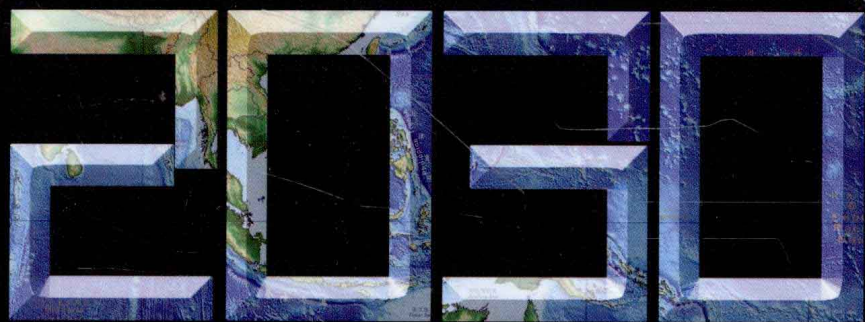
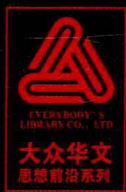




2030

技术改变世界

未来20年里，人类将面临什么挑战？我们需要什么样的技术去应对这些挑战？

本书站在影响未来历史进程的高度，展望即将改变我们生活方式的技术，探究到2030年，我们需要什么技术、现在应该做些什么，才能影响和适应未来的突变。

这些思维和展望关系到我们的未来，应当引起我们的高度关注。

2030 TECHNOLOGY THAT WILL CHANGE THE WORLD

[荷] 鲁格·凡·森特恩 (Rutger Van Santen)
贾恩·卡霍 (Djan Khoe)
布拉姆·维梅尔 (Bram Vermeer)

著

刘静焱 朱潮丽◎译

2030

技术改变世界

2030 TECHNOLOGY
THAT WILL CHANGE
THE WORLD

〔荷〕鲁格·凡·森特恩 (Rutger Van Santen)

贾恩·卡霍 (Djan Khoe)

布拉姆·维梅尔 (Bram Vermeer)

著

刘静焱 朱潮丽◎译

中国商业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

2030: 技术改变世界/(荷) 森特恩 (Santen, R. V.), 卡霍 (Khoe, D.), 维梅尔 (Vermeir, B.) 著; 刘静焱, 朱潮丽译. —北京: 中国商业出版社, 2011.4
ISBN 978-7-5044-7200-7

I. ①2… II. ①森…②卡…③维…④刘…⑤朱… III. ①未来学
IV. ①G303

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第051026号

著作权合同登记号: 图字: 01-2011-1692

2030: TECHNOLOGY THAT WILL CHANGE THE WORLD,
FIRST EDITION was originally published in English in 2010.

This translation is published by arrangement with Oxford University Press.

Copyright © 2010 by Oxford University Press, Inc.

中文简体字出版权属中国商业出版社。未经出版者书面许可, 不得以任何形式复制传播本作品的全部或部分内容。

责任编辑 孙启泰

*

中国商业出版社出版发行

010-63180647 www.c-cbook.com

(100053 北京广安门内报国寺1号)

新华书店总店北京发行所经销

北京明月印务有限责任公司印刷

*

720×1020毫米 16开 16.5印张 240千字

2011年10月第1版 2011年10月第1次印刷

定价: 38.00元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)

版权所有 侵权必究

前言

在本书的创作过程中，我们的世界大事不断。石油和粮食价格先是直线飙升，随后又跌入谷底；海地遭遇了毁灭性的强地震；银行破产；而一种新的流感病毒则让全球进入了警戒状态。所有这些事件在发生前一年都没有得到预测——至少是没有出现公开的预测。尽管人类已掌握了先进的科学和预测技术，但事实证明，我们事先依然不能采取适当的预防措施。

自史前时代起，人类就学会了使用技术来满足自己的物质需求。我们学会了如何耕种，如何与他人交流，以及如何保持健康。可以说在如今的西方世界，几乎人人有食可吃，有房可住，有水可喝。各种各样的基本需求于是都得到了满足——面对这种情况，一些观察家声称继续探索技术进步的必要性正在逐步减小。而近几年的事件让这种观点不攻自破。人类正日益面临着前所未有的全球性的危机：2007年我们经历的粮食短缺在亚洲、非洲和南美洲同时发生；2008年的经济衰退席卷全球；2009年当流感大规模爆发时，病毒在几天功夫内就横扫各大洲。与此同时，气候变化和石油枯竭同样是我们未来几十年里将要面临的全球性挑战。灾难的全球化本身根源于我们的技术。一代又一代的工程师已经在我们的地球上编织了一个牢固的国际工业、通讯和市场网络，增强了地球各个角落之间的相互依赖性。如今，这种全球网络已经牢牢地把全世界人的命运都绑在了一起。现在，我们同生死，共存亡。

很多这类问题已严重到了不容忽视的程度，本书的作者深表关切。我们认为，既然技术是导致这些问题出现的罪魁祸首之一，那么也应该由技

术来参与解决这些问题，并防止日后类似的问题再次出现。目前我们面临的挑战是前所未有的，因而解决方法也应不同于以前——即使是面临那些过去我们认为已经克服了的问题。比如，可能我们知道如何治疗一种病毒感染，但同时治疗几十亿病毒感染者就是一个极大的难题，这种情况需要的便是新技术。

我们自己自然不能通晓每一个技术领域，于是我们走访了无数的科学技术专家及梦想家，让他们谈谈对这个世界 20 年后的憧憬，以及未来几年中需要进行哪些便于推广的科学技术研究。我们具备影响历史发展轨迹的工具吗？什么样的突破才能把我们的世界变得更美好？尽管他们的研究领域各异，专家们提出的想法却有着众多的相似之处。这种结果说明，很多的领域都是相互联系的，纷繁复杂的全球网络现已交织在一起。这就意味着，倘若因特网遭到一个小干扰，全球金融系统就有可能陷入混乱。科学和技术让重大问题变得越来越错综复杂——这给我们认识问题及寻求解决方法带来了不少的困难。

在与专家们的讨论过程中，我们逐渐意识到网络对世界复杂性的影响远远超乎我们的想象，不过这也给我们提供了认识问题和解决问题的新思路。尽管很多科学分支对此尚缺乏全面的认识，越来越多的科学家还是对我们这里提到的方法产生了兴趣。同时，面对未来，它也给我们提供了新的工具。诚然，未来错综复杂，缺乏规律和可预见性，因此我们自然不能预知未来。不过，复杂性科学却能带给我们很多有关科学方面的突破、变革和深刻影响。自 19 世纪 80 年代末起，对复杂动态系统的研究就已成长为一门新的科学学科，现已被广泛应用于物理学、化学和数学领域，并正逐步扩展到其他学科领域。对复杂系统背后规律性的探索，让我们在寻求实现可持续性、稳定性和危机预防方法的过程中拥有了全新的视角——这种前瞻性方法可以帮助我们确定 2030 年人类需要解决的关键问题。

20 年的时间范围，是我们深思熟虑的结果。对很多科学家来说，2030 年并不是那么遥远的未来。我们不必去幻想什么可行的解决方案，因为那时要用到的技术不过是当前我们已经在实验室所见到技术的升级。让科学

家们来想象，20 年是一段“可行的”时间。很多技术进步往往已现雏形，而当前的很多想法也需要这么一段时间才能成为现实。因此，你不会在本书中看到任何有关喷气背包或机器人统治世界等在科幻小说中才有的内容。或许这些情况在某天终究会发生，但在未来 20 年里，基本不可能。

然而，换个角度说，20 年又远远超越了我们目前的需求。本书描述的不是关于现有技术或下一代微芯片的逐步改良；也不会对 20 年后地球的人口总数、车辆总数或所需的病床总数作出预测。我们对这些统计数字都不感兴趣，也没兴趣构想地球未来的面貌，我们关心的是人类社会届时将要面临的主要发展瓶颈，这些瓶颈不需要具体的数字便能说明。基于上述种种原因，我们邀请专家集中探讨 2030 年人类将面临的重大问题。

作为技术专家，我们的天职便是提供问题的解决方案。本书所提到的大多数问题，其罪魁祸首均是技术，因此，我们的职责便是解决这些问题。和很多同事一样，我们把大量的创造力奉献给了工业，这点功不可没，但却不足以解决人类当前所面临的问题。要想把我们的世界变得更美好，就必须解决很多迫在眉睫的问题。作为技术专家，这自然也是我们的愿望。本书将让我们看到，技术拥有的强大力量会带来多么巨大的改变！要想保障人类的未来，我们需要实现众多的技术突破。同时，我们需要仔细发掘不同学科之间的联系。若本书能给那些正在奋力保护和挽救地球的工程师们带来些许灵感，我们创作此书的初衷也就达到了。

这是一本以对未来发展的调查为基础的世界性出版物，同时也是给荷兰埃因霍温理工大学成立 50 周年的献礼。来自荷兰和其他国家工程师们的积极响应给予了我们莫大的鼓舞，人类面临的全球性挑战也促使我们用全球性视角来展开自己的研究。

我们的担忧

当我们让同事列出他们认为当今地球所面临的最紧迫问题时，他们的答案涉及到了各个方面，包括大气污染、气候变化、日益严峻的安全威胁以及粮食供给不足等问题。鉴于本书着重关注的是最紧迫的问题，我们不得不从人类最基本的需求着手。21 世纪初，每年仍然有几千万人口因饥饿、缺水和恶劣的居住条件而丧失生命。世界上半以上的死亡人口都是由于营养不良，每年因饥饿死亡的人数超过第二次世界大战中死亡的总人数。而让人倍感揪心的是，我们本可以阻止这一切的发生！这就是为什么本书的重点放在了我们应该如何做的问题上。

基本需求得到解决之后，下一个需要对付的杀手就是癌症和传染性疾病。随着年岁的增加，我们越来越多地为自己需要他人的照料而感到担忧，同时也担忧自己认知能力的下降，在这些领域取得突破可以让人类活得更长更快乐，这就是本书要讨论的第二种挑战。

人类持久的存在已面临威胁，地球上快节奏的变化要求我们采取快速有效的应对措施，来寻求实现地球可持续性发展，本书对这个问题用了单独一章进行讨论。我们的社会稳定同样面临威胁，金融危机、城市的爆炸性扩张、军事冲突等问题都给我们的生活带来了极为不利的影响。这也就是我们要讨论的第四种问题。

我们认为，人类亟需应对的重大问题包括：营养不良、干旱、癌症、

传染性疾病、人口老龄化、认知力衰退、气候变化、自然资源的衰竭、自然灾害、教育剥夺、城市环境的恶化、金融动荡、战争与恐怖主义以及对人性的亵渎。

从深层次上来说，这些问题之间具有紧密的关联性，本书也将对此进行阐述。因此我们也不打算对它们进行排序。例如，我们在应对气候变化的同时，也是在与贫困做斗争。这种相互交织的关联性也意味着我们可以研究出一套共同的方法——这便是本书重点章节的主旨所在。对通讯技术、计算机和物流的了解在很多方面都是很有帮助的。

对未来感到担忧的决不仅仅是我们。早在 2004 年，丹麦环保主义者比约恩·隆伯格（Bjørn Lomborg）就在哥本哈根组织了一次会议，讨论当前全球面临的几大挑战。与本书的阐述可以说不谋而合。尽管遭到环保人士和主流科学家的严厉抨击，隆伯格还是竭力想计算出一份精确的地球现状“资产负债表”。与会专家把人类当前所面临的重大挑战——列举了出来，位于前十位的即被称为“哥本哈根共识”。与我们所列大体相同，包括气候变化、传染性疾病、武装冲突、教育、金融动荡、政府腐败、营养不良与饥饿、人口与移民、卫生与水资源、补贴以及贸易壁垒。2007 年，美国科学促进会（AAAS）的主席也列出了类似的一份清单，也是对联合国千年发展目标的再次诠释。在关于人类面临的主要挑战的问题上，达成了广泛的共识。

在过去的一个世纪里，尽管我们的技术有很大进步，但人类面临的重大问题却始终未有改变。英国科幻小说家赫伯特·乔治·威尔斯（H. G. Wells）是最早一批在 1900 年左右就开始出版未来非小说散文的作家。威尔斯深信，20 世纪将给人类带来巨大的威胁。他认为，19 世纪科技进步迅猛如潮，彻底打破了人们原有的生活状态，造成社会动荡，并引发战争。他还认为，新的交通方式将成为改变地球面貌的罪魁祸首。公路取代铁路最终将毁了我们的城市。因为这些因铁路而成形的城市，现在正向郊区扩散，并将无止境地吞噬郊区的土地。威尔斯预测，军事工程师可能会设计出一种“陆地战舰”，而“1950 年之前，很可能就会有一架飞机成功升天并完好无损地回到地球。”他既预见到了激烈的空中作战，也预见到了普通家庭可

能会发生的变化。他写道，家务劳动将不再是一种全职工作。可以说，他也预测到了全球化，提出的一些问题与本书所讨论的不谋而合。

威尔斯提出的主题也是整个 20 世纪人类一直在反复强调的问题，只是为了反映当今的焦虑而采用了不同的术语。我们深信，人性中并不存在某种阻止我们解决这些问题的因素。不过，要想成功解决这些问题，我们首先要弄清楚是哪些机制导致了它们的冥顽不化。只有这样，才有可能对症下药。我们认为，目前需要的解决方案必须是可应用的，且能在全球范围内得到广泛支持。比如，在局部范围内对抗疾病几乎已不可能。再比如，若不能规范抗生素在动物治疗中的使用，那再怎么规范抗生素在人体中的应用也是徒劳的。接下来，我们将探讨滋生众多人类所面临问题的一些共同机制。

我们的方法

想要预测未来，听起来似乎不是那么明智，尤其是以往各种预测屡屡失败时，更是如此。例如，有关地球上化石燃料储备即将消耗殆尽的预言不绝于耳。早在 1865 年，斯坦利·杰文斯（Stanley Jevons）就曾预言：英国的煤矿资源几年后将被消耗一空。美国政府 1914 年的计算结果得出：地下的石油储备量仅够他们再使用 10 年；而后来 1939 年和 1951 年的预测结果均是石油资源在 13 年后将枯竭。到了 20 世纪 60 年代，核能的出现甚至让很多乐观主义者持有这么一种观点：目前可用的天然气和石油资源应被尽可能快地消耗掉，因为几乎零成本的核能会很快让它们一文不值。1972 年，罗马俱乐部预言地球的石油储量仅供人类再使用 20 年。2008 年油价飙升，石油峰值理论（石油的消费达到历史最高峰）应运而生，而当油价再度回落时，这些灾难预言家才变得无言以对了。即使现在，如果你问石油储量还能持续多久，不同的能源专家会有不同的答案，甚至可以说是大相径庭，有些说只能持续 3 年，而有些则会说永远都用不完。

类似的例子不胜枚举。对未来事件的预测失败了一次又一次。回顾人类过去取得的重大进步，你就不难发现这些失败背后的原因。偶然的小事件往往能改变历史的轨迹。一名德国机械师脑中灵光一现，便永久地改变了世界的交通方式。阿拉伯酋长的一个决定，便能让我们的石油依赖型经济大伤元气。或许，一项新型电池技术就能颠覆传统的交通方式。类似这样的转折点是不可预见的，它们往往依赖于某一特定个人的思维过程，或是一群科学家实验过程中的幸运瞬间。在历史的问题上，永远只有事后诸

葛亮。换句话说,未来学家的工作也就仅限于根据现有趋势进行推测。有时,为了给自己留条后路,他们会根据具体的经济和社会状况推测出多种不同的未来场景。这种方法对于迎合短期内的渐变以及学会跳出思维定势是非常有帮助的。

但问题在于,这些构想往往太过于多样化,对于长期规划来说,缺乏实际意义。它们不过是对已知情况的一种推测,因而并不能提供任何新信息。渐进的推断会错过瞬间的变化。稳定是脆弱的,也是具有误导性的。另一个问题是这些推断提供的都是数字和统计数据,因而只是对表象的描述,而不能对表象的成因进行挖掘。构想往往只是对社会发展的某些特定方面进行推断,而其他方面则维持不变。尤其需要指出的是,未来构想往往会使用“现有技术水平”的说法,因而不能促使工程师们去解决真正迫切的问题。或者更糟糕,他们假定已没有任何需要发现的事物了(如很多的石油峰值论预测)。尽管这些方法对战略性思考有一定帮助,但不能给我们一个清楚的认识,而且它们肯定会与未来的一些重大转折时刻失之交臂。

要制定一个行动计划,一种即将形成的新方法将让未来学家们的工具箱变得丰富起来。过去十年里,物理学家、化学家、生物学家和社会学家已携起手来,共同挖掘地震、生物进化和种族冲突等复杂现象背后的深层次规律。他们为一种新的科学研究奠定了基础——社会和自然环境中的集体现象科学。让他们频频感到惊喜的是,竟然发现了能帮助预测变化和稳定的规律。其实,我们通常认为的偶然性事件,其背后也是大有规律可循的。这项研究为我们提供了辨别转折点的工具,同时还有可能提供有效的策略让我们远离灾难。

集体现象的新科学

要想理解这种全新方法,很重要的一点是要认识到它与科学家们使用的传统方法之间的区别。当伽利略从比萨斜塔上扔下大小不一的球时,他

发现所有球的下降速度是一样的。或更准确地说，空气阻力使得它们的下降速度略有不同。不过，伽利略后来精心设计了一个实验，在这个实验里，下落物体周围空气的影响是可以忽略的，只考虑地心引力的影响。多少年过去了，伽利略到底做过哪些实验仍不得而知，但这个故事依旧代代相传，因为它为此后的科学研究树立了标杆。这种专注于真相某一方面的方法，被一次又一次地证明了它的强大性。

几个世纪以来，科学家们延续着对孤立现象的关注。当我们研究的一个过程与其所处的环境相脱离时，我们便能把注意力百分之百地放在原因和结果上，因而最易发现其中的规律。这种还原方法帮助科学家们发现了很多基本的自然法则。乍一看，一个钟摆摆动一次的时间，与它长度的平方根成正比。欧姆的电阻定律以及牛顿的万有引力定律也存在类似的关系。或者，用数学家的话说：所有的基本定律都存在“强大的线性项”。

还原科学的巨大成功已得到证明。它已帮助我们认识、预测和控制了自然。比如，我们已经能够准确预测到第三个千年的日食，这就是科学对原始推测伟大的胜利。还原论在物理学领域也显示了它的强大。生物学家通过对特质的孤立研究，得出了基因学的基本规律。而18世纪晚期，亚当·斯密从当代物理学家的还原法获得灵感，创建了他的经济学理论。这让当时很多人瞠目结舌，难以相信像商业这样的社会现象居然可以用类似物理学法则的方式来阐述。事实是，每个交易商都想实现利润最大化，正是这种普遍性为数学抽象创造了条件。

在实践中，还原科学的普遍法则通常是过分简化。很多现象都不是孤立发生的，很多过程通常同时起作用，它们之间可以互相中和（或）强化。因此，很多情况下，原因和结果之间的关系并不是那么简单。数学术语对这些过程的描述往往带有很强的非线性项特点。1961年，美国气象学家爱德华·洛伦兹用计算机得出了一种奇怪的天气预测结果，这让他大吃一惊。他发现，原来计算过程中初始条件的细微变化，便可以导致预测结果完全不同；即便是不同的四舍五入方式也足以使结果截然不同。洛伦兹意识到这并非他的计算方法有缺陷，现实生活中也存在类似的现象——于是诞生

了他著名的“蝴蝶效应”理论：一只蝴蝶轻拍翅膀，就可以导致天气发生很大变化。由此可见，局部的微扰可以给复杂的系统带来很大的影响。洛伦兹因而认为一周以后的天气是无法预报的。他后来又提出“混沌”理论，即由于大气对细微变化的敏感性，大气总是处于一种“混沌”状态。

“蝴蝶效应”和“混沌理论”引起了科学界和媒体的大量关注。很多人都认同这样一种观点：我们所处的世界在任意地发展。不过，混沌理论并不是最终结果。相反，它标志着对不可预测情况的规律性的科学探求正式开始。例如，科学发现，最混沌的系统在演进过程中也不是完全任意的。很多情况下，它们演进到一定程度都会实现一种稳定性。稳定的结果可能不止一个，实现稳定的过程或许完全不可预测，但混沌的背后肯定有规律可循。举一个简单的例子，高速公路上的交通，车流量多的时候，就有可能出现一两种情况：要么大家都快速前行，要么出现拥堵。这两种情形之间的分界线很细，一个微小的改变便可以把整个系统从一种稳定的状态切换到另一种状态，没有什么明显的原因，路面的交通就可能陷入瘫痪。另外，两种状态之间明显的分界线即将形成之前，往往会出现一个过渡的状态，也就是车辆走走停停的过程。“混沌理论”的一个重大贡献就是能识别出情况各异的结束状态（或叫“吸引子”）。对它们之间的分界线的研究能为我们提供线索，使情况能沿着正确的方向发展。比如，高速公路上更好的照明条件能让司机提高驾驶速度，车辆之间保持更安全的距离。这样的话，交通也就不太可能停下来。换句话说，这两种吸引子之间的分界线是可以互换的。这个例子可能不足以让人信服，但类似的情形比比皆是。例如，印度的气候，大致就是两种状态：雨季和旱季。若能更好地掌握两个气候季节之间的转换规律，当地的农业耕作肯定能因此受益。

洛伦兹得出的开创性结果，让很多才华横溢的科学家深受启发，开始孜孜不倦地去探索复杂动态系统中的规律。20世纪80年代末期，丹麦物理学家普·巴克开始研究复杂系统中的突然转化——物理学刚好能为这个领域提供充足的灵感。巴克借用了物理学中的新原理，绝缘体如何突然间变为导体的现象，他还观察了过冷的水如何突然结冰。他随后开始把这些概

念延伸到物理学以外的领域。巴克承认自己脸皮厚，正是这种厚脸皮才使得他能对他人的领域产生浓厚的兴趣。在这个开拓过程中，他发现不是所有的复杂系统都趋向稳定。有些甚至是朝着越来越不稳定的方向演化。地壳运动使得地球内部的不稳定性逐渐增强，达到极限时，积攒的能量将在瞬间一并喷发，也就是地震。雪体也存在类似的过程，当雪块的体积越来越大，达到一定程度时，便会沿着山坡下滑，形成雪崩。其他的例子还包括森林火灾和物种的大量灭绝。

这些灾难性事件往往是重复发生的。一次地震爆发后，地壳内部的张力重新堆积，如此周而复始。只要有张力的存在，地壳就会产生新的不稳定和新的临界状态——也就是巴克所谓的“自组临界性”。肯定还会有下一次地震，只不过是时间和强度的问题。如果张力够大，地壳内部随意一个微小活动就能引发地震。每一次灾难的具体情况可能不同，但导致灾难发生的原因却是相同的。巴克研究过重复性灾难的数据，此前已知的一点是，连续性地震呈现出奇数规律，里氏 8 级的地震非常少见。相比之下，在任何时候，发生里氏 7 级地震的可能性则是里氏 8 级地震的 10 倍。同样，如果有 100 次 6 级震动，就会有 1000 次 5 级震动，以此类推。这个规律适用于长期的历史范围和广阔的地域范围。小震和大震的比例因此也是固定的，也就是数学家常说的“定比定律”或“指数定律”。当地壳中的张力积聚到非常高的程度时，就会发现定比定律。其实本书会让你知道，所有的重大流行疾病、战争，甚至城市的扩张、股票市场崩盘以及饥荒都具有这一特征。每当我们发现一次定比定律时，就预示着我们需要找到打破均衡背后的力量。更好地掌握这些力量可以帮助我们分析爆发周期，并尽力阻止下次灾难的发生。

在人类进入新千年的时候，年轻的科学家艾伯特·拉兹罗·巴拉巴斯 (Albert-László Barabási) 开创了一种独特的研究复杂系统临界性的方法。他出生在罗马尼亚，祖籍匈牙利。当罗马尼亚领袖尼古拉·齐奥塞斯库 (Nicolae Ceaușescu) 正投身自己的权力保卫战时，巴拉巴斯就开始了混沌理论的学习研究。他意识到很多复杂情形都可以用网络来解释。比如，

病毒是通过网络来传播的，又如，一个生态系统的本质就是一个由捕食者和被捕食者组成的网络。这并非什么新主张，但当时的科学家总是习惯用静态网络去描述这类情境。巴拉巴斯的方法新就新在他关注的是这些网络的变化。他发现网络在演化过程中会呈现出某种一般性规律。这是因为很多网络为了实现更高的效率而演化自我重组。能够连接上一个专属连接，这总归是一个优势。这也就是为什么一个网络中本来丰富的节点会变得更加丰富。比如，一个商业网络，在稳定之前会不断演化，直到其关键节点落到几个拥有特权的交易者手里为止。巴拉巴斯还发现财富的分配过程也会不断演化，直到符合比例法则为止。在其他不同类别的网络中，类似这种演化模式居然也很常见。例如，因特网，就是由少数几个多联式中心系统控制的；而活细胞的规律性机制则是由少数蛋白质来维持均衡的。像这种关键联系对于稳定是至关重要的，没有了它们，整个网络便会瓦解。因而，一些关键物种的灭绝会导致特定生态系统的崩溃，而其他物种的数量再多也阻止不了这个过程的发生。这一知识为我们保护大自然和其他以数个关键联系为特点的网络提供了重要的线索。

未来的形式

从复杂动态系统的新科学中出现的新想法并不多。复杂问题的数学运算在过去的十年里进一步精确，一些新方法使我们能够找到其中的规律。值得一提的是美国圣菲研究所促进了这一问题的研究，它组建了一支研究团队，同时研究自然、人工和社会系统中的复杂性问题。复杂性本身已是一门科学，而其方法也被广泛地用于自然科学及其他技术领域的工作中。在设计电力、计算机和电讯网络以及先进航空器的过程中，更是被常规用到的方法。同时，复杂性科学正开始渗入社会科学领域，如金融、经济、医学、流行病学、军事冲突以及城市发展等。

在为写这本书而采访专家的过程中，复杂性科学的方方面面被频繁地

提及。一些关键问题的日益复杂阻碍了科技的进步，因此，在分析我们所面临的挑战时，复杂性科学的方法就必定不可缺少。过去十年里，科学家们出版了很多非常有意思的书，试图把对复杂系统的见解应用到未来社会发展中去。在气候研究领域，从临界点和过渡期两方面来分析未来气候的变化已成为主流科学。托马斯·霍莫·迪克森（Thomas Homer Dixon）写了一篇非常有影响力的文章，其中提到“热力学帝国”，它能使与之休戚相关的社会经济和技术系统瞬间发生转变。一些智囊团和未来学家就是这类分析的行家。

稳定和转变这两大特征集中表现在所有有关复杂性的科学思想中。在评估人类面临的共同挑战时，我们首先要看到的就应该是这一点。转变是可以反复进行的，就如普·巴克的自组织临界系统一样。或者，它们也有可能从一种稳定情境直接跳到另一种，如前文所描述的交通堵塞情形。平静的表面下，可能正悄无声息地进行着一个通往临界变化的过程。再举个例子，工业革命发生后，人们几乎花了一个世纪的时间才意识到燃烧化石燃料正在对我们的气候造成影响。征兆早已在那了，我们因此明白了尽早发现征兆的重要性。对类似这样的情况，我们越早掌握，越深刻地了解，就越能帮助人类阻止灾难的发生，或者，哪怕不能阻止，也可以推迟灾难到来的时间。至少到时我们有时间做些准备，减少巨变给人类带来的痛苦。

模拟复杂性

计算机技术的进步推动了复杂科学的发展。计算机是用于追踪多个同时进行的程序的理想工具，因而可以帮助我们识别复杂性的关键特征。不过，计算机的预测结果也不总是精确的。复杂科学家已经发现了爱德华·洛伦兹预测的局限性。尽管如此，计算机模型可以帮助我们理解由潜在动力、相互作用以及非线性因素共同导致的问题。物理学家已能计算一颗小水晶的集体行为，而且每一个独立的原子都包含其中。他们同时用计算机跟踪

几千个原子的运动，发现原子之间的相互作用是遵循一定规则的。这就使科学家们能够按照时间一步步来计算整个集体的演化结果。所有这些原子组合起来不过是一颗极小的水晶，但这一过程让我们清晰地认识到个体原子的属性是如何影响宏观现象的。类似的计算也可用于免疫细胞、公民和企业之间的相互作用。如果应用于一座城市的话，其原理大致和流行的电脑游戏“模拟城市”相同。不过，这款游戏是相当严肃的。为了发现城市扩张的原动力，运用了多种规则，还把结果与现实世界的情况相比较，从而找出真正重要的动力以及它们之间的相互关系。

随着计算机力量的日益强大，我们可以进行物理学家所称的更为现实的“多主体”或“蒙特卡罗模拟”。尽管仍有很多复杂系统，即使是用最大型的超级计算机似乎也无法模拟，但其实稍微运用一些数学技巧，就能改变这局面。具体来说，就是对系统内部的重要因素进行精确计算，而对相对边缘或变化缓慢的部分则进行粗略处理。那么困难就在于要把不同层次的细节“凝聚”在一起。过去十年里，这种“多尺度”策略在物理学和化学两个领域均得到了很好的应用，把原子这种微型元素和固体、液体及气体的宏观行为联系到了一起。多尺度方法还被越来越多地应用到其他复杂系统。网络系统就尤为适用，比如对远程链接和邻近链接的不同处理方式，就是一种多尺度模型。

面临危机，技术可以发挥什么作用？

本书中，我们指出了很多人类不愿意看到的突发变故，而技术则往往是这些危机的罪魁祸首。温室效应，金融危机的真正全球化，都是使用技术的结果。既然技术是原因之一，那么它也应该是补救措施之一，这就是为什么我们需要把重点放在可用的技术上，以此预防灾难的发生，驾驭转变。技术还可能帮助我们幸免于某些重要的转变。

技术首先可以帮助我们提高测量的准确性。比如，就算我们不能测出