

中国陆地优先保护生态系统分析

徐卫华¹, 欧阳志云^{1*}, 黄 璜², 王效科¹, 苗 鸿¹, 郑 华¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085; 2. 湖南农业大学农学院, 长沙 410128)

摘要:明确我国优先保护生态系统类型与地区对于提高我国生物多样性的保护效率以及全面、合理的规划我国自然保护区具有重要意义。以《中国植被》、《中国湿地》和《中国植被图集》为主要数据源,以生态区的优势生态系统类型、反映了特殊的气候地理与土壤特征、只在中国分布、物种丰富度高、特殊生境等5项指标为评价准则,在专家问卷调查的基础上,借助地理信息系统软件 Arcview,综合分析了陆地生态系统的分布特点,并提出了我国的优先保护生态系统类型及其集中分布区。结果表明,我国683类陆地生态系统中有优先保护生态系统类型有135类,其中森林生态系统75类,湿地生态系统27类,灌丛生态系统8类,草原生态系统12类,草甸生态系统6类,荒漠生态系统7类。根据优先保护生态系统的分布特点,选取包括横断山地区在内的18个优先保护生态系统的集中分布区域,这些地区应该是生态系统保护的重点地区。这一研究结果对于合理布局我国自然保护区、提高我国生物多样性保护的有效性具有重要参考价值。

关键词:陆地生态系统; 优先保护; 评价; GIS; 中国

文章编号:1000-0933(2006)01-0271-10 中图分类号:Q148, Q16 文献标识码:A

Priority analysis on conserving China's terrestrial ecosystems

XU Wei-Hua¹, OUYANG Zhi-Yun^{1*}, HUANG Huang², WANG Xiao-Ke¹, MIAO Hong¹, ZHENG Hua¹ (1. Key Laboratory of Systems Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. Hu'nan Agricultural University, Changsha 410128, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1): 271–280.

Abstract: Research on selecting important terrestrial ecosystems for conservation is of strategic significance in improving China's conservation efficiency and comprehensively planning China's nature reserves systems. Using GIS analysis tools and five assessment criteria, China's terrestrial ecosystems and their distribution areas for priority conservation are proposed based on the data of Vegetation in China, China's Wetlands and Atlas of China's vegetation. The criteria include "Dominant ecosystems in the eco-region", "Ecosystems with special climatic, geographic and soil features", "Ecosystems endemic to China", "Ecosystems with extremely rich species", and "Ecosystems with special habitats". Results indicate that China's terrestrial ecosystems can be divided into 683 types, 135 of which are of high priority, including 75 forest ecosystems, 27 wetland ecosystems, 8 shrub ecosystems, 12 steppe ecosystems, 6 meadow ecosystems and 7 desert ecosystems. According to the distribution of priority ecosystems, 18 areas were selected as the center ones for the entire priority ecosystems. These areas should be considered primarily in the conservation of China's terrestrial ecosystems. This research will contribute to configuration of China's nature reserves and improve the effectiveness of China's biodiversity conservation.

Key words: terrestrial ecosystems; priority area for conservation; assessment; GIS; China

基金项目:国家自然科学基金委创新群体计划资助项目(40321101)

收稿日期:2005-01-19; **修订日期:**2005-11-18

作者简介:徐卫华(1977~),男,湖南人,博士生,主要从事遥感和地理信息系统在生物多样性保护方面的研究. E-mail: xuweihua888@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zyouyang@mail.rcees.ac.cn

致谢:感谢冯宗炜院士,李文华院士,蒋有绪院士,刘世荣,宋朝枢,赵献英,陈伟烈,李渤生,王献溥,傅立国,冯祚建,张荣祖,罗菊春,李俊清,李建文,孙世洲,宋延龄,李迪强研究员等(排名不分先后)对选取优先保护生态系统提出的宝贵意见

Foundation item: Innovation Group Project of National Natural Science Foundation of China (No. 40321101)

Received date: 2005-01-19; **Accepted date:** 2005-11-18

Biography: XU Wei-Hua, Ph.D. candidate, mainly engaged in application of remote sensing and GIS in biodiversity conservation. E-mail: xuweihua888@126.com

生物多样性的保护是全球关注的焦点之一。从生物多样性保护效率的角度来说,保护行动应该有明确的目标,把有限的人力、财力投入到保护的重点地区或者关键地区。围绕着这一议题,许多国家和地区都作了大量的研究^[1-5],包括受到国际社会广泛关注的 Myers 等提出的热点地区(hotspot)途径^[2]和 WWF 的“全球 200”^[3]等,这些研究大多以物种的特有程度、丰富度、稀有性等为评价基础。近年来从生态系统的角度来确定优先保护地区的研究也逐渐受到重视^[6],作为生物多样性保护的一个重要层次,生态系统尤其是森林生态系统,是稀有濒危动植物的主要保存环境,某一类生态系统的丧失往往导致赖以生存的物种的消失,从这个角度来说,生态系统的保护比单一的物种保护更重要,生态系统优先保护地区的提出具有更重要的意义。

中国陆地生态系统丰富多彩,具有地球陆地生态系统的各种类型,如森林、灌丛、草原和稀树草原、草甸、荒漠、高山冻原以及复杂的农田生态系统等,且每种生态系统又包含多种气候型和土壤型,陆地的水域生态系统也十分丰富,包括各类河流生态系统以及湖泊生态系统等^[5,7]。但是受社会经济活动所带来的负面影响,各种自然生态系统都受到了不同程度的破坏,如森林面积大幅度下降,草原和湿地生态系统的退化等等。生态系统大面积的破坏与退化,不仅表现在总面积的减少,更为严重的是其结构与功能的降低或丧失使生存其中的许多物种变为濒危种和受威胁物种^[8]。可见,优先保护好陆地重要生态系统不仅对于保护生态系统多样性意义重大,而且对于物种多样性的保护也是举足轻重。自然保护区的建立对于重要生态系统的保护起了重要作用,但由于建国后相当一段时间内所建立的自然保护区多在“抢救式”的策略指导下进行的^[9],存在单个保护区面积过小、有明显的保护空缺等弊端,使许多典型的生态系统没有保护区保护或者保护区面积不够。本文拟在综合分析我国陆地生态系统基本特征的基础上,通过建立评价准则和专家意见的方法来确定我国优先保护的陆地生态系统的类型及其分布地,以期为提高我国陆地生态系统的保护效率,全面合理规划我国自然保护区体系提供科学依据。

1 研究材料与方法

1.1 研究材料

本研究的数据主要包括《中国植被》^[10]、《中国生态系统》^[11]、《中国湿地植被》^[12]、《中国生物多样性国情报告》^[5]、《中国生物多样性保护行动计划》^[13]、《中国生物多样性保护综述》^[14]等资料。空间数据包括中国行政区划图(1:400 万)^[15]、中国植被图集(1:100 万)^[16],以及高程图和生物地理分区图^[5]等。将空间数据在地理信息系统软件中数值化,然后输入 ArcView3.1 中待用。

1.2 研究方法

1.2.1 中国陆地自然生态系统类型的确定 本文所用的中国陆地自然生态名录中湿地部分来自于《中国湿地植被》^[12],其余来自《中国植被》^[10]和《中国生态系统》^[11],以中国植被图集(1:100 万)的最小单元——群系作为优先保护生态系统的基本分类单元,使研究结果尽可能精确,同时具有可操作性。以此为基础,并且用公开发表的文献,保护区的考察报告以及权威网站公布的信息对生态系统的分布地进行更新与补充,这样确定了我中国自然生态系统的类型,包括森林生态系统 240 类、灌丛与灌草丛生态系统 112 类,草原与草甸生态系统 122 类,荒漠生态系统 49 类,湿地生态系统 145 类,高山冻原与高山垫状生态系统 15 类,共 683 种类型。此外,为了保证分析的精确性,根据各类生态系统分布情况的描述对中国植被图进行核准,并建立与之对应的生态系统分布图。

1.2.2 中国陆地优先保护生态系统的评价 为了评价各类生态系统在生物多样性保护中的意义,建立评价准则见表 1,评价方法采用专家问卷调查法。具体步骤:①按照评价标准设计优先保护生态系统评价表,此表包括所有 683 类自然生态系统名录以及 5 条评价准则;②根据专家意见,选取符合评价准则的优先生态系统类型,建立优先保护生态系统名录^[7],并根据此名录与生态系统分布图,生成相应的优先生态系统分布图。

2 结果与分析

2.1 中国陆地优先保护生态系统的组成

根据评价准则,从 683 类自然生态系统中选取 135 类(20%)作为优先保护的生态系统类型,其中优先保

护的森林生态系统为 75 类,分别占有森林生态类型与优先保护生态系统总数的 1/3 和一半左右,反应了森林生态系统在整个生态系统保护中具有极其重要的地位。优先保护的生态系统类型还包括 27 类湿地生态系统、8 类灌丛生态系统、12 类草原生态系统、6 类草甸生态系统和 7 类荒漠生态系统。

2.2 中国陆地优先保护生态系统类型及分布特点

由于季风性气候特点,我国东部陆地生态系统的分布表现为从北到南有寒温带针叶林,温带针叶落叶-阔叶混交林,暖温带落叶阔叶林,亚热带落叶阔叶-常绿阔叶混交林;亚热带常绿阔叶林,热带季节性雨林。受水分的制约,中国的北半部自东向西发育有温带和暖温带森林草原,温带干草原,温带荒漠草原和荒漠。受阶梯式地形地貌的影响,在西北高山和西南高原,发育与保存了西北高山植被,青藏高原植被。优先生态系统类型的分布也反应了上述特点。

表 1 中国陆地优先保护生态系统评价准则
Table 1 Criteria of assessing terrestrial ecosystems for priority conservation in China

代号 ID	评价准则 Criteria	涵义 Meaning
1	生态区的优势生态系统类型 Predominant ecosystem in the eco-regions	生态区的优势生态系统往往是该地区气候、地理与土壤特征的综合反映,体现了植被与动植物物种地带性分布特点,对能满足该准则的生态系统的保护能有效保护其生态过程与构成生态系统的物种组成 Predominant ecosystem usually is the integrative reflection of climate, geography and soil characteristics in the eco-region, and embodies the zone distribution characteristics of vegetation, plant and animal species; Protection of dominant ecosystems can effectively protect the ecological processes and species consisting of the ecosystems
2	反映了特殊的气候地理与土壤特征 Ecosystems developed in special climatic and geographic conditions	一定地区生态系统类型是由该地区的气候、地理与土壤等多种自然条件的长期综合影响下形成的;相应地,特定生态系统类型通常能反映地区的非地带性气候地理特征;体现非地带性植被分布与动植物的分布,为动植物提供栖息地 Ecosystems in a specific area were developed under the long-termed and integrated effect of various natural conditions including local climate, geography and soil; Correspondingly the ecosystems can reflect regional non-zonal climate and geography characteristics, embodies non-zonal vegetation distribution and biological distribution, and provides habitats for animals and plants.
3	只在中国分布 Ecosystem types only in China	由于特殊的气候地理环境与地质过程,以及生态演替,中国发育与保存了一些特有的生态系统类型,它们在全球生物多样性的保护中具有特殊的价值 As a result of the special climate geographical environment, geological process, and ecological succession, some unique ecosystems were developed and conserved in China. They are very important in the protection of the global biodiversity
4	物种丰富度高 Ecosystem types with complex structure and high species richness	指生态系统构成复杂,物种丰富度高的生态系统,这类生态系统在物种多样性的保护中具有特殊的意义 Ecosystems with complex structure and high species richness commonly have special significance in biodiversity conservation
5	特殊生境 Special habitats	为特殊物种,尤其珍稀濒危物种提供特定栖息地的生态系统,如湿地生态系统等,从而在生物多样性的保护中具有重要的价值 Special habitats are defined in this paper as the habitats for endangered species and rare species; These habitats are always accepted as primary consideration in biodiversity conservation

2.2.1 优先保护森林生态系统 优先保护森林生态系统类型有 75 类,占有优先保护生态系统总数的一半以上。优先保护的森林生态系统分属于寒温性针叶林等 7 种不同类型,其中寒温性针叶林以兴安落叶松 (*Larix gmelinii*) 和樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) 等为代表性类型、温带针叶-落叶阔叶混交林以红松 (*Pinus koraiensis*)-紫椴 (*Tilia amurensis*)-风桦 (*Betula costata*) 林等为代表性类型、暖温带落叶阔叶林以辽东栎林 (*Quercus liaotungensis*)-青皮槭 (*Acer grosseri*) 林和胡桃楸 (*Juglans mandshurica*) 林等为代表性类型、北亚热带落叶阔叶-常绿阔叶混交林以栓皮栎 (*Quercus variabilis*)-短柄枹树 (*Quercus glandulifera*)-苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)-青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*) 林和细叶青冈 (*C. gracilis*)-大穗鹅耳枥 (*Carpinus fargesii*) 林等为代表性类型、亚热带常绿阔叶林以苦槠-豺皮樟 (*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)-石栎 (*Lithocarpus glaber*) 林, 红润楠 (*Machilus thunbergii*) 林, 高山栲 (*Castanopsis delavayi*)-黄毛青冈 (*Cyclobalanopsis delavayi*) 林、青冈-红润楠林、刺栲 (*Castanopsis hystrix*)-厚壳桂 (*Cryptocarya chinensis*) 林等为代表性类型、热带季节性雨林以云南龙脑香 (*Dipterocarpus tonkinensis*)-毛坡垒 (*Hopea mollissima*) 林, 狭叶坡垒 (*Hopea chinensis*)-乌榄 (*Canarium pimela*) 林为代表性类型, 荒漠森林以胡杨林 (*Populus diversifolia*) 为代表性类型。

优先保护森林生态系统分布极不均衡,除了胡杨林等极少数森林生态系统分布于西北干旱地区外,绝大

部分分布于雨水丰富的东部地区以及四川云南等省份。最为集中的地区有大小兴安岭山地、秦巴山地和横断山区,其他相对集中地区包括湘黔鄂渝交界处山地、长白山、新疆阿尔泰山地区、闽浙赣皖交界处山地、海南中南部山区、广西西南部石灰岩地区、西双版纳地区以及南岭山地等。优先保护的森林生态系统集中分布区,往往也是物种分布与濒危物种保护的热点地区^[7],横断山区是明显的物种分布与分化中心^[5],也是 Mayer 所提出的全球物种保护的 25 个热点地区之一^[17],表明森林生态系统为动植物物种提供了丰富多样的栖息地,保护森林生态系统对于生物多样性的保护具有重要意义。

2.2.2 优先保护湖泊湿地生态系统 优先保护的湿地生态系统类型包括 27 类,约占优先保护生态系统类型的 1/5,包括灌丛沼泽、草丛沼泽、盐沼、红树林四大类型。灌丛沼泽以绣线菊(*Spiraea salicifolia*)灌丛沼泽为代表类型,草丛沼泽包括芦苇(*Phragmites communis*)沼泽,修氏苔草(*Carex schmidtii*)沼泽等,盐沼包括盐角草(*Salicornia europaea*)沼泽,怪柳(*Tamarix chinensis*)沼泽等,红树林以秋茄(*Kandelia candel*)沼泽、白骨壤(*Avicennia marina*)等为代表性类型。另外,湖泊湿地也是我国湿地的一种重要类型,我国具有 30 处国际重要湿地及多处国内重要湿地。

优先保护湿地生态系统分布较散,主要分布在东北地区,相对集中分布的地区包括东北穆棱、三江平原湿地地区、大小兴安岭山地湿地地区、东北平原中北部湿地地区、长江河源区及青海湖湿地地区、川北若尔盖高原湿地地区、长江中下游湿地地区、新疆天山和阿尔泰山及山间盆地湿地地区、海南沿海湿地地区等地区。尽管分布面积不大,但作为一种特殊的生境类型,湿地不仅具有极重要的生态服务功能,还是一些特殊类群珍稀动植物的主要栖息地,在生物多样性保护中具有极重要的价值。我国优先保护湿地生态系统的集中分布区大都是鸟类、鱼类或湿地物种丰富度高的地区,如东北平原中北部湿地地区鸟类有 260 余种,是丹顶鹤(*Grus japonensis*)、灰鹤(*G. grus*)和蓑羽鹤(*Anthropoides virgo*)的主要繁殖地^[5],长江中下游地区的湖南洞庭湖是中国第二大淡水湖,为 120 多种迁徙鸟类的越冬地,还是白鳍豚、中华鲟等珍稀鱼类的栖息地;位于海南沿海的国际重要湿地东寨港,拥有几乎中国所有的红树林物种,红树林种类达 26 种^[18]。因此,保护这些湿地生态系统的分布地区,不仅能保护中国具有代表性的湿地生态系统类型,国际重要湿地,更能保护生存其中的野生动植物尤其是鸟禽的栖息地与繁殖地。

2.2.3 优先保护灌丛生态系统 优先保护灌丛生态系统只有 8 类,分属于常绿针叶灌丛、常绿革叶灌丛和落叶阔叶灌丛三大类型。常绿针叶灌丛以高山香柏灌丛(*Sabina squamata*)和新疆方枝柏灌丛(*Sabina pseudosabina*)为代表类型,常绿革叶灌丛以理塘杜鹃灌丛(*Rhododendron litangense*)和密枝杜鹃灌丛(*Rhododendron fastigiatum*)为代表类型,优先保护的落叶阔叶灌丛有箭叶锦鸡儿灌丛(*Caragana jubata*)、金露梅灌丛(*Dasiphora fruticosa*)和多枝怪柳灌丛(*Tamarix ramosissima*)。

优先保护灌丛生态系统主要分布在祁连山、青藏高原东南部、四川西部、云南西北部、天山,以及塔里木盆地等地,多为具有垂直地带意义的相对稳定的原生性生态系统,与高寒草甸构成亚高山灌丛草甸。在这些生态系统中,孕育着高原特有的野生动植物物种,如高原蝮(*Agkistrodon strauchi*)、白唇鹿(*Cervus albirostris*)等,因而具有很高的保护价值。

2.2.4 优先保护草原草甸生态系统 优先保护的草原生态系统只有 12 类,分属于草甸草原、典型草原、荒漠草原和高寒草原四大草原亚型。优先保护草甸草原包括贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、羊草(*Aneurolepidium chinense*)和线叶菊(*Filifolium sibiricum*)草原;优先保护典型草原包括大针茅(*Stipa grandis*)、克氏针茅(*S. krylovii*)和羊茅(*Festuca ovina*)草原;优先保护荒漠草原包括戈壁针茅(*Stipa gobica*)和沙生针茅(*S. glareosa*)草原。高寒草原为青藏高原所特有,代表群系有紫花针茅(*S. purpurea*)与座花针茅(*S. subsessiliflora*)草原。

与优先保护草原生态系统相似,优先保护的草甸类型很少,只有 6 种,但分布面积较大,多集中于青藏高原。它们分属于典型草甸、高寒草甸、沼泽化草甸和盐生草甸四大亚型。优先保护的典型草甸包括以地榆(*Sanguisorba officinalis*)、裂叶蒿(*Artemisia laciniata*)为主的杂类草草甸和高山象牙参(*Roscoea alpina*)、云南米口

袋(*Gueldenstaedtia yunnanensis*)等为主的杂类草草甸。高寒草甸包括小蒿草(*Kobresia pygmaea*)草甸。沼泽化草甸包括藏蒿草(*Kobresia tibetica*)草甸,盐生草甸包括芨芨草(*Achnatherum splendens*)草甸和绢毛飘拂草(*Fimbristylis sericea*)、肾叶打碗花(*Calystegia soldanella*)草甸。

优先保护的草甸、草原生态系统集中分布于西北及青藏高原,这些地区并非物种保护的热点地区^[7]。尽管生物区系组成简单,却十分独特^[5]。新疆-青海-西藏的交界处高原山地是优先保护的高寒草原与高寒草甸的集中分布区,该区的可可西里有高等植物 202 种,其中 43% 为青藏高原所特有;已知的 16 种哺乳动物有 11 种为青藏高原所特有。因此,保护优先保护的草甸草原类型分布地区,不但能保护独特的生态系统类型,更能保护其中特有的野生动植物物种。

2.2.5 荒漠生态系统 荒漠生态系统可分成小乔木荒漠、灌木荒漠、半灌木与小半灌木荒漠和垫状小半灌木(高寒)荒漠 4 种亚型,其中优先保护的荒漠生态系统只有 7 类,它们分别是琐琐(*Haloxylon ammodendron*)荒漠、膜果麻黄(*Ephedra przewalskii*)荒漠、泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)荒漠、沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)荒漠、红砂(*Reaumuria soongorica*)荒漠、驼绒藜(*Ceratoides latens*)荒漠和垫状驼绒藜(*C. compacta*)高寒荒漠,主要分布在广大的西北部地区如准噶尔盆地,塔里木盆地,柴达木盆地,阿拉善高原等地,中国东部没有分布。

由于荒漠是发育在降水稀少、蒸发强烈、极端干旱生境下的稀疏生态系统类型,优先保护的荒漠生态系统中植物物种贫乏却又独特,发育了一大批特有属与特有种如四合木属(*Tetraena*)和沙冬青等,野生动物以啮齿类和爬行类丰富,发展了独特的蹄类动物如野马(*Equus przewalskii*)和普氏原羚(*Procapra przewalskii*)等^[5]。因此,这些地区的保护对于典型的荒漠生态系统以及独特的动植物物种都具有重要的意义。

总的来说,中国的陆地优先保护生态系统集中分布区多为西部地区;在东部地区相对分散,且多分布于山地,而在广大的华北平原,黄土高原形成了优先生态系统的空白区域。这可能是因为平原和盆地,尤其是华北平原和黄土高原,受数千年农业活动的影响,地方的原生植物大多不复存在,农作物、杂草和广布型的植物取而代之,属于优先保护的生态系统自然稀少,分布也相对分散。

2.3 中国陆地优先保护生态系统的重点区域

由于优先生态系统类型较多,分布区较为分散;不同的生态系统类型,有的广泛分布(如红松-紫椴-风桦林),有的局部分布(如银杏林),显然,在等同情况下,后者更容易遭到灭绝;而前者因分布极为广泛,不可能对其所有分布区域都进行保护,因而有必要明确我国优先保护生态系统的重点区域。为此,根据各生态系统的分布情况,选定优先保护生态系统类型多样的 18 个区域为优先保护生态系统的重点地区(图 1,表 2)。这 18 个区域保护了优先保护生态系统 110 多类,约占所有优先生态系统类型总数的 90%。按照所含生态系统类型的不同可以分为两类,第 1 类是包含了多类生态系统类型的地区,如横断山地区、大兴安岭地区等,这占了 18 个区域中的绝大部分。其中,优先生态系统最集中的地区为横断山地区、秦岭-大巴山地区以及湘黔川鄂交界处山地,这些地区所包含的优先生态系统类型约占总数的 1/3,以森林生态系统类型为主,还包括灌丛、草原、草甸以及湿地等生态系统类型。大兴安岭地区也是另外一个优先保护生态系统集中分布区域,它包含森林、湿地、草原草甸等多种生态系统类型,约占总数的 1/8。第 2 类是只含有一大类生态系统的地区,如海南岛北部-雷州半岛沿海地区,这个地区含有了中国几乎所有的红树林生态系统。这些优先保护生态系统重要地区的提出对于某一类生态系统或者综合生态系统的保护都具有重要的指导意义。

3 讨论与结论

3.1 关于研究方法 with 结果

通过建立准则来评价生态系统重要性并确定优先保护地区对于生态系统的保护规划是必要的,也是行之有效的一种方法^[19]。目前从全国的尺度来评价生物多样性优先保护的研究不多,主要有《中国生物多样性国情研究报告》中提到的生物多样性保护关键区域^[5]与全球 200^[3]中涉及中国的部分。前者主要选取了地区物种的丰富度和特有种的数量这两个指标来进行评价,并提出了中国生物多样性保护的 17 个关键区域。后者是一种基于生态区的生物多样性保护方法,通过将全球分为陆地、淡水和海洋三大生态系统,再细分主要生境

类型、生物地理区域,最后进一步确定生物地理区域范围内每一个主要栖息地类型中最具特征意义的生物多样性的生态区^[3],其中涉及中国的生态区有 17 个^[20]。这些方法的提出及其研究结果对于我国生物多样性保护与自然保护区的建设提供了科学的依据。

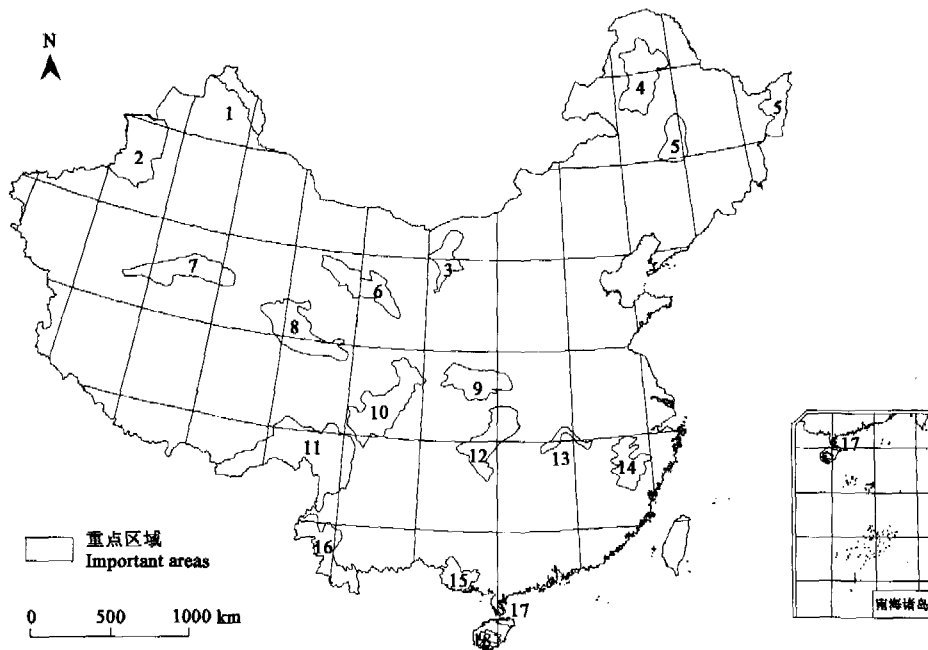


图 1 中国陆地优先保护生态系统重点区域

Fig. 1 The distribution of priority terrestrial ecosystems for conservation in China

1. 阿尔泰山地区 Altai Area; 2. 西部天山地区 West of Tian Mountains; 3. 阿拉善-鄂尔多斯地区 A La Shan-E Er Duo Si Area; 4. 大兴安岭地区 Da Xing An Ling Area; 5. 三江平原地区 Three-river plain; 6. 祁连山地区 Qi Lian Mountain; 7. 新青藏交界处高地 Upland connecting Xijiang, Qinghai and Tibet provinces; 8. 青海高原湖泊湿地地区 Plateau lakes in Qinghai; 9. 秦岭地区 Qinling Mountain; 10. 横断山北端-岷山及周边地区 North Hengduan Mountains-Min Mountains; 11. 横断山南端地区 South Hengduan Mountains; 12. 湘黔川鄂交界处山地 Mountains connecting Hunan, Guizhou, Sichuan, and Hubei provinces; 13. 长江中下游湿地 Wetlands in the middle and lower reaches of Yangtze River; 14. 闽浙赣皖山地 Mountains connecting Fujian, Zhejiang, Jiangxi and Anhui provinces; 15. 广西西南部石灰岩地区 Limestone area in Southwest Guangxi; 16. 云南西南部地区 Southwest of Yunnan Province; 17. 海南北部-雷州半岛沿海地区 Coastal area of north hainan-Leizhou Peninsula; 18. 海南岛中南部山区 Middle and south mountains of Hainan Island

与上述方法不同的是,本研究主要是从陆地生态系统(包括湿地生态系统)的角度来评价生物多样性优先保护的地区。从评价准则来说,既考虑了物种丰富度高的生态系统和包含珍稀濒危物种的生态系统的分布区,也选取了反映地带性和非地带性的典型生态系统分布区,以及仅在中国分布的生态系统的分布区,因而更加全面。从研究结果来说,根据评价准则所选出的 135 类优先保护生态系统的分布区,比“关键地区”和“全球 200”中中国部分的范围要大。本研究所提出的优先保护生态系统的重点区域如大兴安岭山地、阿拉善-鄂尔多斯地区以及海南北部-雷州半岛沿海地区,不在“关键区域”之内,但由于包含了丰富的优先生态系统类型,也应该属于优先保护地区之列。与“全球 200”相比,本研究提出的优先保护荒漠生态系统的重点区域(如阿拉善地区),以及包含高丰富度物种的生态系统分布区(如横断山地区),这都是“全球 200”中没有提到的。因而,本研究的结果对于更加全面、合理的保护陆地生态系统的重要地区提供了科学的依据。

但是,本研究的方法也有其局限性:(1)本研究是从大尺度来选取优先保护的生态系统类型,需要大量详细的生态系统和物种保护的调查资料作为研究的基础。但由于现有的调查资料不能满足评价指标的要求,因而生态系统的评价是基于专家知识的基础之上的,难免受到主观因素的影响而使得评价结果有所偏颇。

(2)本研究确定了重要生态系统的类型及其分布地区,但没有评价生态系统的受威胁状况,在生态系统保护的具体实践中要作进一步的分析。(3)如同所有确立生物多样性保护优先性的努力一样,它只告诉了人们首先应该保护什么,而没有告诉人们如何成功的保护,这应该是以后生物多样性保护努力的方向。

表 2 中国陆地优先保护生态系统的重点区域

Table 2 Important areas for conserving China's priority ecosystems

代码 ID	名称 Names	重点区域介绍 Introduction
1	阿尔泰山地区 Altai Area	本区主要是指新疆富蕴县及其以西的山地和山前平原,海拔多为 800 ~ 2000m,山前主要是荒漠草原,还有多种草甸及山地寒温性针叶林;优先保护生态系统包括沙生针茅草原,西伯利亚落叶松林等 This area contains the mountains and plains to the west of Fuyun County, Xijiang with the elevation between 800 to 2000m; Main vegetation types are desert steppe, meadows and alpine cool temperate conifer forest; Priority ecosystems include <i>Stipa glareosa</i> steppe and <i>Larix sibirica</i> forest et al
2	西部天山地区 West of Tian Mountains	本区主要是指中国天山西部及伊犁谷地一带,海拔达 3000 ~ 5000m 以上,在垂直方向山存在明显的植被垂直分布,包括荒漠,山地草原带,山地落叶阔叶林,亚高山针叶林,高山草甸,高山稀疏植被和冰川带;优先保护的生态系统类型包括新疆野苹果林,羊茅草原,沙生针茅草原,座花针茅草原,新疆方枝柏灌丛等 This area contains west of Tian Mountain and Yili Valley with the elevation about 3000 to 5000m; Diverse vegetation types including desert, alpine steppe, alpine deciduous forest, sub-alpine conifer forest, alpine meadow and alpine sparse vegetation; Priority ecosystems contain <i>Malus sieversii</i> forest, <i>Festuca arundinacea</i> steppe, <i>Stipa glareosa</i> steppe, <i>Stipa subsesilifolia</i> steppe and <i>Sabina pseudosabina</i> et al
3	阿拉善-鄂尔多斯地区 A La Shan-E Er Duo Si Area	本区主要包括内蒙古西部阿拉善右旗及周边相邻地区,海拔一般为 1000 ~ 1200m,地带性植被主要是典型荒漠和草原化荒漠;最高山体贺兰山为 3550m,植被垂直分异现象明显。优先保护的生态系统类型包括红砂荒漠,驼绒藜荒漠,戈壁针茅草原,油松等 This area mainly includes Alashayou County and surrounding zones in west Inner Mongolia with the elevation between 1000 to 1200m; Typical desert and steppe desert are zonal vegetation; Diverse vegetation types appear in the vertical direction of Helan Mountain with the elevation of 3550m; Priority ecosystems include <i>Reaumuria soongorica</i> desert, <i>Ceratoides lateens</i> desert, <i>Gobi needlegrass</i> steppe and <i>Pinus tabulaeformis</i> forest, et al
4	大兴安岭地区 Da Xing An Ling Area	本区在内蒙古、黑龙江两省境内,一般海拔为 700 ~ 1100m,地带性植被为寒温性针叶林,山体往南进入温带草原区域;优先保护的生态系统类型包括兴安落叶松林,樟子松林,贝加尔针茅草原,绣线菊草原等 This area lies in Inner Mongolia and Heilongjiang Provinces with the elevation between 700 to 1100m; Cool temperate coniferous forest is the zonal vegetation is, and temperate steppe appears in the south; Priority ecosystems include <i>Larix gmelinii</i> forest, <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> forest, <i>Stipa baicalensis</i> steppe, and <i>Spiraea salicifolia</i> steppe et al
5	三江平原地区 Three-river Plain	本区位于黑龙江省东部,沼泽面积约有 110 多万 hm^2 ,是中国沼泽分布最广最集中的地区之一;优先保护的湿地生态系统类型包括毛果苔草,乌拉苔草,芦苇沼泽等;同时这里也是丹顶鹤的主要繁殖地 This area lies in east Heilongjiang with more than 1.1 million hm^2 of swamp; It is one the largest swamp distribution areas; Priority wetland ecosystems include <i>Carex lasiocarpa</i> swamp, <i>Carex meyeriana</i> swamp and <i>Phragmites communis</i> swamp et al It is also the main propagating area for <i>Grus japonensis</i>
6	祁连山地区 Qi Lian Mountain	本区位于甘肃与青海两省交界处,海拔一般在 3500m 以上,气候东西两端差异大,垂直变化非常明显;植被类型包括山地荒漠带、山地草原带、亚高山针叶林、高寒草甸等;优先保护的生态系统包括红砂荒漠,克氏针茅草原,紫花针茅草原,藏蒿草甸,小蒿草甸,祁连山圆柏林,山光杜鹃灌丛等多种类型 This area lies in the boundary area between Gansu province and Qinghai Province with the elevation about 3500m; Climate and vegetation differ in east part and west part, and top and button of mountains; Diverse vegetation types including alpine desert, alpine steppe, sub-alpine conifer forests, alpine meadows distribute here; Priority ecosystems include <i>Reaumuria soongorica</i> desert, <i>Stipa krylovii</i> steppe, <i>Stipa purpurea</i> steppe, <i>Kobresia tibetica</i> meadow, <i>Kobresia pygmaea</i> meadow, <i>Sabina przewalskii</i> forest and <i>Rhododendron oreodoxa</i> et al
7	新青藏交界处高地 Upland connecting Xijiang, Qinghai and Tibet provinces	本区包括阿尔金山、可可西里和羌塘的一部分,平均海拔为 5000m 左右,植被从西南向西北分布有寒草甸、高寒草原和高寒荒漠;优先保护生态系统类型包括紫花针茅,垫状驼绒藜高寒荒漠等 This area contains Aerjin Mountain, Kekexili and part of Qiangtang, with the average elevation of about 5000m; Alpine Meadow, alpine steppe and alpine desert distribute in this area from southwest to northwest; Several priority ecosystems including <i>Stipa purpurea</i> steppe and <i>Ceratoides compacta</i> desert can be easily found
8	青海高原湖泊湿地地区 Plateau lakes in Qinghai	本区主要位于青海省中南部的玉树藏族自治州,平均海拔为 4000m 左右,高原湖泊众多,有扎陵湖,鄂陵湖两个国际重要湿地;优先保护生态系统类型包括藏蒿草、苔草沼泽,紫花针茅草原和垫状驼绒藜高寒荒漠等 This area mainly lies in Yushu County, Qinghai Province, with the elevation about 4000m; Plenty of plateau lakes are distributed in this area including two International Important wetlands Zaling Lake and Eling Lake; Priority ecosystems contain <i>Kobresia tibetica</i> , <i>Carex</i> spp. swamp, <i>Stipa purpurea</i> steppe and <i>Ceratoides compacta</i> desert, et al

续表 1

9	秦岭地区 Qinling Mountain	本区位于陕西南部,在水平方向呈现出从暖温带向北亚热带的过度,在垂直方向上有明显的植被垂直分布;本区包含有十多种优先保护的森林生态系统类型,如云杉林,油松林,华山松林,马尾松林,杉木林,辽东栎林,麻栎林,巴山松林等;这里还是大熊猫的主要栖息地之一 This area lies in south Shannxi; It is a transition area between warm temperate zone and sub-tropic zone in the horizontal direction; In the vertical direction there are great vegetation differences; More than 10 priority ecosystems including <i>Picea asperata</i> forest, <i>Pinus tabulaeformis</i> forest, <i>P. armandii</i> forest, <i>Cunninghamia lanceolata</i> forest, <i>Quercus liaotungensis</i> , <i>Q. acutissima</i> forest and <i>P. henryi</i> forest appear in this area, and it is one the main habitats for giant pandas
10	横断山北端-岷山及周边地区 North Hengduan Mountains-Min Mountains	本区位于甘肃南部,四川中北部,海拔多为 3000 ~ 5000m;气候以温暖湿润,地带性植被为常绿阔叶林,但山高谷深,植被垂直分异明显;本区所包含 20 多种优先保护的生态系统类型,如红杉林,岷江冷杉林,云杉林,祁连山圆柏林等;这里还是大熊猫的主要栖息地 This area lies in south of Gansu Province, and north and middle of Sichuan Province with the elevation between 3000 to 5000m; Zonal vegetation is evergreen broadleaf forest. Obvious vegetation differences appear in the vertical direction because of high mountains and deep valleys; More than 20 priority ecosystems such as <i>Larix potaninii</i> forest, <i>Abies faxoniana</i> forest, <i>Picea asperata</i> forest and <i>Sabina przewalskii</i> appear in this area; This area also provides the main habitats for giant pandas
11	横断山南端地区 South Hengduan Mountains	本区包括藏东南、滇西北和川西南交界的广大地区;海拔多为 3500 ~ 5000m,常绿阔叶林是本区的地带性植被,由低到高依次为常绿阔叶林,亚高山针叶林,高山灌丛,草甸等的分布;优先保护的生态系统类型包括油麦吊杉林,云南松林,长毛羯布罗香-野树菠萝-红果葱臭木林等 This area includes a large area connecting southeast Tibet, northwest Yunnan Province and southwest Sichuan Province, with the elevation between 3500 to 5000m; Evergreen broad-leaved forest is the zonal vegetation; Evergreen broad-leaved forest, sub-alpine conifer forest, shrubs, and meadows are distributed in this area from bottom to top; Priority ecosystems such as <i>Picea brachytyla</i> forest, <i>Pinus yunnanensis</i> forest and <i>Dipterocarpus pilosus</i> - <i>Artocarpus chaplasha</i> - <i>Dysoxylum binectariferum</i> forest can be found in this area
12	湘黔川鄂交界处山地 Mountains connecting Hunan, Guizhou, Sichuan, and Hubei provinces	本区在气候为贵州高原和江南丘陵的过渡类型,海拔多为 500 ~ 2000m;地带性植被类型为常绿阔叶林,较高海拔地区为山地常绿落叶阔叶混交林;优先保护的生态系统类型包括亮叶水青冈-小叶青冈林,柏木林,银杉林,水杉林等十多种类型 This area has a transition climate from Guizhou Plateau to Jiangnan hills, with the elevation between 500 to 2000m; Zonal vegetation is evergreen broadleaf forest; Montane mixed deciduous and evergreen forest appears in higher elevation; More than 10 priority ecosystems can be found in this area including <i>Fagus lucida</i> - <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> forest, <i>Cupressus funebris</i> forest, <i>Cathaya argyrophylla</i> forest and <i>Metasequoia glyptostroboides</i> forest
13	长江中下游湿地 Wetlands in the middle and lower reaches of Yangtze River	本区包括长江中下游的江汉平原、洞庭湖区和鄱阳湖区,区内地势低平,湖泊密集。优先保护的生态系统类型包括芦苇沼泽,红穗苔草沼泽等类型 This area include Jiangnan Plain, Dongting Lake area and Poyang Lake area in the middle and lower reached of Yangtze River; This area is relatively low and flat, having high density lakes; Priority ecosystems contain <i>Phragmites communis</i> swamp, <i>Carex argyi</i> swamp, et al
14	闽浙赣皖山地 Mountains connecting Fujian, Zhejiang, Jiangxi and Anhui provinces	本区位于福建,浙江,江西交界处;海拔多为 500 ~ 2000m,地带性植被类型为常绿阔叶林,海拔 1200m 以上出现落叶阔叶混交林;优先保护的森林生态系统类型包括苦槠-豺皮樟-石栎林,青冈-红楠林,细叶青冈-大穗鹅耳枥林等类型 This area connecting Fujian, Zhejiang and Jiangxi provinces with the elevation between 500 to 2000m; Zonal vegetation is evergreen forest, and mixed deciduous and evergreen forest appears above 1200m; The priority ecosystems contain <i>Castanopsis sclerophylla</i> - <i>Litsea rotundifolia</i> var <i>oblongifolia</i> - <i>Lithocarpus glaber</i> forest, <i>Cyclobalanopsis glauca</i> - <i>Machilus</i> . <i>Thunbergii</i> forest and <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> - <i>Carpinus fargesii</i> et al
15	广西南部石灰岩地区 Limestone area in Southwest Guangxi	本区主要包括广西南部左右江流域一带,海拔可达 1000 ~ 1300m;地带性植被类型为季节性雨林;海拔 700m 以上还有常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林;优先保护的生态系统类型包括擎天树-海南风吹楠-方榄林等多种类型 This area mainly contains Zuoyou River Basins in southwest Guangxi, with the highest elevation of 1000 ~ 1300m; Zonal vegetation is seasonal rain forest. Other important vegetation types include evergreen broad-leaved forest, and mixed deciduous and evergreen forest; Priority ecosystems contain <i>Shorea chinensis</i> - <i>Horsfieldia hainanensis</i> - <i>Canarium bengalense</i> , et al
16	云南西南部地区 Southwest of Yunnan Province	本区包括西双版纳,思茅等地,大部分地区气候呈现热带性;海拔多为 500 ~ 1500m,地带性植被为季节性雨林,较高海拔地区出现山地季节性雨林和山地常绿阔叶林;优先保护的生态系统类型包括箭毒木-龙果-橄榄林,望天树林等多种类型 This area mainly includes Xishuangbanna, Simao County in Yunnan Province with the elevation between 500 ~ 1500m; Zonal vegetation is seasonal rain forest, and other vegetation include montane seasonal rain forest and montane evergreen broad-leaved forest; Priority ecosystems contain <i>Antiaris toxicaria</i> - <i>Pouteria grandifolia</i> - <i>Canarium album</i> forest and <i>Shorea chinensis</i> forest, etc
17	海南北部-雷州半岛沿海地区 Coastal area of north hainan-Leizhou Peninsula	本区包括海南北部的东寨港,雷州半岛南部的沿海区域;优先保护的湿地生态系统包括白骨壤,秋茄,木榄,海桑,田葱等多种类型 This area includes the costal area of Dongzhai Harbor in north Hainan and south Leizhou Peninsula; Priority ecosystems contain <i>Avicennia marina</i> , <i>Kandelia candel</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i> and <i>Phylodrum lanuginosum</i> mangrove types

续表 1

18	海南岛中南部山区 Middle and south mountains of Hainan Island	本地区属于热带区域,地带性植被类型为季节性雨林,分布在海拔 500m 以下;海拔为 500 ~ 1100m 的山地出现山地季节性雨林;优先保护的生态系统类型包括青皮-蝴蝶树-坡垒林,鸡毛松-青钩栲-阴香林,鸡占-厚皮树林等 This area belongs to tropical area. Zonal vegetation is seasonal rain forest, distributed below 500m; Montane seasonal rain forest distributes between 500 m to 1100m; Priority ecosystems contain <i>Vatica hainanensis</i> - <i>Heritiera parvifolia</i> - <i>Hopea hainanensis</i> , <i>Podocarpus imbricatus</i> - <i>Castanopsis kawakamii</i> - <i>Cinnamomum burmanni</i> , <i>Terminalia hainanensis</i> - <i>Lannea coromandelica</i> forest
----	--	---

3.2 关于研究结论的应用

在应用本研究的结论中,应该注意以下几点:(1)本研究所提出的优先保护生态系统类型,综合考虑保护不同生态区地带性与非地带性植被、中国特有的生态系统类型以及特殊生境,从生态系统重要性的角度来说,这 135 类生态系统都应该得到优先保护。但是,由于优先保护生态系统分布广,在资源和财力有限的情况下,不可能全部得到保护,选取这些生态系统集中分布的地区并加以保护也许是一种好的选择,因此本文提出的 18 个重点区域更具有实际的意义。(2)生态系统受威胁程度在生态系统的评价中也是一个很重要的指标,但从全国的尺度上来说,却缺乏统一的评价标准,并且生态系统受威胁程度会随时间和受保护程度的变化而改变,因而在本研究没有采用。但在具体保护某一类优先保护生态系统或者重点区域时,应该考虑生态系统的受威胁程度,进而采取相应的保护措施。

研究发现,优先保护的陆地生态系统与稀有濒危动植物物种有着密切的联系。首先,许多生态系统类型,例如银杉林,水杉林,新疆野苹果 (*Malus sieversii*) 林,其建群种就是濒危物种或重要物种。其次,优先保护生态系统,为珍稀濒危物种提供了良好的栖息地。三江平原地区的芦苇沼泽湿地,为丹顶鹤等多种鹤类提供了良好的繁殖地。本研究中 18 个陆地优先保护生态系统的重点区域,也都是国家重点保护物种的集中分布区,例如秦岭地区,分布着大熊猫、金丝猴 (*Rhinopithecus* spp)、羚牛 (*budorcas taxicolor*) 和朱鹮 (*Nipponia nippon*) 等国家一级保护动物;云南西南部地区的西双版纳,是国家一级保护动物野象 (*Elphas maximus*)、白颊长臂猿 (*Hylobates leucogenys*)、印支虎 (*Panthera tigris*) 等的集中区域。因此,优先保护生态系统及其集中分布区如果能得到有效的保护,栖息其中的野生动植物也能得到相应的保护。当然,并非所有的重要物种都分布于优先保护生态系统类型中,优先保护生态系统外的重要物种及其栖息地也应该得到保护。但是,如果能将优先生态系统的途径与物种保护的途径结合起来,必将大大提高生物多样性保护的效率。

研究结果还表明,我国陆地优先保护生态系统大部分都分布于西部各省份,但原因不尽相同。优先保护的荒漠、草原和草甸生态系统主要是受水分影响所致,优先保护森林生态系统主要是由于西南地区十分优越的自然条件蕴育而成,总之由于气候地形等诸多自然条件的影响使西部地区成为优先保护生态系统的主要分布区。同时,也正是由于水热条件的限制,使西部地区特别是西北干旱区和青藏高原高寒区的生态系统比较脆弱,加上人类不合理的经济活动包括过度开垦、采伐、放牧、滥用水资源等,已经导致了严重的沙漠化、盐渍化和水土流失等重大的生态环境问题,使西部地区的生物多样性面临严重威胁^[21]。西部地区同时也是我国经济发展较慢的地区,对生物多样性保护的投入也严重不足,因此,西部地区在我国陆地生态系统保护中起着关键的作用,其保护状况的好坏直接关系到我国生态系统保护的好坏,因而应该引起高度重视。

3.3 主要结论

通过中国陆地优先生态系统的分析可以得出以下主要结论:(1)通过建立评价准则,利用专家知识的途径可以得出生态系统保护的优先保护地区。在本研究中,根据“生态区的优势生态系统类型;反映了特殊的气候地理与土壤特征;只在中国分布;物种丰富度高;特殊生境”这 5 条评价准则,以及中国陆地生态系统的基本特征和专家评价,提出了中国陆地优先保护的生态系统类型及其主要分布区,这些准则也可以作为评价其他地区优先保护生态系统的参考准则。(2)根据评价准则,从 683 类中国陆地生态系统中选出了 135 类作为优先保护生态系统类型,其中森林生态系统 75 类,湿地生态系统 27 类,灌丛生态系统 8 类,草原草甸生态系统 18 类,荒漠生态系统 9 类,并明确了其分布地区。(3)根据优先保护生态系统的分布情况,选取包括横断山地区

在内的 18 个优先保护生态系统的集中分布区域, 这些地区包含优先保护陆地生态系统所有类型的 90% 左右, 因而应该成为我国陆地生态系统保护的重点地区。

References:

- [1] Reid W V. Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution*, 1998, 13(7): 275 ~ 280.
- [2] Myers, N, RA Mittermeier, CG Mittermeier, *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000, 403: 853 ~ 858.
- [3] Olson DM and Dinerstein E. The Global 200: A Representation Approach to Conserving the Earth's Most Biologically Valuable Ecoregions. *Conservation Biology*, 1998, 12 (3): 502 ~ 515
- [4] Poiani Karen A, Merrill Michael D, and Chapman Kim A. Identifying conservation-priority areas in a fragmented Minnesota landscape based on the umbrella species concept and selection of large patches of natural vegetation. *Conservation Biology*, 2001, 15(2): 513 ~ 522.
- [5] Compilation of China's Biodiversity: A Country Study. China's Biodiversity: A Country Study. Beijing: China Environmental Science Press, 1998.
- [6] Rodrigo Sierra, Felipe Campos and Jordan Chamberlin. Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 59(2): 95 ~ 110.
- [7] Li D Q, Song Y L, Ouyang Z Y, *et al.* Research on the national forestry nature reserve system plan. Beijing: China Land Press, 2003.
- [8] MA K P, QIAN Y Q. Biodiversity conservation and its research progress. *Chin J Appl Environ Biol*, 1998, 4(1): 95 ~ 99.
- [9] Ouyang Z Y. Management systems of China's biodiversity conservation: current situation, problems and countermeasures. In: *Research on sustainable management policies of China's nature reserves*. Beijing: Scientific and Technical Documents Publishing House, 2000.
- [10] Compilation group of China's vegetation. China's vegetation. Beijing: Science Press, 1980.
- [11] Sun H L. China's ecosystems. Beijing: Science Press, 2004.
- [12] Compilation group of wetland vegetation in China. Wetland vegetation in China. Beijing: Science Press, 1999.
- [13] Compilation group of Action plan of biodiversity conservation in China. Action plan of biodiversity conservation in China. Beijing: China Environmental Science Press, 1994.
- [14] John Mackinnon, Meng S, Zhang P S, *et al.* A biodiversity review of China. Beijing: China Forestry Publishing House, 1998.
- [15] Ministry of Civil Affairs of the people's republic of China, State Bureau of Surveying and Mapping. State Administration Map of People's Republic of China (1:1000000). Beijing: Sino Maps Press, 2002.
- [16] Compilation group of Vegetation Atlas of China (1:1000000). Vegetation Atlas of China (1:1000000). Beijing: Science Press, 2001.
- [17] Norman Myers, Russel A. Mittermeier, Cristina G. Mittermeier, *etc.* Biodiversity conservation for conservation priorities. *Nature*, 2000, 403: 853 ~ 858.
- [18] Zhao K Y, Sun G Y, Yang Y X., *etc.* Book of China's Wetland. Beijing: Science Press, 1999.
- [19] Phua, M.-H. and M. Minowa. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 2005, 71(2-4): 207 ~ 222.
- [20] Zhao S Q, Fang J Y, and Lei G C. An approach to setting large-scale biodiversity conservation priorities. *Chinese Biodiversity*. 2000, 8(4): 435 ~ 440.
- [21] Wang S W, Dong G R. Assessment on the environment evolvement in West China (Volumn 1). Beijing: Science Press, 2002.

参考文献:

- [5] 《中国生物多样性国情研究报告》编写组. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [7] 李迪强, 宋延龄, 欧阳志云等. 全国林业系统自然保护区体系规划研究. 北京: 大地出版社, 2003.
- [8] 马克平, 钱迎倩. 生物多样性保护及其研究进展. *应用与环境生物学报*, 1998, 4(1): 95 ~ 99.
- [9] 欧阳志云. 中国自然保护区的管理体制: 现状、问题与对策. 见: *中国自然保护区可持续管理政策研究*. 北京: 科技文献出版社, 2000.
- [10] 中国植被编辑委员会. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.
- [11] 孙鸿烈. 中国生态系统. 北京: 科学出版社, 2004.
- [12] 中国湿地植被编辑委员会. 中国湿地植被. 北京: 科学出版社, 1999.
- [13] 《中国生物多样性保护行动计划》总报告编写组. 中国生物多样性保护行动计划. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.
- [14] 马敬能, 孟沙, 张佩珊, 等. 中国生物多样性保护综述. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [15] 国家民政局, 国家测绘局. 中华人民共和国行政区划 (1:4000000). 北京: 中国地图出版社, 2002.
- [16] 中国科学院中国植被编辑委员会. 中国植被图集 (1:1000000). 北京: 科学出版社, 2001.
- [18] 赵魁义, 孙广友, 杨永兴, 等. 中国沼泽志. 北京: 科学出版社, 1999.
- [20] 赵淑清, 方精云, 雷光春. 全球 200: 确定大尺度生物多样性优先保护的一种方法. *生物多样性*. 2000, 8(4): 435 ~ 440.
- [21] 王绍武, 董光荣 (主编). 中国西部环境演变评估 (第 1 卷). 北京: 科学出版社, 2002.