

# 2000—2010 年井冈山国家级自然保护区 生态系统功能变化评估

胡克梅<sup>1</sup>, 刘伟玲<sup>2</sup>, 朱京海<sup>1</sup>, 张丽丽<sup>2</sup>, 汪林<sup>1</sup>, 马忠强<sup>1</sup>

(1. 大连海事大学 环境科学与工程学院, 辽宁 大连 116025;

2. 中国环境科学研究院 国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京 100012)

**摘要:**借助地理信息系统(GIS)和遥感技术(RS)对井冈山自然保护区 2000—2010 年生态系统功能和生态系统服务价值进行研究,为能更好地保护自然保护区环境提供参考。结果表明:井冈山自然保护区的土地利用基本无明显变化,主要是林地中稀疏林地向有林地转化;植被覆盖度总体表现为增加的趋势,核心区和缓冲区增加 5%,实验区基本保持不变;植被初级生产力核心区增加的幅度高于缓冲区和实验区,缓冲区和实验区也有不同程度的增加;水源涵养能力和土壤保持能力基本保持不变,水源涵养能力南部地区提高,北部地区由于受城镇建设的影响降低;生态系统服务价值也基本保持不变。

**关键词:**GIS; 遥感技术; 土地利用变化; 生态系统功能; 生态系统服务价值

**中图分类号:**F062.2

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2014)01-0219-05

## Evaluation on the Change of Ecosystem Functions in Jinggang Natural Protection Area from 2000 to 2010

HU Ke-mei<sup>1</sup>, LIU Wei-ling<sup>2</sup>, ZHU Jing-hai<sup>1</sup>, ZHANG Li-li<sup>2</sup>, WANG Lin<sup>1</sup>, MA Zhong-qiang<sup>1</sup>

(1. College of Environmental Science and Engineering, Dalian Maritime University,

Dalian, Liaoning 116025, China; 2. Key Laboratory of State Environment Protection of Regional

Eco-process and Function Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

**Abstract:** Based on the technology of geographic information system (GIS) and remote sensing (RS), the ecosystem functions and ecosystem service values of Jinggang Natural Protection Area were studied from 2000 to 2010, which provided reference for protecting the environment well. The results showed that land use of Jinggang Natural Protection Area had no obvious change, the main change was the conversion of sparse forest to forestland; vegetation coverage of Jinggang Natural Protection Area presented increasing tendency in a whole and the core and buffer area increased by 5%, while experimental area remained unchanged; the increased value of the core area of vegetation primary productivity was higher than that of buffer and experimental area; water conservation capacity and the ability of soil conservation of Jinggang Natural Protection Area had no change and water conservation capacity in southern of Jinggang Natural Protection Area improved, while in northern of Jinggang Natural Protection Area reduced; ecosystem service values of Jinggang Natural Protection Area also had no change.

**Key words:** GIS; RS; land use change; ecosystem function; ecosystem service values

生态系统服务功能是生态系统及其生态过程所形成与维持的人类赖以生存的自然环境条件和效用<sup>[1-4]</sup>。生态系统维持了人类赖以生存的生命支持系统,维持了生命物质的生物地化循环与水文循环和生

物物种与遗传多样性<sup>[5]</sup>,并可以用来衡量生态环境质量,为环境保护与旅游开发提供科学依据<sup>[6]</sup>。本文以井冈山国家级自然保护区为例,以保护区 2000 年和 2010 年的遥感影像结合文献调研、地面生态观测和

现场调查等方法,选取植被覆盖度、植被净初级生产力、水源涵养和土壤保持指标了解井冈山国家级自然保护区近 10 a 的基本生态状况,对井冈山国家级自然保护区的土地利用情况进行解译,提取所需的生态信息,研究井冈山国家级自然保护区 10 a 来的生态系统功能的变化及驱动因素,以期为国家级自然保护区的生态保护提供参考。

# 1 研究区概况

井冈山自然保护区于 1981 年建立,2000 年 4 月批准为国家级自然保护区,保护区位于江西省西南部(东经 114°04′—114°16′,北纬 26°38′—26°40′)湘赣两省交界的罗霄山脉中段,2008 年环境保护部颁布的《关于调整井冈山国家级自然保护区的通知》把茨坪镇调出自然保护区后,总面积为 20 700 hm<sup>2</sup>,属森林生态系统类型自然保护区,是目前世界上同纬度保存最完整的中亚热带天然常绿阔叶林保护区,主要保护对象为山地森林混合生态系统及珍稀野生动物资源。区系成份古老、复杂,是距今约 6 千万年前遗留下来的古老而又比较完整的新生代第三纪森林生态系统,保存维管束植物 210 科 830 属 3400 余种(占江西省植物总数的 70%以上)、陆生脊椎动物 62 科 121 属 406 种和亚种(不含鱼类),昆虫 3000 余种,国家重点保护动物 39 种;自然保护区森林覆盖率 98%,郁闭度 0.9 以上,物种多样性丰富,以常绿阔叶林为主,主要植被类型有针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林、山顶矮林、竹林、灌木林 8 类。在森林生态系统的完整性,森林群落的典型性、地带性、顶级性,物种的丰富性、古老性、稀有

性、濒危性和脆弱性等方面,具有较强的代表性,在全球和全国具有重要的地位和科学价值<sup>[7-8]</sup>。井冈山地区森林植被生产力高,碳汇功能强,水源涵养能力高,生物多样性极其丰富,保护价值巨大,是研究中国乃至全球中亚热带生物资源的重要基地。在国家生态系统分区中属“中亚热带湿润地区”——“湘赣丘陵常绿阔叶林—农业生态区”。区内地形复杂,山体巍峨,沟壑纵横,海拔 1 000 m 以上的山峰有 50 多座,主峰坪水山海拔 1 779 m;气候、植被、土壤垂直分异明显;年均温为 14~17℃;年降水量为 1 865.5 mm,无霜期为 250 d<sup>[9-10]</sup>。

# 2 数据来源与方法

井冈山国家级自然保护区土地覆被数据由 2000 年 7 月和 2010 年 8 月的空间分辨率为 30 m 的 TM 遥感影像数据结合现场调查进行人工目视解译得到。再通过土地利用转移矩阵来描述各种土地利用类型之间的转换情况<sup>[11-12]</sup>。植被覆盖度基于 MODIS NDVI 数据反演得到<sup>[13-14]</sup>。植被净初级生产力采用 CASA 光能利用率模型反演得到<sup>[15-16]</sup>。

水源涵养能力计算采用水量平衡法<sup>[17-18]</sup>,通过降水量、蒸发散量及土壤涵养能力等关系来推算,蒸发散量用等价的径流系数来表达。计算公式为:

$$W_i = \sum (0.1 \times A_i \times F_i \times K_i \times P_i \times \partial) \quad (1)$$

式中:W<sub>i</sub>——典型区域的水源年涵养量(m<sup>3</sup>);P<sub>i</sub>——典型区域的多年平均降水量(mm);A<sub>i</sub>——土地类型的面积(hm<sup>2</sup>);F<sub>i</sub>,K<sub>i</sub>——该类型的覆盖率与发育度指数;∂——径流系数<sup>[19-21]</sup>,K<sub>i</sub>,∂各类型对应值见表 1。

表 1 生态系统类型 K<sub>i</sub>、∂值

参数	森林	其他林地	优良草地	退化草地	耕地	水域	其他地类
K <sub>i</sub>	1	0.9	1	0.95	1	1	1
∂	0.73	0.6	0.5	0.5	0.5	0.99	0.01

根据降雨、坡度坡长、植被、土壤和土壤保持措施等因素评价生态系统土壤保持功能的强弱:

土壤保持量=潜在的土壤侵蚀量—

$$\text{实际的土壤侵蚀量} \quad (2)$$

$$\text{实际的土壤侵蚀量(RUSLE)} = R \times K \times LS \times P \times C \quad (3)$$

$$\text{潜在的土壤侵蚀量(UKLS)} = R \times K \times LS \quad (4)$$

$$\text{土壤保持量(SC)} = R \times K \times LS \times (1 - C \times P) \quad (5)$$

式中:R——降雨侵蚀力因子;K——土壤可蚀性因子;LS——地形因子;C——植被覆盖因子;P——土壤保持措施因子<sup>[22-23]</sup>。

基于 Constanza<sup>[24]</sup>的生态系统服务价值理论,结合谢高地等<sup>[25]</sup>对我国生态系统服务价值的研究,对井冈山自然保护区生态系统服务价值变化进行研究。生态系统服务价值计算公式为:

$$ESV = \sum A_k \times VC_k \quad (6)$$

式中:ESV——研究区生态系统服务总价值(元);A<sub>k</sub>——研究区第 k 种土地利用类型的分布面积(hm<sup>2</sup>);VC<sub>k</sub>——生态价值系数,即单位面积上 k 种土地利用类型的生态系统服务价值(元/hm<sup>2</sup>)。为得到不同土地利用类型的生态系统服务价值,现将本文所划分的研究区土地利用类型与生态系统类型进行对照(表 2)<sup>[26-27]</sup>。

表 2 与土地利用类型相对应的生态系统类型及其生态价值系数

项目	林地	草地	耕地	湿地	水域	建设用地	未利用地
生态系统类型	森林	草地	农田	湿地	水体	城市工矿	荒漠
生态价值系数	19334	6406.5	6114.3	55489	40676.4	0	371.4

3 结果与分析

3.1 土地利用变化

利用 2000 年和 2010 年两期井冈山国家级自然保护区遥感影像结合实地考察提取土地利用变化数据,分析得到井冈山国家级自然保护区土地利用类型的面积变化(表 3),保护区主要包括林地、草地、耕地、建设用地、水体五大类型。其中林地面积最大,占保护区总面积的 90%。内无建设用地,极少数居民地。区内 2000—2010 年土地利用无明显变化,林地中主要存在稀疏林地向有林地的转化。

表 3 2000—2010 年井冈山国家级自然保护区土地利用变化状况

类型	2000 年/km <sup>2</sup>	2010 年/km <sup>2</sup>	变化率/%
林地	202.44	201.81	-63
草地	6.86	6.85	-1
水库	0.87	1.11	24
城市用地	0	0.035	0.35
农村居民用地	0.21	0.23	2
水田	1.18	1.14	-4
耕地	3.28	3.67	39

3.2 景观格局指数变化

井冈山国家级自然保护区受人为活动干扰较弱,保护区内景观破碎度增加,但斑块聚集度与连接度增加,丰富度及景观多样性增加,生物多样性略有增强(表 4)。

表 4 2000—2010 年井冈山国家级自然保护区景观格局指数变化

类型	2000 年	2010 年	变化趋势
斑块数量	119	139	增加
斑块密度	0.5539	0.6470	增加
聚集度	81.6534	83.8120	增加
连接度	0.5380	0.6589	增加
多度	10.0000	15.0000	增加

3.3 植被覆盖度变化

植被覆盖度(Fractional Vegetation Cover, FVC)是指植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比,是生态系统的重要参数<sup>[28]</sup>。植被覆盖度及其变化是区域生态系统环境变化的重要指标。大量研究表明,植被生长状态最好的指标数据就是植被指数,其中归一化植被指数(NDVI)和植被覆盖度的相关性最大,因此本研究采用

NDVI 来监测植被覆盖度。通过对 2000—2010 年 MODIS NDVI 遥感数据分析发现,2010 年相比 2000 年,井冈山国家级自然保护区核心区和缓冲区植被覆盖度增加了 5%,实验区覆盖度基本保持稳定。总体而言,植被覆盖度呈较显著的增加趋势(图 1)。

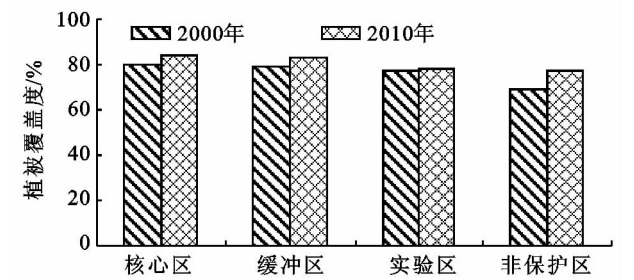


图 1 井冈山国家级自然保护区植被覆盖度变化

3.4 植被初级生产力变化(NPP)

陆地生态系统净初级生产力(即植被净初级生产力, Net Primary Productivity, NPP)是评价生态系统结构与功能协调性及其与环境相互作用的重要指标<sup>[29]</sup>。采用 CASA 光能利用率模型,基于 MODIS NDVI 遥感数据、气象插值数据及植被分类数据得到,对井冈山国家级自然保护区的植被净初级生产力(NPP)进行反演,结果见图 2。2010 年较 2000 年,井冈山国家级自然保护区核心区 NPP 高于缓冲区和实验区,且 NPP 增加幅度较高,实验区和缓冲区 NPP 也有不同程度的增加。非保护区 NPP 有降低的趋势。

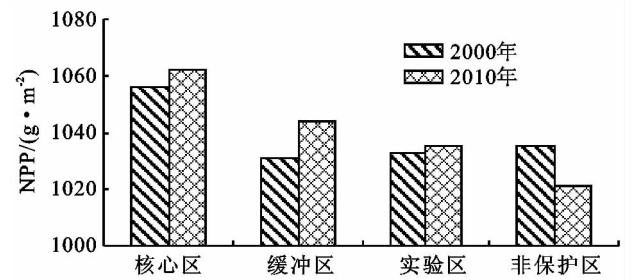


图 2 井冈山国家级自然保护区 NPP 变化

地面监测样地验证采用植被样方调查:45 个样地(图 3),225 个样方(记录覆盖度、树种、树高、胸径、冠幅等)。植被覆盖度验证:2009—2012 年的地面监测样地覆盖度与 2010 年的覆盖度遥感反演结果之间具有显著相关性( $R^2=0.783, P<0.01$ )(图 4)。

3.5 水源涵养能力变化

水源涵养功能是一个动态、综合的概念,随着人们对森林水文作用认识的不断深入,水源涵养功能有

多种表现形式,包括拦蓄降水、调节径流、影响降雨和净化水质等<sup>[30-31]</sup>。

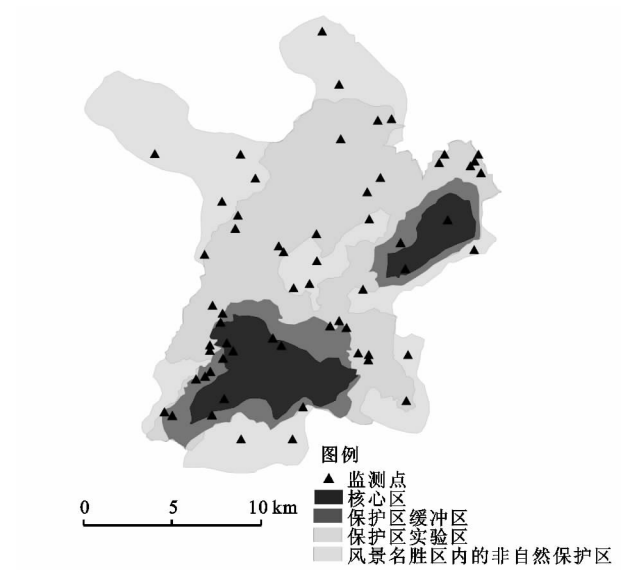


图 3 井冈山国家级自然保护区及区外的地面监测样地分布

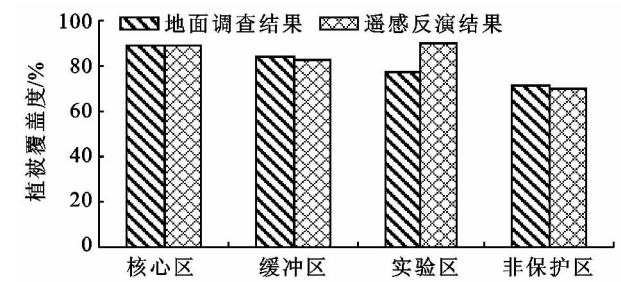


图 4 井冈山国家级自然保护区各分区地面调查数据与遥感反演数据均值比较

通过 2000 年及 2010 年两期遥感影像提取的土地利用变化数据  $A_i$ ,对 2000—2010 年 MODIS NDVI 遥感数据进行分析,得到植被覆盖率数据  $F_i$ , $K_i$ 、 $\partial$ 值通过表 1—2 得到,结合多年平均降水量数值  $P_i$ ,估算景区与保护区内水源涵养能力的变化。结果发现,2000—2010 年间,井冈山自然保护区内水源涵养能力略有增加,从 2000 年 2.08 亿 t 增加至 2010 年的 2.12 亿 t。在空间上表现为南部地区水源涵养能力提高,主要是由于南部植被生长良好,植被盖度大幅增加;北部地区受城镇建设影响植被盖度降低,从而导致水源涵养能力略有降低,保护区内部随土地利用方式发生改变,但是对保护区整体水源涵养能力影响较小(图 5)。

### 3.6 水土保持能力变化

由月降水量  $P_i$  和年降水量  $P$  计算得到降水侵蚀力因子。

$$R=\sum_{i=1}^{12}1.735\times10^{[1.5\ln(\frac{p_i^2}{P})-0.09199]} \quad (7)$$

月降水量和年降水量由国家气象局网站井冈山周围的 12 个气象站点得到。

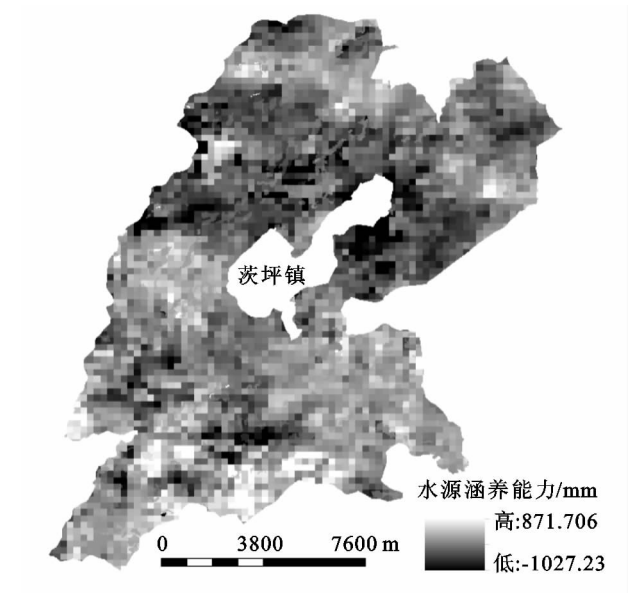


图 5 井冈山国家级自然保护区水源涵养能力变化

应用全国 1 : 100 万土壤类型图对评价区土壤类型进行统计(土壤的黏粒含量、土壤的砾石、粗沙、细砂、粉砂以及极细砂的含量)以及有机质(有机质的含量、全氮、全磷、全钾的含量),获取各种土壤的有机质和颗粒组成资料,从而计算出井冈山国家级自然保护区土壤可侵蚀因子  $K$  值。

$$K=\{0.2+0.3\exp[-0.0256S_d(1-\frac{S_i}{100})]\}\times(\frac{S_i}{C_i+S_i})^{0.3}\times[1-\frac{0.25C}{C+\exp(3.72-2.95C)}]\times\frac{1-0.7[1-S_d/100]}{\{1-S_d/100+\exp[-5.51+2.29(1-S_d/100)]\}} \quad (8)$$

式中: $S_d$ ——砂粒含量(%); $S_i$ ——粉粒含量(%); $C_i$ ——黏粒含量(%); $C$ ——有机质含量(%)。

植被覆盖因子( $C$ )反映的是所有覆盖和管理措施对土壤保持的综合作用<sup>[32]</sup>。

$$C=\begin{cases} 1 & f=0 \\ 0.6508-0.3436\lg C & 0<f\leq78.3\% \\ 0 & f>78.3\% \end{cases} \quad (9)$$

式中: $f$ ——植被覆盖度。

土壤保持功能是一项非常基本的陆地生态系统服务功能<sup>[33]</sup>。井冈山国家级自然保护区 2000 年土壤保持总量约为 251 万 t,2010 年约为 249 万 t,下降了 2.23 万 t。说明保护区土壤保持量变化极小(图 6)。

### 3.7 生态系统服务价值的变化

运用 Constanza 生态系统服务价值理论,结合井冈山国家级自然保护区 2000 年和 2010 年土地利用变化状况,根据前文所述生态系统服务价值的估测方

法,计算出 2000—2010 年生态系统服务价值的变化情况(表 5)。

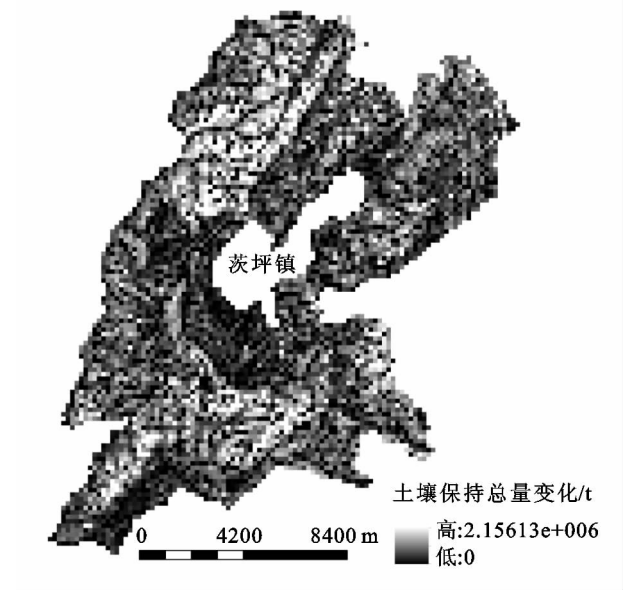


图 6 井冈山国家级自然保护区  
2000—2010 年土壤保持总量变化

表 5 井冈山自然保护区生态系统服务价值变化

土地利用 类型	服务价值/万元		服务价值变化率/%
	2000 年	2010 年	2000—2010 年
林地	391.40	390.18	−0.31
草地	4.39	4.39	−0.15
水库	3.54	4.52	27.59
城市用地	0.00	0.00	0.00
农村居民用地	0.00	0.00	0.00
水田	6.55	6.33	−3.39
耕地	2.01	2.24	11.89
总计	407.88	407.65	−0.06

从生态系统服务总价值来看,生态系统服务价值总体基本保持不变,从各生态系统服务价值构成看,森林系统的生态价值占总生态系统服务价值的 96% 以上,是生态系统服务的主体部分;草地系统、水域系统、湿地系统、建设用地和耕地系统的生态价值较少,占生态系统服务价值的不到 5%。

4 结论

2000—2010 年,井冈山的生态环境质量整体上有变好的趋势。井冈山国家级自然保护区的土地利用无明显变化,主要是林地内部疏林地向有林地的转化;生物多样性略有增加;总体上植被覆盖度呈增加趋势,保护区内核心区和缓冲区植被覆盖度增加 5%,实验区植被覆盖度基本保持不变;植被净初级生产力总体呈增加的趋势,核心区的植被净初级生产力高于缓冲区和实验区,且核心区的植被净初级生产力的增加幅度也较高,实验区和缓冲区的植被净初级生

产力也有不同程度的增加;水源涵养能力总体变现为提高的趋势,在空间上表现为南部地区水源涵养能力提高,北部地区受城镇建设的影响,水源涵养能力下降,保护区内部的水源涵养主要随着土地利用变化而发生变化;土壤保持量基本保持不变。生态系统服务价值总体上保持不变。近年来,由于国家对生态保护的重视和人们生态保护意识的提高,井冈山自然保护区的生态状况整体呈现比较好的状况。

参考文献:

[1] 傅伯杰,周国逸,白永飞,等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全[J]. 地球科学进展,2009,24(6):571-576.

[2] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报,1999,10(5):635-640.

[3] 赵军,杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. 生态学报,2007,27(1):346-356.

[4] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报,2004,19(4):480-481.

[5] 高旺盛,陈源泉,董孝斌. 黄土高原生态系统服务功能的重要性与恢复对策探讨[J]. 水土保持学报,2003,17(2):59-61.

[6] 秦伟,朱清科,张学霞,等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(9):163-170.

[7] 陈忠晓,王仰麟,权晓红,等. 井冈山风景名胜区旅游资源开发初探[J]. 资源开发与市场,2000,16(5):311-313.

[8] 承勇,宋玉赞,赵健,等. 江西井冈山国家级自然保护区鸟类资源调查与分析[J]. 四川动物,2011,30(2):277-282.

[9] 朱观海. 井冈山风景名胜区总体规划的构思与布局[J]. 建筑学报,1988(7):31-37.

[10] 郭文才,曾以平,杨衍辉,等. 井冈山自然保护区生态旅游资源开发与利用[J]. 安徽农业科学,2008,36(34):15119-15120.

[11] 赵哲远,马奇,华元春,等. 浙江省 1996—2005 年土地利用变化分析[J]. 中国土地科学,2009,23(11):55-60.

[12] 阳柏苏,何平,赵同谦. 张家界国家森林公园土地利用格局变化[J]. 生态学报,2006,26(6):2027-2034.

[13] 牛星,欧名豪. 扬州市土地利用变化的驱动力机制研究[J]. 中国人口·资源与环境,2007,17(1):102-108.

[14] 苗正红,刘志明,王宗明,等. 基于 MODIS NDVI 的吉林省植被覆盖度动态遥感监测[J]. 遥感技术与应用,2010,25(3):387-393.

[15] 陈效述,王恒. 1982—2003 年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J]. 地理学报,2009,64(1):84-94.

[16] 朴世龙,方精云,郭庆华. 利用 CASA 模型估算我国植被净第一性生产力[J]. 植物生态学报,2001,25(5):603-608.

先锋灌木物种。在恢复方法上,宜采用灌草相结合的方式,开始先种草,2~3 a 后,再移植灌木,提高群落中木本植物比例,以改善植物群落功能。草灌物种都优先选用本地物种,以达到边坡植被和周围环境相协调的目的<sup>[12-13]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 吴钦孝,杨文治.黄土高坡植物建设与持续发展[M].北京:科学出版社,1998.
- [2] 罗双,孙海龙,刘冲,等.四川道路边坡自然恢复的植物多样性研究[J].水土保持研究,2011,18(6):51-56.
- [3] 杨喜田,杨晓波,苏金乐,等.黄土地区高速公路边坡植物侵入状况研究[J].水土保持学报,2001,15(6):74-77.
- [4] 卧龙自然保护区管理局,等.卧龙植被及资源植物[M].成都:四川科学技术出版社,1988.
- [5] 秦仁昌.中国蕨类植物科属的系统排列和历史来源[J].植物分类学报,1978,16(3):7-19.
- [6] 吴征镒.中国种子植物属的分布区类型[J].云南植物研

究,1991(增刊IV):1-6.

- [7] 吴征镒.世界种子植物科的分布区类型系统[J].云南植物研究,2003,25(3):245-257.
- [8] 牛翠娟,娄安如,孙儒泳,等.基础生态学[M].北京:高等教育出版社,2007.
- [9] 方志强,高信芬,孙成仁.冕宁县山体滑坡地段早期植物群落组成研究[J].西华师范大学学报,2008,29(3):249-257.
- [10] 刘春霞,韩烈保.高速公路边坡植被恢复研究进展[J].生态学报,2007,27(5):2091-2098.
- [11] 周世强,黄金燕,谭迎春,等.卧龙大熊猫栖息地植物群落多样性研究. I:植物群落的基本特征[J].四川林业科技,2003,24(2):6-11.
- [12] 马海龙,金晓琴,刘国斌,等.黄土丘陵区不同农田类型土壤抗蚀性分异研究[J].水土保持研究,2013,20(2):5-8.
- [13] 张玉珍.生物多样性在路域植被养护中的应用[J].交通环保,2004,25(2):36-38.

(上接第 212 页)

- [10] 宋宏利,张晓楠,伦更永,等.冀南土地利用变化对区域生态服务价值的影响分析[J].水土保持学报,2011,18(1):237-240.
- [11] 申建修,王秀红,刘羽,等.退耕还林前后甘肃正宁县生态系统服务价值的时空变化特征[J].水土保持研究,2012,19(4):60-64.
- [12] 李娜,董立国,刘长宁,等.黄土丘陵区土地利用格局与生态系统服务价值分析:以中庄流域为例[J].水土保持研究,2012,2(11):145-147.
- [13] 张晓晨,朱志玲,王彩娟,等.银川市城市生态服务功能价值的变化分析[J].干旱环境监测,2009,3(23):42-45.
- [14] 布仁仓,常禹,胡远满,等.基于 Kappa 系数的景观变化测度:以辽宁省中部城市群为例[J].生态学报,2005,2255(4):778-784.
- [15] 宁夏粮食网(<http://www.nxgrain.net/>)和宁夏价格信息网(<http://www.nxcpic.gov.cn/NewsInfoMan->

ageFPAction.do? flag=b&.NEWS\_ID=4835)

- [16] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-196.
- [17] 张华,张爱平,杨俊,等.科尔沁沙地生态系统服务价值变化研究[J].中国人口·资源与环境,2007,17(3):60-63.
- [18] 米文宝,刘小鹏,汪一鸣.西北地区国土主体功能区划研究[M].北京:中国环境科学出版社,2010.
- [19] 杨丽韞,甄霖,吴松涛.我国生态补偿主客体界定与标准核算方法分析[J].生态经济,2010,2(1):298-300.
- [20] 齐拓野,米文宝,邹淑燕,等.基于生态系统服务价值核算的土地利用规划评估:以宁夏隆德县为例[J].宁夏大学学报:自然科学版,2009,12(30):403-405.
- [21] 邢伟,王进欣,王今殊,等.土地覆盖变化对盐城海岸带湿地生态系统服务价值的影响[J].水土保持研究,2011,18(1):72-75.
- [22] 刘平养.发达国家和发展中国家生态补偿机制比较分析[J].干旱区资源与环境,2010,9(24):2-5.