

# 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用

欧阳志云 王如松

符贵南

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

(湖南桃江县土地管理局)

A

**摘要** 生态适宜性评价是生态规划的核心,传统的以因素叠加为特征的适宜性评价方法已无法适应生态规划发展与应用的要求,本文尝试根据区域发展与资源环境需求的关系,运用生态位理论,提出了生态位适宜度模型,并与地理信息系统技术相结合,运用于桃江土地利用适宜性评价之中,探讨了可持续发展生态学方法的基础。

**关键词:** 生态适宜性, 土地利用, 地理信息系统, 生态规划。

生态适宜度模型

2141;  
F301.24

## ECOLOGICAL NICHE SUITABILITY MODEL AND ITS APPLICATION IN LAND SUITABILITY ASSESSMENT

Ouyang Zhiyun Wang Rusong

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 100085)

Fu Guinan

(Taojiang County Land Bureau, Hunan Province)

**Abstract** Ecological suitability assessment is an important step in ecological planning. This paper, by applying multi-dimension niche concept, developed an ecological niche suitability model (ENSM) according to the relations between regional development and local resource-environment condition. The ENSM, combined with geographical information systems (GIS) and spatial simulation, was used to analyze regional resource and environmental features, and to identify the suitability of regional resource and environmental factors to regional development. An application of the ENSM in land use planning of Taojiang county was discussed.

**Key words:** ecological suitability, land use planning, GIS, ecological planning.

生态规划系指运用生态学原理及其相关学科的知识,通过生态适宜性分析,寻求与自

• 国家自然科学基金资助项目。  
收稿日期: 1995 03 27。

然和谐、资源潜力相适应的资源开发方式与社会经济发展途径。随着区域资源衰竭、环境污染、水土流失等问题加剧,通过生态规划方式协调人类活动与自然及资源的关系,自60年代以来,又重新受到人们的重视。McHarg通过其杰出的工作,使生态规划在高速公路上的选线、土地利用、森林开发、流域开发、城市与区域发展等得到了广泛的应用,并逐步发展成为以生态因素叠合为特征的生态适宜性分析方法及生态规划流程<sup>[1,2]</sup>。

随着生态规划应用对象的扩大,所面临的任务由单目标的规划,逐步扩展到多目标多属性,涉及区域自然、社会、经济许多方面的综合性规划。McHarg因素叠合方法已不能满足规划实践的需要。自80年代以来,许多从事生态规划理论及实践的生态学者、规划工作者及景观设计师,均进行了大量的探索。先后建立与发展了整体综合法,数学组合法,因素分析,逻辑组合法<sup>[3,4,5]</sup>等生态适宜性分析方法。然而,这些方法多是以McHarg方法为基础发展起来的,或是针对特定的研究目标,或是针对McHarg方法中自然因素简单叠加的缺陷而提出或设计的<sup>[6]</sup>,在本文中,尝试根据区域发展对资源及自然环境条件的需求,及其与区域现状条件的匹配关系,运用生态位理论,建立生态位适宜度模型,为定量分析区域发展与资源开发的生态适宜性提供基础,并以桃江农业发展为案例,运用地理信息系统技术,研究了生态位适宜度模型在农业土地利用规划中的应用。

## 1 生态位适宜度模型

### 1.1 发展的资源要求与需求生态位

生态位的概念自Grinnell 1917年首先明确定义以来,其概念从Grinnell的“生物在栖息地所占据的空间单元”,Elton的“物种在生物群落中的地位和作用”,到Hutchinson将生态位拓展为既包括生物的空间位置及其在生物群落中的功能地位,还包括生物在环境空间的位置,即所谓的“超体积生态位”。超体积生态位的定义为综合描述生物在其生境中对资源谱的利用方式提供了理论基础。

区域的发展必须有资源为基础,在这里取资源的广义定义,即包括发展所要求的自然环境、社会经济条件因素以及物质资源,从而构成一个多维的资源需求空间。不同的发展措施与途径的资源需求空间是不一致的。如农业生产不仅要求合适的气候条件,地理条件与土壤条件,还要求劳动力及其它物质的输入等,这些条件构成农业生产的资源需求空间;而工业布局、城镇发展,更多关心的是交通、原材料、市场以及地理条件等因素,这些因素构成其资源需求空间。为了描述的方便,不妨称区域发展对资源的需求所构成的多维空间,为区域发展的资源需求生态位,简称为需求生态位。

发展的资源需求,即需求生态位,通常涉及很广,全面分析所有的“资源维”是很困难的。因此,在实际工作中,通常根据区域资源特征,分析那些可能成为制约条件的资源因素。

### 1.2 发展的要求与现状条件的匹配——生态适宜度模型

区域发展对资源的要求构成需求生态位,而区域现状资源也可以构成对应的资源空间,两者之间的匹配关系,反映了区域现状资源条件对发展的适宜性程度,其度量可以用生态位适宜度来估计。当区域现状资源条件完全满足发展的要求时,显然生态位适宜度为1,而当资源条件完全不能满足其对应的资源要求时,生态位适宜度为0。

发展对资源环境的要求通常可以分为3类,第1类必须满足其最低要求,而且越丰富越好;第2类是在资源可供给的范围内存在一个适宜区间,即既不能低于一定值,也不能高于某个值,资源供给过少及过多均将成为限制因素,如农作物对温度环境的要求即属于这一

类;第3类即现状值愈低愈好。如区域灾害频率越低越好,即属于这一类。因此,我们可以有下列模型估计生态适宜度。

对第1种情形,有:

$$X_i = \begin{cases} 0, & \text{当 } S_i < D_{i, \min} \\ \frac{S_i}{D_{i, opt}} \cdot R_i, & \text{当 } D_{i, \min} < S_i < D_{i, opt} \\ R_i, & \text{当 } S_i > D_{i, opt} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中,  $X_i$  为  $i$  种资源的生态位适宜度指数,  $S_i$  为  $i$  资源现状的测度,  $D_i$  为对  $i$  资源要求测度,  $D_{i, \min}$  为  $i$  资源要求的低限,  $D_{i, opt}$  为  $i$  资源的理想要求值,  $R_i$  为  $i$  资源的风险性测定,常用保证率来测度。

对于第2种资源需求情形,有:

$$X_i = \begin{cases} 0, & \text{当 } S_i \leq D_{i, \min} \text{ 与 } S_i \geq D_{i, \max} \\ \frac{S_i - D_{i, \min}}{D_{i, opt} - D_{i, \min}} \cdot R_i, & \text{当 } D_{i, \min} < S_i \leq D_{i, opt} \\ \frac{D_{i, \max} - S_i}{D_{i, \max} - D_{i, opt}} \cdot R_i, & \text{当 } D_{i, opt} < S_i < D_{i, \max} \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中,  $D_{i, \max}$  为资源要求的上限,其它符号与(1)式意义相同。

对于第3种资源需求情形,有:

$$X_i = \begin{cases} 1, & \\ \left(1 - \frac{S_i - D_{i, \max}}{D_{i, \max} - D_{i, \min}}\right) \cdot R_i, & D_{i, \min} < S_i \leq D_{i, \max} \\ 0, & S_i > D_{i, \max} \end{cases} \quad (3)$$

(3)式中的符号意义均与(1)、(2)式相同。

而有的资源很难用连续的数量来描述或表达,如土壤质地,通常划分为沙土、壤土、粘土及其中间类型组成的系列。这类用类型描述的资源,通常可以在资源需求中给予对应的表达,再以土壤质地为例,如某种作物以壤土为最好,沙壤次之,粘壤勉强适宜,粘土不宜等,其适宜度可以分别用 1.0, 0.75, 0.5 及 0 来表示。这类资源的适宜度的估计,有时需要用间接的方法或实际经验判断。

区域发展的资源需求生态位是一个多种资源所构成的多维空间。根据谢尔福德限制性定律,任何一个生态因子在数量上或质量上的不足,就会使该种生物衰退或不能生存<sup>[10]</sup>。显然,这个定律也适合于分析区域发展与资源的关系,即,在区域发展需求生态位中,任何资源因素的现状条件,在数量或质量上的不足,即当接近其可利用的限度时,就会成为区域发展(严格意义上,应是某种发展途径或措施)的制约因素。因此,在多维资源需求的生态空间中,只要有一种资源不能满足需求的最低要求,即有一种资源的生态位适宜度为 0,则整个生态位适宜度为 0。因此,多维资源的生态位适宜度指数可用下式估计:

$$X_j = \left( \prod_{i=1}^n X_{ij} \right)^{1/n} \quad (4)$$

(4)式中,  $X_j$  为  $j$  发展措施或途径的生态位适宜度指数,  $X_{ij}$  为  $i$  资源因素对  $j$  发展措施或途径的生态位适宜度指数。生态位适宜度指数的大小反映了区域现状资源条件对发展需求的适宜性程度,从而可以根据生态位适宜值的大小建立初步的区域发展方案与措施。

### 3 桃江农业土地利用生态适宜分析

桃江县位于湖南省中北部,面积 2063km<sup>2</sup>,是一个以种植业为主的山区农业县。在这里,以桃江土地利用适宜性评价为例,根据该县农作物布局,柑桔、楠竹等农业发展的资源要求,运用生态位适宜度模型,分析评价各土地单元对不同土地利用要求适宜性等级,为桃江农业发展与农业布局提供基础。

在本研究中,以该县 1:10 万地形图为底图,运用地理信息系统 EPPI.7 作空间模拟的工具。

#### 3.1 土地的农业适宜性等级

在这里,农业主要是指以水稻等农作物为主的农业生产,在桃江作物的布局主要受制于热量、水分、土壤状况、水土流失、自然灾害频率等因素(表 1)。运用生态位适宜度模型及地理信息系统进行空间模拟分析。结果表明,在桃江对农业利用无任何障碍的土地有  $2.53 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,占全县土地面积的 12.3%,从其分布来看,主要分布在桃花江下游的两岸及资江沿岸及东南角的灰山港等地(图 1),进一步比较现状土地利用,可以发现,这些最适宜的土地,基本上都在水稻分布区内,这也表明在桃江,目前,最好的土地基本上已用于水稻生产。而农业不适宜的土地主要分布于西南山区,这个地区坡度较大,地貌多为中低山。

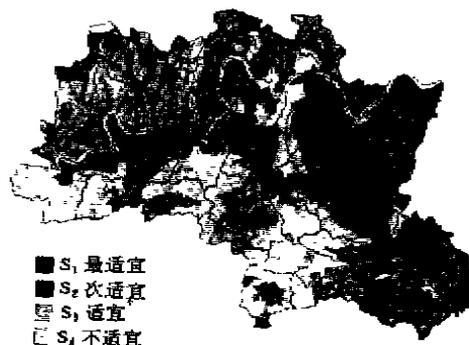


图 1 桃江土地农业适宜分布图

Fig. 1 Taohjiang land suitability for crops

表 1 桃江土地的农业生态适宜性评价表  
Table 1 Evaluation matrix of land suitability for crops

因素 Factors	最适宜 Most suitable	次适宜 Second suitable	勉强适宜 Rare suitable	不适宜 Unsuitable
气候条件 <i>Climate condition</i>				
$\geq 10^\circ\text{C}$ 积温( $^\circ\text{C}$ ) $\geq 10^\circ\text{C}$ Accumulated temperature	$>5200$	5000—5200		
降水 (mm) <i>Rainfall</i>	1500—2000	1300—1500		
土壤条件 <i>Soil condition</i>				
土壤质地 <i>Soil texture</i>	壤土 <i>Loam</i>	砂壤、粉壤粘土 <i>Sandy loam</i>	砂土 <i>Sandy</i>	岩石沙砾 <i>Gravel rock</i>
土壤有机质 <i>Soil organic matter</i>	$>3\%$	1%—2.9%	$<1\%$	
土层厚度 <i>Soil depth</i>	$>100\text{cm}$	45—100cm	20—45cm	30cm
生态敏感性 <i>Ecological sensitivity</i>				
水土流失敏感性 <i>Soil erosion</i>	1级 <i>Most sensitive</i>	2级 <i>Second sensitive</i>	3级 <i>Third sensitive</i>	4,5级 <i>un-sensitive</i>
坡度 <i>Slope</i>	$<5\%$	5%—15%	15%—25%	$>25\%$
洪涝灾害 <i>Flooding</i>	$<0.2$	0.2—0.3	0.31—0.7	$>0.7$
干旱灾害 <i>Draught</i>	$<0.2$	0.2—0.43	0.43—0.8	$>0.8$

### 3.2 土地的林业适宜性

在分析桃江土地的林业适宜性时,考虑到桃江气候条件基本上对林业产生不构成明显的制约,因此,评价因素主要针对地形、地貌、土壤条件及土地利用等方面。在分析土地利用对林业的影响时,根据桃江目前耕地面积少的特点,规定凡现在耕地(除坡度大于 25% 外)均不作林业用地,因此,有林业用地适宜性评价矩阵(表 2)。通过与桃江实际条件的匹配及生态位适宜度的计算,结果表明,在桃江有宜林地  $12.27 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,占全县总面积的 59.4%,其中最适宜土地有  $6.2 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,主要分布在低矮丘陵区(图 2)。

表 2 桃江土地的林业适宜性评价表

Table 2 Evaluation matrix of land suitability for forest

因素 Factors	最适宜 Most suitable	次适宜 Second suitable	勉强适宜 Rare suitable	不适宜 Unsuitable
地貌 Topography	平原、岗地 Plain	丘陵、低山 Hill	中低山 Mountain	
坡度 Slope	<20%	20%—30%	30%—45%	
土层厚度 Soil depth	>100cm	51—100cm	30—50cm	
土壤质地 Soil texture	壤土 Loam	砂壤 Sandy loam	砂土 Sand	
土地利用 Present land use	用材林、竹林、 荒山、疏林 Second forest, barren land	山地、草地 Grass land	旱地 Dry crop land	水田、园地、城镇、 农村居民交通用地 Poddy, orchard, urban transportation line

### 3.3 楠竹发展的土地适宜性

楠竹是桃江一种重要的可更新生物资源,合理开发利用楠竹资源可推动桃江林业-加工业的发展。由于桃江良好的气候及土壤条件,自 50 年代以来,由于原有常绿阔叶林的砍伐与破坏,引起楠竹的侵入,并逐步取代原来的植物群落,竹林面积自 50 年代的  $1.33 \times 10^4$  多公顷,增加到 1991 年的  $3.6 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。由于桃江气候条件完全可以满足楠竹生长发育的需要,楠竹的发展主要受制于土壤母质,地形地貌以及土地利用的影响(表 3)。综合分析上述几种因素及其组合关系,结果表明,在桃江适宜发展楠竹的面积达  $9.4 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,占全县土地面积的 46%,其中最适宜面积为  $3.2 \times 10^4 \text{hm}^2$ (图 3)。



图 2 桃江土地林业适宜分布图

Fig. 2 Taoyang land suitability for forest



图 3 桃江楠竹发展的适宜分布

Fig. 3 Taoyang land suitability for commercial bamboo forest

### 3.4 茶叶发展的土地适宜性

茶叶是桃江重要的经济作物,其面积曾一度发展到  $1.07 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,由于受到市场不稳的冲击以及发展的盲目性,茶园面积自1980年以来逐年下降,现稳定在  $0.6 \times 10^4 \text{hm}^2$  左右。根据茶叶生长发育的特点以及茶叶质量与环境的关系,在桃江土地的适宜性等级主要取决于降水、土壤类型、地形地貌等因素。在评价其适宜性时,通常还考虑交通条件及距居民点的远近(表4)。综合分析结果表明,桃江适宜发展茶叶的面积很大,达  $5.53 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,为全县总土地面积的21%,而其中仅有  $0.8 \times 10^4 \text{hm}^2$  对茶叶生长很适宜,多分布在平岗地(图4)。

表3 桃江楠竹发展的土地适宜性评价表

Table 3 Evaluation matrix of land suitability for commercial bamboo forest

因素 Factors	最适宜 Most suitable	次适宜 Second suitable	勉强适宜 Rare suitable	不适宜 Unsuitable
土壤母质 Mother rock	板页岩 Slate	砂页岩、花岗岩、河积物 Gravel, granite	四纪红土石灰岩 Calcareous rock	
地貌 Topography	丘陵、岗地 Hill and table-land	低山 Low mountain	中低山 Middle mountain	
植被 Vegetation	竹林、竹木混交 Bambooforest	荒山、疏林 Barren land	用材林地 Commercial forest	耕地、经济林 Crop-land, orchard
土地利用 Present Landuse	自然林地 second forest	人工林 Commerial forest	山地、旱地 Dry crop-land	城镇、交通、居民用地、水田 Urban, Paddy,

表4 桃江茶叶发展适宜性评价表

Table 4 Evaluation matrix of land suitability for tea

因素 Factors	最适宜 Most suitable	次适宜 Second suitable	勉强适宜 Rare suitable	不适宜 Unsuitable
降水 Rainfall	>2000 mm	1500—2000 mm	1000—1500 mm	<1000 mm
地貌 Topography	岗地 Table land	低丘陵 Low hill	高丘陵、低山 High hully land	
坡度 Slope	5%—15%	<5%, 15%—20%	20%—25%	>30%
距居民点远近 Distance from residence plot	<2km <sup>2</sup>	2—3km <sup>2</sup>	>3km <sup>2</sup>	
土地利用 Land use				水田、果园、城镇居民用地 Paddy, orchard urban land

### 3.5 柑桔发展的土地适宜性

果树作为一类农作物适宜性极广。在进行桃江农村发展规划中,曾就果树的发展征询桃江农业技术人员及湖南省有关专家的意见,认为根据桃江气候地理特点及目前果树生产发展的趋势,桃江果树发展应重点考虑柑桔、桃、梨、李、梅及板栗。因此,在果树发展适宜性分析中,主要针对这几种果树进行土地适宜性分析。

在进行果树适宜性分析时,主要根据地形地貌、土壤、小气候条件及土地利用进行分析。结果表明,在桃江柑桔发展适宜区主要分布在资江沿岸及东南角的灰山港区。次适宜区也多分布于资江以北地区。而这两个地区正是过去发展柑桔所忽视的。桃、梨、李、梅等果树适

宜性广,其发展主要受制于地形及土壤条件,这些落叶果树的适宜区主要分布在桃花江下游盆地,此地区地形多为岗地及低矮丘陵。

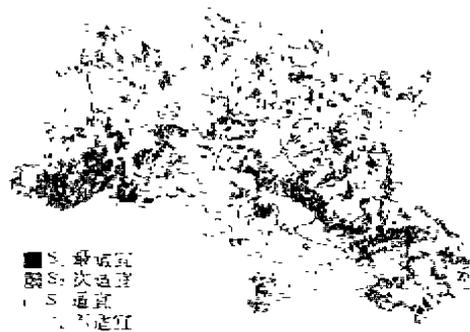


图4 桃江发展茶叶的适宜土地分布图  
Fig. 4 Taoyang land suitability for tea

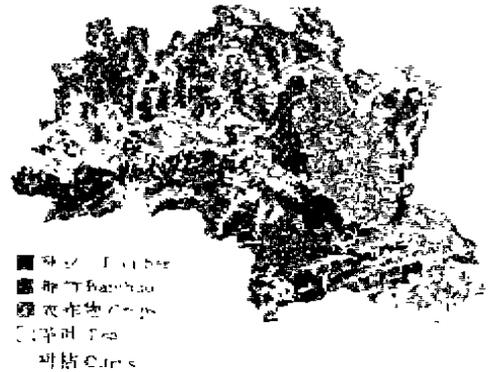


图5 桃江不同土地利用类型的土地适宜性分布图  
Fig. 5 Taoyang land suitability for different purposes

### 3.6 土地综合适宜性

综合农业、林业、楠竹、茶叶、果树的单项适宜性分析结果,按照下列二项原则进行综合适宜性分析。这二项原则包括:一是最适宜原则,即某土地单元的土地利用适宜性为单项适宜性分析中的最适宜土地利用类型;二是当上述5类土地利用适宜性冲突时,按农田-果树-茶叶-楠竹-林业顺序确定优先等级。综合结果表明,适宜农业土地占34.6%、果树18.5%、楠竹25.1%、茶叶1.8%(图5)。

### 4 讨论

生态适宜性分析是生态规划的核心问题,随着地理信息系统技术在生态适宜性评价中的应用,对生态适宜性评价的量化方法提出了新的要求,本文所提出的生态位适宜度模型,也是一个尝试。应用结果表明,该模型有如下几个特征:一是生态学意义明确,运用该模型,有利于明确影响适宜性的因素,并确定评价指标;二是,该模型为一定量化模型便于运用地理信息系统及其它计算机技术;三是与因素叠合模拟,层次整合模型比较,减少了评价过程的主观判断的参与,使结果更为客观。该模型的进一步完善与应用还依赖于资源量化评价方法的发展。

### 参 考 文 献

1. McHarg I L. Design with nature. *garden city*. New York: Doubleday, 1969.
2. McHarg I L. Human planning at Pennsylvania. *Landscape Planning*, 1981, 8(2): 109--120
3. Briggs F etc. Classifying landscape and habits for regional planning. *Journal of Environmental Management*, 1983, 17(1): 249--261
4. Siddle R C etc. Hillslope suitability and landuse. *Water Resource Monographs*, 1985, 11(3): 231--239
5. Steiner F, Kennerh B. Ecological planning; a review. *Environmental Management*, 1981, 5(6): 495--505
6. Betters D R etc. Suitability analysis and wildland classification; an approach. *Journal of Environmental Management*, 1978, 7(1): 59--72

- 7 Belknap P K, Furtado J G, and Blossom H B. *Three Approaches to Environmental Resource Analysis*. Washington, D. C.: The Conservation Foundation, 1967
- 8 Ouyang Zhiyun etc. Niche suitability model and its application in land use planning. *J. of Environmental Sciences*, 1994, 6(4): 449—456
- 9 Steiner F, Young G L and Zube E H. Ecological planning: retrospect and prospect. *Landscape Journal*, 1987, 6(2): 31—39
- 10 Odum E P. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia P H. A. B. Saunders Company, 1971

## 生态工程国际会议将于 1996 年 10 月在北京召开

为了促进生态工程科学的发展和交流,在国际生态工程学会、中国国家自然科学基金委员会等组织的支持下,生态工程国际会议将于 1996 年 10 月 7 日至 11 日在北京举行。生态工程是科学技术领域的一门新兴交叉学科。它将生态学原理与人类工程实践相结合,较好地解决了环境与发展的矛盾,使人类社会和自然环境均能受益。生态工程的特点在于它的资源综合利用,因而费用低、耗能少、产出全面,为解决当今社会发展中由于环境污染和资源短缺而带来的许多问题提供了新的思路。近年来,生态工程学已经引起了综合农业、环境保护、城乡建设、废物处理、生态恢复和自然保护等许多领域专家的兴趣。1995 年春,国际科联环境问题委员会(SCOPE)成立了生态工程专业委员会,中国 SCOPE 也已成立了专家小组。国际生态工程学会的交流活动十分活跃。

在著名生态学家马世骏教授的创导下,生态工程学在我国已有了长足的发展,近年来随着许多农业生态和环境治理生态示范工程的建立和实施,已经取得了大量的成果和经验,已得到国际上广泛关注和承认。但和国际生态工程学界用信息高速公路联系交流比较,我国从事生态工程的人员相对比较分散,从大量实践中总结经验亟待进一步提高。

本次大会的主题是农业和环境,内容包括农村持续发展、综合生态农业、污水处理和利用生态工程、综合水产养殖、固体废弃物处理和生态利用、生态城镇设计、生态系统修复、生态工程理论和方法等。大会组织委员会主席是颜京松教授和国际生态工程学会理事长 J. Heeb 博士。这次会议对于展示我国生态工程方面的丰硕成果,促进国际间的学术和技术交流,引进国外的最新成果,从而在更高的层次上进一步发展有着积极作用。会后拟出版论文集。

这次在北京召开的生态工程国际会议工作语言为英语,另外将为英语有困难的代表提供服务。目前大会秘书处已收到五大洲 35 多个国家 160 多位学者的与会申请,涵盖范围包括国际组织、发达国家和发展中国家,申请与会者来自科研机关、高等院校、技术公司、地方有关组织等。大会特别注意邀请具有丰富经验但平时参加交流机会较少的基层组织派代表参加,以便将我国有代表性的生态示范工程成果推向国际,同时引进国际先进技术解决自身实践中的现实问题。

大会秘书处设在中国科学院生态环境研究中心(北京 100085)。目前大会第一轮通知已经发出。

(大会秘书长 尹澄清)