

文章编号:1001-4810(2010)04-0425-09

粤北岩溶山区连江流域植被覆盖度动态变化研究

王兮之^{1,2}, 甘春英¹, 梁钊雄¹, 高全洲²

(1. 佛山大学资源环境系, 广东 佛山 528000; 2. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275)

摘要:基于多时相 MODIS 数据和归一化植被指数的像元二分模型以及 GIS 技术,分析了 2001—2010 年连江流域植被覆盖度的时空变化特征。结果表明:连江及其子流域、岩溶区与非岩溶区的植被覆盖度空间分布差异性明显;近 10 年来连江流域的植被覆盖度总体上呈下降趋势,高植被覆盖度与中度植被覆盖度的面积数量变化剧烈,较高植被覆盖度与较低植被覆盖度的面积相对稳定;岩溶区植被分布以较高植被覆盖度、中植被覆盖度和高植被覆盖度为主,其分布面积分别占整个流域面积的 53.84%、25.59%、18.54%,而非岩溶区则以高植被覆盖度、较高植被覆盖度和中植被覆盖度为主,分别占整个流域面积的 48.12%、34.10%、15.05%;近 10 年来流域的植被覆盖度下降明显,且空间分布范围广,植被覆盖度相对稳定的区域占整个流域面积的 65% 以上,植被覆盖度下降区的面积比上升区增加近 20%。

关键词:植被覆盖度;MODIS-NDVI;岩溶山区;连江流域

中图分类号:S754 **文献标识码:**A

0 引言

岩溶地区的石漠化是指在碳酸盐岩发育的岩溶脆弱生态环境下,由于人为干扰造成的植被持续退化,乃至丧失,导致水土资源流失,土地生产力下降,基岩大面积裸露于地表(或砾石堆积)而呈现类似荒漠景观的土地退化过程^[1,2]。植被退化是石漠化的重要标志之一,表现形式主要有森林覆盖率降低、生物多样性下降、植被结构简单化、灌木和草被比例增加,甚至植被完全丧失^[3]。植被对岩溶环境中的土壤形成和水分循环有着至关重要的作用。

植被覆盖度是衡量地表植被状况的一个重要的指标,也是影响土壤侵蚀和水土流失的主要因子^[4]。近年来,随着遥感对地观测技术的发展,应用遥感数据估算大范围的植被覆盖度变化得到了快速开展。MODIS 卫星数据空间和时间分辨率高,实时性强,成像范围大,数据时间连续且获取成本低,在宏观区

域植被覆盖研究中更具优势^[5]。像元二分法就是以归一化植被指数(NDVI)为基础,通过建立植被覆盖度和全植被覆盖、纯土壤覆盖之间的关系模型来计算植被覆盖度的方法^[6-9]。

粤北岩溶山区地处西南岩溶地区东南边缘,其石漠化具有典型性^[10-13]。本文以 MODIS-NDVI 为数据源,对连江流域 2001—2010 年间植被覆盖度的时空变化研究,以期获得较准确的植被覆盖度变化信息,揭示植被覆盖动态特征及变化规律,为正确评价流域内植被的发展过程与状态、水土资源综合管理及可持续利用提供决策支持服务。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

连江流域(图 1)位于东经 112°10′~113°18′,北纬 24°09′~25°07′之间,面积为 10 061 km²,是珠江水

基金项目:国家自然科学基金项目资助(31070426、30870469)

第一作者简介:王兮之(1971—),男,博士,副教授。主要从事基于 3S 技术的应用生态学研究。E-mail: wangxizhi71@163.com。

收稿日期:2010-05-25

系两个主要支流之一北江的第一大支流。流域地处我国亚热带湿润区的南亚热带季风气候区,年均气温 $19\sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间,多年平均降雨量为 $1\,770\text{mm}$ ^[14]。研究区适合多种林木生长,但森林多分布在非岩溶区,

岩溶区森林覆盖率较低^[3]。流域内石灰岩山区,占流域总面积的 42.53% ,岩溶与非岩溶地形相互交错,属强烈切割的岩溶山地及其转化为溶蚀堆积岩溶平原的过渡带,呈典型的峰丛型和峰林型喀斯特地貌。

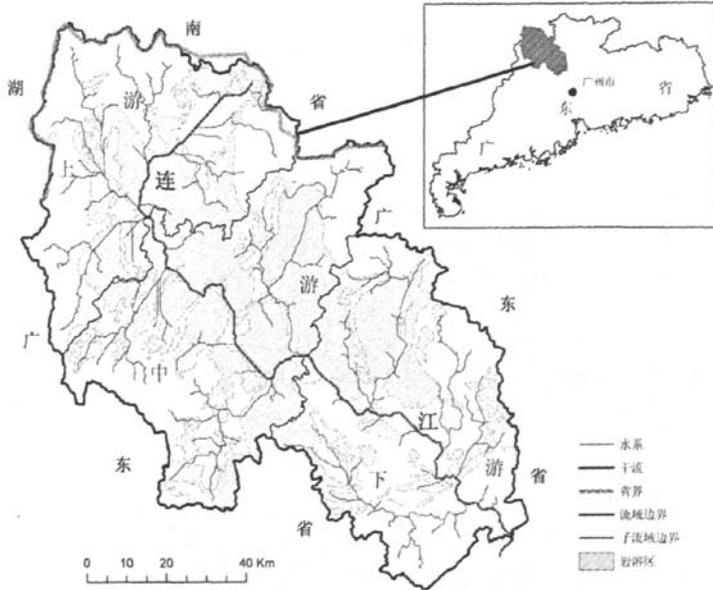


图1 连江流域位置示意图

Fig. 1 Location of the Lianjiang Watershed

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源与处理

使用SRTM(分辨率为 90m)地形数据并借助ARCGIS的水文分析模块功能,确定连江流域及其子流域边界。基于流域的岩溶数据(数字化)将研究区划分为岩溶区($4\,301.02\text{km}^2$)与非岩溶区($5\,812.02\text{km}^2$)(参见图1)。遥感数据采用美国LPDAAC(Land Process Distributed Active Archive Center)提供的MODIS植被指数产品MOSI3Q1,该数据为 250m 分辨率的16天合成植被指数(NDVI)。本研究使用了2001—2010年的1月份共计10个时相的NDVI数据,冬季研究区的植被处于生长最低状态,这样能更好地反映区域内植被的差异。

1.2.2 植被覆盖度估算

利用基于NDVI的像元二分模型法反演植被覆盖度,即假定每个像元所对应的地表单元上仅存在两种覆盖类型,分别是植被和背景裸地,每个像元的归一化植被指数NDVI是植被和裸地所对应的NDVI值的加权和,而其权值即为这两种覆盖类型在像元内的面积百分比。由此得出植被覆盖度的计算公式^[4]:

$$F_c = (NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min}) \quad (1)$$

式中: F_c 为所求的植被覆盖度;NDVI为像元的归一化植被指数。 $NDVI_{\min}$ 表示纯裸地覆盖像元的最小值,理论上应该接近于零; $NDVI_{\max}$ 表示纯植被覆盖像元的最大值,理论上应该接近于1。实际应用中 $NDVI_{\min}$ 和 $NDVI_{\max}$ 都是从MODIS数据获取的,式(1)中的 $NDVI_{\min}$ 和 $NDVI_{\max}$ 分别为研究区内NDVI的最小值和最大值。

将计算得到的植被覆盖度数值按照以下标准分级:低植被覆盖度: $0\% \sim 30\%$,较低植被覆盖度: $30\% \sim 45\%$,中植被覆盖度: $45\% \sim 60\%$,较高植被覆盖度: $60\% \sim 75\%$,高植被覆盖度: $75\% \sim 100\%$ ^[15],并绘制连江流域的植被覆盖度分级图(图2),并基于流域和岩溶特征,统计与分析研究区内植被覆盖度的时空变化。

2 结果与分析

2.1 流域植被覆盖度特征

根据连江流域的地形与岩溶特征,分别统计计算流域内不同子流域、岩溶区与非岩溶区的平均植被覆盖度及空间分布变化,如表1、图2所示。

植被覆盖度的统计结果表明,连江流域 2001 年平均植被覆盖度为 72.29%,到 2010 年为 69.24%,从 2001 年到 2010 年植被覆盖度总体呈下降趋势;流域上、中、下游的平均植被覆盖度变化趋势与整个流域一致,但下游平均植被覆盖度为 70.15%,高于中

游(68.91%)和上游(68.59%)。流域内不同区域的平均植被覆盖度差异十分显著,岩溶区与非岩溶区 10 年间的平均覆盖度分别为 65.79%和 71.81%,而且总体上都呈下降趋势。

表 1 2001—2010 年连江流域平均植被覆盖度(%)统计

Tab. 1 Statistic table of the mean vegetation coverage in the Lianjiang Watershed during 2001 to 2010

区 域	年 份										均 值
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
连江上游	72.73	72.68	70.77	66.55	67.11	66.14	70.98	66.24	67.51	65.15	68.59
连江中游	71.18	72.26	70.05	65.56	64.94	67.07	71.57	66.83	70.76	68.81	68.91
连江下游	73.03	73.06	72.39	66.21	64.27	67.51	72.24	67.61	73.81	71.37	70.15
连江流域	72.29	72.67	71.07	66.09	65.39	66.94	71.63	66.93	70.81	68.57	69.24
岩溶区	69.06	69.92	67.40	62.19	61.15	63.33	68.07	63.43	67.93	65.40	65.79
非岩溶区	74.69	74.71	73.80	68.99	68.53	69.63	74.27	69.52	72.96	70.94	71.81

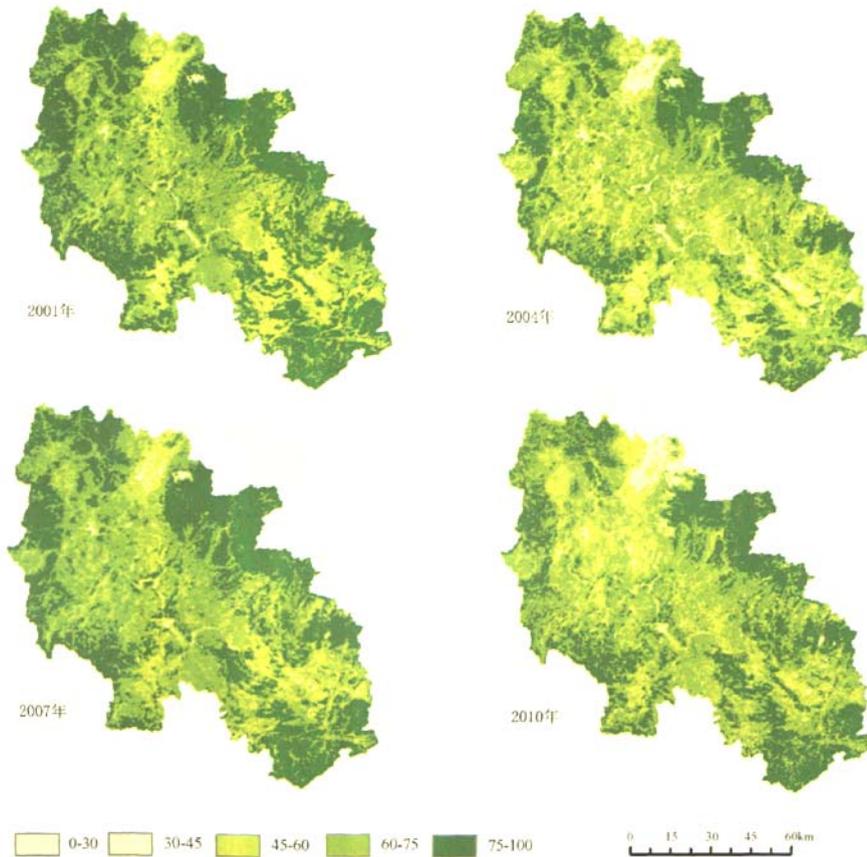


图 2 2001、2004、2007、2010 年连江流域植被覆盖度分布图

Fig. 2 Map of vegetation coverage in the Lianjiang Watershed in 2001, 2004, 2007 and 2010

连江流域 2001—2010 年植被覆盖度空间分布及变化情况如图 2 所示。由图 2 并结合图 1 可知,流域

内高植被覆盖度主要分布在各子流域的上游与下游出水口附近区域;较高植被覆盖度与中度植被覆盖度

主要分布在流域干流周边的较大区域;较低与低植被覆盖度区域在连江流域所占比例很小。通过10年的平均植被覆盖度数据来分析可知,岩溶区不同植被覆盖度等级内覆盖度 $\geq 45\%$ 的植被覆盖面积大小依次为较高植被覆盖度、中植被覆盖度与高植被覆盖度,非岩溶区则为高植被覆盖度、较高植被覆盖度与中植被覆盖度。

2.2 流域植被覆盖变化

连江流域以较高植被覆盖度、高植被覆盖度和中植被覆盖度为主,其10年的植被覆盖度面积分别占整个流域的42.51%、35.50%和19.54%,而低植被覆盖度和较低植被覆盖度的面积共占2.35%。流域2001—2010年植被覆盖度的面积变化如图3所示。其中,2001、2002、2003和2009年高植被覆盖度分布

面积比例数值最高,其余年份则是较高植被覆盖度面积数值最高,流域内植被覆盖度总体表现为减少态势。近10年来高植被覆盖度的面积数量变化剧烈,呈较明显减少趋势;较高植被覆盖度面积相对稳定且略有增加;中度植被覆盖度与高植被覆盖度的面积变化相反,随着高植被覆盖度面积的减少或增加,中度植被覆盖度面积则相应增加或减少;较低植被覆盖度面积数量起伏较小,表现为缓慢增加趋势,并且与中度植被覆盖度面积变化类似;低植被覆盖度面积分布区域很少。连江流域的植被覆盖度面积总体空间分布基本不变,但不同植被覆盖度面积转换较为明显,尤其高植被覆盖度与较高植被覆盖度面积之间的转变显著。

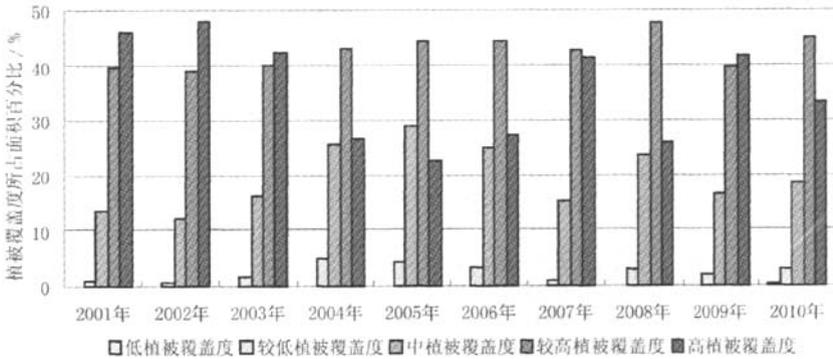


图3 2001—2010年连江流域植被覆盖度面积变化

Fig. 3 Change in vegetation coverage of different degree in the Lianjiang Watershed during 2001 to 2010

连江上游、中游、下游都是以较高植被覆盖度、高植被覆盖度和中植被覆盖度为主,且都与整个连江流域植被覆盖度的总体变化较为一致,只是在变化的数量与程度上有差异。近10年来较高植被覆盖度分布面积占连江上、中、下游流域面积的均值分别为40.13%、46.69%和40.30%,高植被覆盖度的均值分别为35.46%、31.79%和39.31%,中植被覆盖度的均值分别为20.43%、19.73%和18.64%,而较低植被覆盖度和低植被覆盖度的均值分别仅共占3.98%、1.79%和1.76%。连江3个子流域的总体植被覆盖面积情况差异较明显,下游植被覆盖度较好,其次为中游和上游。连江上游较高植被覆盖度和中度植被覆盖度所占面积增加明显,而高植被覆盖度所占面积下降显著;连江中游和下游的较高植被覆盖度所占面积都相对稳定,而中度植被覆盖度所占面积有明显增加再减少的变化过程,高植被覆盖度所占面积却是先减少再增加的变化过程。具体详细的植被覆盖度所占面积的变化见图4。

2.3 基于岩溶特征的植被覆盖变化

连江流域的岩溶区与非岩溶区分别占流域面积的42.53%和57.47%,岩溶区与非岩溶区植被覆盖度变化差异十分显著,非岩溶区的平均植被覆盖度比岩溶区高6.02%。由图5可知,岩溶区的覆盖度面积高低依次为较高植被覆盖度、中植被覆盖度、高植被覆盖度、较低植被覆盖度和低植被覆盖度,其植被覆盖度面积的均值分别占整个区域的53.84%、25.59%、18.54%、2.02%和0.01%。近10年来岩溶区较高植被覆盖度面积明显大于其它等级的植被覆盖度面积且相对稳定;中与高植被覆盖度所占面积比例变化剧烈,中植被覆盖度面积的变化范围14.02%~41.07%,而高植被覆盖度面积的变化范围5.99%~32.02%,其中2004—2006、2008年的中植被覆盖度面积明显高于高植被覆盖度面积。岩溶区总体植被覆盖呈下降趋势,尤其是2004—2005年植被覆盖处于较低水平。

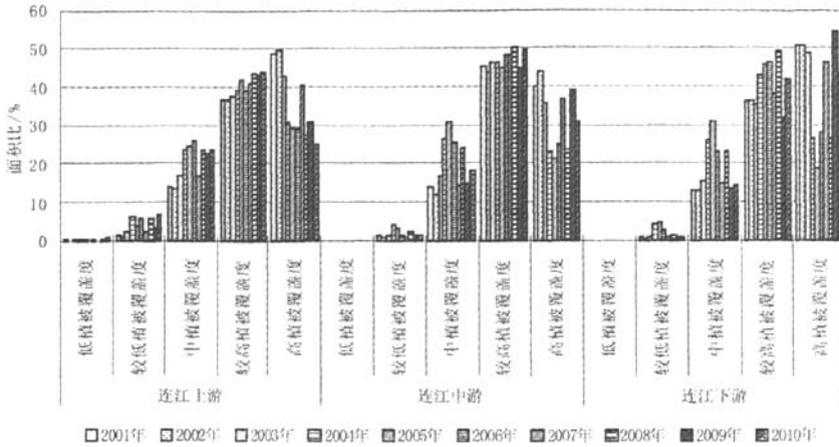


图 4 2001—2010 年连江流域植被覆盖度所占面积比变化图

Fig. 4 Change in area of vegetation coverage in three sub-watershed of Lianjiang Watershed from 2001 to 2010

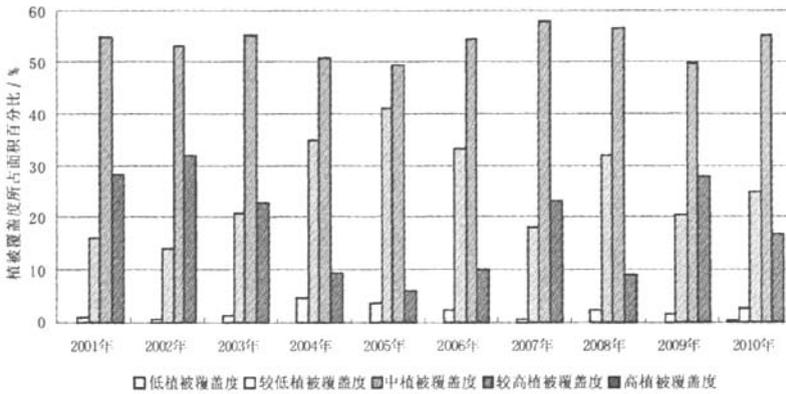


图 5 2001—2010 年岩溶区植被覆盖度面积变化

Fig. 5 Change in vegetation coverage in karst area from 2001 to 2010

由图 6 可知,非岩溶区的覆盖度面积大小依次为高植被覆盖度、较高植被覆盖度、中植被覆盖度、较低植被覆盖度和低植被覆盖度,其植被覆盖度面积的均值分别占整个区域的 48.12%、34.10%、15.05%、2.61%和 0.12%。近 10 年来非岩溶区高植被覆盖度面积在 2001—2003、2007、2009—2010 年明显高于其它等级的植被覆盖度面积,而其它年份与较高植被覆盖度面积比较接近;较高与高植被覆盖度所占面积比例变化较为剧烈,较高植被覆盖度的变化范围 28.06%~41.19%,而高植被覆盖度面积的变化范围 35.32%~59.84%,其中 2005 年的较高植被覆盖度面积高于高植被覆盖度面积。非岩溶区的总体植被覆盖也呈下降趋势,尤其是 2004—2006、2008 年植被覆盖处于较低水平。

连江流域 3 个子流域的岩溶区与非岩溶区的分布面积差别较大。在上游区(3 076.02km²),岩溶区与非岩溶区面积所占比例分别为 36.01%和 63.99%,中游区(3 598.22 km²),所占的比例分别为 56.26%和 43.74%,下游区(3 438.84 km²)所占比例分别为 34%和 66%,中游岩溶区分布面积最大。近 10 年来连江上游岩溶区的平均植被覆盖度为 63.95%,非岩溶区为 71.19%,差值为 7.24%;中游岩溶区的平均植被覆盖度为 65.79%,非岩溶区为 72.91%,差值为 7.12%;下游岩溶区的平均植被覆盖度为 67.45%,非岩溶区为 71.54%,差值为 4.09%。可见,3 个子流域的岩溶区与非岩溶区植被覆盖度有差异,但各自情况有所不同(详见表 2)。

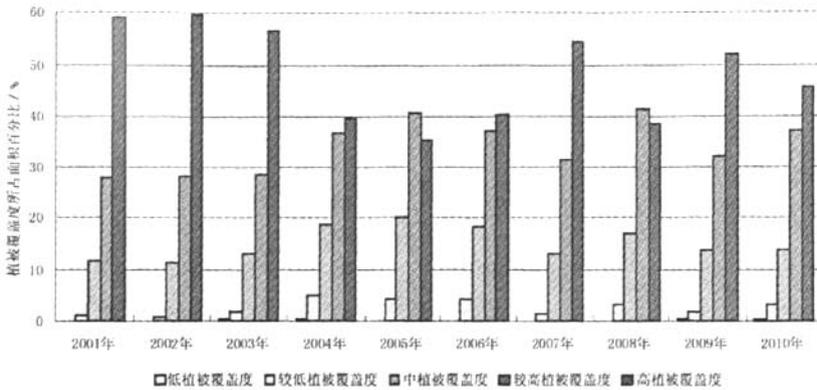


图6 2001—2010年非岩溶区植被覆盖度面积变化

Fig. 6 Change in vegetation coverage in non-karst area from 2001 to 2010

表2 2001—2010年连江3个子流域岩溶区与非岩溶区平均植被覆盖度(%)统计表

Tab. 2 Statistic table of the average vegetation coverage both in karst and non-karst regions in three sub-watershed of the Lianjiang Watershed from 2001 to 2010

区域	年份										均值
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
上游(岩溶区)	68.43	68.96	66.01	61.80	62.05	60.96	65.91	61.34	63.35	60.64	63.95
上游(非岩溶区)	75.14	74.77	73.45	69.23	69.95	69.06	73.82	69.01	69.86	67.68	71.19
中游(岩溶区)	68.39	69.75	66.87	62.15	60.97	63.72	68.27	63.83	68.12	65.85	65.79
中游(非岩溶区)	74.77	75.49	74.12	69.94	70.06	71.37	75.82	70.68	74.17	72.63	72.91
下游(岩溶区)	70.76	71.04	69.58	62.51	60.47	64.82	69.71	64.67	71.89	69.01	67.45
下游(非岩溶区)	74.19	74.09	73.84	68.12	66.23	68.91	73.55	69.12	74.80	72.58	71.54

由表3可知,从2001年到2010年3个子流域不同等级植被覆盖度所占面积变化的主要特征都是在岩溶区的中度植被覆盖度区表现为增加,较高植被覆盖度和高植被覆盖度区域表现为减少;而在非岩溶区中度植被覆盖度和较高植被覆盖度区域也表现为增加,高植被覆盖度区也表现为减少。但是植被覆盖度变化程度的差异显著,在整个流域内岩溶区变化程度都大于非岩溶区,其中又以上游变化程度最明显,其次为中游,下游变化程度最小。具体变化过程详见表3。

2.4 植被覆盖度时空变化特征

利用2001与2010年植被覆盖度等级数据进行差值运算,得到连江流域近10年来植被覆盖度分布变化(图7)。对差值数据重新划分为稳定区(植被覆盖度可能发生变化但等级没有改变)、增加或减少区(植被覆盖度发生变化,等级也转换为相邻级别)、剧烈增加或剧烈减少区(植被覆盖度发生很大变化,

等级跨越式转换为不相邻的级别)5种变化类型区。

统计结果表明,稳定区占整个流域面积的65.50%,减少区为24.74%,增加区为7.37%,剧烈减少区为2.28%,剧烈增加区为0.11%。由表4可知,近10年来连江下游、中游和上游的稳定区面积分别为下游、中游和上游面积的71.63%、70.01%和53.40%,下游和上游植被覆盖度的稳定性明显好于中游。同时上游的植被覆盖度下降区面积占上游面积比例达到了42.99%,植被覆盖度上升区仅占3.61%,而下游和上游的植被覆盖度下降区面积占下游和上游面积比例分别为18.40%和21.55%,植被覆盖度上升区分别为9.97%和8.44%。岩溶区与非岩溶区的植被覆盖度分布变化也有一定差异,主要表现为非岩溶区的稳定区分布面积略高于岩溶区,减少区面积岩溶区多于非岩溶区,其余变化类型都较接近(详见表4)。

表 3 2001—2010 年连江 3 个子流域岩溶区与非岩溶区植被覆盖度所占面积变化统计表 %

Tab. 3 Change in area of vegetation coverage both in karst and non-karst regions in three sub-watershed of the Lianjiang Watershed from 2001 to 2010

区域	类型	年 份										均值	
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
连江上游	岩溶区	低植被覆盖度	0.01	0.02	0.13	0.17	0.05	0.02	0.03	0.01	0.06	0.83	0.13
		较低植被覆盖度	1.07	0.99	1.79	5.12	2.87	3.92	1.25	3.65	3.26	6.11	3.01
		中植被覆盖度	18.79	17.04	25.11	36.75	38.71	42.15	23.86	39.59	33.99	38.13	31.41
		较高植被覆盖度	53.56	52.96	53.74	48.37	50.39	46.63	58.62	50.43	49.44	47.55	51.17
		高植被覆盖度	26.57	28.99	19.23	9.59	7.98	7.28	16.24	6.32	13.25	7.38	14.28
	非岩溶区	低植被覆盖度	0.23	0.22	0.26	0.32	0.24	0.21	0.27	0.21	0.31	0.88	0.32
		较低植被覆盖度	1.08	0.82	2.77	6.34	4.29	6.92	2.22	6.48	3.49	6.97	4.14
		中植被覆盖度	10.86	10.76	12.39	16.56	16.66	16.57	12.47	14.47	16.11	15.45	14.23
		较高植被覆盖度	27.07	27.18	28.35	33.96	37.33	34.38	30.95	39.34	39.23	41.48	33.93
		高植被覆盖度	60.76	61.02	56.23	42.82	41.48	41.92	54.09	39.50	40.86	35.22	47.39
连江中游	岩溶区	低植被覆盖度	0.00	0.01	0.06	0.06	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
		较低植被覆盖度	1.02	0.56	1.27	4.93	3.79	1.77	0.66	1.95	1.44	1.70	1.91
		中植被覆盖度	16.37	13.65	20.74	33.96	41.07	31.69	17.22	30.19	18.12	23.24	24.63
		较高植被覆盖度	57.96	55.75	58.74	52.28	49.58	56.52	59.59	58.13	53.94	59.31	56.18
		高植被覆盖度	24.65	30.03	19.19	8.77	5.55	9.99	22.51	9.72	26.48	15.74	17.26
	非岩溶区	低植被覆盖度	0.01	0.01	0.05	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
		较低植被覆盖度	1.36	0.71	1.70	3.12	2.71	1.28	0.61	2.08	1.25	1.06	1.59
		中植被覆盖度	10.80	9.22	11.59	17.33	17.94	17.51	10.63	15.63	10.88	12.05	13.36
		较高植被覆盖度	28.79	27.99	30.35	38.48	38.36	36.99	33.76	40.53	33.09	36.86	34.52
		高植被覆盖度	59.04	62.07	56.31	41.03	40.97	44.22	55.00	41.76	54.78	50.03	50.52
连江下游	岩溶区	低植被覆盖度	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01
		较低植被覆盖度	0.23	0.18	0.49	3.58	3.73	1.65	0.37	0.98	0.38	0.35	1.19
		中植被覆盖度	12.14	11.79	16.31	35.90	43.58	27.75	14.09	28.69	12.35	15.54	21.81
		较高植被覆盖度	51.29	50.13	50.69	51.45	48.05	58.34	54.56	60.54	43.41	56.73	52.52
		高植被覆盖度	36.34	37.89	32.50	9.06	4.63	12.26	30.98	9.79	43.85	27.36	24.47
	非岩溶区	低植被覆盖度	0.00	0.00	0.05	0.07	0.01	0.01	0.03	0.00	0.13	0.08	0.04
		较低植被覆盖度	0.67	0.39	1.22	4.74	5.19	3.49	1.03	1.43	1.04	0.77	1.99
		中植被覆盖度	12.98	13.20	14.59	21.03	24.39	20.56	14.91	20.23	13.66	13.75	16.93
		较高植被覆盖度	28.42	29.14	27.16	38.31	44.39	39.89	29.59	43.27	25.56	33.73	33.95
		高植被覆盖度	57.93	57.27	56.98	35.85	26.02	36.05	54.44	35.07	59.61	51.67	47.09

表 4 2001—2010 年连江流域植被覆盖度变化等级的面积分布 (%) 统计表

Tab. 4 Change in area of vegetation coverage in the Lianjiang Watershed from 2001 to 2010

区域	剧烈减少区	减少区	稳定区	增加区	剧烈增加区
连江上游	5.52	37.47	53.40	3.55	0.06
连江中游	0.90	20.65	70.01	8.25	0.19
连江下游	0.82	17.58	71.63	9.89	0.08
岩溶区	2.15	27.26	63.41	7.05	0.13
非岩溶区	2.35	22.89	67.04	7.61	0.11
连江流域	2.28	24.74	65.50	7.37	0.11

由图7可知,近10年来整个连江流域的植被覆盖度明显下降且其分布范围较广,稳定区主要分布在流域内各个水系的上游地区以及流域内土地利用方式相对稳定的地区(如干流附近的居民点和条件较好

的耕地等区域);连江上游的植被覆盖度降低显著,尤其是东北部连片分布有剧烈减少区;连江中游与下游的植被覆盖度相对稳定,并且降低区域都大于增加区域。

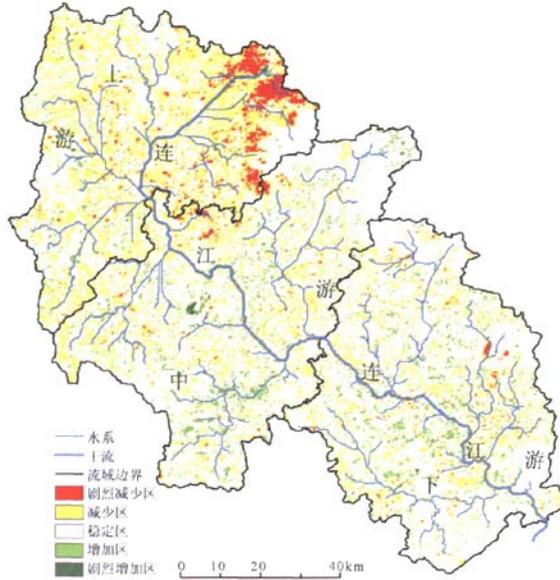


图7 2001—2010年连江流域植被覆盖度分布变化图

Fig.7 Change in area of vegetation coverage in the Lianjiang Watershed from 2001 to 2010

3 结论与讨论

本文以2001—2010年的MODIS-NDVI、地形与岩溶数据为基础,分析连江流域基于流域和岩溶特征的植被覆盖度时空变化。研究结果如下:

(1)连江流域以较高植被覆盖度、中植被覆盖度与高植被覆盖度为主,植被覆盖度总体呈下降趋势,植被覆盖度由高到低依次为下游、中游和上游。近10年来高植被覆盖度与中度植被覆盖度的面积数量变化剧烈,较高植被覆盖度与较低植被覆盖度面积相对稳定。

(2)流域内的植被覆盖度差异比较显著。岩溶区植被覆盖度面积大小依次是较高植被覆盖度、中植被覆盖度和高植被覆盖度,而非岩溶区的面积大小则依次为高植被覆盖度、较高植被覆盖度和中植被覆盖度。近10年来岩溶区的较高植被覆盖度面积明显高于其它等级的植被覆盖度面积且相对稳定,中、高植被覆盖度所占面积比例变化剧烈,而非岩溶区高植被覆盖度面积明显高于其它等级的植被覆盖度面积,较高与高植被覆盖度所占面积比例变化较为剧烈。连

江上游岩溶区的平均植被覆盖度为63.95%,非岩溶区为71.19%;中游岩溶区的平均植被覆盖度为65.79%,非岩溶区为72.91%;下游岩溶区的平均植被覆盖度为67.45%,非岩溶区为71.54%。

(3)近10年来连江流域植被覆盖度面积时空特征显著,稳定区占整个流域面积的65%以上,下降区为27%,而上升区仅为8%,下游和中游植被覆盖面积的稳定性明显好于上游。岩溶区与非岩溶区的植被覆盖度面积变化也有一定差异,非岩溶区的稳定区略高于岩溶区,而减少区则是岩溶区多于非岩溶区。流域内的植被覆盖度面积下降明显且空间分布范围广,连片的稳定区主要分布在流域内各个水系的上游地区以及土地利用方式相对稳定的区域(如居民点、耕地等),连江上游的植被覆盖度面积降低显著,尤其是东北部有剧烈减少区连片分布。

另外,相关研究也表明MODIS-NDVI数据是研究区域尺度上植被变化很好的数据源,具有覆盖范围大、时间分辨率高、获取途径方便等优点。本文仅仅分析了研究区不同区域内植被覆盖度面积的年际变化,如果能够获取较详细的气象、水文、土壤、岩性

数据以及社会经济资料,可以深入分析区域年内不同季节植被覆盖面积变化过程及其驱动力,将能更好地理解连江流域植被覆盖面积时空动态变化以及生态水文过程。

参考文献

- [1] 王德炉,朱守谦,黄宝龙.石漠化概念及其内涵[J].南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(6):87-90.
- [2] 王世杰.喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J].中国岩溶,2002,21(2):101-105.
- [3] 刘拓,周光辉,但新球,等.中国岩溶石漠化——现状、成因与防治[M].北京:中国林业出版社,2009,69-72.
- [4] 李苗苗,吴炳方.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004,26(4):153-159.
- [5] Price J C. Comparing MODIS and ETM+ data for regional and global classification[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86(4): 1835-1852.
- [6] Gutman G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19: 1533-1543.
- [7] Huete A, Justice C, Leeuwen W V. Modis Vegetation Index (MOD13) Version 3. Algorithm Theoretical Basis Document [M/OL]. Http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf, 1999.
- [8] 高志海,李增元,魏怀东,等.基于遥感的民勤绿洲植被覆盖度变化定量监测[J].地理研究,25(4):588-595.
- [9] 阳小琼,朱文泉,潘耀忠,等.基于修正的亚像元的植被覆盖度估算[J].应用生态学报,2008,19(8):1860-1864.
- [10] 曾士荣.粤北岩溶石山地区石漠化现状及其对环境的影响[J].水文地质工程地质,2006,3:101-105.
- [11] 黄金国,李森,魏兴斌.粤北岩溶山区石漠化土地综合治理模式及实施途径——以英德、阳山、乳源、连州4县(市)为例[J].西北林学院学报,2009,24(5):171-175.
- [12] 王兮之,李森,王金华.粤北典型岩溶山区土地石漠化景观格局动态分析[J].中国沙漠,2007,27(5):758-764.
- [13] 曾士荣.粤北连江流域岩溶石山地区干旱缺水成因及防治[J].科技创新导报,2009,28:126-127.
- [14] 邹鸣.连江流域水文特性分析[J].广东水利水电,2005,6:74-75.
- [15] 黄靖,夏智宏.基于MODIS遥感数据的武汉市植被覆盖度变化监测分析[J].气象与环境科学,2009,32(2):16-20.

Regime of vegetation coverage in Lianjiang Watershed in North Guangdong Karst Mountain

WANG Xi-zhi^{1,2}, GAN Chun-ying¹, LIANG Zhao-xiong¹, GAO Quan-zhou²

(1. Department of Resource and Environment, Foshan University, Foshan, Guangdong 528000, China;

2. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

Abstract: The spatial and temporal regimes of the vegetation cover from 2001 to 2010 in the Lianjiang Watershed are analyzed by means of the multi-temporal MODIS-NDVI and GIS and the dimidiate pixel model techniques in this paper. The results show that there is obvious otherness in vegetation covers between the Lianjiang watershed and its sub-streams and between karst and non-karst areas; and the vegetation coverage keeps decreasing in the recent 10 years with the high coverage and medium coverage areas undulating sharply, but the comparatively high or low coverage areas keeping stable. The karst area are mainly composed of high (53.84%), medium (25.59%) and comparatively high (18.54%) vegetation coverage, but comparatively high (48.12%), comparatively high (34.10%) and medium (15.05%) in no-karst area. The vegetation coverage has been clearly decreased in the recent 10 years as a whole and the vegetation coverage decreasing area is 20% more than the increasing area.

Key words: vegetation coverage; MODIS-NDVI; karst mountain areas, Lianjiang Watershed