



科技部科技计划科普化示范项目
北京市科学技术委员会科普专项资助



再造一个地球

人类移民火星之路

(第2版)

欧阳自远

刘茜

著



.....
ANOTHER EARTH

ROAD TO MARS

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

非虚构



再造一个地球

人类移民火星之路

(第2版)

欧阳自远

刘茜 著

ANOTHER EARTH

ROAD TO MARS

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

再造一个地球：人类移民火星之路 / 欧阳自远, 刘茜著. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2018.1

(芦笛曲丛书)

ISBN 978-7-5682-4995-9

I . ①再… II . ①欧… ②刘… III . ①空间探索 IV . ① V11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 287173 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大彩印有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11.25

字 数 / 165 千字

版 次 / 2018 年 1 月第 2 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 46.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文稿编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

《芦笛曲丛书》项目组

组 长 李 普

副组长 范春萍

成 员 （按姓氏汉语拼音排序，将不断有新成员加入）

陈润生 *	董光璧	樊潞平	高 山	郭光灿 *
郭艳玲	胡俊平	黄永明	霍裕平 *	姬十三
解思深 *	匡廷云 *	李喜先	李永葳	刘 茜
刘育新	刘 夙	罗 勇	欧阳钟灿 *	欧阳自远 *
邱成利	史 军	唐孝威 *	唐云江	武夷山
杨志坚	叶 青	尹传红	张家铝 *	钟 掘 *

主 持 范春萍 唐云江

注：标“*”者为中国科学院或中国工程院院士

历久弥新，日新又新，惊赞敬畏

（代再版序言）

范春萍

“希尔伯特这个吹笛人所吹出的甜美芦笛声，吸引着无数老鼠跟着他投入了数学的深河。”希尔伯特(David Hilbert)的学生加传记作者外尔(Hermann Weyl)这轻轻一语，讲出了人类文明及科学进程中无比传神的故事，美妙诱人。“笛声”和“深河”的魅力百年萦绕，历久弥新。

我被这个带着情境和既视感的摄魂故事捕获，成为希尔伯特的一只另类老鼠，去鼓动科学家们吹笛子，或引进科学的迷人摄魂曲，然后助力传播。

这是我做科普图书出版的心路历程和内在动力，经我手出版的许多原创或引进版科普书，都若隐若现着“希尔伯特”们的悠扬笛声。

《芦笛曲丛书》是我于2006年在“科技部科技计划科普化示范项目”支持下开始策划组织、2007年正式启动的前沿科技科普丛书出版项目。当时策划了10本，我做策划编辑兼责任编辑，邀《科学世界》主编唐云江做丛书主持。

2008年底，我因工作调动离开出版社，项目进度受到影响。除2009年出版的《基因的故事：解读生命的密码》和《爱因斯坦的幽灵：量子纠缠之谜》、2010年的《再造一个地球：人类移民火星之路》之外，其余7本由于未达到我对芦笛摄魂度的预期而未能按期出版。之后，有的书稿返修，有的换选项、换作者，又由于作者们、主持人以及我自己新工作的忙碌而拖延下来。

毫不夸张地说，第一批出版的3本书无论从创意、内容还是行文质量都完全可以与国际上最好的科普书媲美。但是，出版之初3本书的命运却并不相同。大概与大众传媒世纪之交对“21世纪是基因科技的世纪”的渲染，以及我国新世纪航天工程的巨大成就有关，《基因的故事》《再造一个地球》两书一出版即获得广泛赞誉和各种奖项，进入各种发行推广目录、反复重印，而在专业圈子得到甚高评价的《爱因斯坦的幽灵：量子纠缠之谜》，却因公众离量子力学过远、基本没听说过“量子纠缠”而受到冷遇。

2007—2017年，是科学蓄力、技术爆发、科技指标翻天覆地般指数攀升

的10年。10年间，与《基因的故事》相关的基因技术狂飙突进，基因治疗、基因编辑、基因工程等都取得巨大进展也遭遇巨大争议、引发更大关注。与《再造一个地球》相关的航天工程奇迹连连：欧洲航天局（ESA）的“罗塞塔号”（Rosetta）飞船2004年起经10年飞行，于2014年把“菲莱”（Philae）探测器送达“丘留莫夫—格拉西缅科”（Churyumov-Gerasimenko）彗星表面；美国航天局（NASA）的“新视野号”（New Horizons）2006年起飞经9年多飞行于2015年飞掠冥王星后飞向柯依伯带，2011年起飞的“朱诺号”（Juno）经近5年飞行于2016年进入木星轨道，1997年起飞的“旅行者1号”（Voyager 1）经40余年漫漫长途飞离太阳系磁场边界，1997年起飞的“卡西尼号”（Cassini）经6年多飞行于2004年抵达土星轨道、进行了13年多的探测工作后于北京时间2017年9月15日燃料将尽时、在科学家控制下坠入土星大气焚毁而演绎“壮丽终章”（Grande Finale）；多国争相探测月球，争相探测火星。更加可喜也令人震惊的是量子技术的突破，量子通信卫星、量子计算机等的成功，把“量子纠缠”这个连科学家都解释不清的“幽灵现象”推到了公众面前。

2017年，得到“北京市科普社会征集项目”的支持，《芦笛曲丛书》得以修订再版。这套书做的是前沿科普，首版时反映的就是直至出版之前的前沿发展状况。10年中各个领域都发生了很大变化，修订给了丛书继续跟上前沿的机会。这真是可喜可贺的大好事。

科学大神卡尔·萨根有言：“宇宙现在是这样，过去是这样，将来也永远是这样。只要一想起宇宙，我们就难以平静——我们心情激动，感叹不已，如同回忆起许久以前的一次悬崖失足那样令人晕眩战栗。”其实，自然和科学的各个领域无不如此。

大哲学家康德说过：“有两样东西，越是经常而持久地对它们进行反复思考，它们就越是使心灵充满常新而日益增长的惊赞和敬畏：头上的星空和心中的道德律。”只要留心阅读好书，美妙的自然、神奇的科学、精致的心灵，无不引发我们“日益增长的惊赞和敬畏”。

《基因的故事》《再造一个地球》《爱因斯坦的幽灵》3本书的再版开了个好头，以此为契机，我们将再度启动《芦笛曲丛书》，继续推出更多好书以飨读者。新启动的《芦笛曲丛书》由我和唐云江共同主持，张慧峰担任策划编辑。

2018年1月

总 序

今天，我们按动手机号码，可以和世界上任何地方的人通话；我们敲击电脑键盘，可以足不出户而知天下；我们开车行驶在大漠荒山，可以用GPS导航……科学已经无处不在，它改变着我们的生活，也改变着我们的思想和行为。

作为人类认识自然、与自然对话的一种方式，科学令人好奇和神往……

当早期的人类直面这个丰富多彩的世界的时候，世界混沌一片、浑然一体，一代一代的先辈，用观察、计数、分类、测量、计算、思辨、实验、解析、模拟……数不清的办法探索世界的奥秘，这也就是在各个时代有不同内容和不同表现形式的科学。

起源于生产实践，以技能技巧、经验积累为原初形态的技术，在当代社会与科学融为一体。

如今，科学技术作为人类社会实践的重要领域之一，成为复杂的巨系统工程，成为衡量一国综合国力的重要指标，成为推动社会进步的一种无与伦比的力量。科学需要全社会的理解、关注和参与，需要以公众科学素质的提高作为保障。

然而，科学也常使我们茫然和困惑：它带来的不都是福音，也有灾难和恐惧；同时，前沿科技发展越来越快，精深而艰涩，越来越远离我们的直觉和经验。加之科学的领域越来越宽，分类越来越细，甚至相同学科不同方向的科学家之间都很难明了对方的工作了。

巨大的鸿沟横亘于科学和人文之间，横亘于科学界与公众之间。

本丛书是国家科技部“科技计划科普化示范项目”，并入评“‘十一五’国家重点图书出版规划项目”。丛书旨在向公众普及前沿科学技术知识，使每年巨额投入的各类科技计划成果在提高国家科技水平和科技能力的同时，也能以科普的形式，让自主创新的成果进一步惠及广大公众，对提高公众的科学素质、促进公众理解科学、吸引公众关注以至投身科技事业有益。另外，通过示范项目，引导形成科学家关心公众科学素质、承担社会科普责任、热

心参与科普事业的氛围，在科学家、工程师中发现和培养科普作家，探索科学家、科普作家、出版机构三结合的科普创作新模式。

然而，科技的前沿在哪里？一日千里、艰深难懂的前沿科技何以科普？

前沿，像是科技疆域的地平线，你站得越高，地平线越绵长，线外的未知领域也越广阔。科技的脚步在前行，科技的疆域在拓展，前沿的领域在扩张……

如何从科学的腹地出发，沿着崎岖的小路，理清前沿的发展线索，抓住最重要的前沿领域，成为对丛书成败的第一个考验。

前沿科普与成熟知识科普的最大不同在于前沿是发展的，是每日每时都可能有变化的。前沿科普的作者一定要是一线科研工作者或能够理解一线工作和科研进展的人。于是动员一线科学家参与丛书的写作成为对丛书成败的第二个考验。

这是一项行动，一项一线科学家参与科普，参与前沿科普的开风气之先的示范性行动。

我们是幸运的，读者是幸运的。首批丛书有10位院士承诺参与，并积极投入到丛书特别是各自承担的分册的策划和著述中。

考虑到身处科研一线的院士们工作繁忙，我们为每一位院士挑选了一位科普助手，由两个人共同完成一本书的写作。两位作者思路、见解的融合，工作方式以及叙事、论理风格的互相接纳是对丛书成败的又一个考验。

更加幸运的是，试验取得了初步成功。丛书的前三本已经出版了，接下来还将有新书陆续出版。

这套丛书设定为一套开放的书系，将不断有新书加入。在此，诚邀广大一线科研工作者加盟著述（可以是一线科研人员个人独立著述，也可以是一位一线科研人员与一位科普作者合作著述），使丛书所覆盖的前沿领域越来越宽广，为读者提供更多的精神食粮。

正如数学家外尔所言：“希尔伯特这个吹笛人所吹出的甜美的芦笛声，吸引着无数老鼠跟着他投入了数学的深河。”我们也希望这套丛书能像一支支芦笛曲，催生出读者对科学的向往和追随……

Another Earth

目录

● 再版前言	001
● 第1版前言	003
● 第一章 地球：蓝色的家园	005
1.1 地球造就人类	007
1.2 生存竞争	009
1.3 摇篮的危机	011
1.4 温室中的地球	019
1.5 开源还是节流	023
● 第二章 空间梦想	027
2.1 空间时代的曙光	028
2.2 人类的一大步	031
2.3 行星际的探测	036
2.4 计划中的远征	048
● 第三章 月球：空间的跳板	055
3.1 到底有没有水	058
3.2 月面的矿藏	062

3.3 重返月球的热潮	068
3.4 在月面	072
3.5 空间的跳板	077

第四章 火星：生命的背影 080

4.1 混乱的童年	082
4.2 襁褓中的兄弟	088
4.3 火星上的水：过去和现在	095
4.4 第二手证据：矿物的证词	104
4.5 生命的证据？	109
4.6 分道扬镳的生命旅程	112

第五章 通往火星的远征 118

5.1 被误读的战神	118
5.2 艰难的旅程	123
5.3 火星航班	129
5.4 假装在火星	141

第六章 再造一个地球 143

6.1 火星现在时	144
6.2 温室效应革命	147
6.3 从红火星到绿火星	153
6.4 火星生活	155
6.5 困难列表	161
6.6 蓝色火星	163

延伸阅读书目 168

再版前言

十年前开始写作本书的时候，我还是北京天文馆一名刚刚开始科普实践不久的新手编导，正在如饥似渴地向前辈学习，梦想是写出“好看的”科普作品，毫不怀疑自己将会为这个梦想终身努力。《再造一个地球》是我科普创作生涯的第一本书，承蒙范春萍老师看重，第一本书就能够与欧阳自远院士合著，对我来说是极大的荣幸。十年后我已经是一名小有经验的作者和编剧，回顾本书的内容，颇有一些本应表述得更加通俗、准确、得体的地方，在当年囿于我这个执笔者的格局和学识，留下了不少瑕疵，辜负了两位前辈的信任，不得不感到遗憾和惭愧。在这十年间，人类对月球和火星的认识大幅刷新，更多的国家参与到空间探索的行列中来，为人类寻找新的出路，本书的内容现在看来已经过于陈旧，需要更新更“前沿”的介绍。

在修订版中，更新了近年来地球能源与环境的相关情况、空间探索的主要成就、火星探测的新发现和新成果，以及各国近期的空间探索规划等内容，对上一版中使用的数据重新核对和更新。调整了少量章节和段落的顺序，以便于读者理解。撤换和补充了一些图片，补充了延伸阅读书目。本书的修订工作承蒙欧阳自远院士悉心指导并提供了大量资料才得以完成，书中关于火星的介

绍大量参考了欧阳自远院士与邹永廖研究员编著的《火星科学概论（第二版）》。

非常感谢接手本书的张慧峰编辑同意修订本书，也感谢张编辑容忍我吹毛求疵的工作态度，本书的修订工作因为我的原因延迟了可怕的时间进度，希望最终的阅读感受值得这额外的时间。

感谢打开这本书，欢迎继续阅读下去。

刘茜，2017年12月于北京天文馆

第1版前言

从诞生的那一刻开始，人类就一直不停地为生存空间和生存环境而奋斗。

最初，我们与洪水、猛兽和冰河时代斗争；后来，我们与战乱、贫瘠和各种自然灾害斗争——也许不管在宇宙的哪个角落，这都是智慧生命的必经之路。我们不知道还有没有别的星球上演着同样的传奇，但人类顽强地在这个蓝色的星球上生存了下来。人类像是一个好奇的婴儿，在地球这个温暖舒适的摇篮里睁开了眼睛，然后开始向摇篮外张望。

就目前我们的所知，这里还是宇宙中美丽的生命孤岛。地球以外的行星上还从未发现过智慧生命的痕迹，人类向宇宙空间发送出的种种信息也从未得到过回复。

有别于此前的任何一任地球霸主，人类在这颗星球的几乎每一个角落——包括大气圈外——都留下了踪影。不仅仅是基于求知的欲望，也是在寻找任何一个开拓生存空间的可能。这是必需的，因为我们已经在这颗星球上繁衍得过于迅速，索取得过于贪婪。

人口问题、能源问题、生态和环境问题一起，成为制约人类发展的天然瓶颈。高速发展的现代社会，实质上仍然建立在以碳

为主的传统能源的基础上；当这个基石开始出现空洞，人类社会就来到了需要作出选择的十字路口。

在“后碳时代”，我们可能将不得不改变几千年来习惯的生活方式。天文学、生物学、地球科学、信息科学、材料科学和空间科学将担负起为人类寻找出路的重任。我们应该如何利用地球上有限的空间和资源存续下去？也许应该考虑建设一个备用的“地球”，这是当今地球人不得不思考的命题。

Another Earth

第一章

地球：蓝色的家园

地球是人类的摇篮，但人类不能永远生活在摇篮里……

——康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基

从我们远古的祖先首次直立起他们佝偻的腰肢至今，人类在地球上已经生活了数百万年的时间¹。

生命自起源之初就历经劫难，却始终在这个星球上顽强的演化着。从简单到复杂、从海洋到陆地，在人类之前，地球霸主的世代多次更迭。那些曾经君临地球的物种，从生理结构来说，它们中的大多数都比人类要么强壮、要么迅捷、要么坚韧，如今却只能在博物馆看到。人类这个弱小的物种是在充斥着冰川和猛兽的时代出现的，看似弱小，但在延续至今的生存竞争中却笑到了最后。

因为掌握了名为“文明”的利器，人类在漫长的生存竞争中

1. 迄今发现的最早的古人类化石约在至少 600 万年前 [Brunet, M. et al. New material of the earliest hominid from the Upper Miocene of Chad. Nature 434, 752–755 (2005)]; 最早的智人化石约在 280 万年前 (DOI: 10.1126/science.aaa1343)。

存续了下来。他们从非洲出发，逐渐移居到世界各地，在一代代的繁衍生息中随着自然环境的不同而逐渐改变。各种肤色、种族和文化的人们在漫长的历史中共同改变着这个星球的面貌，在它的各个角落留下了自己的痕迹。

地球，我们在宇宙空间中唯一的家园，在人类活跃的这段时期，不断发生着奇妙的变化，直到如今。

这是最好的时代，这是最坏的时代。现代文明的浪潮席卷了整个世界，地球上的一切都在日新月异地变化着。假如一个古代中国人“穿越”到如今的这个国度，一定会以为自己闯入了一个陌生的世界：鳞次栉比的楼宇、四通八达的高速公路、现代化的各种交通和通信工具，哪怕在仅仅百年前都是难以想象的。毋庸置疑，与我们的先祖的经历相比，人类的生活方式和生活环境已经发生了翻天覆地的改变。一直以来，我们都竭尽所能地去探索

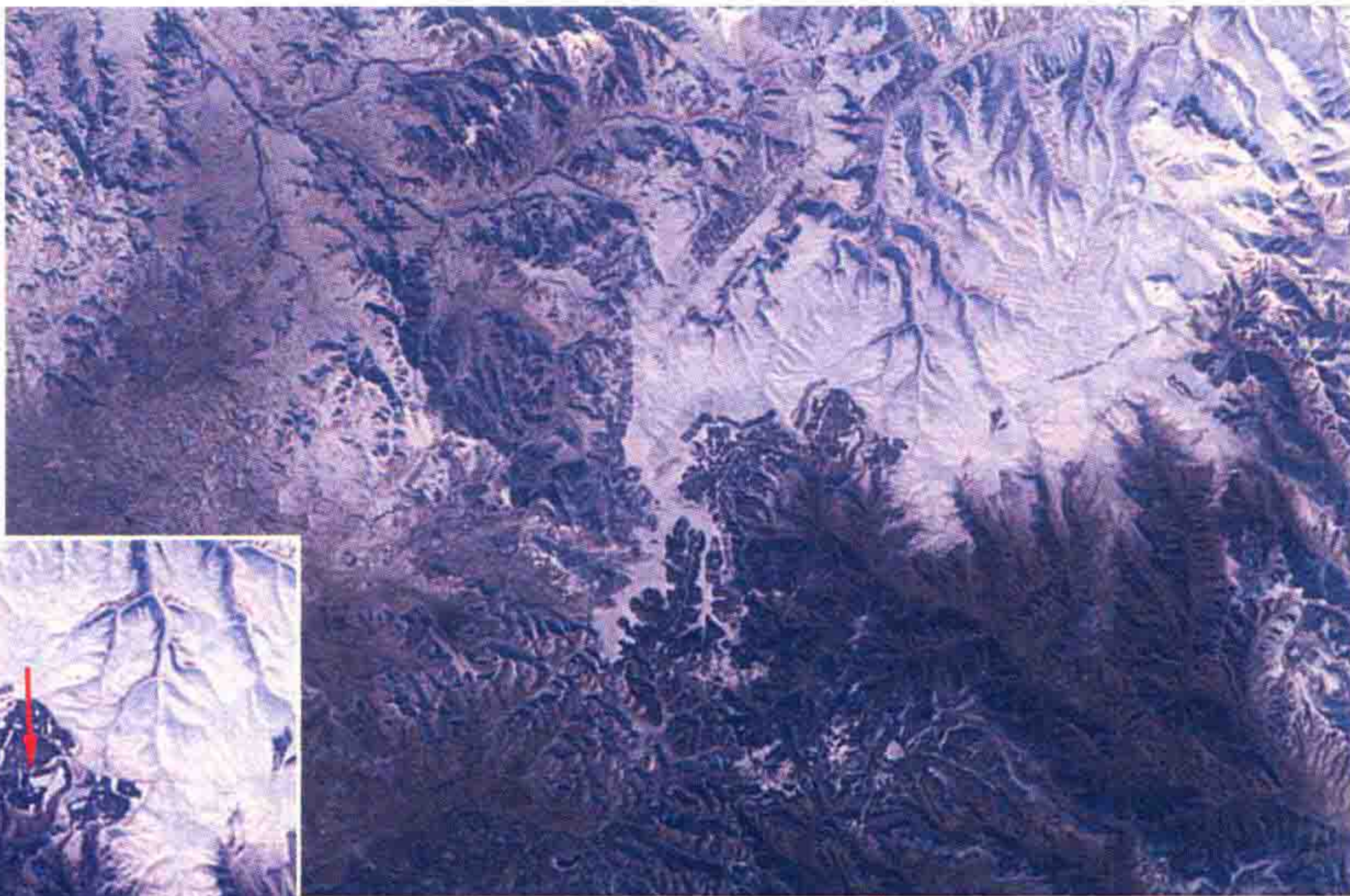


图 1-1 从国际空间站看到的长城

那些宣称在月球上能够看到的唯一人造物体是长城的说法，几乎都是以讹传讹。实际上，从低地球轨道的确可以看到长城的某些段落，但在月面是绝不可能的。只要计算一下大小和距离，就能明白这一点。而且别忘了，长城本身和周围的环境色调相近，很难辨认。除非你早就确切地知道它的具体位置，否则能在这张从国际空间站拍摄的照片中分辨出长城吗？（图片来自 ISS）



图 1-2 上图的局部。它其实在这里！

和发现自然界的种种规律，并加以利用。尽管这种种努力与大自然的庞大力量相比看似微不足道；尽管还有种种复杂、混沌和不可知的现象还未能由现代科学给出合理的解释；尽管所有的人类建筑——不管是现代的摩天大楼，还是古代的长城和金字塔——只消从数百千米的高空看去就杳无踪迹，人类依然因自己的文明而自豪：

在我们之前，从未有哪一个物种像我们一般彻底地成为地球的主人。

但事实当然并不仅止于此。

1.1 地球造就人类

从 20 世纪以来，我们已经无数次从太空中窥视过地球的全貌。“太阳系的第三颗行星”写在了地球的身份证上。

这个蔚蓝色的美丽行星，被海洋和大气包围着。二氧化碳和水在大气、生物体和岩石圈之间往复循环，这正是它成为生命乐园的关键。我们到现在还不清楚，最初的生命是如何出现在饱含氨基酸的粥状海水中的。它们是厌氧的原始生命，以碳、硫化氢、二氧化碳等来自地球内部的物质为营养，在暗无天日的海底生存——当时的地球表面和浅海受到强烈的紫外线和宇宙射线辐射，这些辐射的能量会迅速地破坏有机分子，让生命无法



图 1-3 著名的“蓝色弹珠”照片，从阿波罗 17 号上看到的地球全貌 (Apollo 17, AS17-148-22727)

拍摄于 1972 年 12 月 7 日，非洲和南极洲在图中清晰可见。亚洲位于右上方地平线下。图片来自 NASA