

# 基于 MODIS-NDVI 的连江流域植被覆被 及空间格局变化分析 \*

王兮之, 梁钊雄

(佛山大学 资源环境系, 广东 佛山 528000)

**摘 要:** 利用 2001–2008 年 250 m 分辨率的 MODIS-NDVI 数据与景观格局分析软件, 对 8 a 来连江流域的植被覆盖与空间格局变化进行动态分析。结果表明: 近 8 a 来连江流域的较高与高植被覆盖区面积减少而中度与较低植被覆盖区面积增加, 即植被覆盖呈总体退化趋势; 流域景观破碎程度减少、连通性增强, 景观异质性提高, 景观趋于多样化和均匀化; 流域内各类景观要素在破碎化程度、复杂性和稳定性、空间分布关系、聚集性变化差异明显, 其中较高与中度植被覆盖区的空间特征变化对整个流域空间格局动态起主导性作用。

**关键词:** 植被覆被变化; 空间格局; MODIS 数据; 连江流域

中图分类号: P901; X 171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0059-05

## Study on Vegetation Cover Change and Spatial Pattern in Lianjiang Watershed Based on MODIS-NDVI Data from 2001 to 2008

WANG Xi zhi, LIANG Zhao-xiong

(Department of Resource and Environment, Foshan University, Foshan, Guangdong 528000, China)

**Abstract:** Based on the 250 m resolution of MODIS-NDVI data from 2001 to 2008, as well as combining with landscape pattern software (FRAGSTAT), the characteristics of dynamic changes and spatial pattern of vegetation cover were analyzed in the past 8 years in this paper. Results show that vegetation cover is degrade trend of whole watershed nearly 8 years, while upper and high vegetation cover decreased, middle and lower vegetation cover increased. The analysis of the landscape pattern indicated that the number of patches decreased continuously, fragmentation decreased slightly, and the degree of diversity, equality and connectivity of landscape increased. The landscape pattern developed towards diversity and equality. It is obvious difference of fragmentation, complexity, stability, aggregation and distribution about spatial among landscape elements. The results above suggested that upper and middle vegetation cover have significant effect on spatial dynamic change of whole watershed.

**Key words:** vegetation cover change; spatial pattern; MODIS data; Lianjiang watershed

植被覆盖作为地球表层的自然状态, 是全球环境变化中许多自然、生态过程的一个重要变量<sup>[1-2]</sup>。植被覆盖及其空间格局变化对流域生态水文过程及其生态环境效应起着至关重要的作用。近年来随着遥感对地观测技术的快速发展, 国内外应用遥感技术进行了大量植被覆盖变化的研究<sup>[3-8]</sup>。利用高时间分辨率影像获取土地覆被信息, 通过分析时间序列植被指数来实现, 归一化植被指数(NDVI)是其

中较常用的植被监测指标, 因此 NDVI 常被直接或间接用于研究植被覆盖变化研究<sup>[9-10]</sup>。

在中国大部分地区植被活动显示增强而珠江流域植被活动减弱的趋势下<sup>[6]</sup>, 连江流域植被覆盖及时空格局是如何变化? 连江流域地处西南岩溶区东缘的粤北, 是我国南方土地石漠化的主要区域之一。喀斯特环境是一种脆弱的生态环境, 不仅成土慢、土被不连续、土层浅薄、土壤蓄水性能差、地表干燥, 对植

\* 收稿日期: 2009-11-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30870469)

作者简介: 王兮之(1971-), 男, 甘肃省兰州市人, 博士, 副教授, 主要研究方向为流域生态学。E-mail: wangxizhi71@163.com

被生长不利,而且在外部条件作用下生态系统很容易发生逆向演替<sup>[11]</sup>。过去的近 30 年,随着社会经济的高速发展,该地区的土地利用/土地覆盖发生了较大的变化。一方面随着国家“退耕还林、还草”等相关政策的实施,整体自然环境得到了局部的改善;另一方面,由于地处喀斯特生态脆弱地带,日益加剧的人类活动对自然的影响加剧了石漠化的扩张以及水土流失,进一步加剧了植被退化。

基于 RS 与 GIS 技术,以珠江下游的连江流域为研究对象,应用 250 m 空间分辨率的 MODIS-NDVI 最新的全球植被指数变化数据,对该流域 2001-2008 年冬季的植被覆盖空间格局及时间序列变化进行综合分析,阐明连江流域植被覆盖变化的整体状况,以期为该流域进行岩溶区植被覆盖变化的水文、气候、生态环境效应的研究奠定基础。

## 1 研究区概况

连江流域位于东经 112°10′-113°18′,北纬 24°09′-25°07′,面积为 10 061 km<sup>2</sup>,是珠江水系两个主要支流之一北江的第一大支流,地处粤北地区西部。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 19~20℃,多年平均降雨量为 1 770 mm。连江全长 275 km,河道平均坡降 0.77%,集水面积 100 km<sup>2</sup> 以上的支流有 30 条<sup>[12]</sup>。流域石灰岩山区约占流域面积的 60%,岩溶与非岩溶地形相互交错,呈现典型喀斯特地貌。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

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 MOS13Q1,该数据为 250 m 分辨率的 16 d 合成植被指数(NDVI)。NDVI 对于叶绿素含量比较敏感,更好地反映植被的冠层结构<sup>[13-14]</sup>,研究使用 2001-2008 年 1 月份共 8 个时相冬季的 NDVI 数据。流域范围的确定是根据地形数据 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission),该测量数据覆盖中国全境,分辨率为 90 m,可以在 ftp://e0mss21u. ecs. nasa. gov/ srtm/ 地址免费获取。

### 2.2 研究方法

应用 SRTM 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;对 MODIS-NDVI 数据进行密度分割分类,植被指数按照 0~0.2,0.2~0.4,0.4~0.6,0.6~0.8,0.8~1.0

的植被指数范围进行分区<sup>[15]</sup>,即划分为低植被覆盖区、较低植被覆盖区、中度植被覆盖区、较高植被覆盖区和高植被覆盖区 5 种植被覆盖类型;利用 FRAGSTAT 景观格局分析软件,从景观水平和类型层次上对获得植被覆盖类型数据进行空间格局分布及其动态特征分析。

## 3 结果分析

### 3.1 流域植被覆盖变化

由图 1 与图 2 可知,连江流域 2001-2008 年 1 月植被覆盖以中度和较高植被覆盖区为主。低植被覆盖区所占面积数量很小且相对稳定;较低植被覆盖区面积数量由 2001 年 412.04 km<sup>2</sup> 增加到 2008 年的 755.24 km<sup>2</sup>;中度植被覆盖区面积增加明显,年均增长率约为 4.1% 且年际间起伏变化较大;较高植被覆盖区面积减少显著,年均递减率约为 2.2% 且年际间起伏变化也较大;高植被覆盖区面积数量由 2001 年 775.96 km<sup>2</sup> 减少到 2008 年的 363.03 km<sup>2</sup>。总之,近 8 年来连江流域的植被覆盖呈总体退化趋势,即较高与高植被覆盖区面积减少而中度与较低植被覆盖区面积增加。这一结果与王兆礼等<sup>[6]</sup>结论一致且对其结果的后续变化给予了进一步的确定。

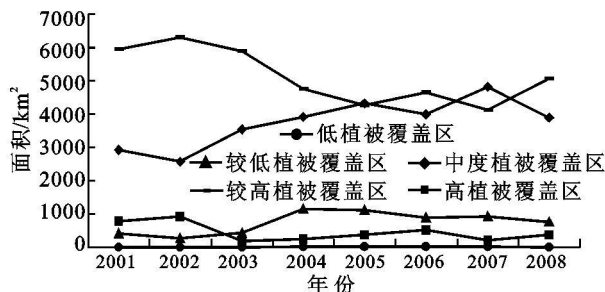


图 1 连江流域 2001-2008 年植被覆盖面积变化

### 3.2 流域植被覆盖空间格局变化特征

用景观格局指数描述区域空间格局及变化是景观生态学最常用的定量化研究方法<sup>[16]</sup>。本研究在类型水平上选取斑块数(NP)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、分维数(PAFRAC)、散布与并列指数(IJI)、相似邻接比(PLADJ)和聚集度(AI);景观水平上选取斑块数、景观形状指数、分维数、连通度(CONTAG)、散布与并列指数、多样性(SHDI)、均匀性(SHEI)和聚集度对 2001-2008 年连江流域植被覆盖区的空间格局进行分析。

3.2.1 类型水平空间格局特征 斑块数和最大斑块指数可以反映景观的破碎化程度,由表 1 可以看出 8 a 来,各类植被覆盖类型变化差异明显。低植被覆盖区的斑块数与斑块最大面积指数变化相对较小,表明该类斑块相对比较稳定;较低与中度植被覆

盖区的斑块数减少, 斑块最大面积指数增加, 说明这两种类型斑块向大型化发展, 破碎程度减低; 较高植被覆盖区的斑块数增加, 斑块最大面积指数减少, 表

明该类型斑块向小型化发展且破碎程度增加; 高植被覆盖区的斑块数减少, 斑块最大面积指数也减少, 说明该类型斑块向大型化发展且破碎程度增加。

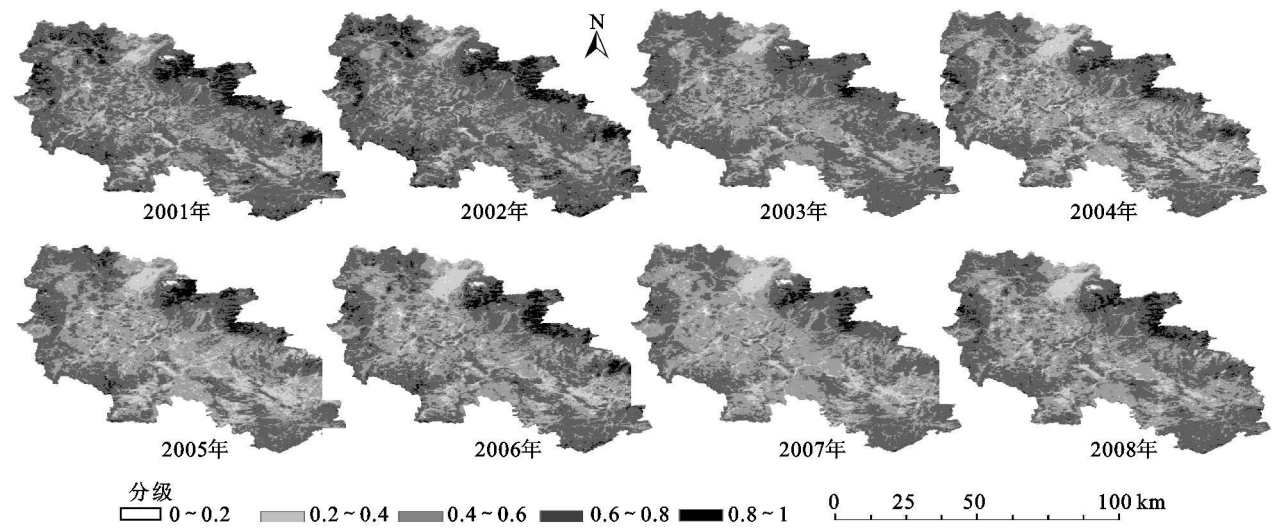


图 2 连江流域 2001- 2008 年植被覆盖面积变化

表 1 连江流域 2001- 2008 年类型水平斑块数与最大斑块指数

年份	低植被覆盖区		较低植被覆盖区		中度植被覆盖区		较高植被覆盖区		高植被覆盖区	
	NP	LPI	NP	LPI	NP	LPI	NP	LPI	NP	LPI
2001	22	0.0457	806	0.6712	1329	19.6794	762	34.1311	666	1.5680
2002	17	0.0399	704	0.5252	1423	8.1145	631	59.6659	927	1.3347
2003	34	0.0434	652	0.9490	915	27.8912	647	20.9473	301	0.4379
2004	70	0.0574	1288	1.6700	921	34.0895	881	12.7589	314	0.3705
2005	35	0.0445	1040	1.4666	992	38.4402	873	15.7285	391	1.1554
2006	29	0.0451	850	2.0962	879	35.3504	858	13.1170	409	1.6020
2007	61	0.0574	990	2.0880	768	43.2908	1013	12.4400	160	0.6495
2008	13	0.0422	668	1.7679	858	33.7296	815	16.6711	539	1.0329

景观形状指数和分维数分别反映的是景观斑块的复杂程度和稳定性, 由表 2 可知 2001- 2008 年, 低与较低植被覆盖区的景观形状指数和分维数变化起伏相对较小, 说明这两种类型斑块的复杂程度和

稳定性变化不明显; 中度、较高和高植被覆盖区的景观形状指数和分维数都有较显著的减少趋势, 表明这三种类型斑块的复杂程度不断减小且稳定性也呈下降趋势。

表 2 连江流域 2001- 2008 年类型景观形状指数与分维数

年份	低植被覆盖区		较低植被覆盖区		中度植被覆盖区		较高植被覆盖区		高植被覆盖区	
	LSI	PAFRAC	LSI	PAFRAC	LSI	PAFRAC	LSI	PAFRAC	LSI	PAFRAC
2001	5.0800	1.3669	33.2917	1.4678	63.2601	1.5209	49.4072	1.4766	32.5826	1.4681
2002	4.7917	1.3850	31.4191	1.4906	62.3397	1.5314	49.8287	1.4734	38.5100	1.4962
2003	6.1154	1.4102	30.7529	1.4821	52.8574	1.4828	38.0744	1.4587	20.4732	1.4379
2004	9.5854	1.4301	47.8674	1.4973	67.8388	1.5307	46.6673	1.4728	22.9302	1.4474
2005	6.0714	1.3375	41.2255	1.4679	55.3764	1.4932	43.6127	1.4345	23.8734	1.4787
2006	5.8966	1.3881	35.8659	1.4601	55.0230	1.4998	45.4128	1.4405	25.1979	1.4559
2007	8.2059	1.4100	39.1080	1.4751	51.5105	1.5062	42.9034	1.4543	16.5776	1.4508
2008	4.0455	1.3593	30.7489	1.4159	52.2612	1.4810	42.8072	1.4602	27.1656	1.4437

相似邻接比与聚集度指数都反映斑块的聚散性, 斑块要素在其分布区内越丛生、越聚集, 则斑块的结合度就越大。由表 3 可知 8 a 来, 低和较低植被

覆盖区的相似邻接比与聚集度指数较小, 说明这两种类型斑块分散度大、连接性差; 中度植被覆盖区的相似邻接比与聚集度指数最大且略有增长, 表明该

类斑块的聚集程度最高且呈继续增加的趋势; 较高与高植被覆盖区的相似邻接比与聚集度指数保持相 对稳定, 表明这两种类型斑块分散度与连接性基本不变。

表 3 连江流域 2001- 2008 年类型水平相似邻接比与聚集度指数

年份	低植被覆盖区		较低植被覆盖区		中度植被覆盖区		较高植被覆盖区		高植被覆盖区	
	PLADJ	AI	PLADJ	AI	PLADJ	AI	PLADJ	AI	PLADJ	AI
2001	59.0323	64.2105	59.9240	60.6542	71.5068	71.8303	84.4149	84.6820	71.4862	72.1173
2002	59.7902	65.2672	53.6852	54.4884	70.0799	70.4179	84.7230	84.9835	69.0906	69.6496
2003	52.6786	57.09968	64.2647	65.0203	78.3840	78.7059	87.9470	88.2263	62.8483	64.0099
2004	52.4213	55.1592	65.5994	66.0743	73.6002	73.8877	83.5254	83.8213	64.3958	65.4114
2005	55.0265	59.4286	69.8916	70.4058	79.5274	79.8225	83.7515	84.0647	69.6198	70.5172
2006	57.0352	61.5176	70.7518	71.3336	78.8607	79.1648	83.8056	84.1056	72.9475	73.7392
2007	50.5319	53.7736	68.7016	69.2558	81.9609	82.2489	83.7417	84.0603	71.3924	72.6461
2008	62.2881	68.6916	72.7131	73.3641	79.6137	79.9255	85.3790	85.6716	65.3139	66.6916

散布与并列指数测量的是与某要素相邻的其它要素数量多少, 以此反映不同景观要素空间分布关系<sup>[16]</sup>, 其值越高, 则与该要素相邻的要素越多。从图 3 可以看出 2001- 2008 年, 低与较高植被覆盖区的散布与并列指数较高但下降很显著, 即这两种类型的斑块与其它斑块之间交错分布的机会减少, 空间关系趋于简单化, 与较低高植被覆盖区的情况类似; 中度植被覆盖区的散布与并列指数较高且增加, 表明该类斑块与其它斑块之间交错分布的机会较大且有进一步增加的趋势; 高植被覆盖区的散布与并列指数很低且略有减少, 说明该类斑块与其它斑块之间交错分布的机会较小且有进一步减少的趋势。

3.2.2 景观水平空间格局特征 连江流域景观水平上的景观指数如表 4 所示, 定量反映了整个研究区的总体景观空间格局与变化特征。景观破碎化可以用斑块数和连通度来反映, 从表 4 可知, 2001- 2008 年连江流域景观斑块总数减少, 连通度略有增加, 同时散布与并列指数减少和聚集度增加, 都从不

同的侧面表明了整个区域的破碎程度减少, 连通性提高; 景观形状指数和分维数分别表明了景观斑块的复杂程度和稳定性。从表 4 可以看出 2001- 2008 年, 连江流域的形状指数降低了 5.817 4, 分维数也降低了 0.039 5, 说明 8 a 来景观整体的复杂程度在减少, 稳定性也在减弱; 多样性和均匀度指数反映区域空间结构的异质性特征, 2001- 2008 年连江流域多样性和均匀度都有所增加, 表明整个区域的景观异质性也逐渐提高, 景观向多样化和均匀化方向发展。

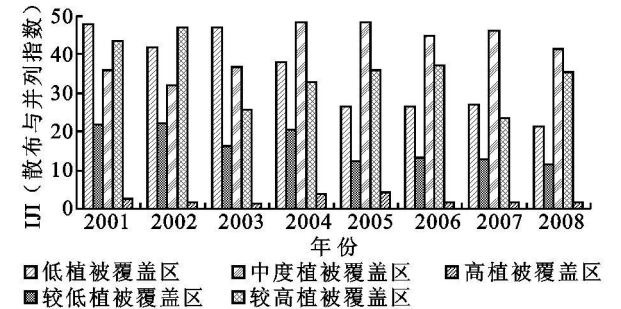


图 3 连江流域 2001- 2008 年类型水平散布与并列指数

表 4 连江流域 2001- 2008 年景观水平指数变化

年份	NP	LSI	PAFRAC	CONTAG	IJI	SHDI	SHEI	AI
2001	3585	45.1076	1.4898	50.2242	41.7963	1.0045	0.6241	78.9829
2002	3702	45.0163	1.5046	51.6603	41.3922	0.9648	0.5995	79.0189
2003	2549	36.0193	1.4695	56.6188	34.7537	0.8977	0.5578	83.3889
2004	3414	48.3114	1.4909	46.9352	43.1697	1.0742	0.6674	77.4313
2005	3331	42.6058	1.4624	47.6427	43.5438	1.0983	0.6824	80.2142
2006	3025	42.1112	1.4600	47.8349	42.8808	1.0977	0.6820	80.4570
2007	2992	39.8144	1.4707	51.0330	38.5434	1.0252	0.6370	81.5628
2008	2893	39.2902	1.4503	50.9150	40.3856	1.0322	0.6413	81.8191

4 结论与讨论

连江流域近 8 a 来的植被覆盖呈总体退化趋势, 主要表现为较高与高植被覆盖区面积减少而中度与较低植被覆盖区面积增加。从景观水平上分

析, 连江流域的破碎程度减少即连通性提高, 同时整个流域的景观异质性在逐渐提高, 景观向多样化和均匀化方向发展。类型水平上各类景观要素在破碎化程度、复杂性和稳定性、聚集性、空间分布关系方面变化差异显著, 其中较高与中度植被覆盖空间特

征变化对整个流域空间格局动态起决定性作用。植被覆盖分布及其空间格局动态变化与相关环境要素之间的响应, 以及对流域生态水文过程影响需要进一步深入研究。如何利用长时间序列及年内时间变化遥感数据, 分析 NDVI 时空变化特征与降水、温度、径流等的相关性, 即研究流域植被覆盖变化所引起的水文、气候及其生态环境效应, 将对连江流域水资源管理及其石漠化治理具有重要的现实意义。

参考文献:

[ 1 ] Hansen M C, Defries R S, Townshend J R G, et al. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach[ J ]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21 ( 6 / 7 ): 1331-1364.

[ 2 ] Boles S H, Xiao X, Liu J, et al. Land cover characterization of temperate East Asia using multi-temporal VEGETATION sensor data[ J ]. Remote Sensing of Environment, 2004, 90( 4 ): 477-489.

[ 3 ] 朴世龙, 方精云. 最近 18 年来中国植被覆盖的动态变化[ J ]. 第四纪研究, 2001, 21( 4 ): 294-302.

[ 4 ] 徐永明, 刘勇洪, 魏鸣, 等. 基于 MODIS 数据的长江三角洲地区土地覆盖分类[ J ]. 地理学报, 2007, 62 ( 6 ): 640-648.

[ 5 ] 杨胜天, 刘昌明, 孙睿. 近 20 年来黄河流域植被覆盖变化分析[ J ]. 地理学报, 2002, 57( 6 ): 679-684.

[ 6 ] 王兆礼, 陈晓宏, 李艳. 珠江流域植被覆盖时空变化分析[ J ]. 生态科学, 2006, 25( 4 ): 303-307.

[ 7 ] Wardlow B D, Egbert S L, Kastens J H. Analysis of

time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U S Central Great Plains[ J ]. Remote Sensing of Environment, 2007, 108: 290-310.

[ 8 ] Zhan X, Sohlberg R A, Townshend J R G, et al. Detection of land cover changes using MODIS 250 m data[ J ]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83: 336-350.

[ 9 ] Cihlar J, Ly H, Xiao Q. Land cover classification with AVHRR multi-channel composites in northern environments[ J ]. Remote Sensing of Environment, 1996, 58 ( 1 ): 36-51.

[ 10 ] Price J C. Comparing MODIS and ETM+ data for regional and global classification[ J ]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86( 4 ): 1835-1852.

[ 11 ] 王秀春, 黄秋昊, 蔡运龙. 贵州省乌江流域植被覆盖动态变化分析[ J ]. 水土保持研究, 2008, 15( 5 ): 15-17.

[ 12 ] 邹鸣. 连江流域水文特性分析[ J ]. 广东水利水电, 2005( 6 ): 74-75.

[ 13 ] Deferis R S, Townshend J R G. NDVI-derived land cover classification at a global scale[ J ]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15: 3567-3586.

[ 14 ] Huete A, Justice C, Leeuwen W V. Modis Vegetation Index (MOD13) Version 3. Algorithm Theoretical Basis Document, [Http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod13.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf), 1999.

[ 15 ] 刘庚, 毕如田, 褚雅红. 基于 MODIS 影像的山西省植被指数分析[ J ]. 测绘与空间地理信息, 2008, 31( 1 ): 43-45.

[ 16 ] 曾加芹, 欧阳华, 牛树奎, 等. 1985-2000 年西藏地区景观格局变化及影响因子分析[ J ]. 干旱区资源与环境, 2008, 22( 1 ): 137-143.

( 上接第 6 页 )

[ 29 ] 方华军, 杨学明, 张晓平, 等. <sup>137</sup>Cs 示踪技术研究坡耕地黑土侵蚀和沉积特征[ J ]. 生态学报, 2005, 25( 6 ): 1376-1382.

[ 30 ] 中华人民共和国水利部. 中华人民共和国行业标准: 土壤侵蚀分类分级标准(SL190-96)[ S ]. 1997: 9-12.

[ 31 ] 魏欣. 东北黑土区小流域土壤侵蚀空间分异规律研究[ D ]. 北京: 北京师范大学, 2007: 100-109.

[ 32 ] 郭福厚, 杨玉和. 柳河流域输沙能力分析[ J ]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 24( 3 ): 444-446.

[ 33 ] 国家环境保护总局. 全国生态现状调查与评估: 东北卷[ M ]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005: 241-245.

[ 34 ] 王振颖, 寿祝邦. 辽宁土壤侵蚀状况分区与防治重点[ J ]. 水土保持研究, 1997, 4( 4 ): 32-39.

[ 35 ] 张学俭, 武龙甫. 东北黑土地水土流失修复[ M ]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.