

小尺度森林生态功能分区研究 ——以台湾惠荪林场为例

张小飞¹, 王仰麟^{1*}, 李正国¹, 薛怡珍²

(1. 北京大学环境学院, 北京 100871; 2. 台湾大学森林学研究所, 台北 106)

摘要: 基于景观生态学中结构与功能相互依存的理念, 选定小尺度森林为研究对象, 根据生态系统内部结构特性, 确立森林生态功能的空间定位, 以提高森林生态系统的功能与价值。研究首先基于森林生态系统具有生物生产、环境服务及文化支持等基本功能, 提出上述功能应通过森林生产、教学实习、科学研究、休闲游憩和生态保护等功能区加以体现。后依据研究区环境特征进行影响因素分析, 结合景观生态与生态规划相关理论, 构建森林生态功能分区方案。在案例实践中, 选择台湾惠荪林场进行研究, 配合研究区现状, 期望通过功能区与结构的空间调整, 达到服务功能的优化。

关键词: 森林生态功能; 景观生态学; 台湾

Zoning to forestry ecosystem functions: A case of Hui-Sun Forest Station in Taiwan

Hsiao-Fei¹ Chang, WANG Yang-Lin^{1*}, LI Zheng-Guo¹, I-Chen Hsueh² (1. College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Department of Forestry, National Taiwan University, Taipei Taiwan, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2081~2085.

Abstract: Principles of landscape ecology offer a theoretical framework for ecological regulation through the optimization of landscape pattern. Since the 1960 s, many different landscape eco-planning approaches have been developed, including McHargian approach to landscape planning based on an analysis of the ecological suitability, ecosystem development strategy based on systematic theory, and landscape pattern planning based on optimization of landscape spatial structure.

To optimize the spatial distribution of ecosystem function, this paper choose forest landscape as research object. Based on theory of structure and functions of landscape ecology, combined with analysis to inner structure characters in ecosystem, this paper is supposed to set up a certain procedure to regulate the spatial structure of forest landscape and further construct a landscape pattern of forest ecosystem function. Considering the functions of biologic production, environmental services and cultural support in forest ecosystem, forest ecosystem function sections should be composed of forest production area, experimental area, research area, recreational area and conservation area in order to add value of the forest ecosystem and strengthen its function. And then get the relevant environmental factors according to the environment features in research area. On the basis of the methods of landscape ecology and ecological planning, this paper develops a zoning project of ecosystem function suitable for various environments. In the paper, Huisun forest station in Taiwan was selected to be the case area to study the feasibility of developing a zoning project of forest ecosystem services and the practicability of optimizing the spatial structure of the services.

The present study probes into the natural, social-economical status and problems of Huisun forest station, proposes to classify its land use types with forest production area, experimental area, research area and forest recreation area. Taking the

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40071041)

收稿日期: 2004-03-27; 修订日期: 2004-08-10

作者简介: 张小飞(1977~), 女, 台湾台中人, 博士生, 主要从事景观生态学与土地利用研究。

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: ylwang@urban.pku.edu.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(No. 40071041)

Received date: 2004-03-27; Accepted date: 2004-08-10

Biography: Hsiao-Fei Chang, Ph. D. candidate, mainly engaged in landscape ecology and land use.

relevant laws and site restrictions into consideration, we also propose an additional conservation area. Principles of ecological planning, forest ecosystem management and landscape ecology are applied to the planning and assessment in Huisun forest station.

This case study indicates that principles of landscape ecology could be applied to practice rationally with the integrated application of landscape ecological planning approaches.

Key words: forest ecosystem function; landscape ecology; Taiwan

文章编号:1000-0933(2004)09-2081-05 中图分类号:Q149,S718 文献标识码:A

生态功能是指自然生态系统支持人类社会、经济发展的功能。其功能主要可分为生物生产、环境服务、文化支持三大类^[1~3],是人类赖以生存与现代文明发展的基础。生态系统虽具备多种功能特征,但在实际的空间体现上,仍受资源环境的空间分布差异影响而有所不同。

由景观生态学观点,每一个独立的生态系统(或景观单元)皆可视为斑块、廊道或是背景基质^[4],这些景观单元的空间特征决定了生态系统的结构与功能,因此景观结构的异质性亦影响物种、能量和物质的分布与流动,使得生态服务功能有所差异^[5~9]。

依据 2002 年发布实施的《生态功能区划技术暂行规程》指出,生态功能区划是指根据生态环境要素、生态环境敏感性与生态服务功能空间分异规律,将区域划分成不同生态功能区。其区划结果对于政府管理、生态保护和规范生态建设皆具有重要的指示作用。

20 世纪 90 年代末以来,生态系统服务的概念、生态效益的价值理论及评估方法等逐渐为国内学者所重视,相关研究多由功能及价值两方面入手,例如就其服务功能重要性进行评价^[10~12]、服务功能及生态经济价值评价理论与方法做了分析^[13,14]和生态资产区划的理论与应用问题进行了探讨^[15]等,尚缺乏对空间差异所造成的功能影响及同质性较强的小尺度自然区域进行研究。

基于以上所述,本文选定小尺度森林生态系统为研究对象,结合景观生态学中结构与功能相互依存的理念,确立森林生态系统空间的功能定位,通过调控森林生态系统的空间结构,提升生态服务功能。

1 森林生态系统服务功能影响因子分析

森林生态系统服务功能则是指森林生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。相关资源经济学者根据其服务对象的差异,将森林生态系统服务功能区分为对人类与对生态系两个方面,并进一步分为 7 种服务功能^[16]:提供野生动物的栖息地、提供户外休闲娱乐、资源保育、维持环境质量、涵养水土资源、提供林木及其制品、社会教育。

1.1 森林生态系统服务功能影响因子

基于上述森林生态系统服务功能在空间体现上的环境特征,本研究结合景观生态学,确立森林生态系统服务功能的影响因子,主要分为林木生长因子、功能主导因子、环境限制因子及景观生态因子 4 项。

(1) 林木生长因子 林木为森林生态系统的主体结构,其空间分布与生长状态影响着生态服务功能的体现,因此,首先需就其生长因子进行分析,包括气候条件、地形条件、地质特性、土壤特性等。

(2) 功能主导因子 生态服务功能的空间差异,主要受关键资源分布的影响,包括生物资源(特殊、稀有或具教学研究价值的动物与植物种类生长与繁衍地点)、游憩资源(特殊的自然与人文景致)等。

(3) 环境限制因子 对于生态服务功能使用价值的体现上,需要考虑环境的限制因子,包括交通通达性、潜在自然灾害危险(崩塌地、泥石流、水患、森林火灾)等。

(4) 景观生态因子 景观的空间结构影响着生态服务功能类型与强度,故在此需考虑景观生态因子包括景观结构(森林植被)与景观流(水流、交通流)等。

1.2 森林生态系统服务功能与影响因子关系

达到生态服务功能的最大发挥,并提升资源的使用价值,须依据功能的影响因子,配合土地利用的优化。本研究将上述 7 项森林生态系统服务功能,依据其在空间体现上需要的环境影响因子,整合为生物生产功能(提供林木及其制品)、环境服务(野生动物的栖息地、资源保育、提供良好的环境品质、水土资源涵养保持)及文化支持(提供户外休闲娱乐、社会教育)3 类进行说明(表 1)。

2 森林生态生态功能分区

2.1 功能分区原理与方法

景观生态学强调空间结构对功能的影响^[7~9],因此,将景观生态学理念应用于森林生态系统服务功能区划时,首先需将森

林景观视为生态系统进行了解^[17],确认森林景观环境特性及体现服务功能的具体分区,才能将景观生态学理论、服务功能区划及环境特性作最适当整合。

表 1 森林生态系统服务功能及影响因子表

Table 1 The relationship among the forestry ecosystem services sections

森林生态服务功能 Forest ecosystem services	影响因子 Effect factors
生物生产 Biologic production	林木及其副产品效益 Degree of benefit of Forest and the secondary product
	机械操作适宜性 Degree of suitability of forest machinery operation
	交通可达性 Degree of traffic convenience
环境服务 Environmental service	环境安全性 Degree of environmental security
	天然灾害危险性 Degree of danger of natural disaster
	水土保持必要性 Degree of necessity of water and soil reservation
	珍稀动植物栖息繁衍地 Degree of necessity of animal and plant protection
文化支持 Cultural support	重要母树生长地 Degree of necessity of important trees seedbed reservation
	资源特殊性 Degree of resources particularity
	资源可利用性 Degree of resources utilization
	交通可达性 Degree of traffic convenience
	环境安全性 Degree of environmental security

结合 McHarg 所提之生态规划原理^[18,19],在进行森林景观生态系统服务功能区划时,由于自然资源具脆弱的特性,故于工作进行之前,需就环境特性进行分析。而功能区划过程当中,人为活动将对自然环境造成一定的干扰,故必须谨守成长限制,遵循着既定的目标,并强调森林景观对未来具体区划的适宜性。

另外,为达到土地利用优化并实现土地可持续利用目标,于方案评估时,除解决研究区现状问题外,于景观方面亦须评估土地利用方案是否能保护生物多样性、维持景观结构间动态平衡、维持研究区与周围环境间动态平衡、维持物质与能量流通^[20];在生态方面,将评估其是否保护生物多样性、维护生态环境异质性及兼顾不同利益团体需求^[21]。

基于以上所述,在景观生态学为基础的森林生态功能分区中,相对于明确地界定功能区面积,更重要的是去了解其中所发生的各种作用、各作用间的关系,以及需要何种结构来维系这些作用,才是真正重要的议题。同时结合地理信息系统,进一步掌握森林景观的变化与其间发生的影响、关系。

2.2 基于森林生态系统服务功能的功能分区

基于生态系统服务功能包括生物生产、环境服务及文化支持等,由 3 类具体功能的空间体现,可确立森林生态功能分区包括森林生产区、教学实习区、科学研究区、休闲游憩区及生态保护区等。各分区具体环境特征说明如下:

(1) 森林生产区 指从事具经济价值的木材生产与森林的副产品栽植区域。基本特征为经济价值高之林木种类适宜的生长环境;经济价值高之森林副产品适宜生长环境;采收过程方便;无水土流失的危险。

(2) 教学实习区 指可供森林系、植物系、生物系等相关学系师生课程教学、实习的区域。基本特征为交通方便;环境安全;需满足树木学、育林学、经营学及测量学等学科教学与实习需求;具有动物资源。

(3) 科学研究区 指可供森林生态系统及林业经营相关研究的区域。基本特征为具动物研究价值;具植物研究价值;具灾害研究价值。

(4) 休闲游憩区 指位于森林区域内,可以提供游客休闲及娱乐活动的区域。基本特征为特殊的森林、地质、地理、野生动物、气象等景观;富教育意义之重要学术、历史、生态价值的森林环境;交通方便;水源方便;环境安全。

(5) 生态保护区 指不宜从事任何开发行为的区域。基本特征为具灾害发生的危险性;具有水土保持需求;稀有动物植物生育环境;稀有的景观结构。

2.3 各生态功能分区间的关系评价

森林生态系统内各土地利用分区间并非完全相辅相成,以休闲游憩区与森林生产区为例,若游客活动路线与林木运输路线发生冲突,两种类型间便会发生影响,另外林木经营与森林旅游所需的活动,亦皆对保护区内的野生动物造成或多或少的的影响,为此,便必须就分区间互补或互斥的关系进行评价(表 2)。

3 案例实践 以台湾惠荪林场为例

3.1 研究区概况

研究区为位于中部地区的惠荪林场,面积为 7 447 hm²,行政区划属南投县仁爱乡,归中兴大学管辖(图 1)。经营管理至今,其面临下述问题:(1)森林生产方面,目前林木多属低蓄积量的林分,且大部分林地陡峻、土层浅薄,受限于地形、地质、土壤等因

素,因此并不能成为主要的经营收入,经济价值有限;(2)森林游乐与自然资源保育方面,人为活动带来的冲击,并未被妥善解决。因此,急需就森林景观生态系统服务功能进行空间上的确立,通过景观结构与功能调整,达到生态系统整体优化。

表 2 森林生态系统服务功能区关系说明表

Table 2 The relationship among the forestry ecosystem services sections

	森林生产区 Production area	教学实习区 Experimental area	科学研究区 Research area	森林旅游区 Recreational area	生态保护区 Conservation area
森林生产区		○	●	◎	●
教学实习区			◎	◎	●
科学研究区				●	◎
森林旅游区					●
生态保护区					

○表二者关系互补 Mutual benefit; ●表二者关系互斥 Mutual repulsion; ◎表二者并无明显关系 Mutual compatibility

3.2 原始数据及处理软件

(1) 惠荪林场数值地形模型 为 $40\text{ m} \times 40\text{ m}$ 网格单位,作为地形、坡度分析之用。

(2) 惠荪林场图籍及属性表 为 $1/10,000$ 之比例尺图档,包括林相、交通、水系、崩塌地、造林记录、伐木记录及景点分布等资料。

(3) 惠荪林场相关研究记录 为近年实验林管理处研究组纪录之研究地点与目的资料,以作为未来森林研究区划定的参考。

(4) 空间分析软件 以 ArcView3.1 为主。

3.3 功能分区方案

基于影响因子空间特性,本研究可获得适宜作为各土地利用分区之空间位置。说明如下:

(1) 森林生产区 由于全区多数地区不适宜进行大面积机械化经营,在天然林禁止开发的法律原则下,本研究林木经营区的划分首先将已进行伐木与造林的人工林地,作为首选,并可利用现有交通路线,降低日后重新开发带来的环境影响。过程中排除崩塌地、坡度过陡的地区及主要溪流两侧的水土保育区,结果见彩图 I。

(2) 教学实习区 由於教学实习区的位置必须符合各专业学科教学及实习需要目,并同时具备环境安全与交通方便的特性,故首先以交通路线可达的地区为首选,结果见彩图 II。

(3) 科学研究区 本区域的选定,旨在提供森林生态系及林业经营等相关研究之用,需考虑林场内自然与人造的森林景观、森林动物分布及 921 震灾影响地区等重点研究项目,结果见彩图 III。

(4) 休闲游憩区 在森林资源多目标利用的前提下,为提供游客休闲及娱乐活动的场所,该环境需具备特殊的森林、地质、地理、野生动物及气象条件,并符合森林游乐区设置管理办法相关条文,结果见彩图 IV。

(5) 生态保护区 惠荪林场的组成主要为森林资源,其关系着区域内野生动物栖息与繁衍,许多地区并不适宜进行大面积的开发。自 921 地震发生之后,林场内亦有许多地区因地质变动引发土石崩塌,由于土地的恢复需要时间,故崩塌区域需加以隔离。此外,在野生动物保育与母树林保存的观念下,生态保护区需囊括已划定的限制开发区,结果见彩图 V。

3.4 综合土地利用方案

本研究基于空间适宜性、功能区关系评价及景观生态目标进行分区方案评估,得最适功能分区结果如彩图 VI,其中森林生产区占 2.28%、教学实习区占 5.58%、科学研究区占 29.61%、休闲游憩区占 3.37%、生态保护区占 59.16%。方案在配置上,生态保护区划定符合野生动物生长繁衍环境与天然植物种类保育需要,结合原先设置的物种保护区;在生产、教学、研究和游憩区划定上,亦符合交通方便及安全考量。

4 结语

森林生态服务功能与价值的具体落实,需通过空间的功能定位加以体现,而景观生态学与生态规划方法的结合,可从生态系统内部环境特性与空间结构分析入手,达到空间结构调整与功能优化。

森林生态系统可提供生物生产、环境服务及文化支持等服务,具体的空间功能表现上,可转化为森林生产、教学实习、科学

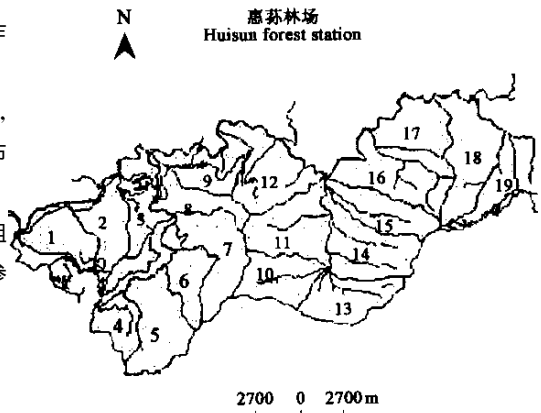


图 1 研究区区位示意图

Fig. 1 The location of study area

研究、森林旅游和生态保护等 5 类功能区。在功能区划过程中,需结合森林生态系统环境特性,选择最适宜的功能区条件,并结合区位调整及细部结构影响评估,降低不同功能区间的活动干扰,以获得最适功能区划。配合地理信息系统,更可有效分析及反映各功能区的环境特性并有助于空间位置的确立,提升生态系统服务功能区划的科学合理性。

由于生态系统具有动态变化的特性,故在功能区划时,应就其植被演替、能量流及动物流变化等内容进行考虑,本研究在此仅基于现状环境特性讨论,建议在未来的区划研究中,结合相关生态变化模型结果加以修正。

References:

- [1] Wang Y L. A study of LANDEP and LANDEP of Weinan distinct. *Journal of Natural Resources*, 1995, **10**(4): 372~379.
- [2] Wang Y L, Han D. The landscape ecological planning and design of depleted mined land. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, **15**(5): 455~462.
- [3] Wang Y L. A theoretical methodology of landscape eco-classification. *Chinese Journal of Ecology*, 1996, **7**(1): 121~126.
- [4] Wu J G. Landscape ecology: concepts and theories. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, **19**(1): 42~52.
- [5] Forman R T T. Corridors in a landscape: their ecological structure and function. *Ecologia (CSSR)*, 1983, **2**: 375~387.
- [6] Forman R T T, M Godron. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, 1986. 378~385.
- [7] Wang Y L, Zhao Y B, Han D. The spatial structure of landscape eco-systems: concept, indices and case studies. *Advance in Earth Sciences*, 1999, **14**(3): 235~241.
- [8] Fu B J, Chen L D, Ma K M, et al. *The principle and application of landscape ecology*. Beijing: Science Press, 2002. 75~76.
- [9] Fu B J, Chen L D. Landscape diversity types and their ecological significance. *Acta Geographica Sinica*, 1996, **51**(5): 454~464.
- [10] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(5): 607~613.
- [11] Xiao H, Ouyang Z Y, Zhao J Z, et al. The spatial distribution characteristics and eco-economic value of soil conservation service of ecosystems in Hainan Island by GIS. *Acta Ecologica Sinica*, **20**(4): 552~558.
- [12] Zhang Z Q, Xu Z M, Cheng G D. Valuation of ecosystem services and natural capital. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(11): 1918~1926.
- [13] Xu Z M, Cheng G D, Wang G X. A study on the estimation of economic loss from ecological deterioration -take Zhangye prefecture as an example. *Advance in Earth Sciences*, 1999, **5**(14): 498~504.
- [14] Zhang Z Q, Xu Z M, Wang J, et al. Value of the ecosystem services in the Heihe river Basin. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, **4**(23): 360~366.
- [15] Li S C, Zheng D, Yang Q Y. Some Issues on Assessing Natural Capital of Environment and Ecosystems. *Environmental Science*, 2001, **22**(6): 103~107.
- [16] Feng F L, Huang C C. Landscape pattern and changes of land use in Huisun experiment forest station. *Quarterly Journal of Chinese Forestry*, 1977, **30**(4): 387~400.
- [17] Nancy D, Apostol D, LIU I-hsin. Forest landscape analysis and desig process for developing and implementing land management objectives for landscape pattern. Taipei, China: Taiwan Forestry Research Institute, 1999. 84~89.
- [18] Mcharg I L. *Design with Nature*. Natural History Press, 1986. 25~28.
- [19] Mcharg I L. *Design with Nature* (2nd). John Wiley & Sons, Inc., 1992. 22~28.
- [20] Odum E P. The strategy of ecosystem development. *Science*, 1969, **164**: 262~270.
- [21] Friedman J & Weaver C. *Territory and Function*. Berkeley, CA: Univ. of California Press, 1979. 25~28

参考文献:

- [1] 王仰麟. 渭南地区景观生态规划与设计. *自然资源学报*, 1995, **10**(4): 372~379.
- [2] 王仰麟, 韩荡. 矿区废弃地复垦的景观生态规划与设计. *生态学报*, 1998, **15**(5): 455~462.
- [3] 王仰麟. 景观生态分类的理论方法. *应用生态学报*, 1996, **7**(增刊): 121~126.
- [4] 邬建国. 景观生态学——概念与理论. *生态学杂志*, 2000, **19**(1): 42~52.
- [7] 王仰麟, 赵一斌, 韩荡. 景观生态系统的空间结构: 概念、指标与案例. *地球科学进展*, 1999, **14**(3): 235~241.
- [8] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. *景观生态学原理与应用*. 北京: 科学出版社. 2002. 75~76.
- [9] 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义. *地理学报*, 1996, **51**(5): 454~464.
- [10] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*. 1999, **19**(5): 607~613.
- [11] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 等. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特征及生态经济价值评估. *生态学报*, 2000, **20**(4): 552~558.
- [12] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估. *生态学报*, 2001, **21**(11): 1918~1926.
- [13] 徐中民, 程国栋, 王根绪. 生态环境损失价值计算初步研究——以张掖地区为例. *地球科学进展*, 1999, **5**(14): 498~504.
- [14] 张志强, 徐中民, 王建, 等. 黑河流域生态系统服务的价值. *冰川冻土*, 2001, **4**(23): 360~366.
- [15] 李双成, 郑度, 杨勤业. 环境与生态系统资本价值评估的若干问题. *环境科学*, 2001, **22**(6): 103~107.
- [16] 冯丰隆, 黄志成. 惠荪林场土地利用之地景排列与变迁. *中华林学季刊*, 1997, **30**(4): 387~400.

张小飞, 等: 小尺度森林生态功能分区研究——以台湾惠荪林场为例

Hsiao-Fei Chang, et al, Zoning to forestry ecosystem functions : A case of Huisun forest station in Taiwan

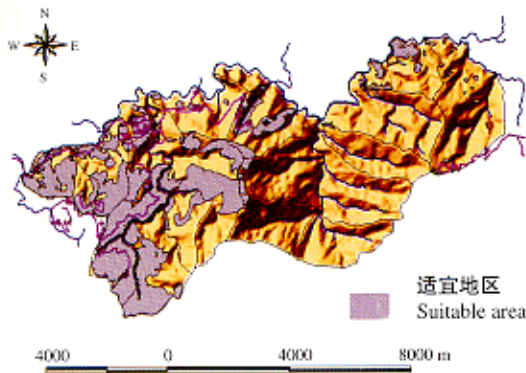


图 I 惠荪林场适宜发展森林生产区位范围

Plate I Suitable area for forest production in Huisun forest station

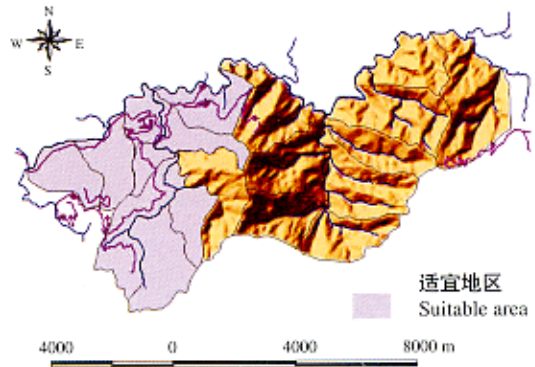


图 II 惠荪林场适宜发展教学生产区位范围

Plate II Suitable area for forest experiment in Huisun forest station

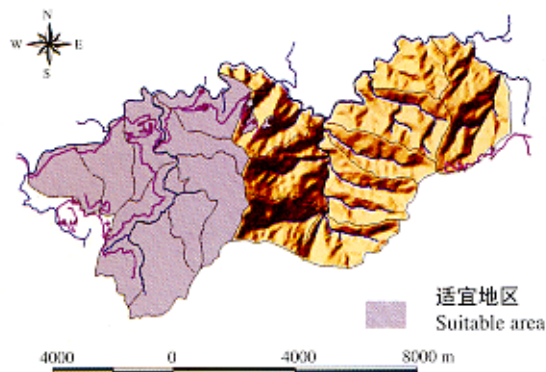


图 III 惠荪林场适宜发展科学研究区位范围

Plate III Suitable area for forest research in Huisun forest station

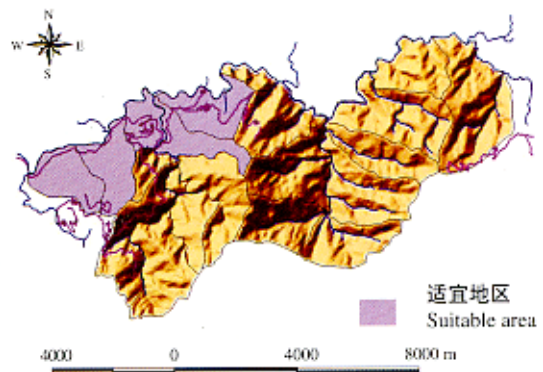


图 IV 惠荪林场适宜发展休闲游憩区位范围

Plate IV Suitable area for forest recreation in Huisun forest station

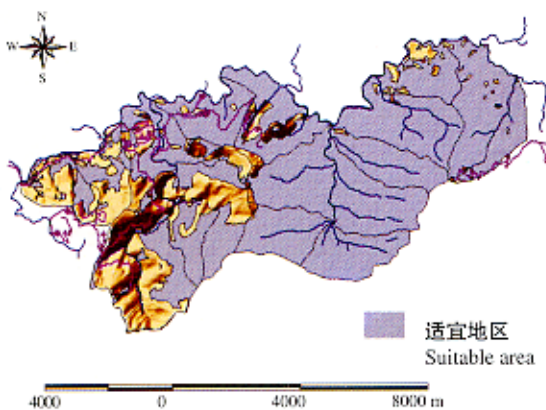


图 V 惠荪林场适宜作为生态保护区范围

Plate V Suitable area for conservation area in Huisun forest station

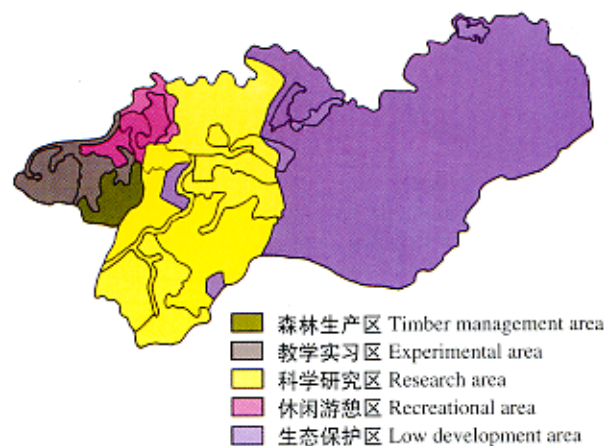


图 VI 最适森林生态功能分区

Plate VI Most suitable spatial regionalization to forest ecosystem services