

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

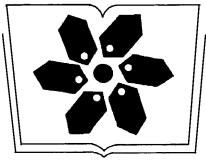
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 5 期
Vol.31 No.5
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 5 期 2011 年 3 月 (半月刊)

目 次

盐胁迫下 3 种滨海盐生植物的根系生长和分布..... 弋良朋,王祖伟 (1195)

蕙兰病株根部内生细菌种群变化..... 杨 娜,杨 波 (1203)

森林不同土壤层全氮空间变异特征..... 张振明,余新晓,王友生,等 (1213)

基于生态位模型的秦岭山系林麝生境预测..... 罗 翀,徐卫华,周志翔,等 (1221)

黑河胜山自然保护区红松和红皮云杉生长释放判定及解释..... 王晓春,赵玉芳 (1230)

两种大型真菌菌丝体对重金属的耐受和富集特性..... 李维焕,于兰兰,程显好,等 (1240)

2005—2009 年浙江省不同土地类型上空对流层 NO₂ 变化特征 程苗苗,江 洪,陈 健,等 (1249)

关帝山天然次生针叶林林隙径高比 符利勇,唐守正,刘应安 (1260)

鄱阳湖湿地水位变化的景观响应..... 谢冬明,郑 鹏,邓红兵,等 (1269)

模拟氮沉降对华西雨屏区撑绿杂交竹凋落物分解的影响..... 涂利华,戴洪忠,胡庭兴,等 (1277)

喷施芳香植物源营养液对梨树生长、果实品质及病害的影响 耿 健,崔楠楠,张 杰,等 (1285)

不同覆膜方式对旱砂田土壤水热效应及西瓜生长的影响 马忠明,杜少平,薛 亮 (1295)

干旱胁迫对玉米苗期叶片光合作用和保护酶的影响 张仁和,郑友军,马国胜,等 (1303)

不同供水条件下冬小麦叶与非叶绿色器官光合日变化特征 张永平,张英华,王志敏 (1312)

水分亏缺下紫花苜蓿和高粱根系水力学导度与水分利用效率的关系 李文娆,李小利,张岁岐,等 (1323)

美洲森林群落 Beta 多样性的纬度梯度性 陈圣宾,欧阳志云,郑 华,等 (1334)

水体泥沙对菖蒲和石菖蒲生长发育的影响..... 李 强,朱启红,丁武泉,等 (1341)

蚯蚓在植物修复芫污染土壤中的作用..... 潘声旺,魏世强,袁 馨,等 (1349)

石榴园西花蓟马种群动态及其与气象因素的关系..... 刘 凌,陈 斌,李正跃,等 (1356)

黄山短尾猴食土行为..... 尹华宝,韩德民,谢继峰,等 (1364)

扎龙湿地昆虫群落结构及动态..... 马 玲,顾 伟,丁新华,等 (1371)

浙江双栉蝠蛾发生与土壤关系的层次递进判别分析..... 杜瑞卿,陈顺立,张征田,等 (1378)

低温导致中华蜜蜂后翅翅脉的新变异 周冰峰,朱翔杰,李 月 (1387)

双壳纲贝类 18S rRNA 基因序列变异及系统发生 孟学平,申 欣,程汉良,等 (1393)

基于物理模型实验的光倒刺鲃生态行为学研究 李卫明,陈求稳,黄应平 (1404)

中国铁路机车牵引能耗的生态足迹变化 何吉成 (1412)

城市承载力空间差异分析方法——以常州市为例..... 王 丹,陈 爽,高 群,等 (1419)

水资源短缺的社会适应能力理论及实证——以黑河流域为例 程怀文,李玉文,徐中民 (1430)

寄主植物叶片物理性状对潜叶昆虫的影响..... 戴小华,朱朝东,徐家生,等 (1440)

专论与综述

C₄ 作物 FACE (free-air CO₂ enrichment) 研究进展 王云霞,杨连新,Remy Manderscheid,等 (1450)

研究简报

石灰石粉施用剂量对重庆酸雨区受害马尾松林细根生长的影响..... 李志勇,王彦辉,于澎涛,等 (1460)

女贞和珊瑚树叶片表面特征的 AFM 观察 石 辉,王会霞,李秧秧,刘 肖 (1471)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 284 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 32 * 2011-03

水资源短缺的社会适应能力理论及实证 ——以黑河流域为例

程怀文^{1,*}, 李玉文², 徐中民¹

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所 内陆河流域生态水文重点实验室, 兰州 730000;

2. 浙江财经学院 工商管理学院, 杭州 310018)

摘要: 水资源短缺已成为制约干旱-半干旱内陆河流域可持续发展的瓶颈, 社会适应能力理论为解决水资源短缺问题提供了新的思路和方法。从人类生态系统角度分解社会适应能力, 辨明了社会适应能力结构性成分, 并利用网络层次分析(ANP)方法, 构建了缓解水资源短缺的社会适应能力定量评价模型。然后以黑河流域中游甘州区为研究区, 进行了水资源短缺的社会适应能力定量评价的案例研究。结果表明研究区缓解水资源短缺的社会适应能力综合指数为 2.411, 处于中等水平, 有待进一步提高; 在灌区尺度上, 缓解水资源短缺的社会适应能力水平与受灌区水资源管理背景和意识的影响。在缓解水资源短缺的社会适应能力系统中, 研究区有两个关键资源有所欠缺, 同时人口自然增长率和人均综合用水量较低、社会公平和节水意识水平相对较高, 但人们安全感和政策稳定性不强并缺乏信任, 廉政水平、政府管理能力和社会经济资源水平需要进一步提高。旨在为水资源可持续利用研究提供一种新的分析角度, 为决策者采取新的社会、经济、制度等对策提供科学依据支撑。

关键词: 水资源短缺; 社会适应能力; ANP; 人类社会系统; 黑河流域

Social adaptive capacity for water resource scarcity in human systems and case study on its measuring

CHENG Huaiwen^{1,*}, LI Yuwen², XU Zhongmin¹

1 Laboratory of Watershed Hydrology and Ecological, CAREERI, CAS, Lanzhou 730000, China

2 Business Administration College, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, China

Abstract: Water scarcity is a main constrain for sustainable development in semi-arid regions. Social adaptive capacity theory offers a new idea for resolving water resource scarcity problem. The concept of Social adaptive capacity is put forward based on understanding the complex relation between human and ecosystem. As we known, nature is not a balanced system filled with nice biogeochemical cycles, circulating in a predictable pattern, but instead consist of complex and adaptive systems, where extreme events, such as floods and droughts, form a natural part of the reality. Nature is full of surprises, sudden shocks, which hit at random, resulting in complete reorganization of the playing field on which all biological life forms depend. In order to cope with randomness, shocks and extreme events, ecosystem has an inbuilt capacity to absorb shocks while maintaining function. This capacity of ecosystem is defined as the "adaptive capacity". Human systems can also plan and implement adaptation strategies in an effort to reduce potential vulnerability or exploit emerging opportunities even further. We call 'social adaptive capacity' for this capacity of plan and implement adaptation strategies in an effort to reduce potential vulnerability or exploit emerging opportunities even further. Social adaptive capacity theory is a new for dealing with natural resource problem, and offers a new idea for resolving resource scarcity problem. There is a big challenge for human that natural resources are lack, especially water resources. Societies may be able to live with water scarcity, provided they can adapt through doing things with water in a better, more efficient way, and perhaps doing entirely

基金项目: 中国科学院西部行动计划项目(二期)项目(KZCX2-XB2-09)

收稿日期: 2010-11-29; 修订日期: 2011-01-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hw_cheng@163.com.

other things than agriculture, then an index portraying the adaptive capacity of a society will provide a relevant picture of the impending challenges of that society.

In this paper, we introduce the origin of concept of social adaptive capacity for water scarcity, from the understanding that humans are completely intertwined with ecosystem, and discuss the structural components of social adaptive capacity for water scarcity by analyzing human ecosystem. Based on the relationships among factors of social adaptive capacity for water scarcity system and the analytic network process (ANP), we construct model of measuring social adaptive capacity for water scarcity. And the index system of measuring social adaptive capacity for water scarcity is constructed by on analyzing the characters of society, economy and culture in middle of the Heihe River Basin. Taking Ganzhou district in middle of the Heihe River Basin for study area, this paper does case study on measuring social adaptive capacity for water scarcity. The results are drawn follows: (1) The level of social adaptive capacity for water scarcity is not high in Ganzhou, whose index is 2.411, it means that social resource should be mobilized in process of solving water scarcity problems. (2) Among eight irrigation regions in Ganzhou, there is a different numerical value of social adaptive capacity for water scarcity, Yingke's is the highest, whose index is 2.625; Shangsang's is the lowest, whose index is 2.210. (3) In system of social adaptive capacity for water scarcity, the function of social order is the largest, social regime is second, cultural resources is last, in Ganzhou. So we should attach importance to cultivate cultural resources of Ganzhou. (4) In Ganzhou, two key resources are scarcity in system of social adaptive capacity for water resources. The levels of natural population growth rate and water consumption per capita are lower, social justice and awareness of water conservation of two indexes are higher. However, people's sense of security and trust are scarcity, clear power, managerial capacity and social and economic resources also should be improved. This paper discusses social adaptive capacity is a real resources to achieve water resources sustainability, aiming at offering a new method for research of water resources sustainability, providing scientific support for decision-making to adapt new social, economic and institutional tool to achieve water resources sustainability.

Key Words: water scarcity; social adaptive capacity; ANP; human systems; Heihe River Basin

随着人类活动对水资源系统影响的日益显著,水资源问题已延伸到社会经济系统中,可采用的对策也扩大到社会经济领域^[1-2],水资源管理进入社会化管理阶段。这就意味着在解决水资源问题时,强调社会资源的作用^[3]。虚拟水战略就是利用社会资源缓解水资源压力的典型^[4]。以色列国土的2/3都是沙漠,人均水资源仅70m³,仅是世界人均占有量的3%,但却能维持一个人均GDP超过1万美元的比较发达的社会,主要就是因为拥有较多的能适应自然资源短缺的社会资源。在处理增加的自然资源稀缺的时候,如果一个社会没有足够的能力对此做出调整,则该社会就可能被视为社会资源稀缺,Ohlsson称之为社会适应能力^[5]。水资源管理引入社会资源扩大了解决水资源问题途径,增加了水资源管理决策空间。管理的着眼点从克服自然资源稀缺转向克服社会资源的稀缺。因此,人类社会系统是否具备调动足够社会资源的能力即社会适应能力来克服自然资源稀缺就成为能否解决水资源短缺问题的关键。社会适应能力理论为水资源的短缺问题提供了新的解决思路。

本文在阐释了社会适应能力概念的基础上,剖析了其组成成分,并针对水资源系统,以黑河流域中游张掖市这一全国节水型社会试点城市为研究区,利用网络层次分析(ANP)方法定量研究了社会适应能力,对合理高效地管理水资源具有一定的借鉴与指导意义。

1 社会适应能力

1.1 社会适应能力概念

适应能力的概念是在理解人类与生态系统之间复杂关系的背景下提出的^[6]。生态系统并不是一个完美的生物物理化学循环的平衡系统,而是由复杂的适应性系统组成,自然环境在受到人类活动和突发事件(如洪水和干旱的极端事件)的扰动和冲击之后,适应系统将会恢复或重新组织结构。自然环境为了处理极端事

件、无规律自然波动及人类干扰活动,它有一定吸纳波动和维持自身功能的容量,这个容量被定义为生态适应能力^[7]。当波动发生时,系统的适应能力提供恢复和重组结构的功能^[7]。之后恢复力联合会将适应能力定义为系统受到冲击或破坏时使系统恢复到有序状态的因素的量^[7]。

适应能力的概念同样适应于人类社会系统。Smit 和 Wandel 利用系统理论辨识了社会经济系统中脆弱性、恢复力与适应能力之间的区别和联系,他们认为生物物理领域的脆弱性、恢复力与适应能力的概念同样适应于社会领域,适应能力的概念广泛用于生命科学和社会科学,但是社会领域中适应能力概念与生命科学领域关注的焦点和对概念诠释不同^[8]。Adger 把社会适应能力定义为组织或团体应对社会、政治和环境变化带来的外部压力与干扰的能力^[7]。当人类社会系统发生波动或受到冲击时,内部将会有一些因素即社会资源促使系统恢复或重组,而使系统损失程度降低到最小。人类社会系统是自然生态系统的子系统,生态系统是人类社会系统的生命支持系统^[9]。当自然资源出现短缺,人类社会系统显然会受到冲击并出现波动;此时其适应系统组分将会发挥作用使其恢复并将损失程度降低到最小^[10]。因此社会资源在应对基础性资源短缺中十分关键,人类在克服所有基础性资源短缺时都必须考虑社会适应能力^[7]。Ohlsson 研究水稀缺时指出人类社会是否能够调动足够的社会资源克服水资源短缺,是解决水资源短缺问题的关键;将社会适应能力定义为适应自然资源短缺可以调用的社会资源的量^[2]。目前适应能力概念用在多个研究领域, Posey 通过研究市政社会经济地位 (SES) 与适应能力(之间的关系,从而分析了应对环境变化的适应能力^[11]; Williamson 等人研究了气候变化脆弱性评估中的经济系统适应能力^[12], Eakin 等以墨西哥 Lerma 流域为研究对象,分析了灾害管理的适应能力^[13]; Brown 等则评估了自然资源管理的社会适应能力,提出通过自然资源管理主体、工业和政府之间的对话建立起集体行动从而提高适应能力^[14]。从适应能力研究可见,在自然环境发生变化时,人类社会系统会通过调整自身结构、采用一系列措施从而应对这些变化,而应对这些变化的能力即是适应能力,称之为“社会适应能力”。同经济发展理论中无形资源的作用一样,将社会适应能力视为一种资源,用以应对自然环境变化和解决当前面临的自然资源短缺问题,拓宽了决策空间^[14]。

水资源是自然资源中重要的一种,是人类发展不可或缺的资源。相对水资源而言,社会适应能力就是为适应水资源短缺,可调用的社会资源的量,可以将其理解为当人类社会系统受到水资源短缺冲击时,内部调动足够社会资源而缓解压力并使系统恢复的能力。要全面了解缺水国家或地区社会系统是否有这样的能力,必须了解人类社会应对水短缺的能力,即社会适应能力定量评价。

1.2 社会适应能力的刻画方法

社会适应能力是一个涉及众多维度的复杂概念,包含社会经济发展、教育、人权、性别平等、制度能力等诸多影响因素。因此,要对其量化,需要对其进行合理的分解,也就是辨明其结构性成分^[15]。当前国际上关于人文生态系统的研究,为分解和定量研究社会适应能力提供了一种可行的分析框架,可以通过分析人文生态系统,解耦和剖析社会适应能力。

人文生态系统由人文社会系统和关键资源 2 个子系统组成。其中人文社会系统可分解为社会秩序、社会循环和社会制度 3 个子系统;关键资源分解为社会经济资源、文化资源和自然资源 3 个子系统。关键资源为整个人文生态系统提供必要的资源供给,它们的流量和分布对整个人文生态系统的可持续非常关键,但同时又需要由人文社会系统来调节,人文社会系统和关键资源之间的相互作用共同指导人类的行为^[16]。从生态系统与人类社会系统之间关系角度来看,如果排除人文生态系统中的自然资源子系统后,其他组分将组成针对关键自然资源波动(如短缺)的复杂适应系统,即社会适应能力。因此社会适应能力是由人文社会系统的 3 个子系统和 2 个关键资源组成,即社会秩序、社会循环、社会制度、社会经济资源和文化资源。从人文生态系统角度,用除自然资源之外的组分进行综合表现针对关键自然资源的社会适应能力。Turton 等人在研究社会适应能力时,通过水资源的需求管理将社会适应能力与自然资源的恢复重建结合在一起^[17]。他们将社会适应能力分解为两个主要组分:一是社会组分,主要是一些内生的影响因素,存在于政府和人们内心;二是结构组分,主要是外生的一些影响因素,可通过能力建设形式获得外部技术和财务的支持。上文从人文生态系统

的角度分解社会适应能力,不仅与 Turton 等人研究工作的目标一致,而且更能全面、真实反映社会适应能力组分。从而可以对社会适应能力进行分解刻画(表 1)。

表 1 水资源短缺的社会适应能力结构成分和评价指标体系

Table 1 Structural components and measuring indicators of social adaptive capacity for water scarcity and relations between indexes

目标 Objective	子系统(准则层) Subsystem(rule)	结构性成分(关键要素) Structure component(key element)	指标(层) Index floor
水资源短缺的社会 适应能力(G) Social adaptive capacity for water scarcity G	社会秩序 C ₁	社会阶层	公平(I ₁)
		社会行为规则	安全(I ₂)
	社会循环 C ₂	个体循环	人口自然增长率(I ₃)
		制度循环	人均综合用水量(I ₄)
			政策稳定(I ₅)
	社会制度 C ₃	制度运转	廉政(I ₆)
		政府	管理能力(I ₇)
	社会经济资源 C ₄	社会资本	公共参与(I ₈)
			信任(I ₉)
		金融资本	人均 GDP(I ₁₀)
		人力资本	受教育程度(I ₁₁)
		文化资源 C ₅	观念
		信仰	宗教信仰(I ₁₃)

社会秩序是人类社会系统运转的秩序,反映人类群体之间相互影响作用的文化模式,包括社会行为规则和社会阶层;社会循环是人类社会在时间上的分配模式,包括个体循环和制度循环;社会制度是人类为了解决社会挑战而设置的集体机构体系,政府和制度运转是其两大关键要素;社会经济资源包括社会资本、金融资本和人力资本 3 种关键要素;文化资源是比较抽象的,在人类社会系统中起着重要作用,主要包括人们的观念和信仰等方面^[17]。

2 社会适应能力评价模型

从当前国际研究来看,定量评价社会适应能力没有取得大的进展,仅停留在借用其他相关可持续发展评价指标(如人文发展指数等)上,或割裂其组分间的相互联系,用系统评价方法对子系统部分关键组分赋值进行评价^[2]。显然这些评价方法不能充分反映社会适应能力的内涵。而从人文生态系统角度,利用网络层次分析(ANP)方法对除自然资源之外的组分进行综合集成评价来综合评定针对关键自然资源的社会适应能力;不但考虑了社会适应能力结构性成分之间的相互影响,而且指标更容易落实,涵盖内容更清晰和广泛,更能反映社会适应能力真实情况。

网络层次分析(ANP)方法是一种能反映各子系统之间相互作用和相互影响的系统集成评价方法。基本原理是:在针对决策问题建立网络结构基础上,求得存在相互依赖作用的元素或元素组的判断矩阵,利用“超矩阵”理论对各相互作用的因素进行综合分析,从而得到各元素相互作用的权重^[18]。ANP 考虑了系统元素之间的相互影响、相互依赖关系,包括内部依赖和外部依赖。内部依赖是指同一元素组(即子系统)内部元素间的相互影响关系;外部依赖是指不同子系统的元素间存在的相互作用关系,当不同子系统间是双向作用时称之为反馈。水资源短缺的社会适应能力各子系统、各结构性成分之间都是相互作用、相互影响的,因此利用 ANP 方法进行评价可得到更全面、真实的结果。

根据 ANP 方法原理及水资源短缺的社会适应能力概念和结构性成分,确定了社会适应能力的 ANP 模型(图 1)。该模型中,控制层仅有一个目标,即社会适应能力(G);网络层中是受控制层支配的元素组,其中包括社会秩序(C₁),社会循环(C₂),社会制度(C₃),社会经济资源(C₄)和文化资源(C₅);其内部是相互影响的网络结构。

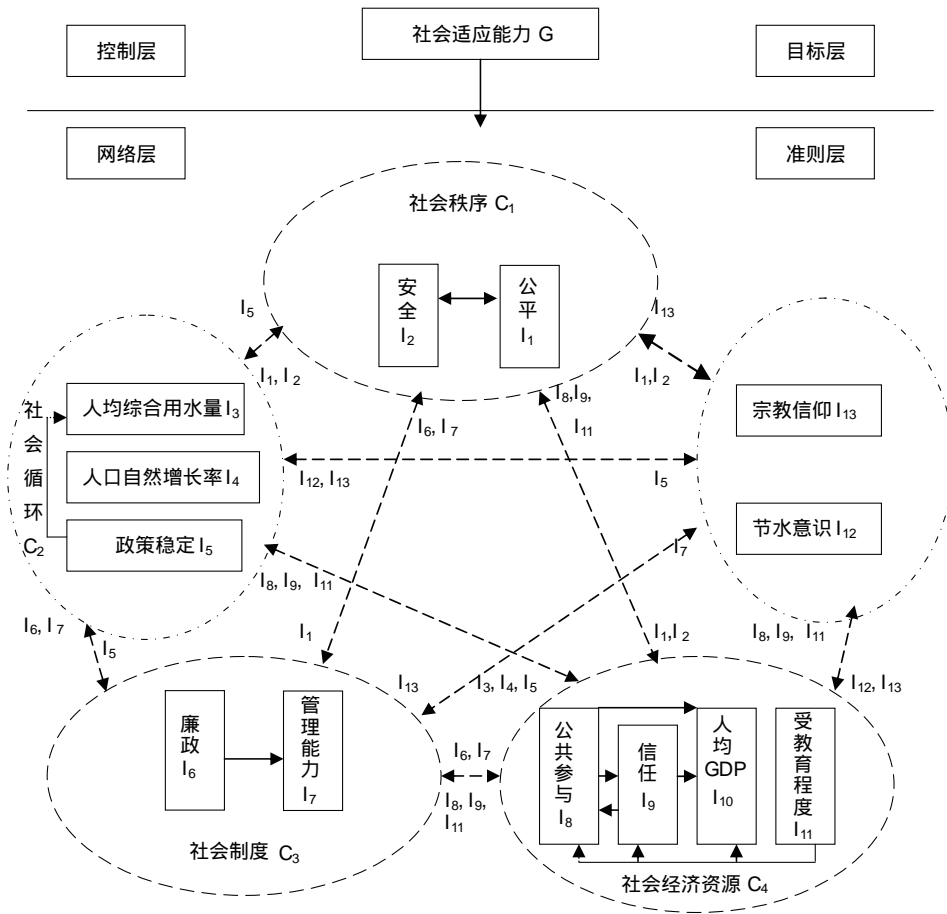


图1 社会适应能力评价 ANP 模型结构图

Fig. 1 ANP model measuring social adaptive capacity

箭头指向被影响的元素 I_i ; 实线表示元素组内部依赖关系, 虚线表示元素组外部依赖关系

3 实证研究

以水资源为研究对象, 黑河流域中游甘州区为研究区域, 应用社会适应能力评价模型, 确定了各元素间的影响关系, 分析了研究区人类社会系统对水资源短缺的社会适应能力的真实状况, 并提出政策建议。

3.1 研究区概况及指标体系构建

甘州区位于我国第二大内陆河黑河流域干流中游, 属典型荒漠绿洲区, 面积 4240km²。甘州区年平均降水量在 113—179mm 之间, 蒸发量却高达 2047mm, 具有降水少、蒸发大的特点, 气候干旱, 水资源极其短缺。该区境内地势平坦, 是典型渠系灌溉农业区, 水是农业生产的命脉。近些年随着人口增长、农业生产扩大, 甘州区需水量持续增加。同时 2000 年以来, 国家为了治理黑河流域下游生态退化, 规定中游每年向下游调水。因而甘州区可用水量远未满足生产生活 and 生态需求, 缺水矛盾更加凸显。为缓解水资源短缺压力, 2002 年国家在甘州区盈科灌区建立第一个节水型社会试点, 并逐步推广。甘州区以农民用水户协会为途径, 让农民参与到水资源管理中, 充分调动一些社会资源——广大民众的公共参与积极性来解决水资源短缺问题。至 2005 年农民用水户协会已取得了明显绩效。水资源短缺的社会适应能力的评价可显示甘州区社会资源的优劣势, 促进社会资源的培育, 更有利于缓解水资源压力。

应对水资源短缺的社会适应能力指标体系是衡量一个区域社会系统是否有能力调用足够社会资源适应水资源短缺的重要依据。因此指标体系不但要具有科学性而且更具可操作性, 同时指标选取要与区域社会系

统、水资源利用、文化背景等特点相结合,并应具问题导向性。根据社会适应能力概念和结构性成分^[8,19],结合黑河流域中游地区文化背景、社会经济和水资源利用特点,建立科学评价的指标体系(表1)。水资源短缺的社会适应能力各子系统、各结构性成分之间都是相互影响的,其影响关系见图1。

3.2 研究方法和步骤

第一,指标权重确定。通过调查问卷形式,采用专家打分法和 ANP 方法,确定各要素(指标)之间的相互作用系数即指标权重。根据系统结构性成分(指标)之间的关联关系(图1),设计确定权重的专家打分问卷调查表。问卷设计包括被调查者基本信息、元素组间比较、同层次元素间的比较、不同层次元素间的比较等4大类30小项。除被调查者基本信息外,其他采用了 Satty 教授的9标度法设计问卷项^[18]。18位专家都来自非常了解黑河流域中游水资源开发利用和管理的单位如张掖市水务局、张掖市统计局、甘州区水管所及中国科学院寒区旱区环境与工程研究所等。给予每个专家相同权重的情况下,采用加权对数平均综合排序向量法(公式1)进行数据处理。

$$\log a_{ij} = 1/M \times \sum \log a_{ijk} \quad (1)$$

式中, a_{ij} 为元素值, M 为专家群体数目, a_{ijk} 为第 k 位专家的元素比较结果, $k=1,2,\dots,M$ 。

根据公式(1)计算出所有元素值即得判断矩阵A,构造网络层元素相互影响的排序向量,如表2为以公平(I_1)为次准则、社会经济资源子系统中元素的判断矩阵及排序向量。把所有网络层元素的排序向量组合起来就得到一个在目标G控制下的初始超矩阵W。通过与加权矩阵相乘,初始超矩阵成为列归一化的加权超矩阵W',加权矩阵是由以目标G为准则、各子系统为次准则判断矩阵的排序向量组成,如表3为以目标G为准则、以 C_1 为次准则的判断矩阵及排序向量。W'的极限矩阵,便是元素相互关联系数即指标权重(图2)。

表2 元素比较的判断矩阵及其排序向量

Table 2 Comparative matrices of element and their priority vector

以G准则 I_1 为次准则 The rule for G, the sub-rule for C_1		C ₃ 中的元素 The element in C ₃			排序向量 Sort order vector
		I_8	I_9	I_{11}	
C ₃ 中的元素	I_8	1	1.416	0.683	0.319
Sort order vector	I_9	0.705	1	0.542	0.234
	I_{11}	1.459	1.837	1	0.447

表3 元素组比较的判断矩阵及其排序向量

Table 3 Comparative matrices of element groups and their priority vector

以G准则 C_1 为次准则 The rule for G, the sub-rule for C_1		元素组 Element group					排序向量 Sort order vector
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	
元素组 Element group	C_1	1	1.445	0.713	0.448	1.741	0.193
	C_2	0.764	1	0.636	0.574	1.125	0.143
	C_3	1.402	1.908	1	0.964	1.615	0.255
	C_4	1.828	1.737	1.032	1	1.495	0.266
	C_5	0.571	0.886	0.617	0.672	1	0.143

图2中人均综合用水量 I_4 和节水意识 I_{12} 这两个指标的权重最小,说明甘州区人均综合用水量降低空间和节水意识提升空间都很小,即这两个指标对提高水资源短缺的社会适应能力影响不大。而政策稳定、受教育程度、宗教信仰和公共参与等对水资源短缺的社会适应能力有较大影响。这正符合甘州区社会经济发展与水资源利用现状,甘州区是全国第一个节水型社会试点,用水量符合节水型社会标准,节水意识也走在全国前列;而政策稳定 I_5 (如制种玉米政策)是当地居民关注的内容,同时甘州区相对东部经济欠发达、教育水平和参与意识相对较低。

第二,指标值计算及数据标准化。人口自然增长率、人均综合用水量、人均GDP和受教育程度这4个指标从甘州区年鉴和张掖市水资源公报获取;但由于研究区范围较小,人均GDP数据难获得且是截面数据,因

此用人均纯收入代替。其他指标比较抽象,利用社会学调查方法量化,针对每个指标设计一个问题给出相应答案,采取 Krishna 和 Shrader 提出的答案权重法^[20]计算出指标原始值。如信任指标设计这样的问题:当您外出时,如果家里的事物(如牲畜或宠物)需要照顾,是否会托给邻居照看? 1. 基本不会;2. 偶尔会;3. 经常会;4. 每次都。由于各指标属性和单位不同,需要将指标值转换为无量纲评价值。按照指标发展水平将指标分为5个等级:很弱、较弱、中等、较强、很强,按指标大小对系统贡献的方向性将指标分为正向、逆向两类^[21];然后根据 Bossel 指标评分标准(用1—4表示强弱程度,1为很弱,1—2位较弱,2—3位中等,3—4位较强,4为很强。)^[22],采用直线型指标量化法进行数据标准化。

第三,社会适应能力定量计算。采用简单实用的综合指数法计算水资源短缺的社会适应能力,公式可表达为:

$$WS = \sum W_i I_i, \tag{2}$$

式中,WS为水资源短缺的社会适应能力复合系统综合指数, W_i 为第*i*个指标的权重, I_i 为第*i*个指标的标准化值, $i=1,2,\dots,n$ 。

3.3 结果分析

本文针对甘州区及8个灌区的水资源短缺的社会适应能力及其子系统水资源适应能力进行了评价分析。数据主要来源于甘州区统计年鉴、张掖市水资源公报及针对本次研究专门进行的关于水资源短缺的社会适应能力调查。图3—图9给出了实证分析结果,图5—图9中标准值是指标标准化得分为4时的综合得分,即指标发展水平为很强。

(1) 水资源短缺的社会适应能力

研究区水资源短缺的社会适应能力综合指数为2.411(图3),说明甘州区水资源短缺的社会适应能力处于中等水平,需要进一步提高;甘州区水资源缺乏,需要较高适应能力才能应对水资源突发事件(如极端干旱)和上游来水量逐年减少的局面。灌区水资源适应能力强弱与灌区节水建设、水资源管理意识有关。节水型社会建设示范地区、节水建设制度比较完善的地区以及水资源管理意识相对较强地区,水资源适应能力较强,如盈科灌区;反之则较弱,如上三灌区(图3)。图4可知,甘州区总体上文化资源子系统水平最低,其次是社会经济资源子系统,其余处于中等偏上水平;说明甘州区在适应水资源短缺的社会系统中,2个关键社会资源是缺乏,因而缓解水资源压力需要提高整体地区的社会经济水平和丰富文化资源。

(2) 社会秩序子系统

社会秩序子系统对缓解水资源压力贡献水平处于中等偏上水平(值在2.89—3.29);相对其他4个子系统,社会秩序子系统缓解水资源压力的水平是最高的(图4)。公平指标对社会秩序子系统贡献(64%—71%)相对较大,安全指标贡献(29%—36%)较小;同时前者对整个水资源短缺的社会适应能力系统贡献(10.1%—10.9%)处于中等水平,而后者贡献(4.1%—5.7%)较小(图5)。说明甘州区社会公平水平较高,

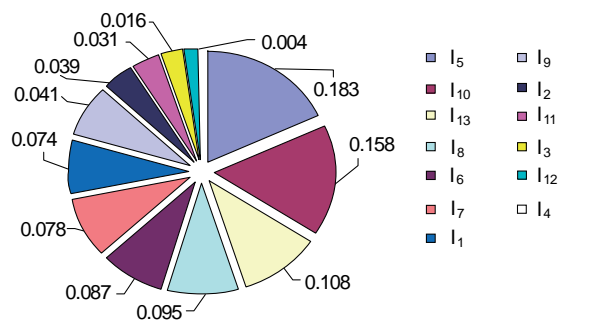


图2 甘州区水资源短缺的社会适应能力指标权重
Fig. 2 Priority coefficients of indexes of social adaptive capacity for water in Ganzhou district

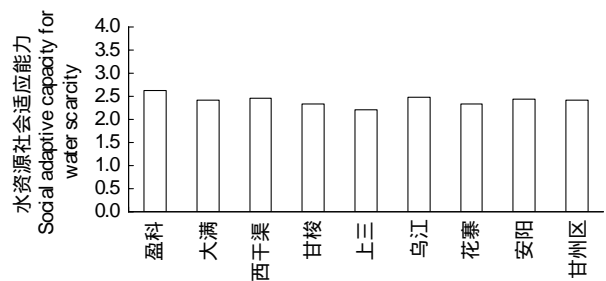


图3 甘州区及其灌区水资源短缺的社会适应能力
Fig. 3 Socialadaptive capacity for water scarcity of Ganzhou district and its irrigation regions

而人们关于水资源利用的安全感不强;因此通过对水资源统一规划、建立以水权为中心的水资源管理体制,使水资源分配更公平、用水效率更高,从而提高社会公平和人们用水安全感,进而提高社会缓解水资源短缺的能力。

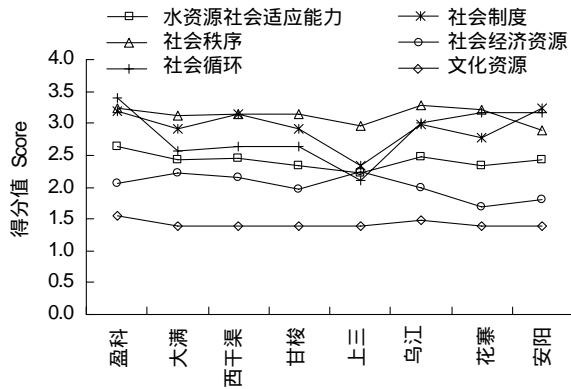


图4 灌区5个子系统评价结果

Fig. 4 Results measuring five subsystems of social adaptive capacity for water scarcity in irrigation regions

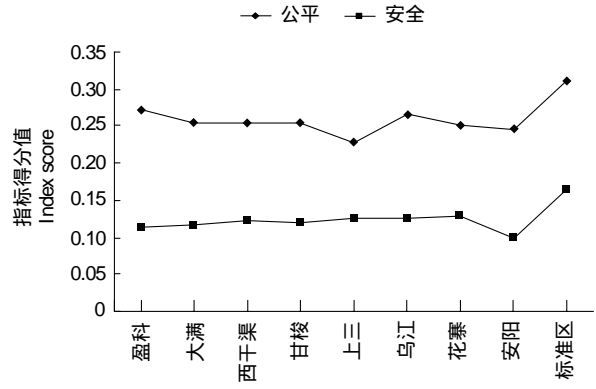


图5 社会秩序子系统

Fig. 5 Social order subsystem

(3) 社会循环子系统

研究区社会循环子系统缓解水资源短缺的能力处于中等偏上水平,灌区之间相差较大,最高(3.41)和最低(2.11)相差1个数量级(图4)。人口自然增长率和人均综合用水量综合得分已基本达到标准水平,对社会循环子系统贡献(12%—21%与1%—2%)和整个系统的贡献都较低(3.9%—5.1%与0.3%—0.6%)。说明甘州区人口自然增长率已较低,人均综合用水量降低空间较小,这同时也验证了专家打分的信息。政策稳定综合得分(0.356—0.638)与标准值(0.732)相差较大,且对社会循环子系统贡献(78%—86%)和整个系统贡献(11.1%—24.3%)都较大(图6)。说明政策稳定实际水平较低,但对于甘州区社会发展和缓解水资源短缺都是非常重要的内容;因而当地政府应致力于政策稳定特别是农业政策,可通过加大当地加工业投资、加强与外地或国际上的联系寻找更多途径稳定政策,进而提高社会适应能力。

(4) 社会制度子系统

研究区社会制度子系统处于中等发展水平(图4),各灌区处于同一水平,这是由于研究区范围较小并有相同的社会文化背景。政府机构廉政水平(0.172—0.285)与标准水平(0.342)差距较大,政府管理能力(0.230—0.307)与标准值(0.349)也有一定差距(图7)。说明甘州区政府廉政水平相对较低、管理能力一般,因此为提高社会适应能力需要提高政府部门管理能力同时狠抓廉政建设,可通过组织管理人员进行管理知识培训和基础锻炼来提高政府部门管理能力,通过组织政府人员进行思想学习建立正确价值观、人生观,并

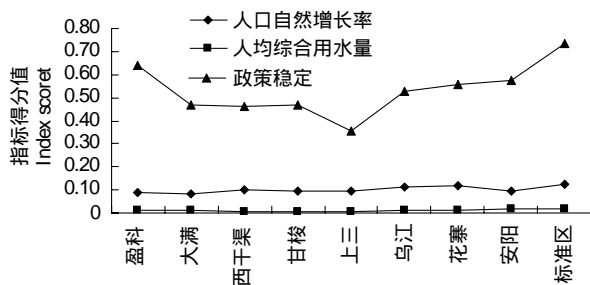


图6 社会循环子系统

Fig. 6 Social cycle subsystem

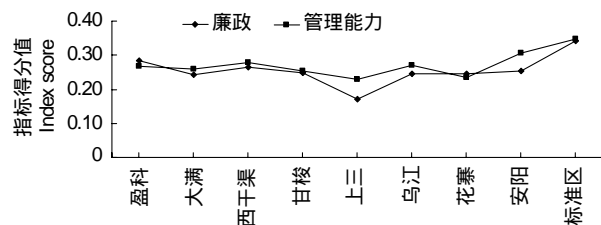


图7 社会制度子系统

Fig. 7 Social regime subsystem

加强和完善监督机制来实现廉洁执政。

(5) 社会经济资源子系统

研究区社会经济资源水平不高(1.68—2.24),灌区之间相差很小(图4)。公共参与、信任、人均收入和教育综合得分与标准值都有相距,其中受教育程度差距(0.476—0.392)最大(图8),说明这些指标都有很大的提升空间,尤其是受教育程度。因而甘州区社会经济资源是提高水资源短缺的社会适应能力的重要内容,可通过完善农民用水户协会机构和推广水资源管理成功经验促进公共参与,注重社会资本的培育、加大教育投入、建立农业-副业-工业的产业链从而发挥当地优势加快经济发展,进而提高社会经济资源。

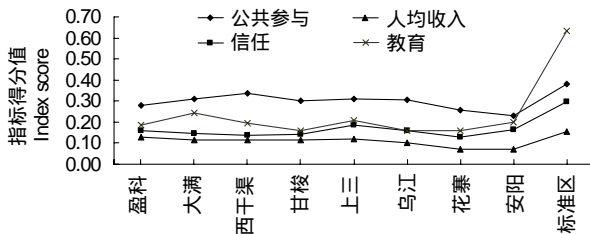


图8 社会经济资源子系统

Fig. 8 Social and economic resources subsystem

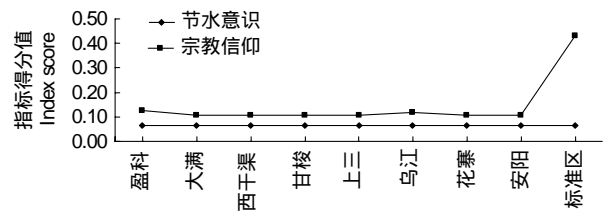


图9 文化资源子系统

Fig. 9 Cultural resources subsystem

(6) 文化资源子系统

研究区文化资源子系统发展水平最低,各灌区的文化资源情况相同(图4)。节水意识已达到标准水平(图9),验证了专家打分信息,而灌区宗教信仰综合得分(0.107—0.127)与标准值(0.431)相差较大(图9),说明甘州区人们节约用水意识很高,而缺乏信仰。在水资源短缺的社会适应能力中文化资源往往是被忽略的因素,因为它较抽象、无形的存在与人们日常生活中,政策决策者在建设水资源短缺的社会适应能力时一定要注重文化信仰的培育,通过文化宣传、组织居民参与文化活动以及为百姓办实事来增强人们文化信仰。

4 启示

尽管水资源社会适应能力综合指数不是绝对数量,仅反映其相对水平,但它显示社会适应能力是可测量。从人类生态系统角度反映社会适应能力结构,充分认识到社会适应能力和水资源一样也是一种真实存在的资源,从而提醒人们社会系统对水资源短缺的适应也是取得水资源可持续利用的一种途径。当传统的一些经济和技术措施不在适合当前水资源短缺形式时,从社会适应能力角度来提供替代的多学科管理措施就变得越来越需要。

当视点从水资源短缺本身转到国家和地区社会适应能力上时,对策措施范围集由水利工程等技术措施扩大到更广阔的社会经济领域,从制度、组织、经济和社会文化等角度寻找应对水资源短缺的对策措施将是水资源管理发展的方向。国家和地区水资源社会适应能力水平是实施社会经济领域对策措施的必要条件,也就是说,每种社会对策措施都对应特定水资源社会适应能力水平,如我国不能把以色列适应水资源短缺的对策措施直接搬来,是因为两国的水资源社会适应能力水平不同。为此,当采用制度、组织和社会经济等措施缓解水资源压力时,决策者必须充分了解缺水地区的社会适应能力情况,根据不同发展水平制定不同对策措施,否则将会事倍功半。

目前挑战在于国家和地区什么时候大规模实施制度变化、经济激励和社会结构变化等措施调用社会资源来有效缓解水资源压力。显然进一步精确测量水资源社会适应能力水平,以便制定相对水资源管理政策缓解水资源压力将成为水资源稀缺国家或地区水资源管理研究的一项重要内容。

References:

- [1] Xu Z M, Long A H. The primary study on assessing social water scarcity in China. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59 (6): 982-988.

- [2] Huang J L, Xu Z M. The ascendancy formula and its application in economic systems; take Gansu Province as a case. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4785-4792.
- [3] Pandey V P, Babel M S, Shrestha S, Kazama F. A framework to assess adaptive capacity of the water resources system in Nepalese river basins. *Ecological Indicators*, 2011, 11(2): 480-488.
- [4] Cheng G D. Virtual water-a strategic instrument to achieve water security. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2003, 18 (4): 260-265.
- [5] Ohlsson L. Water conflicts and social resource scarcity. *Physical Chemistry Earth (B)*, 2000, 25(3): 213-220.
- [6] Côté I M, Darling E S. Rethinking ecosystem resilience in the face of climate change. *Biodiversity*, 2010, 8(7): e1000438.
- [7] Rockström J. Resilience building and water demand management for drought mitigation. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2003, 28(20/27): 869-877.
- [8] Smit B, Wandel J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 282-292.
- [9] Daly H E, Farley J. *Ecological Economics: Principles and Applications*. Baker & Taylor Books, 2003: 40-50.
- [10] Lindner M, Maroschek M, Netherer S, Kremer A, Barbati A, Garcia-Gonzalo J, Seidl R, Delzon S, Corona P, Kolström M, Lexer M J, Marchetti M. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 2010, 259(4): 698-709.
- [11] Posey J. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the municipal level; evidence from floodplain management programs in the United States. *Global Environmental Change*, 2009, 19 (4): 482-493.
- [12] Williamson T, Hessel H, Johnston M. Adaptive capacity deficits and adaptive capacity of economic systems in climate change vulnerability assessment. *Forest Policy and Economics*, 2011.
- [13] Eakin H, Lerner A M, Murtinho F. Adaptive capacity in evolving peri-urban spaces: responses to flood risk in the Upper Lerma River Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 2010, 20 (1): 14-22.
- [14] Brown P R, Nelson R, Jacobs B, Kocic P, Tracey J, Ahmed M, DeVoil P. Enabling natural resource managers to self-assess their adaptive capacity. *Agricultural Systems*, 2010, 103(8): 562-568.
- [15] Turton A Y. water scarcity and social adaptive capacity: towards and understanding of the social dynamics of water demand management in developing countries//Water Issues Study Group, School of Oriental and African Studies(SOAS). *Water, Peace and the Middle East: Negotiating Resources in the Jordan Basin*. MEMREW Occasional paper London; No 9, I B Taurus Publishers, 1999.
- [16] Xu Z M, Cheng G D. Analysis Framework on Human Factors'Function in Human-Earth System. *Science & Technology Review*, 2008, 26(3): 82-92.
- [17] Machlis G E, Force J E. The human ecosystem part I: the human ecosystem as an organizing concept in ecosystem management. *Society and Natural Resources*, 1997, 10(4): 347-367.
- [18] Saaty T L. *Decision making with dependence and feedback: the analytic network process*. Pittsburgh: RWS Publications, 2001: 22-40.
- [19] Yohe G, Tol R S J. Indicators for social and economic coping capacity-moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 2002, 12(1): 25-40.
- [20] Li Y W, Xu Z M. Application on quantificational appraisal of social capital: a case study of the Heihe River Basin. *Journal of glaciology and geocryology*, 2007, 29(5): 830-836.
- [21] Song S B, Cai H J, Xu L F. Indicators system for region sustainable water resources utilization and its assessing methods. *Advances in Water Science*, 2003, 14 (5): 647-652.
- [22] Bossel H. Policy assessment and simulation of actor orientation for sustainable development. *Ecological Economics*, 2000, 35 (3): 337-355.

参考文献:

- [1] 徐中民, 龙爱华. 中国社会化水资源稀缺评价. *地理学报*, 2004, 59(6): 982-988.
- [2] 黄莉莉, 徐中民. 上升性理论在经济系统中的应用——以甘肃省为例. *生态学报*, 2007, 27(11): 4785-4792.
- [4] 程国栋. 虚拟水-中国水资源安全战略的新思路. *中国科学院院刊*, 2003, 18(4): 260-265.
- [16] 徐中民, 程国栋. 人地系统中人文因素作用的分析框架探讨. *科技导报*, 2008, 26(3): 82-92.
- [20] 李玉文, 徐中民. 社会资本定量评价方法及应用——以黑河流域为例. *冰川冻土*, 2007, 29(5): 830-836.
- [21] 宋松柏, 蔡焕杰, 徐良芳. 水资源可持续利用指标体系及评价方法研究. *水科学进展*, 2003, 14 (5): 647-652.

CONTENTS

Root system characters in growth and distribution among three littoral halophytes YI Liangpeng, WANG Zuwei (1195)

Population dynamics of endophytic bacteria isolated from the roots of infected *Cymbidium faberi* YANG Na, YANG Bo (1203)

Spatial variability of forest soil total nitrogen of different soil layers ZHANG Zhenming, YU Xinxiao, WANG Yousheng, et al (1213)

Habitat prediction for forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Qinling mountain range based on niche model LUO Chong, XU Weihua, ZHOU Zhixiang, et al (1221)

Growth release determination and interpretation of Korean pine and Koyama spruce in Shengshan National Nature Reserve, Heilongjiang Province, China WANG Xiaochun, ZHAO Yufang (1230)

Growth tolerance and accumulation characteristics of the mycelia of two macrofungi species to heavy metals LI Weihuan, YU Lanlan, CHENG Xianhao, et al (1240)

Characters of the OMI NO₂ column densities over different ecosystems in Zhejiang Province during 2005—2009 CHENG Miaomiao, JIANG Hong, CHEN Jian, et al (1249)

The forest gap diameter height ratio in a secondary coniferous forest of Guan Di Mountain FU Liyong, TANG Shouzheng, LIU Yingan (1260)

Landscape responses to changes in water levels at Poyang Lake wetlands XIE Dongming, ZHENG Peng, DENG Hongbing, et al (1269)

Effect of simulated nitrogen deposition on litter decomposition in a *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocala mopsi* plantation, Rainy Area of West China TU Lihua, DAI Hongzhong, HU Tingxing, et al (1277)

Effect of aromatic plant-derived nutrient solution on the growth, fruit quality and disease prevention of pear trees GENG Jian, CUI Nannan, ZHANG Jie, et al (1285)

Influences of different plastic film mulches on temperature and moisture of soil and growth of watermelon in gravel-mulched land MA Zhongming, DU Shaoping, XUE Liang (1295)

Effects of drought stress on photosynthetic traits and protective enzyme activity in maize seedling ZHANG Renhe, ZHENG Youjun, MA Guosheng, et al (1303)

Photosynthetic diurnal variation characteristics of leaf and non-leaf organs in winter wheat under different irrigation regimes ZHANG Yongping, ZHANG Yinghua, WANG Zhimin (1312)

The root system hydraulic conductivity and water use efficiency of alfalfa and sorghum under water deficit LI Wenrao, LI Xiaoli, ZHANG Suiqi, et al (1323)

Latitudinal gradient in beta diversity of forest communities in America CHEN Shengbin, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1334)

Influence of silts on growth and development of *Acorus calamus* and *Acorus tatarinowii* in turbid water LI Qiang, ZHU Qihong, DING Wuquan, et al (1341)

Roles of earthworm in phytoremediation of pyrene contaminated soil PAN Shengwang, WEI Shiqiang, YUAN Xin, et al (1349)

Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) along with analysis on the meteorological factors influencing the population in pomegranate orchards LIU Ling, CHEN Bin, LI Zhengyue, et al (1356)

Geophagy of *Macaca Thibetana* at Mt. Huangshan, China YIN Huabao, HAN Demin, XIE Jifeng, et al (1364)

The structure and dynamic of insect community in Zhalong Wetland MA Ling, GU Wei, DING Xinhua, et al (1371)

Analysis of layer progressive discriminant relations between the occurrence of *Bipectilus zhejiangensis* and soil DU Ruiqing, CHEN Shunli, ZHANG Zhengtian, et al (1378)

New mutations in hind wing vein of *Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae) induced by lower developmental temperature ZHOU Bingfeng, ZHU Xiangjie, LI Yue (1387)

18S rRNA gene variation and phylogenetic analysis among 6 orders of Bivalvia class MENG Xueping, SHEN Xin, CHENG Hanliang, et al (1393)

Laboratory study on ethology of *Spinibarbus hollandi* LI Weiming, CHEN Qiuwen, HUANG Yingping (1404)

Dynamic change in ecological footprint of energy consumption for traction of locomotives in China HE Jicheng (1412)

Approach to spatial differences analysis of urban carrying capacity: a case study of Changzhou City WANG Dan, CHEN Shuang, GAO Qun, et al (1419)

Social adaptive capacity for water resource scarcity in human systems and case study on its measuring CHENG Huaiwen, LI Yuwen, XU Zhongmin (1430)

Effects of physical leaf features of host plants on leaf-mining insects DAI Xiaohua, ZHU Chaodong, XU Jiasheng, et al (1440)

Review and Monograph

Progresses of free-air CO₂ enrichment (FACE) researches on C₄ crops: a review WANG Yunxia, YANG Lianxin, Remy Manderscheid, et al (1450)

Scientific Note

Influence of limestone powder doses on fine root growth of seriously damaged forests of *Pinus massoniana* in the acid rain region of Chongqing, China LI Zhiyong, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1460)

Leaf surface microstructure of *Ligustrum lucidum* and *Viburnum odoratissimum* observed by Atomic force microscopy (AFM) SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang, LIU Xiao (1471)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 5 期 (2011 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 5 2011

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

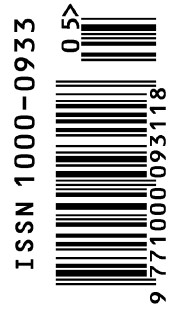
Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元