

编者按:

地球上的生态系统是一种复杂的生命支持系统,生态系统对人类的贡献,在生态学研究经常用“社会效益和经济效益”来表述,是可以经济价值来估算的。然而,由于其复杂性和不确定性,对这两个效益如何进行估价,一直是困扰生态学家和经济学家的重要问题。

Costanza 等 13 位科学家对于全球生态系统的价值估价作了有益的尝试,对于相关学科的学者将有所启迪,这就是我们选译此论文的初衷。

随着多学科的综合研究的进展,对生态系统的估价将会产生更新的成果,社会期望着生态学家们的贡献。

## 全球生态系统服务与自然资本的价值估算

Robert Costanza

(美国马里兰大学)

Ralph d'Arge

(美国怀俄明大学)

Rudolf de Groot

(荷兰瓦格宁根农业大学)

Stephen Farber

(美国匹次堡大学)

Monica Grasso

(美国马里兰大学)

Bruce Hannon

(美国伊利诺大学)

Karin Limburg

(美国米尔布卢克生态系统研究所)

Shahid Naeem

(美国明尼苏达大学)

Robert V. O'neill

(美国橡树岭国家实验室环境科学部)

Jose Paruelo

(阿根廷布依诺斯艾利斯大学)

Robert G. Raskin

(美国加利福尼亚喷气推进实验室)

Paul Sutton

(美国加州大学)

Marjan van den Belt

(美国生态经济研究和应用公司)

由于生态系统提供的服务并未完全进入商业市场,或者没有把它和经济服务以及制造业资本进行过量化比较,因而在决策过程中往往不考虑它的权重。这种忽略可能最终使人类在生物圈中存在的持续性方面付出代价。离开了生态学意义上的生命支持系统的服务,全球经济的运行将会因“摩擦”而停顿。因而从某种意义上来说,这种服务的总价值对经济来说是无限大的。但是对生态系统服务的“增量”价值或“边际”价值(价值的变化和生态系统服务从其现有水平上的变化的比

率)进行估计是有教益的。在过去几十年中,已对大量各种各样的生态系统服务价值的估计进行了许多研究。我们收集了大量(但是分散)的有关信息,归纳成一种对生态学家、经济学家、政策制定者以及公众有用的形式。我们估算了每种生物群落单位面积提供的生态系统服务价值,然后乘以该生物群落在地球上的总面积,再相加,最后得到地球上所有生态系统服务价值的总和。

尽管已意识到这类估计所固有的许多概念上和经验上的问题,我们仍然认为这种尝试很重要。

其目的在于使生态系统服务的潜在价值范围明朗化,至少给出全球生态系统服务相对量的近似值,为进一步研究建立一个框架,指出这一领域内最迫切需要的补充研究,促进进一步研究和争论。我们碰到的大多数问题和不确定性表明,我们得到的只是一个最小的估计值,它可能由于下述原因而增加:对更广泛的生态系统服务的补充研究和估价,合并考虑生态系统的动态和生态系统间相互关系的更准确表述,未来生态系统服务受到更大的压力而变得“稀少”。

### 1 生态系统功能和生态系统服务

生态系统的功能是指其生境、生物学性质或生态系统过程。生态系统提供的商品(如食物)和服务(如废弃物的同化)代表着人类直接或间接从生态系统得到的利益。为简化起见,我们将把生态系统提供的商品和服务统称为服务。大量的这种

服务是可以识别的。文献 5 提供了描述、测定和估价生态系统服务的详细纲要。为了进行分析,我们把生态系统服务分为 17 大类(表 1),只包括可再生的服务,不包括不可再生的燃料和矿物质以及大气。请注意,生态系统服务和功能并不一定一一对应。在有些情况下,一种生态系统服务是两种或多种生态系统功能所共同产生的;在另一些情况下,一种生态功能可提供两种或多种服务。还需要强调许多生态系统功能的相互依赖性。例如一个生态系统中有些初级产品是食物,而食物消费产生的呼吸产物又为初级生产所必需。尽管这些功能和服务相互依存,在许多情况下它们仍然可以累加,因为它们是支持着人类福利的生态系统生产的“合作产品”。我们尽可能地把“合作产品”和“可累加产品”与可能发生的“重复计算”(代表同一种服务的不同方面)产品区分开来。还需要注意到为生产表 1 中所列的服务

表 1 用于本研究生态系统服务及功能  
Tab. 1 Ecosystem services and functions used in this study

序号	生态系统服务	生态系统功能	举例
1	气体调节	大气化学成份调节	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> 平衡, O <sub>3</sub> 防紫外线, SO <sub>x</sub> 水平
2	气候调节	全球温度、降水及其它由生物媒介的全球及地区性气候调节	温室气体调节, 影响云形成的 DMS 产物
3	干扰调节	生态系统反应对环境波动的容量、衰减和综合	风暴防止、洪水控制、干旱恢复等生境对主要受植被结构控制的环境变化的反应
4	水调节	水文流的调节	为农业(如灌溉)、工业和运输提供用水
5	供水	水的贮存和保持	向集水区、水库和含水岩层供水
6	控制侵蚀和保持沉积物	生态系统内的土壤保持	防止土壤被风、水侵蚀, 把淤泥保存在湖泊和湿地中
7	土壤形成	土壤形成过程	岩石风化和有机质积累
8	养分循环	养分的贮存、内循环和获取	固氮, N、P 和其它元素及养分循环
9	废物处理	易流失养分的再获取, 过多或外来养分、化合物的去除或降解	废物处理, 污染控制, 解除毒性
10	传粉	有花植物配子的运动	提供传粉者以便植物种群繁殖
11	生物控制	生物种群的营养动力学控制	关键捕食者控制猎物种群, 高级捕食者使食草动物减少
12	避难所	为定居和迁徙种群提供生境	育雏地, 迁徙动物栖息地、当地收获物种栖息地或越冬场所
13	食品生产	总初级生产中可用为食物的部分	通过渔、猎、采集和农耕收获的鱼、鸟兽、作物、坚果、水果等
14	原材料	总初级生产中可用为原材料的部分	木材、燃料和饲料产品
15	基因资源	独一无二的生物材料和产品的资源	医药、材料科学产品, 用于农作物抗病和抗植物感染的基因, 家养物种(宠物和植物栽培品种)
16	休闲娱乐	提供休闲游乐活动机会	生态旅游、钓鱼运动及其它户外游乐活动
17	文化	提供非商业性用途的机会	生态系统的美学、艺术、教育、精神及科学价值

注:本表的“服务”包括提供商品。

要求生态系统维持必需的最低“内部结构”水平。有些作者已经强调过生态系统本身的这种“内部结构”的重要性,并把它当做是对生态系统总价值的贡献者。但本文的分析不包括这一成份。

## 2 自然资本和生态系统服务

资本是在一个时间点上存在的物资或信息的存量。每一种资本存量形式或自主地或与其它资本存量的服务一起产生一种服务流,这种服务流可用于转化物质或物质的空间配置以增进人类的福利。人类利用这种服务流时,可能触动或不触动原始资本存量。资本存量采取各种可鉴别的存在形式,最明显的是物理形式包括自然资本如树木、矿物、生态系统、大气等;还有制造业资本如机器和建筑物;人类身体也是一种人力资本。此外,资本存量也可能是无形的,尤其是像贮存在人脑和计算机里以及物种和生态系统中的信息等。

生态系统服务包括来自自然资本的物流、能流和信息流,它们和制造业资本及人力资本结合在一起产生人类的福利。虽然可以想像在人造的“太空殖民地”中没有自然资本和生态系统服务也可以产生人类福利,但这种可能性过于遥远而且不大会引起现在人的多大兴趣。事实上,设想生态系统服务价值的另一个方式是确定在一个通过工艺制造的人造生物圈中复制出这种服务要花多大代价。载人宇宙飞行使命及在美国亚利桑那州生物圈 II 号的经验表明这是一种特别复杂而昂贵的事情。生物圈 I 号(指地球)乃是非常有效又花费最小的人类生命支持系统的提供者。

因此我们可以认为自然资本的总的优越性对人类福利是至关重要的。零自然资本意味着零人类福利,因为总的来说用纯粹的“非自然”资本代替自然资本是不可行的。制造业资本和人力资本都需要靠自然资本来构建。因此问自然资本对人类福利的总价值是无意义的。问自然资本的重大而特定形式的价值也是无意义的,问“大气对人类价值多少”或“作为支持系统的石头和土壤的内部构造价值多少”这类问题是过于浅薄的。它们的总价值是无限的。

但是各类自然资本及生态系统服务数量和质量怎样变化将会影响人类福利这一问题却是有意义的。这种变化既包括大规模的小尺度变化,也

包括小范围内的巨大变化。例如地球大气成份的少量变化可能引起大规模的气候变化,并进而影响地球上人类的生存和福利。小范围内的巨大变化包括像局部地区森林组成的巨大变化这样的例子。这些变化可能导致陆地和水生生态系统的巨大改变,并对当地人类活动的利益和代价造成影响。一般而言,特定形式的自然资本和生态系统服务的变化将使为维持人类福利所需的代价或得到的益处发生改变。

## 3 生态系统服务的估价

估价问题和我们必需做出的有关生态系统的选择和决策密不可分。有些人认为对生态系统进行估价是不可能的或是不明智的,认为我们不可能对像人类生命、环境的美学价值或长期生态利益这类不可捉摸的事物进行估价。但事实上我们每天都在进行这种估价。当我们确定高速公路、桥梁等的建筑标准时,我们就考虑了人的生命的价值(不管承认与否),因为在建筑上多花钱可拯救人的生命。另一种常见的争论是我们应该纯粹为了道德和美学的目的而保护生态系统,不必要为此目的而对生态系统进行估价。但是同样令人信服的道德理由却可能和为道德理由而保护生态系统的见解直接冲突。例如按道德标准,不应该使任何一个人挨饿。道德方面的争论把生态系统的估价和决策问题引向了一套不同的维度和不同的语言表达方式。按我们的观点,这只能使估价和选择变得更困难,更模糊。但道德和经济两方面并不互相排斥,两种讨论能够也应该同时进行。因而,尽管生态系统估价肯定既困难又充满不确定性,但我们面临的选择是做还是不做。作为一个社会,我们对生态系统做出的任何决定事实上都意味着对它进行了估价(虽然这种估价未必以货币的形式出现)。我们可以选择使这种估价尽量清楚明确或不明确;但是我们一旦被迫来进行这些选择时,我们也就进入了估价过程。

对自然资本提供的“边际”(at the margin)服务进行估价包括估计这些服务的相当小的变化造成的人类福利的差别。生态系统服务的质和量的变化当它要麽改变与人类活动有关的利益,要麽改变这些活动的代价的情况下是具有价值的。这些利益或代价的变化通过已确定的市场或非市场

活动而影响人类的福利。例如珊瑚礁为鱼提供栖息地,它们价值的表现之一就是增加鱼的存量或使存量集中。珊瑚礁质量或数量的变化产生的效应可以在商业鱼市或游乐钓鱼业上觉察出来。但珊瑚礁价值的其它方面,例如作为游乐潜泳场地或保护生物多样性,却完全无法表现在市场上。森林向发育良好的市场提供木材;森林生境的非市场性游乐活动的价值也可以被感知。生态系统服务对人类福利的影响链可以从特别简单到非常复杂。森林不但提供木材,还保持水土,创造特殊的微气候,所有这些价值都以复杂的形式贡献给人类福利并且都无法通过市场来体现。

#### 4 估价方法

已经采用了各种各样的方法来估计生态系统服务价值的市场成份和非市场成份。本文综合了用各种不同估计方法得出的研究结果,同时注意到了各种方法后面的假设条件和局限性。在我们的综合中使用的许多估计技术都直接或间接地基于试图对生态系统服务的个人“偿付意愿”(Willingness to pay)的估计。例如,如果生态服务向森林的木材生产力提供 50 美元的增值(increment),就意味着这种服务的受益人应自愿为这种服务支付 50 美元。除木材生产外,如果森林还提供非市场性的美学价值、存在价值和保护价值共 70 美元,就意味着接受这种非市场性利益的人应自愿为此付出 70 美元。这样,生态服务的总价值为 120 美元,但是其中计入货币经济,即实际通过市场表现出来的价值只有 50 美元。本文尝试估计生态服务的总价值而不管它是否表现在市场上。

图 1 是上述这些概念的图解。图 1a 表现的是一种典型的的商品或服务在传统意义上的供应(= 边际成本 marginal cost)和需求(= 边际利润 marginal benefit)曲线。市场价格  $p$  乘上数量  $q$ (即面积  $pbqc$ ) 即为计入国民生产总值(GNP)的价值。但是图上还有其它三个有关的面积。供应曲线下的面积  $cbq$  为生产成本。市场价格和供应曲线之间的面积  $pbc$  是某种资源的“生产者盈余(producer surplus)或纯租金(net rent)。市场价格和需求曲线之间的面积  $abp$  则是“消费者盈余(consumer surplus)或消费者得到的在市场上偿付的价格以上的福利的总量。资源的总经济价值是生产者盈

余和消费者盈余之和,即面积  $abc$ 。注意,图中资源的总经济价值可能大于也可能小于在 GNP 计算中采用的价格和数量的乘积。

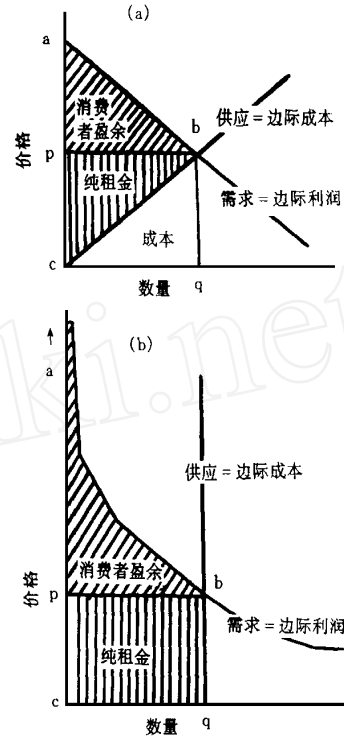


图 1 供应和需求曲线 (表明对通常商品(a)及某些生态系统服务(b)而言,成本、纯租金和消费者盈余的定义。进一步的解释见正文)

Fig. 1 Supply and demand curves, showing the definitions of cost, net rent and consumer surplus for normal goods (a) and some essential ecosystem services (b). See text for further explanation

图 1a 指的是一种人造的,可以替代的商品。许多种生态系统服务却是不可替代的,它们的曲线更像图 1b。当某种服务的供应量趋近于零(或某一必需的最低限度)时,需求接近无限大,消费者的盈余(consumer surplus)(以及服务的总经济价值)也趋于无限大。生态系统服务的需求曲线的估计在实践中如果可能,也是非常困难的。此外,在生态系统服务不可能由于经济系统方面的行动而增加或减少的情况下,其供应曲线如图 1b 所示那样

接近于垂直。本文估计了每一类型生态系统单位面积的服务价值。为估计这种“单价”,我们依次采用了下述方法:消费者和生产者的盈余(surplus)之和,纯租金(net rent)(或生产者的盈余)或价格乘以数量来代表这项生态系统服务,假定生态系统服务的需求曲线更像图 1b 而不是图 1a,因而面积 abqc 是面积 abc 的一个保守估计。最后把“单价”乘上每一生态系统的总面积求得全球总值。

### 5 生态系统价值、市场和国民生产总值(GNP)

我们已经指出,许多类型的自然资本和生态系统服务可能不容易通过功能良好的市场追寻出来,或根本不出现在市场上。例如森林美学价值的加强可能改变在现场的游乐花销,但此消费变化和森林的美学价值的加强并无必然联系。游乐者们可能把这种美学改善估价 100 美元,但只从其它游乐场地转移过来 20 美元。湿地质量的提高可能改善废弃物的处理,从而节省潜在的处理费用。例如用湿地进行三级处理可能比其它处理方法节省 100 美元,而现行处理方法只花 30 美元,也即处理费用的节省并未体现在任何市场上。在许多情况下,在服务价值和观察到的现有花费行为之间很少有甚麽联系。

在自然资本服务流的估价和经济中的合计花销或 GNP 之间也没有必然的联系。甚至当全部的资本服务流对功能良好的市场有影响时也是如此。生态系统服务对人类福利的贡献的很大一部分只具有纯粹公益的性质。它们根本不通过货币经济而直接增加人类的福利。在许多情况下甚至人们根本意识不到它们的存在。这样的例子包括洁净空气和水,土壤形成,气候调节,废物处理,美学价值以及身体健康等等。

### 6 地球土地利用和土地覆盖

为了估计生态系统服务的总价值,我们需要估计地球上生态系统本身的总面积。我们设计了一个含有 16 个大类的分类系统(表 2)来代表目前全球的土地利用状况。首先是分为海洋系统和陆地系统。海洋进一步分为远洋(open sea)和海

岸。海岸又分为港湾(estuaries)、海草/海藻床(seagrass/algae beds)、珊瑚礁和大陆架系统。陆地系统下分两种森林(热带林和温带/北方林)、草原(grass land)/牧场(rangeland)、湿地、湖泊/河流、荒漠、苔原、冰/岩石、耕地和城市。原始数据来自文献 17,归纳于文献 4,并补充了其它来源的数据。我们还使用了文献 23 的数据来核对对陆地生态系统的估计,使用文献 24 和 25 数据来核对对海洋生态系统的估计。文献 17 中的 32 种土地覆盖类型重新分级制成表 2 和图 2。其中的草原包括北美夏旱磨和草原、北美干草原和欧亚北部的大草原,把各种类型的热带森林和林地统称为“热带林”。

### 7 综合

我们在加州大学新的生态分析和综合国家中心召开的一次为期一周的会议上对现有文献进行了一次认真而彻底的考查,并进行了一些计算。在本文的附录(未发表,下同,译者注)中列出了每一种生态系统服务和生物群落的初步计算结果。附录中包括可从已有文献(包括 100 余项研究)得到的全部估价、估计方法、地区及估计的价值。我们把每项估价都根据美国的消费物价指数和其他换算因子换算为每公顷每年按 1994 年价格计算的美元价值。这些结果都列在附录中。对有些估计我们还把服务价值估计值按照资料来源国与美国平均每人国民生产总值购买力(purchasing power GNP per capita)的比值换算为美元标准。这是为了调整收入效应。我们尽可能依据文献中的最高值和最低值列出估计值的范围和平均值,并附上对计算方法及有关假设条件的评语。在附录中还包括一些文献中主要使用能量分析技术得出的“生态系统总价值”。这一数值并不包括在我们给出的总值或平均值中,只是为了和其它方法进行比较。有趣的是不同方法所得到的最终结果相当接近。

每一生物群落和每一生态系统服务都有其特殊的考虑,在附录中,在表下的备注中都给出了详细的说明。对某些生态系统及其服务和总价值问题的更详细的说明见文献 5。下面我们简单介绍一下经过讨论的一些基本考虑。

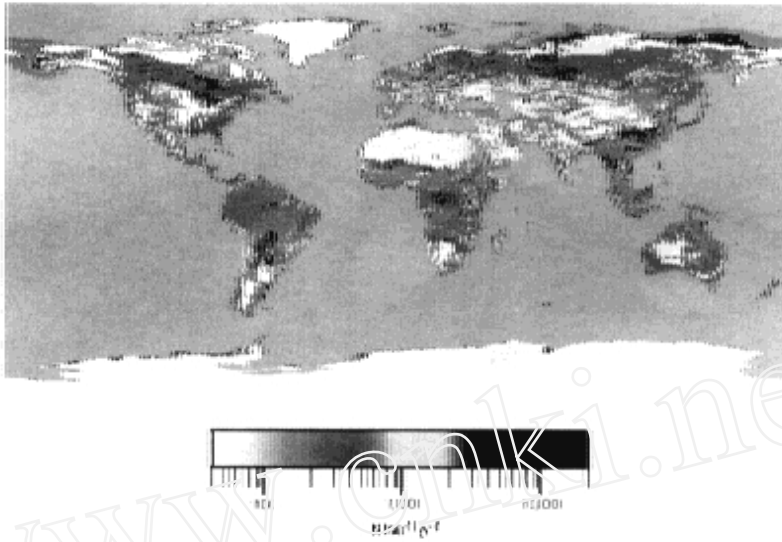


图 2 全球生态系统服务价值分级地图(详细解释见附录和表 2)

Fig. 2 Global map of the value of ecosystem services. See supplementary information and Tab. 2 for details

## 8 误差来源、局限性和解释性说明

我们对生态系统服务当前经济价值的估计有一定局限性,其原因如下:虽然我们力求全面,但还是漏掉了许多服务项目。对许多生态系统来说,都尚未对这些服务进行充分研究。例如对荒漠、苔原、冰/岩石和耕地就未进行估价。因而当可得到更多信息时,生态系统服务的总价值的估计还会提高。由于许多原因如未考虑生态系统服务、家务劳动及非常规经济的作用,而使作为计算基础的当前物价被扭曲。在许多情况下,价值是根据当前人们对生态服务的偿付意愿作出的。但这些人得到的信息未必准确,他们的偏爱未必符合社会公正、生态的可持续性及其它重要目的。换句话说,如果我们实际生活在一个生态可持续、社会公正和每个人都能很好地理解他们和生态系统服务的关系的世界里,则人们偿付意愿的市场价格和调查结果二者都会和现在不同,生态系统服务的价值大概要增加。我们在计算时,通常假定需求和供应曲线像图 1a,而实际

上许多生态系统服务的供应曲线更近似于一个无弹性的垂直线,而需求曲线更像图 1b,当供应数量趋于零时,它趋于无限大。因而消费者盈余和生产者盈余以及生态系统服务的总价值也趋于无限大。本计算方法假定在生态系统响应函数中没有明确的阈值,具有不连续性和不可逆性。实际情况肯定并非如此。因此做出的总估计值肯定偏低。从点上的估计推算全球总价值会引入误差。我们一般是先估计单位面积生态系统服务的价值(单位为  $\$ \text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ),然后乘上该生物群落在地球上的总面积。这只能看做是一种粗略的近似。这里可能产生的错误取决于生态系统服务的类型及其空间分布的异质性。为避免重复计算,本应采用一个总的平衡框架以直接合并生态系统功能和生态系统服务的相互依存而避免采用本文所采用的部分平衡框架(参看⑫)。单个生态系统功能的价值应在可持续基础上来估计,既考虑到单个功能(如食品生产和废弃物再循环)的承载力,也要考虑多功能同时利用的联合效应。生态系统理应无限制地同时提供表 1 所列的全部

功能。实际上肯定并非如此,因为在当前的生态系统服务价格下面它们在过度利用。上面已经指出本文并未包括生态系统“内部结构”的价值。这也导致总价值被低估。国家之间的比较受收入差别的影响。在有些情况下我们力求通过国家平均每人的 GNP 购买力和美国的比值的换算来减小这种误差,但这只是个很粗略的更正方法。<sup>⑪</sup>一般而言,我们使用年流动值(annual flow values),因而避免了许多未来的流动值折扣以得到现有资本存量净值有关的许多困难。但是有些文献提供的却是存量价值,因而要按一定的折扣率(我们采用 5%)以把它们换算为年流动值。<sup>⑫</sup>我们的估计等于是用一个静态的快照(snap shot)来代表一个复杂的动态系统。我们假定了一种静态的和“部分平衡”的模型,其含意是每一种服务相互独立,然后累加在一起。这样做忽略了各种服务之间的复杂的相互依存性。当系统移动通过非线性的临界点或阈值时,估计值也会发生巨大变化。虽然建立“总平衡”模型即同时描述全部生态系统服务的价值及同时派生的所有其它价值的模型以及建立一个可包含非线性及阈值的动态模型是可能的,但还很少有人在全球规模上讨论过这种模型。这种模型代表着导出生态服务价值更好估计的下一个逻辑步骤。

我们已经在附录中指出了上述这些不确定性的来源及估计值的范围。尽管有上述种种限制,把现有的估价研究结果予以综合,那怕是很粗略的,初步的数量级估计也是有价值的。由于上述种种限制,我们认为我们的估计值只是生态系统服务的最低值。

## 9 生态系统服务的全球价值

表 2 是我们综合结果的一个摘要。它列出了对每种生物群落估计的现存面积,17 种生态服务的每公顷平均价值以及每种生物群落每种类型服务的全球价值。

我们估计目前地球上的生态系统每年提供的服务的总价值至少是 33 万亿美元,其中的主要部分目前并未进入市场。例如气体调节 1.3 万亿,干扰调节 1.8 万亿,废弃物处理 2.3 万亿,养分循环 17 万亿美元。总价值的大约 63% (20.9 万亿)来自海洋,其中大多来自海岸系统(10.6 万亿);

另外 38%来自陆地生态系统,主要来自森林(4.7 万亿)和湿地(4.9 万亿)。

我们对附录中的每个条目都尽可能给出估计值的范围。表 2 只列出了平均值。如果我们使用附录中的最低值,则全球总值约为 19 万亿美元。如果从全球总值 33 万亿中减去养分循环价值 17 万亿,还剩 16 万亿美元。如果所有估计值都采用最高值,并把荒漠、苔原和冰/岩石都按草原平均价值计算,则总值将达 54 万亿美元。也即全球生态系统每年提供服务的总价值在 16~54 万亿美元之间。这并不是一个太大的范围,但是上面列举的那些不确定性更加重要。然而需要强调指出,尽管有这么多种不确定性,由于上面列举的那些原因,这个估计值几乎肯定是一个低估的数值。

此前很少有人进行过这类工作,因而我们的结果很难和别人比较。但是我们还是发现了两项研究。它们根据的是完全不同的方法和假设条件。我们把它们进行了相互对比,并和我们自己的结果进行了比较。

其中较早的一个是基于全球静态总平衡输入输出模型,生态过程、经济过程和商品都包括在内。

这一模型把地球分为 9 个商品或产品组和 9 种过程。其中两个(城市和农业)是“经济”的,另外 7 个是“生态”的,包括陆地和海洋系统。数据来自 1970 年左右。虽然这是一种很粗略的分解,数据也只有中等质量,但这一模型产生了一套“阴影价格”和“阴影价值”来代表过程之间的所有流动以及从系统中的纯输出,可用以估计生态系统服务的总价值。输入-输出格式在把总流(gross flow)和纯流(net flow)分开以及避免重复计算方面远优于我们采用的部分平衡格式。其结果得到地球上 7 种生态系统过程的纯输出量总值为 9.4 万亿美元(按 1972 年价格计算)。换算为 1994 年价格为 34 万亿美元,和我们的结果出奇地近似。这一数值可细分为陆地生态系统过程 11.9 万亿(35%),海洋过程 22.1 万亿(65%),也和我们的估计非常接近。按 1994 年价格计算,1970 年全世界的 GNP 是 14.3 万亿美元,表明生态系统服务总值与 GNP 的比值为 2.4:1,我们得出的比值是 1.8:1。

另一项较近期的研究把生态系统服务和劳力

资本及制造资本一起当作全球生产功能的一项输入,估计了生态系统服务的“最大可持续盈余”(maximum sustainable surplus)。估计的数值范围为每年 3.4 到 17.6 万亿美元,取决于不同的假设条件。这种方法假设生态系统服务的总价值受它对市场价值的直接或间接影响的限制,因而不可能高于世界总的 GNP(大约 18 万亿美元)。但是,正像我们指出的那样,生态系统服务只有一部分影响到现有市场上交易的民营商品,而且应该包含在象 GNP 这样的测度里。这只相当于我们估计的服务的一个子集(subset)。所以我们认为这一估计低估了生态系统服务的总价值。

但是上述两项研究都证明我们的估计至少是在同一范围内的近似。我们已经指出我们的研究和前两项研究都有许多局限。三者都仅仅是生物圈这一复杂而且动态的系统的瞬间静态快照。下一步工作显然应包括构建把生态与经济系统联系在一起的地区模型和全球模型,以便更好地理解其中物理/生物过程的复杂动态以及这些过程对人类福利的价值。但是我们不必等到这些模型建立就可以得到下述结论。

## 10 讨论

我们的研究清楚地指明了生态系统服务是地球贡献于人类福利的一个重要部分。我们必须开始在决策过程中对这些服务的自然资本存量予以足够的权重,否则人类目前及未来的福利将会受到严重的伤害。我们估计的这些服务每年的总价值为 16~54 万亿美元,平均为 33 万亿美元。而真正的价值甚至按当前的边际值计算也几乎肯定比这大得多。33 万亿是目前全球 GNP 的 1.8 倍。看待这种比较的一种方式:如果你试图按照目前的状况来代替生态系统服务,你就必须使全球 GNP 至少增加 33 万亿,其中一部分服务已经计入现有 GNP,一部分尚未计入 GNP。而且这一不可能完成的任务实际上并不增加人类的福

利,因为它只代替现有的服务而且忽视了许多生态系统服务根本无法代替这一事实。

如果生态系统服务真的按照它们对全球经济的贡献得到偿付,则全球的价格系统将和目前完全不同。那些直接或间接使用了生态系统服务的商品的价值将比现在高得多。因子支付结构(the structure of factor payments)包括工资、利率和利润也将有巨大变化。世界 GNP 如果把生态系统服务价值也足够地计算在内,则其总量及组成也将非常不同。我们作出的估价的实际用途之一是帮助修改国家会计系统以更好地反映生态系统服务和自然资本的价值。这方面的初步尝试勾画出的目前经济福利水平的图景和传统的 GNP 完全不同,表明自 1970 年以来当 GNP 继续增加时,人类福利的差别趋向于缩小(levelling)。第二个重要的用途是对项目规划的评定。任何一个特定规划得到的利益必须和规划必然造成的生态服务的损失进行比较权衡。由于生态系统服务大多未进入市场,且具有不确定性,因而经常被忽略或低估,从而导致一个建筑项目的错误造成的社会代价远大于从中得到的益处。

当自然资本和生态系统服务在将来受到更大的压力,变得更稀有时,它们的价值只会进一步增加。而如果那些不可代替的生态系统服务的不可逆阈值被超过时,它们的价值可能迅速跃升到无限大。考虑到涉及的巨大的不确定性,我们可能永远也无法对生态系统服务作出精确的估价。但是我们作出的粗略的初步估计是一个有用的起点(我们再次强调这只是一个起点)。它表明需要更多的研究,还指出了最需要进行补充研究的领域。它还强调了生态系统服务的相对重要性和继续浪费它们会造成的潜在危险。

(原文参考文献 33 篇略)

(陶大立译自《Nature》1997, 386(6630): 253-260)。

Reprinted by permission from Nature Vol. 386: 253-260(1997) Copyright (1998) Macmillan Magazine Ltd  
(收稿:1999年1月12日)