

文章编号: 1009-6094(2012)05-0147-04

基于生命周期评价的土地 利用环境影响评价综述^{*}

杨孝光, 陈 莎, 任丽娟

(北京工业大学环境与能源工程学院, 北京 100124)

摘 要: 土地利用过程会引起一系列生态环境问题, 如生物多样性破坏、生态支持功能衰弱、自然生态环境破坏等。介绍了国内外生命周期评价中土地利用研究的发展历程, 总结了生命周期评价中不同土地利用方式——土地占用及土地转变使用用途对生物多样性破坏、生态支持功能衰弱、自然生态环境破坏 3 个方面的评价方法、计算模型及应用实例, 并对目前生命周期评价中关于土地利用的环境影响评价存在的问题进行了分析。

关键词: 环境科学技术其他学科; 生命周期评价; 土地利用; 生物多样性; 生态支持功能; 生态破坏

中图分类号: X826 **文献标识码:** A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6094.2012.05.032

0 引言

目前地球上大部分土地都被人类利用, 大量的自然土地转变了原来的使用用途而成为森林、农田、建筑用地、工业用地等。只有很少的一部分土地仍然保持着原来的自然属性。这样高密度和高强度对自然土地的利用必然会造成一系列的生态问题, 包括土壤的酸化和荒漠化、土壤中水资源的流失、生物多样性的锐减、生态化学毒性等。为此, 在生命周期评价中将土地利用造成的环境与生态影响作为一个评价类别具有重要意义。生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)“是对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价”^[1]。迄今, LCA 作为一种评价产品、工艺或服务整个生命周期环境后果的分析工具, 在很多领域中已有广泛应用。例如, 在企业中对新产品开发、工艺改进、再循环工艺设计等的环境影响进行评价与比较, 对企业的清洁生产和环境管理等发挥重要作用^[2]。

LCA 中对土地利用评价的研究始于荷兰莱顿大学环境研究中心(CML), Heijungs 等^[3]在 1997 年率先将土地利用作为 LCA 评价的一个环境影响类别, 并在 CML2001 评价方法中给出了土地利用的标准化值($1.24 \times 10^{14} \text{ m}^2/\text{a}$)。国际环境毒理与环境化学学会(SETAC)于 1999 年召开的生命周期影响评价(Life Cycle Impact Assessment, LCIA)工作组会议中, 将土地利用作为 LCIA 的一个环境影响子类别^[4]。此外, Llorenç^[5]提出 LCIA 土地利用的评价范畴包括对所有与土地利用相关内容的识别、相关评价内容的识别、土地利用的生命周期清单(Life Cycle Inventory, LCI)和 LCIA 影响类别的合理结合、土地利用

关键性问题的识别。土地利用的评价要将 LCI 的结果合理科学地分配到 LCIA 对土壤、空气、水的环境评价中, 找出土地利用对环境影响最为严重的类别。如对由生物燃料需求增多而引起的一系列环境问题科学评价是当前国际 LCA 研究的热点之一。对于由于生物燃料需求增多引起的 LCA 的评价, 不仅要农作物的生产、农作物的加工、成品生物燃料的燃烧等做评价, 还应对于生物燃料需求增多引起的土地利用变化做相应的评价^[6]。

SETAC 将土地利用过程中需要注意保护的项目划分为 4 个, 分别是人体健康、自然环境、自然资源和社会环境。对于自然环境的评价主要集中在生命支持功能、生态服务、自然土地的侵占、生物多样性。而在土地利用的类型上, 众多学者将其分为土地占用和土地转变使用用途两种类型^[7-11], 并采用不同的方法进行环境影响评价。影响类别主要集中在生物多样性破坏、生态支持功能损坏、自然生态环境破坏 3 个方面。

1 基于 LCA 的土地利用引起的生物多样性破坏研究

生物多样性是指生物之间的多样化和变异性及物种生境的生态复杂性, 是一个区域固有的自然价值。生物多样性一般包括物种多样性、遗传多样性和生态多样性 3 个层次^[12]。由于植物物种的数量和数据比较科学充分, 因此, 对生物多样性的评价一般采用植物物种多样性作为评价因子。

对生物多样性破坏的研究, 不同的研究者提出的评价方法差异很大。Michelsen^[13]对 LCA 中土地利用引起生物多样性破坏的评价中, 引入土地利用面积和使用时间以及土地类型对生态质量的影响, 提出了土地生态质量的评价公式。

$$Q = ES \times EV \times CMB \quad (1)$$

式中 Q 为生态质量; ES 为生态稀缺性; EV 为生态脆弱性; CMB 为生物多样性可持续状况。

Michelsen 用该方法对在挪威加工 1 m^3 的圆木做了 LCA 评价。评价的系统边界包括林木种子的准备、种植、土壤的翻松、杂草的清除、林路的修建, 生物多样性作为其评价的 1 个子类别。结果表明, 生产 1 m^3 的圆木每年造成的生物多样性破坏为 0.131。

O'Connor^[14]利用层次分析方法对南非热带草原土地利用过程中的生物多样性破坏进行了评价。根据草原的实际用途将其划分为 10 种类型, 分别为草原区、放牧区、狩猎区、旅游区、农村定居区、旱田区、水田区、牧场区、森林区、城市居住区。为保证评价生物多样性的完整性, 考虑了该区的组成、结构、功能。根据层次分析法的评价结果, 对热带草原转变为不同的土地类型所带来的生物多样性变化程度进行了定量评价。

Vogtländer 等^[15]则以植物群为参考对象, 从植物的两个特征化体系, 即物种丰富性和生态稀缺性对土地使用过程中的生物多样性做了评价分析。土地利用过程中物种丰富性变化因子(Species Richness Indicator, ΔSRI)计算式为

$$\Delta SRI = A \frac{\Delta S}{S_{ref}} \quad (2)$$

式中 A 为土地面积; ΔS 为土地使用前后物种的变化差异; S_{ref} 为本地区的参考值。

土地利用中生态系统的稀缺性评价是将本地区稀有植物

^{*} 收稿日期: 2012-02-16

作者简介: 杨孝光, 硕士研究生, 从事环境影响评价研究; 陈莎(通信作者), 副教授, 博士, 从事环境化学与环境影响评价研究, chensha@bjut.edu.cn。

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划重点项目(2011BAC04B03); “十二五”国家科技支撑计划重点项目(2011BAC04B04)

作为评价对象,首先求出 28 种生态类型的 1 km^2 植物价值总和

$$Q = \sum_{i=1}^{28} V_i C_i \quad (3)$$

式中 Q 为植物价值总和; V 为生态类型的稀缺系数; C 为相关物种丰富程度系数。

根据式(4)求出该土地利用过程的生态稀缺性变化因子 (Ecosystems Rarity Indicator, ΔERI)。

$$\Delta \text{ERI} = A \frac{Q}{\Delta Q_{\text{thre}}} \quad (4)$$

式中 ΔERI 为生态稀缺性变化因子; ΔQ_{thre} 为濒临灭亡植物价值总和。

为在 LCA 土地利用中对生物多样性影响进行评价, Koellner^[16]等在土地利用生态系统破坏的基础上研究了欧洲中部的生物多样性的特征化因子。根据相关资料考查森林、农田、人居住地 3 种土地类型的植物、藓类、软体动物以及濒临灭亡的植物物种的多样性,以当前区域内的物种数量为参考,采用线性和非线性模型方法计算前面几种物种的生态损坏潜能 (EDP)。根据研究的 53 种土地类型中植物物种的数量将它们划分为 6 种强度。开采过度的森林和农田的生物多样性较低,为 $5.7 \sim 5.8$ 植物物种/ m^2 ; 人活动地面、开采利用率低的森林和未利用的地面生物多样性适中,为 $9.4 \sim 11.1$ 植物物种/ m^2 ; 低利用强度的农田的生物多样性较高,为 16.6 植物物种/ m^2 。

Gey 等^[17-18]将地理信息系统和 LCA 相结合,对 LCA 土地利用过程中的生物多样性进行了评价。地理信息系统用于检测加利福尼亚州生产燃料乙醇的玉米、甘蔗农田区。一共检测到 29 种栖息地类型,总面积为 $2\,538\,482 \text{ hm}^2$ 。采用 Hemeroby 概念、生物多样性、物种丰富度、物种均匀性 4 种不同特征化因子对其进行了评价。计算公式为

$$\text{BIP} = \sum_j \text{CF}_j \times a_j \quad (5)$$

式中 BIP 为生物多样性影响潜能; CF 为土地类型的特征化因子; a 为面积。研究发现 4 种方法的生物多样性评价结果和生物燃料乙醇产量之间没有线性关系,从而认为燃料作物的面积和酒精的产量之间没有线性关系。而乙醇产量的提高致使本地区生产其他作物的农田转变了使用用途。这种转变所引起的物种多样性变化值可以忽略。

目前,在 LCA 的土地利用过程中的研究多集中在生物多样性破坏方面,特别是植物物种丰富程度的评价上,而没有对基因和生态系统多样性做相关研究。同时,国际上采用不同的生物多样性评价方法也存在争议,这是 LCA 土地利用过程中生物多样性评价亟须解决的问题。

2 基于 LCA 的土地利用过程引起的生态支持功能破坏研究

生态支持功能的作用是维持生态系统生命过程,例如物质循环的相连惯性、气候调节、土地结构功能完整性等。它维持着土壤、水、大气圈生产、调节、再更新功能^[19]。生态支持功能可以被认为是一个地区动态自然价值的表现。一般一个区域的净初级生产力被用来衡量其生态支持功能。因此,对于一个区域主要是通过物质循环和土壤的生产能力关注其生产能力和再生能力。

Lindejjer^[8]提出了对土地利用过程中区域生态功能支持的评价方法。将自由净初级生产力 (fNPP) 作为生态支持功能的基础,并依据国际惯例将土地利用分为土地占用和土地转变使用用途两部分,它们的生态功能破坏评价计算公式分别为

$$\text{EO}_{\text{LS}} = At \times (\text{fNPP}_{\text{ref}} - \text{fNPP}_{\text{act}}) \quad (6)$$

$$\text{EC}_{\text{LS}} = A \times (\text{fNPP}_{\text{ini}} - \text{fNPP}_{\text{fin}}) \quad (7)$$

式中 EO_{LS} 为土地占用生态功能破坏; EC_{LS} 为土地转变使用用途生态功能破坏; A 为土地面积, m^2 ; t 为土地占用时间; fNPP_{ref} 为参照的自由净初级生产力; fNPP_{act} 为占用后的自由净初级生产力; fNPP_{ini} 为转变前的自由净初级生产力; fNPP_{fin} 为转变后的自由净初级生产力。

Yu 等^[20]基于生态系统的净初级生产力 (Net Primary Productivity, NPP) 评价不同土地类型土地利用过程所造成的生态系统质量损坏,提出了中国土地利用的特征化值。

$$\text{LUF}_{\text{occ}} = \Delta Q_{\text{nature}, n} \quad (8)$$

式中 LUF_{occ} 为土地占用的特征化值; $\Delta Q_{\text{nature}, n}$ 为由自然土地转变为占用土地后的净初级生产力的变化值。

设定常绿阔叶林土壤中的 NPP 含量最高,研究了其他的土地类型 (森林、灌木丛、草地、农田、沙漠、城市) 土壤转变为常绿阔叶林 NPP 含量变化—— LUF_{tran} 。土地转变过程的特征化值的计算公式为

$$\text{LUF}_{\text{tran}, 1-2} = \frac{1}{2} \Delta Q_{\text{nature}, n} \Delta t_{\text{res}, n} \quad (9)$$

式中 $\text{LUF}_{\text{tran}, 1-2}$ 为由一种土地类型转变为其他土地类型的特征化值; $\Delta t_{\text{res}, n}$ 为恢复时间。

他们提出了土地占用和土地转变使用用途造成的生态支持功能损坏评价公式

$$\text{LUI}_{\text{occ}} = \Delta Q_{\text{nature}, 1} A_{\text{occ}} t_{\text{occ}} \quad (10)$$

$$\text{LUI}_{\text{tran}} = \frac{1}{2} (t_{\text{res}, 2} \Delta Q_{\text{nature}, 2} - t_{\text{res}, 1} \Delta Q_{\text{nature}, 1}) A_{\text{tran}} \quad (11)$$

式中 LUI_{occ} 为土地占用过程对生态支持功能影响; LUI_{tran} 为土地转变使用用途对生态支持功能影响; A_{occ} 为土地占用面积, m^2 ; t_{occ} 为土地占用时间; t_{res} 为土地恢复所需年限。

以生态系统的净初级生产力作为生态系统的基本功能来评价其生态受损情况的研究相对较少,这主要是因为净初级生产能力对于不同的土地类型难以得到具体的数值。将生态功能作为 LCA 中土地利用评价的一个子类别,不同土地类型的净初级生产值和土地转变使用用途的转变、恢复年限是评价的关键数据,其准确性依然需要提高。

3 基于 LCA 的土地利用引起的自然生态环境破坏研究

自然生态环境是指存在于人类社会周围的对人类的生存和发展产生直接或间接影响的各种天然形成的物质和能量的总体,是自然界中的生物群体和一定空间环境共同组成的具有一定结构和功能的综合体,如地质地貌、气候、水文、土壤、矿藏、动植物等^[21]。自然生态环境的破坏必然会引起此系统功能的紊乱,如造成人类、动物、植物的生存条件恶化。

Brentrup 等^[22]在 Hemeroby (Hemeroby 是指测定人类对生态的影响^[21]) 概念的基础上,对 LCA 中土地利用的生态环境影响做出评价。选定自然退化潜能 (NDP) 作为评价内容,根据

土地破坏的程度将土地划分为 11 种类型, NDP 值为 0.0~1.0。依据 ISO 14042 生命周期影响评价的步骤得出了土地利用过程中自然退化的特征化值、标准化值,并采用目标距离方法对其加权,使土地利用评价能与国际认可的 LCA 方法接轨。Koellner 等^[23]创建了土地占用和土地转变使用用途造成的自然环境破坏潜能(EDP)的评价方法。土地占用的评价方法为

$$D_{occ} = EDP_{t_1} A_{occ} T_{occ} \quad (12)$$

土地转变使用用途分为 3 个部分:土地转变使用用途过程、土地使用过程、土地恢复过程。其评价公式依次为

$$D_{trans} = A_{trans} T_{trans} \left[\frac{1}{2} \left| \left(EDP_{t_1} - EDP_{t_0} \right) \right| \right] \quad (13)$$

$$D_{occ} = EDP_{t_1} A_{occ} T_{occ} \quad (14)$$

$$D_{rest} = A_{rest} T_{rest} \left[\frac{1}{2} \left| \left(EDP_{t_3} - EDP_{t_2} \right) \right| \right] \quad (15)$$

式中 D 为破坏潜能; EDP 为自然生态损坏潜能; A 、 T 分别为土地占用或转变使用用途的面积、时间; t 为土地占用或转变使用用途所处的具体时间。

目前,基于 LCA 的土地利用过程中自然生态系统破坏的研究仍然很少,其原因主要是很难找出一个可以量化其破坏程度的功能单位,采用自然退化潜能和环境破坏潜能等评价因子,其客观可量化程度较低,更多是主观性的打分判断。

4 基于 LCA 的土地利用环境影响评价问题分析

相对于在 LCA 中其他环境影响类别的评价方法,土地利用过程引起生态问题的评价方法处于探索阶段,其评价类型、评价方法、影响因子、计算模型等都有待进一步提高和完善。主要表现在以下几个方面。

1) LCA 中土地利用的总体评价受关注程度不高,这是因为土地利用过程中造成的一系列危害没有如全球气候变暖和酸雨效应直接危害到人们的切身利益。同时,相关数据、评价方法和评价因子的缺失也是在 LCA 中省去土地利用影响的原因。

2) 土地利用过程造成的自然危害评价主观性较强。一个生态系统中的生态环境及其动植物的评价首先建立在评价者对其调查程度上,对于初始真实状况难以掌握,因此评价难以客观的反应生态系统破坏程度。这就要求未来对土地利用过程造成的生态破坏建立客观、可量化的评价方法,并建立不同区域土地利用生态破坏评价因子基础数据库。

3) 目前研究缺少对整个土地利用过程土地占用和土地转变使用用途造成环境损害的总体评价,其主要原因是不同的研究者对土地利用过程引起的环境问题关注度不同。未来当评价一个区域的土地利用变化带来的环境影响时,评价者应将生物多样性破坏、土地生态支持功能、自然环境生态破坏在 LCIA 中合理体现出来。

4) 时间和空间的变化在基于 LCA 土地利用环境影响评价中的影响难以科学确定。一块土地的使用面积会随着时间发生变化,一块土地使用时间一般在 20 a 以上^[23],科研者难以对其整个使用过程全面了解;而对于土地从一种类型转变为另一种类型的转化和恢复时间也难以确定。将来应对各

域内的土地利用状况进行实时统计更新,以掌握其土地使用过程中的时间和空间数据,为科学地评价土地占用和土地转变使用用途提供支撑。

5) 基于 LCA 的土地利用环境影响评价的研究主要集中在自然系统的破坏与损失方面。但调查数据表明,向大气中排放的 CO_2 有约 25% 来自土地利用的变化。此外,大气中 70% 的 CH_4 和 90% 的 N_2O 也是来源于农业活动和土地利用方式转换等过程^[24]。因此,土地利用过程中的温室气体排放问题应该得到更好的重视。对于建立土地利用过程所引起的温室效应的评价方法是未来亟须解决的问题。

5 结论

1) 针对目前两种土地利用方式——土地占用及土地转变使用用途,生命周期理论应用于土地利用的环境影响时主要从生物多样性破坏、生态支持功能衰弱、自然生态破坏 3 个方面进行评价。

2) 目前,对基于 LCA 的土地利用过程生物多样性破坏的研究多集中在植物物种丰富度的评价基础上;对生物多样性破坏评价的指标主要包括系统生态稀缺性、生态脆弱性、生态物种丰富度以及生态损坏潜能等。

3) 对生态支持功能破坏的评价选取系统的净初级生产力作为评价指标;对自然生态环境破坏则主要选取系统退化潜能和环境破坏潜能两个指标。

4) 基于 LCA 理论的土地利用过程的环境影响评价还存在一些需要研究与解决的问题:如其评价类型、评价方法、影响因子、计算模型等仍需进一步提高和完善;对生态系统的初始生态环境及其动植物种类、数量需要进一步监测,提高其客观评价结果。

5) 鉴于土壤呼吸及其他微生物活动向大气中排放大量的温室气体,应建立土地利用过程所引起的温室效应的评价方法。

References(参考文献):

- [1] ISO/DIS 14040 *Environmental management-life cycle assessment-part: principles and framework* [S].
- [2] RUSSELL A, EKVALL T, BAUMANN H. Life cycle assessment 'introduction and overview' [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2005, 13(13/14): 1207-1210.
- [3] HEIJUNGS R, GUINEE J, HUPPES G. *Impact categories for natural Resources and land use* [M]. Leiden: Centre of Environmental Science (CML), 1997.
- [4] UDO de H H, JOLLIET O, FINNVEDEN G, et al. Best available practice regarding impact categories and category indicators in life cycle impact assessment. Background document for the second working group on life cycle impact assessment of SETAC-Europe (WIA-2) part A [J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1999, 4(2): 66-74.
- [5] UDO de H H A. How to approach land use in LCIA or how to avoid the cinderella effect? Comments on 'key elements in a framework for land use impact assessment within LCA' [J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2006, 11(4): 219-221.
- [6] KLVERPRIS J, WENZEL H, BANSE M, et al. Conference and workshop on modelling global land use implications in the environmental

- assessment of biofuels[J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2008, 13(3): 178-183.
- [7] KOELLNER T. *Land use in product life cycles and ecosystem quality* [M]. New York; Bern Peter Lang, 2003.
- [8] LINDEIJER E. Biodiversity and life support impacts of land use in LCA [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2000, 8(4): 313-319.
- [9] LINDEIJER E. Review of land use impact methodologies [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2000, 8(4): 273-281.
- [10] LINDEIJER E, MULLER-WENK R, STEEB B. *Life-cycle impact assessment: striving towards best practice* [M]. Florida; SETAC Press, 2002.
- [11] LINDEIJER E, STEEN B, MULLER-WENK R. *Impact assessment of resources and land use* [M]. Brussels; SETAC, Taskforce on Resources and Land, 2001.
- [12] LIN Yuanxiang(林源祥). Study of Biodiversity conservation and construction in urban gardens and green spaces [J]. *Journal of Guangdong Landscape Architecture* (广东园), 2005, 1(27): 10-12.
- [13] MICHELSEN O. Assessment of land use impact on biodiversity proposal of a new methodology exemplified with forestry operations in norway [J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2007, 13(1): 22-31.
- [14] O'CONNOR T G, KUYLER P. Impact of land use on the biodiversity integrity of the moist sub-biome of the grassland biome. South Africa [J]. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(1): 384-395.
- [15] VOGTLANDER J G, LINDEIJER E. Characterizing the change of land-use based on flora; application for EIA and LCA [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2004, 12(1): 47-57.
- [16] KOELLNER T, SCHOLZ R W. Assessment of land use impacts on the natural environment part 2: generic characterization factors for local species diversity in central europe [J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2008, 13(1): 32-48.
- [17] GEYER R, LINDNER J P, DAVID M, et al. Coupling GIS and LCA for biodiversity assessments of land use part 1: inventory modeling [J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2010, 15(5): 454-467.
- [18] GEYER R, LINDNER J P, STOMSW D M, et al. Coupling GIS and LCA for biodiversity assessments of land use part 2: impact assessment [J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2010, 15(7): 692-703.
- [19] MUNRO D A, HOLDGATE M W. *Caring for the earth* [M]. Gland; The World Conservation Union, United Nations Environment Programme, World Wide Fund For Nature, 1991.
- [20] LIU Y, NIE Z R, SUN B X, et al. Development of chinese characterization factors for land use in life cycle impact assessment [J]. *Science China Technological Sciences*, 2010, 53(6): 1483-1488.
- [21] JIANG Rongguo(姜荣国). On the ways of coordinate development of natural ecological environment and the artificial social environment [J]. *Journal of Petrochemical Universities of Sinopec* (石油化工高等学校学报), 1994, 7(4): 62-69.
- [22] FRANK B, JIIRGEN K, JOACHIM L, et al. Life cycle impact assessment of land use based on the hemeroby concept [J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2002, 7 (6): 339-348.
- [23] KOELLNER T. Land use in product life cycles and ecosystem quality part 1: an analytical framework for pure land occupation and land use change [J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2007, 12 (1): 16-23.

- [24] RICHARD A H, LUO Tianxiang(罗天祥). Transformation from carbon source to carbon sink in terrestrial ecosystem [J]. *AMBIO—A Journal of the Human Environment* (AMBIO——人类环境杂志), 1996, 25(4): 267-272.

Review of environmental impact assessment of land use based on life cycle assessment

YANG Xiaoguang, CHEN Sha, REN Lijuan

(College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: A series of environmental problems such as degradation of biodiversity, depression of ecological support and damage to natural ecological environment are caused by the land use. Life Cycle Assessment (LCA) has been widely applied for assessing the result of environmental impact in land use for over ten years. In this article, the LCA development in the land use (forest, pasture, cropland, wetland, residence) was introduced. The article also summarized the LCA assessment methods of two types of land use, i.e. land occupation and land use change, which included accounting models in evaluating the degradation of biodiversity, depression of ecological support and damage brought to natural ecological environment. Ecosystem Vulnerability, Conditions for Maintained Biodiversity, Species Richness, Ecosystems Rarity and Ecosystem Damage Potential were chosen as the indicators for evaluating the degradation of biodiversity; whereas, Net Primary Productivity (NPP) was selected as the indicator for assessing the depression of ecological support. Naturalness Degradation Potentials (NDP) and Ecosystem Damage Potential (EDP) were chosen as two key indicators in terms of evaluation of the damage to natural ecological environment Destruction. In addition, the following problems found in LCA should be solved in future. (1) The assessment methods of ecological problems caused by land use were still in the exploratory stage compared with other environmental impact categories in LCA; the assessment types, assessment methods, impact factors and accounting models should be improved in the future. (2) It is difficult to precisely evaluate the damage degree to ecosystem because its original state and information of all flora and fauna can not be obtained comprehensively. (3) Exact determination of the LCA results from changes in time and space in land use. (4) Establishment of the LCA models for evaluating the greenhouse gases emission in land use due to the quantities of GHG released from soil respiration.

Key words: environmental science and technology; life cycle assessment; land use; biodiversity; ecological support; ecological damage

CLC number: X826

Document code: A

Article ID: 1009-6094(2012)05-0147-04