

生态系统研究与管理简报

立足科学 服务决策 促进人与自然和谐发展

2008 年第 5 期（总第 19 期）

11 月 15 日印发

台湾人工林的适应性管理

金恒镛 博士(Hen-biau KING)

（国际长期生态学研究网络原主席）

【编者按】2008年9月16日，国际长期生态学研究网络（ILTER）原主席、台湾师范大学金恒镛教授以“台湾人工林的适应性管理”为题，在“中国生态大讲堂”进行了主题演讲。本次演讲介绍了台湾的一个长期综合性生态学研究项目——台湾人工林的适应性管理。台湾人工林适应性管理的理念和实践经验对我国的人工林研究具有借鉴意义。该演讲由中国科学院生态系统研究网络（CERN）综合中心举办。中国科学院千烟洲红壤丘陵综合开发试验站根据讲演内容并参阅有关文献整理完成本报告。

我国人工林面积很大且在不断扩大。根据第六次森林资源清查资料(1999~2003年),我国的人工林面积已达5326万公顷,总蓄积量15亿 m^3 ,居世界首位。相比于天然林,人工林的自我调节和适应能力较差,对一些极端气候事件表现出很强的脆弱性,2008年冬季南方雨雪冰冻灾害对人工林的破坏就是例证。目前,退化人工林生态系统的管理已经成为关系林业可持续发展的重要问题。如何在维持良好生产经营的基础上,提高人工林生态系统的适应性,使其更好的发挥森林生态服务功能、造福社会,成为值得认真思考和研究的一个科学问题。本报告从适应性管理的基本概念与方法入手,结合台湾人工林管理的实例,详细阐述了人工林适应性管理研究的思路和方法,这对我国的人工林研究与管理具有借鉴意义。

一、生态系统适应性管理概述

1. 生态系统适应性管理的概念

适应性管理(Adaptive Management)是将研究纳入自然资源管理的做法;亦即整合设计、管理和监测,并系统地验证假设,达到改善与学习的目的。

生态系统管理是在对生态系统组成、结构和功能过程加以充分理解的基础上,制定适应性管理策略,以恢复或维持生态系统整体性和可持续性^[1,2,3]。它起源于传统的自然资源管理和利用领域,形成于21世纪90年代。生态系统管理要求收集被管理系统核心层次的生态学数据并监测其变化过程。是在明确管理目标,确定系统边界和单元的前提下,以对生态系统的深刻理解为基础,选择适宜的尺度和等级结构,理解生态系统不确定性,进行适应性管理,同时强调部门与个人间的合作,把人类及其价值取向作为生态系统的成分^[3]。

生态系统适应性管理是一个全新的生态系统管理模式^[4],是建立在生态学基础之上,一门学科交叉性很强的学问,作为保障森林可持续发展战略的必由之路和有效手段^[5],被欧美发达国家率先运用于森林系统管理中,且取得了很多成功案例^[6,7,8,9],这些案例对我国生态系统管理具有很好的借鉴意义。

2. 适应性管理的方法

进行适应性管理主要包括以下几个环节（见图 1），首先，要根据研究目的明确任务；第二，要根据当地生态条件，提出因地制宜的概念性模型；第三，要研究和制定管理规划，确定目标、目的和需要采取的行动；第四，要研究和制定合理的监测规划；第五步，要顺利实施管理规划与监测规划；第六步，是仔细分析信息并充分讨论结果；最后，利用结果去改善与学习，重复之前步骤。

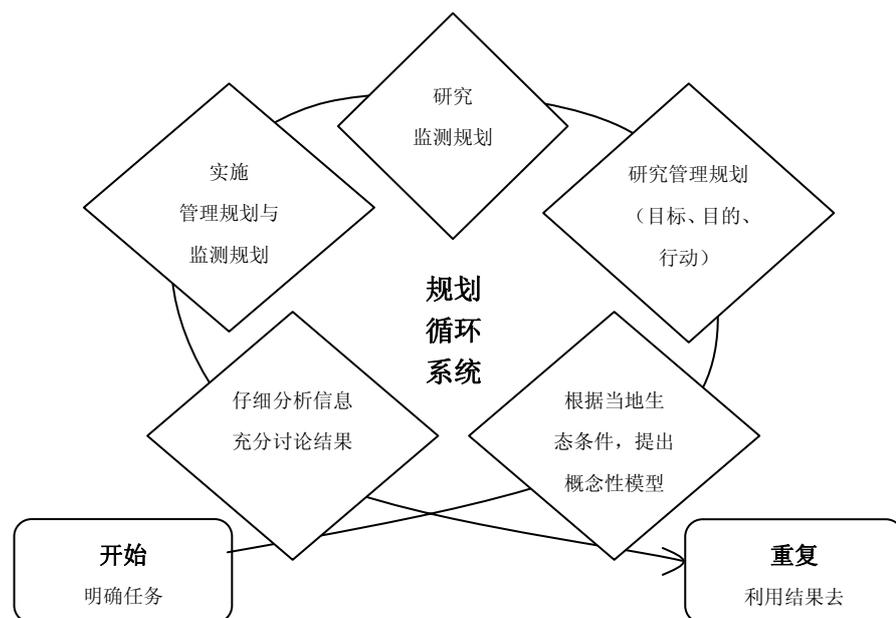


图 1 适应性管理的流程

3. 森林生态系统适应性管理的对象

森林生态系统结构复杂，相应的适应性管理的对象也很丰富，包括组成生态系统的各类植物、动物和微生物。每一大类又可细分为许多成分，仅植被系统的管理的对象就有：地上部植株主要包括木质植物的干与枝（胸径 DBH>1cm）、草本植物和苗（DBH<1cm）、木质藤本植物等；地下部分根系包括粗根和细根；以及地表的粗木质残体、有机残体和矿质土壤。

二、台湾人工林的适应性管理背景与思路

1. 台湾人工林管理面临的挑战

台湾拥有人工林 42 万公顷，约占全岛森林面积的 20%。由于过去造林偏重木材利用，因此，大面积密植外来单纯林。密植人工纯林不仅不能充分利用自然资源，还会对林木生长造成不利影响：①密植

造成林冠过度郁闭，林内日辐射量减少，土壤有机物分解、矿质化作用、硝化作用速率减低，地力可能衰退；②种内竞争会造成植株生长不良或材质差，易患病虫害；③林冠过密，压缩了小苗的生长空间，有碍森林更新。研究显示，人工林生物多样性均低于改造前的天然林。

台湾人工纯林存在的另一问题是林产品供应量小于需求量，且价格过高不具竞争力，早已不具有经济生产的价值，因此，台湾的林产品全依赖进口。另外，随着全球环境意识不断高涨，相关环境法律法规不断完善（如《京都议定书》生效），台湾林产品的进口及石化燃料大量耗用势必造成碳税压力剧增。在此情形下，如何使人工林的生态功能最大化，使人工林生态系统经营符合林业永续经营、维护生物多样性、及社会服务三大原则，乃是当前台湾林业经营面临的重要课题^[10]。

2. 台湾人工林管理可能的解决方案

适度干扰与恢复重建是森林生态系统适应性管理的重要途径。疏伐是对森林生态系统适度干扰与恢复重建的直接有效途径。疏伐可在短时间内改变森林结构及其物理生境，改善了林内小气候，影响凋落物分解和土壤养分循环，促进原生树种的更新及恢复。其他种类的植物（尤其是原生物种）有更多进入的机会，增加生物多样性。另外，机械疏伐过程会改变地表植物或枯落物、土壤容重和孔隙度、雨水冲击能量、土壤渗透量、直接径流与地表冲蚀等。疏伐有助于人工林生态系统更好地发挥其功能。但是因疏伐位置、面积、方式、实施时间与规范不同，造成的影响亦有差异。所以因地制宜地选择合适的疏伐方式，有助于取得更好的效益。

三、台湾人工林的适应性管理的实验案例

1. 项目简介

本研究项目由台湾行政院农业委员会林业试验所主持，包括林业试验所、台湾大学、屏东科技大学及东海大学等十五位专家组成了研究团队，选择林业试验所莲花池研究中心及附近林务局南投林管处的柳杉木人工林，于2005年设立永久试验样地，研究不同疏伐强度对人工林组成、结构与功能，原生树种更新复育，碳吸收及固定，生物

多样性等的影响，以培育健康森林生态系统，使其发挥更多功能；并利用林木生长模型模拟林木生长，应用非市场价值评估法估测生物多样性及总经济价值，为人工林适应性管理提供依据。

2. 项目特色

不同学科和部门的优秀学者，通过长期的、较大空间的研究，从不同角度探讨了不同疏伐强度对人工林的影响；一方面，本研究的植被调查按照 FDP 规范，建立元数据库，利用网络手段将研究结果整合，更好地管理数据；另一方面，与当地土地管辖机构合作、增加了基础设施，有利于研究的顺利进行，还为学生实习提供平台。研究所得信息经过整合，最终将为林业管理提供科学依据和实践经验。

3. 研究区概况

研究区位于台湾西部的柳杉人工林(*Cryptomeria japonica*)。该区平均海拔 1500m，平均坡度约 30°，年平均气温为 19.2℃，年降雨量为 2400mm，柳杉人工林为 1972~1973 年栽植，栽植面积为 78ha，林分密度为 1000 株/ha，平均树高 17m，材积 450m³/ha。

4. 研究方法 with 内容

选取五处造林年龄相近（约 30 年）的试验样地，依照森林动态学的规则设置 12 个 1 ha（100m×100m）的长期样区作为疏伐样方，设置 3 种疏伐强度（0%，25%，50%），每个强度 4 次重复；另外选择附近天然林作为对照区。在每个大样方内划分 100 个小样方（10m×10m），具体疏伐方法见图 2，灰色小样方内树木全部采伐。

疏伐之前在室内进行桌上模拟（邱志明，2007）。2007 年 7 月完成了疏伐工作，并安装了气象站（黄正良、黄志坚，2005），建立通讯网络（黄志坚，2005）。疏伐前进行木本植物（DBH>1cm）调查（孙义方，2005），之后每隔 5 年调查一次。

疏伐前后定期监测项目包括：人工林植被组成、结构与微环境，地上与地下生物量与养分循环，光合作用及碳固定，土壤理化性状与凋落物分解，苔藓植物和真菌种群动态学与多样性，脊椎动物与无脊椎动物种群及群聚，原生树种更新与天然林复育，土壤水、径流及土壤侵蚀，木材材质及碳存量等。

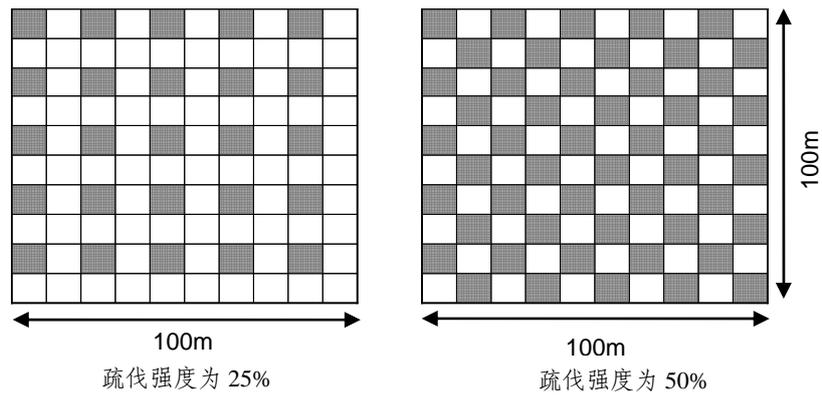


图 2 疏伐具体方法示意图（灰色图版为疏伐样方）

5. 初步试验结果

a. 疏伐前后植被调查

表 1 为疏伐前后各样区植被的基础资料（孙义方，2007；邱志明，2007）。可见，疏伐前三种处理间林分密度、胸径、树高、断面积和材积等基础背景值是很接近的，说明所选样区具有代表性。从疏伐前后植被各项基础值的比较可以看出，疏伐 25% 的处理后，林分密度、断面积和材积分别减少了 24%，29% 和 25%，胸径和树高略有减少。疏伐 50% 的处理后，林分密度、断面积和材积分别减少了 50%，52% 和 52%，胸径和树高也略有减少。可见，疏伐强度很好的实现了试验设计的目标。

表 1 疏伐前后植被调查结果

| | 株数/ha | 胸径 cm | 树高 m | 断面积 m^2/ha | 材积 m^3/ha |
|---------|----------|-------|------|--------------|-------------|
| 控制区 | 1057 | 25.5 | 17.2 | 58.0 | 467 |
| 25% 疏伐前 | 1076 | 25.0 | 16.9 | 50.1 | 461 |
| 25% 疏伐后 | 816 | 24.8 | 16.8 | 43.1 | 345 |
| 25% 疏伐差 | 260(24%) | 25.7 | 17.2 | 14.3(29%) | 116(25%) |
| 50% 疏伐前 | 1034 | 25.1 | 17.0 | 55.3 | 447 |
| 50% 疏伐后 | 515 | 24.9 | 16.9 | 26.3 | 212 |
| 50% 疏伐差 | 519(50%) | 25.3 | 17.1 | 28.9(52%) | 235(52%) |

注：表内数值为四次重复的平均值；括号内为疏伐部分所占比重。

b 疏伐前后样区内微环境条件的变化

陈明杰 (2008) 研究了疏伐前后不同处理样区内气温和相对湿度的变化, 分别见图 3、4。疏伐前 25% 和 50% 疏伐处理的气温和相对湿度均与对照非常接近, 而疏伐后两处理的气温明显升高、相对湿度下降, 且 50% 疏伐处理变化的幅度明显大于 25% 疏伐处理。

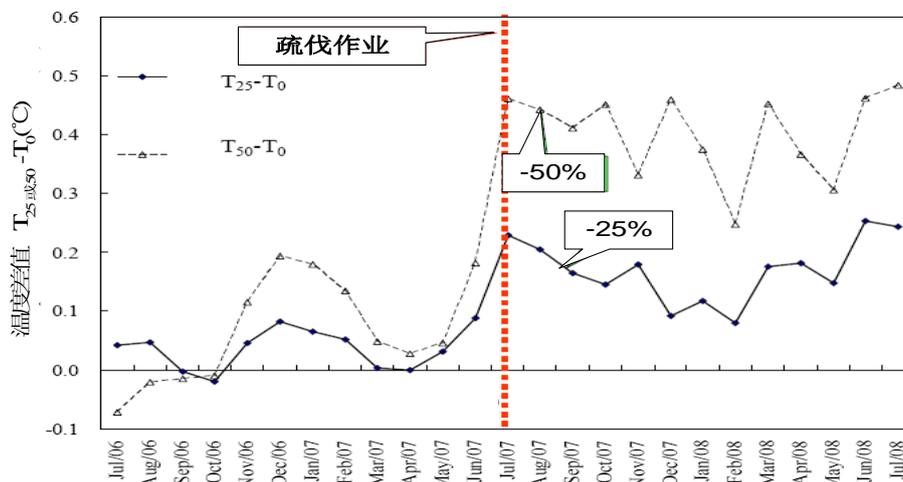


图 3 疏伐前后气温的变化 (2006.7-2008.7)

注: 图内T₀, T₂₅和T₅₀分别为疏伐 0%, 25%和 50%时的温度。

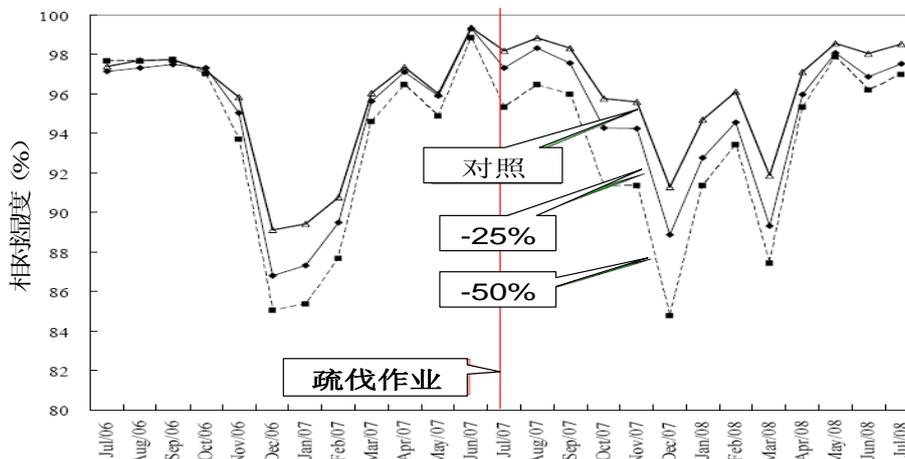


图 4 疏伐前后相对湿度的变化 (2006.7-2007.4)

图 5 为林内林外的光合有效辐射 (PAR) 监测结果, 林外的 PAR 显著高于林内。此外, 持续性降雨会显著降低林内和林外 PAR。

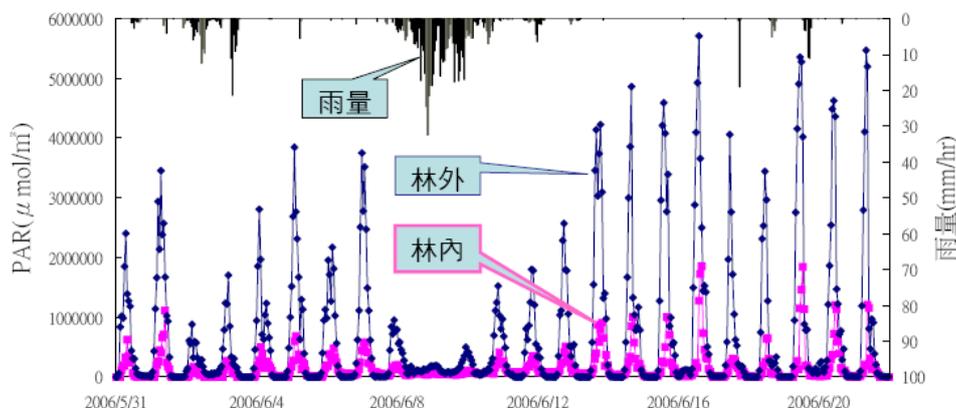


图 5 林内与林外光合有效辐射 (PAR) 的比较 (2006.5.31~6.23)

c 疏伐处理对柳杉林生物群落的影响

孙义方在疏伐 5 个月后 (2007 年 12 月) 进行了小苗调查 (表 2)。共设置了 324 个小苗样区, 第一次 (2008 年 4 月) 共记录 1830 棵小苗。能确认种类分属 27 种, 其中以琉球鸡屎树的数量最多, 达 298 棵。小苗数量排名前次四名的分别为: 圆叶鸡屎树 (32 棵)、山龙眼 (20 棵)、台湾山桂花 (17 棵)、柏拉木 (16 棵)。小苗主要由中海拔常见的灌木组成, 完全没有柳杉的小苗, 这说明密植的柳杉的自我繁殖能力较差。疏伐是否可以促进柳杉的自我更新有待后续的进一步调查研究。

表 2 疏伐 5 个月后 (2007 年 12 月) 小苗调查结果

| 处理 | 对照 | 25%疏伐 | 50%疏伐 |
|---------|--------|--------|--------|
| 平均株数/ha | 161 | 134 | 189 |
| 株数范围/ha | 40-390 | 25-310 | 20-410 |

林善雄 (2008) 研究了疏伐样区内的苔藓群落, 结果表明, 刚疏伐样区内树生苔藓减少 4~6 种, 包括树干上所有细磷藓科植物 (*Lejeuneaceae*, *Cololejeunea*, *Lejeunea*), 而地上苔藓增加 1 种—随掉落枝条的悬苔 (*Barbella*)。

汪碧涵 (2007) 调查了实验区人工林与对照天然林的真菌群落。发现天然林的大型真菌, 13% 为腐生菌, 87% 共生菌。人工林大型真菌中, 99% 为腐生菌, 1% 共生菌。这说明天然林更适合生长共生真

菌，而人工林腐生真菌占绝对优势。

林良恭（2006）对鸟类种类调查表明，天然林和房屋内的鸟类种类显著高于人工林，在台湾其它几个地方调查同样得出了天然林的鸟类种类显著高于人工林的结果。在 9 号样区采用自动相机记录了雄性蓝腹鹇的求偶行为。但是疏伐对鸟种类的影响尚不明显，还有待进一步研究。

卓逸民（2006）对蜘蛛多样性进行了研究，鉴定标本，建立信息库，鉴定形态种超过 200 种。对跳尾目昆虫多样性也作了研究，共有 8 科 39 种形态种，20844 个体，其中天然林 4044 个，人工林 16800 个。

四、台湾人工林适应性管理与实验案例的启示

1. 适应性管理理念对大陆人工林管理的启示

大陆的植树造林史虽比台湾晚 20~30 年，但因造林速率快、范围广，目前已拥有约占世界 1/3 的人工林。如何应对全球气候变化和国际碳税压力，解决人工林生物多样性降低和稳定性差，充分发挥人工林的生态、社会和经济多重功能是海峡两岸人工林资源管理所面临的共同问题。

我国的人工林主要为速生丰产林，主要的目的是在退化的生态系统恢复过程中发展林业产业，提供所需要的林产品。长期以来，我国的人工林的试验研究长期主要集中在如何提高人工纯林植被和木材生产力、对林下植被生物多样性产生的影响等方面，近年来，在全球气候变化背景下，人工林的功能及其对全球变化的响应研究有所加强，而在退化生态系统恢复过程、生态环境建设和区域社会经济的发展等方面研究较少。因此，未来人工林适应性管理研究应加强以下几个方面：

（1）制定长期人工林适应性管理与改造研究计划。时空跨度大的试验与观测对人工林适应性管理具有重要意义。只有通过不断地进行管理试验实践，才能使我们更好地了解人工林生态系统的结构与功能，总结经验，制定更加合理的管理策略。

（2）从多目标、多视角综合探讨人工林适应性管理应对退化生

态系统恢复、生态环境建设和区域社会经济发展的作用。当前，人工林面临的问题复杂而多样，从单一角度出发采取适应性管理不仅不能全面发挥人工林的生态系统服务功能，甚至可能会使其它方面的问题更加突出。因此，从生态、社会、经济多重角度全面分析研究，是进行人工林适应性管理的内在要求。

(3) 加强学科交叉与融合、部门与研究团队合作，把人类及其价值取向作为生态系统的一部分。整合多领域优秀学者，明确人工林的自然资源属性，用适应性管理的科学理念来研究和管理好人工林资源，使其发挥最大的价值。

2. 台湾人工林适应性管理实例对 CERN 人工林试验的启示

目前，野外生态站是开展森林适应性管理研究的重要平台。中国生态系统研究网络（CERN）拥有千烟洲站，会同站，鹤山站和茂县站等以人工林为研究对象的生态站。这些生态站同属亚热带或热带地区，人工林生态系统已出现了不同程度的退化，生产力普遍较低，林业在所在区域经济中所占的比重很小。与台湾人工林相比，大陆人工林多是在 20 世纪 80 年代及以后大面积营造而成，许多林区交通不便利，林区分散，管理难度较大。所以，如何在全球气候变化和国际碳税压力下，解决由于人工林退化而引起的生物多样性降低和森林生产力下降等问题，充分发挥人工林的社会、经济、生态效益将是接下来工作的重要方面。

台湾人工林长期适应性管理实践在设计、管理和不同机构共同参与等有许多经验值得借鉴：

首先，综合了不同学科背景的研究人员，从不同角度对人工林生态系统适应性管理开展研究工作，对容易被忽略的生物群落中的低等植物、动物、还有一些分解者等生物多样性和生态功能开展研究，有助于更全面地了解生态系统的结构与功能，以及对环境的响应。

其次，实验设计方案、疏伐后效果的室内桌上模拟、空中摄影技术的应用、疏伐试验效果的评估等手段和思路确保了实验结果的可比性。

最后，该长期试验通过建立网络平台，实现了数据资料的有序管理，为后续的研究提供便利。另外，地方林场和相关部门的合作与支

持,这不仅给将来的工作带来极大的便利,还为学生实习提供实验地,有效地利用了试验条件,研究获得的成果将直接服务于林场,实现了研究、教学、应用三赢的结果。

参考文献:

- [1] Vogt K., John G., John W. Ecosystems: balancing science with management. New York: Springer-Verlag, 1997.
- [2] Maltby E., Holdgate M., Acreman M., et al. Ecosystem management questions for science and society. Virginia Water, Royal Holloway Institute for Environmental Research, 1999.
- [3] 任海, 邬建国, 彭少麟, 赵利忠. 生态系统管理的概念及其要素. 应用生态学报, 2000, 11 (3): 455 ~ 458.
- [4] 王文杰, 潘英姿, 王明翠, 罗海江, 张峰, 申文明, 刘晓曼. 区域生态系统适应性管理概念、理论框架及其应用研究. 中国环境监测. 2007, 23(2): 1 ~ 7.
- [5] 赵士洞, 汪业勳. 生态系统管理的基本问题. 生态学杂志, 1997, 16 (4): 35 ~ 38.
- [6] Gray A. N. Adaptive ecosystem management in the Pacific Northwest: a case study from coastal Oregon. Conservation Ecology, 2000, 4(2): 6. URL: <http://www.consecol.org/vol4/iss2/art6/>
- [7] Gilmour A., Walkerden G., Scandol J. Adaptive management of the water cycle on the urban fringe: three australian case studies. Conservation Ecology, 1999, 3(1): 11. URL: <http://www.consecol.org/vol3/iss1/art11/>
- [8] Kiker C. F., Milon J. W., Hodges A. W. South Florida: the reality of change and the prospects for sustainability: Adaptive learning for science-based policy: the Everglades restoration. Ecological Economics, 2001, 37 (3): 403 ~ 416.
- [9] Pulwarty R. S., Melis T. S. Climate extremes and adaptive management on the Colorado River: Lessons from the 1997-1998 ENSO event. Journal of Environmental Management, 2001, 63(3): 307-324.

报告整理: 王义东
报告校对: 于秀波
责任编辑: 于秀波

生态系统研究与管理简报

立足科学 服务决策 促进人与自然和谐发展

(2007年目录)

- 11月16日 第7期 美国长期生态研究的新方向
G. Philip Robertson (美国长期生态学研究网络主席、密歇根州立大学教授)
- 11月20日 第8期 英国生态系统长期监测与研究进展
Terry Parr (国际长期生态学研究网络主席、英国环境变化网络主席)
- 12月28日 第9期 湿地生物多样性保护主流化的探索与实践
UNDP/GEF 中国湿地生物多样性保护项目

(2008年目录)

- 1月24日 第1期 生态系统研究的新领域、新技术与新方法
中国生态系统研究网络综合研究中心
- 2月20日 第2期 在 NEON 内发展同位素网络的计划
中国生态系统研究网络水分分中心 编译
- 5月15日 第3期 加强生态站长期观测与研究 提升区域综合研究能力
韩兴国 (中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站)
- 9月5日 第4期 气候变化与生态系统适应性——聚焦长江流域
中国生态系统研究网络综合研究中心
- 11月15日 第5期 台湾人工林的适应性管理
金恒镛 (国际长期生态学研究网络原主席)

关注中国生态系统监测、研究、评估、管理与政策进展

主办单位: 国家生态系统观测研究网络综合研究中心
中国生态系统研究网络综合研究中心
中国生态系统研究网络科学委员会秘书处
中科院生态网络观测与模拟重点实验室

编辑部:
于贵瑞、欧阳竹、于秀波 (常务)

通信地址: 北京市朝阳区大屯路甲 11 号
中科院地理科学与资源研究所
CERN 综合研究中心
邮政编码: 100101
传 真: 010 - 6486 8962
电子邮件: cef@cern.ac.cn
网 页: <http://www.cern.ac.cn>