

# 基于生态系统健康的生态承载力 调控模式研究

隋欣, 齐晔

(清华大学公共管理学院公共政策所, 北京 100084)

**摘要:** 针对生态承载力调控方法单一、缺少实例研究等问题, 建立了基于生态系统健康的生态承载力调控模式; 基于相对简便的评价指标, 构建了自然、社会和经济系统健康评价计量模型和标准, 提出了自然-社会-经济系统健康的联合维育方法; 并以黄河流域青海片为研究区域开展了实例研究. 结果表明, 各项调控和维育措施实施后, 黄河流域青海片 2015 年自然系统生态承载力水平明显提高, 可基本恢复到现状年水平; 社会系统健康保持稳定; 经济系统健康等级明显提高.

**关键词:** 生态承载力; 生态系统健康; 调控模式; 维育方法; 黄河流域

生态承载力 (Ecological Carrying Capacity, 缩写为 ECC) 是生态系统整体水平的表征, 已成为生态环境管理和区域可持续发展决策的有效工具. 已有生态承载力研究多集中于其概念、变化趋势的求算方法、评价模型、指标体系和标准、以及提高生态承载力的对策措施<sup>[1-7]</sup>, 但有关生态承载力调控的理论和研究方法研究十分有限<sup>[2]</sup>, 尚无实例研究. 基于生态系统健康的生态承载力以自然生态系统为研究对象, 其定义为: 在一定社会经济条件下, 自然生态系统维持其服务功能和自身健康的潜在能力<sup>[5]</sup>. 该概念以资源环境承载力、生态弹性和人类潜力三者合力表征自然生态系统承载力, 将生态系统健康概念引入生态承载力研究中, 为建立多级生态承载力评价标准奠定了基础, 并考虑了人类技术进步的影响因子, 充分体现了生态承载力的可调控性. 同时, 该概念将自然生态系统承载力调控与自然生态系统健康状态、自然系统与社会、经济系统间的健康维育有机联系, 能够更简便、全面地实现自然生态系统整体水平的提高和自然-社会-经济复合系统健康状态的改善. 因此, 本文提出了基于生态系统健康的生态承载力调控模式, 构建了区域自然、社会和经济系统健康的评价指标、模型和标准, 提出了自然-社会-经济系统生态承载力健康的联合维育方法, 并以黄河流域青海片为例, 进行实证研究.

收稿日期: 2005 11 29; 修订日期: 2006 10 25

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目 (023299016).

作者简介: 隋欣 (1973-), 女, 博士后. E-mail: suixinemai@sohu.com

1 基于生态系统健康的生态承载力调控模式

1.1 分力间联合调控

不同生态承载力分力,特别是针对不同资源和环境要素的承载力计算,为保护资源和环境提供了宝贵的数据和资料,但分别计算可能出现各承载力上限的相互矛盾,无法指示整个生态系统所处状态和整体生态承载力水平的实际情况.如果单纯依据各上限中的最小值,会造成资源环境的富余,如依据其中的最大值,又会带来生态系统的破坏.可行的调控方式是应用“水桶原理”和最小因子法则,提高生态承载力各分力中数值较低的分力水平,使整体利用水平提高,而又不破坏生态系统.基于 Papageorgiu 模型<sup>[8-9]</sup>,生态承载力分力间联合调控模式见图 1 图 1 中,  $A$  曲线为生态弹性力——资源利用水平曲线,生态系统最大缓冲和调节能力对应的利用水平即为生态弹性力  $U_R$ ;  $B$  曲线为生态系统负面影响——资源利用水平曲线,代表自然资源利用水平与资源枯竭和环境污染之间的关系,随着自然资源利用水平地增加,对资源和环境的不利影响也会相应增大,高于  $U_E$  利用水平时,将引起不可逆转的负面影响,即  $U_E$  为资源环境承载力.生态弹性力和资源环境承载力之间的关系可能为  $U_E \leq U_R$  或者  $U_E \geq U_R$ . 设经济收益与资源利用水平呈线性关系,即  $C$  为预期经济收益直线,  $E_B$  为最小可接受的经济收益,对应的资源利用水平为  $U_B$ . 如果  $U_B < U_R$  (或  $U_E$ ), 资源利用水平还可进一步提供,并获得收益,直至达到最大生态弹性力和资源环境承载力为止. 如果  $U_B > U_R$  (或  $U_E$ ), 则需进行承载力调控. 针对  $U_R < U_B < U_E$  的情况(如图 1 所示), 管理者需要采取一定的补偿措施,使当地的生态弹性力曲线不断发展变化 ( $A \rightarrow A'$ ), 增加当地的生态弹性力 ( $U_R \rightarrow U_{R1}$ ), 将最小可接受经济收益控制在生态弹性力和生态承载力的范围内. 当  $U_E < U_B < U_R$  时, 调控过程与  $U_R < U_B < U_E$  情况相仿.

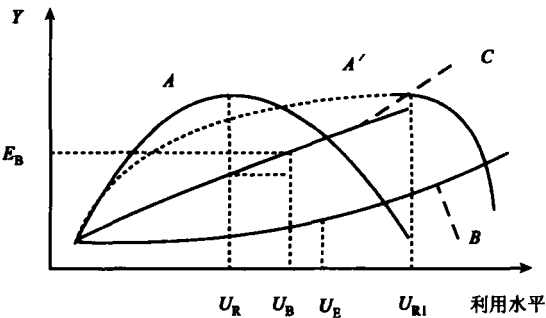


图 1 生态承载力分力间联合调控模式 ( $Y$  为生态系统缓冲调节能力 /资源枯竭和环境污染 /经济收益)

Fig 1 A united regulatory model of three parts in ECC ( $Y$ : the regulatory capacity of a natural ecosystem /resources shortage and environmental pollution /economic income)

1.2 分力内部调控

生态承载力 3 个分力内部调控可分为强化调控和弱化调控两种方式. 所谓弱化调控主要是通过技术手段和管理措施来调控社会经济系统, 减少其对自然生态系统的压力, 间接影响生态承载力. 强化调控则是通过提高自然生态系统对经济发展和资源利用的支持

能力提高承载力水平. 基于 Dixon 模型<sup>[10]</sup>, 构建的生态承载力分力内部的强化和弱化调控模式见图 2

图 2 中,  $A$  线代表社会经济系统带来的资源破坏和环境污染等不利影响已达到引起人类关注的水平, 高于此阈值将带来自然生态系统物种减少等一系列不可逆转的负面影响. 曲线  $OC$  为损害曲线, 代表一定社会经济条件下资源利用对生态系统的负面影响.  $OD_1$  为达到  $A$  阈值时自然系统的生态承载力, 该数值可通过改善管理等弱化措施使阈值压力水平提高 ( $A \rightarrow B$ ), 使得利用资源而不会带来生态系统不可逆转负面影响的生态承载力各分力水平随之上升, 相应的生态承载力增至  $OE_1$ . 同时, 在社会经济系统压力阈值不变条件下, 通过强化调控措施可提高自然生态系统的支持能力, 使得利用资源而不会带来生态系统不可逆转负面影响的生态承载力水平随之上升 ( $OC \rightarrow OC_1$ ), 相应的生态承载力增至  $OF_1$ .

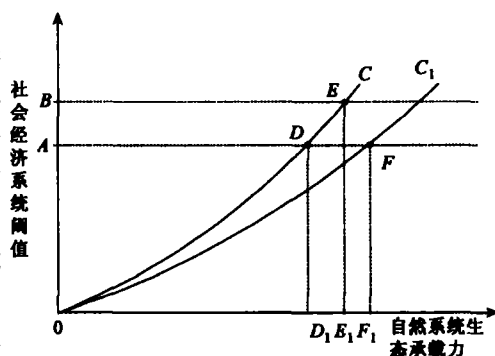


图 2 生态承载力各分力内部调控模式

Fig 2 A regulatory model in three parts of ECC

## 2 生态系统健康维育方法

### 2.1 自然生态系统与社会经济系统健康评价模型及标准

2.1.1 自然生态系统 根据基于生态系统健康的生态承载力的概念, 其计量模型为:

$$ECC_r = |M_r| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i E_{ir})^2 + \sum_{j=1}^m (w_j R_{jr})^2 + \sum_{k=1}^p (w_k H_{kr})^2} \quad (1)$$

式中,  $ECC_r$  为  $r$  区域生态承载力;  $M_r$  为生态承载力空间向量的模;  $E_{ir}$  为  $r$  区域第  $i$  个资源环境指标在空间坐标轴上的投影;  $R_{jr}$  为  $r$  区域第  $j$  个生态弹性力指标在空间坐标轴上的投影;  $H_{kr}$  为  $r$  区域第  $k$  个人类活动潜力指标在空间坐标轴上的投影;  $w_i$ ,  $w_j$  和  $w_k$  为第  $i$ ,  $j$  和  $k$  个指标对应的权重. 为消除指标数据间量纲和量级的影响, 将指标进行归一化处理, 经式 (1) 可计算得到生态承载力指数, 用来表征生态承载力水平.

一定的生态承载力水平对应一定的生态系统健康等级. 为便于确定生态系统承载力与生态系统健康间的定量关系, 选取的生态承载力评价指标全部来自自由生态系统的活力、组织结构等 8 方面构建的流域生态系统健康指标体系, 并应用层次分析法确定各指标权重值. 借鉴已有研究结果<sup>[11]</sup>、世界和中国的指标均值、生态县 (市、省) 的相应要求, 确定流域生态系统健康等级标准, 并进行归一化处理, 使指标数值越大, 自然生态系统对社会经济系统的承载能力越强, 生态系统健康等级越趋于健康方向. 根据归一化后的流域生态系统健康标准, 采用式 (1) 即可算得不同生态系统健康等级下的生态承载力指数标准值, 见表 1.

表 1 基于生态系统健康等级的生态承载力评价标准

Table 1 Appraisal standards of ECC index based on ecosystem health

指数	病态	不健康	亚健康	健康	非常健康
资源环境承载力	< 0.0029	0.0029—0.0697	0.0697—0.1448	0.1448—0.2462	≥ 0.2462
生态弹性力	< 0.2639	0.2639—0.3496	0.3496—0.4713	0.4713—0.5889	≥ 0.5889
人类潜力	< 0.2272	0.2272—0.2528	0.2528—0.2664	0.2664—0.2764	≥ 0.2764
生态承载力	< 0.3483	0.3483—0.4371	0.4371—0.5604	0.5604—0.6956	≥ 0.6956

基于生态系统健康的生态承载力评价指标、计量模型和评价标准详见作者已公开发表的文献<sup>[5]</sup>。根据区域发展目标制定自然生态系统承载力调控措施, 基于式 (1), 可计算调控措施落实后生态承载力指数的变化和相应自然生态系统健康等级的变化。

2.1.2 社会经济系统 为便于比较, 社会经济系统健康评价标准也划分为病态、不健康、亚健康、健康、非常健康 5 个等级, 每个等级的生态学含义与自然生态系统相同<sup>[5]</sup>。以人均 GDP、GDP 年增长率、人口密度和人口自然增长率四个指标衡量社会和经济系统的健康状态。四个指标中, 前两个经济指标为正向指标, 指标数值越大, 代表经济系统越健康, 后两个社会系统指标为逆向指标, 指标数值越大, 系统越不健康。社会和经济系统健康指数可表示为:

$$I = \sum_{i=1}^2 w_i I_i$$

(2)

式中,  $I$  为经济系统(社会系统)健康指数,  $w_i$  为权重,  $I_i$  为标准化后的指标值。

社会和经济系统健康标准的分级方法和指标标准化方法与自然生态系统健康评价相同。根据式 (2) 计算得到经济和社会系统健康指数和健康等级标准值, 得到最终的研究区域社会经济系统健康状态空间分布。

2.2 自然-社会-经济系统健康联合维系模式

自然生态系统与社会经济系统之间的供给与需求矛盾是生态系统发展的驱动力, 也是影响生态系统健康的根源。从系统动力学的角度, 生态系统健康维系可借鉴生态经济系统协调发展的机理与驱动机制<sup>[12-13]</sup>, 采用正负反馈两方面措施。生态系统健康正反馈调控是弱化社会经济系统的增长型反馈机制, 即为了避免正反馈环的过速运转, 应该推行有利用生态环境的绿色政策, 并对生态资源的浪费性需求加以控制和减弱, 以便建立一个适度、协调、持续稳定的社会经济增长机制, 消除盲目高速增长和大起大落的失调性波动, 达到即满足经济发展和人口增长的需求, 又避免生态失调。生态系统健康负反馈调控是强化生态系统的稳定型调控机制, 即通过发展新技术, 提高资源的更新力; 通过寻求某种适当的替代资源, 满足社会经济需求; 通过推行有利于自然生态系统整体水平提高的政策措施, 提高自然生态系统对社会经济系统的支持能力, 即, 提高生态供给能力, 满足经济需求。因此, 自然-社会-经济系统健康维系可以通过生态承载力调控和社会经济系统健康维系两种途径来实现。

3 黄河流域青海片生态承载力调控

3.1 生态承载力调控

根据式 (1), 计算黄河流域青海片生态承载力指数动态变化, 结果见表 2 表 2 表明,

研究区域内随时间推移,生态弹性力和资源环境承载力指数将降低,生态承载力整体水平也将明显下降,且三个分力之间呈不平衡现象,人类潜力水平明显高于其它两个分力.因此,生态承载力调控首先需要应用分力间联合调控模式,提高生态弹性力和资源环境承载力水平,实现生态系统整体水平的提高.

表 2 黄河流域青海片生态承载力指数动态变化趋势  
Table 2 Trends of ECC indices of Qinghai Province in the Yellow River Basin

指数	1999年				2007年				2015年			
	资源环境 承载力	生态 弹性力	人类 潜力	生态 承载力	资源环境 承载力	生态 弹性力	人类 潜力	生态 承载力	资源环境 承载力	生态 弹性力	人类 潜力	生态 承载力
青海片	0.2712	0.2923	0.2488	0.47	0.1936	0.2782	0.2729	0.4352	0.1565	0.2705	0.2899	0.4263
西宁市	0.1206	0.3924	0.2611	0.4865	0.0711	0.3919	0.2758	0.4704	0.037	0.3904	0.2825	0.4448
海东地区	0.161	0.3585	0.2574	0.4698	0.0955	0.3348	0.2778	0.4238	0.0502	0.3075	0.2945	0.3691
海北州	0.2399	0.3612	0.25	0.5005	0.2016	0.361	0.2798	0.4917	0.1594	0.3635	0.3023	0.4727
海南州	0.2317	0.3928	0.2424	0.5165	0.1944	0.4513	0.2647	0.5451	0.1518	0.5097	0.2796	0.5557
黄南州	0.2784	0.2964	0.2559	0.4805	0.2778	0.2152	0.2706	0.4275	0.2779	0.1513	0.2801	0.3726
果洛州	0.3635	0.331	0.2306	0.5431	0.3402	0.3319	0.2772	0.5494	0.3336	0.333	0.3145	0.5606

参照《青海省国民经济和社会发展“十五”计划》、《青海省“十五”专项规划》和《青海省“十五”行业规划》的相关内容和全国的规划目标,本文进一步应用分力内部调控模式,提高生态弹性力、资源环境承载力和人类潜力水平.调控措施包括:(1)减少资源开采强度,提高资源的加工深度,真正实现将资源的优势转化为经济优势,发挥资源效益;(2)采取节水措施,调整用水结构,降低水耗;(3)调整调整优化产业结构,降低万元产值的资源消耗;(4)大力发展科技教育,进一步提高教育水平;(5)改善人民生活质量和交通状况.具体调控目标见表 3

生态承载力调控目标实现后,生态承载力指数变化见表 4.综合分析表 2和表 4的结果表明,生态承载力调控措施落实后,生态承载力指数和各项分指数在 2007年和 2015年比调控前有明显提高,其中,2015年调控后黄河流域青海片的生态弹性力指数为 0.2988 优于 1999年水平 (0.2923);资源环境承载力指数 (0.2271)虽未恢复到 1999年的水平,但 2015年要高于 2007年水平,较调控前 (0.1565)有明显改善,出现了指数上升趋势,并与 2000年水平持平;调控后 2015年生态承载力指数 (0.4746)优于 1999年的水平 (0.4700),明显高于未调控时的水平 (0.4263).

表 3 黄河流域青海片生态承载力调控目标  
Table 3 Regulatory aims of ECC of Qinghai Province in the Yellow River Basin

分力	生态弹性力				资源环境承载力				人类潜力			
具体指标	森林覆 盖率	水土流失 面积比例	草原退化 面积比例	林地、草 地覆盖率	水体 水质	万元 GDP 能耗	万元 GDP 水耗	通讯 指数	交通 指数	高中以上人口 比例		
近期目标 (2007年)	3.80%	减少 3%	减少 8%	提高 5%	消除Ⅳ和 Ⅴ类水体	降低 15%	降低 20%	180户 / 1000人	0.05 km /km <sup>2</sup>	提高 5%		
远期目标 (2015年)	5.07%	减少 5%	减少 20%	提高 8%	维持 2007 年水平	降低 25%	降低 30%	280户 / 1000人	0.07 km /km <sup>2</sup>	提高 10%		

表 4 调控措施实施后黄河流域青海片生态承载力指数预测

Table 4 Trends of ECC indices of Qinghai Province in the Yellow River Basin after regulation

区域	2007年				2015年			
	资源环境 承载力	生态 弹性力	人类 潜力	生态 承载力	资源环境 承载力	生态 弹性力	人类 潜力	生态 承载力
青海片	0.2193	0.2952	0.2731	0.4581	0.2271	0.2988	0.2905	0.4746
西宁市	0.1203	0.3976	0.2993	0.5119	0.1580	0.4033	0.3340	0.5469
海东地区	0.1629	0.3635	0.2774	0.4854	0.1629	0.3679	0.2797	0.4901
海北州	0.2354	0.3611	0.2757	0.5117	0.2356	0.3616	0.2831	0.5162
海南州	0.2299	0.4399	0.2574	0.5591	0.2300	0.4398	0.2675	0.5638
黄南州	0.2779	0.2838	0.2739	0.4825	0.2780	0.2891	0.2738	0.4856
果洛州	0.3457	0.3322	0.2749	0.5527	0.3473	0.3340	0.2760	0.5553

3.2 自然生态系统健康维系

调控措施实施前后,黄河流域青海片自然生态系统健康状态的变化见表 5 表 5 表明,调控后虽然黄河流域青海片自然生态系统健康等级、生态弹性力水平和人类潜力对应的健康等级均未能改善,但是资源环境子系统的健康状态能够提高一个等级.

表 5 调控措施实施后黄河流域青海片自然生态系统健康状态变化

Table 5 Trends of ECC indices of Qinghai Province in the Yellow River Basin after improvement

项目	2007年		2015年	
	调控前	调控后	调控前	调控后
资源环境子系统	2	2	3	2
生态弹性力	4	4	4	4
人类潜力	2	2	1	1
自然生态系统	3	3	4	3

注:“1”非常健康;“2”健康;“3”亚健康;“4”不健康

3.3 社会经济系统健康维系

3.3.1 社会经济系统健康状态分析 根据式(2)计算得到经济指数和社会指数,并对计算所得指数依据健康标准进行分级,得到最终的研究区域社会经济系统健康状态空间分布,见图 3 图 3 表明,1999 年黄河流域青海片经济系统健康状态多处于不健康状态,大通河流域和黄河源头区域的社会系统健康状态相对较低,其它区域的社会系统健康等级均处于健康之上,由此可见,经济规模较小、经济发展速率较慢是制约黄河流域青海片生态系统健康的重要因素之一.

3.3.2 社会经济系统健康维系 为提高黄河流域青海片社会经济系统健康状态,参照相应的规划和发展计划,可以采用以下调控措施进行流域生态系统健康维系:(1)大力发展区域经济,促使经济总量适度增长,实现 2007 年国内生产总值(GDP)年均增长 10%,人均 GDP 达到 8000 元/年, GDP 增长率提高至 9%, 2015 年 GDP 年均增长 12%,人均 GDP 达到 20000 元/年, GDP 增长率维持 9%;(2)有效控制人口增长,实现 2007 年和 2015 年人口自然增长率分别控制在 12.5‰和 12‰;(3)通过建立规范的社会和经济发展行为的政策体系、法规体系、战略目标体系,资源环境、生态动态监测和管理系统,提高决

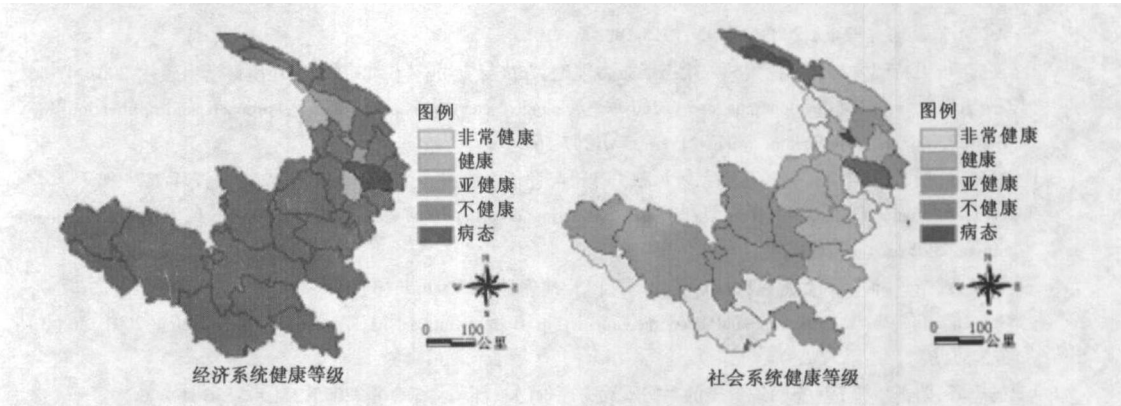


图 3 黄河流域青海片社会经济系统健康等级分布

Fig 3 Spatial trends of natural ecosystem health of Qinghai Province in the Yellow River Basin in 1999

策管理水平. 维育措施实施后的社会经济系统健康状态见表 6 表 6 表明, 维育措施实施后, 黄河流域青海片经济系统健康等级明显提高.

表 6 调控措施落实后研究区域社会经济系统健康状态变化

Table 6 Trends of social and economic system healthy of Qinghai Province in the Yellow River Basin after improvement

项目	2007年				2015年			
	调控前		调控后		调控前		调控后	
	青海省	黄河流域青海片	青海省	黄河流域青海片	青海省	黄河流域青海片	青海省	黄河流域青海片
经济系统	4	2	3	2	3	2	1	2
社会系统	4	2	4	2	3	3	2	3

注: “1”非常健康; “2”健康; “3”亚健康; “4”不健康

4 结论

- (1)基于生态系统健康的生态承载力调控模式体现了大尺度自然生态系统的复杂性, 可用于区域生态承载力调控;
- (2)构建的生态系统健康评价指标和标准, 以及提出的自然-社会-经济系统生态系统健康维育模式, 方法相对简便, 具有可操作性;
- (3)黄河流域青海片案例研究表明, 调控和维育措施实施后, 青海片资源环境恶化趋势将得到遏制和改善, 生态承载力水平明显提高, 并可基本恢复到 1999 年的水平, 生态系统健康状态也将得到不同程度改善.

参考文献

[ 1 ] 方创琳, 鲍超, 张传国. 干旱地区生态-生产-生活承载力变化情势与演变情景分析[ J ]. 生态学报, 2003, 23( 9 ): 1915-1923  
Fang Chuanglin, Bao Chao, Zhang Chuanguo. Analysis on the changing condition and the evaluative scene of the ecology production living carrying capacity in arid area: A case study in Yuli District in the Lower Reaches of Taim River[ J ].  
?1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

- ACTA Ecologica Sinica 2003 23(9): 1915-1923
- [ 2 ] 高吉喜. 可持续发展理论探索——生态承载力理论、方法与应用[ M ]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001. 47-56  
Gao Jixi Sustainable development theory study——ecological carrying capacity theory approach and application[ M ]. Beijing: China Environmental Science Press, 2001. 47-56
- [ 3 ] 徐琳瑜, 杨志峰, 李巍. 城市生态系统承载力理论与评价方法[ J ]. 生态学报, 2005 25(4): 771-777  
Xu Linyu, Yang Zhiheng, Li Wei Theory and evaluation of urban ecosystem carrying capacity[ J ]. ACTA Ecologica Sinica 2005 25(4): 771-777
- [ 4 ] 毛汉英, 余丹林. 环渤海地区区域承载力研究[ J ]. 地理学报, 2001, 56(3): 363-371  
Mao Hanying, Yu Danlin Regional carrying capacity in Bohai R in[ J ]. ACTA Geographica Sinica 2001, 56(3): 363-371
- [ 5 ] 杨志峰, 隋欣. 基于生态系统健康的生态承载力评价[ J ]. 环境科学学报, 2005 25(5): 586-594  
Yang Zhiheng, Sui Xin Assessment of the ecological carrying capacity based on the ecosystem health[ J ]. ACTA Scientiae Circumstantiae 2005 25(5): 586-594
- [ 6 ] Seidl I, Tisell C A. Carrying capacity reconsidered from Malthus' population theory to cultural carrying capacity[ J ]. Ecological Economics 1999 31: 395-408
- [ 7 ] Sagoff M. Carrying capacity and ecological economics[ J ]. Bioscience 1995 45(9): 610-618
- [ 8 ] Papageorgiou K, Brotherton I A management planning framework based on ecological perceptual and economic carrying capacity: the case study of Vikos-Aoos National Park, Greece[ J ]. Journal of Environmental Management 1999 56: 271-284
- [ 9 ] Brotherton I The concept of carrying capacity of countryside recreation areas[ J ]. Recreation New Supplement 1973 6: 6-11
- [ 10 ] Dixon J, Scura L F. Meeting ecological and economic goals: marine parks in the Caribbean[ J ]. Ambio 1993 22: 117-125
- [ 11 ] 郭秀锐, 杨居荣, 毛显强. 城市生态系统健康评价初探. 中国环境科学, 2002 22(6): 525-529.  
Guo Xiurui, Yang Jurong, Mao Xianqiang Primary studies on urban ecosystem health assessment[ J ]. China Environmental Science 2002 22(6): 525-529
- [ 12 ] 姜学民. 论生态经济系统的动力机制[ J ]. 生态经济, 1987 10: 1-5  
Ji Xuemin Dynamic mechanism of ecological economic system[ J ]. Ecological Economy 1987 10: 1-5
- [ 13 ] 徐涤新. 生态经济学[ M ]. 杭州: 浙江人民出版社, 1987 92-93. 203-210. 376  
Xu Dixin Ecological economics[ M ]. Hangzhou: Zhejiang People Press 1987 92-93. 203-210. 376



# Improvement of the Ecological Carrying Capacity from Ecosystem Health Perspective

SUI Xin    QI Yue

( Institute of Public Policy, School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

## Abstract

A regulatory model of the ecological carrying capacity (ECC) based on the ecosystem health is developed to improve the methods in previous studies, which did not include case studies. A quantitative model and appraisal standards of the state of social and economic systems health based on simple indices are proposed. In addition, improved methods of the natural social economic system health are explored. These model and methods are then applied to ECC studies on Qinghai Province in the Yellow River Basin, and results show that after all proposed measures be implemented, both ECC indices and the healthy state of the studied area in 2015 will increase to the levels of 1999. Furthermore, the social system's health of the studied area will remain unchanged, while the economic system will be improved.

**Keywords** ecological carrying capacity; ecosystem health; regulatory models; the Yellow River Basin