

基于 RS 和 GIS 的三峡库区林地变化及气候响应研究

张宝雷^{1,2} 周万村¹ 周启刚^{1,2} 冯朝阳^{1,2}

(1 中国科学院成都山地灾害与环境研究所 2 中国科学院研究生院)

摘要:为了研究三峡库区近 50 年的林地变化及气候响应, 该文以 TM、SPOT、MSS 影像和地形图等多种信息源为基础, 通过一种新的自动提取方法获取了 2002 年三峡库区的各类型林地资源现状分布, 并通过人工修改达到了精度要求。通过人工解译找动态图斑的方法获取了近 50 年三峡库区其他各期(2000、1995、1986、1973 和 1953 年)的林地资源分布图, 并对近 50 年三峡库区各种林地的变化过程作了分析。以全国 1915 个站点的气象数据为基础, 通过插值获取三峡库区的气候要素资料, 并对三峡库区林地变化的气候响应做了阐述。结果表明: 三峡库区的各种林地在近 50 年经历了剧烈减少—缓慢减少—较大减少—不断恢复的发展过程。三峡库区的年均气温对林地变化的响应不明显, 而年降水量与林地面积变化呈正相关, 但是年降水量的变化相对于林地面积的变化在时间上具有滞后性和某个时段上的反常性。

关键词:自动获取, 图像分割, 林地变化, 气候响应, 三峡库区

中图分类号:S771.8 文献标识码:A 文章编号:1000-1522(2006)04-0062-05

ZHANG Bao-lei^{1, 2}; ZHOU Wan-cun¹; ZHOU Qi-gang^{1, 2}; FENG Zhao-yang^{1, 2}. Forestland changes and climate response in the Three Gorges Reservoir Area based on RS and GIS. *Journal of Beijing Forestry University* (2006) 28(4) 62-66 [Ch, 13 ref.]

1 Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, 610041, P. R. China;

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, P. R. China.

In order to make a detailed analysis of forestland changes and their climate responses during the last 50 years, the authors obtained information for the year 2002 of the distribution of forestland by the application of a new auto-extraction method with relatively high precision. The authors took TM, SPOT and MSS images as well as topographic maps, assisted by manual revision, as our fundamental information sources. And the forestland distribution maps of previous periods (years of 2000, 1995, 1986, 1973 and 1953) were also obtained by the manual interpretation method, which was carried out in the way of searching for dynamic spots. Meanwhile, analysis was made on the process of the dynamic changes of forestland during the last 50 years. Moreover, on the basis of data collected from 1915 stations throughout China, the meteorological data in the Three Gorges Reservoir Area were obtained by the interpolation method and also the climate responses to the changes of forestland were analyzed. Results show that each kind of forestland area in the Three Gorges Reservoir Area has experienced a process of sharp reduction—mild reduction—relatively great reduction—slow restoration during the last 50 years. The response of the annual average temperature to the forestland changes is not significant. However, the changes of annual average rainfall are closely related with those of the forestlands, although its changes lag behind the forestland changes and have abnormality in certain period.

Key words auto-extraction, segmentation of images, forestland changes, climate response, the Three Gorges Reservoir Area

森林作为陆地生态系统的主体, 在生态环境保护以及经济发展和人民生活中发挥着重要作用。近 50 年来, 三峡库区的林地发生了剧烈的变化, 同时

气候规律也发生了明显的波动。近 50 年三峡库区的林地资源究竟发生何变化及其对气候变化有何影响, 这些问题至今极少有人进行较为深入和系统的

收稿日期: 2005-06-30

<http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-SW-319-01)、国务院三峡办课题(SX[2002]00401)。

第一作者: 张宝雷, 博士生。主要研究方向: 遥感监测与地理信息系统开发。电话: 028-85233318 Email: blzhang@mails.gucas.ac.cn 地址: 610041 四川省成都市中国科学院山地灾害与环境研究所 3S 室。

研究.关于库区森林的基本状况及其发展,在三峡工程影响论证中^[1]曾进行过研究,但信息源不统一,可比性差;另外,对三峡库区林地变化对气候影响的具体论述也很少.

遥感技术的迅速崛起使得土地利用和地表植被的监测变得简便而快捷.近年来,遥感图像的计算机自动分类方法的研究与应用^[2-4]也得到了较大的发展,但是这些研究都是建立在小面积研究的基础上,真正在大区域的应用较少.另一方面,许多研究表明^[5-7],森林破坏是气候异常的一个重要原因,但是林地面积变化对气候有何影响是一个非常敏感的问题,一直以来学术界存在争议,尤其林地面积变化对降水量的影响,森林究竟能否提供更多的降水的争论是这些争论中的焦点.国内外很多专家学者从各种不同的角度对这一焦点问题进行了研究,但由于研究区域和研究方法的不同,最后的结论也有很大的差异^[8-9].本文以 TM 和 SPOT 影像为数据源,在图像分割技术的支持下自动获取三峡库区林地资源的现状分布信息,人工解译方法获取了三峡库区 2000、1995、1986、1973 和 1953 年的林地资源分布信息,并对各类林地资源近 50 年的变化过程和气候响应作了详细分析.

1 研究区概况

本研究中的三峡库区是指三峡建坝后有淹没损失的地区,东起湖北宜昌市、西至重庆江津,北攀大巴山南麓、南抵云贵高原北缘,大约介于北纬 $28^{\circ}56' \sim 31^{\circ}44'$ 、东经 $106^{\circ}14' \sim 111^{\circ}28'$,跨越两个高斯投影带,总面积 $58\ 351\ km^2$.该地区处于大巴山褶皱带、川东褶皱带和川鄂湘黔隆起带三大构造单元交汇处.地形起伏剧烈,高差一般在 $1\ 000 \sim 1\ 500\ m$ 左右.山地、丘陵、盆地、谷地交错分布.库区东部山高坡陡,河流深切;西部地形起伏较小,浅丘平坝多.气候属亚热带季风气候,四季分明,年均气温 18.1°C ,极端高温可达 44°C ,年降水量为 $1\ 000 \sim 1\ 200\ mm$,多集中在夏季,而冬季雨水少,相对湿度较大,可达 $60\% \sim 80\%$.库区土壤以紫色土、黄壤、黄棕壤为主.植被以常绿针叶林为主,目前多为人工林和天然次生林.气候垂直变化明显,山川走向、坡度、坡向及气候垂直变化造成地区水、热分配不均匀,因而植被覆盖及土地利用千差万别.

2 数据基础和数据预处理

2.1 数据源

本次研究采用的数据主要有:

1)TM 影像(包括 2002、2000、1995 和 1986 年)、SPOT 影像(2002、1986—1990 年)、MSS 影像(1973

年)、1983 年黑白航片、1985 年彩红外航片和 50 年代初期的地形图(1953 年航测成图).

2)全国 1 915 个站点(其中三峡库区 8 个气象站点)的气象数据,时间区间为建站到 2004 年,经整理、检查,形成原始数据库,包括各站点多年的月降水、月均温,以及各站点经纬度、海拔.

3)三峡库区 1:250 000 DEM 和 1:50 000 县界.

2.2 数据预处理

2.2.1 图形数据的预处理

本研究使用的投影是等面积割圆锥投影.采用全国统一的中央经线和双标准纬线,中央经线为东经 105° ,双标准纬线分别为北纬 25° 和 47° ,采用 Krasovsky 椭球体.为了减少地形对林地现状自动提取的精度影响,将 TM 图像做地形光谱纠正^[10],公式为:

$$NB_i = 225 \left(\frac{OB_i}{\sum OB_i} \right) \quad (1)$$

式中, NB_i 为归一化像元亮度值; OB_i 为归一化前亮度值; i 代表波段, $i=1, 2, \dots, 7$.

然后,将 2002 年 TM 影像的投影转换为等面积割圆锥投影,再将 MSS 影像 4、5、7 波段进行扫描,经过增强处理后通过控制点分别纠正到 2002 年 TM 影像所在的坐标下,然后叠合成一幅图像.将其他各期 TM 影像、SPOT 影像和扫描地形图分别进行几何纠正,纠正到与 2002 年 TM 影像相同的坐标下,纠正误差控制在 0.5 个像元.

2.2.2 气象数据预处理

在 FoxPro 中编程计算年均气温、年降水量、年最高气温和年最低气温.将经过 FoxPro 预处理的全国 1 915 个气象站点(三峡库区 8 个)的气象数据在 Arc/Info 8.3 中转为站点的图层(Coverage),再利用反向距离加权平均法内插出全国空间分辨率为 $500\ m \times 500\ m$ 的年均气温、年降水量、年最高气温和年最低气温的 GRID 网格.其次,从全国范围的插值结果(GRID 网格)中切割出三峡库区所包括的范围.再次,利用三峡库区 1:250 000 DEM、以海拔每上升 $100\ m$ 气温降低 0.6°C 的温度递减率为依据,对气温(年均气温、年最高气温、年最低气温)进行 DEM 校正.最后,在三峡库区范围内分别计算单个网格在年均气温、年最高气温、年最低气温和年降水量层上的平均值,将该值作为三峡库区年均气温、年最高气温、年最低气温和年降水量的值.

3 三峡库区近 50 年林地变化

3.1 2002 年林地资源分布获取

本次研究所指的林地资源包括有林(森林)地(郁闭度 $\geq 15\%$)、疏林地(郁闭度 $< 15\%$)和灌木林地.本文通过自动提取和人工修改的方法来获取

2002年三峡库区林地资源的分布状况

3.1.1 自动提取

采用一种新颖独特的影像尺度分割法则^[11],以像元为单位,在特定的分割尺度(最少相邻像元数)下,根据影像的色调和纹理,将遥感图像分割生成图斑。该图斑的边界组成矢量形式上的多边形,运用模糊逻辑方法获得每个多边形对象的属性信息,将每个多边形的属性信息与样本的属性信息在每个波段上形成判别函数。通过判别函数来实现各种林地的自动提取。具体流程是:①应用 Erdas 8.6,采用编写 model 的方式对 2002 年的 TM 影像进行运算,获取 TM4/TM3 和 NDVI 两个数据层。然后将 TM 影像的 7 个波段、SPOT 影像、TM4/TM3 和 NDVI 数据层这 10 个数据层叠合在一起,采用 8 位数据采样的方式形成待提取图像。②在图像处理软件 eCognition 3.3 中将待提取图像进行尺度分割。影像尺度分割可得出样本对某类的从属程度,因此图像分割后会更真实地表示地面类别并使更多的属性信息用于后续分析。样本的隶属度是通过判别函数获得的,判别函数把任意特征值范围转换为统一的范围[0, 1],描述了一个类型的隶属度。③在 TM4、TM3、TM2 形成假彩色图像上分析有林(森林)地、疏林地和灌木林地的表现形式(主要是色调、形态),将这些表现形式确定为判别标志,以此作为林地样本选择的依据,并根据判读标志在已分割的图像上选取样本(图斑)。接下来,将地物样点生成判别函数,判别函数是自动提取过程中人机交互的窗口,可以随时对样本的判别函数曲线进行调整。④根据判别函数进行自动提取并目视检查提取分类结果,如果达不到精度要求,则修

改样本重新分类,直到达到要求为止。

3.1.2 人工修改

将自动提取结果导出为矢量格式(.shp),在 Arc/Info 8.3 中进行编辑处理,形成矢量的 Coverage 层。参照野外采样的样点、三峡库区各县最新土地利用图(2000 年)、部分县林地覆盖图和 1:50 000 地形图等对自动提取结果进行修改,并通过最后的编辑处理形成林地现状的 Coverage 层。然后,以野外样点和在航空相片上根据样点勾画的区域为依据,从定性和定量两个方面来进行检验。每类林地检验结果的定性精度和定量精度都要大于 0.95,否则要重新修改和编辑,直到达到要求为止。

3.2 其他各期林地资源分布获取

首先,将 2002 年的 Coverage 转化成 Auto CAD 格式(.dgn),并在 MGE 软件下将 2002 年的林地资源分布图(.dgn 文件)套合在 2000 年 TM 影像上,通过找动态图斑的方法获取 2000 年林地资源分布图。然后,将 2000 年的林地资源分布图套合在 1995 年 TM 影像上找动态图斑,再获取 1995 年的林地分布图。依次类推,就得到了 2002、2000、1995、1986、1973 和 1953 年林地资源分布图。最后,将 6 期林地资源分布图在 Arc/Info 8.3 中进行编辑处理后生成矢量文件(.shp 文件)。

3.3 三峡库区近 50 年林地资源面积变化

将得到的各期林地资源分布图在 Arcview 3.3 中进行面积统计(表 1)。由表 1 可以看出:近 50 年来三峡库区的林地总体上呈先减后增的趋势。但是各种林地的变化又各不相同。

表 1 近 50 年三峡库区林地资源面积变化

TABLE 1 Area changes of forestland resources during the last 50 years

	1953 年	1973 年	1986 年	1995 年	2000 年	2002 年
森林面积/ hm^2	1 671 569.46	1 170 090.91	1 161 226.53	1 099 962.77	1 153 549.05	1 156 093.23
疏林地面积/ hm^2	1 068 275.03	1 006 840.48	995 832.30	965 207.41	989 459.20	983 547.32
灌木林地面积/ hm^2	864 481.31	847 365.76	841 876.40	845 565.35	843 572.02	852 673.31
森林覆盖率/%	25.78	18.05	17.91	16.96	17.79	17.83

3.3.1 森林(有林地)变化

1953—1995 年,森林面积不断减少,1995 年以后开始缓慢恢复。1953—1973 年,减少了 501 478.55 hm^2 ,占 1953 年森林总面积的 30.0%,森林覆盖率也由 20 世纪 50 年代的 25.78% 减少到 18.05%。该时期是森林面积减少最多的时期。1973—1986 年的 13 年间,森林面积又减少了 8 864.38 hm^2 ,占 1973 年林地总面积的 0.76%;森林覆盖率又降低了 0.14%。1986—1995 年的 9 年间森林总面积减少了 61 263.76 hm^2 ,下降 5.28%;这 9 年是森林破坏的另一个高峰期,森林覆盖率也由 1953 年的 25.78% 降低到了历史最低点 16.96%。近两

年,三峡库区的森林资源不断恢复,从 2000—2002 年两年间就增加了 2 544.18 hm^2 ,增幅为 0.22%。但是,2002 年的森林覆盖率只有 17.83% 左右,只是与 1986 年的森林覆盖率相当,却远远低于 50 年代初的森林覆盖率。

3.3.2 灌木林地变化

1953—1973 年,灌木林地的面积急剧减少,减少面积达到 17 115.55 hm^2 ,减少率为 1.98%。1973—1986 年灌木林地的减少量比 1953—1973 年小得多,仅为 5 489.36 hm^2 ,减少率为 0.65%。1986—1995 年增加了 3 688.95 hm^2 ,增幅为 0.44%。1995—2000 年灌木林地面积减少较少,只为 1 993.33 hm^2 。2002 年

灌木林地面积又比 2000 年增加 9 101.29 hm²,而且 2002 年的灌木林地面积除了比 1953 年小以外比其他任何一个时期都大.

3.3.3 疏林地变化

近 50 年来,三峡库区的疏林地除了 1995—2000 年这一个时期有所增加外,其他各个时期都在减少. 50 年代初期到 1973 年疏林地总面积减少了 61 434.55 hm². 1973—1986 年又减少了 11 008.18 hm², 1986—1995 年减少了 30 624.89 hm², 1995—2000 年疏林地面积增加了 24 251.79 hm², 但总面积仍比 1986 年少 6 373.10 hm². 2000—2002 年的两年间疏林地面积又减少了 5 911.88 hm².

4 气候对林地变化的响应

将获取的各年份各种类型林地的面积值与同年各气候要素的值做相关性分析,得出它们的相关系数(如表 2). 由于疏林地的覆盖度小于 15%,很多研究^[7-9, 12-13]表明疏林地变化对气候的影响较小,在此就不对疏林地进行相关分析和研究(该处林地不包括疏林地). 由表 2 可以看出,除了年均气温以外,其他气候要素与林地面积的相关性都较大. 在林地中,由于林冠和其他植被的阻挡,地表只能获得较少的太阳辐射能,地表面向空气中释放的辐射能就会减少,加之林内空气湿度大,为提高林内温度需要的热量也多. 因此,林内最高气温及日间气温比空旷地低,昼夜温差和冬、夏温差也较小. 从这个层面上,年

最高气温、年最低气温和年温差与林地面积相关性较大就很容易理解,在此就不再赘述. 下面着重论述年均气温和年降水量对林地变化的响应.

表 2 林地面积变化与各气候要素变化的相关系数

TABLE 2 Correlative coefficients between forestland changes and climatic changes

	年最高气温	年最低气温	年温差	年均气温	年降水量
森林面积	-0.600	0.689	-0.671 41	0.046	0.763
灌木面积	-0.417	0.909	-0.549 58	0.329	0.856
林地面积	-0.595	0.700	-0.669 45	0.057	0.769

注:正相关表示变化趋势相同,负相关表示变化趋势相反.

4.1 年均气温对林地变化的响应

虽然年均气温与林地面积的相关性较小,但从近 50 年三峡库区林地面积和年均气温的变化过程(图 1)仍可以看出,年均气温在林地变化的不同时段也有不同的响应:1953—1973 年,林地面积剧烈减少,而年均气温则在 1953 年以后的 4 年里不断降低之后才逐渐恢复到原来的水平;1973—1986 年林地面积缓慢减少,年均气温则波动增加之后呈现稳步下降的趋势. 从近 50 年年均气温的变化趋势上看,1986 年前后呈现出一个波谷的形态. 另外,这个时期年均气温的最大值和最小值的差别为 1.26°C; 1986—1995 年也是林地破坏较剧烈的时期,在这个时期年均气温每 2 年或者 3 年作为一个变化趋势不断波动;1995 年以后林地开始稳步恢复,年均气温则呈逐年增加的趋势.

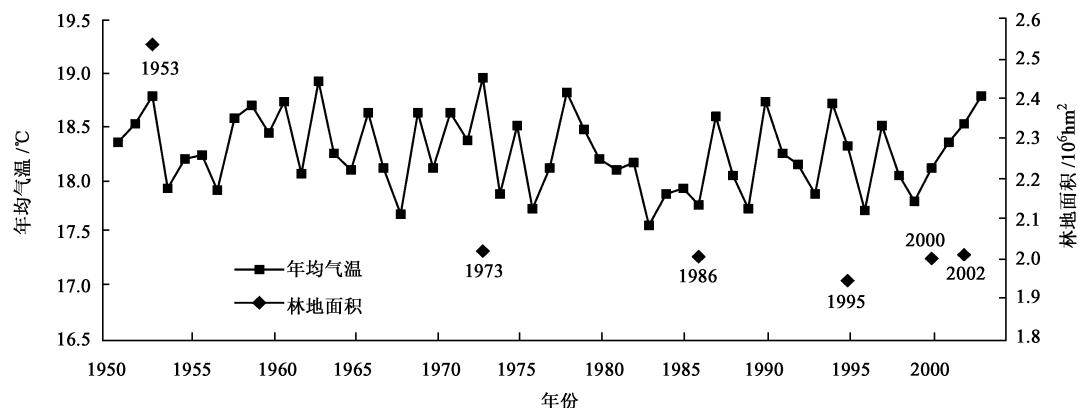


图 1 近 50 年三峡库区林地面积和年均气温的变化

FIGURE 1 Changes of average annual temperature and area of forestland resources during the last 50 years

4.2 降水对林地变化的响应

通过分析三峡库区近 50 年的年降水量变化(图 2)可以看出,近 50 年三峡库区的降水对林地的变化响应强烈,其响应特点如下:

1) 总体上,年降水量和林地面积的变化趋势一致,只是在不同时间段上变化特性和幅度有所差异. 1953—1995 年,林地面积不断减少,年降水量总体上也呈现减少趋势;近 10 年(1995 年以后)林地面积稳步恢复,年降水量则不断回升.

2) 年降水量的年际变化与林地面积变化有关. 在林地面积减少的时段里年降水量的年际变化幅度与该时段林地面积的减少量呈正相关. 例如,1956—1973 年和 1986—1995 年是林地面积急剧减少时期,年降水量的年际变化比较剧烈,而 1973—1986 年林地面积减少较少,相应地这个时期年降水量的年际变化幅度相对较小. 值得注意的是,近 10 年林地面积稳步恢复,年降水量的年际变化也较大.

3) 总体上,年降水量的变化要滞后于林地面积

的变化,而且在变化过程中的某个时间段内往往出现与变化趋势相反的变化。1953年以后三四年的时间里波动变化没有明显减少,只有到1957年之后才开始明显减少,而1962—1968年出现明显的波动增加。1995年林地开始恢复,年降水量在后面的5年

内来回振荡,直到2000、2003年的变化也不大。

4)林地破坏,抵御洪灾的能力降低。1998年的年降水量只为1507 mm,就发生50年一遇的洪涝灾害,其程度甚至超过了年降水量为1380.8 mm的1968年。这从侧面反映了林地强大的涵养水源的作用。

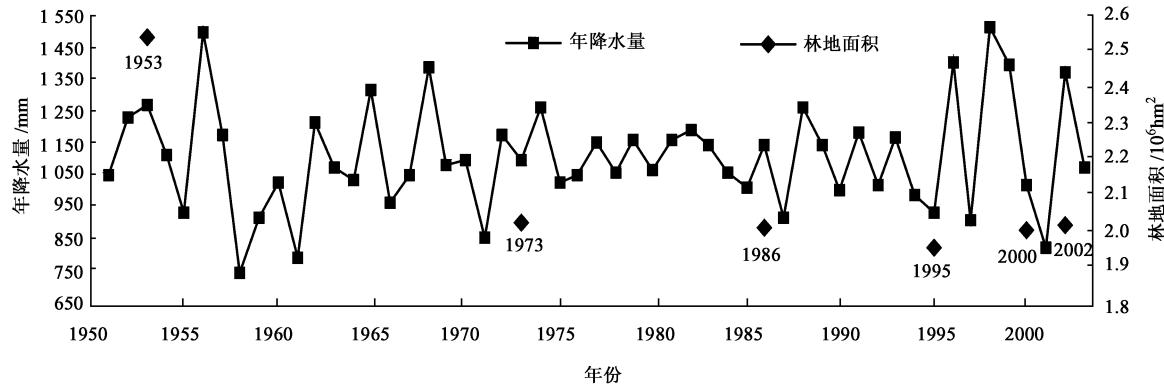


图2 三峡库区近50年的林地面积和年降水量的变化

FIGURE 2 Changes of the annual amount of rainfall and area of forestland during the last 50 years

5 结 论

在RS和GIS支持下,应用自动提取和人工解译相结合的方法可以快速获取林地资源的现状和过去各时间段的分布信息。近50年三峡库区各类林地的面积都发生了巨大的变化,变化呈现为大幅减少—缓慢减少—较快减少—稳步恢复的过程,但各种类型的具体变化幅度和过程又各有区别。只有年最高气温、年最低气温和年温差与林地变化具有相关性,而年均气温对林地面积变化的响应不明显。三峡库区年降水量的变化与林地面积变化关系密切,但在时间上具有滞后性和在趋势上具有反常性。引起气候变化的因素还有很多,本文只是分析林地面积变化对气候变化的影响,在研究中尚存在片面性。

参 考 文 献

- [1] 金义兴,陈卓良,郑重.长江三峡库区植被及环境考察报告[J].武汉植被研究,1984,2(增刊):1~100.
JIN Y X, CHEN Z L, ZHENG Z. Inspection report of vegetation and environment of the Three Gorges Reservoir Area[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1984, 2(Suppl.): 1~100.
- [2] 章杨清,刘政凯.利用分维向量改进神经网络在遥感模式识别中的分类精度[J].环境遥感,1994,9(1):68~72.
ZHANG Y Q, LIU Z K. Accuracy improving of neural network classification for remotely-sensed data by using fractal dimension[J]. *Remote Sensing of Environment, China*, 1994, 9(1): 68~72.
- [3] 刘亚岚,阎守善,王涛,等.遥感图像分区自动分类方法研究[J].遥感学报,2002,6(5):357~362.
LIU Y L, YAN S Y, WANG T, et al. A study on segmentation based on classification approaches for remote sensing imagery [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2002, 6(5): 357~362.
- [4] 徐丽华,岳文泽,李先华.基于二维小波变换的遥感分类研究[J].遥感技术与应用,2003,18(5):317~321.
- XU L H, YUE W Z, LI X H. A study on the TM classification of vegetation feature based on Two-dimensional Wavelet Transformation [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2003, 18(5): 317~321.
- [5] 朝仓正.气候异常与环境破坏[M].北京:气象出版社,1991,115~130.
ZHAO C Z. *Climatic anomalies and environmental destruction* [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1991, 115~130.
- [6] 罗哲贤,屠其璞.人类活动与气候变化[M].北京:气象出版社,1993,97~115.
LUO Z X, TU Q P. *Human activity and climatic change* [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1993, 97~115.
- [7] HENDERSON-SELLERS A, GORNITZ V. Possible climate impacts of land cover transformations, with particular emphasis on tropical deforestation[J]. *Climatic Change*, 1986(6): 231~258.
- [8] LCAN J, WARRILLOW D A. Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation[J]. *Nature*, 1989, 342: 411~413.
- [9] HENDERSON S, DICKINSON R E, DURBIDGE T B, et al. Tropical deforestation: Modeling local to regional scale climate change[J]. *J Geophys Res*, 1993, 98, 7 289~7 315.
- [10] SHRESTHA D P, ZINCK J A. Land use classification in mountainous areas: Integration of image processing, digital elevation data and field knowledge[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2001, 3(1): 78~85.
- [11] FENG C C, FLEWELLING D M. Assessment of semantic similarity between land use/land cover classification systems[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2004, 28(3): 229~246.
- [12] 阎庆文,袁嘉.森林对于降水的可能影响:几种分析方法所得结果的比较[J].自然资源学报,2001,16(5):467~443.
MIN Q W, YUAN J. Effects of forest on regional precipitation: Results from some different analyses and their comparison [J]. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(5): 467~443.
- [13] 严平,韦朝领,王相文.森林覆盖率对区域降水的影响[J].经济林研究,2000,18(3):8~10.
YAN P, WEI C L, WANG X W. Effect of forest cover on incidence of regional precipitation[J]. *Economic Forest Researches*, 2000, 18(3): 8~10.