

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

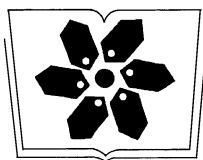
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 10 期 Vol.33 No.10 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 10 期 2013 年 5 月 (半月刊)

目 次

福建长汀水土保持专题

- 福建省长汀县水土流失区的时空变化研究——“福建长汀水土保持”专题序言 徐涵秋 (2945)
- 福建省长汀县河田盆地近 35 年来地表裸土变化的遥感时空分析 徐涵秋 (2946)
- 福建省长汀县河田水土流失区植被覆盖度变化及其热环境效应 徐涵秋, 何 慧, 黄绍霖 (2954)
- 红壤侵蚀地马尾松林恢复后土壤有机碳库动态 何圣嘉, 谢锦升, 曾宏达, 等 (2964)
- 基于 RUSLE 的福建省长汀县河田盆地土壤侵蚀定量研究 杨冉冉, 徐涵秋, 林 娜, 等 (2974)
- 南方红壤水土流失区土地利用动态变化——以长汀河田盆地为例 林 娜, 徐涵秋, 何 慧 (2983)
- 亚热带地区马尾松林碳储量的遥感估算——以长汀河田盆地为例 黄绍霖, 徐涵秋, 林 娜, 等 (2992)
- 南方红壤侵蚀区土壤肥力质量的突变——以福建省长汀县为例 陈志强, 陈志彪 (3002)

前沿理论与学科综述

- 土壤有机质转化及 CO₂ 释放的温度效应研究进展 沈征涛, 施 斌, 王宝军, 等 (3011)
- 湖泊蓝藻水华发生机理研究进展 马健荣, 邓建明, 秦伯强, 等 (3020)

个体与基础生态

- 岩溶区不同植被下土壤水溶解无机碳含量及其稳定碳同位素组成特征 梁 轩, 汪智军, 袁道先, 等 (3031)
- 黄脊雷鳉越冬卵的滞育发育特性 朱道弘, 陈艳艳, 赵 琴 (3039)
- 香港巨牡蛎与长牡蛎种间配子兼容性 张跃环, 王昭萍, 闫喜武, 等 (3047)

种群、群落和生态系统

- 西藏珠穆朗玛峰国家级自然保护区鸟类群落结构与多样性 王 斌, 彭波涌, 李晶晶, 等 (3056)
- 采伐对长白山阔叶红松林生态系统碳密度的影响 齐 麟, 于大炮, 周旺明, 等 (3065)
- 胶州湾近岸浅水区鱼类群落结构及多样性 徐宾铎, 曾慧慧, 薛 莹, 等 (3074)
- 黄河口盐地碱蓬湿地土壤-植物系统重金属污染评价 王耀平, 白军红, 肖 蓉, 等 (3083)
- 不同起始状态对草原群落恢复演替的影响 杨 晨, 王 炜, 汪诗平, 等 (3092)
- 施肥梯度对高寒草甸群落结构、功能和土壤质量的影响 王长庭, 王根绪, 刘 伟, 等 (3103)
- 高寒退化草地狼毒种群株丛间格局控制机理 高福元, 赵成章 (3114)
- 藏东南色季拉山西坡土壤有机碳库研究 马和平, 郭其强, 刘合满, 等 (3122)
- 灵石山不同海拔米槠林优势种叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 值与叶属性因子的相关性 王英姿 (3129)
- 西门岛人工秋茄林恢复对大型底栖生物的影响 黄 丽, 陈少波, 仇建标, 等 (3138)
- 喀斯特峰丛洼地土壤剖面微生物特性对植被和坡位的响应 冯书珍, 苏以荣, 秦新民, 等 (3148)
- 青藏高原高寒草甸植被特征与温度、水分因子关系 徐满厚, 薛 娴 (3158)

景观、区域和全球生态

近 60 年挠力河流域生态系统服务价值时空变化..... 赵 亮,刘吉平,田学智 (3169)

基于系统动力学的雏菊世界模型气候控制敏感性分析..... 陈海滨,唐海萍 (3177)

资源与产业生态

主要气候因子对麦棉两熟棉花产量的影响..... 韩迎春,王国平,范正义,等 (3185)

低覆盖度行带式固沙林对土壤及植被的修复效应..... 姜丽娜,杨文斌,卢 琦,等 (3192)

不同土地利用方式土下岩溶溶蚀速率及影响因素..... 蓝家程,傅瓦利,彭景涛,等 (3205)

农地保护的外部效益测算——选择实验法在武汉市的应用 陈 竹,鞠登平,张安录 (3213)

研究简报

温度、投饵频次对白色霞水母无性繁殖与螅状体生长的影响 孙 明,董 婧,柴 雨,等 (3222)

内蒙古达赉湖西岸地区大鸕巢穴特征和巢址选择..... 张洪海,王 明,陈 磊,等 (3233)

红外相机技术在鼠类密度估算中的应用..... 章书声,鲍毅新,王艳妮,等 (3241)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-05



封面图说: 色季拉山的长苞冷杉和高山杜鹃林——色季拉山高海拔处的植被主要有长苞冷杉、林芝云杉和高山杜鹃等,再高海拔地区则分布有高山灌丛、草甸等。长苞冷杉为我国特有种,属松科常绿乔木,分布于西藏东南部高山地带。树高可达 40m,树皮暗褐色,针叶较短;其球果圆柱形,直立。长苞冷杉的形态独特,与分布区内多种冷杉有密切的亲缘关系,和云杉、杜鹃的分布也彼此交叠。随着色季拉山体海拔的升高,区域气候对于山地土壤从黄壤至棕色森林土、直至高山草甸土的完整发育,以及对森林生态系统类型的形成都产生直接而深刻的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201204210575

徐涵秋. 福建省长汀县河田盆地区近 35 年来地表裸土变化的遥感时空分析. 生态学报, 2013, 33(10): 2946-2953.

Xu H Q. Spatiotemporal dynamics of the bare soil cover in the Hetian basinal area of County Changting, China, during the past 35 years. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(10): 2946-2953.

福建省长汀县河田盆地区近 35 年来地表 裸土变化的遥感时空分析

徐涵秋*

(福州大学环境与资源学院, 福州大学遥感信息工程研究所, 福建省水土流失遥感监测评估与灾害防治重点实验, 福州 350108)

摘要: 福建省长汀县河田盆地区是中国南方最典型的红壤水土流失区之一, 当地人民和各级政府一直为治理该区的的水土流失进行着不懈的努力。利用遥感技术对该区 1976 年以来地表裸土分布的时空变化进行了分析, 基于所提出的双重遥感指数法对该区的裸土信息进行提取, 查明了该区地表裸土分布的时空变化情况。研究表明, 该区近 35 年的治理已大大减轻了地表的裸露程度, 地表裸土面积从 1976 年的 159.17 km² 锐减到 2010 年的 51.98 km²。在 3 个不同的观察时间段里, 裸土面积的变化呈现逐次减少、减速加快的趋势, 客观地反映了该区水土流失治理的 3 个重要历史时期和政策所产生的效应。

关键词: 水土流失; 不透水面指数; 裸土指数; 长汀县; 河田; 遥感

Spatiotemporal dynamics of the bare soil cover in the Hetian basinal area of County Changting, China, during the past 35 years

XU Hanqiu*

College of Environment and Resources, Fuzhou University; Institute of Remote Sensing Information Engineering, Fuzhou University; Fuzhou 350108, China

Abstract: The Hetian basinal area in County Changting of Fujian province is one of the most typical soil loss areas in the reddish soil regions of southern China. Local people and governments have been struggling for the control of the soil loss for decades. This study used remote sensing technology to analyze spatiotemporal dynamics of the bare soil cover in the Hetian basinal area since 1976. The bare soil features were extracted from the Landsat images of 1976, 1988, 1999, 2004 and 2010 using two thematic indices-normalized difference soil index (NDSI) and normalized difference impervious surface index (NDISI). After converting the original digital number values of the images to at-satellite reflectance, the soil and impervious surface features were enhanced using the two indices, respectively. The soil features were then extracted from the soil-enhanced images. However, the extracted soil information was found to have been mixed with built-up land information due to the spectral confusion between the two categories. Therefore, the NDISI was further used to filter out the unwanted built-up land information from the soil images using a logical tree algorithm, as the NDISI is the index specially designed for highlight impervious surface features represented mainly by built-up lands. Results showed that the nearly thirty-five years of fight for controlling soil loss have greatly reduced bare soil covers in the basinal area. The area of the bare soil cover has been greatly reduced from 159.17 km² in 1976 to 51.98 km² in 2010. In the three observed periods, 1976—1988, 1988—1999, and 1999—2010, the decrease in bare soil cover was in an accelerate speed, which was -2.45 km² per year, -2.75 km² per year, and -4.33 km² per year for the three periods, respectively. This corresponds to the

基金项目: 教育部创新团队项目(IRT0960); 福建省自然科学基金项目(2011J01269)

收稿日期: 2012-04-21; 修订日期: 2012-09-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hxu@fzu.edu.cn

major policies issued by the government for the soil loss treatment of the area. Government policies accompanied with effective actions have played a key role in the reducing of the bare soil cover in the Hetian basinal area.

Key Words: soil loss; impervious surface index; bare soil index; County Changting; Hetian; remote sensing.

水土流失是当今世界面临的一个严峻问题,严重的水土流失已造成了生态环境的急剧退化,其诱发的各种灾害已给人民群众的生产生活带来了极大的危害。我国是世界上水土流失最严重的国家之一,水土流失的胁迫已造成许多地区的人民群众背井离乡,另觅他乡。即便是在全国森林覆盖率第一名的福建省,水土流失现象也相当普遍。而地处福建西部的长汀县,更是以其严重的水土流失而成为中国南方红壤地区的典型水土流失区,一直倍受各界的关注。

水土流失在地表上的典型表现就是大面积的土壤直接裸露地表。因此,无论是水土流失治理或治理成效评价,其关键的第一步就是要快速准确地判断地表土壤裸露区,定量分析其时空变化。当前,卫星遥感对地观测系统以其快速、实时、大面积观测的特点在水土流失调查中有着无可比拟的优势,其所获得的数据是各级政府开展水土流失治理工作的决策依据,遥感技术已成为水土流失治理和评价不可或缺的高新技术^[1]。近年来,针对长汀地区水土流失的遥感调查也陆续见诸报道。江洪等^[2]利用遥感植被指数研究了长汀县 1994、2003 年的植被覆盖度变化,结果表明这期间长汀县的高植被覆盖面积增加了 150km²;吴清泉等^[3]以长汀县为例,探讨了基于 SPOT 影像的水蚀区水土流失遥感动态监测的方法;武国胜等^[4]应用遥感影像研究了长汀县 1988—2007 年间的土壤侵蚀景观格局变化,指出该区的侵蚀景观类型主要表现出由侵蚀较强的景观向侵蚀较弱的景观转移的特点。但是,针对该区地表裸土变化的调查尚未见报道,而相关的研究在国内外也不多^[5]。Servenay 和 Prat^[6]利用航空照片和 SPOT 影像对墨西哥 Michoacan 州 1975—2000 年的土壤侵蚀状况进行了调查,发现该区的土壤侵蚀在 25a 里并没有加剧的现象。Rodríguez 和 González^[7]基于 Landsat TM/ETM+ 影像和监督分类法调查了西班牙 Guadalajara 地区 1989—2002 年间的土壤流失情况,结果表明该区河谷的土壤在这一期间减少了 2/3。李正国等^[8]利用 Landsat TM 数据研究了延安和榆林市 1987—2002 年间的景观破碎化及其土壤裸露效应。结果表明,高破碎化特征景观的土壤裸露程度要明显高于低破碎化景观。

为了查明长汀县水土流失最严重的河田盆地区的地表裸土动态变化特征,本文以遥感特征信息提取技术为手段,重点对该区的地表裸土分布进行跨度近 35 年的时空变化分析,这对该区长期水土流失治理成效的科学评价,对该区今后进一步治理工作的开展都具有非常重要的意义。

1 研究区概况

长汀县地处福建西部,是福建的边远山区县。该县属亚热带季风气候,年平均气温 18.8—19.3℃,年降雨量 1500—1700mm。从图 1 该县 1988 年 Landsat TM 卫星影像中可以直观看出,当时该县四周皆为绿被覆盖,只有中部表现为泛红的裸土区。该区即为闻名遐迩的长汀河田水土流失区,也是该县长期治理的最主要水土流失区。因此本文将其作为研究区,重点研究该区 1976—2010 年地表裸土分布的时空变化。

研究区北距长汀县城约 20km,地理位置为东经 116°16′—116°34′,北纬 25°30′—25°44′,面积 775.4km²。研究区中心为一凹陷地形,最低海拔 226m;其四周基本为群山所怀抱,最高海拔 1081m,相对高差 855m,表现为一盆地地貌特征(图 1)。因此,在《长汀县志》中被称为河田盆地,取名于其中部的河田镇。盆地基底由花岗岩组成,岩石质脆,面蚀强烈,风化后土壤类型以红壤土和砂壤土为主^[9]。

2 基本原理与方法

2.1 研究数据

研究数据采用卫星遥感影像。考虑到数据源的一致性,避免影像处理过程中可能产生的不确定性,所有遥感数据统一采用 Landsat 卫星系列数据。时间跨度从 1976—2010 年。由于该区的水土流失有效治理始于

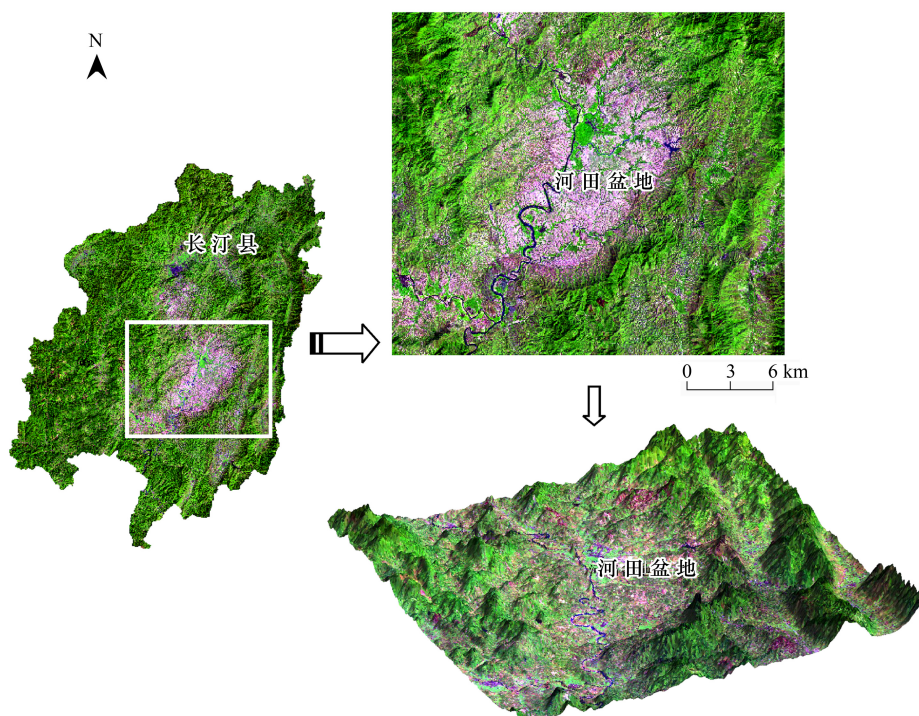


图1 研究区位置及其3维地貌特征 (RGB:741)

Fig.1 Map showing the location of the study area and 3D-perspective view of the Hetian Basin (RGB:741)

20 世纪 80 年代,因此这一研究时段可以从该区有效治理前的 1976 年一直考察到经过近 35 年治理后的今天,研究结果有助于全面揭示该区水体流失治理的客观情况。

分别在 70、80 和 90 年代各选一个时相,而 2000 年之后由于是福建省政府为民办实事重点治理的十年,所以加入 2004 年时相,以加密对该时段的考察。影像类型及其获取时间分别为:1976-11-28 (MSS)、1988-10-16 (TM)、1999-08-20 (ETM+)、2004-10-12 (TM) 和 2010-10-29 (TM)。

采用美国建立全国土地覆盖数据库(NLCD)使用的标准化流程对影像进行辐射校正,用 Chander 等^[10-11]和 Chavez^[12]的模型和参数将原始影像的灰度值(DN)转换为传感器处反射率,以减少不同时相的影像在地形、光照和大气等方面的差异,然后将它们重新转换为 8 bit 整形数据;不同时相的影像之间采用二次多项式和最邻近象元法进行配准,配准的 RMS 误差都小于 0.5 个象元。

2.2 裸土信息提取

裸土信息主要采取遥感指数法进行提取。选用的是 Kearney 等人的归一化差值裸土指数 NDSI^[13],其公式为:

$$\text{NDSI} = (\text{TM5} - \text{TM4}) / (\text{TM5} + \text{TM4}) \quad (1)$$

式中, TM5 和 TM4 分别代表 TM 影像的第 5 和第 4 波段。

但从该指数的构成可以看出, NDSI 实际增强的是地表具有高亮度、低植被覆盖的地区,所以其增强的信息中不仅包含了裸土信息,还包含了建筑用地信息。实际上,这一指数也被用来增强建筑用地信息^[14-15]。从图 2 可知,由于土壤和建筑用地都具有在 TM5 波段的

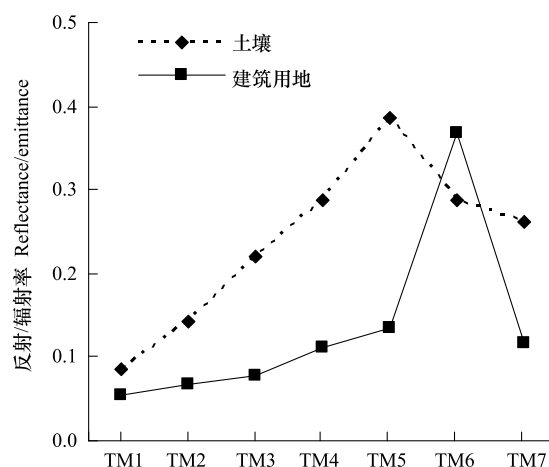


图2 土壤与建筑用地的波谱曲线

Fig.2 Signatures of bare soil and built-up land

反射率大于 TM4 波段反射率的特征,因此,如果用公式(1)的土壤指数进行计算,土壤和建筑用地都会呈正值而被增强,导致建筑用地和土壤混淆。图 3 从光谱特征空间的角度进一步证实了这一点。在 TM5 和 TM4 波段构成的光谱特征空间中,建筑用地和土壤的散点因相互重叠而无法很好地区分。裸土信息和建筑用地信息相混在国内外的遥感研究中一直是一难题^[16-17]。对此,本文采用双重指数法对其进行改进,通过进一步引入归一化差值不透水面指数 NDISI^[18]来解决裸土信息和建筑用地信息混淆的问题。由于不透水面指数 NDISI 增强的只是建筑物、道路等地表不透水面信息,因此可以用其来滤掉公式(1)裸土指数提取信息中混有的建筑用地信息。NDISI 的公式为:

$$NDISI = [(TM6 - (TM5 + TM4 + TM2) / 3)] / [(TM6 + (TM5 + TM4 + TM2) / 3)] \quad (2)$$

式中, TM6、TM5、TM4 和 TM2 分别代表 TM 影像的第 6、5、4、2 波段。

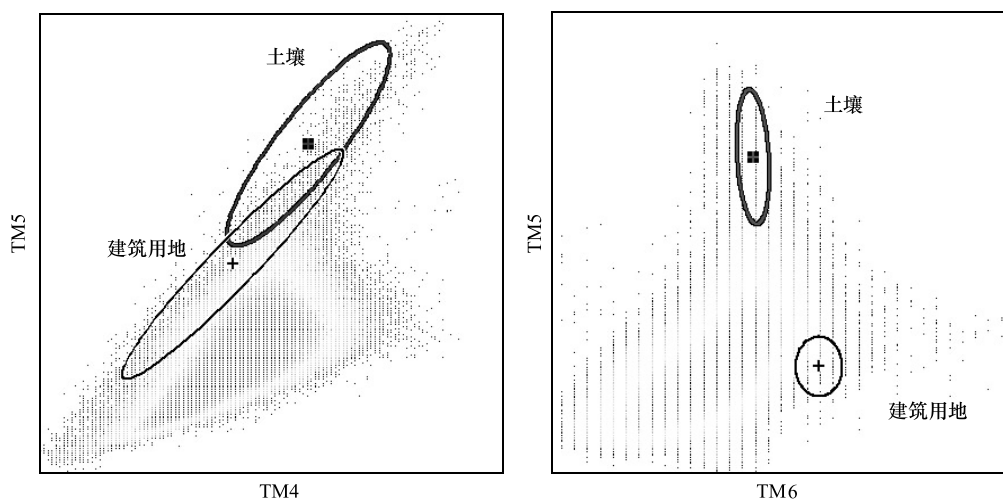


图 3 光谱特征空间

Fig. 3 Spectral feature spaces of TM5 vs. TM4 and TM6 vs. TM5

土壤和建筑物的散点主要分布在对应的椭圆中

从公式(2)可以看出 NDISI 不透水面指数的构建采用的特征波段主要是 TM6 和 TM5,土壤和建筑物在这两个波段的变现截然不同。土壤表现为 $TM5 > TM6$,而建筑物表现为 $TM5 < TM6$ (图 2)。因此利用公式(2)进行处理的结果只会增强建筑用地,而土壤会呈现负值而被抑制。从图 3 也可以看出,在 TM6 和 TM5 所构成的光谱特征空间中,土壤与建筑用地的散点并不重叠,因此二者不会产生混淆。

裸土信息的提取首先采用公式(1)、(2)分别对影像中的裸土和不透水面信息进行增强,获得二者的增强影像。由于二者都是归一化指数,所以被指数增强的裸土或不透水面信息一般都呈正值;而非裸土或不透水面信息一般都呈负值。进一步将裸土增强影像和不透水面增强影像叠加,然后采用下式进行逻辑运算,滤去建筑用地信息:

$$\begin{cases} \text{If } NDSI_i > T_1 \text{ and } NDISI_i > T_2 \text{ then } NDSI_i = 0 \\ \text{If } NDSI_i > T_1 \text{ and } NDISI_i < T_2 \text{ then } NDSI_i = NDSI_i \end{cases} \quad (3)$$

式中, T_1 为裸土的阈值,大于 T_1 的即为裸土; T_2 为不透水面的阈值,大于 T_2 的为建筑不透水面。

公式(3)意指:如果象元 i 在裸土增强影像和不透水面增强影像中的指数值分别大于 T_1 和 T_2 ,说明该象元是建筑用地,而不是裸土,因此予以滤去;如果象元 i 在裸土增强影像中的指数值大于 T_1 ,而在不透水面增强影像中小于 T_2 ,则该象元是裸土,而不是建筑用地,将其保留。经过这样处理后,NDISI 裸土影像中的建筑用地信息就可以被滤去,剩下的就是裸土信息,据此提取出来的就是裸土分布图。由于 1976 年的 MSS 影像没有相当于 TM5、TM6 的中红外和热红外波段,因此无法采用双重指数法来提取裸土信息,而是采用最大似然分类法对其进行分类,然后将分类结果中的土壤类信息单独提取出来。

精度验证采用野外实地验证结合高分辨率影像验证的方法。2010 年 10 月影像的裸土提取结果于同年 11 月在长汀进行实地验证,而不可及的地区则用 ALOS 高分辨率影像(2.5m)进行验证。对于历史时期影像的提取结果则采用年份对应或接近的 SPOT 10m 分辨率影像进行验证。由于 1976 年的 MSS 影像没有同年代分辨率较高的影像,所以主要将提取的裸土信息与其彩色合成影像对比。验证结果表明所提取的各时相裸土信息均具有较高的精度(表 1)。

表 1 精度验证表
Table 1 Accuracy assessment

年份 Year	影像日期 Image date		阈值 Threshold		取样数 Sampling number	总精度/% Overall accuracy	Kappa
	Landsat	SPOT/ALOS	T_1	T_2			
1976	1976-11-28	—	—	—	300	88.33	0.813
1988	1988-1-16	1988-06-02	0.057	0.031	300	93.33	0.901
1999	1999-08-20	1998-10-22	0.033	0.018	300	91.67	0.887
2004	2004-10-12	2004-10-05	0.013	0.039	300	96.67	0.937
2010	2010-10-29	2010-12-29	0.073	0.055	300	95.00	0.921

3 结果与分析

分别对 1976、1988、1999、2004、2010 年的裸土提取影像(图 4)进行统计,得出研究区各时相裸土分布面积及其所占比例(表 2)。

表 2 研究区裸土面积变化表
Table 2 Area of bare soil cover and its changes during the study period

	1976	1988	1999	2004	2010	变化 Changes					
						1976— 1988	1988— 1999	1999— 2010	1976— 2010	1999— 2004	2004— 2010
裸土面积 Soil area/km ²	159.17	129.81	99.63	75.45	51.98	-29.36	-30.18	-47.65	-107.19	-24.18	-23.47
比例 Percentage/%	20.53	16.74	12.85	9.73	6.70	-18.45	-23.25	-47.83	-67.33	-24.27	-31.11
年均变化 Annual change/km						-2.45	-2.74	-4.33	-3.15	-4.84	-3.91

3.1 时间变化分析

从表 2 可以看出,河田盆地区地表裸土面积在所研究的时间段内有了很大的变化,其面积从 1976 年的 159.17km² 下降到 2010 年的 51.98 km²,裸土面积减少了 66.73%,净减了 107.19km²;其裸土面积占研究区的比例也从 1976 年的 20.53% 下降到 2010 年的 6.7%。地表裸露面积的大幅减少,反映了长汀县的水土流失治理已经取得了显著的成效。如果按图 5 的模型预测,到了 2028 年该区的地表裸土将有望基本消失。

如果根据影像的年份将所研究的时间分为 1976—1988、1988—1999 和 1999—2010 三个时段,每个时段 11—12a。可以看出,3 个时间段的裸土面积依次减少,减少速度依次加快。1988—1999 年时间段的裸土减少面积和速度都大于 1976—1988 时间段,说明该区始于 20 世纪 80 年代的治理已逐渐收到成效;而 1999—2000 年时间段的裸土面积减少最多,速度最快,大大超过了前两个时间段。这说明 2000 年福建省政府将长汀县的水土流失治理纳入省政府为民办实事项目后,该区的水土流失治理工作明显加快。但从治理速度来看,1999—2004 年的速度最快,达到每年减少 4.84 km²,而 2004—2010 年间的速度有所放缓,每年减少 3.91 km²。

3.2 空间变化分析

从图 4 和表 2 可知,该区在 20 世纪 70 年代地表裸露程度相当严重。1976 年的裸土面积占去了研究区的 1/5 强,盆地中心因少有植被覆盖,而造成连片的土壤裸露,山丘之间的沟壑也少有植被穿插,生态十分恶劣。除了主盆地外,西南部以及东边的两个沟谷都有大量裸土分布。随着治理工作的开展,1988 年盆地仍以连片裸露的土壤为特征,但其间已出现分割的植被条带;到了 1999 年,穿插于成片裸土中的植被条带进一步增多,

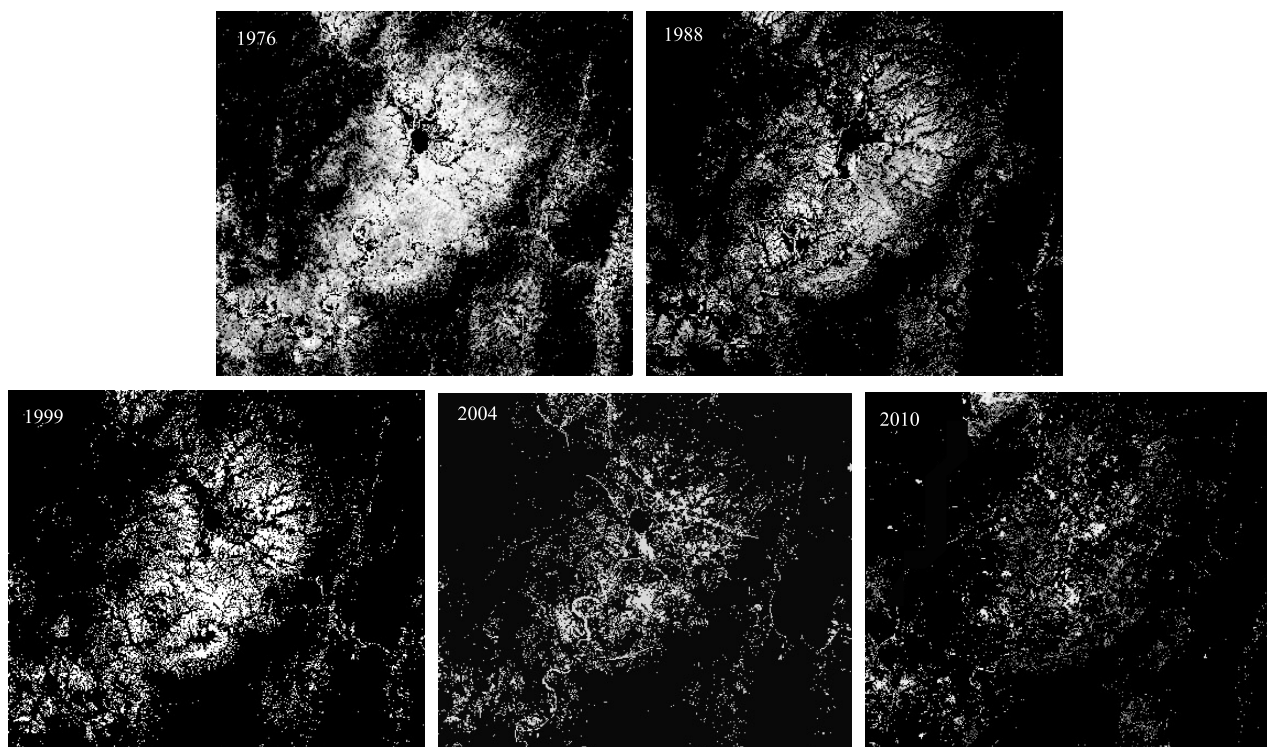


图 4 研究区各时相裸土分布图

Fig. 4 Extracted bare soil images of each study year

连片裸土的完整性受到破坏;到了 2004 年,盆地中心大片裸露土壤已大为减少;而到了 2010 年成片裸土已基本消失,裸土只是零散分布于盆地中,其东边沟谷的裸土基本消失,西南端的裸土也大量减少,生态环境明显改善。总的看来,裸土分布表现出从盆地边缘逐渐往盆地中心收缩,从成片分布到逐渐破碎的趋势。

图 6 是河田镇罗地村东南一带裸土分布变化的详图(面积 17.11 km²),它可以作为河田盆地区水土流失治理成效的一个缩影。其裸土分布面积从 1976 年的 10.63 km² 依次减到 1988 年的 8.87 km²、1999 年的 7.77 km² 以及 2010 年的 1.55 km²;所占比例也从 1977 年的 62.1% 锐降到了 2000 年的 9.1%,地表裸露程度得到了显著改善。

3.3 政策扶持效应

以上结果表明以河田为中心的长汀县水土流失治理在近 35 年内取得显著的成效,这与各级政府的重视和当地人民群众的努力是分不开的。针对河田地区的水土流失治理在解放前就已开始,但并没有取得成效。解放后的治理大致可分为 3 个时间段:(1)20 世纪 80 年代之前,这一时期的治理工作一直是时断时续,收效不明显^[19]。(2)1980—2000 年,这一时期内该区的水土流失才开始有效治理。1983 年 5 月,河田被省政府定为全省治理水土流失的试点,并拨专款进行综合治理。(3)2000 年以后,这一时期是治理的加速期。2000 年 2 月福建省委、省政府将长汀县水土流失综合治理列为全省为民办实事项目,每年准备筹集 2000 万用于综合治理。同年 6 月,颁布了《封山育林命令》。

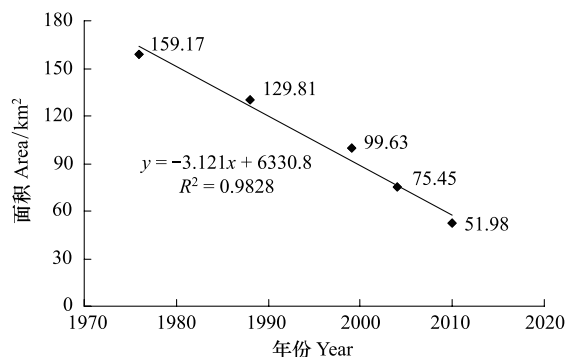


图 5 裸土分布面积的变化

Fig. 5 The area change of the bare soils during the study years

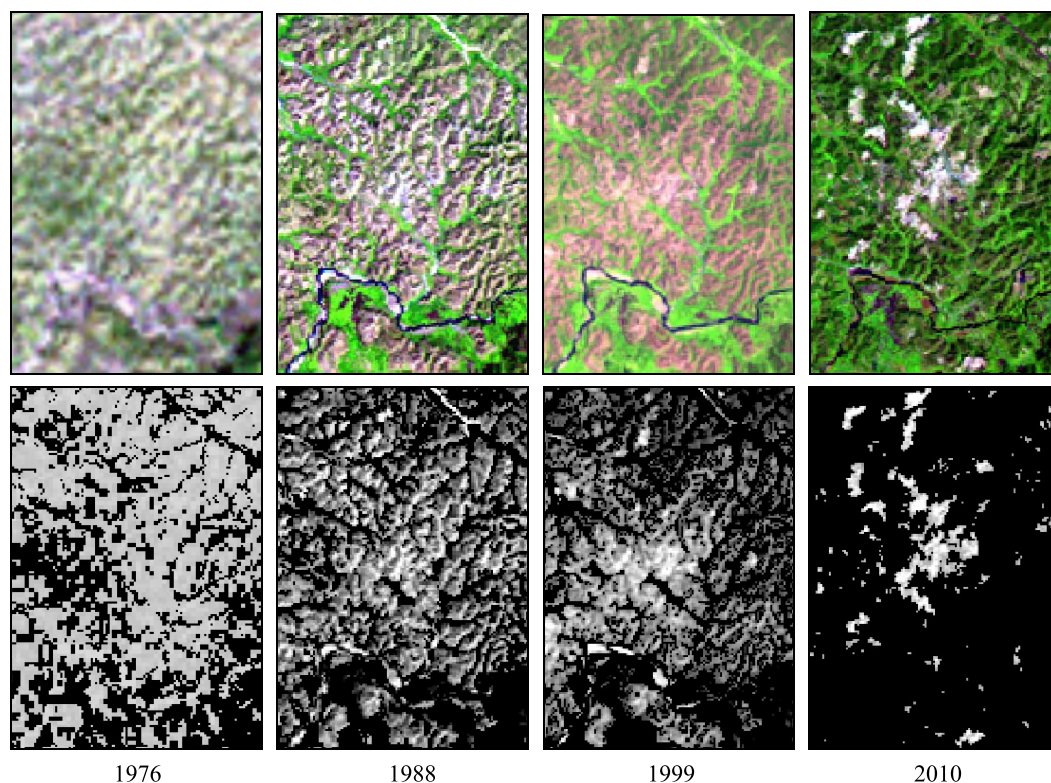


图6 河田寮村一带裸土分布变化图(上:原始影像,RGB:741;下:裸土提取图)

Fig.6 Dynamics of bare soils in the Liao Village

本次研究的3个时间段基本体现了以上长汀县水土流失治理的3个历史时期。1976年的影像代表尚未进行有效治理时的地表裸露程度;1999年的影像代表实施“试点”工程后的裸土分布情况;2010年的影像则代表实施“为民办实事”工程后的最新地表裸露情况。总的看来所研究的3个时间段很好地反映了政策的效应,具体表现在随着不同时期政策力度的加大,该区裸土面积的减少越来越多、速度越来越快。特别是后一时间段充分反映了2000年长汀县水土流失治理被纳入为民办实事的项目后所产生的巨大效应。

显然,政策的扶持及其伴随的一系列有效措施极大地推进了长汀县以河田为中心的水土流失治理工作。图5的模型预测河田盆地区地表裸土有望基本消失的时间为2028年。预计到2028年河田盆地水土流失会得到彻底治理。

4 结语

当前常用的遥感裸土指数尚无法对裸土信息进行准确提取,其提取的信息中会含有建筑用地的信息。通过与不透水面指数结合的双重指数法可以较好地分离裸土中的建筑用地信息,有效提高裸土信息的提取精度。

长汀县河田盆地区在过去的近35年里水土流失治理工作取得了显著的成效,地表裸露面积大幅减少,裸露比例大幅降低。裸土面积从1976年的159.17 km²锐减到2010年的51.98 km²,比例从20.5%下降到6.7%。在空间上,裸土的分布表现出从盆地边缘逐渐往盆地中心收缩,从成片分布到逐渐破碎的趋势。

在所观察的3个时间段里,裸土面积的变化表现为面积减少速度越来越快,这客观地反映了该区水土流失治理的几个重要历史时期的政策效应。

References:

- [1] Xu X, Ma K, Fu B J, Liu X, Huang Y, Qi J. Research review of the relationship between vegetation and soil loss. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (9): 3137-3143.

- [2] Jiang H, Wang Q M, Wang X Q. Dynamic monitoring of vegetation fraction by remote sensing in Changting County of Fujian province. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(1): 126-132.
- [3] Wu Q Q, Chen M H, Chen W X, Yue H. Remote sensing monitoring technology for soil erosion in water erosion area of Fujian Province. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2007, 27(4): 49-52.
- [4] Wu G S, Lin H H, Zhu H J, Sha J M, Dai Y. Spatiotemporal variation of typical red soil eroded landscape pattern: A case study in Changting County of Fujian Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(7): 1825-1832.
- [5] Mulder V L, de Bruin S, Schaepman M E, Mayr T R. The use of remote sensing in soil and terrain mapping — A review. *Geoderma*, 2011, 162: 1-19.
- [6] Servenay A, Prat C. Erosion extension of indurated volcanic soils of Mexico by aerial photographs and remote sensing analysis. *Geoderma*, 2003, 117: 367-375.
- [7] Rodríguez P C, González M E P. Changes in soil sealing in Guadalajara (Spain): Cartography with LANDSAT images. *Science of the Total Environment*, 2007, 378: 209-213.
- [8] Li Z G, Wang Y L, Zhang X F. Landscape fragmentation and soil bareness study in north Shanbei Loess Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 421-427.
- [9] Editing Committee of Chanting. *Changting History*. Beijing: Sanlian Press, 1992.
- [10] Chander G, Markham B L. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2003, 41(11): 2674-2677.
- [11] Chander G, Markham B L, Helder D L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 2009, 113: 893-903.
- [12] Charvz P S Jr. Image-based atmospheric corrections - Revisited and revised. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1996, 62(9): 1025-1036.
- [13] Kearney M S, Rogers A S, Townshend J R G. Developing a model for determining coastal marsh “health”. In: *Third Thematic Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments*, Seattle, Washington, 1995: 527-537.
- [14] Yang S. On extraction and fractal of urban and rural residential spatial pattern in developed area. *Acta Geographical Sinica*, 2000, 55(6): 671-678.
- [15] Zha Y, Gao J, Ni S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(3): 583-594.
- [16] Gluch R, Quattrochi A D, Luvall J C. A multi-scale approach to urban thermal analysis, *Remote Sensing of Environment*, 2006, 104(1): 123-132.
- [17] Powell S L, Cohen W B, Yang Z, Pierce J D, Alberti M. Quantification of impervious surface in the Snohomish Water Resources Inventory Area of western Washington from 1972—2006. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112(14): 1895-1908.
- [18] Xu H Q. 2010. Analysis of impervious surface and its impact on urban heat environment using the normalized difference impervious surface Index (NDISI). *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 76(5): 557-565.
- [19] Zhao Z B. Study on treatment of soil and water loss area with forest-grass measures in Hetian Basin of Fujian province. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1987, (1): 37-40.

参考文献:

- [1] 徐宪立, 马克明, 傅伯杰, 刘宪春, 黄勇, 祁建. 植被与水土流失关系研究进展. *生态学报*, 2006, 26(9): 3137-3143.
- [2] 江洪, 王钦敏, 汪小钦. 福建省长汀县植被覆盖度遥感动态监测研究. *自然资源学报*, 2006, 21(1): 126-132.
- [3] 吴清泉, 陈明华, 陈文祥, 岳辉. 福建省水蚀区土壤侵蚀遥感监测技术探讨. *水土保持通报*, 2007, 27(4): 49-52.
- [4] 武国胜, 林惠花, 朱鹤健, 沙晋明, 戴文远. 典型红壤侵蚀景观的时空变化——以福建长汀为例. *应用生态学报*, 2011, 22(7): 1825-1832.
- [5] 李正国, 王仰麟, 张小飞. 陕北黄土高原景观破碎化及其土壤裸露效应. *生态学报*, 2005, 25(3): 421-427.
- [8] 长汀县地方志编撰委员会. *长汀县志*. 北京: 生活图书新知三联书店, 1992 年, 1108 页
- [14] 杨山. 发达地区城乡聚落形态的信息提取与分形研究——以无锡市为例. *地理学报*, 2000, 55(6): 671-678.
- [19] 赵昭晒. 福建河田盆地水土流失地区用林草措施治理的研究. *水土保持学报*, 1987, 1(1): 81-89.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 10 May, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Special Topics in Soil and Water Conservation of County Changting, Fujian Province

- Spatiotemporal dynamics of the bare soil cover in the Hetian basinal area of County Changting, China, during the past 35 years XU Hanqiu (2946)
- Analysis of fractional vegetation cover change and its impact on thermal environment in the Hetian basinal area of County Changting, Fujian Province, China XU Hanqiu, HE Hui, HUANG Shaolin (2954)
- Dynamic of soil organic carbon pool after restoration of *Pinus massoniana* in eroded red soil area HE Shengjia, XIE Jinsheng, ZENG Hongda, et al (2964)
- RUSLE-based quantitative study on the soil erosion of the Hetian basin area in County Changting, Fujian Province, China YANG Ranran, XU Hanqiu, LIN Na, et al (2974)
- Land use changes in a reddish soil erosion region of Southern China: Hetian Basin, County Changting LIN Na, XU Hanqiu, HE Hui (2983)
- Remote-sensing estimate of the carbon storage of subtropical *Pinus massoniana* forest in the Hetian Basin of County Changting, China HUANG Shaolin, XU Hanqiu, LIN Na, et al (2992)
- Mutation of soil fertility quality in the red eroded area of southern China: A case study in Changting County, Fujian Province CHEN Zhiqiang, CHEN Zhibiao (3002)

Frontiers and Comprehensive Review

- The temperature dependence of soil organic matter decomposition and CO₂ efflux: a review SHEN Zhengtao, SHI Bin, WANG Baojun, et al (3011)
- Progress and prospects on cyanobacteria bloom-forming mechanism in lakes MA Jianrong, DENG Jianming, QIN Boqiang, et al (3020)

Autecology & Fundamentals

- Characteristics of concentrations and carbon isotope compositions of dissolved inorganic carbon in soil water under varying vegetations in karst watershed LIANG Xuan, WANG Zhijun, YUAN Daoxian, et al (3031)
- The traits of diapause development of overwinter eggs in *Rammeacris kiangsu* Tsai (Orthoptera: Arcypteridae) ZHU Daohong, CHEN Yanyan, ZHAO Qin (3039)
- Analysis of gamete compatibility between *Crassostrea hongkongensis* and *C. gigas* ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (3047)

Population, Community and Ecosystem

- Avifaunal community structure and species diversity in the Mt. Qomolangma National Nature Reserve, Tibet, China WANG Bin, PENG Boyong, LI Jingjing, et al (3056)
- Impact of logging on carbon density of broadleaved-Korean pine mixed forests on Changbai Mountains QI Lin, YU Dapao, ZHOU Wangming, et al (3065)
- Community structure and species diversity of fish assemblage in the coastal waters of Jiaozhou Bay XU Binduo, ZENG Huihui, XUE Ying, et al (3074)
- Assessment of heavy metal contamination in the soil-plant system of the *Suaeda salsa* wetland in the Yellow River Estuary WANG Yaoping, BAI Junhong, XIAO Rong, et al (3083)
- The effects of different original state on grassland community restoration succession YANG Chen, WANG Wei, WANG Shiping, et al (3092)
- Effects of fertilization gradients on plant community structure and soil characteristics in alpine meadow WANG Changting, WANG Genxu, LIU Wei, et al (3103)
- Pattern-controlling mechanics of different age classes of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang (3114)

- Soil organic carbon pool at the western side of the sygera mountains, southeast Tibet, China MA Heping, GUO Qiqiang, LIU Heman, et al (3122)
- Correlation between foliar $\delta^{13}\text{C}$ and foliar trait factors of dominant species in *Castanopsis carlessii* forests in Lingshishan National Forest Park WANG Yingzi (3129)
- Influences of artificial *Kandelia obovata* mangrove forest rehabilitation on the macrobenthos in Ximen Island HUANG Li, CHEN Shaobo, CHOU Jianbiao, et al (3138)
- Responses of soil microbial properties in soil profile to typical vegetation pattern and slope in karst-cluster depression area FENG Shuzhen, SU Yirong, QIN Xinmin, et al (3148)
- Correlation among vegetation characteristics, temperature and moisture of alpine meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau XU Manhou, XUE Xian (3158)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- The temporal and spatial variation of the value of ecosystem services of the Naoli River Basin ecosystem during the last 60 years ZHAO Liang, LIU Jiping, TIAN Xuezhi (3169)
- Sensitivity analysis of climate control in the Daisyworld model based on system dynamics CHEN Haibin, TANG Haiping (3177)
- Resource and Industrial Ecology**
- Analysis of key climatic factors influencing on seed cotton yield in cotton-wheat double cropping HAN Yingchun, WAN Guoping, FAN Zhengyi, et al (3185)
- The effect of low-covered sand-fixing forest belts on restoration of the soil and vegetation JIANG Lina, YANG Wenbin, LU Qi, et al (3192)
- Dissolution rate under soil in karst areas and the influencing factors of different land use patterns LAN Jiacheng, FU Wali, PENG Jingtao, et al (3205)
- Measuring external benefits of agricultural land preservation: an application of choice experiment in Wuhan, China CHEN Zhu, JU Dengping, ZHANG Anlu (3213)
- Research Notes**
- Effect of temperature and feeding frequency on asexual reproduction and polyp growth of the scyphozoan *Cyanea nozakii* Kishinouye SUN Ming, DONG Jing, CHAI Yu, LI Yulong (3222)
- The research on *Buteo hemilasius* nest-site selection on the west bank of Dalai Lake in Dalai Lake Natural Reserve ZHANG Honghai, WANG Ming, CHEN Lei, et al (3233)
- Estimating rodent density using infrared-triggered camera technology ZHANG Shusheng, BAO Yixin, WANG Yanni, et al (3241)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 高玉葆

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 10 期 (2013 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 10 (May, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元