

第三部分

生态经济学与环境核算

本章焦点问题

- ▲自然资源是一种资本形式吗？
- ▲如何核算和保护资源和环境系统？
- ▲是什么限制了经济系统的规模？
- ▲怎样才能维持长期的经济福利和生态系统健康？

第七章 生态经济学：基本概念

自然资本

可以从不同的视角来看待经济和环境问题的关系。在第 3-6 章中，我们把标准经济分析的概念应用到环境问题。不过，生态经济学采用了不同的方法。生态经济学重新定义了基本的经济概念使他们更好地应用于环境问题。其中一个基础概念就是**自然资本**（natural capital）。

生产过程的大多数经济模型关注两个生产要素：资本和劳动。第三个要素，通常归为“土地”，虽然被承认，但一般认为在经济模型中没有重要作用。十九世纪古典经济学家，特别是《政治经济学和赋税原理》（1817）的作者

大卫·李嘉图，曾经关注土地及其生产力，视其为经济生产的基础性决定要素。然而，现代经济学假定技术进步将克服对土地生产能力的任何限制。

生态经济学引入并扩展了土地的古典概念，重新命名为自然资本。自然资本被定义为可为我们所利用的天赋土地和自然资源，包括空气、水、肥沃的土地、森林、渔场、矿产资源，以及使经济活动和生命本身成为可能的生态生命支持系统。¹

以生态经济学的视野，自然资本作为生产的基础，至少与人造资本一样重要。进而，应该仔细核算自然资本的状况、改善或退化，并反映在国民收入核算中。

自然资本变化的核算

把自然资源定义为资本提出了重要的经济含义。谨慎的经济管理的中心原则是保存资本价值。随时间增加生产性资本一般来说是合意的，经济学家称之为净投资 (net investment) 的一个过程。生产资本随时间下降 (净减少资本投资 disinvestment) 的国家是一个经济衰退的国家。

J.希克斯，诺贝尔经济学奖获得者以及《价值与资本》(1939) 的作者，曾经把收入定义为个人或国家一定时期所能消费的物品和服务的总量，并且至少在期末保持与期初一样的福利。换句话说，你不能通过减少你的资本的方式来增加你的收入。

来看在实践中这意味着什么。想象你收到 100 万美元的遗产 (我们中很少有人这样幸运，但我们可以做梦)。假设这 100 万美元投资于债券带来 5% 的实际收益。²你将得到 5 万美元的年收入。然而，如果你决定每年从这笔遗产中花 10 万美元，你将除了花掉 5 万美元的收入，还要花掉 5 万美元的资本。这意味着在将来的年度，收入将减少，最终资本也会完全吃光。显然，这不

¹ 生态经济学的发展及其与经济理论的关系的详细说明，见 Costanza et al., 1997; 和 Krishnan et als., 1995。

² 实际收益是超过通货膨胀的收益。

同于只靠收入生活的审慎策略，审慎策略将会让你（和你的子孙）无限期地每年有 5 万美元收益。

总体上这一原则在人造资本的范围被接受。国民收入核算包括核算人造资本随时间的磨损。每年都要估计资本折旧并从国民总产出中扣除以获得净国民产出。为了保持国民财富，至少要求足够的投资替代每年被磨损的资本。我们可以通过区分总投资和净投资来认识这一点。净投资是总投资减去折旧，净投资可以为零，当重置投资不够时也可以小于零。负的净投资意味着国民财富的下降。

但对**自然资本折旧**（natural capital depreciation），没有提供相似的核算。如果一个国家采伐其森林获取木材用于国内消费或出口，进入国民收入账户的只有正的收入，等于木材价值。没有核算不论是作为经济资源还是生态价值的活立木森林损失。从生态经济学的观点，这是一个严重的忽视，必须给予改正。生态经济学家提出了修正国民收入核算制度，以包括自然资本折旧（在第 8 章将仔细考虑这些建议）。

自然资本的动态

自然资本的概念进而意味着纯经济分析不能完全反映自然资源存量和流量。如在第 6 章所看到的，经济学家一直在尽力设计反映自然资源和环境因素的货币表达方式，以适合标准的经济分析。但这只反映了自然资本的一个方面。

支配自然资本要素像能源、水、化学要素、以及生命形式的基本规律是化学、物理学、生物学、生态学所描述的物理规律。不特别地考察这些规律，我们就不能够完整地了解自然资本。

例如，在农业系统，土壤肥力由化学营养、微生物、水和植物与动物废弃物循环的相互作用所决定。假如以粮食产量测量土壤肥力对短期的经济计

算可能是有效的，但在长期，由于微妙的生态过程发生作用，这可能会误入歧途。

在分析自然资本的持续问题时，有必要将经济分析的洞解和生态学原理联系起来。这并不是与 3-6 章的经济学方法不相关，而是必须结合关于自然系统的生态观点来避免错误的结论。

生态经济学家提倡的自然资本核算和保护方法包括：

■对自然资本的**物质核算** (physical accounting)。除了熟悉的国民收入核算，**卫星账户** (satellite accounts) 的设计可以表示自然资源的丰度和稀缺性，并估计自然资源的年度变化。这些账户也可以表示污染物质的增加、水质、土壤肥力变化以及环境条件的其它重要物质指标。**显示重要资源损耗或环境退化的账户需要衡量保护和恢复自然资本。**

■**可持续产量** (sustainable yield) 水平的决定。就像我们在第 4 章看到的，自然资源的开发常常超过生态的可持续水平。自然系统为人类利用的收获量的生态分析有助于确定可持续产出水平，即系统无限期持续运转的产出水平。如果经济的均衡产出超过可持续产出，资源就会受到威胁，就需要特殊的保护政策。许多渔场和森林都发生了这样的情况，这是第 14 和 15 章讨论的话题。

■**环境吸附能力** (absorptive capacity of environment) 的确定。人类产生的废弃物，包括家庭的、农业的和工业的废弃物。随着时间的推移，自然过程可以把许多废弃物分解并吸收到环境中而不产生危害。其它废弃物或污染物，像氯化杀虫剂、氟利昂和放射性废弃物，很难或不可能被环境所吸收。科学分析可以对可接受的废弃物排放提供基本的估计。这并不必然与第 3 章讨论的“最优污染水平”概念一致。

所有这些措施都指向**自然能力可持续性** (natural capacity sustainability) 的总原则。根据这一原则，国家的主要目标在于通过限制损耗或退化和投资自然资本的更新 (例如，通过土壤保护或造林项目) 来保护自然资本。把这

一总原则转化为具体政策规则的过程困难而有争议，并且使经济和生态分析之间的差别成为焦点。在第 8 和第 9 章将更详细地讨论其中的一些问题。

宏观经济规模问题

标准宏观经济理论认为对经济规模不存在局限。凯恩斯主义、经典经济理论和其它经济理论讨论宏观经济的总消费、储蓄、投资、政府支出、税收和货币供给的均衡条件。但随着经济增长，均衡水平可以无限上升，国家的国内生产总值（GDP）可以随时间十倍或百倍地增加。

例如，以百分之五的增长率，在 14 年内，GDP 就能翻一番，在一个世纪内超过原来的 100 倍。即使以百分之二的增长率，GDP 在 35 年内翻一番，一个世纪内增加到原来的 7 倍。从经济均衡的数学计算角度看，这样的增长态势没有问题。但是，生态经济学家，特别是 Robert Goodland 和 Herman Daly 认为，资源和环境因素对经济活动的适合水平有实际的限制，经济理论必须包含**最优宏观经济规模**（macroeconomic scale）的概念。³

这一概念对依赖于有限资源基础的个别经济和全球经济都是适当的。其对于全球经济具有特别重要的意义，因为国家经济通过国际贸易可以克服资源的限制。这种情况可以图 7-1 作为说明。尽管起初是用图显示经济和生态系统之间的关系（见图 1-2），图 7-1 也显示了在起支撑作用的生态系统中，经济增长到明显损害环境的程度。

在图 7-1 中，我们看到经济系统（以四边形所示）使用能源和资源作为投入，释放废弃能源和其它废弃物到生态系统中（以圆所示）。投入流和废弃物流一起可被称为**吞吐能力**（throughput）。⁴这里所示的经济系统是一个**开放系统**（open system），与其所处于其中的全球生态系统交换能源和资源。全球生态系统有太阳能流入和废热流出，但在其他方面是一个**封闭系统**（closed

³ 见 Daly, 1994, 和 Goodland et al., 1992。

⁴ 见 Daly, 1994。

system)。随着开放的经济亚系统在封闭的地球生态系统中的成长 (由图 7-1 中扩大的四边形表示。) , 其资源需求和废弃物流更难于适应。规模固定的全球生态系统形成了经济系统增长规模的限制。

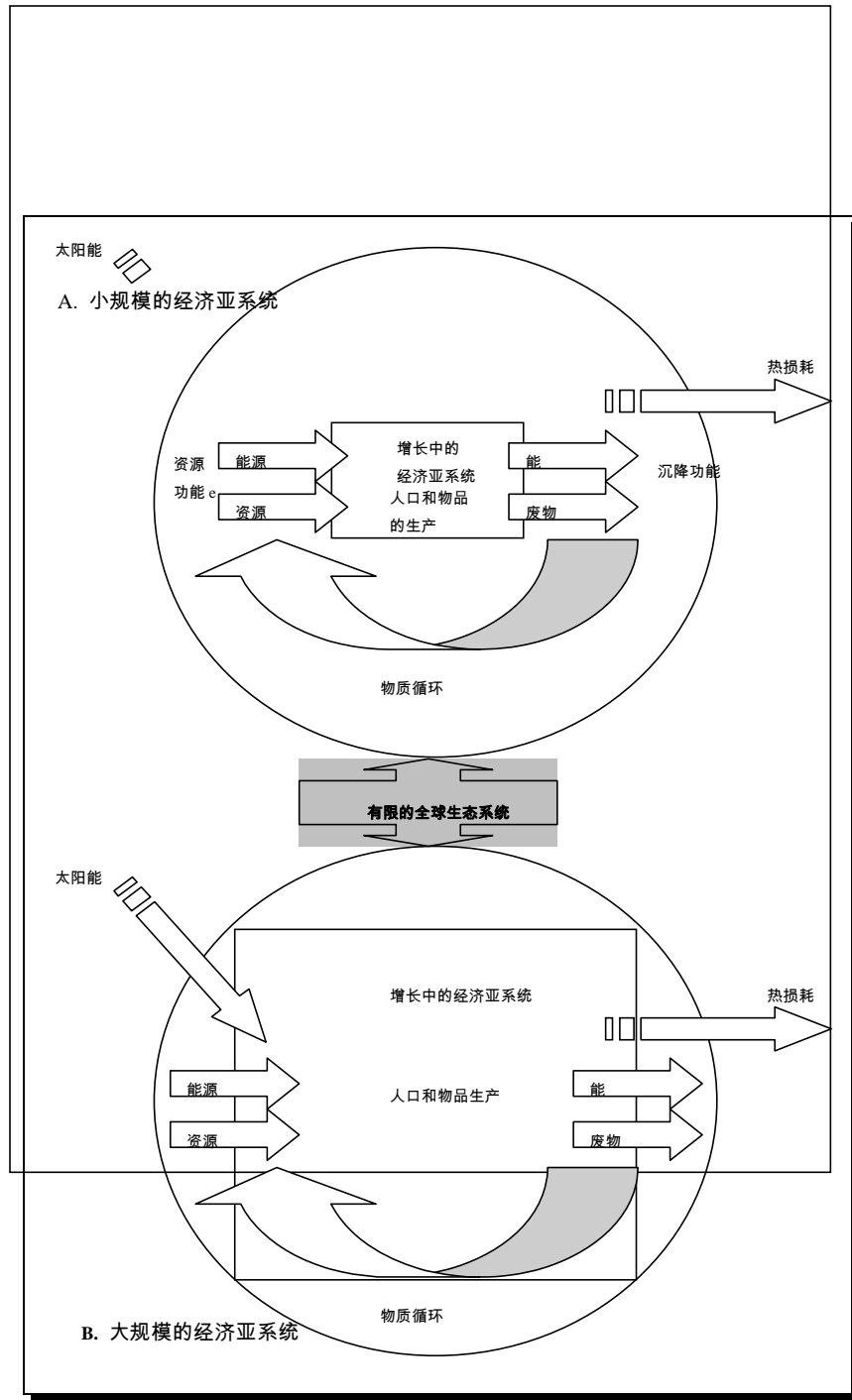


图 7-1 与增长中的经济亚系统相关的全球生态系统

资料来源：Robert Goodland, Herman Daly, 和 Salah EI Serafy, 编，人口、技术和生活方式：转向可持续发展。联合国教科文组织 (UNESCO) , 1992. 蒙联合国教科文组织特许改编。

应当注意，这个图形是指经济系统增长的物理限制，以能源和资源需求和废弃物流衡量。没有更多资源需求的 GDP 的增长是可能的，特别是增长集中于服务部门时。例如，扩大汽车生产需要更多的钢材、玻璃、橡胶和其它材料投入，以及需要汽油开动车辆。而提供更多的歌剧和儿童护理，很少需要物理资源。能源和物理资源的使用可能会变得更有效率，因此，单位产出需要较少的资源吞吐量。然而，一般来说，GDP 的增长与更高的能源和资源吞吐量相联系。

经济活动无疑面临一定的规模限制。我们如何能确定经济系统是否事实上在限制生态系统的极限？一个简单的办法是通过观察大量增加的大规模或全球环境问题，如全球气候变化、臭氧层破坏、海洋污染、土壤侵蚀和物种消失，这些普遍的问题意味着，在 20 世纪后期到达了重要的环境极限。⁵

测量经济和生态系统之间的关系

生态经济学家也建议了一种特殊的测量方法，该方法在理论上把生态系统和经济系统联系起来。两类系统都有使用能源以支持和扩展生命功能的作用。因此，在某种程度上，我们可以把能源看作所有经济活动的基础：人的劳动、资本投资和自然资源开发都需要能源。

生命系统通过植物的光合作用获得太阳能。随着人类经济系统的增长，我们直接或间接地需要使用更大比例的净光合初级产品（net primary product of photosynthesis NPP）以支持经济活动。这种光合能源发生在农业、林业、渔业和燃料使用中。此外，人类活动把自然的或农业用的土地转化为城市和工业用、交通运输和住房建设。目前，人类占用了大致 40% 的陆地光合能力和大致 25% 的全球（包括海洋生态系统）总光合能力。⁶

⁵ 见，如 Goodland et al., 1992, 第 1 和 2 章；Meadows, 1992. 近期生态系统压力的评估，见联合国环境规划署（UNEP），2002，和世界资源研究所，2000。

⁶ Vitousek et al., 1986。

净光合初级产品 (NPP) 的数值意味着经济活动的翻番就将使我们面临绝对的限制。如我们在第 2 章所见到的，这样的翻番实际上是很确定的，除非人口增长或经济增长出现戏剧性的变化。因此，我们必须严肃看待规模限制问题。在第 10-17 章，我们将观察这一问题在农业、能源利用和其它资源中的特殊含义，而对经济理论的一般意义已经显现。

Herman Daly 曾经说，20 世纪经济的快速增长已经把我们从一个空的世界经济学 (empty-world economics) 带入一个满的世界经济学 (full-world economics)。⁷在“空的世界”阶段，相对于生态系统经济系统较小，资源和环境限制不是很重要，主要的经济活动是开发自然资源以建设人造资本和扩大消费。在这个阶段，经济活动只是面临有限的人造资本的**约束**。

然而，在“满的世界”阶段，当人类经济系统惊人的扩张对生态系统极限产生压力时，自然资本的保护就变得极为重要。如果我们不实施适当的措施保护资源和这个“满的世界”的环境，不论人造资本的存量变得多大，环境退化将使经济活动失去基础。

这样的视野明显不同于标准经济学理论，标准经济学一般假设资源间存在**替代性** (substitutability)。例如，工业生产的肥料可以补偿肥沃土壤的损失。生态观告诉我们，替代性没有这样容易 - 经济活动的自然基础是不可取代的，不像人造的工厂或机器。如果是这样的话，我们需要修改标准经济增长理论，以考虑长期可持续性问题。⁸

长期可持续性

我们已经提到自然资本的可持续性，但怎么更精确地定义这个术语？我们要限制自然资本的损失和退化，并投资于其保护和更新。按严格的意义，这

⁷ Daly, 1992。

⁸ 可持续性的生态经济学评论可见于 Wackernagel 和 Long, 1999. 经济增长含义的讨论见 Harris 和 Goodwin, 2003。

将意味着既不能使用任何有损耗的资源，也不能实施任何可能实际改变自然系统的经济活动。在一个超过 60 亿人口、大量已经工业化或正在快速工业化的世界，很清楚这是不可能的。另一方面，无限制的资源利用和总是增加废弃物也是不可取的。我们怎么样才能找到平衡？

我们已经考察了标准经济学回答这些问题的原理。在第 3-5 章所总结的外部性、资源随时间的配置，以及共有产权资源的管理，这些理论提供了关于在什么时候使用和什么时候保护资源，以及“最优”污染水平。然而，在长期的全球背景下，这些理论是不够的。他们取向个体市场，不能保证宏观经济水平下的环境可持续性。我们需要保护整个国家和全球资源基础的指导方针。在这些指导原则下，市场对具体资源和环境管理问题的解决方案将变得有用。

可以区别**强可持续性**和**弱可持续性** (strong sustainability and weak sustainability) 的概念。(此处的“强”和“弱”表示我们的假设是如何需要，不是指哪一个必定比另外一个好或差)。强可持续性假定在自然和人造资本之间有限的可替代性。弱可持续性假定自然和人造资本一般可替代。⁹

采用强可持续性的方法，应该分开核算人造和自然资本，保证不耗损整个自然资本存量。例如，在某一地区采伐森林，只有相似的森林在另外某个地区得到扩大，才能在整体上森林的储量保持不变。这是可以接受的。只有在可以替换的等量能源同时开发出来，汽油存量才能被损耗。实施强可持续性将要求政府对市场进行强有力的干预，并彻底改变经济活动的性质。

弱可持续性相对而言比较容易实现。这一原则允许自然和人造资本之间的替代，假定总的资本价值不减少。例如允许采伐森林以扩大农业或工业。然而，该原则要求适当核算已被采伐森林的价值。除非新产生的人造资本价

⁹ 强和弱的可持续性原理的讨论可见 Daly, 1994。可持续性的概念受到 Beckerman(1994)的批评,受到 Daly 和 EI Serafy(1996)的辩护。Goody 和 O'Hara(1997)讨论了弱可持续性概念的应用,而 Common(1996)认为区别强和弱可持续性没有意义。Neumayer(2003)给出了弱和强可持续性范式争论的一个广泛的回顾。

值等于或超过森林采伐的经济或生态价值，不然森林采伐活动将导致经济损失。

这一原则比较接近标准经济理论。私人所有者大概将做这样的计算，并且不会愿意以高价值资源交换回低价值资源。然而，即使维持弱可持续性，政府的干预也是需要的：

- 私人所有者不能考虑到自然资本全部的生态价值（例如，林产品公司考虑木材价值，但不在于濒危物种）。

- 自然资源的产权没有很好地界定，在发展中国家常常是这样。短期的特许持有者或非法使用可能快速掠夺自然资源的基础。

- 短视的私有产权所有者不能考虑到如土壤侵蚀带来的长期影响。

- 涉及共有产权资源和公共产品。

- 在物种消失或干旱地区水供给有限的情况下，真正不能替代的资源正是问题的焦点。

政策选择与贴现未来

在强和弱可持续性之间选择是困难的。例如，在森林管理中，强可持续性可能约束过于严格，在所有情况下，要求一个国家维持同样面积的森林覆盖。然而，弱可持续性没有对森林的数量给予固定的限制，可以采伐森林，只是要求对其价值进行彻底的经济核算。虽然必须确定中间区域，这种情况不可能仅仅通过市场过程而发生作用。它必定是一个有意识的社会选择。

定义这一中间区域的一个至关重要的因素是贴现未来的问题。关于资源利用，我们讨论资源的动态配置（第5章）和成本-收益分析（第6章）时就强调了市场选择中贴现率的重要性。一般来说，贴现率越高，现在开发资源的激励就越大。按照霍特林规则，私人所有者必定要预期资源的净价格至少以与利率相等的速度上升，才会为将来保存资源。对大多数可损耗的自然资源来说，这种情况很少发生。

考察 5% 的贴现率，所有者必定预期资源的净价格每 14 年翻一倍，才会去试图保存资源，而不是立即开发资源并以 5%（收益率）继续投资。对于像森林这样的可更新资源，年产量至少必须等于市场利率，私人所有者才会实施可持续管理（见第 15 章该问题的完整讨论）。而在较低的产量，经济激励偏向采伐森林以立即获得货币收入。结果，这意味着像对可损耗资源一样对待可更新资源，尽快地将其“开发”出来。

贴现的逻辑对自然资源系统施加了严格的考验。除非达到一定的产量水平，不然，立即的开发将优先于可持续管理。如果主要的生态系统和重要的自然资源不能通过这一考验，导致尽快开发资源的结果将使较少的资源提供给未来。

这里，强可持续性原则变得关系重大：我们能相信一个具有较多人造资本但严重损耗了资源基础的世界能够满足将来的需要吗？或我们应该实施更强的资源保护原则以确保我们自己和后代人的利益吗？

这不是一个关于长期未来的哲学争论。像石油等重要资源可能在 30-40 年内大部分被耗尽；热带森林可能在同样的时间最终消失；在一代人的时间内，土壤侵蚀可能破坏上亿英亩农田的土壤肥力。使用严格的商业贴现原则，所有这些破坏都可能被看作是“最优”。

Norgaard 和 Howarth 曾经反对使用市场为基础的贴现率指导长期资源利益决策。¹⁰他们推荐使用促进跨代公平（intergeneration equity）的可持续标准。按此观点，按现在简单地使用利润最大化标准来确定长期投资和保护问题是错误的。对将来的资源保护，需要社会判断。

复杂性、不可逆性与谨慎原则

可持续性标准的另外一个正当理由涉及到生态复杂性（ecological complexity）和不可逆性（irreversibility）。目前的生态系统已经进化了很多

¹⁰ Norgaard 和 Howarth, 1991; Norgaard, 1993。也可见 Page, 1997, 和 Padilla, 2002。

世纪，达到了数千种植物和动物之间相互作用的平衡（物种的总数还不清楚，但以百万计），以及在大气、海洋、淡水和陆地生态系统中巧妙平衡的物理和化学关系。

大面积的开发自然资源，永久地改变这些生态平衡，带来不能完全预测的影响。在某些情况下，打破这些生态平衡可能导致灾难 - 沙漠化、海洋食物系统的崩溃、臭氧层的破坏、地下水污染、能抵抗杀虫剂的超级害虫爆发，等等。物种消失是一个明显不可逆危害的例子，给将来造成未知的经济和生态成本。

生态经济学家因此认为**谨慎原则**（precautionary principle）- 我们应当最小化地干扰自然系统的运作，特别是我们不能预测长期后果时。这一原则公然反对资源价值和使用中经济计算的明确定义。因此，这样的计算只有将其置于广阔的生态背景中才有意义，其优先性有时应该超过市场均衡的逻辑。¹¹

在第 10-18 章探索资源和环境主题时，在头脑中要记住第 3-6 章中总结的标准经济学和本章前部分提出的生态经济学一般原理之间的差异。此外，在说明具体主题之前，需要考察生态经济学家提出的一些新的分析方法。

一个重要的问题是在测量总产出或 GDP 中增加对环境方面的测量 - 或者用包含更多人类福利或生态系统健康的测量指标代替 GDP。在第 8 章，我们将讨论该主题。另外一种方法是模拟经济和环境系统之间的相互作用的关系，重点是能源、资源和废弃物。这些新的经济/生态模型方法是第 9 章的主题。

总结

生态经济学特别强调自然资本这一概念。虽然大多数标准经济学关注人造资本的积累和生产力，生态经济学把焦点集中于支撑生命和经济活动的维持自然资本系统。自然资本包括所有自然资源、海洋、大气和生态系统。为了使

¹¹ Raffenesperger 和 Tickner(1999)，以及 Tickner 和 Geiser(2004)讨论了谨慎原则的应用。

自然资本功能不会随着时间而退化，必须对其进行核算并按可持续原理来管理。

以这样的视野，经济系统就不能没有限制地增长，而必须达到一个可持续的经济活动规模，这个规模不会对地球生态系统产生不适当的压力。大量证据表明，目前的经济活动超过了这些限制，或过度利用。衡量的方法之一是适于人类利用的光合能源，现在大约利用了 40% 的陆地光合能源。人类需求的进一步增长留给地球其它生命系统很小的空间。

可持续性的概念，尽管对维护自然资本重要，但难以定义。“弱”可持续性的定义依赖于人造物品对自然生态系统功能的替代。因此自然资本有可能在没有减少净财富的情况被用光。“强”可持续性的定义假定人类替代自然生态系统功能的能力有限，可持续的社会必须维持大多数自然系统没有明显的损耗或退化。

长期可持续性涉及贴现将来的问题，以及供养后代的责任问题。经济激励产权制度影响资源使用的决策，同样公共政策影响资源的管理。在不可逆影响可能导致对复杂生态系统造成危害的情况下，谨慎原则是适合的。为后代人保护资源，除了经济计算外还需要社会判断。

生态原则和标准经济学原则两者对资源管理都是重要的。有的时候，这些原则是矛盾冲突的，但重要的是如何把二者最好地利用到具体的资源和环境问题，以及经济产出、人类福利和生态系统健康的衡量。

关键词和概念

环境的吸收能力 (absorptive capacity of the environment)

资本折旧 (capital depreciation)

封闭系统 (closed system)

生态复杂性 (ecological complexity)

空的世界和满的世界的经济学 (empty-world and full-world economics)

代际公平 (intergenerational equity)
不可逆性 (irreversibility)
宏观经济规模 (macroeconomic scale)
自然资本 (natural capital)
自然资本折旧 (natural capital depreciation)
自然资本的可持续性 (natural capital sustainability)
净投资 (net investment)
光合作用的净初级产品 (net primary product of photosynthesis (NPP))
开放系统 (open system)
物质账户 (physical accounting)
预防性原则 (precautionary principle)
卫星账户 (satellite accounts)
强可持续性和弱可持续性 (strong and weak sustainability)
替代性 (substitutability)
可持续收益 (sustainable yield)
吞吐量 (throughput)

讨论

- 1、在哪些方面自然资本与人造资本相似？在哪些方面彼此不同？通常说的“资本回报”就是资本投资所产生的收入流。我们能说自然资本回报吗？哪些可能是自然资本投资的例子？谁被激励去进行这类投资？因为缺少这类投资或者因为资源耗竭或者环境退化而导致“投资减缩”，谁会遭受损失？
- 2、如何应用经济最优规模？美国、欧洲和日本的经济已经达到最优规模了吗？超过了吗？拉丁美洲的经济又是怎样呢？非洲呢？其他亚洲国家的经济呢？你如何把在全球水平下的最优规模的概念与不同发展水平的国家的经济增长相联系？
- 3、区分强可持续观念与弱可持续观念的区别，举出它们实际运用的例子，不要列举正文引用的例子。在哪些地方哪个观念最合适？什么样的经济政策措施与获得可持续性相关联？

参考文献

Beckerman, Wilfred. "Sustainable Development: Is it a Useful Concept?" *Environmental Values* 3 (1994):191-209

Common, Mick. "Beckerman and His Critics on Strong and Weak Sustainability: Confusing Concepts and Conditions." *Environmental Values* 5 (1996): 83-88.

Costanza, Robert, ed. *Ecological Economics*. New York: Columbia University Press. 1991.

Costanza, Robert, John Cumberland, Herman Daly, Robert Goodland, and Richard Norgaard eds. *An Introduction to Ecological Economics*. Boca Raton, Florida: St. Lucie Press. 1997.

Daly, Herman E. *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press, 1994. Chapter 3 in Costanza, 1991.

Daly, Herman E. "From Empty-world Economics to Full-world Economics: Recognizing an historical Turning Point in Economic Development." Chapter 2 in Goodland, Daly, and El Serafy, 1992.

Daly, Herman E. "On Wilfred Beckerman's Critique of Sustainable Development." *Environmental Values* 4 (1995):49-95.

Daly, Herman E. "The Steady-State Economy: Toward a Political Economy of Biophysical Equilibrium and Moral Growth," Chapter 19 in Herman E. Daly and Kenneth N. Townsend eds., *Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1993.

Daly, Herman E. "Operationalizing Sustainable Development by Investing in Natural Capital," in *Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability*, edited by AnnMari Jansson et al. Washington, D.C.: Island Press, 1994.

Daly, Herman E. and John B. Cobb, 1994. *For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future* (2nd ed.) Boston: Beacon Press, 1994.

El Serafy, Sarah. "In Defense of Weak Sustainability: A Response to Beckerman." *Environmental Values* 5 (1996):75-81.

Goodland, Robert, Herman Daly, and Salah El-Serafy, eds. *Population, Technology, and Lifestyle: The Transition to Sustainability*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 1992.

Gowdy, John and Sabine O'Hara. "Weak Sustainability and Viable Technologies." *Ecological Economics* 22 (1997): 239-247

Harris, Jonathan M. and Neva R. Goodwin, "Reconciling Growth and Environment," in Jonathan M. Harris and Neva R. Goodwin, eds., *New Thinking in Macroeconomics*. Cheltenham, U.K.: Edward Elgar Publishing, 2003.

Harris, Jonathan M., Timothy A. Wise, Kevin P. Gallagher, and Neva R. Goodwin, eds. *A Survey of Sustainable Development: Social and Economic Dimensions*. Washington, D.C.: Island Press, 2001.

Hicks, Sir John R., 1939. *Value and Capital*. Oxford: Oxford University Press.

Howarth, Richard B., and Richard B. Norgaard. "Intergenerational Transfers and the Social Discount Rate." *Environmental and Resource Economics* 3 (August 1993): 337-358

Krishnan, Rajaram, Jonathan M. Harris and Neva R. Goodwin eds., *A Survey of Ecological Economics*. Washington, D.C.: Island Press, 1995.

Meadows, Donella et al. *Beyond The Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future*. Vermont: Chelsea Green Publishing Co., 1992.

Neumayer, Eric. *Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*. Cheltenham, U.K.: Edward Elgar Publishing, 2003.

Norgaard, Richard B. and Richard B. Howarth. "Sustainability and Discounting the Future," in Costanza, 1991.

Padilla, Emilio. "Intergenerational Equity and Sustainability." *Ecological Economics* 41 (April 2002): 69-83.

Page, Talbot. "On the Problem of Achieving Efficiency and Equity, Intergenerationally." *Land Economics* 73, (November 1997): 580-596. Also summarized in Harris et al., op. cit.

Raffensperger, Carolyn, and Joel Tickner. *Protecting Public Health and the Environment: Implementing the Precautionary Principle*. Washington, D.C.: Island Press, 1999.

Ricardo, David. *On the Principles of Political Economy and Taxation in The Works and Correspondence of David Ricardo*, edited by Piero Sraffa. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1951.

Tickner, Joel A. and Ken Geiser. "The Precautionary Principle Stimulus for Solutions- and Alternatives-based Environmental Policy." *Environmental Impact Assessment Review* 24 (2004): 801-824.

Vitousek, P.M., P.R. Ehrlich, A.H. Ehrlich, and P.A. Matson, 1986. "Human Appropriation of the Products of Photosynthesis". *BioScience* 36 (6): 368-73.

Wackernagel, Mathis and Alex Long, eds. "Ecological Economics Forum." *Ecological Economics* 29 (1999): 13-60

World Resources Institute, United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, and World Bank. *World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of Life*. Washington D.C.: World Resources Institute, 2000.

United Nations Environment Programme. *Global Environmental Outlook 3: Past, Present, and Future Perspectives*. London, U.K.: Earthscan Publications, 2002.

网站

1. <http://www.ecoeco.org>-国际生态经济学学会网站，这是一个非盈利组织，“致力于为自然与人类的共同利益推进生态、社会化经济系统之间关系的理解。”该网站包括生态经济学的研究和教育机会的连接。
2. <http://www.uvm.edu/giee/>- 佛蒙特大学冈德生态经济研究所网站，该研究所“超越传统学科的界限，以广阔而综合的方式强调生态和经济系统之间复制的相互联系”。冈德生态经济研究所主持生态价值项目，该项目“提出相互作用的决策支持系统，报告在地理背景下生态系统物品和服务的经济价值。”
3. <http://www.biotech-info.net>- 科学与环境健康网络 (SEHN) 提供的信息，该网把预防性原则与生物技术和食品工程联系起来宣传预防性原则。网站包括预防性原则的定义应用的文章。