 洛文霍克
Littrow, Joseph von 李特洛夫
Locke, Richard Adams 洛克
Lofting, Hugh 劳夫丁
Lowell, Percival 洛韦尔
Lucian of Samosata 卢西安
Magellan, Ferdinand 麦哲伦
Maiman, Theodore Harold 迈曼
Marconi, Guglielmo 马可尼
Marshak, Alexander 马尔夏克
Maunder, Edward Walter 蒙德
Maxwell, James Clerk 麦克斯韦
Mayer, Cornell H. 迈耶尔
Miller, Stanley Lloyd 米勒
Morrison, Philip 莫里森
Nicholas of Cusa 尼古拉
Noüy, Pierre Lecomte du 努伊
Oliver, Bernard 奥利弗
O'Neill, Gerard Kitchen 奥尼尔
Oort, Jan Henrick 奥尔特
Oparin, Aleksandr Ivanovich
奥帕林
Pasteur, Louis 巴斯德
Pickering, Edward Charles
爱德华·皮克林
Pickering, William Henry
威廉·皮克林
Plutarch 普罗塔克

Purcell, Edward Mills 珀塞尔
Reber, Grote 里伯
Redi, Francesco 雷迪
Richardson, Robert S. 理查森
Ritter, Johann Wilhelm 里特
Rosse, William Parsons, Earl of
罗斯
Russell, Henry Norris 罗素
Sagan, Carl 萨根
Sagan, Linda Salzman 林达·萨根
Schiaparelli, Giovanni 斯基帕雷利
Schlesinger, Frank 施莱辛格
Schmidt, Maarten 马尔顿·施密特
Schmidt, Otto Yulyevich
奥托·施密特
Schwann, Theodor 施万
Secchi, Pietro Angelo 塞奇
Shapley, Harlow 沙普利
Spallanzani, Lazzaro 斯帕兰赞尼
Spitzer, Lyman, Jr. 斯皮泽
Strand, Kaj Aage Gunnar 斯特朗得
Struve, Otto 斯特鲁维
Sudershan, E.C.G. 苏得斯汉
Tesla, Nikola 特斯拉
Torricelli, Evangelista 陶利切里
Trumpler, Robert Julius 特朗普勒
Urey, Harold Clayton 尤里
Ussher, James 厄歇尔
Van de Hulst, Hendric Christoffel
范德胡斯特
Van de Kamp, Peter 范德坎普
Weizsäcker, Carl Friedrich von
魏茨泽克
Welles, Orson 奥逊·威尔斯
Wells, H. G. 威尔斯
Whewell, William 休厄尔
Whipple, Fred Lawrence 惠波尔
Wilkins, John 威尔金斯
Wright, Thomas 赖特

封面设计：方 关 通

书 号：13214 · 1008

定 价： 0.79 元



观者 OCR 校对
2007 年 12 月 1 日星期六
10:23:34

Biglu 二校
2008 年 1 月 4 日星期五
16:16:50