

河南省 1990 ~ 2003 生态足迹动态分析

焦士兴¹,王安周²

(1. 安阳师范学院地理系,河南 安阳 455002;2. 河南大学环境与规划学院,河南 开封 475001)

摘 要:生态足迹是一种定量测量人类对自然资源利用程度的新方法。在阐述生态足迹概念及模型的基础上,运用生态足迹分析法,对河南省(1990~2003 年)的消费状况进行了分析与计算。结果表明:河南省的人均生态足迹年均增长率为 4.33%,而人均生态承载力仅为 0.73%;人均生态足迹的供需比例由 1 2.65 增至 1 3.93,供需矛盾进一步加大。1990 年河南省的人均生态赤字为 0.688 hm²,到 2003 年生态赤字已高达 1.277 hm²,年均增长率为 4.2%。随着人口增长及其相应消费水平的上升,河南省生态系统处于过度利用和压力之下,正在远离可持续发展方向。

关键词:生态足迹;动态分析;河南省

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2006)05-0259-03

The Dynamical Analysis of Ecological Footprint of Henan Province in 1990 ~ 2003

JIAO Shi-xing¹,WANG An-zhou²

(1. Department of Geography, Anyang Teachers College, Anyang 455002, China;

2. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475001, China)

Abstract: Ecological footprint is a kind of quantitatively measuring the extent of humanity's use of nature. A comprehensive introduction to the concept of ecological footprint and computer model was given. The authors calculated and analyzed the ecological footprints of Henan Province in 1990~2003. The result indicates that the per capital ecological footprint had increased with a rate of 4.37% per year, while the ecological capacity only 0.77%. At the same time, the ratio of demand and supply is increased from 2.65 1 to 3.93 1, and the imbalance trend is enlarging. The ecological deficit is 0.688 hm² per capital in 1990, and mount continually with the high speed of 4.2% per year. Above all, it reflects that the regional ecosystem is under great pressure of human activities with the population increasing and the level of life improving. The regional economic development of Henan Province is far from sustainable development.

Key words: ecological footprint; dynamical analysis; Henan Province

20 世纪 90 年代,加拿大生态经济学家 Rees 和 Wackernagel 等提出并发展了生态足迹的理论与计算模型。它是一种生态经济学的定量分析方法,创立了可持续发展的面积观念,具有“实用易懂、反映信息量大”等优点,是度量可持续发展的一杆“公平秤”^[1]。本文采用不断完善的生态足迹模型研究了河南省消费方式的生态可持续性,探讨了促进与改善区域生态可持续性的发展途径,以期在处理发展、资源与环境关系时为决策者提供科学参考。

1 生态足迹模型概述

生态足迹是从具体的生物物理量角度来定量研究人类对生态系统的影响,其定义为:任何已知人口(某个个人、一个地区或一个国家)的生态足迹是生产这些人口消费的所有资源及吸纳这些人口生产的所有废弃物所必需的生物生产性土地面积和水域面积的总和^[2]。该定义表明了生态足迹

是测量人类维持一定消费水平所必需的生物生产面积^[3],而不考虑土地的具体位置。

1.1 生态足迹计算模型

生态足迹模型主要用来计算一定人口和经济规模条件下维持资源消费和销纳废弃物所必需的生物生产空间,其计算基于以下两个基本事实:人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其所产生的废弃物数量;这些资源和废弃物流能转换成相应的生物生产面积^[4]。

基于以上指导思想,得到人均生态足迹的计算公式:

$$ef = \sum_{j=1}^n r_j A_i = \sum_{j=1}^n r_j C_i / EP_i = \sum_{j=1}^n (P_i + I_i - E_i) / (EP_i \times N) \quad (j=1,2,3,\dots,6) \quad (1)$$

式中: EP_i ——第 i 种消费项目的年(世界)平均产量(kg/hm²); C_i ——第 i 种人均消费项目的人均消费量; A_i ——第 i

* 收稿日期:2006-05-26

基金项目:河南省教育厅自然科学研究资助项目(2006170001)

作者简介:焦士兴(1970-),男,河南淮阳人,副教授,主要从事资源的开发、利用与管理研究。

种消费项目折算的人均占有生物生产面积 ($\text{hm}^2/\text{人}$) ;
 P_i ——第 i 种消费项目的年生产量 ; I_i ——第 i 种消费项目
的年进口量 ; E_i ——第 i 种消费项目年出口量 ; r_i ——均衡因
子 , 它表示某类土地单位生产面积的生物生产力与全球生态
系统平均生产力的比值 , 目前国际上采用统一数值^[5] ;
 N ——人口数 ; 人均生态足迹 (ef) 乘以区域总人口数 , 为总
的生态足迹。

1.2 生态人口承载力测算模型

在现有的生态承载力条件和物质生产的吸纳支撑能力
下 , 维持现有消费状况 , 自然资源所能承受的人口最大
限度即适度人口^[6]。计算模型如下 :

$$N = (1 - 12\%) EC / ef \tag{2}$$

式中 : N ——人口数 ; EC ——总生态足迹的供给预期 ;

表 1 河南省历年商品的贸易调整部分汇总

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
粮油食品	0.034	0.043	0.051	0.033	0.025	0.021	0.016	0.006	0.007	0.004	0.005	0.004	0.006	0.007
土畜产品	0.017	0.017	0.017	0.014	0.014	0.017	0.012	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.005	0.005
医药类	1E-06	1E-06	1E-06	1E-06	2E-06	4E-06	6E-06	8E-07	4E-07	6E-07	7E-07	7E-07	1E-06	1E-06
化工类	2E-05	2E-05	2E-05	2E-05	2E-05	2E-05	3E-05	8E-05	7E-05	6E-05	7E-05	7E-05	1E-04	1E-04
五金矿类	6E-04	7E-04	9E-04	5E-04	7E-04	0.001	0.001	7E-04	7E-04	5E-04	8E-04	7E-04	0.001	0.002
其他	3E-08	7E-09	5E-07	1E-06	8E-07	1E-08	9E-07	2E-06	2E-06	2E-06	1E-06	9E-07	1E-06	2E-06
纺织服装类	5E-04	6E-04	7E-04	5E-04	8E-04	9E-04	9E-04	6E-04	6E-04	5E-04	5E-04	5E-04	7E-04	8E-04

数据来源 : 河南省的统计年鉴 (1991 ~ 2004) 表中粮油食品、土畜产品分别从耕地、草地的足迹中按比例调整 (%) , 其他为化石能源调整的面积 (单位 : hm^2) 。
生物资源生产面积折算中 , 采用联合国 1993 年计算的
有关生物资源的世界平均产量资料 , 将河南省消费转化为提
供这些消费所需要的生物生产面积。能源消费足迹的计算
采用世界上单位化石燃料生产土地面积的平均发热量为标
准 , 将区域的能源消费所消耗的热量 , 引入折算系数概念^[9] ,
换算成一定化石燃料的用地面积。采用世界统一标准是为
了生态足迹便于区域间、国家间比较。基于以上分析 , 采用
人均生态足迹的计算公式 (1) 分别计算出河南省各种生物资

ef ——人均生态足迹预期。该模型对于区域可持续发展战
略的选择、人口政策的制定有重大的现实意义。

2 河南省 1990 ~ 2003 年生态足迹的计算与分析

根据全面反映社会经济发展状况资料^[7,8] 的深入分析 ,
河南省生态足迹的计算主要有两部分构成 : 生物资源消
费 : 包括农产品、动物产品、林产品、水产品和木材等 ; 能源
消费 : 包括原油、原煤、燃料油、液化石油气、热力和电力等。
由于贸易的影响 , 生态足迹可跨越区域界限 , 故在生物资源
和能源消费量中应该考虑贸易的调整 , 以计算净贸易额。由
于历年进出口产品分类统计的不统一、不对称 , 且计算繁琐 ,
仅将结果汇总如下 (表 1)。

源和能源净消费的足迹 , 两者共同构成了整个区域的生态足
迹 (表 2)。

区域生态承载力的计算是将河南省现有的各种物理空
间面积分别乘以相应的均衡因子和当地的产量因子 (耕地和
建筑用地 1.46、林地 0.91、草地 0.15、水域 1) , 然后相加 , 并
扣除 12 % 的生态空间面积用于生物多样性保护 , 就得出具
有世界平均产量的生态空间面积 —— 生态承载力。河南省
历年的生态足迹和生态承载力计算结果汇总如下 (表 2)。

表 2 1990 ~ 2003 年河南省生态平衡表

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	增长
生态足迹	1.106	1.078	1.086	1.21	1.235	1.393	1.463	1.521	1.542	1.498	1.556	1.615	1.697	1.713	0.043
承载力	0.417	0.406	0.406	0.469	0.422	0.444	0.478	0.476	0.477	0.505	0.485	0.498	0.513	0.436	0.007
赤字	0.688	0.673	0.681	0.74	0.813	0.949	0.985	1.046	1.065	0.994	1.071	1.117	1.185	1.277	0.042
万元足迹	10.23	9.04	7.52	6.51	5.01	4.22	3.66	3.45	3.3	3.07	2.87	2.74	2.64	2.35	-
适度人口	3265	3295	3310	3470	3087	2902	2994	2888	2883	3162	2957	2947	2903	2460	-

注 : 适度人口单位 : 万人 , 其他单位 : hm^2 。

3 生态足迹的计算结果与分析

3.1 生态足迹的动态分析

3.1.1 河南省人均生态足迹的分类构成分析

根据生态生产力的大小差异将河南省的生态生产性土
地划分为 6 类 , 利用世界平均生产力和均衡因子的概念 , 将
区域生物资源和能源的消费折算成 6 类生态生产性土地类
型的生态足迹 (图 1) 。可知 14 年间 , 6 类生物生产土地的人
均生态足迹均呈增长趋势 , 其中耕地和草地的增速较快 , 年
增长速率分别是 2.67 %、1.61 %。人均耕地类型的足迹由
0.512 hm^2 增至 0.767 hm^2 ,

而在人均足迹中的比重由 46.21 % 降至 44.80 % , 草地
类型所占比重由 5.51 % 上升至 16.75 %。表明 : 人们的饮食
结构以粮食为主 , 而肉、蛋、奶等动物产品的消费量大幅度增
加 , 逐步实现了物质消费以质量提高为主的小康水平阶段。
化石能源用地由 0.509 hm^2 上升至 0.577 hm^2 , 所占比重由
46.02 % 下降到 33.71 % , 表明河南省的能源消费量稳中有

升 , 工业经济结构中工业生产占较大比重^[10] , 产业结构的调
整和优化升级力度不够。从人均生态足迹的分类构成看 , 耕
地和化石能源用地占 75 % 强 , 而林地、水域、建筑用地的人
均占有量较少 , 且变化缓慢。这与河南省人口众多 , 而林地、
水域面积相对缺乏有关。

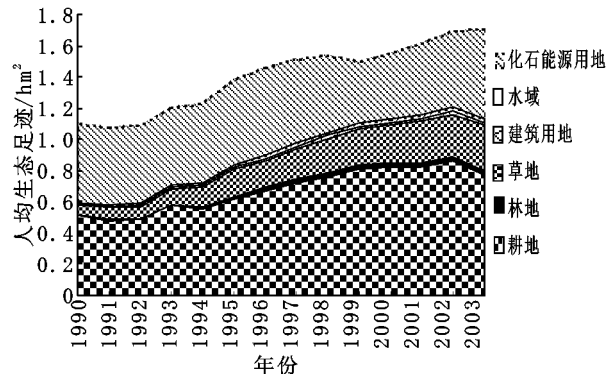


图 1 1990 ~ 2003 年河南省人均生态足迹的分类构成

3.1.2 河南省历年人均生态足迹的动态变化分析

根据河南省历年生态足迹的计算结果(表 2)可得:1990~2003 年河南省人均生态足迹从 1.106 hm² 增至 1.713 hm²,年均增长速度达到 4.33%,同时人口的年均增长速度为 0.73%,两者共同促成了总生态足迹的增长,其年均增长速度达到了 5.06%。生态足迹的增加意味着对自然资源的利用强度加大,河南省人口膨胀和消费水平上升是其主要原因。人均生态足迹呈现逐年增长,表明随着人民生活水平的提高,人们消费的各种生物产品、农业资源和各类服务的绝对量均相应增加。随着社会经济的发展、人口的增长和生活水平的提高,河南省生态足迹的需求将继续保持增长态势。

3.1.3 人均生态足迹与 ln(人均 GDP)的一元回归模型分析

近年来,河南省经济增长速度较快,加大了物质和能源的使用量,导致了生态足迹的增长。对河南省人均 GDP 与人均生态足迹建立一元回归模型^[11],可得方程: $x_i = 4.11 + 2.82y_i$ 。式中: x_i ——人均生态足迹(hm²/cap); i ——年份($i = 1990, 1991, \dots, 2003$ 年); y ——人均 GDP 取以 e 为底的对数值(图 2)。其 F 检验为 $F_{(0.05)} = 6930.47 > F_{(1.13)} = 4.67$,回归方程是有意义的。研究表明:河南省人均生态足迹与 ln(人均 GDP)的相关系数为 $R^2 = 0.97$,两者关系密切。

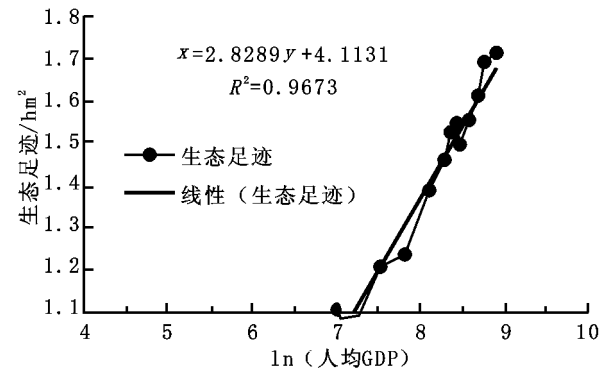


图 2 人均生态足迹与人均 GDP 的一元线性回归模型

3.1.4 万元 GDP 的生态足迹

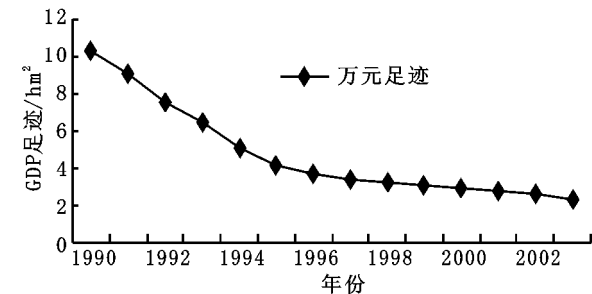


图 3 1990~2003 年河南省万元 GDP 足迹的动态变化

从图 3 可以看出,万元 GDP 生态足迹曲线呈明显的下降趋势,表明在经济发展中人力、技术、资本等发挥的作用日益增强,河南省的资源利用效率明显提高,资源利用方式逐步由粗放型向集约型转变。但 2003 年河南省万元 GDP 的生态足迹为 2.35 hm²,仍然低于我国 1999 年的资源利用率(2.037 hm²)^[12]。

3.2 生态承载力的动态分析

根据人口与土地的相关资料,对河南省历年生态承载力的计算和分析可得(表 2、图 4):1990~2003 年河南省总生态承载力供给由 0.36 × 10⁸ hm² 增至 0.42 × 10⁸ hm²,呈现缓慢的增长趋势,年均增长率 1.46%,这主要是由于耕地、可养殖水域的长期增加,以及道路、基础建设等建筑用地的总体增长所致^[12]。从人均水平上看:人均生态承载力(扣除

12%的生物多样性的保护面积)由 0.417 hm² 增至 0.513 hm²,年均增长速度仅为 0.73%,表明:在自然资源总量相对稳定的情况下,人口数量的增长以及科技进步等因素,导致人均生态承载力增长缓慢。

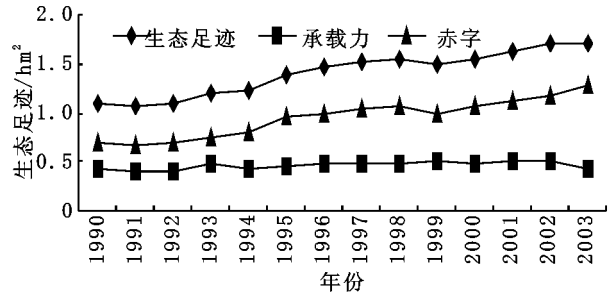


图 4 1990~2003 年河南省生态平衡表

3.3 生态赤字动态分析

将计算的河南省历年生态足迹与生态承载力对比,可得区域的生态冗余(表 2、图 4):1990 年人均生态赤字为 0.688 hm²,并以 4.2%的速率连年增长,到 2003 年高达 1.277 hm²,而 1990 年总生态赤字为 0.595 × 10⁸ hm²,年均增长率为 4.63%。生态赤字的加剧,表明河南省人口对自然资本利用程度逐年增加,目前已超出了生态承载力的范围,生态足迹的供需矛盾突出,人地关系紧张。而且在生态足迹的计算中贸易调整部分所占比重不大,则反映出该地区主要是通过枯竭本地资源来发展的,区域发展模式正在远离可持续方向。

3.4 适度人口动态分析

生态足迹的计算是基于一定社会经济条件下给定人口消费水平的需求,运用适度人口理论及生态人口承载力测算模型(2),对河南省历年适度人口进行计算(表 2)。结果显示:河南省的历年适度人口数介于实际人口数的 1/3~1/4 间,且下降趋势明显,表明了河南省当前的人口-资源-环境的不可持续模式。

3.5 与其他区域的比较分析

表 3 河南省与其他区域的比较分析							
地区	河南	郑州	中国	东部地区	中部地区	西部 12 省	全球
人均生态足迹	1.556	1.138	1.325	1.464	1.736	1.172	2.3
人均承载力	0.485	1.423	1.681	0.499	0.948	0.703	1.9
人均生态赤字	-1.071	-0.715	-0.645	0.94	-0.742	-0.469	-0.4
万元 GDP 足迹	2.87	-	2.037	1.462	3.171	2.721	-

注:根据参考文献[1,3,5,13]表中河南采用 2000 年,其他为 1999 年数据。

生态足迹法采用世界生态生产性土地作为统一的度量基础,可以在地区、国家及全球范围内进行比较,判断区域的可持续状况。表 3 表明:河南省人均生态足迹远大于郑州、西部 12 省,略低于中部地区,为全球人均需求的 67.65%。河南省较高的生态足迹与生产力整体水平较低、物质资料的生产所占比重较大有关;从人均生态承载力上看,河南省的人均量略低于东部地区,与中部地区、全国相差甚远,仅为全球水平的 1/4;国内各区域均出现不同程度的生态赤字,而河南省尤为显著,为全国平均水平的 1.66 倍。高额的赤字存在表明人地关系急剧紧张,人与空间处于严重不协调状态;河南省的万元 GDP 足迹大于全国平均水平,是东部地区的 2.22 倍,说明与全国及东部地区相比,当前的资源利用水平还较低。

因此,要确保我省社会经济的可持续发展,必须制定切实可行的措施。如提高资源利用率,建立节约型社会,实现资源优化配,促进经济增长方式由粗放型向集约型转变,大

也逐渐增大^[5]。

不同土地利用方式在不同时期的径流量差异也不相同。木荷林、杉木林和封山育林的月平均径流量很接近,而且其分布曲线也较为一致;但对照与三种林地相比,雨季 6 月份的最大径流量则高出约 100 mm,充分体现了林地在雨季的水土保持作用。刘世荣等^[6]也研究分析认为:森林对地表径流具有良好的调节功能,随着森林植被率的增加,地表径流的形成和土壤侵蚀明显减少。地表径流是引起流域水文变化的主要因子,是洪水流量的主要成分,同时也是水土流失、土壤侵蚀的一个重要因素。探讨不同森林林地或森林集水区地表径流及土壤侵蚀的研究,对于区域水资源的开发利用、森林水源涵养效益的正确评价以及流域的合理规划设计是很有价值的。

4 结 论

(1) 闽北地区 3~6 月为雨季,降雨量大、降雨类型丰富,以大雨、暴雨和大暴雨为主要降雨特征;7~10 月受台风影响较严重,年际间变率较大,台风多的年份大雨和暴雨较多,反之则少;而 11 月至翌年 2 月为旱季,降雨量较少,降雨类型几乎都为小雨和中雨,偶尔见大雨。

(2) 不同土地利用方式的年地表径流量具有很大的差异。

参考文献:

- [1] 林业部科技司. 森林生态系统定位研究方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.
- [2] 孙阁. 森林对河川径流影响及其研究方法的探讨[J]. 自然资源研究, 1987, (2): 67 - 71.
- [3] 马雪华. 森林水文学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [4] 卢程隆, 黄炎和, 郑添发, 等. 闽东南花岗岩地区土壤侵蚀的研究[J]. 水土保持通报, 1990, 10(2): 41 - 48.
- [5] 王占礼, 邵明安, 王庆瑞. 黄土高原降雨因素对土壤侵蚀的影响[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(4): 101 - 105.
- [6] 刘世荣, 温远光, 王兵, 等. 中国森林生态系统水文生态功能规律[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.

(上接第 261 页)

力推进河南省城镇化建设等。

4 结论与讨论

河南省 1990~2003 年人均生态足迹由 1.106 hm² 升至 1.713 hm², 年均增长率 4.33%, 生态足迹需求与供给的比例由 2.65 : 1 增至 3.93 : 1, 供需矛盾突出; 而人均生态赤字由 0.688 hm² 升至 1.277 hm², 并以年均 4.2% 的速率持续增长。生态赤字的加剧表明人类对自然的利用超出了其生态承载力。

参考文献:

- [1] 张颖, 王万茂. 中国省市区生态足迹差异实证分析[J]. 中国土地科学, 2004, 18 (4): 24.
- [2] Wackernagel M, Lewan L, Hansson C B. Evaluating the use of natural capital with the ecological foot - print[J]. Applications in Sweden and Subregions, Am - bio, 1999(28): 604 - 612.
- [3] 张志强, 徐中民, 程国栋. 中国西部 12 省(区市)的生态足迹[J]. 地理学报, 2001, 56 (5): 599 - 603.
- [4] 王伟中. 地方可持续发展导论[M]. 北京: 商务出版社, 2001, (1) 387 - 390.
- [5] 张志强, 徐中民. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析[J]. 地理学报, 2000, 55 (5): 606 - 614.
- [6] 王恩涌. 人文地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. 90 - 91.
- [7] 河南省统计年鉴[Z]. 北京: 中国统计年鉴出版社, 1991 - 2004.
- [8] 中国能源统计年鉴[Z]. 北京: 中国统计年鉴出版社.
- [9] Wackernagel M, Onisto L, Bello P. Ecological footprint of nations[R]. Commissioned by the earth council for the Rio + 5 Forum. Toronto: International Council for Local Environmental Initiatives, 1997. 12 - 25.
- [10] 李翔, 许兆义, 等. 城市生态承载力研究[J]. 中国安全科学学报, 2005, 2 (2): 3 - 7.
- [11] 邵英角, 刘柳松, 张小平. 南京市生态足迹研究[J]. 国土资源科学, 2005, 22(2): 329.
- [12] 赵勇, 李树人, 等. 生态足迹法在郑州市城市可持续发展中的应用[J]. 河南农业大学学报, 2004, 12 (4): 394 - 398.
- [13] 蔺海明. 甘肃河西绿洲农业区生态足迹动态研究[J]. 农业现代化科学, 2004, 25 (2): 115.
- [14] 罗贞礼, 黄璜. 可持续发展评价模型 - 生态足迹方法及其应用[J]. 热带地理, 2004, 24 (2): 140.

异。2001~2002 年 4 种土地利用方式产生的地表径流量大小顺序为: 对照(907.81 mm) > 封山育林(66.17 mm) > 杉木林(63.65 mm) > 木荷林(52.34 mm), 对照所产生的地表径流量是其他土地利用方式的 15~18 倍。对照以及三种林地的年平均地表径流系数分别为: 43.60%、2.94%、2.86% 和 2.44%, 对照的要远远大于木荷、杉木和封山育林, 木荷林地调节地表径流的功能最好, 其次是杉木林和封山育林。

(3) 对照地比木荷林地、杉木林地、封山育林地更容易产生地表径流, 林地具有较好的涵养水源和保持水土作用。林地地表径流的产生主要是受降雨量的影响, 而与降雨强度的关系不大。地表径流量与降雨量之间呈现出极显著的非线性二次抛物线关系($P < 0.01$)。对照以及三种林地降雨量增大的月份, 其月平均径流量一般也随之增大, 并且在同一月份间其平均地表径流量的大小趋势为: 对照 > 封山育林 > 杉木 > 木荷, 均是在 6 月份达到最大值, 9 月份出现最小值, 这说明地表径流量的大小主要随着降雨量大小的不同而异。

致谢: 本文的完成要特别感谢黄荣珍、岳永杰、江森华、卢豪良和王小国等师兄在前期试验中所做的大量工作。此外, 福建省水土保持试验站、南平市水土保持办公室、建瓯市水土保持办公室、建瓯市水土保持试验站也给予了大力的支持和积极的配合。

的范围。总之, 14 年来, 由于河南省各类土地生物生产效率的提高与人均生态足迹的快速增长不成比例, 人地矛盾不断加剧, 导致了河南省的整体发展处于不可持续状态^[14]。

生态足迹的方法一经提出, 引起了生态经济学家的广泛关注 and 深入讨论。需要指出的是研究中原始数据的真实性、可靠性以及土地类型核算中标准的统一性都会影响评价的结果, 但生态足迹法毕竟为度量区域可持续发展提供了新的审视角度。