

苏北辐射沙洲海岸带农业景观生态分析与优化设计

陶丽华, 朱晓东, 桂峰 (南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室, 南京 210093, E-mail: xdzhu@nju.edu.cn)

摘要: 在世界上具有独特环境资源意义的苏北辐射沙洲位于南黄海西南隅, 其不断并岸成陆产生大片开发潜力巨大的农用地资源。但目前存在诸如岸线冲淤、生态脆弱、过度与无序开发等环境资源问题。在实地综合调研的基础上, 运用景观生态学的基本理论, 对区域农业景观空间格局进行调整与优化设计, 提出促进区域农业生态-经济-美学多重价值同步提高, 实现持续农业的有效途径, 并以具典型特征的如东县作为个案分析, 提出了调整与优化设计的建议。

关键词: 海岸带; 景观生态学; 农业景观; 优化设计

中图分类号: XI 71.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3301(2001)03-05-0118

Ecological Analysis and Optimization Design for Agricultural Landscape of Coastal Zone along Radial Submarine Sand Ridges in North Jiangsu

Tao Lihua, Zhu Xiaodong, Gui Feng (Key Laboratory of Coast and Island Development, Ministry of Education, Nanjing University, Nanjing 210093, China E-mail: xdzhu@nju.edu.cn)

Abstract: The Radial Submarine Sand Ridges (RSSR) on the inner shelf of the Southwestern Yellow Sea is one of the largest of such system in the world. It was developed into great amount of land which is mainly used for agriculture. However, the coastal zone is facing many serious environmental and resources problems such as coastal erosion, ecological fragility and over- and abuse of coastal resources. Based on comprehensive field survey, this paper proposes optimization allocation and design of agricultural landscape spatial structures targeting an integrated improvement in agricultural ecology, economy and amenity of the region as well as implementation of sustainable development strategy. As a case study, rectification approaches and conceptual optimization design for Rudong County are proposed and discussed.

Key words: coastal zone; landscape ecology; agricultural landscape; optimization design

景观生态学的发展从一开始就与土地利用、管理、恢复等^[1]实际问题密切联系的。自 80 年代以来, 随着景观生态学概念、理论和方法的不断完善, 其应用也越来越广泛。运用景观生态学原理, 对农业景观规划设计已成为当今生态学研究热点之一。由于此类研究具有明显的区域适用性, 针对区域特点提出相应对策和合理设计的研究是解决区域生态问题的有效途径。

位于南黄海西岸的苏北辐射沙洲海岸带地区是人多地少的江苏省的土地资源宝库, 当前正是开发利用海洋资源、建设“海上苏东”的热土。辐射沙洲是世界罕见、我国独特的巨型海洋沉积地貌体系, 具有独特而典型的景观生态学和农业景观生态意义而亟待开展研究、填补空白。本文在大量野外调查工作的基础上, 分析了该地区自然生态优势和存在问题, 运用景观生态学原理对该区域农业空间格局进行优化设计, 试图构建一个空间结构合理、生态效益稳定、经济效益持久、

美学价值提升的区域农业景观系统。

1 辐射沙洲及其沿岸自然环境概况

辐射沙洲(图 1)是位于苏北岸外、南黄海南陆架呈指状辐射形的特殊巨型沉积地貌体系^[2], 由 70 多条沙脊(水深 0 ~ 25 m)与潮流通道(水深 10 ~ 50 m)组成, 面积达 2.2 万 km², 具有极其丰富的土地、生物、航运等资源。辐射沙洲沿岸是指邻接辐射沙洲的苏北海岸带, 在成因演变上是和辐射沙洲同源、一致的^[3]。辐射沙洲的不断并岸成陆, 成为大片开发潜力巨大的新生土地资源^[4, 5]。土地资源的开发利用首先在很大程度上依赖于其水文、气候和土壤特征。潮汐作用对于辐射沙洲及其沿岸(图 1)的冲淤变化、沉

基金项目: 国家教育部资助优秀年轻教师基金项目

作者简介: 陶丽华, (1964 ~) 女, 理学学士学位, 南京大学访问学者, 无锡教育学院生物学系讲师, 主要研究方向为景观生态学理论及其应用研究。

收稿日期: 2000-11-09

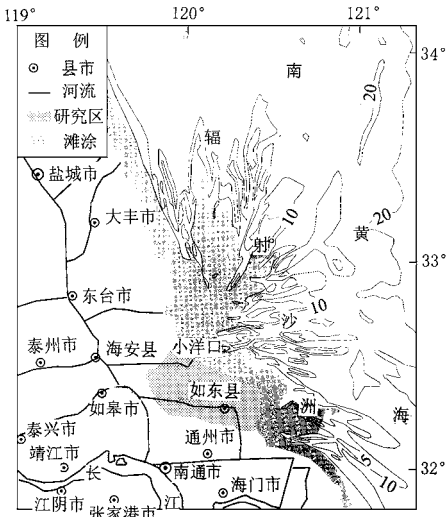


Fig.1 Map of radial submarine sand ridges off North Jiangsu and the neighbouring coastal zone

积物的运动、土壤乃至生态环境有重要影响。辐射沙洲及其沿岸海区的海流属于受黄海环流控制的沿岸流。江苏沿岸流具有低温低盐的特征,这是因为一方面它来自北方高纬度海区,另一方面受大陆径流的不断冲淡。江苏沿岸流的这一特征对该海区的海洋生物的生

态分布起重要控制作用。

本次实地调查显示,辐射沙洲及其沿岸地势低平,雨量充沛,潮汐作用强,地下水位较高,夏季为 0.2 ~ 0.5 m,春秋季节为 1 m 左右,而冬季为 1.5 ~ 2.5 m。该地区的气候具有显著的季风气候特征:夏季盛行偏南风,冬季盛行偏北风。

辐射沙洲及其沿岸的土壤发育于滩涂沉积物,这是海洋潮汐、波浪搬运作用的产物。笔者在潮滩及堤内农田的 100 余个表层沉积物和土壤样品的粒度分析结果表明沉积物以粉砂粒级(0.05 ~ 0.001 mm)为主。这种沉积物特征导致土壤蓄水保肥性降低,易于发生水土流失,故该地区土壤类型属高盐低肥的草甸海滨盐土和潮滩盐土。

辐射沙洲及其沿岸可分为盐土生态系统、沼泽生态系统、沙丘生态系统和水体生态系统 4 类^[4]。

辐射沙洲及其沿岸的上述潮流与沉积作用活跃、生态脆弱等自然环境特点,决定了其资源开发须依据其环境特征及其演变规律才能实现环境资源和经济的可持续发展。实现这一目标的有效途径之一便是进行农业的景观生态分析与优化设计。

2 景观生态学原理及设计原则

目前,美国学者 Forman 和 Godron 提出景观生态学的 7 条基本原理^[6],肖笃宁则提出了景观生态学 7 个方面的核心概念框架理论^[7]等等。这些理论与观点对解决实际环境和生态学问题具有重要的指导意义。

景观生态设计是景观尺度上的生态设计,以景观单元空间结构的调整和重建为基本手段,目的是改善受胁迫或受损失生态系统的功能,将人类活动对景观演化的影响导入良性循环;充分运用生态学原理提高能量与物质投入的效率,提高总体生产力(如土地、水体生产潜力)和稳定性;优化和美化景观,发挥景观作为人类生存环境的综合价值(经济、生态与美学价值),形成新的高效、和谐的人工-自然景观,实现区域农业的持续发展。本研究以景观生态学原理为指导,结合农业生态问题实际,提出农业景观设计的 4 条基本原则。

(1) 空间异质性和整体高效性 景观的空间异质性^[8-11]通常表现为在一定地理尺度上组成景观各单元(生态系统)呈斑块状镶嵌的格局。农业景观是一个由异质的斑块-廊道-基质组成的镶嵌体。如在农田林网景观中,农田为基质,林带为廊道,两者相间并重复出现呈网状结构。斑块的空间格局的变化构成了斑块动态。斑块动态影响着系统的整体功能。镶嵌的景观斑块通常由干扰、生物过程、环境胁迫等^[8,12]因素作用下产生,沿海区域农业景观空间格局主要受控于人类对土地单元的不同利用方式。这种利用方式通常随着不同农时及种养渔牧工等农业结构调整而改变,导致斑块发生阶段性或长期的变化,最终影响农业景观的整体效益。本区域系统整体效益主要与空间异质性、廊道连接度关系密切。空间异质性、景观连接度增加,对提高系统整体稳定性和持续性有利(如在海岸带景观各要素中尤以防护林带的景观连接度对农业景观稳定性影响最为重要);而景观破碎化程度的加剧,则对系统产生负面的影响。据此,景观设计原则之一就是提高研究区的空间异质性、廊道连接度等以实现整体高效益。

(2) 生态流的循环再生性 构成空间镶嵌体的不同景观单元之间具有相互作用,即生态流,它包括物流、能流和信息流。生态流随着斑块动态变化。空间异质性是影响景观单元之间生态流的决定因素。农业景观设计,依据生态工程的优化利用、循环再生原理,通过增加循环层的补缺利用^[13]等途径优化设计最佳空间结构,一是控制生态流的良性循环,获得更多的总体生产力;二可防止生态流向不利方向发展,以保护环境。

(3) 景观演进的人类主导性 一般而言,景观演进的成因包括自然干扰和人类活动 2 个方面。人类对土

地的开发利用是农业景观演进的主要原因.这种影响有利与弊之分.景观设计应从景观生态学原理出发,充分发挥人类主导性,改善受胁迫或受损失生态系统的功能,使得景观定向演进并导入良性循环.

(4)景观价值多重性 不同景观单元起着不同的景观功能,理想的农村景观设计应能体现出农村景观资源提供农业总体生产力、保护及维持生态环境平衡及作为一种特殊的旅游观光资源 3 个层次的功能^[14],即设计出既具有经济价值,又具有生态价值和美学价值的景观空间格局.经济价值是人类生存的第一需要,而可持续发展观念要求既满足当代人的需要,又不对后代人的需要构成危害.据此,人类对自然资源的利用应当以资源的增殖为前提^[15].相应地,经济系统反馈投入^[16]又可改善生态并提高价值.鉴于人们崇尚自然的旅游需求的日益提高,充分利用海岸带环境资源独特性,提高农业景观优美度^[7]并开发系列旅游产品已成为区域发展旅游实现持续发展的新增长点.据此,景观空间格局的优化设计应以景观生态价值得到维持,经济价值得到增值,美学价值得到提升为目标.

3 个案分析与设计:以如东县为例

3.1 研究区地理与资源背景

如东县位于南通市的东北郊,辐射沙洲沿岸的中南部,地质地貌上是古长江三角洲与现代海岸沉积的产物^[3].这种地质地貌形成背景决定了如东地势平坦,河道纵横,水资源丰富.全境海拔在 3.2 ~ 5.0 m 之间,自西北向东南略有倾斜.综合自然区划属亚热带海洋性湿润气候区,四季分明,光照充足,雨热同季,季风明显,夏秋季节易受强热带风暴与台风影响.

全县面积 1872 km²,总人口 113.2 万人(1998),土地利用类型有耕地、园地、林地、水域、城镇村、牧草地、交通用地、滩涂等.土壤类型以潮土类、盐土类为主,潮土肥沃,农业机械化程度高,水利设施完善,农业技术推广快,是重要的商品粮生产基地(表 1)和现代化农业示范区.经济以农业种植、淡水及滩涂养殖与加工业、林果业和生态旅游业等为其发展方向.本区滩涂广阔且海岸带向海淤进 20 ~ 30 m/a,滩涂已成为重要的土地后备资源,同时拥有丰富的自然资源,盛产文蛤、紫菜等 50 多种海鲜产品.

表 1 1978 ~ 1997 年间农业产量发展状况 × 10⁷/kg

Table 1 Agricultural yields during 1978 ~ 1997

年度	粮食	棉花	油料	畜牧业 肉类	禽蛋类	水产品类
1978	61.21	2.2	2.4	3.52	0.41	5.15
1997	78.20	3.4	3.3	3.06	4.46	18.66

3.2 景观生态设计总体目标

稳定农业种植业,开发沿海滩涂,重点发展水产养殖、畜牧业和园艺林果业;从提高农副渔业产品附加值出发,发展加工工业;基于沿海景观优势,发展生态旅游带动三产开发.通过景观生态设计提高景观生态系统的第一性生产力,包括土地生产潜力、水体生产潜力(淡水与海水)、滩涂生产潜力,提高物质与能量的投入—产出效率,保护和促进包括生物多样性在内的景观多样性,发挥景观的综合价值(经济、生态与美学价值),以构建江苏沿海农业可持续发展的景观模式.景观生态设计包括:①通过调整与补充景观要素,增加景观异质性和廊道连接度,降低景观破碎化程度^[10,11],促进生态流的良性循环,优化农业景观格局,实现系统整体的高效持续发展.②根据不同生境和市场动态,选择适生性强、经济价值高的生物品种,提高系统总体生产力.③控制人类活动的方式与强度,补偿和恢复景观的生态功能.④依托自然环境优势,进行人工构景组合,提升景观的美学价值,以支撑区域旅游产业.

3.3 区域农业景观的功能分区

区域农业景观其空间结构表现为自东向西呈环带状的景观格局,主要因人口分布密度的差异,其空间异质性依次提高而景观破碎化程度也相应加大.区域内有农业耕地、城镇村宅、沟渠河网、道路、闸区水果园、潮上带滩涂、新老海堤林带、潮间带裸滩、海面等景观类型.从景观生态学角度分析,本区农业景观具有一定区位优势但景观效益还没有充分体现,一些景观区甚至还存在明显生态问题,如农业耕作景观异质性相对较高,但景观破碎化程度也很显著,种植结构多样性不够,导致种植风险相对较高;又如滩涂区和海堤防风林带的景观异质性低,尤其是河堤、海堤林带空间结构单一、景观连接度低,存在水土流失的严重隐患而危及区域整体效益.

(1)农业耕作区 景观类型是以农田为基质,道路、河渠、林带为廊道,以城镇村落、灌溉田、蟹田、局部园地等为斑的斑、廊、基空间镶嵌格局,控制面积为 953.81 km²^[17].林带的景观布局符合有效防护距离的设计要求^[18],具备抗风防台的合理空间布局,形成了田间林带、道路林带、沿河林带等综合体系,防护农田面积已达 94%.水利建设大部分能灌排分开.典型的复合生态系统有农-林模式、稻田蟹虾养殖模式等.

目前存在的问题主要是本地区秸秆资源丰富,应当提倡利用滩涂草地资源和稻麦秸秆,扩大以牛羊为主的畜牧业生产规模,通过产工贸相结合途径以提高效益.利用秸秆过腹还田相应控制秸秆直接焚烧,使用

牲畜有机肥相应减少化肥的使用量,以减少环境污染和改善地力。低产田区通过开挖排水沟渠或建立林-菇型、林-鸡型复合生态系统,在生态流的循环再生功能持续作用下,逐步得到改造。随着人们生活水平的提高和环境意识的增强,无公害蔬菜、花卉、果品的需求量将逐年提高,主干公路的拓宽和洋口港的建设,交通条件将大大改善,外运能力进一步提高。适时增加蔬菜、花卉、林果种植面积,使种植结构多样性,化解种植风险,提高经济效益。结合现有农业综合示范基地如东凌对虾养殖场、山羊繁育基地等资源优势,开发参与性强的观光农业生态旅游产品。随着调整到滩涂区人口的增加和城镇化进程,现有耕作区景观破碎化程度会降低,而景观稳定性会提高,农业景观区的整体效益将明显提高。

(2) 建筑、河网景观区 该功能区主要包括城镇村、工厂区、道路与桥梁、河渠网、大小涵洞、闸管区。本区居民住宅风格各异,颇具特色,具有一定的美学价值。但村落分散程度高,一定程度上导致农业景观破碎化程度的加剧,廊道连续性的降低。河网起着生境廊道的作用,本区河流总长度 41 31 km,河网密度大,达 2.2 km/km²,水面面积 170 km²,占全县总面积比例高达 9.1%。洋口闸河段、东安闸河段等处水色秀丽,绿树相映,各闸管所实施花园式管理,种植花草树木,形成了花园、药材园、树木苗圃等景观。目前,上述河网景观区的功能尚未被充分利用。

景观分析可知,本功能区中,河网作为廊道景观,起着良好的生态流作用;而民居建筑和闸管河段具有良好的美学基础。针对民居分散的现状,景观设计中应特别注意加强土地利用的规划,引导传统的自然村落向城镇化方向发展,杜绝耕地的不合理侵占。选择适宜区域统一规划,使不同风格的住宅相对集中形成建筑景观区,并配以绿色廊道,开辟绿化广场优化景观空间格局,提升景观美学价值。水体通常具有多种功能,可作为生活、工农业水源,对生活污水工业废水具有纳污、排污、稀释净化作用,还有渔业、分洪、调蓄、航运及观赏和构景等功能。为充分利用河堤桑地与水面资源,在不影响水面廊道的生态流功能情况下,可适当开发水面淡水养殖,以完善“桑基鱼塘”式的复合生态系统,促进生态流的循环再生,提高经济和生态效益。另外,择闸管区水色秀丽的景观区段,修建相宜的观光亭台以构筑供垂钓、观赏渔港风情等休闲活动的独特景观。

(3) 滩涂景观区 如东县海岸线总长度为 103 km,拥有潮上带面积 262 km² (已围垦 211 km²),潮间带 499 km²,潮上带景观类型为农业半人工景观与自然景

观的镶嵌体。潮间带为裸滩,栖居多种贝类,现以紫菜、文蛤养殖为主。本功能区目前存在的主要问题是新围垦滩涂设施不配套,移民少,劳均耕地多,单纯发展种植业,常因水稻插秧劳力紧张而延误农时,造成土地利用率低,经济效益不高。北渔乡滩涂生态旅游区,位于海—陆交界的潮间带,生态脆弱,强度的旅游超过环境容纳量,致使现有贝类的自然增长量减少,文蛤等主要踩游资源现存量明显不足。

滩涂资源的合理开发利用,既可获得经济效益又可促进土壤脱盐培肥,是发挥区域优势的重要举措。根据不同岸段的景观特点,本功能区可开发种植业、林果业、水产养殖业、畜牧业、盐业等。建议对已围滩涂可采用农牧渔工多种模式进行综合开发。利用荒滩植草发展牛羊为主的牧业生产。选择地势较低区域围蓄雨水,养鱼改土,田篱鱼混养、麦鱼套作,油葵与养蜂相结合,油葵水稻轮作^[14]等途径提高资源利用效益。投入与产出比率。在土壤已脱盐的地区实行水改旱,以减少淡水消耗,保存地下水贮量。若挖塘养鱼,在养殖经济价值高的鳊鱼、甲鱼、蟹蟹和对虾同时,注意多鱼种立体放养,提高水体生态效益。鉴于市场对木材需求量的逐年递增,可利用滩涂造林,在大面积营林区要开沟淋盐,抬高地面,种植绿肥,以保证造林成活。在北渔滩涂生态旅游区划分出活动区和养护区。以人工种苗繁育中心为基础,在养护区人工投苗和禁踩养滩,通过养护区与踩游活动区交替轮番开放的管理措施,实现滩涂景观的良性演进和滩涂资源的永续利用。随着迁入人口的增加,经济系统反馈投入的提高,本区景观异质性将会提高,生态流的持续作用下,土地肥力逐渐增加,从而使景观格局趋于完善,系统稳定性提高。

此外,依托位于南渔镇的东北环海的海生集团现有 7.5 km² 广阔滩涂资源和海堤风光,在发展海洋生物养殖业、加工业提高水产品附加值的同时,实施“南黄海度假村”旅游规划,开发“海上观日”、“海子牛车”、“狩猎”、“垂钓”、“拾泥螺”等系列旅游产品,提高区域景观美学价值,丰富生态旅游景观和项目。

(4) 海堤防护林区 如东沿海潮汐为正规半日潮,一年中以秋潮为最大,常伴随台风暴雨,形成特大高潮,对海岸造成一定损害。遇灾年,农作物收成锐减。所以,防护林建设,对抗御强热带风暴和台风作用具有特别重要的意义。对防止水土流失,保护农作物丰产稳收,取得稳定而长效的经济收益提供保障。防护林的建设还可加速土壤脱盐熟化,增加生物多样性,改善小气候,净化环境,促进生态良性循环,具有明显的生态效益和美学价值,为开发海岸带森林风光旅游创造良好

的景观生态条件。目前,防护林景观空间异质性及廊道连接度均较低,具体表现为层次较少、树种单一、林带窄且有间断,因而其防护作用不强。因此,对防护林进行改造势在必行。根据本地土壤生态流特点结合市场需求,应选择耐盐物种,造林树种以良种刺槐、意杨、榉树、火炬树、中山杉、水杉、桤柳为主,灌木以紫穗槐为主,草以芦竹为主,建立豆科与非豆科树种相搭配、乔灌木相结合的多功能、多层次防护林体系。必要时,可采用“挖穴改土”和种草预防返盐等生态工程措施以提高幼树的成活率。在河堤、海堤林带廊道隔断处一定要落实退耕还林。在优化林带景观结构时应尽量扩大营林面积。在区域防护林建设项目(表2)完成后,林带景观的层次结构与廊道连接度将大为提高,林带防风抗台功能和廊道的生态流功能得到加强,从而为提高区域农业景观整体效益,实现持续农业提供有力保障。

表2 防护林建设项目规划(2000~2004)/km²

Table 2 Protection forests project plan				
年度	老海堤林带加宽	新海堤林带	河堤林带	堤外防浪林带
2000~2004	10.0	2.0	13.3	11.0

4 结 语

(1) 加强土地利用的规划,引导城镇化方向发展以调整人口分布密度,从而降低农业景观区破碎化程度,改善景观廊道的连续度,同时借以构建体现民居风情的建筑群景观区,改善区域景观格局,提升景观感美学价值,提高整体效益。以市场为导向,适时调整种植结构,增加蔬菜、花卉、林果种植,提高景观结构多样性,化解种植风险,稳定区域经济。从因地制宜,适时适种的原则出发,加快滩涂土地熟化,增加宜农面积,缓解土地使用矛盾。

(2) 以生态流循环再生原理为指导,利用滩涂草地资源和稻麦秸秆,扩大以牛羊为主的畜牧业规模经营。通过开挖排水沟渠、完善排灌系统或改农为林,发展立体林业复合生态系统等途径改造低产田。利用水网廊道优势,在不影响水面发挥廊道作用的前提下,选择河堤有成片桑田的适宜河段实施水面淡水养殖,增加食物链环,完善基塘循环再生过程,既保护环境又获得经济效益。

(3) 利用丰富的滩涂资源,优化产业结构。在不同岸段开发种植业、林果业、水产养殖和加工业、畜牧业、盐业和旅游业等提高空间异质性和景观美学价值,形成各业协调发展的优化景观格局。建议在北渔滩涂生态旅游区划分活动区和养护区,通过养护区与踩游活

动区交替轮番开放的管理措施,防止强度开发导致景观演化的不可逆性。

(4) 防护林、农田林网的建设和完善对水土保持,抗御强热带风暴和台风的危害,稳定区域农业经济至关重要。根据防护林带空间结构异质性与景观连接度低的现状,选择经济价值较高的耐盐物种,建立乔灌木相结合的多树种、分层次的防护林体系,河堤、海堤林带的隔断处实施退耕还林,提高林带廊道连接度,完善林带的防护作用。在提高农业景观生态、经济效益的同时,注意提升景观美学价值,为生态旅游营造出更优美

参考文献:

1 Urban D L, O' Neill R V, Shugart H H. Landscape ecology. Bioscience, 1987, 37(2) :119~127.

2 任美镔(主编).江苏省海岸带和海涂资源调查报告.北京:海洋出版社,1986.122~134.

3 朱晓东,任美镔,朱大奎.南黄海辐射沙洲中心沿岸晚更新世以来的沉积环境演变.海洋与湖泊,1999,30(4):427~434.

4 朱晓东等.江苏海岸湿地环境资源特征及其可持续发展策略.见:陆健健等主编:中国湿地研究和保护.上海:华东师范大学出版社,1998.317~323.

5 朱晓东,朱大奎,王颖.苏北辐射沙洲环境与资源特征及其可持续发展初步研究.见:中国地理学会地貌与第四纪专业委员会编《地貌·环境·发展:1999年崂山岩会议论文集》.北京:中国环境科学出版社,1999.310~314.

6 Forman R T T, Godron M. Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons, 1986.12~14.

7 肖笃宁.论景观生态学的核心概念框架.长沙:湖南科学技术出版社,1999.8~14.

8 Pickett S T A, Cadenasso M L. Landscape Ecology: Spatial Heterogeneity in Ecological Systems. Science, 1995, 269:331~334.

9 邬建国.景观生态学——概念与理论.生态学杂志,2000,19(1):42~52.

10 李哈滨,王政权,王庆成.空间异质性定量研究理论与方法.应用生态学报,1998,9(6):651~657.

11 肖笃宁,布仁仓,李秀珍.生态空间理论与景观异质性.生态学报,1997,17(5):453~461.

12 Jim Sanderson, Harris Larry D. Landscape ecology. New York: CRC Press LLC, 2000.4~5.

13 钦佩,安树青,颜松编著.生态工程学.南京:南京大学出版社,1998.7~8.

14 肖笃宁,石铁矛,阎宏伟.景观规划的特点与一般原则.世界地理研究,1998,7(1):90~97.

15 聂晓阳.留一个什么样的中国给未来——中国环境警世录.北京:改革出版社,1997.300.

16 卞有生.农业生态工程中的价值流分析.环境科学,1999,20(4):104~107.

17 江苏省人民政府年鉴编委会.江苏年鉴.南京:江苏年鉴杂志社,1999.420.

18 周新华,肖笃宁.农田景观中林网空间布局的宏观度量与评价.长沙:湖南科学技术出版社,1999.117~123.