

BBC

科普三部曲

史诗巨献，实地考证，科学演示，BBC 诠释幸运的星球

充满灾难和重生的 45 亿年历程，自然力量如何塑造了我们的世界

地球

— 行星的力量 —

[英] 伊恩·斯图尔特 (Iain Stewart) 约翰·林奇 (John Lynch) 著

王昭力 聂永革 张真真 译

EARTH

THE POWER OF THE PLANET 重庆出版集团 重庆出版社

BBC 科普三部曲

地球

行星的力量

EARTH

THE POWER OF THE PLANET

【英】伊恩·斯图尔特 (Iain Stewart)

约翰·林奇 (John Lynch)

王昭力 聂永革 张真真

著

译

EARTH: THE POWER OF THE PLANET
by IAIN STEWART & JOHN LYNCH 2007
Copyright © 2007 by IAIN STEWART & JOHN LYNCH
This edition arranged with Ebury Publishing
Through Big Apple Agency, Inc., Labuan, Malaysia
Simplified Chinese edition copyright:
2017 Chaohu Jingfeng Media Co., Ltd
All rights reserved.

版贸核渝字(2016)第169号

图书在版编目(CIP)数据

地球：行星的力量 / (英)伊恩·斯图尔特, (英)约翰·林奇著；王昭力，聂永革，张真真译. — 重庆：重庆出版社，2017.4

书名原文：The Power Of The Planet

ISBN 978-7-229-11842-6

I. ①地… II. ①伊… ②约… ③王… ④聂… ⑤张… III. ①地球—普及读物 IV. ①P183-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第289427号

地球：行星的力量

[英]伊恩·斯图尔特 约翰·林奇 著

王昭力 聂永革 张真真 译

策 划： 华章同人

出版监制：伍 志 徐宪江

责任编辑：王春霞

特约编辑：余楷婷

营销编辑：穆 爽 张 宁

责任印制：杨 宁

 重庆出版集团 出版
重庆出版社

(重庆南滨路162号1幢)

北京汇瑞嘉合文化发展有限公司 印刷

重庆出版集团图书发行公司 发行

邮购电话：010-85869375/76/77 转 810

投稿邮箱：bjhztr@vip.163.com

全国新华书店经销

开本：889mm×1194mm 1/16 印张：14.5 字数：319千

2017年4月第1版 2017年4月第1次印刷

定价：99.00元

如有印装质量问题，请致电023-61520678

版权所有，侵权必究

目 录

CONTENTS

序 言

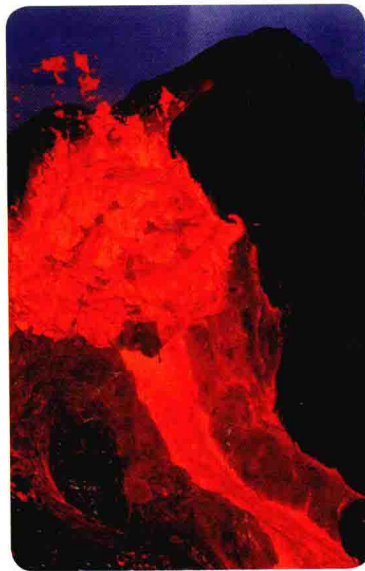
• 003 •



—— 第一章 ——

碰 撞

• 025 •



—— 第二章 ——

火 山

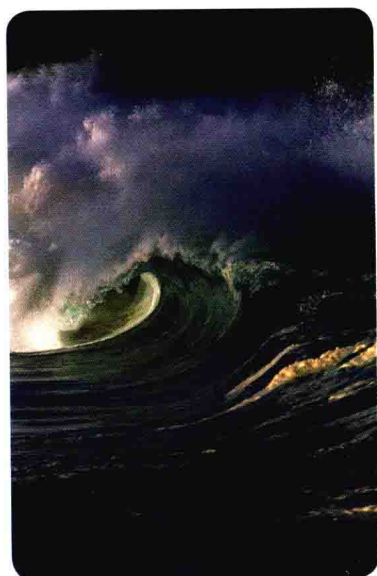
• 057 •



—— 第三章 ——

大 气

• 097 •



第四章

海洋

• 133 •



第五章

冰川

• 171 •



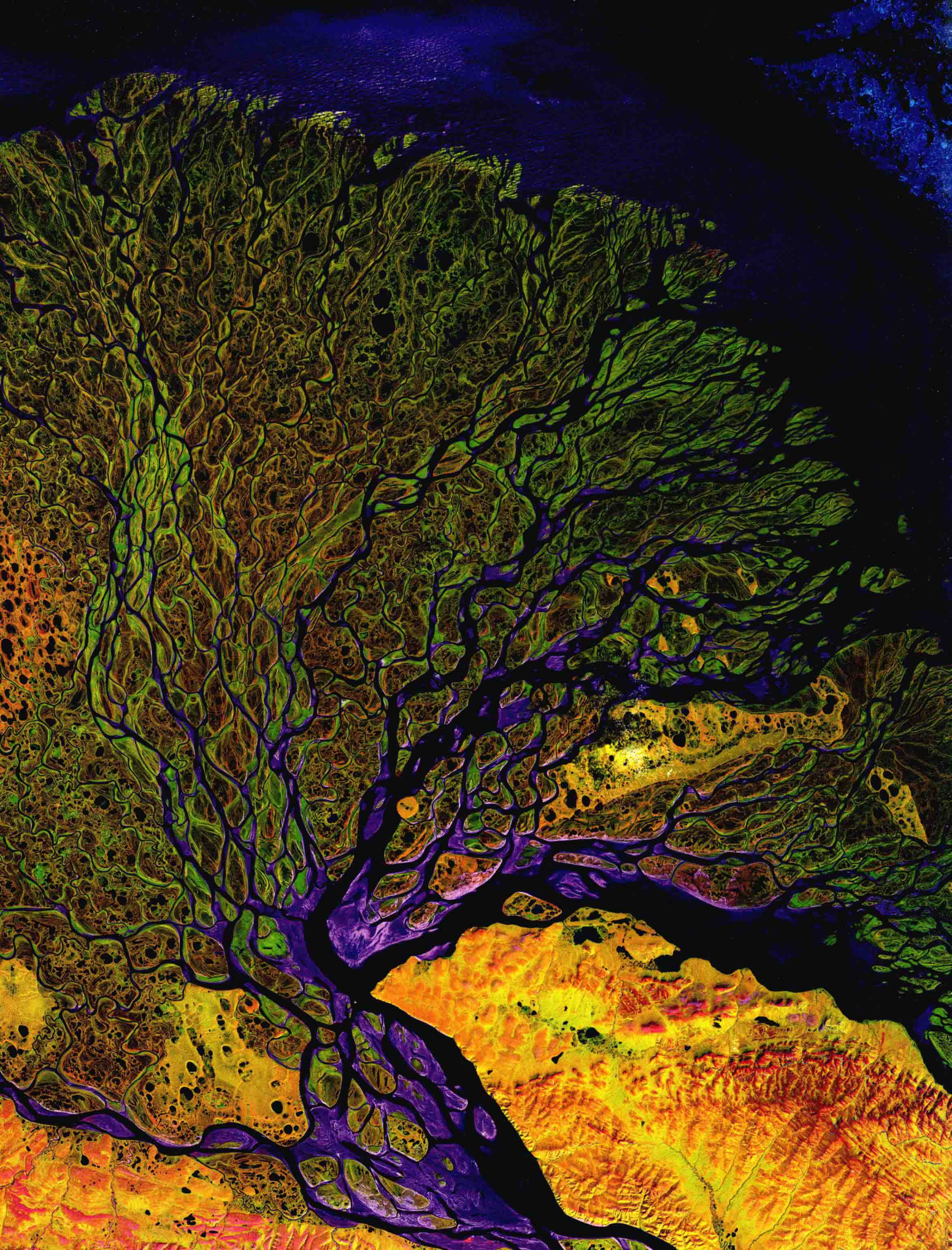
第六章

地球

• 209 •

“忽然，一颗闪闪发光、蓝白相间的宝石从月亮后面浮现出来。这一缓慢动作持续了很久，场面十分壮观。这个明亮的球体呈现出柔和的天蓝色，上面还点缀着缓缓飘动的旋涡状的白色轻纱。它缓缓升起，宛若一颗小小的珍珠镶嵌在一大片深邃而神秘的黑色背景中。过了许久，我才完全意识到这是我们的家园——地球。”

——美国宇航员埃德加·米切尔



序 言

切尔斯基是俄罗斯东北部的一个城镇。这里寒冷而偏僻，是地球上最荒凉的地区之一：到处都是—望无际的泥地、沼泽和湿地。这里就是西伯利亚冻土带。切尔斯基位于一片泥炭沼泽区内，一年的大部分时间都是冻结的，其面积和法国相当。目前这里的人口仅有两万，其中许多是当地的雅库特人，他们以放牧驯鹿为生。

在地球上，除了南极洲，几乎没有什么地方比这儿更空旷了。这个地区也因其苦寒和偏远而得名，因此，斯大林（在他之前，还有帝国主义俄国的统治者）把它选定为有名的“古拉格”战俘集中营。在这里几乎不费吹灰之力就能把战俘监禁起来，因为他们无处可逃。如今，战俘集中营消失了，但是，这块土地却仍然具有惩戒的意味。没有充足的理由，一般人是不会去那里的。但对于科学家而言，该地区可能会对探索地球的未来起到关键作用。

西伯利亚的夏天是短暂的。在此期间，冰冻的地面融化开来，冻土带变成一块由湿地和湖泊组成的浸过水的拼布。血湖位于切尔斯基市郊，它的名字源于该地区关于古拉格的可怕的历史。冬天，就像这里所有的湖泊一样，血湖也会全部冻结，湖面上覆盖着不透明的灰白色冰层，大约一米厚的冰层能够安全地承受一个人或一辆雪车的重量。但是，有一年春末我去那里的时候，发现湖面的冰层变得很薄，也更容易脆裂了。而且，湖面边缘出现了深色的斑块，薄薄的冰面已经变得像玻璃一样透明了。我们可以看到封在冰层下面的气穴，以及从湖水深处不断往上冒的小气泡——血湖像是在装死，它微弱地呼吸着，像是在等待着从那冰冷的坟墓中解脱出来。然而，这些并不是普通的空气气泡。如果将冰层刺穿，然后用火焰对准啾啾冒出的气体，一股炽热的气流就会喷射出来。

左页：广阔西伯利亚勒拿河三角洲地区——一块由河道和湖泊编织成的拼布，融化的湖泊呈麻窝状。西伯利亚东北角地区可能会对探索星球的未来起到关键作用。

正文前 P2-P3：夏威夷基拉韦厄火山燃烧时的景象。

封面：莫雷诺冰川碎裂的冰山。

不一会儿，熊熊的火焰就会照亮极地的夜空。火焰和周围的落叶松林一样高，像是燃烧了几百升气体。退后几米，你很快便会发现其他气穴，在那里，你可以重复相同的实验，实际上，这个地区几乎所有的湖泊都会排放出同样奇怪的气体：一种无色、无味、极易燃烧的气体，这些都足以说明西伯利亚冻土地带正在泄漏甲烷。

甲烷是地球上效力最强的温室气体之一。它或许不像二氧化碳那样广为人知，但它的危害更大：单就重量而言，它吸收的热量是二氧化碳的 21 倍。这就是说，即使甲烷的泄漏量相对较少，也有可能对气候产生巨大的影响。自上个冰河时代以来，西伯利亚地区的甲烷就一直被封在“永久冻土层”中。只有最上面大约半米厚的冻土层会在夏天融化，又在冬天重新结冰，而其下深达 1 000 多米的地层却是永久冻结的。自一万年前的冰河时代以来，只有极少量甲烷从这块冰封的土地下面逃逸出来，但是现在，这里的热量似乎已经被人类发现了。

在地球上，北极地区的温度上升得比其他任何地区都要快。在阿拉斯加，春天的到来比半个世纪以前提前了两周。自 1950 年以来，内陆气温升高了 2°C ，永久冻土层的气温上升了 2.5°C 。西伯利亚可能正在以更快的速度变暖。在过去十年中，该地区的平均气温大约上升了 3°C 。同样，自 20 世纪 80 年代初开始使用卫星测量以来，这里的春天每年大约提前了一天。从阿拉斯加横跨加拿大北部，再到西伯利亚地区，你会发现永久冻土层正逐渐变成泥浆，致使公路和建筑物下沉断裂，原因是之前坚固的地基塌陷了。一年的大部分时间里，冻结的河流充当着公路，不过，如今可以在上面开车行走的时间变得更短了。越来越多的土地逐渐变成沼泽，而且每年都有不断蔓延的趋势。

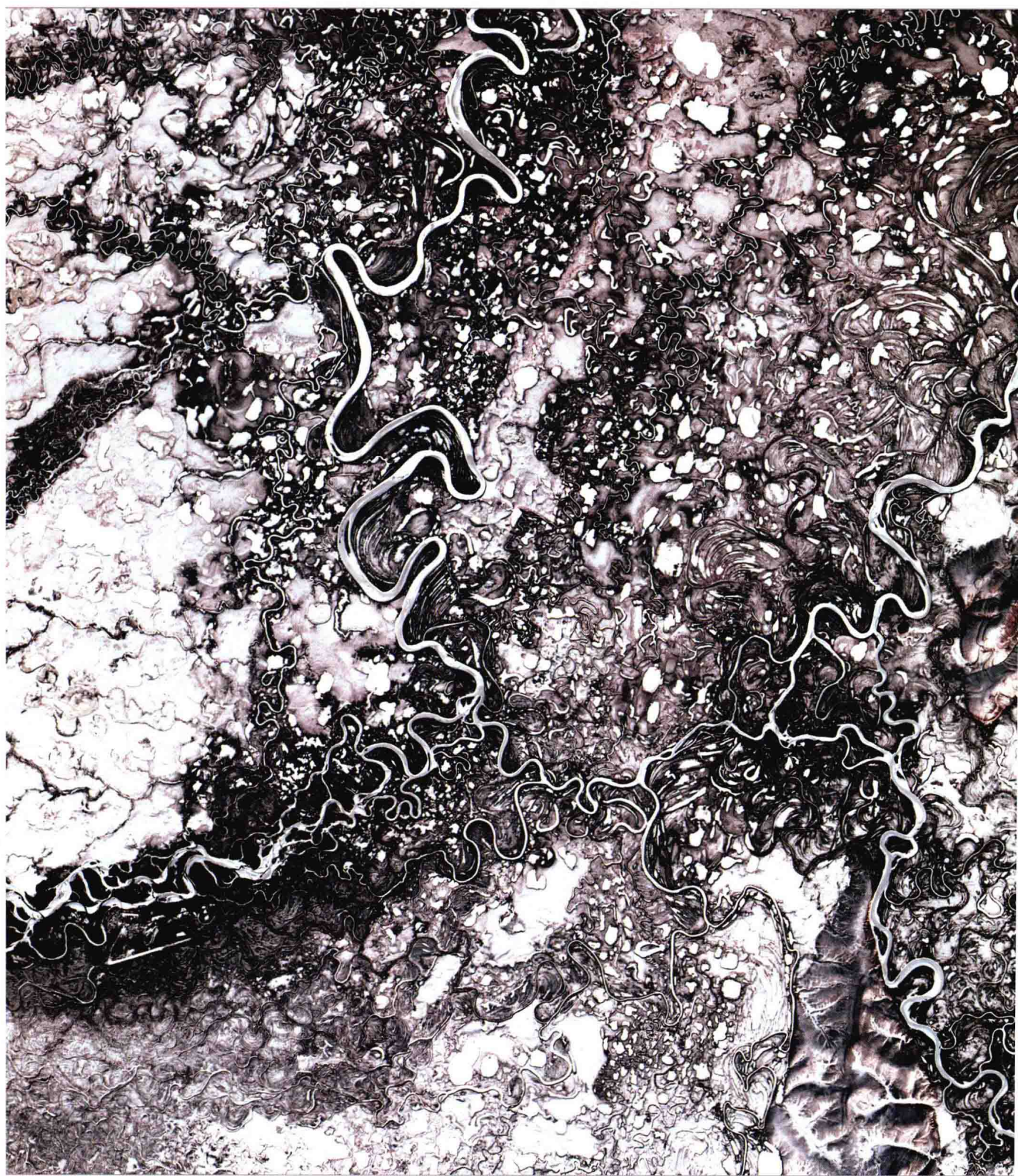
当西伯利亚永久冻土层融化的时候，那里的甲烷就会喷涌出来。

据估计，西伯利亚永久冻土层中的甲烷含量是世界陆地甲烷总量的 $1/4$ 。这里的湖泊正在融化，甲烷也正以越来越快的速度泄漏。更糟的是，随着冻土带的气温逐渐升高，积雪的覆盖面也不断减少，这样一来，冻土带融化的速度会更快，因为裸露的土壤会吸收太阳的热量，而不是像积雪那样把热量反射回太空。而一旦酝酿已久的甲烷找到突破口，就会源源不断地向外排放，永不停歇。

这听起来就像另一个全球变暖的恐怖故事。不同的是，许多地质学家认为在此之前也发生过类似的情况。有人认为，大约 5 500 万年前（早在冰河时代以前），数万亿吨甲烷从海底沉积物中逃逸出来，又在大气层中聚集了数千年，导致地球急剧变暖。地球表面的平均气温从 18°C 上升到了 24°C ；相比之下，目前全球平均温度大约是 15°C 。所以，在当时整个世界都被改变了。湖水蒸发，海洋消失，森林变成灌木林，灌木林再变成荒漠。极地冰川融化，北冰洋的温度变得和今天的热带海洋一样高。北极圈的松林痕迹就是那时候留下来的，当时在暖流的作用下，这些树木长得非常茂盛。而现在，只有一些苔藓才能够在这里存活。动物向新大陆迁徙，到达那些曾经被冰川或海水阻隔的地区。但也有不利的一面：由于气候的变化，海洋遭受污染，海水深处缺氧，造成数百万海洋生物死亡，许多物种濒临灭绝。

今天，我们排放到大气中的温室气体促使地球气

右页：在西伯利亚东北部，冰冻的地面正在融化，从无数个解冻的湖泊中，如迈恩河与阿纳德尔河之间的湖泊，甲烷正在外泄。



温持续上升，且比 5 500 万年前上升得更快。如果气候的变化也会将封存在北冰洋永久冻土层中或海底沉积物中的甲烷释放出来，那么，全球变暖的速度就会超出预期。过去的种种迹象表明：以前发生过的情况将很可能再次发生。

近几十年科学家才开始探索地球对人类强加给它的变化究竟会敏感到何种程度。要使生命能够在地球上存活，就需要有稳定的气候，而这取决于海洋、陆地和大气之间连接的隐形网络。海洋、陆地和大气这些元素组成了这个世界，它们表面上相互独立，但事实上，它们就像安装在一台复杂机器上的齿轮一般紧密地配合运转，并设法通过原材料和能量之间的不断交换来维持气候平衡，从而使地球成为宜居星球。我们这个相互连通的世界不仅是复杂的，而且是多变的，即使系统中的某个部分发生一些看似微小的变化——比如从西伯利亚沼泽中泄漏出来的甲烷也能通过相互之间的连锁反应在全球产生深远影响。

空气革命

18 世纪 60 年代，苏格兰机械工程师詹姆斯·瓦特开始修补一台设计巧妙但效率低下的“大气发动机”，可他并不知道，自己即将迎来的不仅仅是一个新的工业时代，而且是一个新的地质时代。

瓦特对“蒸汽机”的改良设计将爆发一系列连锁反应：煤、铁的使用量开始爆发式增长，工业产品的生产迅速扩大，新运输方式的出现。尽管工业革命的专业技能在全球飞速传播，但是它所具有的更多潜在作用还处于积累阶段。自 18 世纪 80 年代以来，南极洲和格陵兰岛冰封的荒原上就覆盖着层层积雪，它们

记录了温室气体中的二氧化碳和甲烷增加的过程。这个过程虽然缓慢，但却是显而易见的。大约在同一时期，湖泊里面的淡水生物开始适应全球范围内新的化学变化。现在，许多科学家把 18 世纪末当作一个关键时期，因为那时人类对环境的影响已开始呈现出全球化趋势。人类在地球自然力的支配下生活了上千年，现在终于开始掌控这个星球了。我们已经进入一个新的时代，也就是某些科学家所说的新地质时代：灵生纪——人类的时代。

正当工业激烈扩张的时候，有人已经预见到这个世界可能会发生改变。事实上，“温室气体”这个看似非常现代的概念，却是法国数学家兼物理学家约瑟夫·傅里叶于 1827 年提出的。傅里叶在当年就认识到，地球所吸收的来自太阳的热量和它反射回太空的热量并不相等。他还意识到，这种不平衡有一部分是大气层造成的，在大气层的作用下，反射的热量不能完全散发出去，因此，地球表面变得更加暖和。如今我们都知道，这种温室效应对生物起着至关重要的作用——如果没有它，全球气温将会下降到 -18°C ，而不是现在的 15°C 。在当时，傅里叶是第一个推测出人类活动很可能对保存在大气层中的热量的多少产生影响的人，尽管他还不能非常确切地断定。直至 19 世纪 50 年代，英国科学家约翰·廷德尔的研究则更接近傅里叶的推断：他得出的结论是，大部分热量被水蒸气和二氧化碳吸收了——而二氧化碳吸收的热量仅占 1%。

今天，我们可以清楚地了解到大气中的二氧化碳是怎么回事，因为 50 年以来，位于夏威夷冒纳罗亚火山顶的某个气象观测站一直准确记录着这一情况：自

右页：全球气候变化模拟预测风暴即将来临。



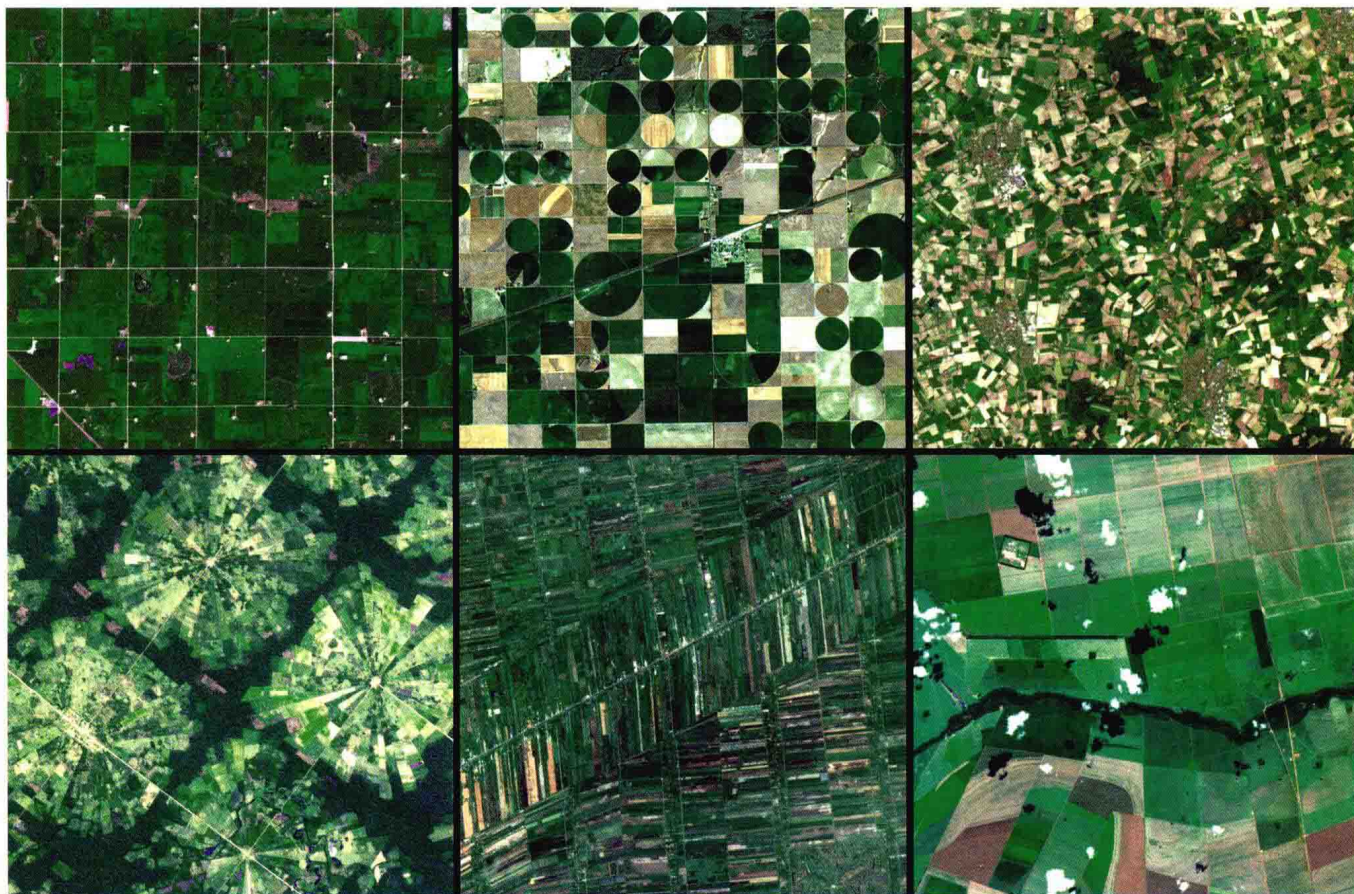
1958 年以来，这扇天空之窗收集了充分的证据，证明了我们的星球一直处在变化中。在近半个世纪内，空气中的二氧化碳浓度已经稳步上升了大约 22%，目前还在以每年百万分之二速度增长，并于 2007 年 2 月达到 384ppm ($1\text{ppm}=10^{-6}$)。即目前每 100 万个干洁空气的分子中含有 384 个二氧化碳分子。这个含量看似微小，却意味着二氧化碳含量自工业时代之前已增长了 37%，也就意指当时的二氧化碳浓度只有 280ppm。我们测量了以前封存在南极洲和格陵兰岛的气体，并通过气泡中的化学物质了解到这一点。实际上，这份关于大气层的冰封的档案至少可以追溯到 65 万年前（早在我们能够准确计量时间的时候）。而相比之下，今天的二氧化碳浓度达到了前所未有的高度。

正在使地球气候发生改变的不仅仅是二氧化碳。自从阿雷尼乌斯欣喜地预测到他所说的那个更加美好、更加温暖的世界以来，汽车出现了，新工业和集约型农业也达到了一定规模，而在一个世纪以前，这都是无法设想的。这一切所带来的后果是，效力更强的温室气体被排放出来，比如一氧化二氮和甲烷。而最终的结果是，自 20 世纪初以来，地球表面附近的平均气温上升了 0.7°C 。

地球健康体检

正如一个健康的人体需要心脏、大脑、肺等器官

下图：世界各地的农耕方式或许有很大不同，但是，农业对土地的影响在每一块大陆上都是同样显著的。



碳排量计算

斯万特·阿雷尼乌斯，著名的瑞典化学家。1896年，他因准确计算出大气中的二氧化碳对地球温度的影响，而使气候学有了一次巨大的飞跃。阿雷尼乌斯是一个有着伟大思想的巨人。他认为，冰河时代是由大气中二氧化碳含量的巨大波动引起的。以这个构想为基础，这位诺贝尔奖获得者开始计算改变全球温度所需要的二氧化碳含量，这是一项无比艰巨的任务，就连今天功能最强的计算机也有可能花上一周甚至更长的时间来模拟全球气候的变化。而阿雷尼乌斯必须通过手工操作完成这些极其复杂的计算。他计算出了5种不同的二氧化碳排量在全球南纬和北纬每 10° 的地区所产生的温室效应。他对此项工作十分痴迷，几乎每天工作14小时。他用了整整一年时间来完成这项工作，最终绘制出一套精确度极高的表格：一种关于气候变化的简便计算表。他估计，二氧化碳含量的倍增将导致全球气温上升 5°C ，这个数据非常接近当今大部分科学家的预估范围。也许从表面上看，这种情况并不十分明显，但是，如果将冰河时代和今天全球逐渐变暖的情况相比较，气温就会有较明显的变化。

斯万特·阿雷尼乌斯做出的最伟大贡献是，他将化石燃料的



燃烧和气候的变暖效应联系在一起。之后，他费尽心力计算出因燃煤导致二氧化碳含量增加一倍的时间。以19世纪90年代后期的工业机械化水平，他计算出的答案是大约3000年。具有讽刺意味的是，阿雷尼乌斯并没有把全球变暖看作一种威胁；相反，他预见到一个时代即将来临——到时，与他那些斯堪的纳维亚半岛的同胞相比，我们的后人将会在

更加温暖舒适的气候下沐浴阳光，他没有预料到的是，二氧化碳的排放量会在下个世纪增加15倍。今天，全世界的人们每年要排放60亿吨二氧化碳，照这样的速度来看，到21世纪末，大气中的二氧化碳含量将是工业时代前的两倍。令人遗憾的是，实际上二氧化碳含量增加一倍所花费的时间仅仅是阿雷尼乌斯所预测的十分之一。





来确保其正常运转一样，地球也需要健全的器官来保持良好的工作状态——陆地、海洋、大气层、冰川（冰冻圈）和生物（生物圈）。为了证明这一点，我们通常用全球卫星网络来定期监测地球发出的一些重要信号。该网络由卫星、宇宙飞船和地面控制系统组成，它可以记录某些自然现象，例如空气的温度、海水的蒸发、冰川的消融与形成，以及森林的碳排放。每过几年，由此得出的大量数据和调查结论会反馈到由政府间气候变化委员会（IPCC）实施的行星健康检查中。而 2007 年发布的最新检查结果却非常令人沮丧。

根据 IPCC 的调查结果，目前全球变暖的说法是“明确无误的”，而人类活动“极有可能”是罪魁祸首。海洋水域的变暖至少已经深入到 3 千米以下，在这个过程中，海水受热膨胀导致海平面升高。山岳冰川正在退化，南极冰盖也正在缩小，由此产生的融水使海平面进一步升高。通过地球这些至关重要的机能的改变，人们可以感觉到这些变化。在全球不同的区域，降水类型、风力和气温走势都正在偏离历史上既定的标准。生态系统所受影响也非常明显。例如，在最近三四十年间，很多物种一直向极地迁移，平均每 10 年向前移动 6 千米。并且，在北半球的温带地区，像植物开花和动物孵卵这样的季节性事件似乎每十年也会提前 2~3 天。除了全球变暖以外，似乎没有什么原因更能解释这些现象了。

人类的未来看似十分黯淡，然而，鉴于这些令人沮丧的现象，我们需要一些言语来予以警示。尽管大多数预言都建立在以计算机对地球气候的精确模拟的基础之上，但是，这门科学目前仍在为自身寻找立足

左图：亚马孙雨林已经存活了上千万年，但到 22 世纪，它受到的破坏将无法挽回。

预测地球

什么是预测地球？即根据目前的趋势，在未来50年或更久远的时间内，全球平均气温预计将会上升 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。这将使地球气温不仅远远高于人类文明所历经的气温，还高于300万年以来地球上的气温。到21世纪末，地球上的气温很可能会上升 4.5°C 或者更高。这个涨幅对于公元2100年的世界而言将意味着什么，我们并不完全清楚，但是，全球气候模型——气候科学的水晶球将会提供一些可能发生的情况。由于高纬度地区将承受温度上升所带来的冲击，地球上很可能会出现一个没有冰层的北极地区。因为全球平均温度将上升 4°C ，赤道附近的海洋沿岸的气温将普遍上升 3°C 左右；温带地区气温将会上升超过 5°C ；极地的气温也会升至 8°C 。正如我们所看到的那样，加拿大北部、阿拉斯加和俄罗斯的气候正在并持续地变暖，导致永久冻土层渐渐融化，该地区的建筑物和公路也因此遭受巨大损失，以前那里的土壤还是冰封的。随着雨雪量的大幅度增加，全球的气候不仅会变得更加温暖，而且会更加潮湿。与此相反，亚热带地区的降水量将会减少30%，这将导致大片土地干旱，从欧洲附近的地中海沿岸和非洲北部起，途经中东地区，一直延伸到中亚。

另一个干旱地带将覆盖非洲南部。随着土壤肥力和农作物产量的下降，这些地区将会不断出现重大旱灾和饥荒。尽管上升的二氧化碳浓度会使水稻和玉米等农作物快速地生长，然而，气温的涨幅一旦超过 $3^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，谷物产量将开始下降。事实上，如果气温升高超过 4°C ，那么澳大利亚就可能因为气温过高或气候过于干

燥致使农作物不再生长。如果气温上升超过 6°C ，甚至连温带地区的农业生产都会受到威胁。同时，随着气候变暖和风暴路径的移动，纬度较高的地区很可能会变得更加潮湿，飓风也很可能变得更强烈。这一切都意味着，即在气候相对温暖舒适的欧洲，我们也会感受到全球变暖所带来的痛苦。据推测，横跨整个大陆且具

