

# 桐柏大别山区水土保持生态修复适宜性评价与分区

胡续礼<sup>1,2</sup>, 张光灿<sup>1</sup>, 徐志强<sup>1</sup>, 张荣华<sup>1</sup>

(1. 山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室, 山东农业大学 林学院

国家林业局泰山森林生态站, 山东 泰安 271018; 2. 水利部 淮河水利委员会 水土保持处, 安徽 蚌埠 233001)

**摘要:** 针对大区域生态修复工程建设亟待解决的生态修复适宜性区划问题, 采用主导因子分级组合法及其专题图叠加分析法, 对淮河流域桐柏大别山区生态修复的适宜性进行了评价与分区研究。(1) 用地貌类型(海拔高度)、土地覆被类型和地面坡度 3 个主导因子构建了生态修复适宜性评价与分区指标体系, 并对指标因子进行了分类(或分级)和区域划分;(2) 按照实施封禁保育(促进生态自我恢复)措施的适宜程度, 提出了“适宜”、“暂不适宜”和“不适宜”3 个生态修复适宜性等级, 评价和确定了不同区域的生态修复适宜性;(3) 按照生态修复适宜性将桐柏大别山区划分为 2 个生态修复区、4 个亚区和 16 个类型区, 可在桐柏大别山区全面开展水土保持生态修复工程提供科学依据及技术支撑。

**关键词:** 水土保持; 生态修复; 适宜性; 桐柏大别山区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2014)05-0258-05

中图分类号: S157

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.054

## Suitability Evaluation and Zoning in Ecological Restoration of Soil and Water Conservation in Tongbai—Dabie Mountains Area

HU Xu-li<sup>1,2</sup>, ZHANG Guang-can<sup>1</sup>, XU Zhi-qiang<sup>1</sup>, ZHANG Rong-hua<sup>1</sup>

(1. The Key Laboratory of Soil Erosion and Ecological Restoration of Shandong Province,

College of Forestry, Shandong Agricultural University, State Forestry Administration Forest

Ecosystem Research Station of Mountain Taishan, Tai'an, Shandong 271018, China; 2. Soil and Water

Conservation Division of Huaihe River Commission of Water Resources Ministry, Bengbu, Anhui 233001, China)

**Abstract:** Aiming at resolving the ecological restoration suitability division problems within ecological restoration engineering construction in large-scale area, the authors evaluated the suitability of ecological restoration and zoning in Tongbai—Dabie mountains area by adopting the grading combination of dominant factors and thematic map overlay analysis methods. The results showed that: (1) The three dominant factors including geomorphological type(altitude), land cover type and the ground slope were proposed as the indexes for suitability assessment and zoning of ecological restoration. (2) According to the suitability degree in implement of enclosure measures(to promoting ecological natural restoration), the three levels in ecological restoration suitability including the “appropriate”, “temporarily unfit” and “unfit” in Tongbai—Dabie mountains area was got in order to evaluate and determine ecological restoration suitability in different areas. (3) The Tongbai—Dabie mountains area was divided into two ecological restoration districts, four subdistricts and sixteen facilities in accordance with their ecological restoration suitability. The research could provide effective scientific basis and technical support for the ecological restoration projects in Tongbai—Dabie mountains area in soil and water conservation.

**Keywords:** soil and water conservation; ecological restoration; suitability; Tongbai—Dabie mountains area

水土保持生态修复的核心是减少人为干扰, 充分发挥植被的自然恢复能力, 从而恢复生态系统的功能, 实现生态与环境改善的目标<sup>[1]</sup>。目前, 针对水土保持生态修复概念、内涵、生态修复的主要内容和要

收稿日期: 2014-01-06

修回日期: 2014-01-21

资助项目: 水利部淮河水利委员会“淮河流域水土保持监测分区研究”(SBJ2011001), “淮河流域水土保持监测站点优化布局研究”(SBJ2010001)

作者简介: 胡续礼(1973—), 男(汉族), 安徽省亳州市人, 博士, 高级工程师, 研究方向为流域水土保持管理。E-mail: huxuli2002@126.com。

通信作者: 张光灿(1963—), 男(汉族), 山东省寿光市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事生态修复与植被恢复研究。E-mail: zhgc@sda.edu.cn。

点进行了较多的探索性研究<sup>[2-3]</sup>,而对生态修复途径、方法、模式、配置等技术性方面的量化研究相对较少<sup>[4-7]</sup>;在研究尺度上针对生态修复示范工程区的分散性和单项性研究较多<sup>[8-9]</sup>,而针对较大区域(如大、中流域)的系统性和综合性研究很少<sup>[10]</sup>。桐柏大别山区由于长期以来对自然资源的过度开发利用,导致多区域植被破坏、土壤侵蚀严重、土地退化、生态稳定性降低、自然环境恶化,已成为中国生态环境脆弱的地区之一<sup>[11]</sup>。本研究以桐柏大别山区为对象,探讨了生态修复适宜性评价与分区的指标体系和方法,提出了实施生态修复的适宜性等级及其分区体系。以期为桐柏大别山区水土保持生态修复工程建设的适宜性区划和模式配置提供科学依据及技术支持。

## 1 研究区概况

淮河流域桐柏大别山区在中国中部地区,地处鄂、豫、皖3省交界处,地理坐标为 $113^{\circ}16'—116^{\circ}45'E$ , $30^{\circ}57'—32^{\circ}43'N$ ,总面积约 $2.72 \times 10^4 \text{ km}^2$ <sup>[12]</sup>,主要涉及河南省南阳、信阳,安徽省六安和湖北省的随州市等4个地(市)。属于北亚热带向暖温带过渡地带,多年平均气温 $13.2 \sim 15.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 $180 \sim 220 \text{ d}$ ,日照时间 $1990 \sim 2650 \text{ h}$ ,年平均降水量 $800 \sim 1400 \text{ mm}$ 。地形复杂,地貌类型以山地丘陵为主,海拔 $200 \sim 1000 \text{ m}$ ,母质大部分以花岗岩、片麻岩为主,易风化,抗蚀性差,土壤以黄棕壤和水稻土为主,地带性植被为落叶阔叶混交林。人口密度为 $361 \text{ 人}/\text{km}^2$ ,人均耕地面积 $0.06 \text{ hm}^2$ ,人均粮食 $669 \text{ kg}$ <sup>[13]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 生态修复适宜性内涵与评价指标确定

本研究对生态修复适宜性定义为“实施封禁保育措施、促进生态自我恢复的适宜程度”。生态修复适宜性评价指标的确定,主要考虑自然环境与社会经济两大类影响因子。在自然环境因子中,降水量、年均温、海拔高度、坡度、植被等是主要影响因子。在社会经济(人为活动)因子中,人口密度、土地利用方式则是生态修复的主导影响因素。相关研究<sup>[14]</sup>表明,当降水量在 $600 \text{ mm}$ 以上时即属于生态修复的适宜区。桐柏大别山区的降水量与年均气温等气候因子,基本满足水土保持生态修复的气候条件,不存在对生态修复(即生态自我恢复)的制约性问题。因此,研究中主要考虑地貌、地形、植被等下垫面状况和土地利用等社会经济指标对生态修复适宜性的影响,由此确定了“地貌类型”(海拔高度)、“土地覆被类型”和“地面坡度”3个主导因子,作为生态修复适宜性评价与分区

的指标。其中,海拔高度和地面坡度综合反映了区域实施生态修复的重要性和必要性,而土地覆被类型综合反映了区域人为生产活动(社会经济状况)对生态修复适宜性和可行性影响。

### 2.2 基础数据来源与评价指标数据获取

本研究所用的基础资料包括 Landsat-5 TM 遥感影像数据(2007年,分辨率为 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ ), $1:10$ 万地形图等图件及其相关数据资料。基于 Erdas Image 8.7 遥感软件和 Region Manager 5.5 地理信息系统等技术平台,将 $1:10$ 万地形图等生成数字高程模型(DEM),按照《中国地貌区划》<sup>[15]</sup>中的方法,按海拔高度划分地貌类型。以 TM 遥感影像为信息源,采用《土地利用现状分类》国家标准(GB/T 21010—2007)<sup>[16]</sup>和非监督分类方法<sup>[17]</sup>,结合野外实地调查和其他相关资料,针对研究需求划分土地覆被类型并获得其空间分布图。根据《土壤侵蚀强度分级标准》(SL190—2007)<sup>[18]</sup>划分地面坡度等级。进而提出生态修复适宜性等级,利用主导因子分级组合与空间叠加分析法,构建生态修复适宜性等级评价区域单元,最终提出水土保持生态修复适宜性分区指标体系。

## 3 结果与分析

### 3.1 评价指标分类(或分级)及其区域生态修复适宜性评价

#### 3.1.1 生态修复适宜性评价指标分类(或分级)

(1) 地貌类型划分。在桐柏大别山区,海拔高度(地貌类型)不同,区域的主要土地覆被类型、生态功能和生产活动等状况不同,其生态修复的适宜性程度、等级也不同。因此,按照中国科学院地理研究所的《中国地貌区划》中所用的方法<sup>[15]</sup>,将淮河流域海拔高度划分为: $\leq 100$ , $101 \sim 500$ , $501 \sim 1000$ 和 $\geq 1001 \text{ m}$ 这4个等级,对应于平原、丘陵、山地(低山、中山)3种地貌类型<sup>[13,16]</sup>;桐柏大别山区(山地丘陵区)不同地貌类型与海拔高度的空间分布见附图13—16。

(2) 土地覆被类型划分。桐柏大别山区的经济林地(尤其是坡林地)、耕地(尤其是坡耕地),是水土流失的主要策源地。同时,裸岩地是主要的生态脆弱区之一,而生态林地(尤其是水源林地)则是最重要的生态功能区和重点保护区。因此,在评价时将 these 区域作为重点进行考虑。为此,按照《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007)等标准<sup>[17]</sup>和研究的实际需求,将淮河流域山地丘陵区的土地覆被划分为6种类型<sup>[13,16]</sup>。桐柏大别山区不同土地覆被类型的空间分

布见附图 15。在进行不同土地覆被类型区生态修复适宜性评价时,结合其所处的海拔高度和地面坡度状况确定区域的适宜性等级。

(3) 地面坡度分级。地面坡度是影响水土流失的主导因子之一,与土地覆被类型及植被盖度等共同决定着区域土壤侵蚀状况。同时,地面坡度是决定生态脆弱性和生态修复必要性的重要因子。为此,根据《土壤侵蚀强度分级标准》(SL190—2007)<sup>[19]</sup>,将淮河流域的地面坡度划分为 6 个等级<sup>[13,16]</sup>,桐柏大别山

区不同坡度的空间分布见附图 16。按生态修复适宜性研究的实际需求,在具体应用中以 25°为界将地面坡度划分为( $\geq 25^\circ$ 和 $< 25^\circ$ )2 个等级。

3.1.2 评价指标分级组合与区域适宜性等级 将生态修复适宜性评价指标的分类(或分级)即 3 种地貌类型、6 种土地覆被类型和 2 级地面坡度进行专题图叠加组合,产生出 27 个组合区域类型,构成桐柏大别山区生态修复适宜性评价的区域类型单元体系(表 1)。不同类型区域的面积见表 2。

表 1 桐柏大别山区生态修复适宜性评价区域单元及其适宜性等级

地貌类型	水源生态林地	一般生态林地		经济林地		耕地		灌草地	裸岩地
		$\geq 25^\circ$	$< 25^\circ$	$\geq 25^\circ$	$< 25^\circ$	$\geq 25^\circ$	$< 25^\circ$		
中山区	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜
低山区	适宜	适宜	暂不适宜	适宜	暂不适宜	适宜	暂不适宜	适宜	适宜
丘陵区	适宜	适宜	不适宜	适宜	不适宜	适宜	不适宜	适宜	适宜

表 2 桐柏大别山区生态修复适宜性评价区域单元及其面积

km<sup>2</sup>

地貌类型	水源生态林地	一般生态林地		经济林地		灌草地	耕地		裸岩地	合计	占研究区面积比例/%
		$\geq 25^\circ$	$< 25^\circ$	$\geq 25^\circ$	$< 25^\circ$		$\geq 25^\circ$	$< 25^\circ$			
中山区	225.47	61.91	47.10	0.00	5.38	0.00	0.00	5.93	0.00	345.79	1.27
低山区	1 498.08	10.65	572.34	12.06	293.3	0.00	1.05	151.49	0.55	2 539.52	9.33
丘陵区	4 632.68	66.09	2 507.55	12.71	2 427.71	46.26	4.10	2 514.35	3.93	12 215.38	44.89
合计	6 356.23	138.65	3 126.99	24.77	2 726.39	46.26	5.15	2 671.77	4.48	15 100.69	55.49
占研究区面积比例/%	23.36	0.51	11.49	0.10	10.01	0.17	0.02	9.46	0.02	55.49	—

注:研究区的土地总面积为 27 214.16 km<sup>2</sup>。

在综合分析不同地貌类型、土地覆被类型和不同坡度区域的生产活动状况,以及实施封禁保育修复的重要性、必要性、可行性等(即生态修复适宜性)程度的基础上,提出“适宜”、“暂不适宜”和“不适宜”3 个生态修复适宜性评价等级与标准。然后逐一单元分析评价区域的生态修复适宜性(表 1),确定了桐柏大别山区生态修复的适宜区域类型 21 个、暂不适宜区域 3 个和不适宜区域 3 个。

不同区域单元生态修复适宜性等级确定的标准如下。

(1) 不同地貌类型区域的适宜性。“中山区”的全部划分为“适宜”等级。“低山区”按照其土地覆被类型和地面坡度不同划分为“适宜”或“暂不适宜”等级。而“丘陵区”视其土地覆被类型和地面坡度不同划分为“适宜”或“不适宜”等级。

(2) 不同地面坡度区域的适宜性。 $\geq 25^\circ$ 的全部为“适宜”等级。而 $< 25^\circ$ 的区域,在“低山区”的为“暂不适宜”,在“丘陵区”的为“不适宜”等级。

(3) 不同土地覆被区域的适宜性。生态林地中

的“水源林地”、“裸岩地”和“灌草地”全部为“适宜”等级。而生态林中的“一般林地”、“经济林地”和“耕地”,地面坡度 $\geq 25^\circ$ 的区域全部为“适宜”等级; $< 25^\circ$ 的区域,在“低山区”的为“暂不适宜”,在“丘陵区”的为“不适宜”等级。

### 3.2 水土保持生态修复适宜性分区体系

依据桐柏大别山区不同区域单元的生态修复适宜性评价结果(表 1—2),进一步考虑不同区域的土地覆被类型及水土保持功能要求、生产活动特点及应采取的水土保持(生态修复)措施,进行生态修复适宜性分区(表 3)。同时利用地貌类型(海拔高度)、土地覆被类型和坡度分级专题进行叠加,获得不同分区的空间分布(表 2)。

(1) 按照生态修复的适宜性等级,将桐柏大别山区划分出 2 个生态修复区。生态修复区主要反映桐柏大别山区生态修复适宜和非适宜区域的空间格局。即:Ⅰ 适宜生态修复区(即生态修复“适宜”等级区域);Ⅱ 非适宜生态修复区(包括“暂不适宜”和“不适宜”等级区域)。

(2) 对每个生态修复区又按照地貌类型(海拔高度)及其生态修复适宜性等级,划分出 4 个生态修复亚区。其名称由“地貌类型+修复适宜性等级类型”构成。即: I<sub>1</sub> 中山适宜生态修复亚区; I<sub>2</sub> 低山丘陵适宜生态修复亚区; II<sub>3</sub> 低山暂不适宜生态修复亚区; II<sub>4</sub> 丘陵不适宜生态修复亚区。

(3) 在生态修复亚区划分的基础上,进一步依据土地覆被类型、地面坡度和需要采取的水土保持生态修复措施,将桐柏大别山区划分出 16 个生态修复类型区。其名称采用“地貌类型+土地覆被类型+生态修复措施类型”构成。桐柏大别山区生态修复适宜性分区及其面积如表 3 所示。

表 3 桐柏大别山区生态修复适宜性分区及其面积

生态修复区	生态修复亚区	生态修复类型区	面积/km <sup>2</sup>
I 适宜区	I <sub>1</sub> 中山适宜亚区	I <sub>1</sub> As 中山水源林重点保护类型区	225.47
		I <sub>1</sub> Ay 中山一般生态林封禁保护类型区	109.01
		I <sub>1</sub> B 中山经济林退耕还林类型区	5.38
		I <sub>1</sub> C 中山坡耕地退耕还林类型区	5.93
	I <sub>2</sub> 低山丘陵适宜亚区	I <sub>2</sub> As 低山丘陵水源林重点保护类型区	6 130.76
		I <sub>2</sub> Ay 低山丘陵一般生态林封禁类型区	76.74
		I <sub>2</sub> B 低山丘陵经济林退耕还林类型区	24.77
		I <sub>2</sub> C 低山丘陵坡耕地退耕还林类型区	5.15
		I <sub>2</sub> D 低山丘陵灌草地封禁改良类型区	46.26
		I <sub>2</sub> E 低山丘陵裸岩封禁补植类型区	4.48
II 非适宜区	II <sub>3</sub> 低山暂不适宜亚区	II <sub>3</sub> Ay 低山一般生态林暂不适宜类型区	572.34
		II <sub>3</sub> B 低山经济林暂不适宜类型区	293.30
		II <sub>3</sub> C 低山丘陵耕地暂不适宜类型区	151.49
	II <sub>4</sub> 丘陵不适宜亚区	II <sub>4</sub> Ay 丘陵一般生态林不适宜类型区	2 507.55
		II <sub>4</sub> B 丘陵经济林不适宜类型区	2 427.71
		II <sub>4</sub> C 丘陵耕地不适宜类型区	2 514.35
面积合计			15 100.69

注:As 代表水源生态林地; Ay 代表一般生态林地; B 代表经济林地; C 代表耕地; D 代表灌草地; E 代表裸岩地。

## 4 结论

(1) 生态修复适宜性指标。在综合分析影响水土保持生态修复的自然环境与社会经济因素的基础上,选取地貌类型(海拔高度)、土地覆被类型和地面坡度 3 个主导因子,构建了桐柏大别山区生态修复适宜性评价与分区指标体系。海拔高度(地貌类型)和地面坡度因子综合反映了区域实施生态修复的重要性的必要性,而土地覆被类型综合反映了区域人为生产活动(社会经济状况)对生态修复适宜性和可行性影响。

(2) 生态修复适宜性评价。生态修复适宜性评价方法在依据水土保持及其相关行业技术标准和方法,对生态修复适宜性评价与分区因子分级(分类)的基础上,运用主导因子分级组合法,构建了桐柏大别山区生态修复适宜性评价区域类型单元体系。按照研究提出的“适宜”、“暂不适宜”和“不适宜”3 个生态修复适宜性评价等级与标准,确定出桐柏大别山区生态修复的适宜区域类型 21 个、暂不适宜区域 3 个和不适宜区域 3 个。

(3) 生态修复适宜性分区。针对不同区域类型的生态修复适宜性等级,密切结合不同区域的土地覆被类型及水土保持功能要求、生产活动特点及应采取的生态修复措施,提出了桐柏大别山区的生态修复适宜性分区体系。包括生态修复区 2 个、亚区 4 个,类型区 16 个。研究结果为桐柏大别山区水土保持生态修复工程的大规模建设规划与措施布局决策提供了必要的科技支撑。

采取 3 因子主导法在 GIS 技术支持下对淮河流域桐柏大别山区生态修复适宜性分区进行了研究探讨,得出的结果基本符合区域实际情况,但实施生态修复的影响因子中除自然因素之外,还包括社会经济、技术条件等众多的因素,限于资料数据,本研究中尚有一些不足之处,如对地貌类型的划分,可以考虑更加细致的类型划分;坡度分级以 25°为界划为 2 级,也可以更进一步划分,采取 3 级甚至 4 级进行划分;同时,区域土地利用的详细数据资料将有助于更加精确地划分生态修复适宜性划分,针对这些问题仍然需要进一步的研究。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘国彬,杨勤科,陈云明,等. 讨论水土保持生态修复的若干科学问题[J]. 中国水利,2006(12):22-24.
- [2] 焦居仁. 生态修复的要点与思考[J]. 中国水土保持,2003(2):1-2.
- [3] 杨爱民,刘孝盈,李跃辉. 水土保持生态修复的概念、分类与技术方法[J]. 中国水土保持,2005(1):11-13.
- [4] 蔡建勤,张长印,陈法杨. 全国水土保持生态修复分区研究[J]. 中国水利,2004(4):46-48.
- [5] 郭志民,黄传伟. 闽东南沿海丘陵区小流域生态修复效果[J]. 中国水土保持科学,2004,2(3):103-105.
- [6] 杨洪晓,卢琦,吴波,等. 高寒沙区植被人工修复与种子植物物种多样性的变化[J]. 林业科学,2004,40(5):45-49.
- [7] 崔鹏,王道杰,韦方强. 干热河谷生态修复模式及其效应:以中国科学院东川泥石流观测研究站为例[J]. 中国水土保持科学,2005,3(3):60-64.
- [8] 李长定. 通渭县鹿鹿山实施水土保持生态修复的成效与启示[J]. 中国水土保持,2004(2):48-49.
- [9] 卿太明,孔祥东,周斌. 四川水土保持生态修复工作现状与建议[J]. 四川水利,2006(3):10-12.
- [10] 崔崑,何京丽,荣浩,等. 论牧区水土保持生态修复技术与模式[J]. 草业科学,2009,26(1):40-44.
- [11] 张荣华,刘霞,姚秀友,等. 桐柏大别山区土壤侵蚀敏感性评价及空间分布[J]. 中国水土保持科学,2010,8(1):58-64.
- [12] 张荣华,刘霞,李欢,等. 桐柏大别山区土地利用时空变化图谱分析[J]. 中国水土保持科学,2011,9(4):16-22.
- [13] 姚孝友,肖幼,顾洪,等. 淮河流域水土保持生态修复机理与技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2011:20-33.
- [14] 钟明星,黄正建,黄明艳,等. 浅谈水土保持生态修复的适宜条件及工作重点[J]. 中国水土保持,2005(1):6-17.
- [15] 中国科学院. 中国地貌区划[M]. 北京:科学出版社,1959.
- [16] 徐志强,张光灿,刘霞,等. 淮河流域伏牛山区水土保持生态自然修复适宜性评价与分区[J]. 中国水土保持科学,2013,11(3):17-23.
- [17] 中华人民共和国. GB21010—2007 土地利用现状分类[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [18] 王敏. 非监督分类的卫星影像上居民地特征提取研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2005.
- [19] 中华人民共和国. SL190—2007 水利行业标准土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京:北京科文图书业信息技术有限公司,2008.

(上接第 257 页)

- [7] 赵丽娟,韩晓增,王守宇,等. 黑土长期施肥及养分循环再利用的作物产量及土壤肥力变化(IV):有机碳组分的变化[J]. 应用生态学报,2006,17(5):817-821.
- [8] 胡月明,万洪富,吴忠峰,等. 基于 GIS 的土壤质量模糊变权评价[J]. 土壤学报,2001,38(3):266-274.
- [9] 沈善敏. 长期土壤肥力试验的科学价值[J]. 植物营养与肥料学报,1995,1(1):1-9.
- [10] 李月芬,汤洁,李艳梅. 用主成分分析和灰色关联度分析评价草原土壤质量[J]. 世界地质,2004,23(2):169-174.
- [11] 张甘霖,龚志同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2008.
- [13] 黄婷,岳西杰,葛玺祖,等. 基于主成分分析的黄土沟壑区土壤肥力质量评价:以长武县耕地土壤为例[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(3):141-148.
- [14] 吴敏,何鹏,韦家少. 海南岛胶园土壤肥力的综合评价[J]. 中国土壤与肥料,2009(2):1-5.