

BBC
BOOKS

BBC科普三部曲

>>> 本书为英国BBC电视台科普频道精心打造

THE POWER OF THE PLANET

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 | 译

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

BBC
BOOKS

BBC 科普三部曲



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/译

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

图书在版编目(CIP)数据

地球:行星的力量/(英)斯图尔特,(英)林奇著;王昭力,聂永革译. —北京:北京理工大学出版社,2013.10

(BBC 科普三部曲)

书名原文:Earth:the power of the planet

ISBN 978-7-5640-7630-6

I. ①地… II. ①斯… ②林… ③王… ④聂… III. ①地球—普及读物 IV. ①P183-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第072046号

北京市版权局著作权合同登记号 图字01-2013-0918号

Earth: the power of the planet

by Iain Stewart and John Lynch

All rights reserved

Originally published by Iain Stewart&John Lynch in 2011

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)

82562903(教材售后服务热线)

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/北京凯达印务有限公司

开 本/889毫米×1194毫米 1/16

印 张/14.5

字 数/319千字

版 次/2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷

定 价/88.00元

责任编辑/申玉琴

文案编辑/申玉琴

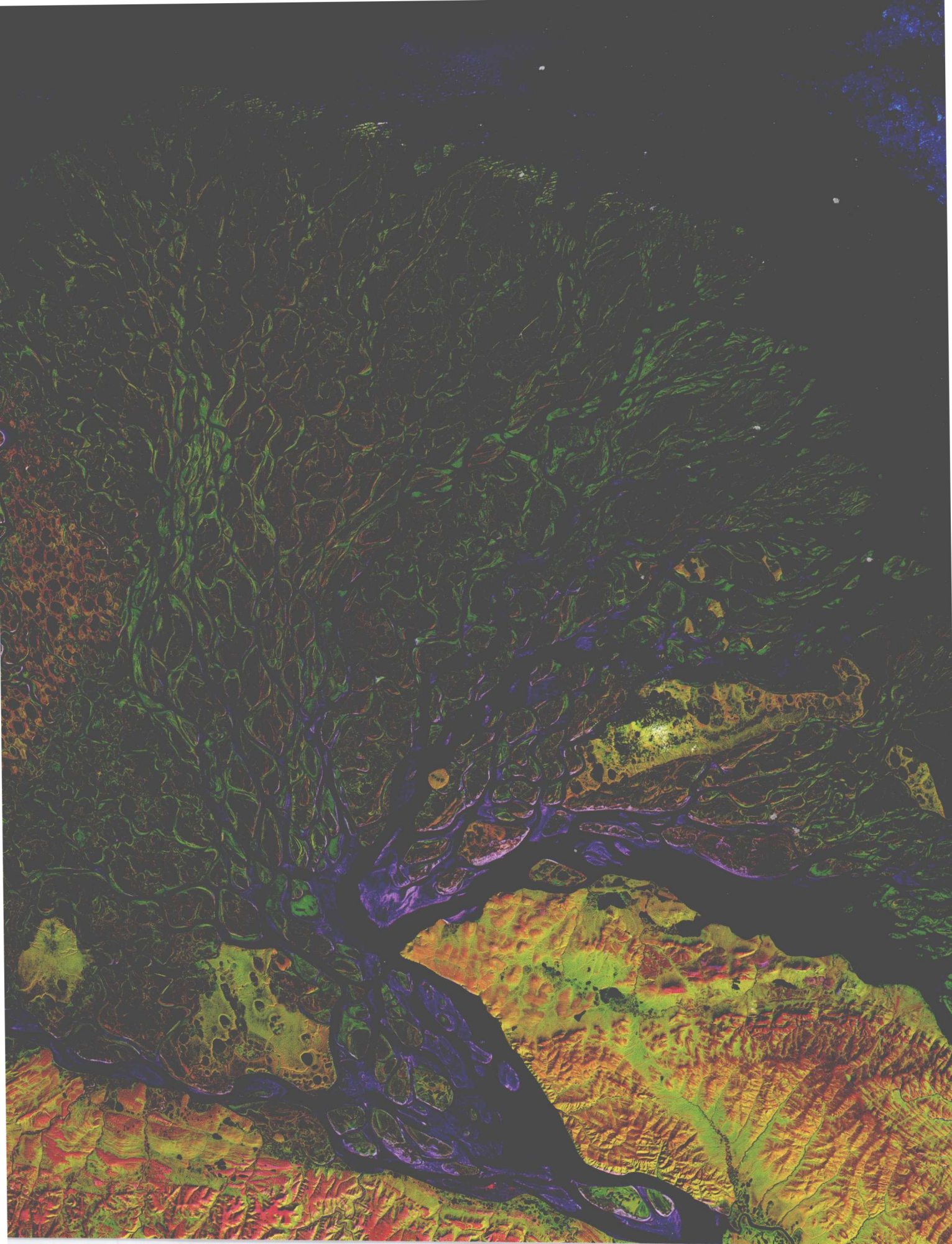
责任校对/周瑞红

责任印制/边心超

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

“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漩涡状的白色轻纱。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小镇。这里寒冷而偏僻，是地球上最荒凉的地区之一：到处都是无际的泥地、沼泽和湿地。这里就是西伯利亚冻土带。这个小镇位于一片泥炭沼泽区内，一年的大部分时间都是冻结的，其面积和法国一样大。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。因为在这里几乎可以不费吹灰之力就能把战俘监禁起来，而且使他们无处可逃。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，血湖也会全部结冰，湖面

上覆盖着不透明的灰白色冰层，冰层大约有 1 米厚，它能够安全地承受一个人或一辆雪车的重量。但是，有一年春末去那里的时候，湖面的冰层变得越来越薄，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，然后用火焰对准嘶嘶冒出的气体，一股炽热的气流就会喷射出来。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，它能够将多于二氧化碳 21 倍的热量困在大气层中，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

左页：广阔的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关键作用。

冰冻的地层深处，或是在支撑整个冻土带的“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，而以下深达1000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，北极的温度上升得比其他任何地区都要快。在阿拉斯加，现在的春天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 ，永久冻土层的温度上升了 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，该地区的平均气温可能上升了 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在逐渐变成泥浆，致使公路和建筑物下沉断裂，原因是它们之前坚固的地基坍塌了。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，西伯利亚永久冻土中的甲烷含量是世界陆地甲烷总储量的 $1/4$ 。这里的湖泊正在融化，甲烷也在以越来越快的速度向外泄漏。更糟的是，随着冻土带的温度逐渐升高，积雪的覆盖面也随之减少，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泄出，永不停歇。

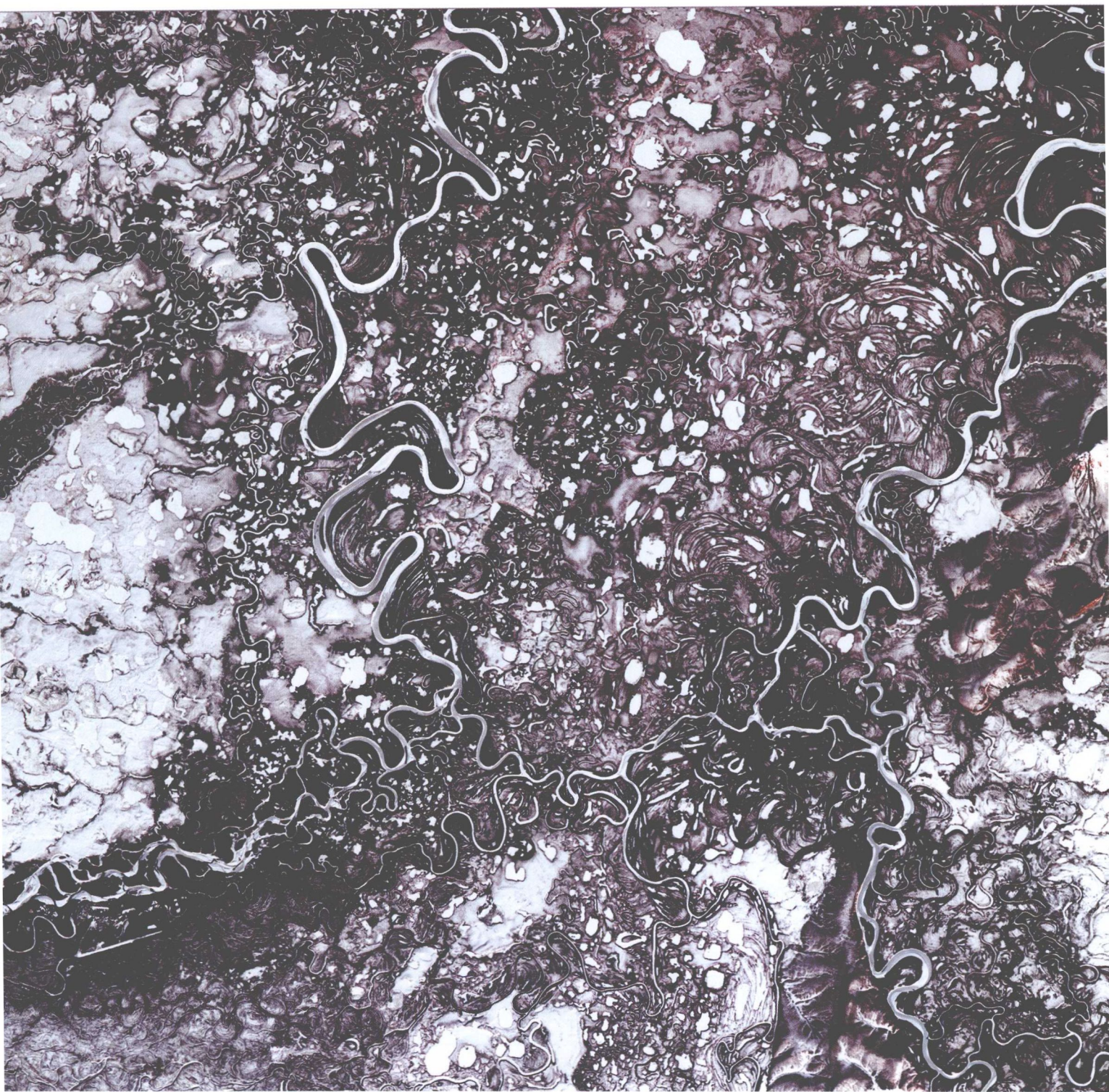
这听起来就像另一个全球变暖的恐怖故事。不同的是，许多地质学家认为在此之前也发生过类似

的情况。有人认为，大约5500万年前（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，目前全球的温度大约是 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温度持续上升，且比5500万年前上升得更快。如果气候的变化也会把封存在北冰洋永久冻土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。

仅仅在最近几十年，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哪种程度。要使生命能够在地球上存活，就需要有稳定的气候，而这要取决于海洋、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紧密地配合着工作运转，并设法通过原材料和能量之间的不断交换来维持气候

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。



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——比如从正在融化的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，苏格兰的仪器制造匠詹姆斯·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；机加工产品的生产迅速扩大；运输方式的发明和创新也有了革命性的改革。尽管工业革命的专业技术在地球飞速传播，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的二氧化碳和甲烷开始增加的过程。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，就有人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年提出来的。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之间存在不平衡。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——而二氧化碳仅占大气的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（ 2×10^{-6} ）的速度增长，并于2007年2月达到384ppm（ $1\text{ppm}=10^{-6}$ ）。即目前每100万个干燥空气的分子中含有384个二氧化碳分子。这个含量看似微小，却代表着二氧化碳含量自工业时代之前就增长了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。

右页：全球气候变化模拟预测风暴即将来临。

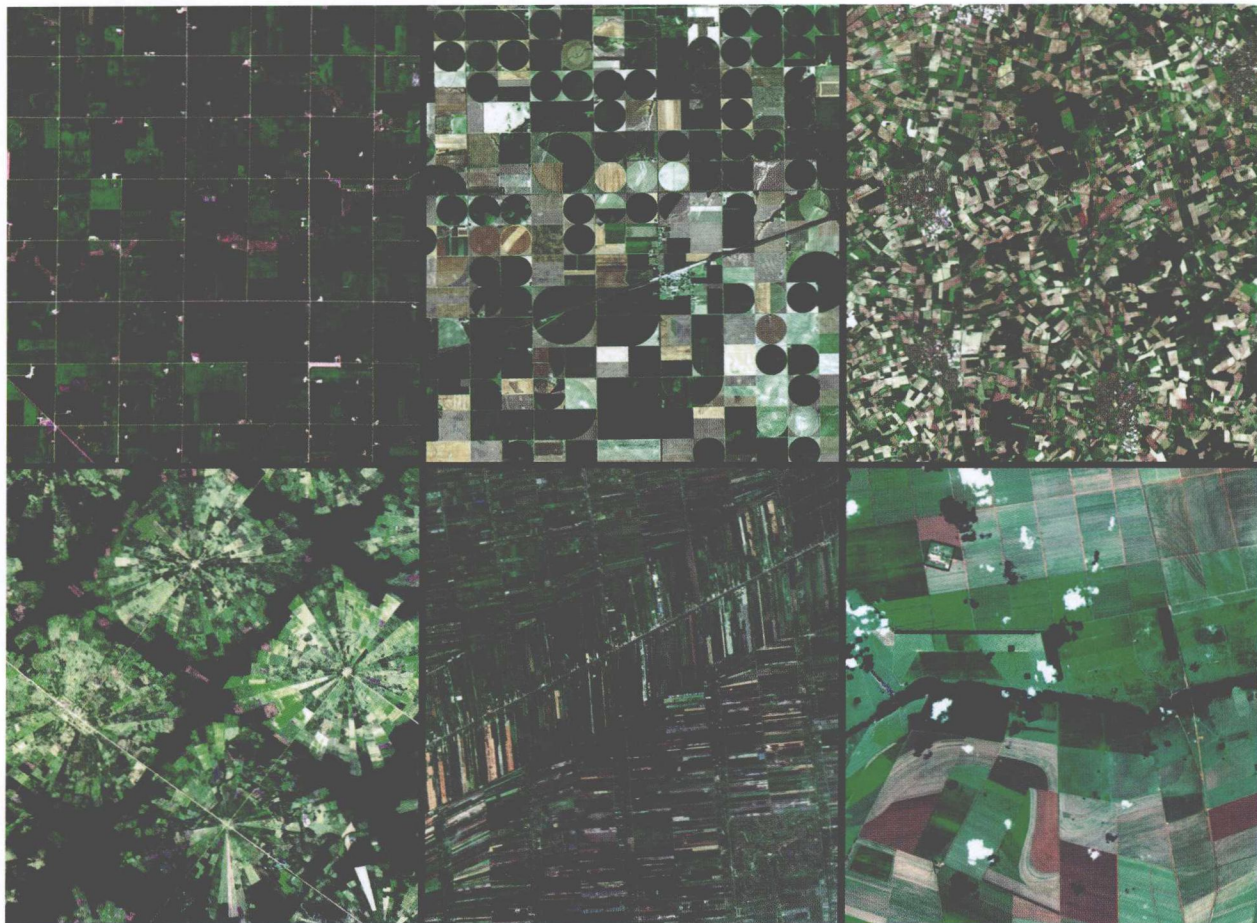


正在使地球气候发生改变的不仅仅是二氧化碳。自从阿雷尼乌斯欣喜地预测到他所说的那个更加美好、更加温暖的世界以来，汽车就登场了，新工业和集约型农业也达到了一定规模，而在一个世纪以前，这都是无法设想的。这一切所带来的后果是，效力更强的温室气体被泄漏出来，比如一氧化二氮和甲烷。而最终的结果是，自 20 世纪初以来，地球表面附近的平均温度上升了 0.7°C 。

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。

地球健康体检

正如一个健康的人体需要心脏、大脑、肺等器官来确保其正常运转一样，地球也需要健全的器官来保持其良好的工作状态——陆地、海洋、大气层、冰川（冰冻圈）和生物（生态圈）。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、宇宙飞船和地面仪器组成，它可以记录着某些自然现象，例如空气的温度、海水的蒸发、冰川的融化与形成，以及森林的碳排放。因此每过几年，由此得出的大量数据和调



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° 的地区所产生的温热效应。他对此项工作十分痴迷，几乎每天工作达14小时。他用了整整一年时间来做这项工作，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，如果以冰河时代和今天全球逐渐变暖的情况下比较，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



著名的瑞典化学家斯万特·阿雷尼乌斯

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是一种威胁；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，阿雷尼乌斯预测的时限是10的倍数。





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 3 000 米以下，在这个过程中，海水的蔓延导致海平面升高。山岳冰川正在退化，南、北半球的积雪也正在减少，由此产生的融水使海平面进一步增高。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，降雨类型、风的强度和气温走势都正在偏离历史上既定的标准。生物和生态变化的最初迹象也非常明显。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。而且，在北半球的温带地区，像是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。尽管大多数预言都是以计算机对地球气候的精确模拟为基础的，但是，这门科学目前仍在为自身寻找立足的依据。直至 1985 年以来，全球气候模型才建立起了充分的可信度，而且，1989 年超级计算机才诞生于世，它的功能强到足以模拟陆地、海洋和大气层之间来回反弹的一系列连锁效应。每年用于气候变化研究的经费将近 30 亿美元。该研究主要模拟地球中不同功能在未来发生各种情况下会如何运转。这些模型并没有告诉我们未来会怎样——它们

左图：亚马逊雨林已经存活了上千万年，但在 22 世纪，它的破坏将无法挽回。

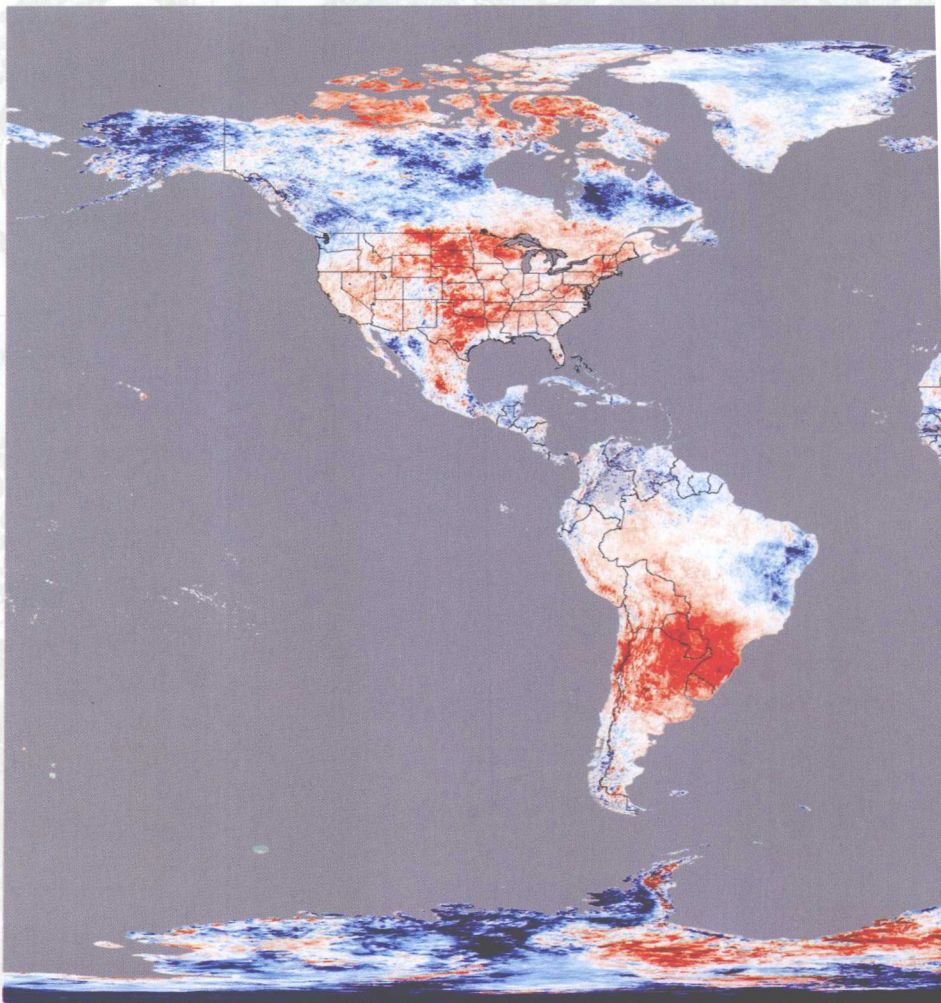
预测地球

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 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。这将使地球的气温不仅远远高于人类文明所历经的任何温度，还会高于 300 万年以来地球上所有的温度。到 21 世纪末，地球上的温度很可能会上升 4.5°C 或者是更高。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圈。因为全球平均温度将上升 4°C ，赤道附近的海洋和海岸的温度将普遍上升 3°C 左右；温带地区的温度将会上升超过 5°C ；极地的温度也会升至 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区域和非洲北部起，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。由于土壤质量恶化和农

作物产量下降，这些地区将会不断发生严重的旱灾和饥荒。尽管空气中的二氧化碳浓度在不断上升，像水稻和玉米等农作物也在率先快速地生长，然而，温度的涨幅一旦超过 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，谷物产量将开始下降。事实上，如果变暖的温度超过 4°C ，那么像澳大利亚所有的区域就有可能因为温度过高或气候过于干燥致

使农作物不再生长。如果温度上升再超过 6°C ，甚至连温带地区的农耕都会受到威胁。

同时，随着大气暖流和风暴路径的移动，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，即使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

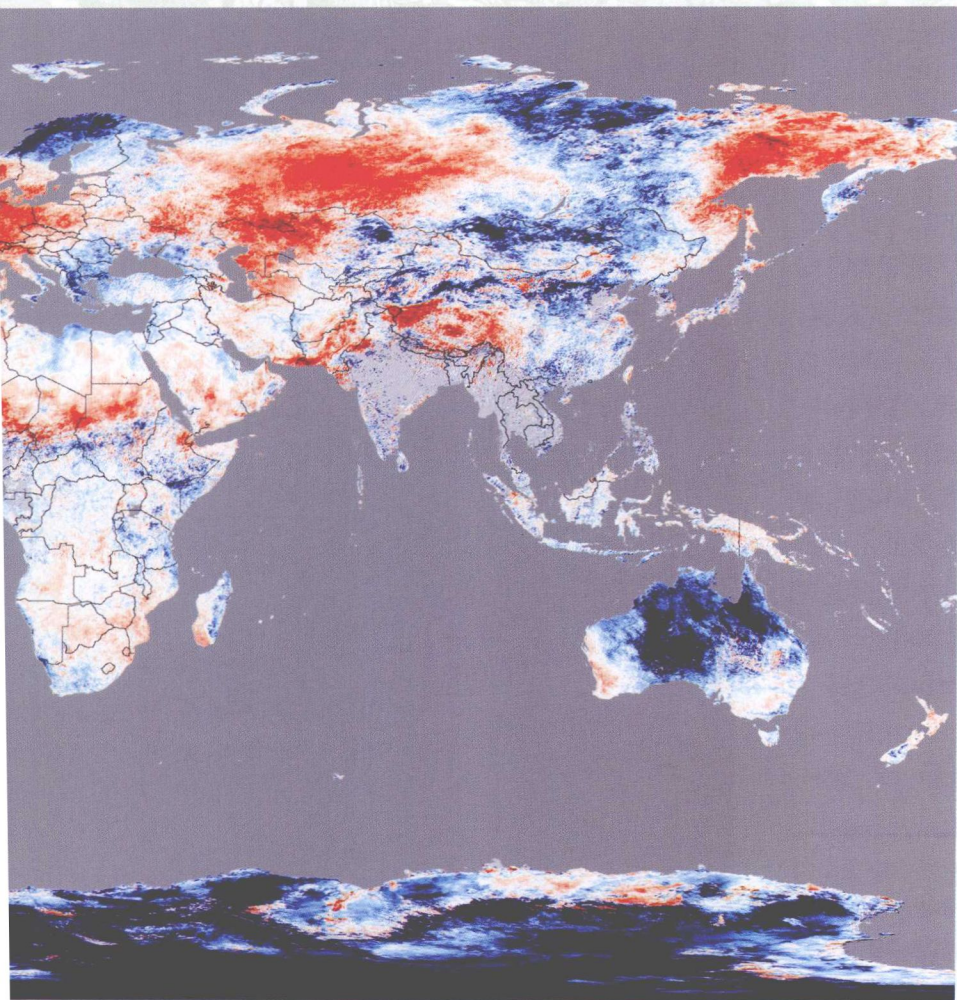


苦。据推测，横跨整个大陆且具有毁灭性力量的洪涝灾害将变得更有规律。在欧洲北部，与寒冷有关的死亡事件预计将会在 22 世纪减少，相比之下，欧洲南部的高温和严重的旱灾可能每年会使成千上万人丧生。炎热干燥的环境意味着森林火灾将会更加严重，而近年来，这种火灾在诸如葡萄牙这样的国家越来越猖獗。即使温度仅上升 3℃，也会给地中海沿岸的欧洲国家造成每十年一遇的毁灭性旱灾，使水资源出现严重短缺。而居住在北方的居民们也躲不过这炎热的天气。2003 年，欧洲北部经历了 500 年以来最炎热的夏天——当时的温度只比平常升高了 2~3℃，因此所引起的热浪就使 2.5 万人丧生，给森林和农

田带来的损失就达 150 亿美元。到 21 世纪中期，2003 年的火炉天气就是典型的巴黎或伦敦夏日。

总之，欧洲一直在对周围极端天气进行长期预测。这很可能会对我们现在的生活方式产生重要影响。每年，欧洲北部的居民都会云集到地中海附近，形成跨越全球最大的单程客流量，并于 2000 年占到游客总数的 1/6。每年都会有 1 亿人来到这里，他们一年的总消费大约是 670 亿英镑（合约 6 653 亿人民币），但这种状况不会一直持续下去。在将来，当欧洲南部和非洲北部变得炎热干燥的时候，这批游客就会放弃地中海这块度假胜地。他们不会把目标转移到更凉爽的滑雪度假村阿尔卑斯山脉地区，因为那里的积雪和冰层正在逐渐消失，这也威胁到了许多山区度假村。未来的度假者似乎不大可能把目标转移到气候日渐变暖的波罗的海附近的塔林、里加或格但斯克。

左图：2006 年 7 月的热浪不仅仅出现在欧洲——世界上许多其他地区也经历了有史以来最炎热的 7 月。本图以过去五年 7 月份的平均气温为参照，图中显示了温度较高的地区（用红色标出）和温度较低的地区（用蓝色标出），深红色代表温度超出常温 10℃ 的地区。



告诉我们的仅仅是未来的一系列可能性。它们还为我们提供了一种与众不同的视角，让我们能够深入了解地球运转时的奇妙与复杂，并且揭示了地球作为一个独立的自动调节系统，它是怎样应对突如其来的变化的。更重要的是，这些模型显示了地球的薄弱环节。在某些危险区域，气候变化有可能使重要系统出现故障。因此，我们不妨称它们为地球防御系统的“阿喀琉斯之踵”。我们前面已经提到过其中一个致命弱点——西伯利亚的泥炭沼泽——接下来我们将介绍地球的其他致命弱点，并且对地球的运转方式进行说明。做这项工作既让人欣慰，并使人时刻保持精力，同时也令人担忧不已，因其具有不可预见性。

中毒的肺脏

亚马逊雨林为地球上的生物举办了最隆重的庆典，它为这颗星球上 1/3 的陆地生物提供了家园，小到昆虫，大到美洲豹都能在这里找到各自的栖息地。亚马逊雨林中的动物世界波澜壮阔、博大精深，但尽管如此，绚丽多姿、丰富多彩的植物仍然组成了这里名副其实的自然奇观。世界上的雨林通常被形容为“地球的肺脏”，但事实上并非如此：它们能释放多少氧气，就能消耗多少。它们在提供氧气方面是中立的。尽管全世界的森林能够吸收大气层中 25%~30% 的二氧化碳，但亚马逊雨林仍然是主要的消费者之一。当人类的排放物使二氧化碳含量变得更高的时候，热带雨林就开始枝繁叶茂，如同

右图：在这个互通的世界里，传说中的撒哈拉沙尘暴是一条至关重要的纽带——风携带着沙尘从大陆吹向远方，为一片片远在亚马逊流域的森林提供丰富的肥料。

