

基于生态足迹的中亚区域生态安全评价

吉力力·阿不都外力, 木巴热克·阿尤普

(中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要: 利用生态足迹理论与方法, 运用生态足迹压力指数模型, 对中亚不同区域的生态安全进行了评价。分别测算中亚四国的人均与区域总生态足迹、生态承载力、生态赤字和生态足迹压力指数。最后按照生态足迹压力指数来评价中亚各国生态安全状态。评价结果如下: (1) 吉尔吉斯斯坦 14 年平均生态赤字为 0.0900 ha/capita; 平均生态足迹压力指数为 0.9388, 处于稍不安全状态。(2) 土库曼斯坦的多年平均生态赤字为 0.3303 ha/capita; 平均生态足迹压力指数为 1.1327; 哈萨克斯坦的多年平均生态赤字为 0.8379 ha/capita, 平均生态足迹压力指数为 1.2320, 都处于较不安全状态。(3) 乌兹别克斯坦的区域总承载力由 1994 年的 28807119 ha 下降到 2005 年的 28527138 ha, 而区域总生态足迹有所增加, 即从 44598092 ha 增加到 51761368 ha; 多年平均生态赤字为 0.8181 ha/capita; 平均生态足迹压力指数为 1.7540, 处于相对很不安全状态。根据计算结果, 中亚 4 国的多年平均生态安全都处于不安全状态, 但不安全程度有所差别, 吉尔吉斯斯坦的生态安全处于相对较好状态, 其次为土库曼斯坦, 哈萨克斯坦; 乌兹别克斯坦的生态安全相对其他中亚国家而言处于相对很不安全状态。

关键词: 中亚; 生态足迹; 生态承载力; 生态足迹压力指数; 生态安全评价

文章编号: 1000-0585(2008)06-1308-13

1 引言

几十年来随着人口增长和经济发展, 尤其是土地利用和城市化发展给区域资源带来巨大的压力, 造成了各国自然资源数量上的大量丧失和类型的减少, 区域生态安全问题越来越突出, 环境恶化已经威胁到人类的生存与发展。因此, 我国西部邻近的中亚区域资源开发、环境保护与生态系统的安全性问题已引起世界很多国家政府和有关专家的广泛关注, 对生态安全的研究已经成为全世界的共识^[1]。国内外许多学者从理论和方法上对生态安全进行了广泛的研究^[1~10], 但由于生态安全内涵的丰富性和复杂性, 至今还未有统一的定义和研究方法。生态安全评价和分析是生态安全研究的主要内容, 对于一个国家和地区的经济、资源合理利用和生态环境建设起着至关重要的作用。在区域生态安全评价体系上, 目前国内外不少学者引用联合国环境规划署 (UNEP) 和经济合作开发署 (OECD) 提出的 P-S-R 框架模型 (压力-状态-响应) 或者 P-S-R 扩展模型, 也有从土地利用/覆盖度、景观生态学角度来研究和评价生态安全, 这些方法和研究成果的指导思想就是选择从生态环境变化敏感的生理生化性质为指示器, 监测其对生态环境变化的反映, 以判断生

收稿日期: 2008-07-08; 修订日期: 2008-09-23

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-307, KZCX3-SW-355); 国家自然科学基金资助项目 (40671170)

作者简介: 吉力力·阿不都外力 (1964-), 男, 维吾尔族, 新疆拜城人, 研究员, 2005 年俄罗斯莫斯科大学获博士学位。从事地理生态学方面的研究工作, 国内外发表文章 40 余篇。E-mail: jilil@ms.xjb.ac.cn

态安全与否, 这符合人们所熟悉的环境污染及环境影响评价方面的思路, 但环境与生物方面的指标牵涉的因素众多, 具体操作比较困难^[11, 12], 因此在实际研究工作中, 在较大范围和较大程度上采用一种便于理解和计算的科学评价方法是十分重要的。

生态足迹是根据人类社会对自然资源的依赖性来定量测度区域可持续发展状态的一种理论与方法^[13, 14], 它形象地反映了人类经济活动对环境影响的程度。由于生态足迹方法将可持续发展理念上升到定量测度的可操作层面, 并且该方法简明、合理, 很快成为生态安全和可持续发展定量评价研究的热点^[13~45]。国际上关于生态足迹的研究可以追溯到上个世纪 70 年代, E. P. Odum 讨论了在能量意义上被一个城市所要求的额外的“影子面积”(shadow area)^[15, 16], 在此基础上加拿大生态经济学家 William Rees^[17]于 1992 年提出生态足迹概念, 并由 Wackernagel 等^[18]对其理论和方法加以完善。此概念自 1999 年被引入我国^[19]以来, 许多学者分别从理论、方法、计算模型等方面进行了大量的研究。生态足迹方法的出现, 不仅是针对全球环境问题, 也是针对发达国家对发展中国家的生态剥夺的迫切需要量化的问题而提出的^[20, 21]。《国家生态足迹》报告中首次计量了全球 52 个国家 1993 年的生态足迹, 这 52 个国家拥有世界 80% 的人口和 95% 的世界国内生产总值, 对全球可持续发展的影响举足轻重^[22]。生态足迹方法具有很强的现实性, 但是也存在弱点和前提假设的缺陷, 这些不足后来都逐渐得到了改进, 如从单一年的生态足迹静态评估^[23, 24]发展到长时间序列的动态评估^[25, 26], 出现了适用于宏观和微观尺度的将用能值法^[27], 产品生命周期分析^[28], 热力动力学方法^[29], 投入产出分析相结合的各种分析方法^[30], 尤其是近期出现了对投入产出法的详细分析和案例应用^[31], 这些都在一定程度提高了生态足迹评价方法的真实性和可靠性。

中亚区域是典型的内陆干旱、半干旱地区, 与我国西北干旱地区在气候、自然地理条件以及所面临的生态与环境问题, 如淡水资源短缺、水污染、土地荒漠化和盐渍化、水土流失等方面相似, 都属于生态环境脆弱区。另外, 中亚国家与我国新疆在传统文化和生活水平等方面也有很相同的地方。到目前为止, 对我国西北干旱地区的生态足迹已有较广泛的研究^[32~35], 其中, 陈东景等对西北五省区在 1999 年的生态足迹进行测算^[35], 结果表明陕、甘、宁、青, 新疆都出现生态赤字, 西北干旱区目前呈不可持续发展状态。除此之外, 常斌、陈东景等计算了甘肃、新疆的生态足迹^[32, 33], 韦良焕等用生态足迹方法来研究青海省生态安全的多年变化状况, 结果显示, 青海省近 11 年来的自然生态处于较安全的状态, 但生态压力指数呈上升趋势^[34]。

虽然生态足迹模型的计算结果只能反映经济政策对环境的影响, 是一种现实情况的衡量, 但是它能够反映在一定的社会发展阶段和一定的技术条件下, 人们的社会经济活动与当时生态承载力之间的差距。因此, 本文运用生态足迹压力指数模型, 对中亚不同国家长时间序列的生态安全动态变化进行分析, 以期为我国和世界其他干旱地区今后的生态安全、可持续发展评估和比较研究提供学术参考。

2 研究区概况

中亚国家(哈萨克斯坦, 吉尔吉斯斯坦, 塔吉克斯坦, 土库曼斯坦和乌兹别克斯坦)地处欧亚大陆腹地(图 1), 是欧亚大陆干旱中心, 西风环流作用下的独特生态单元。总面积为 $3.882 \times 10^6 \text{ km}^2$, 总人口为 58×10^6 人(2006 年)。属温带大陆性气候, 是太阳辐射、大气环流及地理条件的相互作用和制约下形成的特殊区域, 其中自然地理条件是中亚区域



图 1 研究区域示意图

Fig 1 Location of the study area

干旱环境形成的基础因素。区域景观以沙漠和草原为主，山地是平原区的主要水源。中亚国家有丰富的自然资源，具有经济可持续发展的潜力，丰富的矿产资源、水、土地资源和自然资源为中亚区域农牧业和工业的发展提供了很好的物质基础，其中碳水化合物和矿物资源储存量居世界前列。中亚国家的天然气储量占世界天然气储量的 4.4%，石油和煤炭储量占 7.7%；吉尔吉斯斯坦的淡水资源储量占欧亚大陆淡水资源储量的 43%^[36]。中亚又是棉花和谷类出口国家。中亚国家的农业灌溉、饮用水和水电需求量主要依靠咸海流域的河流来满足，其中锡尔河与阿姆河是最大的国际河流。咸海流域面积约为 $180 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中中亚 5 个国家在流域范围内的总面积为 $151 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占中亚总面积的 1/4 以上。中亚区域水资源的自然分配很不均匀，如塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦作为流域上游国家，境内形成的径流量为 79.03 km^3 ^[37] 约占流域总径流的 77%，但利用水量仅为 15.81 km^3 ^[38]，是主要的地表水资源形成国家。哈萨克斯坦、土库曼斯坦和乌兹别克斯坦都处于流域中、下游，年均径流量只占流域总径流量的 13%，但水资源利用量为 89.15 km^3 ^[38]，是主要的水资源消费国家，其中乌兹别克斯坦是最大水资源用户国家。从上世纪 70 年代至今由于大规模开发利用水资源对生态环境的负面延迟效应日益凸现，湖泊湿地干涸萎缩甚至消失，湖泊河流水质恶化，生物种类和数量急剧减少，土地盐碱化、沙化、牧场退化日益严重，沙尘暴和盐尘暴频发，农牧业遭到严重损失。

中亚 5 国作为发展中国家，人口增长是社会、经济和环境问题的主要根源，根据联合国发展规划署(UNDP)的统计报告^[39]，1975 年到 2005 年哈萨克斯坦的年均人口增长率为 0.2%，吉尔吉斯斯坦为 1.5%，塔吉克斯坦为 2.1%，土库曼斯为 2.2%，乌兹别克斯坦为 2.1%，各区域总人口密度在 1990 年分别为 6.1, 22, 38.7, 7.8, 48.2 人/ km^2 ，2005 年增加到 5.5 (哈萨克斯坦人口密度降低)，26.8, 46.8, 10.29, 61.51 人/ km^2 ，区域总人口数从 1990 年的 50.4×10^5 增加到 2006 年的 58×10^6 人，增长 15.3%。

3 研究方法 with 评价体系建立

3.1 指标体系的构建

根据评价指标选取的科学性、整体完整性、代表性、可比性和可操作性原则，依据生

态足迹评价的理论与方法，参考生态足迹方法和区域生态安全评价相关的研究成果^[6~8, 11, 12, 40, 42]，建立了区域生态安全评价指标体系(图2)。

3 2 生态足迹模型有关概念

3 2 1 生态足迹模型的建立

生态足迹是一种资源利用分析工具，它用生态空间大小表示人类对自然资本的消耗及自然系统能够提供的生态服务功能，从而对人类活动的可持续性作出评价；生态足迹的大小受人口规模、生活水平、技术条件和生态生产力等因素的影响。根据生态足迹理论将中亚区域的生态生产性土地 (ecological productive area) 分为 6 大类：耕地、草地、森林、化石能源用地、建筑用地和水域。区域总生态足迹计算公式为：

$$EF = N \cdot ef = N \cdot \sum (a_i) = N \cdot \sum (c_i / p_i) \tag{1}$$

EF：区域总生态足迹；N：人口；ef：区域人均生态足迹；i：不同消费项目；a_i：人均消费项目 i 换算成生态生产性土地面积；c_i：第 i 种消费项目的人均消费量；p_i：第 i 种消费项目的全球平均生产力。

3 2 2 生态承载力(ecological capacity) 计算模型的建立 Hardin 在 1991 年进一步明确定义生态容量为在不损害生态系统的生产力和功能完整的前提下，可无限持续的最大资源利用和废物产生率，在此基础上生态足迹学者将一个地区所能提供给人类的生态生产性土地的面积定义为该地区的生态承载力，以表征该地区的生态容量^[42]。

在生态承载力计算中，由于不同国家或地区的生物生产性土地类型的生产力差异大，而且不同地域同类生物生产性土地的生态生产力也有差异^[10, 42~45]，因此，不同国家或地区的同类生态生产性土地的实际面积不能直接对比，需要对不同类型的面积进行调整。为了解决这个问题，Wackernagel 等^[18]引入均衡因子和产量因子的概念。某类生物生产性土地面积的均衡因子等于全球该类生物生产性土地面积的平均生态生产力除以全球所有各类生物生产土地面积的平均生态生产力；产量因子表示某个国家或地区的某类生物生产性土地的平均生态生产力与同类土地的世界平均生产力之间的比率。因此，中亚区域的生态承载力可通过下面的公式来计算：

$$EC = N \cdot ec = N \cdot \sum a_j \times r_j \times y_j \quad (j = 1, 2, 3, \dots, 6) \tag{2}$$

EC：区域总承载力，ec：区域人均生态承载力，a_j：某种人均生物生产性土地面积，r_j：不同土地类型的均衡因素，y_j：某种生产性土地的产量系数。

3 2 3 生态足迹赤字计算模型 将生态足迹与生态承载力相减，差值为正时称生态赤字，表示该地区人均占用资源量超过了生态承载力；差值为负时称生态盈余，表示人均占用资

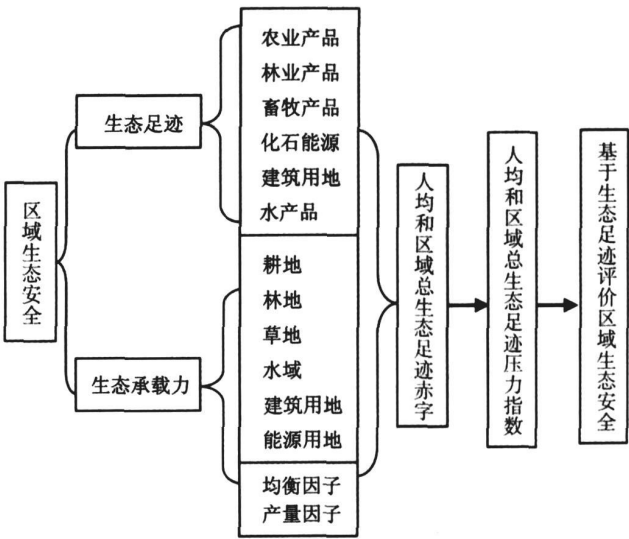


图 2 基于生态足迹区域生态安全评价指标体系
Fig. 2 The index system of ecological security assessment based on ecological footprint

源量在生态承载力允许的范围之内。该值定量地反映了研究区的可持续发展现状^[40,41]。

3 2 4 生态安全计算模型 由于生态足迹法存在缺陷, 为了改进该方法在评价区域可持续发展中的不足, 赵先贵等^[45] 在此方法基础上提出了生态压力指数、生态占用指数、生态经济协调指数和可持续发展指数等 4 个概念, 并制定了相应的指标等级划分标准, 形成新的指标体系。生态压力指数定义为某一国家或地区可更新资源的人均生态足迹与生态承载力的比值, 该指数越大, 说明区域的生态压力越大, 生态安全性越差; 生态占用指数代表经济发展水平的高低, 而生态经济协调指数反映经济发展与生态的协调性。根据本文的研究目的, 选用了生态压力指数来反映中亚不同国家的多年生态安全情况, 计算公式为:

$$T = EF/EC \quad \text{或} \quad t = ef/ec \tag{3}$$

T 或 *t*: 是区域生态足迹压力指数; *EF*: 区域总生态足迹; *EC*: 区域总生态承载力; *ef*: 区域人均生态足迹; *ec*: 区域人均生态承载力。

表 1 国家级生态安全评价标准^[45]

Tab 1 The grade of national ecological security assessment^[45]

等级	生态压力指数	表征状态	等级	生态压力指数	表征状态
1	< 0.50	很安全	4	1.01~ 1.50	较不安全
2	0.51~ 0.80	较安全	5	1.51~ 2.00	很不安全
3	0.81~ 1.00	稍不安全	6	> 2.00	极不安全

4 结果与分析

4 1 中亚不同区域人均生态足迹的多年变化

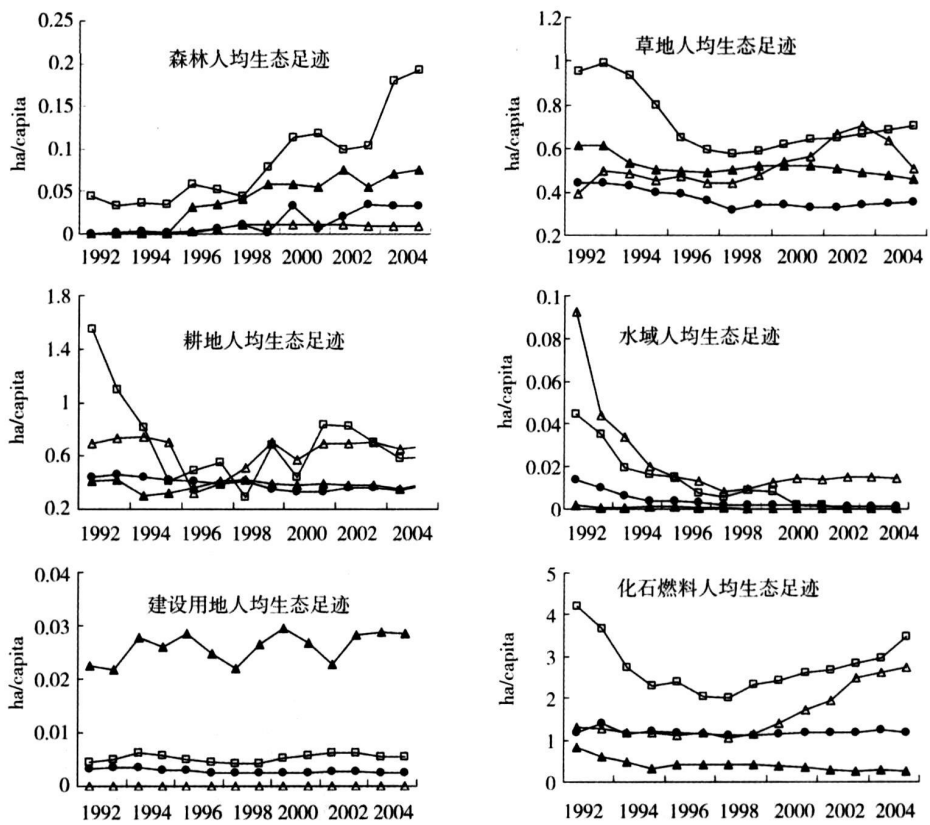
按照上面的生态足迹计算公式, 分别计算出了中亚 4 国 (哈萨克斯坦, 吉尔吉斯斯坦, 土库曼斯坦及乌兹别克斯坦) 从 1992 到 2005 年的人均生态足迹与生态承载力各成分的多年动态变化情况 (图 3)。

从图 3 可以看出, 哈萨克斯坦人均占用的森林面积一直处于上升趋势, 即 1992 年为 0.0445 ha/capita, 2005 年增加到 0.1923 ha/capita; 建设用地人均生态足迹没有明显的变化规律, 但有稍微上升。人均占用的水域面积反而下降; 化石燃料地、耕地及草地的人均占用面积从 1992 年到 1998 年出现下降的趋势, 但从 1999 年开始又表现出上升的趋势。

吉尔吉斯斯坦人均占用的化石燃料地、耕地、水域及草地面积呈下降, 即分别从 1992 年的 0.8256、0.4097、0.002、0.6112 ha/capita 下降到 2005 年的 0.2699、0.3894、0.0001、0.4563 ha/capita; 而森林和建设用地的人均占用面积分别为从 1994 年的 0.0001、0.0224 ha/capita 增加到 2005 年的 0.0758、0.0286 ha/capita。

对土库曼斯坦而言, 化石燃料地的人均占用面积呈明显的上升, 从 1992 年的 1.2999 ha/capita, 增加到 2005 年 2.7319 ha/capita; 森林和草地的人均占用面积出现上升, 而人均占用的建设用地及内陆水域面积有所下降; 对耕地人均占用面积而言, 除了 1996、1997 年以外基本上保持在 0.57~ 0.77 ha/capita 之间, 变化幅度不大。

乌兹别克斯坦化石燃料地人均占用面积的多年变化幅度不大, 基本上保持稳定, 即 1992 年的人均生态足迹为 1.1724 ha/capita, 2005 年为 1.1798 ha/capita; 耕地、草地、建设用地和水域面积的人均占用量分别从 1994 年的 0.4430、0.4408、0.0031、0.0139 ha/capita 下降到 2005 年的 0.3761、0.3540、0.0024、0.0013 ha/capita, 但下降幅度不大; 而人均占用的森林面积有所上升。



□ 哈萨克斯坦 ▲ 吉尔吉斯斯坦 ● 乌兹别克斯坦 △ 土库曼斯坦

数据来源: 耕地、草地、森林及水域面积和产品消费生产方面的部分数据来自于联合国粮农组织发表的粮农统计数据库, 粮食平衡表 (UN Food and Agriculture Organization, FAOSTAT, Food Balance Sheets, <http://www.fao.org/waicent>); CO₂排放量, 水力方面的部分数据来自于能量信息管理部, 国际能量年鉴 (Energy information administration, international energy annual 2005, <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/6source.html>)

图3 中亚区域人均生态足迹各成分的多年变化情况

Fig 3 The long term changes of per capita regional ecological footprint components in Central Asian

4.2 中亚不同区域人均生态足迹与承载力动态变化

根据生态足迹与承载力测算模型, 对中亚4国人均和区域总生态足迹与承载力进行了计算和评价。从表2和图4可以看出中亚4国多年人均和区域总生态足迹、生态承载力的动态变化状况。计算结果表明, 1992~2005年哈萨克斯坦的区域总生态足迹由111469548 ha下降到75417656 ha, 其中1998年的区域总生态足迹降到44607327.50 ha, 与当年总承载力(44271604 ha)几乎相等, 从1999年开始出现上升, 生态足迹的增加幅度比承载力大。

吉尔吉斯斯坦的区域总生态足迹从1992年至2005年由8378674 ha降到6349958 ha, 承载力也呈相似的变化趋势, 其中1992年到1994年都出现下降, 从1995年开始上升, 2000年又开始下降, 出现波动性变化趋势。

对土库曼斯坦而言, 从1992年至2005年区域总生态足迹出现增加的趋势, 尤其是从2002年开始生态足迹明显地增加, 同时生态承载力从1992年到2002年呈上升、从2003年又开始下降, 生态承载力与生态足迹之间的平衡开始失调。

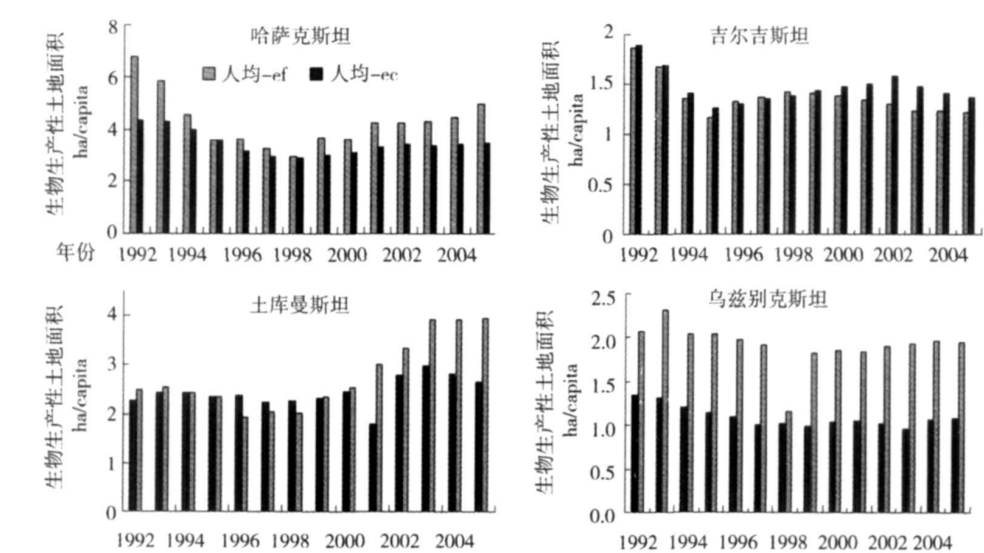
从乌兹别克斯坦的生态足迹与承载力变化趋势来看, 区域生态足迹超过区域生态承载力。从 1992 年至 2005 年, 区域总生态承载力由 28807119 ha 下降到 28527138ha, 而区域总生态足迹出现有所增加, 即从 44598092 ha 增加到 51761368 ha, 变化幅度不大。

表 2 中亚不同区域人均与区域总生态足迹, 承载力计算结果

Tab 2 Calculation results of per capita, and total regional footprint and capacity in different regions of Central Asia

中亚区域	1992 年	2005 年	1992 年	2005 年
哈萨克斯坦	ec: 4 3379	3 4375	EC: 71263313	52284393
	ef: 6 7853	4 9584	EF: 111469548	75417656
吉尔吉斯斯坦	ec: 1. 8972	1 2204	EC: 8495966	7079480
	ef: 1. 8711	1 3607	EF: 8378674	6349958
土库曼斯坦	ec: 2 2714	2 6560	EC: 8821958	12836541
	ef: 2 4817	3 9437	EF: 9638980	19059969
乌兹别克斯坦	ec: 1 3393	1 0727	EC: 28807119	28527138
	ef: 2 0734	1 9464	EF: 44598092	51761368

注: ec: 人均生态承载力 ef: 人均生态足迹(ha/ capita) EC: 区域总生态承载力 EF: 区域总生态足迹(ha)



注: ec- 人均生态承载力, ef- 人均生态足迹

图 4 中亚不同区域人均生态足迹与生态承载力动态变化

Fig 4 The dynamic changes of per capita ecological footprint and ecological carrying capacity in different regions of Central Asia

4 3 中亚不同区域人均生态赤字或盈余比较与变化趋势分析

根据区域生态赤字或盈余计算公式, 计算出中亚不同国家生态赤字或盈余。从图5可知, 哈萨克斯坦的平均生态赤字为0.8379 ha/capita, 比乌兹别克斯坦的 0.8181ha/capita 稍高, 但是变化幅度大且变化趋势较复杂, 即从 1992 年至 1998 年, 人均生态赤字由 1.5642 ha/capita 降到 1.0076 ha/capita, 从 1999 年又开始上升, 在 2005 年增到 1.5209 ha/capita。这说明从 1992 年到 1998 年, 哈萨克斯坦的自然再生能力在该国家承载力范围内, 从 1999

年开始人们对本地区自然生态系统所提供的产品和服务的需求超过了其供给能力。

吉尔吉斯斯坦的多年平均生态赤字为 0 0900ha/capita, 赤字从 1992 年的 0. 026 ha/capita 增加到 2005 年的 0 140 ha/capita, 说明吉尔吉斯斯坦的生态足迹在这一时期总体上没有超过该国自然的再生能力与自净能力。

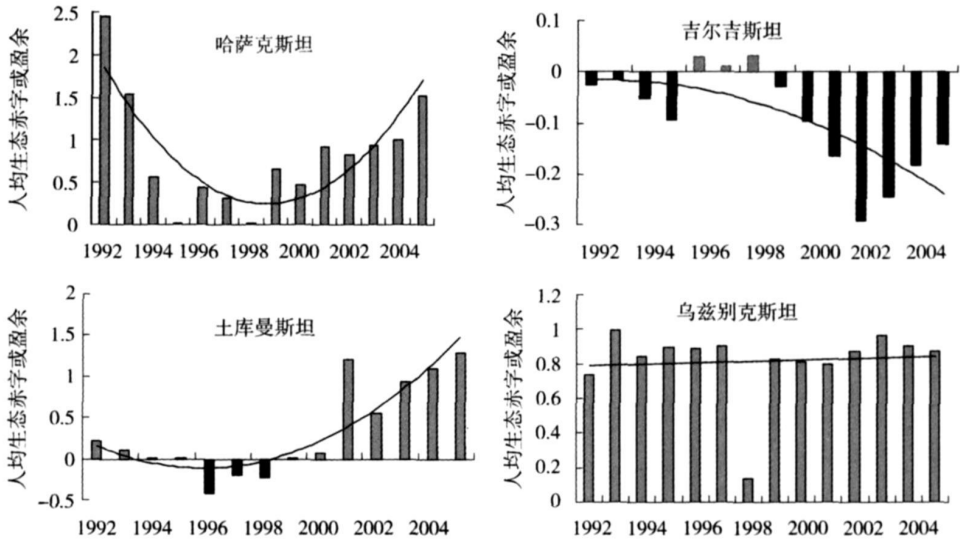


图5 中亚不同区域生态赤字或盈余多年变化情况

Fig. 5 The long term changing trend of per capita ecological deficit or surplus in different regions of Central Asia

土库曼斯坦的多年平均生态赤字为 0 3303 ha/capita, 在 1996、1997 和 1998 年出现生态盈余, 从 1998 年开始又出现生态赤字, 说明土库曼斯坦的自然生产与自净能力有所降低。

乌兹别克斯坦的人均生态赤字从 1992 年至 2005 年由 0 734 ha/capita 增加到 0 874 ha/capita, 14 年的平均生态赤字为 0 8181 ha/capita, 比其他中亚国家高; 本区生态足迹出现较严重赤字, 说明该国家人民对自然资源的利用程度和废弃物的释放速度已经超过了自然再生和自净能力。

4 4 中亚不同区域生态足迹压力指数与区域生态安全评价

按照生态安全计算公式 2 2. 4, 分别计算出中亚各国家人均和区域总生态足迹压力指数 (表 3, 图 6), 与中亚各国实际生态环境状况和国家级生态安全评价标准 (表 1) 相结合, 对中亚各国家在 1992~ 2005 年平均生态足迹压力指数进行评价。

表3 中亚各国家生态足迹压力指数测算结果

Tab 3 Calculation results of ecological footprint pressure index in different regions of Central Asia

国家	1992 年人均 EFPI	2005 年人均 EFPI	1992~ 2005 平均 EFPI
哈萨克斯坦	1 5642	1 4425	1 2320
吉尔吉斯斯坦	0 9862	0 8970	0 9388
土库曼斯坦	1 0926	1 4848	1 1327
乌兹别克斯坦	1 5484	1 8145	1 7540

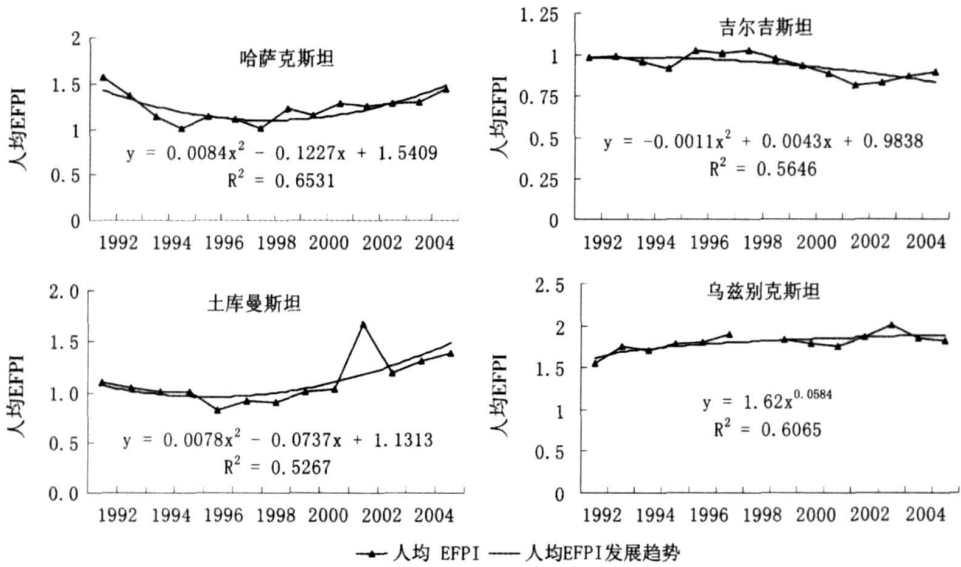


图 6 中亚 4 国生态足迹压力指数与变化预测

Fig 6 Per capita ecological footprint pressure index and development trends in different regions of Central Asia

根据生态足迹压力指数测算结果 (表 2), 中亚 4 国 14 年的平均生态足迹压力指数进行比较与生态安全评价, 评价结果如下:

吉尔吉斯斯坦的平均生态足迹压力指数为 0.9388, 属于生态稍不安全状态, 但压力指数从 1992 年的 0.9862 下降到 2005 的 0.8970, 总发展趋势呈下降的趋势, 与其他中亚国家比较, 生态安全状况较好。

土库曼斯坦和哈萨克斯坦的平均生态足迹压力指数分别为 1.1327、1.2320, 都属于生态较不安全状态。

除了在 1994 年到 1998 年哈萨克斯坦压力指数的下降以外, 都出现较明显的上升趋势。

乌兹别克斯坦的多年平均生态足迹压力指数为 1.7540, 与其他中亚国家相比相当高, 出现乘幂式发展趋势, R^2 系数达到 0.6, 处于相对很不安全状态。

总之, 对中亚各国家而言, 吉尔吉斯斯坦的生态安全处于相对安全状态, 其次为土库曼斯坦和哈萨克斯坦, 乌兹别克斯坦处于相对很不安全状态。

4.5 中亚国家与中国西北干旱区生态赤字比较分析

中亚是全球生态问题突出地区之一, 并以咸海生态危机为标志, 由于自然资源使用的不当使得此区的水资源的短缺并引发污染、土地荒漠化, 山地生态系统退化、大气污染、生物多样性减少、工业和城市废物剧增等生态环境问题。另外, 中亚作为发展中国家, 人口增长是所有社会、经济和环境问题的主要根源。从本文的生态安全评价结果可以看出, 乌兹别克斯坦生态环境的不安全程度比其他中亚国家强, 主要是因为它是中亚其他国家之中人口密度最大 ($61.51 \text{ 人}/\text{km}^2$, 2005 年)、境外水资源依赖程度较高 (77.37%) 的国家; 对吉尔吉斯斯坦而言, 人口多年增长率为 1.5%, 比哈萨克斯坦高, 比其他中亚国

家低，水资源依赖程度为0%，在中亚5国家中完全不依靠境外水资源的国家，评价结果也反映了这些状况，比较接近中亚各国社会与生态环境的实情。

近年来国内学者对我国西北干旱区的生态足迹进行了较广泛的研究，图7显示了本文计算的中亚4国1999年的人均生态赤字和我国西北5省区在1999年的人均生态赤字^[35]，除了吉尔吉斯斯坦以外，都出现生态赤字，其中，我国新疆和乌兹别克斯坦的生态赤字达到0.8左右，研究结果都表明这些干旱地区目前的不可持续发展状况。除此之外，韦良焕等运用生态压力指数模型，对青海省1985~2003年的生态安全进行评价，结果表明，该省处于较安全的状态，但是从1985年的生态很安全状态（1级）发展到2003年的生态较安全状态（2级），总体呈上升趋势^[34]。总之，无论是我国西北干旱区或中亚的4国，总体上处于不持续发展状态，但程度上有区别。

从上面的分析结果也可以看出，中亚和中国西北领土相连，而且环境类此，中亚生态环境问题与中国西北地区有很大的相似性与相关度，相同的问题在整个中亚干旱区不同程度地存在，有的问题在中国更严重。因此，我们应加强与中亚国家在生态环境领域的合作研究，为双方的社会发展和进步作出贡献。

另外，对干旱区而言，水资源是对地区社会经济可持续发展的限制因子，根据全球水资源评估（GIWA）项目的研究成果，淡水资源缺乏是抑制中亚区域发展的70%贡献者^[38]。因此，笔者认为核算水资源生态足迹和水资源生态承载力为基础的干旱区水生态安全评价研究比本文所采用的传统的生态足迹方法，结果很可能更加突出中亚实际存在的生态与环境问题，同时，对中亚各国和中国西北干旱地区的水资源生态足迹进行测算和比较研究更具有学术价值。

5 结论

中亚是典型的内陆干旱、半干旱地区，与我国西北干旱区在气候、自然地理条件、所面临的生态与环境问题等方面有很多共同点，都属于生态环境脆弱区。研究中亚区域的生态安全状况，对我国和世界干旱区生态安全研究工作的更加深入有一定的学术和参考价值。因此，本文利用生态足迹理论和方法，运用生态足迹压力指数模型，对中亚不同国家长时间序列的生态安全动态变化进行分析研究，得到了以下结论：

（1）吉尔吉斯斯坦的区域总生态足迹从1992年至2005年由8378674 ha降到6349958 ha，生态承载力从8495966 ha降到7079480 ha；14年平均生态赤字为0.0900；平均生态足迹压力指数为0.9388，处于稍不安全状态。

（2）土库曼斯坦的区域总生态足迹由9638980 ha增加到19059969 ha，区域总承载力也呈增加的趋势，但增加幅度比生态足迹的增加幅度小；多年平均生态赤字为0.3303 ha/capita；平均生态足迹压力指数为1.1327 ha/capita，处于较不安全状态。

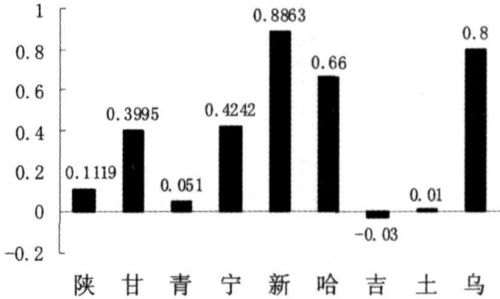


图7 中亚4国与中国西北在1999年的人均生态赤字比较

Fig 7 Comparison of per capita ecological deficit of four Central Asian countries and northwestern arid zone of China in 1999

(3) 哈萨克斯坦的区域总生态足迹从 1992 年至 2005 年由 111469548 ha 下降到 75417656 ha, 生态足迹的增加幅度比承载力大; 多年平均生态赤字为 0.8379 ha/capita; 平均生态足迹压力指数为 1.2320, 也处于较不安全状态。

(4) 乌兹别克斯坦的区域总承载力由 1994 年的 28807119 ha 下降到 2005 年的 28527138 ha, 而区域总生态足迹有所增加, 即从 44598092 ha 增加到 51761368 ha, 变化幅度不大; 平均生态赤字为 0.8181 ha/capita; 平均生态足迹压力指数为 1.7540, 处于相对很不安全状态。

根据计算结果, 吉尔吉斯坦的生态环境与其他中亚国家相比, 处于较好状态; 其次是库曼斯坦、哈萨克斯坦; 乌兹别克斯坦的生态环境相对其他中亚国家而言处于相对很不安全状态。

总之, 中亚 4 国的多年平均生态安全状况都处于不安全状态, 只是程度有所差别。

参考文献:

- [1] 张百平, 姚永慧, 朱运海, 等. 区域生态安全研究的科学基础与初步框架. 地理科学进展, 2005, 24(6): 1~6
- [2] 黎晓亚, 马克明, 傅伯杰, 等. 区域生态安全格局: 设计原则与方法. 生态学报, 2004, 24(5): 1056~1062
- [3] 刘红, 王慧, 张兴卫. 生态安全评价研究述评. 生态学杂志, 2006, 25(1): 74~78
- [4] 左伟, 王桥, 王文杰, 等. 区域生态安全综合评价模型分析. 地理科学, 2005, 25(2): 209~214
- [5] 王耕, 王利, 吴伟. 区域生态安全概念及评价体系再认识. 生态学报, 2007, 27(4): 1630~1637
- [6] 刘淼, 胡远满, 常禹, 等. 生态足迹改进方法及其在区域可持续发展研究中的应用. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1285~1290
- [7] 王尚义, 张慧芝, 马义娟, 等. 历史时期流域生态安全探研以汾河上游为例. 地理研究, 2008, 27(3): 556~564
- [8] Zhao Yan zhi, Zou Xue yong, Cheng Hong, *et al.* Assessing the ecological security of the Tibetan Plateau: Methodology and a case study for Lhaze County. Journal of Environmental Management, 2006, 80: 120~131
- [9] 杨庆媛. 西南丘陵区土地整理与区域生态安全研究. 地理研究, 2003, 22(6): 699~708
- [10] Joseph A, Marcel B, Frank K, *et al.* The Glass model: A strategy for quantifying global environmental security. Environmental Science & Policy, 2001, 4(1): 1~12
- [11] 姚永慧. 生态足迹的核算与评价. 地理科学, 2000, 20(3): 1~6
- [12] Qing Huang, Wang Ranghai, Ren Zhiyuan, *et al.* Regional ecological security assessment based on long periods of ecological footprint analysis. Resources, Conservation and Recycling, 2007, (51): 24~41
- [13] Hardin P, Brag S, Hodge T, *et al.* Measuring Sustainable Development: Review of Current Practice. Ottawa: Industry Canada, 1997
- [14] 冯伟, 周泽龙, 陈维, 黄志军. 生态足迹研究方法综述. 河北农业科学, 2008, 12(6): 3~4
- [15] Odum E P. Ecology: The Link Between the Natural and Social Sciences. New York: Holt-Saunders, 1975; Odum E P. Ecology and Our Endangered Life support System. Sunderland: Sinauer Associates, 1989
- [16] 蒋依依, 王仰麟, 卜心国, 等. 国内外生态足迹模型应用的回顾与展望. 地理科学进展, 2005, 24(2): 13~23
- [17] Rees W. Understanding Sustainable Development: Natural capital and the new World Order. UBC School of Community and Regional Planning, Vancouver, Canada, 1992 (Revised version forthcoming in J. Am. Planning Assoc.).
- [18] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, B. C. Canada: New Society Publishers, 1995
- [19] 曹新向, 梁留科, 丁圣彦. 可持续发展定量评价的生态足迹分析方法. 自然杂志, 2003, 25(6): 335~339
- [20] Wackernagel M, Rees W. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, B. C. : Canada New Society Publishers, 1996
- [21] 谢新源, 陈悠, 李振山. 国内外生态足迹研究进展. 四川环境, 2008, 27(1): 66~72
- [22] Wackernagel M, Onisto L, Callejas L, *et al.* Ecological footprints of nations: How much nature do they use? How much nature do they have? Commissioned by the Earth Council for the Rio+5 Forum. Toronto: International

Regional ecological security assessment on Central Asia based on ecological footprint analysis

Jilili Abuduwaili, Mubareke Ayoupu

(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China)

Abstract: The world natural resources have been depleted both on quantity and types with the increase of population and economic development in recent decades and the regional ecological security problem is getting more and more serious. Central Asia is not only the neighboring region of China, but also has the similar climate characteristics, physical geographic settings and even the same ecological environmental problems of the arid zone of north eastern part of China. Both countries belong to ecological environment's fragile region in the world.

In this paper, four different regions of Central Asia's per capita and regional total ecological footprint, ecological capacity, ecological deficit and ecological footprint pressure index (EFPI) were calculated and analyzed based on the concept and method of ecological footprint. And according to EFPI, the assessment on the ecological security of different regions in Central Asia was made. The analytical results showed that: 1) the mean ecological deficit of Kirghizstan from 1992 to 2005 is 0.0900 ha/capita and mean EFPI is 0.9388, on the slightly unsafe ecological status. 2) The long period mean ecological deficit and EFPI of Turkmenistan and Kazakstan are 0.3303 ha/capita, 0.8379 and 1.1327 ha/capita, 1.2320 respectively, with both regions on the relatively unsafe ecological status. 3) The regional total ecological capacity of Uzbekistan decreased from 28807119 ha in 1992 to 28527138 ha in 2005, and total regional ecological footprint presented an increasing trend; the mean EFPI is 1.7540, on the unsafe ecological status. Based on the calculation results, Kirghizstan's ecological environment is relatively good compared with other regions in Central Asia, followed by Turkmenistan and Kazakstan, and the last one is Uzbekistan. In a word, all these four central Asia nations are in the unsafe ecological environment condition, only the unsafe degrees are different.

This study results would have academic value for the comparative analysis of the ecological security or sustainable development assessment of other arid and semi-arid regions in China or in the world.

Key words: Central Asia; ecological footprint; ecological capacity; ecological footprint pressure index; ecological security assessment