

耗竭资源最优开采顺序的理论、方法及发展趋势

Theory, Method and Future Trend of Optimal Extraction Order of Exhaustible Resources

魏晓平/WEI Xiao- ping, 毛敏芳/MAO Min- fang

中国矿业大学管理学院, 江苏徐州 221008

School of Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China

[摘要] 随着经济的飞速发展, 全球有限的自然资源储量、开采量与人类社会经济发展无限需求之间的矛盾日益尖锐, 资源的可持续开发利用已经引起了理论界的关注。资源的最优开采利用顺序是资源可持续开发利用的重要研究内容。从国内外资源开采顺序的研究现状出发, 对其研究内容、理论发展过程、研究方法进行了述评, 并对未来发展趋势作了分析预测。

[关键词] 资源, 最优开采顺序, 福利最大化 [中图分类号] F062. 1

[文献标识码] A [文章编号] 1000- 7857(2006)01- 0059- 04

Abstract: The discrepancy between the finite stock of natural resources and infinite demand of human society development is increasingly drastic with the rapid development of economy. The sustainable exploitation and use of resources has caught attention of theorists. The study on the optimal extraction sequence of resources is an important content of sustainable resource exploitation and use. In this study, we make a brief comment on its study content, theoretical advance, study method based on the study actualities, and also make an analysis and forecast of its future trend.

Key Words: resource, optimal extraction sequence, welfare maximizing

CLC Number: F062.1

Document Code: A

Article ID: 1000- 7857(2006)01- 0059- 04

1 引言

自然资源为人类的生产生活提供物质能源, 是社会经济发展不可缺少的生产资料, 但是随着经济的飞速发展, 全球有限的自然资源储量、开采量与人类社会经济发展无限需求之间的矛盾日益尖锐。特别是耗竭资源, 如能源资源的紧缺越来越受到世界的关注, 因为一旦出现供给中断, 国家的经济安全、政治安全将会受到严重威胁。原油涨价造成的影响已深入百姓生活; 生产生活对电力的大量需求引起电力紧缺, 导致了周期性停电, 对国民经济造成严重损失。目前资源紧缺的形势是严峻的, 其造成的影响也是重大的, 而当前采取的缓解能源压力的措施, 比如涨价、拉闸限电都只是权宜之计。长久之计则要从资源开发的源头出发, 比如: 寻找新的可替代资源; 发展资源开发技术, 提高资源的利用率; 合理安排资源的时间空间开采顺序, 做到综合有效利用资源。前两种是工程技术上需要研究的内容, 本文仅探讨有关资源最优开采顺序的问题。

资源的最优开采顺序是资源可持续开发利用的重要研究内容, 它以资源使用的社会效用最大化为目标, 在此基础上研究合理安排不同资源的先后开采顺序, 以达到资源的永续利用。关于资源最优开采顺序的理论研究始于 1967 年 Herfindhl 从 Hotelling 法则推出的 Herfindhl 法则, 即“资源应严格按照成本的

递增顺序开采”^[1], 在随后的几十年中, 许多经济学家对此展开了研究, 并取得了很多有指导意义的结论。

2 资源最优开采的内涵

资源的最优开采顺序是以资源使用的社会福利最大化为目标, 研究不同资源的先后开采顺序。这里的“不同资源”有两层意思。

第一层意思指相同的资源不同的品位。不同品位的矿产(资源)其开采的成本也不同, 在理论研究中以不同的开采成本将资源区分为不同品位, 比如对于煤炭, 有近地表的煤炭、有地下深层的煤炭, 开采难度大的开采成本就高, 难度小的开采成本就低。就整个经济系统来讲, 不同的开采顺序, 其系统效率不同导致了社会福利的不同。那么应该先开采成本高的, 还是开采成本低的, 还是两种资源同时开采呢? 这是理论研究要回答的第一个问题。

第二层意思是指不同的资源类型, 如煤、石油、天然气等。面对发电和交通运输两方面的需求, 考虑到煤炭和石油在用于这两种需求时是不能完全替代的, 煤在发电方面有比较优势, 石油在交通运输方面有比较优势, 即煤炭用于发电的转换成本较低, 而石油用于交通运输的转换成本较低。那么从资源的可持续利用, 从社会福利最大化的角度出发, 应该如何安排这两种资源的使用

收稿日期: 2005- 06- 07

作者简介: 魏晓平, 女, 江苏省徐州市中国矿业大学管理学院, 教授, 主要研究方向为数量经济、资源优化理论方法与模型;

E- mail: wei.xp@163.com.

顺序才是最优的呢?这是理论研究要解决的第二个问题。

资源的最优开采利用顺序研究除了上述狭义的内容,还应该包括资源的最佳耗竭速度(对于耗竭资源来讲)。资源利用的最佳效果就是时间上能达到永续利用;但是对于自然界中的耗竭资源,由于它的有限性和稀缺性,其开采利用最终会导致存量为零,从理论上讲达不到可持续利用。其最佳耗竭速度研究就是要在资源耗竭之前找到具有经济价值的可替代资源,并成功地向替代资源过渡,从而使一种资源的耗竭不至于影响经济、社会、环境的协调发展^[2]。由此不难发现,资源的最佳耗竭速度研究可归结为一种资源与另一种替代资源之间的开采利用顺序问题。

3 相关理论的研究发展过程

关于资源最优开采顺序的理论性研究始于20世纪60年代,在此之前只有少数经济学家对此进行了经验研究。对于这个问题基本上有一个共识,那就是资源应严格按照成本的递增顺序开采,但是分歧并没有因为这种共识的存在而消除,20世纪60年代,资源经济的学者专家们不断地从经验的和理论的角度提出异议。

3.1 传统观点

“资源应严格按照开采成本的递增顺序开采”一般被认为是资源最优开采顺序的一种直观的、传统的原则,它首先是1967年由Herfindahl在局部均衡的理论框架下提出的,被称为Herfindahl法则。随后在1974年,Solow在他的论文“资源经济或者经济资源”中也认为这种直观的观点是正确的,并且给出了直观的解释。他认为两种不同(开采成本)的资源是不可能同时存在于同一个市场中的。因为最终产品是相同的,即可以完全替代,且市场价格相同,净价格都以市场利率增长,那么成本的高低就完全决定了利润的多少;理性经济人都追求利润的最大化,所以当然要先开采利润高的低成本资源,等低成本的资源消耗殆尽再去开采高成本的资源^[3]。在1976年时,由Solow和Wan系统化地从理论上证明了Herfindahl法则^[4]。但是由于Solow和Wan的模型中使用的生产函数是C-D函数,因此他们的证明在理论界被认为是高度特殊化的,所以传统的直观理论并没有因为Solow给出了理论证明而站稳脚跟。

3.2 对传统观点的异议

1980年,Kemp和Long证明了在一般均衡理论框架下,传统观点不一定成立。他们假设资源的边际开采成本是常数,并且高成本资源和低成本资源之间可以完全相互替代,在此基础上推出了资源最优开采顺序可能是同时开采高成本和低成本资源^[5]。事实上Herfindahl法则在20世纪80年代受到的挑战并非第一次,早在20世纪30年代就有经济学家进行了经验研究,而且结果与之相反。Barnett和Morse(1963)观察1870-1957年开采工业的数据,发现单位开采成本呈递减趋势,而不是递增的。他们认为这说明可开采的资源越来越丰富了,且Barnett(1979)和Johnson等(1980)继续这项研究时,得到了同样的结论。Nordhaus(1974)观察1900-1970年间11种矿产资源的实际价格,发现呈下降趋势^[6]。

对此许多经济学家表示了质疑,并进行了深层次的研究,那么为什么同样的研究内容,在各理论之间、理论和实际之间会有如此的差异呢?Fazin(1992)对此问题做出了比较客观的回答,他认为产生这些分歧的原因在于:概念上的欠缺,即对于单位开采成本、价格、稀缺性租金缺乏统一的测度;模型理论的差异,有的在局部均衡框架下研究,有的在一般均衡框架下研究,各模型的假设条件也不同。

Lewis在1982年改变了传统理论的前提,放宽了假设条件,证明了在Kemp和Long的模型中,假设资源可以转化成资本,资本既可以用于当时消费,也可以储蓄起来用于将来消费,并且储蓄时资本按一定的比例增长,于是他重新证实了“资源应严格按

照开采成本的递增顺序开采”的传统理论^[7]。

1998年,Jean-Pierre Amigues, Pascal Favard, Gerard Gaudet, Michel Moreaux在文献“当不可耗竭的替代资源产量有限时自然资源的最优利用顺序”中研究了在一般均衡框架下不可耗竭的替代资源与耗竭资源之间是完全替代的,但是不可耗竭资源的产量有限,在这种情况下,严格按照成本的递增顺序开采的结论不仅不成立,而且可能会完全相反,即最优开采顺序可能是在低成本资源投入使用前就开采高成本资源^[8]。

3.3 对传统模型的发展和研究

1994年,Chakravorty和Krucle开创了资源最优开采顺序研究的新模型,他们首次将需求的多样化(即终端使用不同,也就是最终产品不能完全相互替代)引入模型^[9]。Chakravorty和Krucle(CK)在局部均衡的框架下,建立了一个两种资源两种需求的模型,对于不同的需求,资源的使用成本不同,最终推出了最优开采可能是同时开采两种资源。可以说这与1994年之前的模型相比,在研究思路有了质的飞跃。传统模型只考虑单一的需求,即尽管资源不同,但是提供的最终产品是完全相同的,可以完全相互替代,资源间的差别只表现在开采成本的不同;而在CK模型中考虑了不同的需求,说明最终产品不相同,不能完全相互替代,资源间的差别除了开采成本不同,对于不同需求的转换成本亦不同。基于新模型的理论,Eric Iksoon Im, James Roumasset发表了“能源资源的最优开采顺序:一般均衡方法”以及Eric Iksoon Im, Ujjayant Chakravorty, James Roumasset发表了“不可更新资源的不连续开采”^[10-11]。

4 基本理论模型和一般研究方法

资源最优开采研究中的基本模型一般是一个考虑贴现因素的最优控制问题。模型以效用总现值最大为目标函数,效用函数为凹函数,且依赖于消费水平,随消费水平的变化可表示为 $U_c > 0, U_{cc} < 0$,这里假设资源消费量等于资源开采量,那么 $U_q > 0, U_{qq} < 0$, Q_0 为资源的原始存量, $Q(t)$ 表示t时刻资源的存量, $q(t)$ 表示资源的开采率, r 为贴现率。

4.1 基本模型

$$\max \int_{t_0}^{t_1} U(q(t))e^{-rt} dt \quad (U(t) \text{ 为效用函数})$$

约束于

$$Q(t_0) = Q_0, \quad q(t) \geq 0,$$

$$Q(t) \geq 0, \quad \dot{Q}(t) = -q(t)$$

求解时建立具体的现值哈密顿函数。根据假设条件的具体化我们可以将基本模型中的效用函数具体化,将约束条件更加细化。下面就是一个考虑需求多样化的资源开采模型。

4.2 考虑多样化需求的局部均衡模型^[9]

考虑两种资源石油和煤炭(O和C),两种需求发电和运输(E和T);假设石油和煤炭都能直接用于发电,石油可以直接用于运输,而煤炭用于运输的转换成本是 z ; C_c 为一单位煤炭的开采成本, C_o 为一单位石油的开采成本, $q_{OE}(t)$ 表示t时刻用于发电的石油数量($q_{OT}(t)$, $q_{CE}(t)$, $q_{CT}(t)$ 的涵义依次类推),则当 $t_0=0$ 时,石油和煤炭的原始存量 $Q_o > 0, Q_c > 0$,效用函数为:

$$U(q(t)) = \int_0^{q_{CE}(t)+q_{OE}(t)} D_E^{-1}(x)dx + \int_0^{q_{CT}(t)+q_{OT}(t)} D_T^{-1}(x)dx - zC_{CT}(t) - (q_{CE}(t)+q_{OT}(t))C_{OT} - (q_{CE}(t)+q_{CT}(t))C_o \quad (1)$$

其中T为逆需求函数,上式第一部分表示消费者消费电的效用,第二部分表示消费者从交通运输中得到的效用,剩余部分包括煤的转换成本以及煤和石油开采成本。

于是模型为:

$$\max \int_{t_0}^{\infty} e^{-rt} U(q(t)) dt \quad (2)$$

约束于

$$q_{ce}(t) \geq 0, \quad q_{cr}(t) \geq 0, \quad (3)$$

$$q_{ce}(t) \geq 0, \quad q_{cr}(t) \geq 0, \quad Q_c(t) \geq 0, \quad Q_r(t) \geq 0$$

$$\dot{Q}_c(t) = -q_{ce}(t) - q_{cr}(t), \quad \dot{Q}_r(t) = -q_{ce}(t) - q_{cr}(t) \quad (4)$$

其中 r 为效用贴现率。

为求解,可以建立如下最优控制问题。此问题的现值哈密尔顿函数为:

$$H = \int_0^{q_{ce}(t)+q_{cr}(t)} D_{E^{-1}}(x) dx + \int_0^{q_{ce}(t)+q_{cr}(t)} D_{T^{-1}}(x) dx - z q_{cr}(t) -$$

$$(q_{ce}(t)+q_{cr}(t)) C_0 - (q_{ce}(t)+q_{cr}(t)) C_C -$$

$$(q_{ce}(t)+q_{cr}(t)) \lambda_0 - (q_{ce}(t)+q_{cr}(t)) \lambda_C$$

其中 $\lambda_0(t)$ 、 $\lambda_C(t)$ 解释为稀缺性租金。令煤的价格 $P_C(t) \equiv C_C + \lambda_C(t)$, 石油价格 $P_O(t) \equiv C_O + \lambda_O(t)$, 用于发电的燃料价格 $P_E(t) \equiv D_E^{-1}(q_{ce}(t) + q_{cr}(t))$, 用于运输的燃料价格 $P_T(t) \equiv D_T^{-1}(q_{ce}(t) + q_{cr}(t))$, 那么原问题有解的充分必要条件为:

$$\dot{Q}_c(t) = -q_{ce}(t) - q_{cr}(t), \quad (5)$$

$$\dot{Q}_r(t) = -q_{ce}(t) - q_{cr}(t), \quad (6)$$

$$\dot{\lambda}_O(t) = r \lambda_O(t) \quad (7)$$

$$\dot{\lambda}_C(t) = r \lambda_C(t) \quad (8)$$

$$P_E(t) \leq P_C(t), \text{ 若 } < \text{ 则 } q_{ce}(t) = 0; \quad (9)$$

$$P_E(t) \leq P_C(t), \text{ 若 } < \text{ 则 } q_{ce}(t) = 0; \quad (10)$$

$$P_T(t) \leq P_C(t), \text{ 若 } < \text{ 则 } q_{cr}(t) = 0; \quad (11)$$

$$P_T(t) \leq P_C(t) + z, \text{ 若 } < \text{ 则 } q_{cr}(t) = 0; \quad (12)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-rt} \lambda_O(t) Q_O(t) = 0, \text{ 且} \quad (13)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-rt} \lambda_C(t) Q_C(t) = 0 \quad (14)$$

其中(5)~(8)在耗竭资源问题中是必需的条件,(9)~(12)说明了在使用时优先选择价格和转换成本之和和最低的资源,(13)~(14)是横截条件。

通过对上述模型的研究,得出的结论是资源的最优开采顺序可能是同时开采两种资源。近年来,许多资源经济学家基于此模型的研究思路,对资源的最优开采顺序展开了深入研究。如 James Roumasset 和 Eric Iksoon Im 研究了在一般均衡理论框架下不同能源资源(煤炭、石油、后备技术)的最优开采顺序,并且得到了与用局部均衡方法类似的结论。

5 理论发展趋势和挑战

5.1 模型的一般化趋势

1994年,Chakravorty 和 Krucle 提出了多样化需求下资源的最优开采顺序,并将需求纳入模型之中,可以说不仅放宽了模型的假设条件,而且使模型更趋于一般化、更符合实际。因为在实际生活中,资源的开采不可能只是面向单一的需求,不同资源之间基本上不可能是具有完全的替代性的。此后在2003年,Chakravorty 和 Krucle 再次合作发表了“专业化和不可更新资源”^[4],研究了一个2×2的模型(两种资源,两种需求),并指出可以将此推广到n×n的模型。

5.2 与技术相结合的发展趋势

当今世界面对资源的紧缺,开发了大量低耗节能技术,大大提高了资源的利用率。比如在能源转换技术中有超临界、超超临界、增压循环硫化床、整体化煤气化联合循环技术,等等。因此在研究多样化需求模型下的资源最优开采顺序时,有必要考虑资源的转换成本,为此,不得不与这些先进技术相联系。如果在研究中不考虑这些先进技术,不了解技术进步对资源开发利用的影响,那么势必造成理论研究与实际的脱节。

5.3 理论研究的新课题

资源的开发与利用给人类社会的发展带来了不可估量的贡献,但是资源的开发与利用给人类的生活空间造成的污染也是十分严重的,甚至威胁着人类的生命。煤炭和石油等一些化石燃料的使用造成空气中的二氧化碳、二氧化硫浓度增加,从而引起温室效应;酸雨等危害到人们的生产生活。因此如何在安排最优开采顺序的同时考虑资源使用的负效应,是现实经济管理问题给理论研究提出的新课题。

新古典经济学利用福利贴现后最大化来讨论耗竭资源的最优利用,其标准是“帕累托最优”。然而帕累托最优理论在耗竭资源配置中是有局限性的。耗竭资源的使用造成了严重的环境污染、生态退化,甚至造成长期气候变化,进而危及人类健康。随着人类对生态环境认识的不断提高,要求市场配置资源时必须达到必要的生态环境标准;对自然生态资源利用时,使资源存量水平满足可持续利用的标准;并避免或减少资源开采利用时产生的外部不经济(环境污染),而这些并非帕累托最优。关于资源使用外部性的研究在环境经济学的相关文献中可找到,但是资源使用外部性对资源开采顺序的影响方面的研究极为匮乏。因此在将来的研究过程中,将资源开发使用产生的正负效应一并考虑进模型,有重要的理论与现实意义。在消费产生效用最大化同时也应达到污染的最小化。如果将资源地理,以及资源开发对环境的影响考虑在内,那么将有助于得到一个时空上都合理的绿色开采顺序。

6 结语

资源的最优开采顺序,不管从理论上还是经验上都没有一个统一的观点。资源经济学家们的研究大多是基于某些特定的条件,然而正是由于这种特殊性,不可避免地导致得出的结论也不具有普适性。虽然一些研究也试图放宽条件,希望能找到普适性的结论,但是现实社会的复杂性使得这种希望几乎变成妄想,而困难的存在并没有使资源开采顺序研究停滞,理论研究总能从各种不同的环境找到资源的最优开采顺序去指导实践。结论的非普适性并不表明结论是错误的,只要它确实反映了现实世界中存在的某种规律,那么它就有研究的价值。人类首先要认识大自然才能去改造大自然,但是认识需要有一个过程。正是基于这样的研究基础,后续的研究才得以继续。理论与实践表明资源开采顺序是资源可持续开发利用的重要研究内容之一,其理论研究成果有助于指导政府对资源的有效管理,有助于指导对资源的合理开发与利用。

参考文献(References)

- [1] MASON G. Extractive resources and taxation[A]//HERFINDAHL O C. Depletion and Economic Theory. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 1967: 63- 90.
- [2] 魏晓平, 王新宇. 矿产资源最适耗竭经济分析[J]. 中国管理科学, 2002, 10(5): 78- 81.
- [3] SOLOW R M. The economics of resources or the resources of economics[J]. American Economic Association, 1974(64):1- 14.
- [4] SOLOW R M, WAN F Y. Extraction costs in the theory of exhaustible resources[J]. The Bell Journal of Economics, 1976, 7: 359- 370.
- [5] KEMP M C, LONG N V. On two folk theorems concerning the extraction of exhaustible resources[J]. Econometrica, 1980, 48: 663- 673.
- [6] FARZIN Y H. The time path of scarcity rent in the theory of exhaustible resources[J]. The Economic Journal, 1992, 102: 813- 830.
- [7] LEWIS, TRACY R. Sufficient conditions for extracting least cost resource first[J]. Econometrica, 1982, 50: 1 081- 1 083.

关于长江三峡工程“十一五”泥沙问题研究的建议

Suggestions on Sediment Research for Three Gorges Project during the 11th Five- Year Plan

王殿常/WANG Dian- chang

国务院三峡工程建设委员会办公室, 北京 100038

Executive Office of State Council Three Gorges Project Construction Committee, Beijing 100038, China

[摘要] 泥沙问题是长江三峡工程的关键技术问题之一,直接关系到工程综合效益的发挥。简要评述了三峡工程论证和可行性研究阶段特别是三峡工程开工建设以来泥沙问题研究的主要成果;针对三峡工程投入运用后的新情况,就三峡工程“十一五”泥沙研究提出应实现从预测性研究为主向、以原型观测资料的分析和研究为中心的转变,重视和加强大坝下游河道演变问题的研究,将泥沙问题纳入生态与环境范畴,注重整治工程的实际需要,重新列入国家科技攻关序列,加强部门间的协调与分工合作等建议。

[关键词] 长江,三峡工程,泥沙问题,“十一五”研究,建议

[中图分类号] TV1

[文献标识码] A

[文章编号] 1000- 7857(2006)01- 0062- 03

Abstract: As one of key technical issues concerning the Three Gorges Project on the Yangtze River, sedimentation problem plays significant role in the comprehensive benefit of the project. Focusing on the stage after starting construction of the project, a brief review has been made on the research results since demonstration and feasibility study periods. Taking the situation that the project has been put into operation into consideration, some suggestions are presented on sediment research during the 11th Five- Year Plan for the Three Gorges Project, i.e., research focus should be shifted from prediction to field data analysis, more attention should be paid to erosion problems in the downstream of the dam, sedimentation problem should be considered in the field of ecological system, facing regulation measures for lower reaches and planning in the national level as well as putting more coordinate efforts into action.

Key Words: Yangtze River, Three Gorges Project, sedimentation problem, the 11th Five- Year Plan, suggestions

CLC Number: TV1

Document Code: A

Article ID: 1000- 7857(2006)01- 0062- 03

1 引言

三峡工程是开发和治理长江的关键性工程,具有防洪、发电、航运等巨大的综合效益。1992年4月3日,全国人大七届五次会议通过《关于兴建长江三峡工程决议》,1994年正式开工建设,1997年实现大江截流,2003年6月蓄水至坝前135 m水位,当年相继实现了蓄水、永久船闸通航和首批机组发电的二期3大目标,2006年拟蓄水至156 m水位,计划2009年工程全部完

工,具备蓄水至正常蓄水位175 m的条件。

就水利工程而言,大坝蓄水后,水库形成,由于水流速度减缓,水流挟带的泥沙大量淤积在水库内,与此同时,因大坝下泄水流含沙量明显减少,将在坝下游较长距离发生河床冲刷现象,这就是水利工程运用所带来的两大方面的泥沙问题。就三峡工程而言,泥沙问题涉及水库寿命,库区淹没,库尾段航道、港区的演变,坝区船闸、电站的正常运用,以及枢纽下游河床冲刷、水

位降低、河道演变对防洪和航运的影响等一系列重要而复杂的技术问题^[1]。

三峡工程采用“一级开发,一次建成,分期蓄水,连续移民”的建设方案,其具体内容是:三峡河段以三峡工程一级开发;大坝按最终规模坝顶高程185 m一次建成;水库分期蓄水,初期156 m,最终正常蓄水位175 m;移民在统一规划前提下按最终蓄水位进行连续搬迁安排。根据1993年国务院三峡工程建设委员会(以下简称三峡建

收稿日期: 2005- 03- 17

作者简介: 王殿常,男,北京海淀区北蜂窝中路3号国务院三峡工程建设委员会办公室水库管理司,高级工程师,主要研究方向为水利工程环境保护;E- mail: wangdch96@mails.tsinghua.edu.cn.

[8] AMIGUES J- P, FAVARD P, GAUDET G, et al. On the optimal order of natural resource use when the capacity of the inexhaustible substitute is limited[J]. Journal of Economic Theory, 1998, 80: 153- 170.

[9] CHAKRAVORTY U, KRULCE D L. Heterogeneous demand and order of resource extraction[J]. Econometrica, 1994, 62(6): 1 445- 1 452.

[10] IM E I, ROUMASSET J. Optimal extraction sequence of energy resources: a general equilibrium approach (Unpublished). - 62 -

[11] IM E I, CHAKRAVORTY U, Roumasset J. Discontinuous extraction of a nonrenewable resource (Unpublished).

[12] CHAKRAVORTY U, KRULCE D, ROUMASSET J. Specialization and nonrenewable resources: ricardo meets ricardo (Unpublished).

[13] 罗杰·珀曼,马越,詹姆斯·麦吉利夫雷,迈克尔·科蒙. 自然资源与环境经济学[M]. 北京: 中国经济出版社, 2002.

(责任编辑 黄永明)