

林地和森林红线划定方法和技术研究进展

翟雨馨¹, 向安民², 王博恒¹, 周超凡¹, 李卫忠^{1*}

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 国家林业局 西北林业调查规划设计院, 陕西 西安 710048)

摘 要:林地和森林作为重要的自然资源和战略资源,其生态红线的划定对生态安全和国土安全具有重要意义。由于生态红线提出时间短,林业生态红线的研究和划定尚处基础阶段。在对生态红线及林地和森林红线研究现状梳理的基础上,归纳前人研究成果,提出初步划定方法,总结森林生态功能重要性和敏感性评价的重要指标,并比较专家咨询法、层次分析法及模糊层次分析法等确定权重方法的优缺点,分析了当前林地和森林红线划定面临的挑战。以期为今后林地和森林红线的划定和管理研究提供参考。

关键词:林地和森林红线;管理;空间红线划定

中图分类号:S757 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)02-0173-07

Research Progress on Delineation Methods and Technologies of Woodland and Forest Red Line

ZHAI Yu-xin¹, XIANG An-min², WANG Bo-heng¹, ZHOU Chao-fan¹, LI Wei-zhong^{1*}

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Northwest Forest Inventory and Planning Institute, State Forestry Administration, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: Since forest is an important natural resource and strategic resource, the delineation of forest red line plays an important role in ecological security and homeland security. At present, the research on the delineation of forest red line is still at the basic stage. Based on studies on ecological red line and forest red line, this paper reviewed and summarized the concepts of red line, delineation methods, indexes for evaluating ecosystem service function and eco-environmental sensitivity. The methods of selecting index determining weights were compared, including Delphi method, Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Analytical Hierarchy Process. Some challenges about delineation of woodland and forest red line were analyzed to provide a useful reference for future delineation and management.

Key words: woodland and forest red line; management; delineation of red line zone

林地是国家重要的自然资源和战略资源,是森林生存和发展的基础。在改善环境质量、保障木材及林产品供给、提高经济社会可持续发展能力、维护国土生态安全中具有重要作用。但近年来,随着中国经济社会的高速发展、人口的增长及城市的扩张发展,人与林地关系紧张,林地的保护面临巨大挑战。目前我国林地总量不足,逆转日益严重;林地质

量不高,生产力低下;林地退化严重,治理难度大^[1]。在此背景下,2013年7月国家林业局启动了生态红线保护行动,将划定林地和森林、湿地、荒漠植被、物种4条生态红线。林地和森林资源对改善生态、保护生物多样性、建设生态文明发挥决定性作用。本文主要以林地和森林为研究对象,探讨其生态红线划定的理论与技术方法。

收稿日期:2017-05-24 修回日期:2017-06-21

基金项目:国家自然科学基金项目(31170587)。

作者简介:翟雨馨,女,在读硕士,研究方向:森林可持续经营理论与评价。E-mail:zhaiyuxx163@163.com

* 通信作者:李卫忠,男,教授,研究方向:森林可持续经营理论与评价。E-mail:wzhli6465@163.com

由于林业生态红线的研究历史较短,多数研究侧重其概念及内涵的辨析,目前的基础理论及具体的划定技术方法还不完善。但关于生态红线、耕地保护红线、海洋生态红线及水资源控制红线的研究较为丰富,本文在综合考虑林业保护自身特点的前提下,借鉴其技术方法,主要探讨林地和森林红线划定的理论和技术,并对现阶段研究存在的问题进行分析,意在为今后林业生态红线更深入的研究提供参考。

1 林地和森林红线概念及内涵

“红线”一词含有约束性的意义,最初被用于规划中,表示各种用地的边界线、控制线以及具有底线含义的数字等^[2]。生态红线的提出是我国生态文明建设的重大制度创举,目前尚处于探索阶段,对于其具体内涵仍存在争议,且划定技术方法尚不完善。2014年《国家生态保护红线——生态功能红线划定技术指南(试行)》给出生态红线定义,指对维护国家和区域生态安全及经济社会可持续发展,保障人民群众健康具有关键作用,在提升生态功能、改善环境质量、促进资源高效利用等方面必须严格保护的最小空间范围与最高或最低数量限值。

目前,生态红线普遍被分解为空间红线、数量红线和管理红线3部分。空间红线是生态红线的空间范围及分布,是保护区的确切位置和边界;数量红线,也称面积红线,指研究区内各环境要素的承载力底线和资源利用的数量上限,类似于“18亿亩”耕地红线^[3]的指标;管理红线是基于保障生态系统功能的保护红线。

随着研究的深入及在内蒙古、江西、广西、广东、湖北等试点省份的实践^[4]，“红线”这一概念逐渐被不同领域接受并学习。由“18亿亩”耕地红线开始,相继出现水资源控制红线、海洋生态红线、林业生态红线^[5]。2013年国家林业局启动的生态红线保护行动提出具体要求,全国林地面积不低于46.8亿亩,森林面积不低于37.4亿亩,森林蓄积量不低于200亿 m^3 等^[6]。结合林业自身发展特点及森林提供多功能效益,林业生态红线更侧重于保护目标的数量、质量及保护范围和边界的确定。林地红线关注于林地面积保有量的变化及其质量,森林红线则关注于森林保有量,具体可体现在保证其面积、蓄积量及森林多功能效益。

2 研究现状

2.1 国外研究现状

截止目前,国外没有生态红线的概念,但在生态

保护、生态脆弱性研究、保护地建立、自然保护区成立、自然保护区管理等方面有许多类似的提法及分类体系,可为中国生态红线的划定提供技术参考^[7]。1872年,美国设立了世界上首个国家公园——黄石国家公园,开创了生态自然资源和历史文化遗迹保护的先例^[8]。此后,这种保护自然资源的模式就逐渐被世界各国接受,并根据其所处的地域环境特点和自然条件等因素,形成各具特色的资源保护模式。尽管各类保护区的保护重点不同,但一般都选取重要生态功能或生态敏感的区域,这与生态红线选取标准类似且根本目的相同。因此,各类保护地的建立及其保护实践体现了生态红线的理念。世界自然保护联盟(IUCN)推动的全球自然保护地建设、欧盟自然保护区网络以及美国、日本等国家的生态保护地(ecological protected areas)、特别保育区(Special Areas of Conservation)、特殊保护地(special protected areas)等都隐含有生态红线的含义^[8-10]。

2.2 国内研究现状

2.2.1 划定的研究进展 与国外研究不同,国内已将生态红线提升为国家战略。尽管生态红线这一概念在中国明确提出只有短短的十几年,但关于生态红线的研究已取得一定进展。自2005年起,生态红线开始出现在部分省市的规划中,虽然未获得全面具体的实现,但对于生态红线划定的理论及技术有所发展。在2005年发布的《珠江三角洲环境保护规划纲要》中,划定的红线区主要包括自然保护区的核心区和重点水源涵养区。2008年范学忠^[11]等在对昆明市生态红线区非生态用地转变前后的生态效益进行分析研究,结果显示红线区非生态用地转变后,生态效益有显著增加,生态安全获得进一步保障。这一阶段的实践和研究可认为是生态红线研究的初步成果,更侧重于对生态红线划定意义及内涵的初步探讨,对于具体的划定理论和技术方法的研究还不够深入。

在2011年发布的《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》中,“生态红线”这一名词正式出现在国家规范性文件中,要求在重要生态功能区、生态敏感区/脆弱区等区域划定生态红线。自此,生态红线的研究引起了更广泛的关注,大量研究结果发表,极大地丰富了生态红线的概念及内涵,从环境领域向外扩展,逐步渗透到森林、湿地、草原、水资源及海洋等不同领域,对不同的划定方法、技术进行研究和实践。饶胜^[5]等对生态红线定义进行更深入的阐述,认为红线区域是需实施特殊保护的区域,其目的是为维护生态安全及保障可持续发展。邹长新^[12]对生态红线内涵进行辨析,其研究理顺了海洋、耕地、

森林、水资源等各领域各类生态红线的关系。姚佳^[13]结合当前研究成果丰富了生态红线内涵,提出生态红线应逐步从空间红线拓展到涵盖空间、资源及环境质量,形成综合的红线体系,并以宁德市为例,构建红线指标体系。林勇^[14]等在对生态红线研究现状的分析上,阐明空间红线、面积红线和管理红线之间的联系,在此基础上提出生态红线划分的技术路线。蒋大林^[4]等对生态功能和生态敏感性评价指标体系和研究方法进行总结,重点对当前生态红线划定研究中出现的关键问题进行分析。这些研究使红线内涵极大丰富并逐步完善,其主要特点是以维护区域生态安全为目标,以重要生态功能区和生态敏感/脆弱区为主要划定对象,且研究不再单单局限于范围及边界的划定,关于划定方法技术的研究逐渐深入,研究的影响力逐渐增大。

随着划定方法研究的深入,GIS 空间分析等功能被广泛用于生态红线的研究,同时也开始研究对生态红线的有效管理。冯宇^[15]通过对呼伦贝尔草原生态保护重要性和生态系统服务功能重要性进行评价,利用实地调查结合遥感信息解析等方式确定了呼伦贝尔草原生态敏感性保护红线区和防风固沙功能保护红线区的边界和范围。许妍^[16]等结合渤海的生态环境特征,建立生态红线划定指标体系,创建渤海网格空间属性数据库,运用 GIS 叠加分析、空间分析等技术划定渤海生态红线。喻本德^[17]等结合资源调查和 GIS 空间分析,以广东大鹏半岛为例,构建了可以全面反映研究区域生态特征的生态红线分区建设模式。

林地和森林红线的研究是在 2013 年生态红线保护行动启动后才开始大量涌现,但目前也同样是理论研究多于方法技术研究。董飞岳^[18]等以浙江省淳安县为例,在分析淳安县生态环境和森林资源的前提下,探讨林业安全与生态红线的关系及划定林业生态红线面临的挑战。雷彻虹^[19]以攀枝花市为例,分析划定林业生态红线的必要性,并对坚守林业生态红线提出建议。这些都是对林业生态红线划定意义的探讨和对具体划定方法的初步设想。王吉斌^[20]等以当前完成的全国林地“一张图”为基础,借鉴生态红线研究方法,明确森林空间红线和数量红线的划定方法,提出划定的各项指标,并探讨森林红线的管理方法,提出森林红线的管理单位应为县,为今后森林红线的管理研究提供参考。蒋婷婷^[21]等以森林资源二类调查结果为基础,提出林地红线的保护范围及面积等初步设想,并利用 GIS 技术构建红线区数据库和信息管理系统,为今后林地红线管理提供新思路。尹东升^[22]对绥阳林业局生态红线

的划定成果进行了详细调研和分析,主要描述了绥阳林业局的划定成果,并明确提出植被保护红线及物种保护红线的具体保护目标和措施。此外,近几年全国各省对于林地和森林红线均有一定的实践,如四川、广东、贵州、黑龙江等均有相关报道^[19,22-24]。

2.2.2 管理的研究进展

随着生态红线划定方法的不断补充与研究的深入,关于生态红线保护体系管理的研究逐渐增加,目前关于管理的研究主要集中于以下 3 个方面。

1) 重视法律及生态补偿机制的建设。在新修编的《中华人民共和国环境保护法》中,生态红线被写入法律,给予其法律保障^[13]。对于林业红线也应尽快制定相关法律,保障其真正的落地实施。郑华^[25]等分析了建立生态红线制度面临的主要挑战,并建议完善生态激励机制,以保证保护地区与受益地区间的公平发展。学习与借鉴国外发达国家在重要生态保护地的管理经验,结合我国林地和森林保护现状与问题,建立和完善林地和森林补偿制度体系,明确补偿基金来源与标准^[26]。也可实行有偿使用结合财政奖惩制度,例如淳安县财政奖惩制度中对于森林覆盖率,每高出全省平均水平的一个百分点奖励 200 万元^[18]。补偿机制不仅可以有效保护划定的红线区域切实落地,也有利于加强林业各部门协调与公众参与结合。

2) 强调分区、分级的管理模式。划定空间红线时,通过 GIS 空间分析功能,很容易将研究区域分为若干个等级,以便于采取不同的管控措施。曲汉明^[23]通过分析广东省划定林业生态红线,提出目前林业生态红线实实在在落地时急需解决的问题,并分析分级管控红线区域的优势。例如将林地划分为 I、II、III、IV 级,制定每级相应的管控措施^[21],或划分为红线、绿线、蓝线三线调控区,分级控制^[27]。

3) 重视遥感技术在生态红线监管上的利用前景,整合现有各类森林监测技术手段,借助 GIS 及 RS 等现有遥感监测技术手段,搭建动态监测平台。利用卫星、无人机结合地面数据采集,效率更高,监管更准确^[28]。遥感技术的利用可及时明确和订正林地和森林红线范围和边界的变动及调整,严密监控人为活动对红线的扰动。有学者提出应建设国家和地方生态红线多层次信息管理系统,还提出动态监测及可视化等设想^[5,28]。

3 划定技术方法

关于林地和森林红线的研究虽已有不少,但更多的关注于红线概念和内涵的理论研究,对于划定方法的研究还不够深入,有些划定方法较粗放,没有

结合林业发展的特点;有的直接将自然保护区、风景区等作为划定林地和森林红线的依据,划定方法缺乏科学性,划定结果缺乏说服力,并不能真正体现划定林地和森林红线的意义。在综合分析前人研究的基础上,提出划定的技术方法以供参考。

3.1 划定原则

3.1.1 保护优先原则 林地和森林保护是林业保护的重点,也是森林多功能效益发挥的基本保障,在社会经济发展过程中,不能因经济效益而大规模侵占林地开发森林资源,应切实加强林业资源的保护。保护优先是划定红线的基本理念。

3.1.2 可行性原则 划定林地和森林红线的目的是切实保护林地和森林资源,保障森林的多功能效益正常发挥,划定的成果必须能落到实地,因此划定的方法应该科学严谨且具有可行性。划定时应充分考虑国家及地区相关政策,同时综合考虑社会经济发展及当地人文风俗,为避免与林业规划相冲突,应在初步划定后与当地林业部门相协商,确定最终红线范围。这样的红线才是有可能落地的红线,才是真正有意义的划定。

3.1.3 相对稳定性和动态性原则 林地和森林红

线划定的范围和界限具有相对稳定性,应严格保护不得擅自调整。但完成的红线区域并非是完全不可变的。既要保护,也不能完全忽视经济社会的发展,在保护功能不降低的前提下,红线的范围和面积可以根据具体情况进行适当的调整,从而确保森林资源的基本供给。

3.2 林地和森林红线的划定方法

3.2.1 空间范围划定的评价指标体系及权重的确定方法 选取评价生态敏感性和森林生态服务功能重要性指标,尽可能量化并确定各指标权重。由于研究尚处发展阶段,对于评价指标的选取及权重的确定仍存在不同见解^[4]。考虑到我国国土辽阔,经纬度跨度大,气候、地形、地势等环境情况及社会经济发展差异较大。对于不同的地区应充分考虑其自然环境特点、林业发展特点、人口情况及社会经济发展,在此基础上确定一个区域的指标及权重,而不是一概而论,粗放地选取统一标准。应根据研究区具体情况结合前人关于生态敏感性评价及森林生态功能评价的相关研究,选取研究区域内具有重要影响的指标,表 1 为总结前人研究所选取的主要评价指标。

表 1 林地和森林空间红线主要指标综述

Table 1 Review of main indexes for woodland and forest red line zone

评价内容		主要指标	文献
森林生态功能重要性	涵养水源效益	森林覆盖率、年径流系数、林地蓄水量、林冠截留率、拦截暴雨径流率、径流模数、地被物持水量、水质改善程度、土壤中重金属含量变化率	[29-32]
	保护土壤效益	土壤侵蚀面积百分比、土壤侵蚀模数、流域输沙模数	[29-31]
	防风固沙	风速、空气相对湿度、土体颗粒平均粒径、土体硬度、植被覆盖度、坡度、裸沙占地面积比、土壤可蚀性	[32-34]
	净化大气环境效益	二氧化碳固定量、氧气释放量、提供负离子、吸收污染物、降低噪音、滞尘	[29-31]
生态敏感性	生物多样性保护	物种保育、生物类型多样性、森林植物多样性、森林动物多样性	[29-31]
	土地沙化敏感性	湿润指数、大风天数、土壤质地、植被覆盖、土壤可蚀性	[30,35]
	土壤盐渍化敏感性	降雨量、蒸发量、地下水位、地下水矿化度、地形	[36]
	土壤侵蚀敏感性	降水侵蚀力、土壤质地、地形、坡度、植被类型、年降雨量、地表覆盖类型、土壤可蚀性	[33,37-38]
	石漠化敏感性	岩性、坡度、植被盖度、土地利用、地形	[38]
	自然灾害敏感性	火灾地质灾害	[38]

在此基础上,确定各指标重要程度,进而确定各指标的权重,构建评价指标体系。在划定生态红线空间范围时,采用的评价方法、选取的评价内容及确定指标权重的方法,对划定结果都有较大影响。权重的确定是划定是否合理的关键问题。目前常用方法有专家咨询法(特尔菲法)、层次分析法(AHP)、模糊层次分析法等。专家咨询法指邀请专家互不见面的情况下,凭自己的知识和经验,对已给定的指标进行重要性判断,是目前使用较为广泛的方法。但不足之处是,权重分配的难度和反复次数随着指标数量的增多而增大。层次分析法指把一个复杂的问

题分解成不同层次结构,对每一层次的要素按规定进行两两比较,运用数学方法得到权重。这一方法自引入我国以来,已得到广泛应用与实践。例如冯宇^[15]在呼伦贝尔草原生态红线划定研究中使用这一方法确定植被覆盖度、土壤可蚀性、大风时数及湿润指数 4 个指标的权重分别为 0.454 5、0.155 5、0.204 5和 0.185 5。许妍^[16]利用层次分析法确定生态功能重要性权重为 0.35,生态敏感性权重为 0.45,环境灾害危险性权重为 0.2。模糊层次分析法由荷兰学者 Van Laarhoven^[39]提出,运用三角模糊数和对数最小二乘法,科学、客观地确定各指标的

权重,具有可操作性强的特点。赖日文^[39]在闽江流域森林资源利用评价研究中使用此方法,确定多达 39 项指标的权重并构建评价指标体系。

3.2.2 应用 GIS 相关软件确定空间分布 利用 GIS 相关软件的空间分析功能,进行空间叠加确定范围。依据构建的评价指标体系,计算森林生态功能重要性和生态敏感性综合指数。有学者将指标的量化结果根据选取标准分级,各评价单元内等级值与其权重相乘,得到单一指标的评价结果,利用 ArcGIS 等软件的空间分析功能将各指标评价结果相叠加,由得到的综合指数值分布情况确定红线区域,如余坤勇^[32]等以此方法评价森林防风固沙效益,冯宇^[15]以此方法进行土地沙化敏感性评价。也有学者不考虑其权重,在指标量化分级的基础上,直接将 n 个指标的分级数相乘并开 n 次方的结果作为综合指数值,来确定红线分布^[33]。最终确定范围和

边界时,都应考虑区域集中和自然地理界线。

3.3 确定林地和森林数量红线

林地和森林数量红线是保障和维护生态安全的林业用地和森林面积数量底线。划定的林地和森林数量红线目标高于现实存量,是一个目标值^[20]。确定林地和森林数量红线可结合现有森林资源二类调查结果,选取适合的函数预测林地和森林面积增长,预测一定时间的林地和森林保有量,同时应兼顾经济发展对林地面积的需求、建设项目征占林地和采伐消耗森林资源导致的面积损失。在此基础上结合林地和森林空间红线的面积,最终确定数量红线。主要划定指标应考虑林地保有量、森林保有量、征占用林地定额、林地生产率、重点公益林地比率、重点商品林地比率等。

3.4 技术路线图

林地和森林红线划定技术路线如图 1 所示。

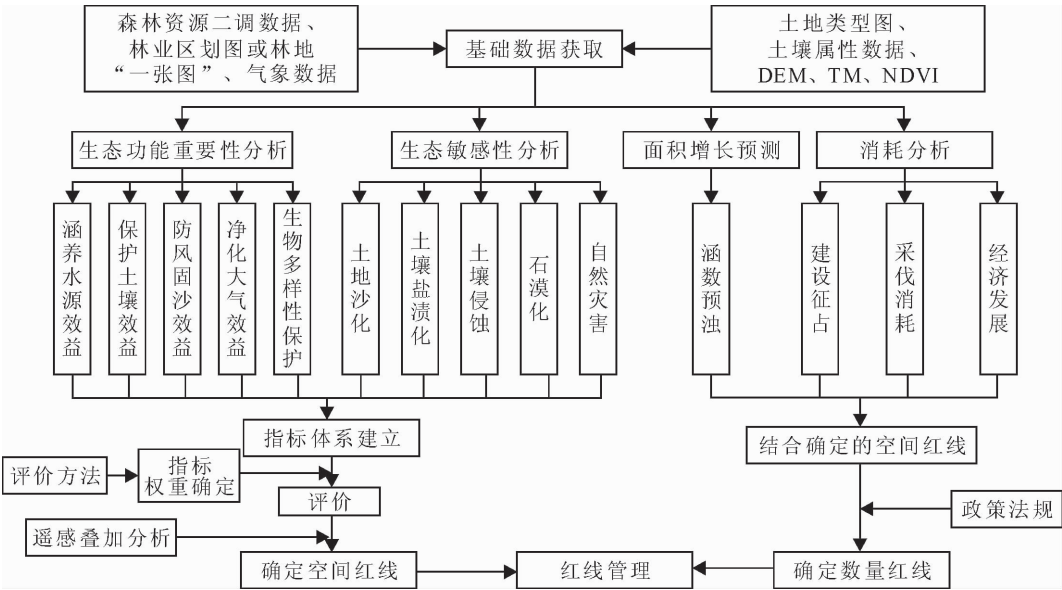


图 1 林地和森林红线划定技术路线

Fig. 1 Flow chart for woodland and forest redline delineation

4 划定难点

4.1 资料收集

对于数据的搜集与处理仍有待完善。林地和森林红线划定所需数据量大且复杂,数据不仅仅局限于林业领域,还需要气象数据包括温度与降水数据及土壤属性数据等,用于评价森林生态功能重要性及敏感性。且遥感数据的精度难以保证,较低精度的数据势必会影响最终红线区域的范围与界限。目前正在进行的全国林地“一张图”的绘制对于林地和森林红线具有重要意义,可为划定红线节省大量处理 DEM 数据和 TM 数据的时间。

4.2 指标及权重确定

对于如何确定各指标、权重是划定研究的关键点。指标的选取和权重的确定将直接影响到红线的面积,不同的评价方法也势必影响同一地区评价结果,最终导致红线的范围及边界不重合。

4.3 不同区域间协调

国家林业局从国家层面给出的划定目标具有宏观性和指导性,而省级或更小区域划定的红线,在满足其林业保护及社会经济发展的要求下,如何与国家目标对接,又如何与其他区域协调,也是当前划定红线面临的巨大挑战。

5 研究展望

在对国内林地和森林红线研究文献综述的基础上,探讨其划定方法、技术路线及其管理。尽管从现阶段研究中可以看出林业红线研究逐步深入,但仍有待更进一步研究。

评价最小单元的确定。森林生态系统庞大且关系复杂,评价最小单元的尺度大小直接影响红线划定的结果,红线保护作用必然涉及多个尺度上的利益。过大的尺度无法体现空间上的异质性,过小的尺度在数据获取及处理上存在困难。

可视化。近年来森林的可视化研究也得到极大发展,可视化可实现主题、地图、图表的一体化,为经营管理提供强大技术支持。可为决策者提供时空变化的可视化描述,辅助做出决策和制定管理规划^[40-41]。

如何保证对红线区域有效管理,建立的管理体系是否能真正保证红线保护作用的发挥,是否有必要建立红线管理成效评价体系,科学地判别红线管理实际成果与预期成果之间的差距,也是需要进一步深入研究的问题。

参考文献:

[1] 国家林业局. 全国林地保护利用规划纲要(2010—2020 年)[Z]. 2010.

[2] 左志莉. 基于生态红线区划分的土地利用布局研究——以广西贵港市为例[D]. 南宁:广西师范学院,2010.

[3] 国土资源部. 全国土地利用总体规划纲要(2006—2020 年)[Z]. 2008.

[4] 蒋大林,曹晓峰,匡鸿海,等. 生态保护红线及其划定关键问题浅析[J]. 资源科学,2015,37(9):1755-1764.
JIANG D L,CAO X F,KUANG H H,*et al.* Ecological red line planning and related key issues analysis for China[J]. Resources Science,2015,37(9):1755-1764. (in Chinese)

[5] 饶胜,张强,牟雪洁. 划定生态红线创新生态系统管理[J]. 环境经济,2012(6):57-60.
RAO S,ZHANG Q,MOU X J. Delineation of ecological red line and innovation ecosystem management [J]. Environmental Economy,2012(6):57-60. (in Chinese)

[6] 国家林业局. 推进生态文明建设规划纲要(2013—2020 年)[Z]. 2013.

[7] 高吉喜. 探索我国生态保护红线划定与监管[J]. 生物多样性,2015,23(6):705-707.
GAO J X. Exploring the delineation and supervision of ecological protection red-lines in China [J]. Biodiversity Science,2015,23(6):705-707. (in Chinese)

[8] 刘冬,林乃峰,邹长新,等. 国外生态保护地体系对我国生态保护红线划定与管理的启示[J]. 生物多样性,2015,23(6):708-715.
LIU D,LIN N F,ZOU C X,*et al.* Development of foreign ecological protected areas and linkages to ecological protection

redline delineation and management in China[J]. Biodiversity Science,2015,23(6):708-715. (in Chinese)

[9] BATISSE M. The biosphere reserve;A tool for environmental conservation and management [J]. Environmental Conservation,1982,9(2):101-110.

[10] BHANDARI M. International union for conservation of nature[J]. The Wiley-Blackwell Encyclopedia of Globalization,2012,3(21):953-968.

[11] 范学忠,李玉辉,角媛梅. 昆明市生态红线区非生态用地转变前后生态效益分析[J]. 水土保持研究,2008,15(4):179-183.
FAN X Z,LI Y H,JIAO Y M. Ecological benefits analysis of the ecology red-line areas in Kunming district before and after changing the non-ecological use lands into ecological ones[J]. Research of Soil and Water Conservation,2008,15(4):179-183. (in Chinese)

[12] 邹长新,徐梦佳,林乃峰,等. 生态保护红线的内涵辨析与统筹推进建议[J]. 环境保护,2015,43(24):54-57.
ZOU C X,XU M J,LIN N F,*et al.* Analysis on the connotation of ecological protection redline and suggestions on ecological protection redline drawing[J]. Environmental Protection,2015,43(24):54-57. (in Chinese)

[13] 姚佳,王敏,黄宇驰,等. 我国生态保护红线三维制度体系——以宁德市为例[J]. 生态学报,2015,35(20):6848-6856.
YAO J,WANG M,HUANG Y C,*et al.* Three-dimensional frame exploration of the ecological protection red line in China:a case study of the Ningde region[J]. Acta Ecologica Sinica,2015,35(20):6848-6856. (in Chinese)

[14] 林勇,樊景凤,温泉,等. 生态红线划分的理论和技术[J]. 生态学报,2016,36(5):1244-1252.
LIN Y,FAN J F,WEN Q,*et al.* Primary exploration of ecological theories and technologies for delineation of ecological redline zones[J]. Acta Ecologica Sinica,2016,36(5):1244-1252. (in Chinese)

[15] 冯宇. 呼伦贝尔草原生态红线区划定的方法研究[D]. 北京:中国环境科学研究院,2013.

[16] 许妍,梁斌,鲍晨光,等. 渤海生态红线划定的指标体系与技术方法研究[J]. 海洋通报,2013,32(4):361-367.
XU Y,LIANG B,BAO C G,*et al.* Research on the index system and the technical methods of ecological red line division for the Bohai Sea[J]. Marine Science Bulletin,2013,32(4):361-367. (in Chinese)

[17] 喻本德,叶有华,郭微,等. 生态保护红线分区建设模式研究——以广东大鹏半岛为例[J]. 生态环境学报,2014,23(6):962-971.
YU B D,YE Y H,GUO W,*et al.* Research on the partition construction mode for ecological essential line;a case study in Dapeng Peninsula,Guangdong province [J]. Ecology and Environmental Sciences,2014,23(6):962-971. (in Chinese)

[18] 董岳,何建平,徐高福,等. 林业生态安全与生态红线问题探析——以浙江省淳安县为例[J]. 绿色科技,2015(5):16-19.
DONG F Y,HE J P,XU G F,*et al.* Study on the security of forestry ecology and the problems of ecological red-line-taking Chun'an county in Zhejiang as an example[J]. Journal of Green Science and Technology,2015,(5):16-19. (in Chinese)

[19] 雷彻虹. 攀枝花市实行林业生态红线保护的建议[J]. 攀枝花

- 科技与信息,2016,44(1):28-32.
- [20] 王吉斌,桂来庭,李才文,等. 基于林地“一张图”的森林红线管理方法探讨[J]. 中南林业调查规划,2014,33(1):4-7.
WANG J B,GUI L T,LI C W,*et al.* Management to investigate for the red line of forest base on forestland ‘a map’[J]. Central South Forest Inventory and Planning,2014,33(1):4-7. (in Chinese)
- [21] 蒋婷婷,李思刚,陈琦,等. 徐州市铜山区林地资源红线保护规划构想[J]. 华东森林经理,2012,26(1):46-49.
JIANG T T,LI S G,CHEN Q,*et al.* Conception for protection and planning for the red line of forest and mountain resources in Tongshan district, Xuzhou[J]. East china Forest Management,2012,26(1):46-49. (in Chinese)
- [22] 尹东生. 绥阳林业局生态红线划定调研规划报告[J]. 民营科技,2015(6):242.
- [23] 区汉明. 广东省林业生态红线划定工作存在的问题与对策[J]. 林业调查规划,2015,40(4):119-122.
QU H M. Problems and countermeasures within the Guangdong Province forestry redline designation project[J]. Forest Inventory and Planning,2015,40(4):119-122. (in Chinese)
- [24] 郭雁,林顺根. 黔东南州林地红线研究[J]. 贵州林业科技,2014,42(4):47-50.
GUO Y,LIN S G. Study on the red line of forestland in Qian-dongnan prefecture of Guizhou Province[J]. Guizhou Forestry Science and Technology,2014,42(4):47-50. (in Chinese)
- [25] 郑华,欧阳志云. 生态红线的实践与思考[J]. 中国科学院院刊,2014,29(4):457-461.
ZHENG H,OUYANG Z Y. Practice and consideration for ecological redlining[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2014,29(4):457-461. (in Chinese)
- [26] 赵串串,杨晓阳,张凤臣,等. 海东地区实施森林生态效益补偿的调查和思考[J]. 西北林学院学报,2008,23(2):220-223.
ZHAO C C,YANG X Y,ZHANG F C,*et al.* On the survey of compensation of forest ecological benefit in Haidong region[J]. Journal of Northwest Forestry University,2008,23(2):220-223. (in Chinese)
- [27] 成文连,柳海鹰,关彩虹. 区域生态保护分级控制规划——以浙江省安吉县为例[J]. 内蒙古环境科学,2009,21(3):9-14.
CHEN W L,LIU H Y,GUAN C H. The classification control plan of regional ecological conservation taken Anji county of Zhejiang Province as an example[J]. Environment and Development,2009,21(3):9-14. (in Chinese)
- [28] 孙中平,史园莉,曹飞,等. 遥感大数据环境下对生态红线监管方式创新的思考[J]. 环境与可持续发展,2016,41(1):65-68.
SUN Z P,SHI Y L,CAO F,*et al.* The application potential of remote sensing big data in supervision innovation of eco-protection bottom line[J]. Environment and Sustainable Development,2016,41(1):65-68. (in Chinese)
- [29] 国政. 西南地区天然林保护工程综合效益评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2011.
- [30] 宋彩平. 基于 GIS 的森林生态效益空间分析研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2005.
- [31] 顾丽. 金沟岭林场森林多功能效益评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2012.
- [32] 余坤勇,刘健,施聪智,等. 基于 RS 技术的沿海防护林防风固沙效益研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2010,34(1):80-84.
YU K Y,LIU J,SHI C Z,*et al.* Study on the wind-prevention and sand-fixation benefit of the coastal shelterbelt forest based on remote sensing technology[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition,2010,34(1):80-84. (in Chinese)
- [33] 刘康,徐卫华,欧阳志云,等. 基于 GIS 的甘肃省土地沙漠化敏感性评价[J]. 水土保持通报,2002,22(5):29-31,35.
LIU K,XU W H,OUYANG Z Y,*et al.* CIS-based assessment on sensitivity to land desertification in Gansu province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2002,22(5):29-31,35. (in Chinese)
- [34] 常学向,王金叶,张学龙,等. 祁连山森林水源涵养效益初析[J]. 西北林学院学报,2010,17(1):51-54.
CHANG X X,WANG J Y,ZHANG X L,*et al.* Evaluation on water resource conservation effect of forest in Qilian Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,17(1):51-54. (in Chinese)
- [35] 李晶,任志远. 陕北黄土高原土地利用防风固沙功能价值时空研究[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(7):183-187.
LI J,REN Z Y. Dynamic change of value of land use sand-fixing effect in Loess Plateau in Northern Shaanxi Province[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2011,25(7):183-187. (in Chinese)
- [36] 刘征,郑艳侠,赵志勇,等. 生态功能区划方法研究[J]. 石家庄学院学报,2008,10(3):54-59.
LIU Z,ZHENG Y X,ZHAO Z Y,*et al.* Methods of ecological function zoning[J]. Journal of Shijiazhuang University,2008,10(3):54-59. (in Chinese)
- [37] 汤小华. 福建省生态功能区划研究[D]. 福州:福建师范大学,2005.
- [38] 杨月圆,王金亮,杨丙丰,等. 云南省土地生态敏感性评价[J]. 生态学报,2008,28(5):2253-2260.
YANG Y Y,WANG J L,YANG B F,*et al.* Eco-sensitivity assessment of land in Yunnan Province[J]. Acta Ecologica Sinica,2008,28(5):2253-2260. (in Chinese)
- [39] 赖日文. 基于 RS 与 GIS 技术闽江流域森林资源利用评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.
- [40] 周桔. 面向应用的生态系统服务研究与展望[J]. 中国科学院院刊,2014,29(4):444-448.
ZHOU J. Research progress on ecosystem service facing ecosystem management[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2014,29(4):444-448. (in Chinese)
- [41] 贺姗姗,彭道黎. 林分空间结构可视化研究方法[J]. 西北林学院学报,2009,24(2):157-161.
HE S S,PENG D L. A methodological study on the visualization of stand spatial structure[J]. Journal of Northwest Forestry University,2009,24(2):157-161. (in Chinese)