

1

超越极限

如果人们知道如何更有效地利用他们的头脑和机遇的话，未来将不再是曾经被认为的样子，或者可能变成的样子。但是未来仍将变成我们合情合理且现实地想象的样子。

——奥雷利奥·佩切伊

超越意味着本来不想那样做，但在无意中超越了极限。日常生活中充满了或大或小的超越。在冰冻的路上行驶的汽车可能滑过了停车标志。如果你吃得过快或喝得过快，在你身体向你传递信号表明你应该停止吃的时候，你已经吃得太多了。

还有更大一点的例子：一支捕鱼船队的规模可能变得更加庞大和更有效率，以致耗尽了它所

依赖的鱼的数量。开发商可能建造了比人们能够或愿意购买的更多公寓楼。电力设施的发电量可能超过了整个经济系统实际所需要的电力。

超越极限的潜在原因常常是相同的。首先是行为者的动作、行动或变化过于迅速，其次是这些动作、行动或变化存在着一些不应该超过的界限或障碍。第三，由于注意力不集中、数据有误、反馈迟缓、信息不足、反应缓慢或仅仅是冲力等原因造成控制困难。在极滑的路面上，司机可能由于车速太快而来不及操纵刹车；捕鱼队发展其捕鱼能力的速度快于它得到关于鱼群数量的可靠信息的速度；在有太多不确定性的状况下仓促开工建设的工程将花费更多的时间。

本书论述的超越极限着眼于一个更大的规模，即从地球获取资源并向环境排放污染物和废弃物的人类经济系统。许多物质的开采和排放率已经增长到无法承受的地步，环境再也不能维持它们了，人类社会已经超越了它的极限。究其原因，与其他超越一样，变化太快，但征兆却是滞后的、不完全的、歪曲的、被忽视的或是被否定的。变化的外力太大，而反应迟钝。

超越极限发生后可能会出现各种不同的后果。毫无疑问，一种就是出现某种崩溃，另一种是有意识地加以改变，进行一种谨慎的修正。本书阐述在上述两种情况下，人类社会和供养我们的星球会出现的情景。我们相信修正是完全可行的，并且它也会带来一个令人满意的、足够的、合理的和可持续的未来。我们也相信，如果不进行修正，某种崩溃不仅仅是可能的，而且一定会发生，并且它可能在今天活着的许多人的有生之年出现。

以上是我们的观点，那么我们是怎样产生这些想法的呢？

我们利用四种观察工具，即四种不同的看问题的方式来关

注世界，以了解人类社会目前的变化率的长期意义，正像我们用显微镜和望远镜观察不同的东西一样。其中三种方式都是相当普遍而且是容易描述和传授的，即：有关全球体制的标准的科学和经济理论；世界资源与环境的统计资料；整合信息的计算机模型。本书的大部分描述了这些方式，以及如何使用它们和通过它们我们能够了解到什么。

第四种方式可能也是最重要的一种 即我们的“世界观”，或思维方式，或看待问题的基本方法。每个人都有自己的世界观，它常常是一个人看待问题的最重要的决定因素。要描述它几乎是不可能的。我们的世界观是通过以下几个方面形成的：我们在其中成长的西方工业社会、我们的科学和经济学的训练、从那些曾和我们在世界上许多地方一起从事资源管理工作的同事那里接受的大量的教育。但是我们看待问题的方式中最重要的部分是系统的观点，但这也可能是最不被认同的部分。

系统的观点与其他观点相比，并不一定更好，而是有所不同。如同你登上任何山峰的顶点，它能让你看到从其他地方从来看不到的东西，但同时也妨碍了你对其他事物的观察。系统训练已经教会我们将世界看作一种不断显露的、动态的行为方式（如增长、衰退、振荡、超越）的集合。它还教会我们注意内在联系。我们把经济与环境看作一个系统，观察这个系统中会影响系统行为方式的存量、流量、反馈和阈值。

系统的观点决不是观察世界唯一有用的方式，我们也不是仅使用这一方式。但它却是一种独特方式，它能让我们以一种新的方式解决问题和探索不为人知的手段。我们希望能在此与你一起掌握它的主要概念，使你通过这种方式能看到我们所看到的東西，形成你自己对这个世界状况的看法和结论，并对自己的

未来作出选择。

本书的结构遵循我们分析全球系统的逻辑。你不需要高深的数学知识去理解它，也不必是一个计算机专家。我们已经说过，超越来源于快速的变化、变化的极限或障碍，以及对这些极限的信号或反应的不完全性这三者的组合。我们将以这样的顺序来考察全球的状况：首先是全球变化，其次是地球极限，然后是人类社会认识这种极限并对其作出反应的方式。

本书从下一章开始讲述全球系统的迅速变化，主要是全球人口和经济增长方面的变化。增长在两百多年的时间里已经成为社会经济系统的发展主流。例如，图 1-1 表明了世界人口的

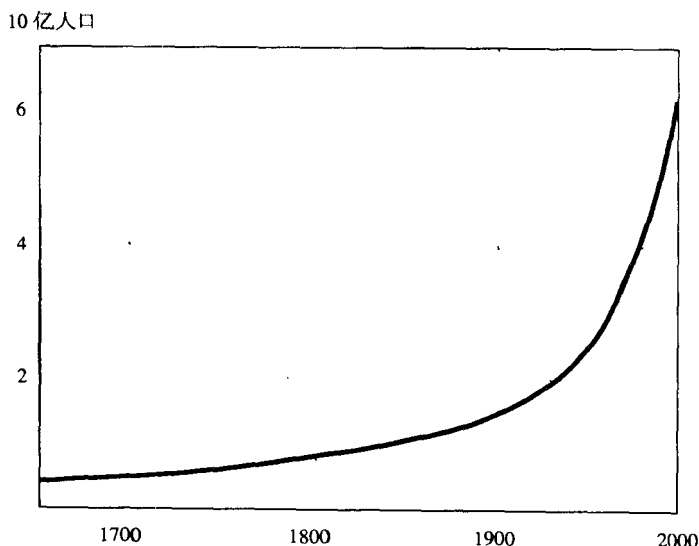


图 1-1 世界人口

从工业革命开始以来，世界人口一直呈指数增长。1991 年时估计世界人口增长率为 1.7% 相当于 40 年增加一倍。（资料来源：联合国；D·J·博格）

指数：1963年=100

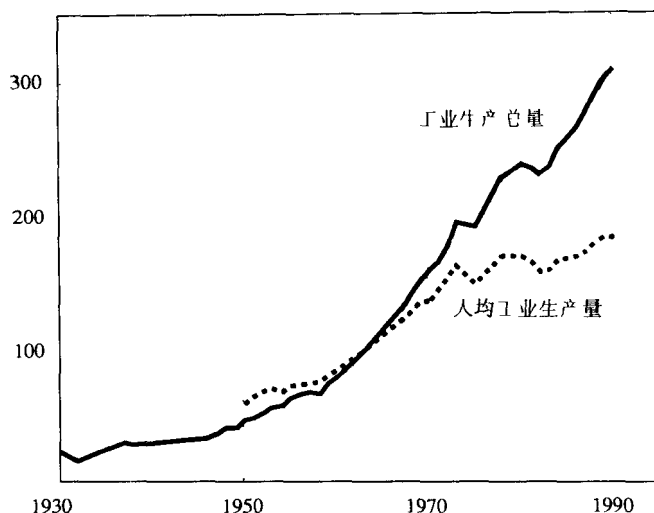


图 1-2 世界工业生产

与 1963 年相比，世界工业生产也表现出了明显的指数增长，尽管由于石油价格的冲击而有所波动。1970 年—1990 年工业总产值增长率为平均每年 3.3% 人均工业产值增长率为每年 1.5%。(资料来源：联合国人口资料局)

增长。尽管近年来在某些国家出生率有所降低，但世界人口仍然有越来越快的增长趋势。如图 1-2 所示，工业生产也在增长，甚至超过了人口的增长，虽然在石油价格大涨时有所下降。而工业生产量的上升稍快于人口的增长，导致人均物质生活水平缓慢而有波折地提升。

图 1-3 表明了许多种类的污染也在增加。大气中二氧化碳的增加，是人类燃烧化石燃料和砍伐森林的结果。

书中的其他图表说明了地球上化肥使用、城市活动、能源消耗、材料使用和人类活动的许多其他物质表现都在增长。不是

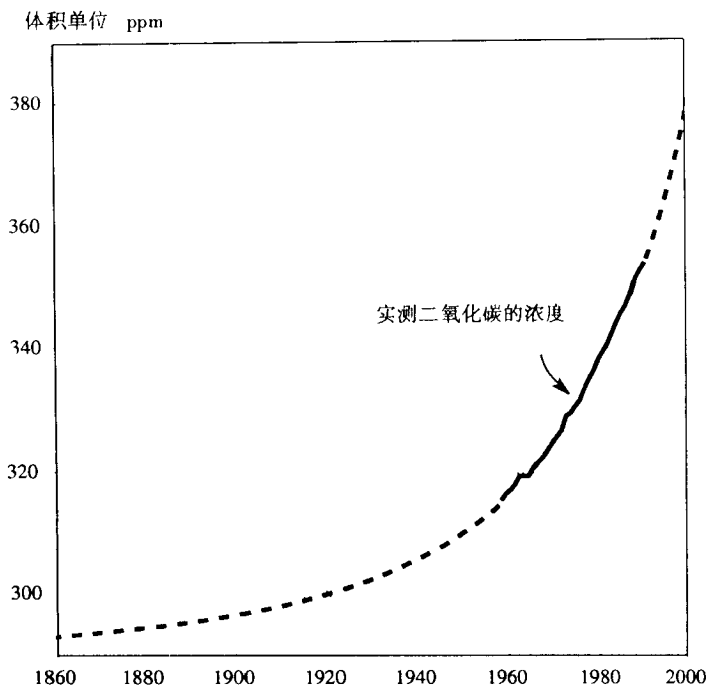


图 1-3 大气中二氧化碳的浓度

大气中二氧化碳的浓度已经从上个世纪的约 290ppm (1ppm = 1/1000000) 上升到了目前的超过 350ppm, 并仍在继续呈指数增长。二氧化碳集结的原因是人类燃烧化石燃料和毁坏森林。结果可能引起全球气候变化。(资料来源: L·马克塔, T·A·博登)

每样东西都以相同的速率增长。例如, 全球的石油消费量增长率已经减缓了, 而天然气消费量的增长率却提高了。表 1-1 表明了过去二十年内某些物资消费量的变化。虽然增长量不同, 但都呈增长趋势。

增长主宰了人类生活, 这已不足为奇了。实际上许多人还把它看作一种值得庆贺的事情。大多数社会, 不论是富裕的, 还

表 1-1 1970—1990 年世界范围内某些人类活动和产品的增长

	1970	1990
人口	36 亿	53 亿
注册的汽车	2.5 亿辆	5.6 亿辆
每年行驶里程（仅经济合作与发展组织国家）		
载人汽车	25840 亿公里	44890 亿公里
卡车	6660 亿公里	15360 亿公里
每年石油消费量	170 亿桶	240 亿桶
每年天然气消费量	31 万亿立方英尺	70 万亿立方英尺
每年煤炭消费量	23 亿吨	52 亿吨
每年发电量	11 亿千瓦	26 亿千瓦
每年核能发电量	79 太拉瓦-小时	1884 太拉瓦-小时
每年软饮料消费量（仅美国）	1.5 亿罐	3.64 亿罐
每年啤酒消费量（仅美国）	1.25 亿罐	1.87 亿罐
每年用于啤酒和软饮料容器的铝（仅美国）	7.27 万吨	125.19 万吨
每年城市垃圾（仅经济合作与发展组织国家）	3.02 亿吨	4.20 亿吨

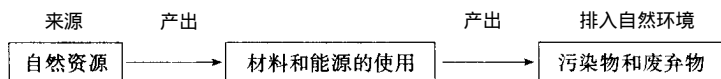
是贫穷的，都在寻找某种扩展方式，以解决它们最迫切和最重要的问题。在富裕社会里，经济增长被认为是解决失业问题、社会问题和实现技术进步的必要条件；在贫穷社会里，经济增长被看作是摆脱贫穷的唯一出路，并且贫穷的家庭认为多子女不仅仅是幸福的源泉，而且是获得经济保障的希望源泉。在找到解决这些问题的其他方法之前，人们将坚持这个观点：增长是实现更美好未来的关键，并且他们将竭尽所能来实现更大的增长。

这些是增长的心理方面和制度方面的原因。还存在结构上的原因，这些原因使得人口和经济联系在一起。在第二章中，我们讨论这些增长的结构原因，它们的含义，为什么增长是世界系统的支配性行为，为什么增长只能低效率地解决问题，以及它期

望解决的问题。

增长能够解决一些问题，但它也会造成一些问题。这是因为极限的存在（见第3章）。

地球是有限的。任何物质的增长，包括人类人口和汽车以及建筑物和烟囱，都不能永远保持增长。但增长的重要极限不是对人口，车，建筑或烟囱的极限，起码不是直接的极限。它们是产出量——保持人类，汽车，建筑和烟囱运作所需能量和物质——的极限。



人类的生存和经济的发展依赖于地球源源不断的各种物质流和能量流，如空气、水、食物、原材料和化石燃料等。同时它们又将废弃物和污染物持续不断地排放给地球。增长的极限是指地球提供这些材料和能源的能力的极限以及吸收这些污染物和废弃物的能力的极限。

第三章我们将通过统计数据，考察地球资源能力和吸收能力的状况，并提出两个论点，从而创立一个经典的坏消息/好消息的结合体。

坏消息是许多至关重要的资源正在减少和退化，而废弃物和污染物正超量地排入环境。那些维持人类经济活动的各种物质流和能量流不能再无限期地、或在较长的时间里维持在现有水平上。好消息是保持全世界人口像样的生活，并不需要现在的生产能力，而且技术还在不断地进步，效率还有可能再提高，这将有助于既保证最终产品和服务的数量不变，又能大大地减少地球的负担。把人类社会从超越生产极限挽回过来，有许

多种选择和方法。

但是，事情并不是这么简单。人们至今还没有作出这些选择，至少还没有足够有力的措施在尽可能短的时间内作出不同的选择。这是因为不存在显而易见或立竿见影的理由促使他们这么做。这就是第四章的主题。在这章，我们将考察警告人类社会超越极限条件的信号和社会对此产生反应的速度。

第四章我们将转向计算机模型 World 3。该章描述这种模型的目的、结构以及行为方式，并展示出当我们使用这种模型来模拟世界体系时会发生的事情，看看在没有结构性变化，没有额外的预测措施，不改进报警信号，以及在问题变得严重之前不加以解决的情况下，模型会怎样演化。模拟的结果不仅是超越，而且是崩溃。

幸运的是，现实世界显然要比第四章中所描述的简化模型好得多。第五章将讲述人类的前瞻能力、判断极限的能力和回复能力。该章将描述世界对于臭氧层恶化的实际反应。由于多种原因，我们认为这个例子非常重要。首先，并且最重要的，是它给予了希望。其次，它阐明了我们对全球系统作出的每个结构论点：快速反应、极限、时滞反应（包括政治系统和自然系统）以及超越。第三，这个例子的结论还不明确，几十年内都将是如此。于是它便成为一个警世故事，说明了在信息不完备、缺乏远见和充满契机的地球的复杂系统中，指导复杂的人类经济是多么微妙的一件事情。

在第六章里，我们将回到 World 3 模型，并开始装入关于人类智力的种种假设。在该章里，我们着重讲一种智力形式，这是一种许多人最相信的智力形式：技术和市场。这两种显著的人类反应能力的重要特征已经被包含在 World 3 模型里，但我们在

第六章里强调了它们。试问：如果世界开始认真分配它的资源于污染控制的技术、水土保持、人类健康、材料回收以及有效的资源再利用，那么将会发生什么结果呢？

我们发现这些措施相当地有帮助，但它们仍然是不够的。技术市场反应本身的时滞和不完善导致了措施的缺乏。它们消耗时间、金钱，自身需要材料和能量流来维持，而且它们会被由增长而诱发的持续增加的变化所制服。我们认为，技术进步和市场灵活性对于使世界具有可持续发展力来说是必要的。但还需要另一些东西。这便是第七章的主题。

在第七章中 我们使用 World 3 模型去观察，在人类用慧心补充他们的智力的情况下，世界会发生的变化。我们假设了两个“足够”的定义，一个与材料的消耗有关 另一个与所期望的家庭规模有关。根据这些变化，联系在第六章中我们所假设的技术变化，模型的世界人口将稳定在 80 亿左右。所有这 80 亿人口都达到大致等于现在欧洲的物质生活水平。如果对于未来市场效率和技术进步的假设是合理的，该模型世界所需要的物质流和能量流就能被这个星球无限地维持着。在这个模拟中，超越被转变成可持续性。

可持续性是一个与通常要求增长的现实世界如此格格不入的概念，所以我们将在第七章中花费一些时间来定义它和勾画出一个可持续性的世界将会像什么以及不像什么。我们不相信一个可持续发展的世界将会让任何人生活在贫困之中。相反，我们认为这样一个世界应该有机会和有必要去给每个人提供比他们现在更高的物质保障。我们并不认为一个可持续的社会就一定会是停滞的、乏味的、固定的和没有适应性的。它也不一定会是死板的、中央集权的、完全统一的和非民主的。相反，可持

续社会意味着，在这个社会中能够拥有改正错误所需的时间和资源，同时它还能在不超越极限的前提下创新和发展。

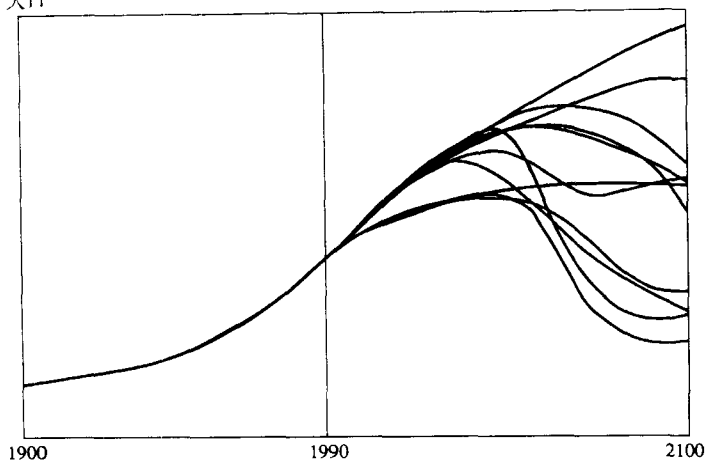
最后一章更多地出自我们的心理模型而不是源于数据或计算机模型。它是我们展望一种可持续状态和想象如何由此及彼的个人尝试。我们知道那是个复杂的任务，事实上，我想那将是如同农业革命和工业革命一样意义深远的一场革命。我们明白找到解决如贫困和就业问题的可持续方案的困难，因为增长一直是世界的唯一希望。但我们也知道增长不是解决那些问题的有效方式，在任何情况下的增长都不是可持续的，并且可以找到其它方法。

我们从全球数据、从计算机、从我们自身的训练和经验所得知的一切已经告诉我们，在过去的 20 年里，通向未来的可能途径已经变窄，因为人类社会的增长已经超越了极限。但仍然有许多选择，而且这些选择是至关重要的。图 1-4 表明了各种可能性的巨大范围。这张图是通过将由各种计算机方案得出的人口曲线和人均物质消费曲线叠加而得到的。本书后面将介绍这些方案。

该图展现了未来发展的各种不同的途径，包括各种崩溃的情况，也包括平稳过渡到多少有些可持续性的状态。但他们不包括持续增长。这些选择使人类活动加之于地球的负担通过人类选择、人类技术和人类组织下降到一个可持续的水平，或者让自然力量通过食物、能源、材料的短缺或环境的恶化促使其降低。

二十年前当我们写《增长的极限》一书时，我们引用了吴丹（当时任联合国秘书长）的话作为开头：

人口



物质生活水平

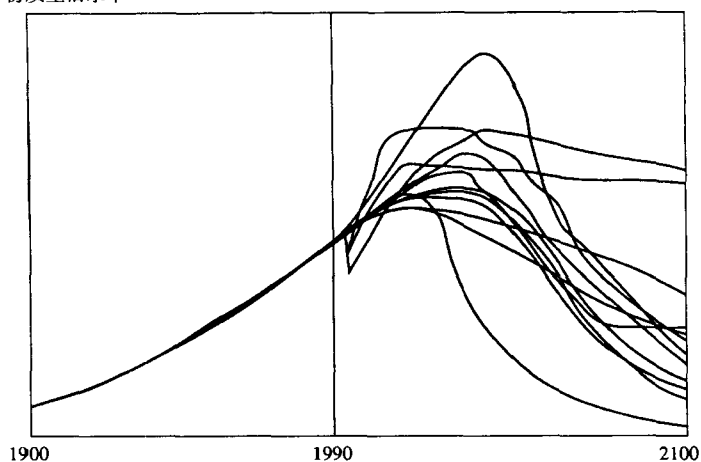


图 1-4 至 2100 年止全球人口与人均消费量各种可供选择的预测

本图将本书所显示的 World 3 所有方案的曲线叠加在一起，以说明人口与人均消费品这两个重要变量可能变动的幅度。一些情景显示出下降的趋势，而另外一些则刻画了一个已经达到了稳定的人口，同时达到了较高的并且是可持续的生活水平的社会。

我不希望看上去过分夸张，但我仅仅从作为联合国秘书长所能获知的信息便能得出结论，那便是联合国的成员国在过去的十年时间里已经搁置历史争议，开始建立全球合作伙伴关系以致力于抑制军备竞赛、改善人类环境、减缓人口增长和对发展努力提供所需的支持。如果这样一种全球伙伴关系在今后十年中得不到稳定发展，那么我便非常担心所提及的问题将达到一种惊人的程度，以致超出我们的控制能力。

当我们准备写这部二十年后的续篇时，我们认为我们也许应当换上与未来更为接近和确切的图像，例如世界环境和发展委员会所说的：

人类有能力使发展成为可持续的——确保它能满足当前的需要而又不损害未来几代人满足他们自身需要的能力。^①

但是让我们再想想，也许吴丹是对的。也许他的预知是正确的，验证他正确的时间已经来到，或许对目前状况的最好的概括便是这两段引文的并列。

根据我们的分析和判断，这两段引文一起抓住了未来可能情况的广大范围和仍须作出选择的重要性。

^① 该委员会也被称为布伦特兰委员会，以其领导人挪威首相布伦特兰命名。世界环境与发展委员会：《我们共同的未来》（牛津大学出版社，1987）。

2

驱动力：指数增长

当我意识到生物多样性的消失、热带雨林的减少、北半球森林的灭绝和气候变化等这些休戚相关的问题呈指数增长时，我对这个不引人注目的指数函数产生了一种恐慌。就在这一年，我真正地意识到了它们的威胁是多么迅速。

——托马斯·E·洛夫乔伊^①

超越极限的首要原因是快速的运动、增长或变化。地球上人口、粮食、工业品、资源的消耗以及污染都在增长，而且增长得越来越快。它们的增长遵循了一种在数学上称为“指数增长”（exponential growth）的规律。

人类的许多活动，不论是化肥的使用还是城市的扩张，都能用指数曲线近似地画出（见图 2-1 和 2-2）。这条曲线可能会由于气候、经济波

动、技术进步或国家分裂的干扰而中断，但从整体上看，指数增长仍是工业革命以来人类活动非常重要的和很受欢迎的方式。

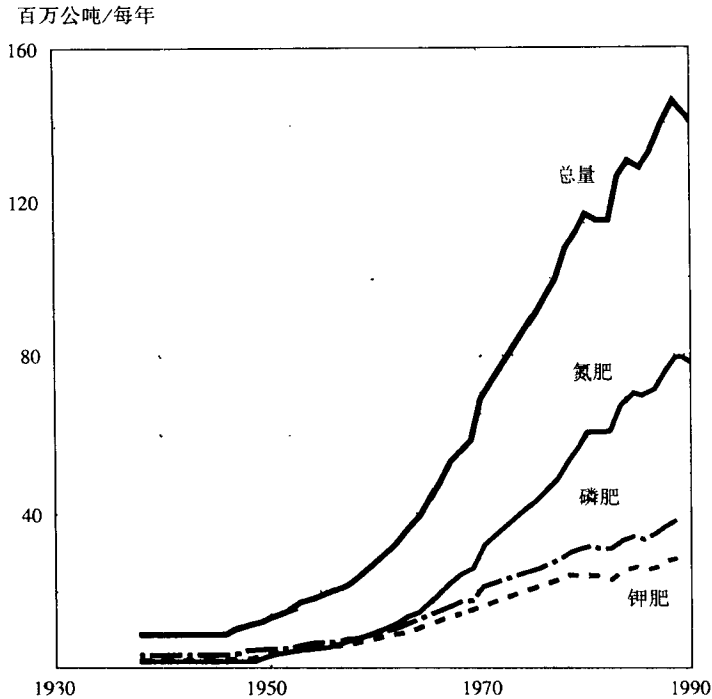


图 2-1 世界化肥消费量

世界化肥消费量在 1970 年以前以大约十年翻一番的速度呈指数增长，在 1970 年以后大约以十五年翻一番的速度呈指数增长。现在的总使用量是二次世界大战结束时的 15 倍多（资料来源：联合国）

托马斯·洛夫乔伊是出席 1988 年 8 月 14 日召开的美洲生物科学学会年会的的全权代表，洛夫乔伊是一位热带生态学家，也是史密森学会的对外事务助理秘书。

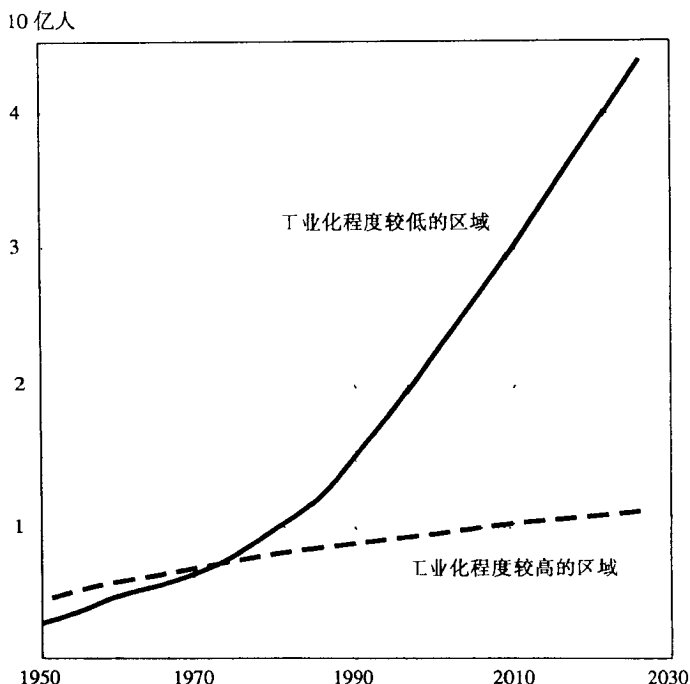


图 2-2 世界城市人口 (单位: 十亿)

世界范围内,工业化程度较低的地区,城市人口将呈指数增长,而工业化程度较高的地区城市人口基本呈线性增长。工业化程度较低的地区城市人口翻一番的平均时间是 20 年,快于全世界总人口的增长。(资料来源:联合国;人口资料局)

指数增长是使人类经济趋向自然极限的驱动力。这既有根深蒂固的文化因素,也是全球系统本身固有的结构造成的。产生这一状况的因果性结构就是 World 3 这一模型的核心。因此,我们需要一开始便理解它的数学含义、它的起因以及随时间展现的方式。

指数增长的数学含义

拿一张纸并将其对折，它的厚度增加了一倍，再对折一次，就变成了它最初厚度的 4 倍。假如你可以这样折叠 40 次，想想看它会变成多厚？不到 1 英尺，还是在 1 英尺到 10 英尺之间，抑或是 10 英尺到 1 英里之间？

事实上你折不了 40 次，但如果能的话，它的厚度将远远超过最初的 40 倍，而高到足以到达月球。

这就是指数增长，即不断地呈翻番增长。几乎没有人不惊讶于这一结论，因为大多数人都有一种线性的思维方式，并认为增长都是线性增长。然而，线性增长和指数增长是截然不同的。当一个数量在一定的时间内，以常量增加，那么该数量就呈线性增长。如一个建筑队每星期修一英里路，则路的延伸就是线性的；一个孩子每年往储蓄罐里放 10 美元，他（她）积蓄的增长也是线性的。在线性增长时，增长的数量在给定的时间里是不变的，它不受已建道路的长度或已放入储蓄罐中的钱的影响。

当一个数量的增长与原值成比例时，便是指数增长。酵母细胞的生长就是指数增长。每隔 10 分钟每个细胞便一分为二，因此，一个细胞在 10 分钟之后便会变成 2 个，再隔 10 分钟就是 4 个，再隔 10 分钟将有 8 个，接着是 16 个，如此下去，发酵的细胞越多，产生的新细胞也越多。

一个孩子以 7% 的年利率投资 100 美元（利息计入本金）投资的钱便会呈指数增长。从长期来看，它的增值要比储蓄罐里的钱的线性增值快得多（见图 2-3）。第一年的利息是 100 美元