

基于生态经济理论的水资源可持续利用问题探讨

陈康宁, 董增川

(河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要: 简要叙述了生态经济理论的发展历史和基本观点, 并将其基本观点应用于水资源可持续利用问题的研究, 分别就水资源开发利用的阈值、熵定律的约束、生态系统的相互依赖性问题进行了探讨, 认为生态经济理论在水资源可持续利用研究方面具有重要的应用价值。

关键词: 生态经济学; 新古典经济学; 水资源可持续利用

中图分类号: TV21, G353.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6791(2007)06-0923-07

近年来, 生态经济理论及其应用研究成为众多学者关注的热点。生态经济理论认为: 人类经济系统可看做生态系统的子系统; 可持续经济增长范式将受到资源有限性、热力学第二定律、生态系统的相互依赖性这三个相互关联的生物和物理条件的限制; 规模、分配、配置属于不同的政策目标, 需要采取不同的政策手段实现。本文试图应用生态经济理论的基本观点, 对水资源可持续利用研究中的水资源开发利用阈值、热力学第二定律的约束、生态系统的相互依赖性问题进行探讨。

1 生态经济理论的演变

1.1 背景

20 世纪以来, 由于人类生境的不断恶化, 一些有影响的讨论人与自然关系的著作开始问世。例如: Carson^[1]在《Silent spring》一书中对于农药滥用危害生态环境的描述, 在当时被认为是惊世骇俗的; 1972 年, 美国麻省理工学院 Meadows 等^[2]在其一份题为《The limits to growth》的报告中明确指出, 如果世界按照目前的增长趋势保持不变, 人口和工业产量将在下 100 年内突然减少而无法控制; 世界环境与发展委员会(WCED)^[3]于 1987 年发表的报告《Our common future》以可持续发展为基本纲领, 从保护资源环境、满足当代与后代的需要出发, 提出了一系列政策目标和行动建议。

1.2 萌芽

生态经济理论的来源最早可以追溯到 Malthus 等^[4-7]古典政治经济学家的理论。Malthus 的生存工资理论和 Ricardo 的级差地租定律认为, 增长的人口对有限的质量不一的土地的竞争哄抬了优质土地的租金并使工资处于维持生活水平, 而 Mill^[6,7]提出了“静态”的思想, 类似于今天的“可持续发展”, 他认为“资本和人口的静止状态并不意味着人类改进的静态”, “当心灵不再全神贯注于生存的技巧时……就可能更多地去改进生活的技艺”。总的来说, 古典政治经济学家在他们的时代还没有像现在这样把生态看作限制因素的意识, 尽管这类因素在他们的理论中并不是完全缺失的。

20 世纪 20 年代, Soddy^[8]发现热力学定律对于经济学具有非常重要的意义, 这个论题在 50 年后被 Georgescu-Roegen 更加深入具体地发展了。Georgescu-Roegen^[9]指出: “传统的经济理论将经济系统看做孤立的封闭系统, 维护和补充, 能在内部完成, 不需要依赖周围环境, 这就好似生物学课本打算只从循环系统的角度来研究

收稿日期: 2007-05-10; 修订日期: 2007-07-20

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)资助项目(2006CB403402)

作者简介: 陈康宁(1981-), 男, 江苏南京人, 博士研究生, 主要从事水资源规划与管理研究。

E-mail: mcfchen@163.com

动物，而根本不考虑它的消化器官。”Georgescu-Roegen认为，在传统经济学理论中，交换的循环流动是与性质无关和可逆的，而实际上物质/能量的流动即熵的流动比价值交换的循环流动更基本，熵流是定性的和不可逆的，熵是有用资源和无用的废物之间的定性差异的衡量指标。

1.3 生态经济理论的奠定

20世纪60年代，Boulding^[10]提出了“生态经济学”的概念。Costanza等于1989年创立了国际生态经济学协会(ISEE)，并定期出版名为《Ecological economics》的杂志，旨在弘扬生态经济理论与方法研究。另一位生态经济学家Daly^[11~13]指出，人类社会的规模已经从过去的“空的世界”走向一个“满的世界”(图1)，工业革命以来那种依靠化石燃料作为驱动力的经济增长方式将越来越受到资源有限性、热力学定律和生态的相互依赖性这三个相互关联的生物和物理条件的限制，人类最终将认识到经济活动是怎样与自然界——一个有限的、非增长的、物质上封闭的生态系统相关的。基于这样的认识，Daly^[13]针对经济发展的范式、人口、全球化、伦理和宗教等问题提出了革命性的建议。Brown^[14]指出，工业化进程将导致耕地流失，而人口和水资源的限制最终将使中国的农业无法满足自身需求。虽然这样的观点在今天看起来是危言耸听的，但是生态经济学家对于人类前途的忧虑是值得深思的。Brown^[15,16]提出了一种考虑生态环境的新的经济发展范式，这向人们描述了一幅生态经济的蓝图。

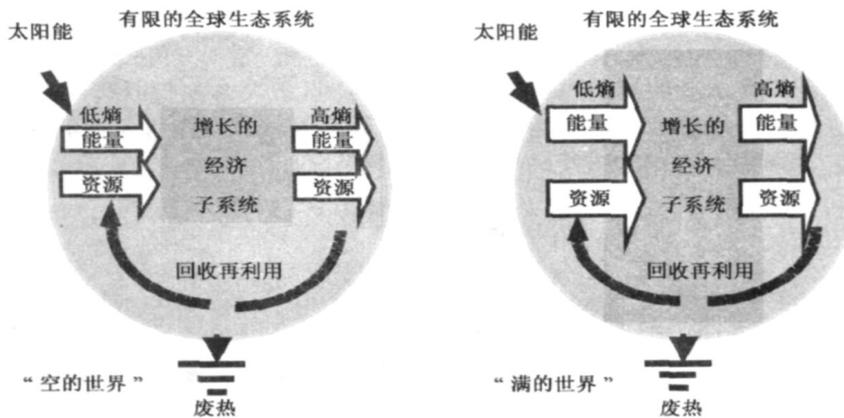


图1 “空的世界”和“满的世界”

Fig.1 Empty world and full world

1.4 新古典经济学与生态经济学

新古典经济学将生态系统看做是人类经济系统的一个子系统。新古典经济学家认为，假如某种资源开始变得稀缺，那么市场将通过供求关系的变动自动调整资源的价格，从而使资源配置得到优化^[17]。同时，随着人类科学技术的不断发展，人类将持续地开发出新的替代能源和技术，以抵偿由于经济增长带来的对化石燃料、原材料等资源的消耗和对生态环境吸纳废污能力的破坏。对于“外部性”的问题，新古典经济学开出的“处方”是庇古税(政府通过向厂商征税来纠正外部性造成的市场价格扭曲)^[18]、科斯产权界定^[19]等理论。

“利用自由的市场配置稀缺资源必须牢固地限制在规模和分配的极限上”^[13]，这是生态经济学家提出的革命性观点。新古典经济理论认为市场可以对稀缺资源进行有效配置，其中隐含的缺陷之一是：作为交易的主体之一，“后代人”不可能参与到市场对稀缺资源的配置中来，也就是说市场并不能解决保护后代人的利益不受侵犯的问题。虽然，出于庇护自己后代的考虑，市场中的交易方有可能考虑到“后代人”对资源的诉求，但是“后代人”在市场中的缺席本身已经显示了新古典经济理论对于“代际公平”这样一个分配问题的失灵。更重要的是，对于经济的最佳规模或者最大规模的问题，新古典经济理论给出的解释是：如果因规模扩大带来的边

20世纪以后，现代西方经济学历经了“张伯伦革命”、“凯恩斯革命”和“预期革命”等所谓三次大的革命，形成了包括微观经济学和宏观经济学的基本理论框架，这个框架被称为新古典经济学(Neoclassical economics)，以区别于先前的古典经济学。

际环境成本小于边际收益，市场经济中的个体会以无数个微观决策作出愿意对成本进行支付的选择，也就是说新古典经济学家相信通过已经“内化”的“合理的价格”来解决“外部性问题”。新古典经济学家的自信来源于由 Adam Smith、David Ricardo 等人开创的现代经济学已经发展了 200 余年并被证明可以经世济用。但是，人类世界已经逐渐从“空的世界”扩大为“满的世界”，不断出现的各种环境问题时刻挑战着传统经济理论的金科玉律，期望通过制定“合理的价格”解决“外部性问题”实际上是人类以“自然的代理人”身份出现在市场中代替自然资源决定其价格，但价格是否能够平衡边际生态服务的损耗与高人口或高人均资源使用量的边际社会效益呢？“这样的平衡要求强迫接受和计算影子价格，这需要我们对我们所知的由生态系统混乱所致的外部成本有一些大胆的揣测，揣测这些微观决策是如何导致这种成本的，而生态系统本身的复杂性给测定影子价格带来的困难肯定比估算资源的承载能力要困难得多。”^[13]新古典经济学家认为人类集体性行为所造成的集体性破坏可以通过假定每个人都是经过良好教育，懂得对环境破坏造成的损失进行资源赔偿来加以解决（理性经济人假设），但地球生态环境日益恶化的现实是否还有时间让新古典经济学家来验证他们对经济人的假设？

2 生态经济理论与水资源可持续利用研究

2.1 考虑水资源阈值的发展范式

Daly 明确指出^[13]：最佳规模、公平分配、有效配置是三个独立的政策目标，“要解决配置问题，对稀缺资源标价是非常重要的，但若因此就认为它也同时能够解决规模问题，那就犯错了”。他提出了可持续发展的三个操作性规则，即：对于可再生资源，可持续的利用率不能大于再生率；对于不可再生资源，可持续利用率不能超过可持续性替代品的开发速率；对于污染物来说，可持续的排放率不能高于污染物被回收、吸收或由环境无害处理的速率。

对于水资源来说，按照其分布，可分为地表水和地下水，地表水由于受到降雨和径流等水源的补给，属于可再生资源，而深层地下水是在漫长地质历史时期积聚而成的，通常是不可再生资源。同时，在一定时空范围内，水体容纳污染物的能力是有限的。所以，水资源既有可再生性，又有不可再生性。人类经济若想实现可持续发展，其发展范式就必须考虑到水资源开发利用的阈值，水圈作为连接大气圈和岩石圈的中间圈层，其全球水文循环成为生命繁衍和各种自然现象的基本载体和重要参与者，这个重要的循环一旦被打破，人类的生境将遭遇难以想像的灾难性后果。过去新古典经济学家一直鼓吹的经济理论将经济系统看作闭合的循环，将精力放在研究封闭的经济系统内部的各种分配和配置问题上，比如如何满足社会对产品和服务的需求，提高劳动生产率和资本效率，以“增长”为核心的发展范式没有考虑诸如水资源阈值的生物物理极限的束缚。但是，这样的时代将不复存在，人类迈入了新的发展阶段（“满的世界”），如果不重新拾起人类在古典文明时期对大自然的畏惧之情，不重新审视人与自然的关系以及重新诠释幸福的真正内涵，放弃“征服自然”这样无知的豪迈宣言，旧的发展范式很可能带来人类文明的终结。

诸如水资源阈值之类的生态极限决定了人类经济有一个最大规模或最佳规模，Daly 形象地用“装载线”（Pimsoll line）^[13]来比喻经济的最佳规模，他认为：“应当弄清最佳配置与最佳规模是两个不同的问题。微观的配置问题类似于将既定重量最合理地分配在一条船上。尽管重量被合理分配，但仍存在船究竟可以承受多大净重的问题。……当水位标志达到装载线时船就达到了安全载重能力的极限。当然，若重量分配不当，水位线就会提前达到装载线。如果载重过大，以最佳方式分配重量的船也仍然将沉没，宏观环境经济学的主要任务是设计出一个与装载线相类似的制度，用以确定重量即经济的绝对规模，使经济之船不在生物圈中沉没。”考虑水资源阈值的发展范式，就是把水资源作为经济发展的限制性因素，将经济的最大规模限制在水资源可持续发展的条件内。具体地说，合理的水资源开发利用策略必须建立在对水资源可利用量、水体纳污能力的可靠分析基础上，合理调整需水结构，提高水资源生产效率，积极开拓非传统水资源的开发（污水回用、雨水积蓄等）。正

所谓发展范式 (Paradigm)，是指体现特定发展阶段的内在结构的模型，最早由 Kuhn 提出^[20]。

如Daly^[13]所说,“一开始就要解决好可持续或最佳规模的问题,它可以是对承载能力的估算,一个安全最小量的估算,或是在对成本效益研究基础上完成的估算,但对极限必须要有所设定。”

2.2 熵定律的约束

1865年克劳修斯提出熵的概念后,热力学第二定律又可以表述为:在孤立系统中进行的自发过程总是沿着熵增加的方向进行,它是不可逆的,平衡态对应于熵的最大值的状态。热力学第二定律的这一表述称为熵增加原理或熵定律。其数学表达式为

$$S > 0 \quad dS = \frac{dQ}{T} \quad (1)$$

式中 dQ 为系统从热源 T 所吸收的热量; T 为系统的热力学温度; dS 为系统受热过程中在微小时段内增加的熵。

Georgescu-Roegen 是最早将熵定律引入经济过程分析的经济学家,他致力于跳出传统经济理论的范畴,试图将经济学理论植根于物理、生物和化学等学科中。他用“熵的沙漏”试图说明熵定律是如何严格地制约经济过程中的生产和消费行为的^[9](图2)。Daly^[13]进一步将这种类比扩展到把上部的沙看作是太阳中低熵能量的存量。“太阳能像水流一般到达地球,其能量大小受到沙漏中央细小部分的控制……假设在地质时代里某些下落的沙在没有下落到底部之前粘在了沙漏下部的内层表面,这就形成了低熵物质/能量的一种地球资源……这种低熵物质/能量的地球资源能以我们自己选择的速率进行使用,而不像太阳能那样是以固定的速率到达地球的。”

熵的存在揭示了人类的经济活动是怎样与一个有限的、非增长的、物质上封闭的生态系统相关的。Daly^[13]指出:“经济活动对其所在的生态系统在生产原材料‘投入’和吸纳废弃物‘产出’的要求,必须保持在生态可持续发展的水平上,以作为可持续发展的条件。”熵流在经济过程中是定性的和不可逆的,导致经济返回到环境和从环境中吸收的性质不同,必然促使经济所依赖的环境性质的改变(图3)。取自于环境的低熵物质/能量流与排回环境的高熵物质/能量流的差值代表环境质量的下降,同时伴随着补偿环境质量下降的进化过程,这个进化过程的推动力源于太阳辐射的低熵能流^[21],这个过程熵的关系可以写成^[22]

$$S_{\text{原料资源}} + S_{\text{低熵资源}} < S_{\text{产品}} + S_{\text{废物废热}} \quad (2)$$

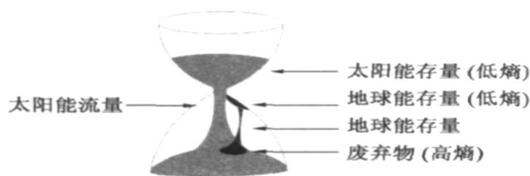


图2 熵的沙漏

Fig. 2 Entropy hourglass

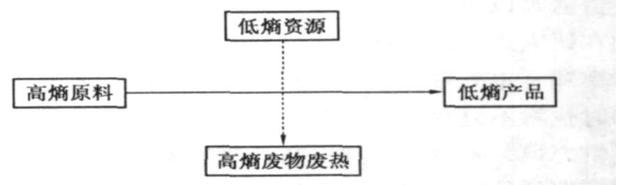


图3 经济过程中的熵流

Fig. 3 Entropy flow in economic process

水体吸收废物的能力是有限的,这就是所谓熵定律的约束。水体是承载地球上物质、能量循环和输送的重要载体。在经济过程中,高熵废物被排放进入水体。水体本身具有吸收废物的能力(源于太阳辐射的低熵能流),如果这种能力无法抵偿高熵废物对环境带来的降等,人类将不得不付出额外成本(低熵资源),否则人类生存安全将受到威胁。比如,废物排入河流后,由于水的稀释及曝气作用减少了其毒性,有机物由微生物利用水中的溶解氧氧化分解为二氧化碳、硝酸盐和硫酸盐,成为藻类的营养,如果水中的有机物浓度不高,所消耗的溶氧量尚且能由水表面的曝气作用及藻类植物的光合作用所补给的氧气补充,能够维持河流正常生态系统服务功能,若有机物浓度过高,即使有大量河水,也无法将废物稀释至可以接受的浓度,甚至有可能发生厌氧反应,产生甲烷、硫化氢等气体,如果河流经常处于这样的状态,将丧失各项基本的生态系统服务功能。“从更大的范围考虑,被污染的水资源对自然景观、生态系统造成的破坏,降低了人类审美、旅行等效用,同样是生

命乐趣的损失。^[13]总的来说，人类需要低熵的体验，但是要减少对环境造成高熵的扰乱。

2.3 生态系统的相互依赖性

所谓生态系统的相互依赖性，就是组成生态系统的生物成分和非生物成分通过物质循环和能量流动形成的相互依存的关系，这种特性源于自然生态系统由简单到复杂的长期演替。现代地球系统科学认为生态系统中任何一个过程都不是孤立的^[23]，它们的形成和发展包含着其他过程的影响，并通过它们的形成和发展影响生态系统中的其他过程，表现出地球生态系统的整体行为。例如，流域的水文循环控制着流域生物的地球化学循环，进而控制和维持流域生态系统的结构和功能，影响着土壤盐分、土壤微生物活性、营养有效性等，进而调节着生活在湿地中的动植物物种组成、丰富度、初级生产量和有机质累积，如果自然和人类活动造成水分数量和质量的变化，这些变化将反映在流域生态系统的结构和功能上，进而引起径流的调节作用和维持生态系统生产力的作用发生退化，对环境安全造成不利影响。

对于人类来说，生态系统的相互依赖性是向人类提供各种产品和服务的基础(图4)。Costanza等^[24]最先开展了对全球生物圈生态系统服务价值的估算，其计算结果表明，目前全球的生态系统服务的年度价值为16万亿~54万亿美元，平均价值为33万亿美元，相当于同期全世界国民生产总值(GNP)约18万亿美元的1.8倍。赵同谦等^[25]的研究表明^[25]，2000年我国陆地地表水生态系统的直接使用价值是4263亿元，间接使用价值是5546.92亿元，间接使用价值占总使用价值的56.5%。直接使用价值反映了由供水、发电、航运、水产品、休闲娱乐等向人类直接提供的产品的价值；间接使用价值反映了那些并不直接向人类生产生活提供生产资料或产品的功能的价值，比如调蓄洪水、河流输沙、水资源蓄积、土壤保持、净化功能、碳固定、生物多样性维持。提供间接使用价值的生态系统服务功能维持了自然生态过程和生态环境条件，对人类的影响是间接的并且需要很长时间才能显现出来。正因为如此，才常常导致在开发利用过程中忽视对生态系统间接服务功能的保护，危害人类安全，而这种危害将在边际上抵消收益。研究表明^[26]，一旦出现了生态环境的永久性破坏，人类可能很难再造出一个类似的供人类生息繁衍的环境。在美国亚利桑那进行的“生物圈二号”计划证明了这一点，地球上的生态环境、生物的多样性、生态系统的相互依赖性等都是人类赖以生存的条件，人类目前无法用技术手段脱离自然重新造出一个孕育生命的环境。而巧合的是，依靠不断进步的技术扩大自然的极限实现经济的增长正好是新古典经济学家一直以来坚信的，他们所谓的“技术”服务于他们对于经济增长的理解，而这些技术很可能只是暂时推迟了极限的到来，最终的后果可能无法收拾。

生态系统的各种因素普遍联系和相互作用，使生态系统成为一个和谐的有机整体。生态系统层次结构的等级性、组织性、有序性和动态性，都是生态系统相互依赖性的外在表现。Commoner^[27]提出了生态学的四个法则，即：每一事物都与别的事物有关；一切事物都必然要有其去向；自然所懂得的是最好的；没有免费的午餐。他认为，生态危机的标志是“在生命和它的周围事物之间精心雕琢起来的完美的适应开始发生损伤了。由于一种生物和另一种生物之间的联系，以及所有生物和其周围事物之间的联系开始中断，因此维持着整体的相互之间的作用和影响也开始动摇了，而且，在某些地方已经停止了。”生态学理论认为，一切现象之间都存在一种基本的相互联系和相互依赖的关系，事物之间的关系和过程与事物本身同等重要。老子哲学的核心范畴“道”提倡天人合一的宇宙观，认为天、地、人都是相互依赖的，说明了人在自然界中的地位，为人类生存和发展提供了伦理价值原则。

3 结 论

Davidson^[28]在《You can't eat GNP》一书中提出了一个所谓的“科技动力学定律”，即：问题守恒说，问题永远不会消失，它们只是被取代，一个紧接一个，解决一个问题的办法，则是会衍生另一个新问题；

科技挑战总是不断增加，当人口数量增加、资源数量持续不变或是减少，则科技挑战的规模、个数和复杂度都会增加。现实中的例子是，在开采利用地下水的过程中，一旦造成污染，那么仅仅依靠自然的力量恢复水体清洁可能需要几百年甚至上千年的时间；另外，一旦地下水被耗用得过快，地下水位会迅速降低，那么抽取

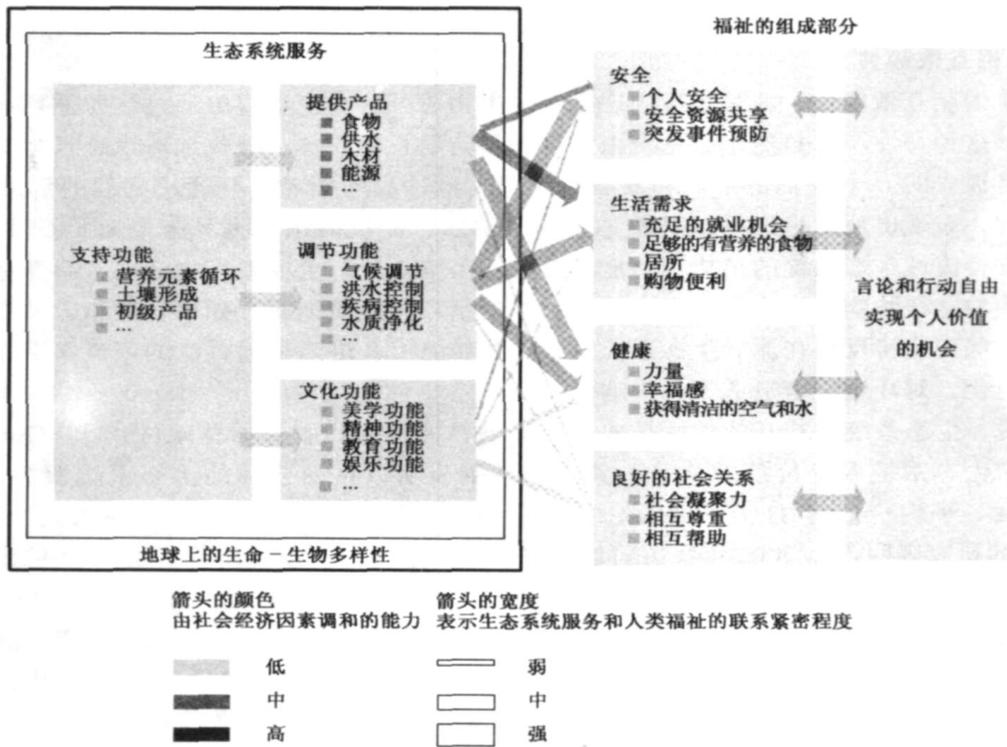


图 4 生态系统对人类福祉的影响

Fig. 4 Effect of ecosystem change on human well-being

地下水的成本将随之攀升。马克思主义理论认为事事有矛盾，时时有矛盾，即矛盾具有普遍性，和“问题守恒说”有类似之处。毛泽东在《矛盾论》中指出^[29]：“一切运动形式的每一个实在的非臆造的发展过程内，都是不同质的。我们的研究工作必须着重这一点，而且必须从这一点开始。不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决。”这似也提醒须谨慎选择处理问题的方式。Daly 等^[13,30]反复强调经济增长将受到固有的生物物理限制，主要“来源于三个相互关联的条件：有限性、熵和生态的相互依赖性”，同时，Daly^[31]认为独立的政策目标需要独立的政策手段，“我们正试图用两块石头打下三只鸟——‘双石击三鸟’”，但是“我们有时候需要第三块石头，因为鸟儿是各自飞的。这‘三只鸟’实际上是三个目标：规模、资源配置、产品配置。”

对于水资源的可持续利用而言，怎样平衡水资源开发利用为人类带来的福祉和带来的种种问题？目前层出不穷的水体污染事件、水旱灾害已经成为摆在中国人面前最现实、最迫切的问题。问题的紧迫性以及传统经济理论对于新问题的苍白无力使人类需要一种全新的看待问题和解决问题的思维方式，人类的视野需要逐步从处理经济社会内部各种纷繁复杂的问题转移到如何正确对待人与自然的的关系上来，生态经济理论为实践提供了可能的解决方案（实际上，实践已经走到了理论的前面，已经付诸实践的是可交易的取水许可制度和排污许可证制度）。

参考文献：

[1] Carson R. Silent spring[M]. Boston: Houghton Mifflin Company, 1962.
 [2] Meadows D. The limits to growth[M]. New York: Universe Books, 1972.
 [3] Brundtland G H. Our common future: report of the world commission on environment and development[M]. Oxford: Oxford University Press, 1987.
 [4] Malthus T R. An essay on the principle of population[M]. New York: Oxford University Press, 1999.
 [5] Ricardo D. Principles of political economy and taxation[M]. New York: Prometheus Books, 1980.
 [6] Mill J S. Principles of political economy[M]. New York: Oxford University Press, 1998.

- [7] Mill J S. Utilitarianism[M]. Indianapolis: Hackett Publishing Company, 2002.
- [8] Saddy F. Wealth, virtual wealth and debts[M]. London: Prentice - Hall, 1926.
- [9] Georgescu-Roegen N. The entropy law and the economic process[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1971.
- [10] Boulding K E. The economics of the coming spaceship earth from environmental quality in a growing economy[M]. Maryland: The Johns Hopkins Press, 1996.
- [11] Daly H. Steady-state economics: second edition with new essays[M]. Washington: Island Press, 1991.
- [12] Daly H. Valuing the earth[M]. England: MIT Press, 1993.
- [13] Daly H. Beyond growth: the economics of sustainable development [M]. Boston: Beacon Press, 1996.
- [14] Brown L R. Who will feed China? [M]. New York: W W Norton & Company, 1995.
- [15] Brown L R. Eco-economy: building an economy for the earth[M]. New York: W W Norton & Company, 2001.
- [16] Brown L R. Plan B: rescuing a planet under stress and a civilization in trouble[M]. New York: W W Norton & Company, 2003.
- [17] Huber P W. Hard green: saving the environment from the environmentalists a conservative manifesto[M]. New York: Basic Books, 2000.
- [18] Pigou A C. The economic of welfare[M]. London: Macmillan, 1920.
- [19] Coase R H. The problem of social cost[J]. Journal of Law and Economics, 1960, 3: 1 - 44.
- [20] Kuhn T S. The structure of scientific revolutions[M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1962.
- [21] 王加璇, 王清照. 新经典经济学与生态经济学: 一条值得探讨的技术与经济结合的新路[J]. 华北电力大学学报, 2003(5): 29 - 33.
- [22] 马建华, 管华. 系统科学及其在地理学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [23] 孟宪民. 湿地与全球环境变化[J]. 地理科学, 1999(5): 385 - 391.
- [24] Costanza R, d'Arge R, Rudolf G, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253 - 260.
- [25] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 等. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 自然资源学报, 2003(4): 443 - 452.
- [26] 苏杨. 对自然环境的自作聪明[J]. 绿色中国, 2004(5): 28 - 30.
- [27] Commoner B. The closing circle: nature, man & technology[M]. New York: Alfred A Knopf, 1972.
- [28] Davidson E A. You Can't Eat GNP[M]. Cambridge: Perseus Books Group, 2001.
- [29] 毛泽东. 毛泽东选集: 第一卷(2版)[M]. 北京: 人民出版社, 1991. 310 - 311.
- [30] Daly H, Kenneth N T. Valuing the earth: economics, ecology, ethics[M]. Cambridge: MIT Press, 1993.
- [31] Daly H. Towards an environmental macroeconomics[J]. Land Economics, 1991, 67: 255 - 259.

Discussion on sustainable utilization of water resources based on the theory of ecological economics^{*}

CHEN Kang-ning, DONG Zeng-chuan

(State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: This paper briefly describes the history of the ecological economics and its basic viewpoints. The basic viewpoints are applied to the research of sustainable utilization of water resources. The issues such as the threshold of sustainable utilization of water resources, the second law of thermodynamics and interdependence of ecosystems are discussed.

Key words: ecological economics; new classical economics; sustainable utilization of water resources

^{*} The study is financially supported by the National Basic Research Program of China (No. 2006CB403402).