

图书在版编目(CIP)数据

行星上的生命/(英)捷克斯基著;胡中为译.—南京:
江苏人民出版社,2000.7

(剑桥文丛)

书名原文: The Search For Life On Other Planets

ISBN 7-214-02753-4

I. 行... II. ①捷... ②胡... III. 地外生命—研究
IV. Q693

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 25565 号

- 书 名 行星上的生命
著 者 [英]B·捷克斯基
译 者 胡中为
特约编辑 刘 磊
责任编辑 蒋卫国
责任监制 王列丹
出版发行 江苏人民出版社(南京中央路 165 号 210009)
网 址 <http://www.jspph.com>
<http://www.book-wind.com>
经 销 江苏省新华书店
印 刷 者 江苏新华印刷厂
开 本 850×1168 毫米 1/32
印 张 12.125 插页 2
字 数 262 千字
版 次 2000 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号 ISBN 7-214-02753-4/G·870
定 价 19.00 元

(江苏人民版图书凡印装错误可向本社调换)

The Search for Life on Other Planets

Copyright © 1998 by Bruce Jakosky

Chinese translation copyright © 1999 by Jiangsu People's Publishing House

Published by arrangement with The Press Syndicate of the University of
Cambridge, England

All right reserved

江苏省版权局著作权合同登记

图字:10—1999—011号

目 录

前 言

一、探索宇宙中的生命

宇宙环境中的生命(11) 宇宙中的生命(18)

二、地球上的陨击、物种绝灭和生命的早期史

陨击和恐龙绝灭(21) 地球上的陨击率(29) 陨击与地球的最早历史(31) 木星和土星的作用(39) 结语(40)

三、地球的历史

地球的动力特性(42) 地球历史中的板块构造(57)

大陆和海洋的早期历史(59) 结语(63)

四、地球的地质记录与最早的生命

地球上的生命史和气候史(69) 地球上生命的最古老证据(78)
结语(84)

五、地球上独特环境中的能量和生命

给生命动力的化学能量(87) 在独特环境中的化学过程和生命(93) “标准的”环境与“恶劣的”环境：“生命之树”(102)
结语(110)

六、地球上生命的起源

什么是生命(113) 生命的必要前提(115) 生命的起源(123)

手型和膜(127) 地球的早期历史和生命起源(130)

结语(131)

七、地外生命的必需条件

结语(142)

八、火星上可能存在生命吗？

现在的火星表面(144) 古代火星上的温暖潮湿气候(149)

火星上能够形成生命吗？(159) 搜寻生命(163) 探索火星上的生命(168) 结语(170)

九、火星陨石中的化石：火星生命的遗迹？

ALH84001(176) 生物学是惟一的解释吗？(184) 在ALH84001中有生命化石吗？(189) 结语(191)

十、移置到火星上的生命

开发火星(193) 开发火星的道德伦理困惑(198) 无意识地释放地球有机物到火星环境(201) “火星上的面孔”(203)

结语(205)

十一、金星上的地外生命

金星的大气和气候(208) 金星的表面和内部(215) 金星大气的化学反应和可能的不稳定性(224) 开发金星(227) 金星的地外生物学(228) 结语(228)

十二、土卫六(泰坦)是天然的地外生物学实验室吗？

泰坦的性质(231) 泰坦上的水(243) 泰坦的地外生物学(244) 结语(247)

十三、木星系统的地外生物学

伽利略卫星——水冰、液态水和潮汐加热(251) 木卫一(256)

木卫二(260) 木星大气中的生命(268) 结语(271)

十四、环绕其他恒星的行星的形成

太阳系的重要特性(274) 环绕恒星的“原行星盘”的形成
(278)行星的吸积(283) 结语(292)

十五、探索环绕其他恒星的行星

环绕其他恒星的行星之发现(295) 怎样解释“独特”行星
(306)太阳系之外的行星是普遍的吗?(313)

十六、在环绕其他恒星的行星上的生命可居性

太阳系内的行星可居性(316) 导引行星可居性的类地
行星(320) 可居带的边界(324) 行星之卫星的可居性
(332) 结语(333)

十七、宇宙中的智慧生命

智慧的起源(335) 哪里有智慧生命呢?德雷克方程(342)
为什么宇宙人不来拜访我们?(346) 搜寻智慧生命(348)
结语(354)

十八、宇宙中的生命

其他行星上存在生命吗?(355) 地外生命和人类地位(362)
继续探索其他行星上的生命(367) 结语(374)

前 言

自 1995 年以来,在其他行星上是否可能存在生命的问题已经成为公众议论的热门话题。引发议论的特别事件有二:一是发现了环绕其他恒星的行星;二是在来自火星的陨石中发现了火星生命的可能化石证据。但是,这两个发现提供的地外生命存在证据都不是无懈可击的,因而在 20 世纪结束前,不太可能确证地外生命的存在。尽管有这些不确定性,即使不是大多数,也有很多科学家相信,地外生命很可能是存在的。

实在地说,其他行星上的生命作为我们社会主要话题的突然流行,与其说是由于科学的进步或发现,不如说是由于公众感兴趣的缘故。跟其他行星上的生命关联的一些话题——地球生命的起源和早期进化、生命存在必需的环境条件、太阳系中其他行星上的环境条件、行星的形成及可能存在的环绕其他恒星的行星、智慧生命的性质,都是科学界长期以来极感兴趣的课题。几十年来,人们对这些问题的每一个方面都进行了相当多的研究。特别是近十几年来,行星科学和地球生物学的新进展已表明,有存在地外生命的可能性。然而,只是由于最近的发现,这个话题才重新在公众中掀起波澜。

在主流的行星科学界,对于跟宇宙中生命有关的很多话题,总是重复着规避—包容的老路。在1976年“海盗”号飞船莅临火星以寻找生命之后,数年里,少数行星学者研究其他行星生命的问题,在行星科学和地外生物学或生命起源研究之间很少“杂交”。然而,从20世纪90年代中期以来,它们更多地“杂交”起来,生物学问题再次进入前沿,尽管有人讥讽说,这只是哗众取宠、吸引赞助的游戏,并没有为别处存在生命增加理性论据。这些成果集中于生命在地球上兴起的难易程度、可能使生命在我们的太阳系其他地方起源的必要环境条件、环绕其他恒星运行且也有这些条件的行星存在的可能性。

确实,我自己的见解跟随着这一发展。当我在“海盗”号飞船时期投入行星科学研究时,我很快明白,通向威望之路并不在于追踪地外生物学成果。十多年后,当我开始教学时,我讲授行星科学中有争议成果的大学课程基本上毫无例外地都是地质学问题。随着发现小行星陨击对恐龙(和其他物种)在约6500万年前的绝灭起主要作用,行星科学与生物学之间的密切联系就很明显了。为一年级大学生讲授地质学概论使我深刻地认识到,地球上近40亿年的地质事件和生物事件之间存在着密切联系。随后,其他行星上的生命问题越来越多地被加入到我的行星课程中,直到今年讲授“地外生命”。

这本书的撰写是出于讲授上述内容而缺乏合适的教材的背景。此书的撰写目的是为有一定文化基础的读者或非本专业的大学介绍有关其他行星上生命的问题。此书也适合作为研究生课程的导论和入门读物,因为多数研究生不是很通晓这里所触及的领域。

② 虽然宇宙生命问题可以从化学、生物学、地质学或天体物

理学前沿引申过来,但我采用“行星”途径来阐述它。这就涉及总体地考查化学、生物学和行星演化之间的关联的性质。这一途径对别的途径应当有补充,尤其是本书包含关于地球上生命起源的各种程度的广泛文献。

此书自然地分为几个主题——地球上生命的起源和早期进化;生命必需的环境条件;生命在太阳系其他行星上存在的可能性;环绕其他恒星的行星事例及其是否适于生命居住、存在生命的可能性;智慧生命的性质和搜寻生命的哲学意义。在这些主题中,跟我们现在的了解程度以及这里采用的“行星”途径有关,某些主题的讨论比另一些深入得多。

我不想追溯每个见解的最初来源或引述相关文献。主题的范围是如此之广,如果要引述的话,参考文献就有数千篇。我宁愿给每章提供一个代表性的参考文献表。有些文献是给完全不熟悉此领域的人提供的入门信息,而另一些文献包括了深入探讨所必需的一些最重要的文章。

我愿借此机会向帮助我了解这里所述的某些成果、有时很耐心地给我解释的人致谢。当然,任何遗留的误解、不协调或错误都由我承担责任。我也感谢剑桥大学出版社的编辑亚当·布莱克在撰写此书稿的各阶段给予我的很有价值的支持和建议,感谢科罗拉多大学绘图部的戴维·安德伍德帮助配制照片和图。此外,感谢希瑟·威萨考斯基在撰写书稿各阶段的有益帮助,包括检索参考文献和文章、帮助绘图、阅读和编辑全部内容。最后,肯定少不了的是,我感谢简·卡罗尔在全书撰写过程中给予我的支持和鼓励。

一、探索宇宙中的生命

在我们太阳系或在宇宙的其他地方可能存在生命，这是我们可以想像的意义最深远的课题之一。不管答案是什么——不管生命是否在其他地方存在，我们的宇宙观和我们在宇宙中的地位都会戏剧性地受到影响。如果在另外的星球世界发现甚至最原始的生命形式的一个简单事例，那也会告诉我们，生命起源不是地球上独有的。我们只不过想知道，是否存在比我们人类更先进或更完美的智慧生命。我们想知道，我们所选择的作为社会群体的演化路径是否是最有益的。的确，认识到我们不是孤立地存在，这不是很卑贱的经验。另一方面，如果找不到表明其他生命存在的证据，我们就可能在浩瀚宇宙的一个孤立面上透过细小针孔看世界，认为地球和它的所有居民是独有的。这种看法很好地表述在这一思想中——“存在两种可能性。或许我们是孤立的。或许我们不是孤立的。两者同样是令人惊骇的。”此话有人归之于哲学家伯特兰·罗素，有人归之于科学幻想作家依撒克·阿西莫夫。

开始充分地探究地球上生命起源的科学细节和宇宙其他地方存在生命的可能性，我们是第一代人。虽然我们不了解

地球上生命起源的细节,但是我们对原始生命的环境条件已知晓很多。此外,我们刚开始探测我们太阳系的余部和寻找太阳系之外的行星。飞船已经拜访了我们太阳系的大多数行星。人类已到月球表面行走。现在已了解了有关其他行星的气候和可居性的很多详情。在20世纪70年代后期,“海盗”号飞船已去寻找火星上的生命,虽然无所发现,但我们现在知道,“海盗”号飞船可能搜寻错了地方或用了不合适的仪器。

在1995年和1996年,发现了环绕其他恒星运行的行星,马上就引发出其他(恒星)行星系的生命问题。虽然人们预料存在这些行星,但这种观点建立于理论而非观测之上。它们的实际检测是至关重要的发现。尽管新发现的行星大多是类木(星)的、而不是类地(球)的,我们可以利用它们的存在,来开始约束普遍适用于所有行星的各种理论。当然,可以预料,存在环绕其他恒星的类地行星——有固态表面、大气和其表面可能有液态水的行星,但我们的望远镜不能直接观测到它们。然而,知道有类木行星已足以激励我们去探索类地行星(图1-1)。

我们对地球生物化学认识的新进展也给探索地外生命“火上浇油”。生物化学证明,生命能够存在于非常广泛的环境条件中,可以利用的能源种类要比以前想像的多得多(图1-2)。生命化学也提示,在地球上有很多可作为生命起源场所的生态小环境。虽然我们不知道地球生命起源的确切场所,但是我们可以判断其他行星的某些地方可能开始有生命。依据我们在地球上的经验,若生命都具有很强的适应性,那么,在我们太阳系之内和太阳系之外的多种行星上,都可能存在原始生命且现在仍居留着。天文学和行星科学如此之多的



图 1-1

卫星拍摄的整个地球像。中部可看到非洲，
右上可见沙特阿拉伯。（美国太空署图片）

进展打开了我们洞察太阳系和宇宙视野，生物学的进展揭示了在宇宙中富有生命的可能性。

本书的目的是介绍探索地外生命的科学基础的广博知识。而且，对于一颗行星必须具有什么性质才能潜在地含有生命的问题，我们今天知道的比以往任何时候都多得多。我们应预先知道，今天并没有确切证据表明，在我们自己的行星（地球）之外的宇宙中存在着任何生命。这并不意味着没有生命，只是我们刚开始搜寻而已。我们的科学探索手段刚达到可以开始有意义地谈论这些问题的程度。缺少生命证据应理



图 1-2

在大洋扩张中心某热液口附近的管虫照片。它们一般长达 2 英尺(约 0.61 米),归根结底,从富矿物的热水所含地球化学能中获得能量。(照片由 J. 奇尔德雷斯提供)

解为没有得到信息,而不是别处没有生命或不可能存在生命的迹象。

应当最广义地看待涉及地外生命研究的地外生物学,即天文生物学。地外生物学不仅是研究其他行星上的生命活动(尤其是因为我们今天不知道哪颗行星有生命),也指发生非生命的和前生命的化学过程、行星在宇宙中的分布、所有行星的可居性。这样,它就处在地质学、天文学、行星科学、化学和

生物学常规领域的交叉处。地外生物学是一个跨学科领域，涉及科学的各方面。而且，由于探索地外生命的结果有重要意义，它也涉及通常是哲学、宗教学以及往常没有被归入自然科学领域的各种问题。

当然，对我们这一代人来说，其他行星可能存在生命的看法并不新鲜。追溯到几千年前的古希腊时代，对于其他行星存在生命的可能性问题就有很大争论。双方都提出过有力论据。赞成存在地外生命的一方认为，地球和地球上的生命只是大量较小元素的集合体，而这些元素也容易在别的地方聚集到一起而形成生命。反对存在地外生命的一方则认为，地球在宇宙中处于特殊地位——宇宙中心，地球生命必然是独有的。过了1 000多年，到16世纪，哥白尼作出论证：地球不是宇宙的中心。了解到众恒星都是类似我们的太阳的天体之后，很多人认为环绕恒星必定有行星，否则恒星的存在就是多余的。在20世纪之初，公众普遍地接受火星上存在高级生命的看法。奥森·韦尔斯在1936年的无线电广播《星球大战》中增强了这一信念，并“点燃”外星人入侵的思虑，现在这种思虑极为盛行。

今天，关于宇宙中别生命有难以置信的五花八门的观点。一种极端观点是相信宇宙中广泛地居住着智慧生命，地球经常被外星人访问，外星人以“不明飞行物”(UFO)或“飞碟”形式向(我们的地球)世界展现，而不正式宣告它们的存在，人类和动物常被外星人掠去做实验研究。持另一种极端观点的人辩白，地球绝对是惟一有生命的星球，宇宙中的其他地方没有别生命出现。在两种极端之间，大部分人(包括很多但肯定不是全部的科学家)相信，地球上的生命是物理过程

和化学过程的自然结果,生命可能在整个宇宙中多次独立地产生。

假如其他星球世界存在生命的话,科学家之间的一致看法是,可能性最大的生命形式或许类似于地球上的细菌。在地球上,似菌的单胞生物体在地球形成后就很快地产生了,它们几乎主导生物圈达几十亿年。实际上,直到地球上生命形成后约20亿年,即距今约25亿年,才遗留下大量最简单的单胞实体标记;直到距今约6亿年,即地球历史已过去约6/7时,才开始出现相当复杂的生命形式。在许多方面,仍可以认为细菌是地球上最广泛的生命形式。在本书中的很多讨论集中于最简单生命的产生和存在的能力。其他星球产生智慧的概率很小,因而,在我们的宇宙探索中,就不太可能遇到智慧的或高级的生物。但是,这不否认发现其他生命的重要性,从哲理意义上说,发现任何种类的生命都像发现智慧生命那么重要。

可以论证,生命在宇宙中是广泛散布的,而不是仅仅集中在一个星球上。火星(图1-3)是我们太阳系内最可能发现其他生命的地方。虽然火星表面现在是又寒冷、又干燥的,但它过去肯定不是这样的。我们看到的火星地质证据表明,在火星的大部分历史中存在液态水。液态水是生命最基本的简单环境的必要条件。由于存在丰富的液态水,火星的早期环境条件可能跟同时期的地球相似。此时,地球上生命正在形成,而火星上可能正在形成的生命跟地球无关。此外,由于一颗小行星陨击地球表面,把含有细菌的岩石抛到太空,地球生命可能在火星早期历史中就被输送到火星上。这也是探索地外生命的一个重要目的。假如火星上没有生命,没有以前存在生命的证据,那么,重要的是了解什么原因使地球和火星在

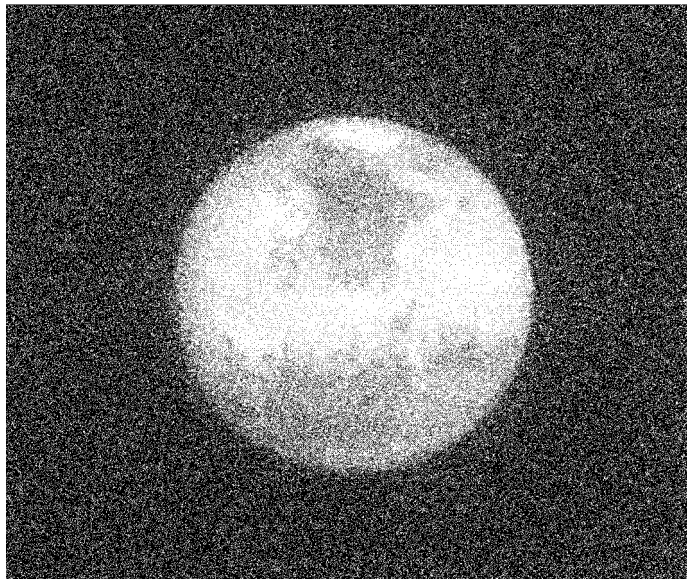


图 1-3

哈勃太空望远镜拍摄的火星。可看到很多亮区和暗区。上部是北极冰冠。(美国太空署图片, S. 李和 P. 詹姆斯提供)

结果上有如此惊人的差别。

然而,在我们太阳系内还有生命的别的可能居住地。可以设想,环绕木星作轨道运行的卫星中有两颗——木卫一或木卫二(图 1-4)上可能存在生命。虽然木卫一没有水的任何可见证据,但在它频繁的火山活动中明显地有能源。另一方面,木卫二有大量的水——在表面呈现为冰,在表面下仅几公里处可能呈现为液态“幔”。实际上,甚至可以设想木星的大气中(图 1-5)藏匿着生命,由那里存在的有机物饲养着。



图 1-4

“旅行者”号飞船拍摄的木卫二表面。(美国太空署图片)

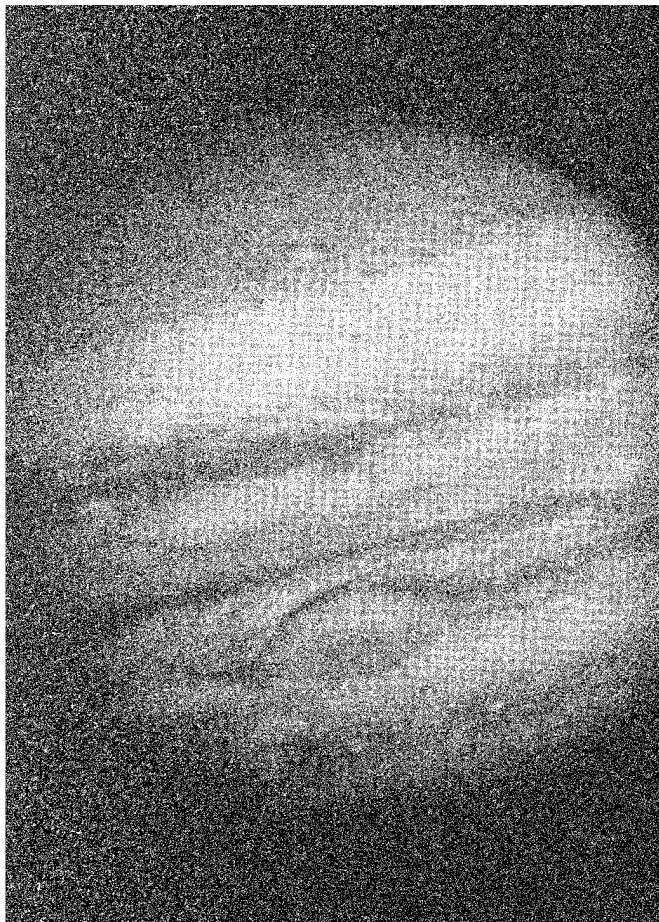


图 1-5

“旅行者”号飞船拍摄的木星,可看到大红斑以及云的亮带和带纹。