

黑河流域植被覆盖程度变化研究

李旭谱<sup>1</sup>, 张福平<sup>1</sup>, 魏永芬<sup>2</sup>

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 日本国立岐阜大学 流域圈科学研究中心, 日本 岐阜 501 - 1193)

**摘要:** 基于长时间序列 SPOT VGT-NDVI 影像数据, 利用均值法、最大值合成法、最小二乘法、NDVI 变化度模型等方法, 研究黑河流域 1999—2010 年植被覆盖程度的动态变化规律。结果表明: 研究时段内流域的植被覆盖程度呈逐步改善趋势, 改善面积百分比为 26.65%, 其高度改善区域面积为 71.79 km<sup>2</sup>, 几乎全部集中在黑河中游地区; 但流域植被覆盖水平整体较差, 从东南向西北逐步呈荒漠化态势变化; 研究发现部分地区植被仍有退化现象。

**关键词:** 植被覆盖; SPOT VGT-NDVI; NDVI 变化度模型; 黑河流域

**中图分类号:** X826      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1003-2363(2013)03-0108-07

植被覆盖面积的大小是反映区域性生态环境状况的重要指标之一, 而多年植被覆盖面积的变化则直观反映了植被生态环境随时间的变化规律<sup>[1-9]</sup>。黑河流域作为西北干旱地区的典型区域, 其植被覆盖状况在很大程度上体现了我国西北干旱地区的植被模式。由于气候的变化和人为的影响, 该流域的植被覆盖发生了很大的变化<sup>[10-12]</sup>。因此, 近些年来, 该流域的植被空间分布和变化规律越来越引起人们的关注<sup>[13-18]</sup>。已有研究多局限在较短的时间内, 本研究采用长时间序列的 SPOT VGT 数据集研究该流域的植被空间分布特征和动态变化趋势, 对保护流域的植被和脆弱的生态环境具有重要的指导意义, 并为政府制定相应的决策提供理论依据。

1 研究区概况

黑河是我国西北地区一条重要的河流, 是河西走廊最大(全国第二)的内陆河, 发源于祁连山中段, 流经青海省、甘肃省、内蒙古自治区, 最终汇入居延海。黑河流域地处欧亚大陆中部, 位于我国西北干旱区(东经 96°42'~102°00', 北纬 37°41'~42°42'), 为典型的大陆性干旱气候, 降水少而集中, 日照充足, 昼夜温差大, 且东西和南北气候差异显著。南部祁连山区, 降水量由东向西递减, 雪线高度由东向西逐渐升高。中部走廊平原区降水量由东部的 250 mm 向西部递减为 50 mm 以下, 蒸发量则由东向西递增, 自 2 000 mm 以下增至 4 000 mm 以

上<sup>[16]</sup>。流域内垂直高度变化大, 海拔在 1 300~4 700 m, 并且上、中、下游的地形地貌特征各不相同。上游海拔一般在 2 300 m 以上, 以高山、冰川、森林、草甸草原为主, 植被覆盖度较高。中、下游主要是海拔 1 300~2 300 m 的走廊地带, 分布着大面积的戈壁和沙漠。绿洲植被多以胡杨、怪柳、沙枣为主, 植被种类简单且覆盖度小<sup>[14, 16]</sup>。

2 数据与方法

2.1 数据来源

本研究采用的长时间序列 SPOT VGT 遥感影像数据来自比利时 VITO 研究所的植被数据网站 (<http://free.vgt.vito.be>), 是 10 d 最大化合成的 NDVI 数据, 已进行了大气校正、辐射校正、几何校正和拉伸等预处理, 空间分辨率为 1 km×1 km。时间范围为 1999 年 1 月至 2010 年 12 月, 每月 3 旬共 432 景影像。另外, 也参照使用了黑河流域 2000 年土地利用土地覆盖数据, 该数据由中国 1:100 000 土地利用数据直接裁剪得到, 分类采用一个分层的土地覆盖分类系统, 将全流域分为耕地、林地、草地、水域、城乡用地、工矿用地、居民点用地和未利用地等覆盖类型<sup>[19-21]</sup>。另外还使用了黑河流域的土地居民点数据和 1:1 000 000 植被类型数据<sup>[22-25]</sup>。利用旬 NDVI、月 NDVI、年均 NDVI 和累积年均 NDVI 数据, 采用最大化合成法、均值法、距平法、NDVI 变化度模型<sup>[26-27]</sup>和最小二乘法<sup>[28]</sup>从宏观的角度整体分析了黑河流域植被覆盖空间分布规律和动态变化趋势。

2.2 研究方法

2.2.1 线性回归分析

用回归斜率 *b* 来表征黑河流域植被覆盖的变化趋势。一元回归被广泛应用于长时间序列的植被遥感分析, 它是以时间 *i* 为自变量, 归一化植被指数(normalized difference vegetation index: NDVI)/*I* 为因变量, 建立一元线性回归方程。其计算公式如下:

收稿日期: 2012-07-20; 修回日期: 2013-03-18  
基金项目: 中国博士后科学基金项目(2011M501496); 陕西师范大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(GK201101002); 国家科技支撑计划课题(2012BAC08B07)  
作者简介: 李旭谱(1985-), 女, 河南南阳市人, 硕士研究生, 主要从事资源环境遥感与 GIS 应用研究, (E-mail) xpangel1011@126.com。  
通讯作者: 张福平(1973-), 男, 山西吕梁市人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事资源环境遥感与 GIS 应用研究, (E-mail) zhang\_fuping@163.com。

$$b = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times I_i - \left( \sum_{i=1}^n i \right) \left( \sum_{i=1}^n I_i \right)}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - \left( \sum_{i=1}^n i \right)^2}。$$

式中： $b$  为回归斜率； $I_i$  为第  $i$  年的 NDVI 年均值； $n$  为监测时间段的年数。回归方程的斜率  $b$ ，也称 NDVI 趋势变化率，利用最小二乘法得到。如果  $b$  为正数，表示随着时间的增加，年均 NDVI 呈上升趋势，说明该区域植被面积增加，数值越大该地区植被覆盖增加越明显。反之，则说明该区域植被覆盖面积呈减少趋势。因此，通过  $b$  值的正负及其大小，可以判断一个地区地表植被的活动情况。

2.2.2 NDVI 变化度模型

NDVI 变化率可以表示 2 个时间段内 NDVI 的增减

幅度，但其误差较大<sup>[17]</sup>。本研究采用 NDVI 变化度<sup>[27]</sup>来分析黑河流域 NDVI 的时空变化情况，以此来衡量单位面积植被覆盖的变动情况。

$$C_j = N_j/A_j。$$

式中： $C_j$  为第  $j$  个像元的变化度； $N_j$  为第  $j$  个像元的变化量（两期数据的差值）； $A_j$  为第  $j$  个像元的面积。

3 结果分析

3.1 植被季节变化

为了反映 1999—2010 年各个季节的植被覆盖随时间的变化状况，特选取每个季节植被较好的 4、7、10、1 月的 NDVI 数据，采用线性相关来模拟 NDVI 随时间的变化趋势（图 1）。

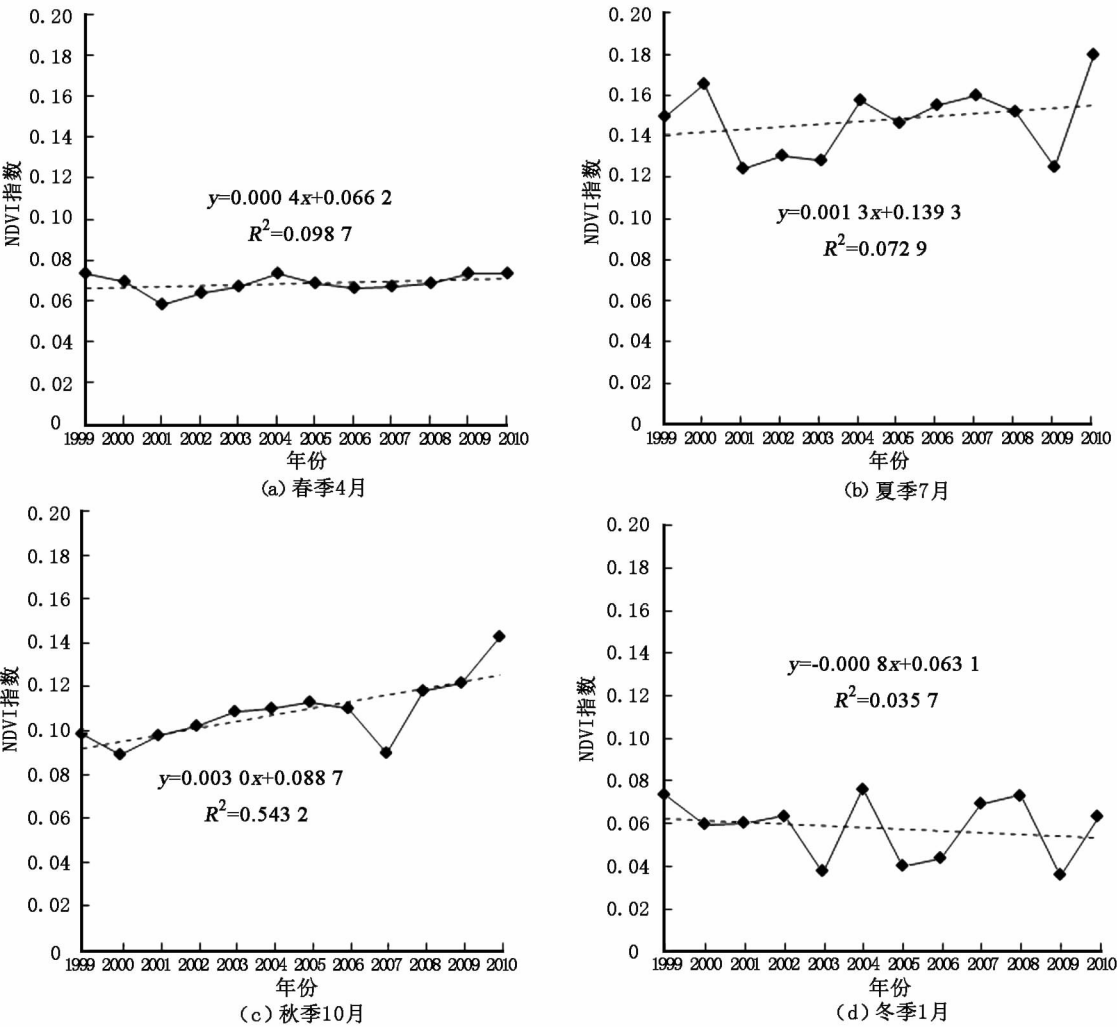


图1 黑河流域 1999—2010 年 NDVI 季节变化趋势  
Fig.1 The change trend of seasonal NDVI values in Heihe River Basin from 1999 to 2010

黑河流域近 12 年来春季植被覆盖的变化除了有一些小幅度的波动外，NDVI 总体上呈增加趋势，由其趋势变化率和相关系数  $R$  知，NDVI 的增加不是十分明显；1999—2001 年 NDVI 呈减少趋势，在 12 a 中 2001 年达到最小值（图 1a）。夏季 NDVI 以 0.001 3 的趋势率逐年增加，在 2010 年出现快速增长（图 1b）。秋季的植被覆

盖在 2000—2006 年持续增加，除 2000 年和 2007 年有波动外，总体呈增加趋势，NDVI 变化曲线与趋势线的相关系数达到了 0.7 以上，其 NDVI 增加的趋势相对于春季和夏季来说比较明显（图 1c）；冬季的 NDVI 变化曲线与趋势线在绝对值小于 0.2 的相关系数下呈负相关性，NDVI 波动较大，且随着时间的变化，NDVI 值以

-0.000 8的变化率呈下降趋势(图 1d)。

3.2 植被年际变化

采用距平法和一元线性回归来模拟黑河流域 1999—2010 年 NDVI 随时间的变化趋势(图 2)。12 a 来 NDVI 总体上呈逐年增加趋势,尤其是从 2001 年开始,除小幅度的波动外 NDVI 值持续增加。从距平曲线可以看出,其值多为正距平,说明 12 a 间植被覆盖整体上呈现好转状况,除 2001 年的距平值波动较大外,其他均在 0 上下轻微波动。

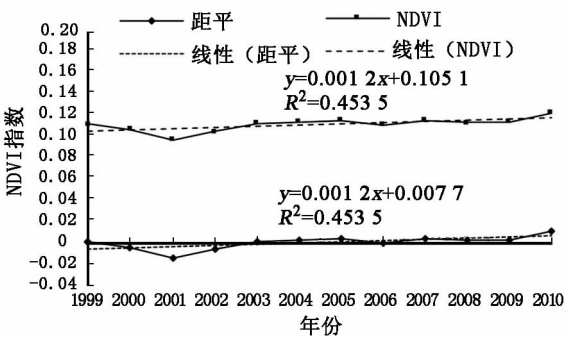


图 2 黑河流域 1999—2010 年 NDVI 年际变化趋势  
Fig. 2 The change trend of yearly  
NDVI values in Heihe River Basin from 1999 to 2010

3.3 植被时空变化特征

3.3.1 植被空间分布变化。为了解黑河流域植被的空间分布随时间的变化情况,根据不同的 NDVI 范围反映的植被类型不同<sup>[29]</sup>,将 1999—2010 年的 NDVI 划分为 4 个等级(表 1),通过计算每年及多年年均 NDVI 来分析 12 a 来黑河流域植被的空间分布及变化状况。总体来看,黑河流域的植被覆盖 80% 以上处于较差水平,植被覆盖在很好水平上的几乎为 0。由表 1 分析发现,近 12 a 来较差水平上的植被覆盖比例大体上呈减少趋势,一

般和较好等级的植被覆盖比例则逐年上升,且一般水平的植被覆盖增加幅度较大,后两者的值均在多年年均值之上,说明随着时间的变化,黑河流域的植被覆盖面积逐渐增加,呈现逐步改善的变化趋势。

表 1 黑河流域不同等级 NDVI 植被分布比例 %  
Tab. 1 Ratio of the vegetation in different  
levels in Heihe River Basin from 1999 to 2010

年份	等级标准及植被分布比例			
	较差 ( <0.2 )	一般 ( 0.2 ~0.4 )	较好 ( 0.4 ~0.6 )	很好 ( >0.6 )
1999	85.37	14.27	0.36	0
2000	86.06	13.61	0.33	0
2001	87.76	12.01	0.22	0
2002	84.63	15.11	0.26	0
2003	84.97	14.31	0.72	0
2004	85.02	14.35	0.64	0
2005	83.62	15.15	1.22	0
2006	83.90	14.89	1.21	0
2007	83.35	15.55	1.11	0
2008	83.92	15.22	0.86	0
2009	83.56	15.44	1.00	0
2010	82.29	16.67	1.04	0
年均	84.54	14.83	0.63	0

3.3.2 NDVI 时空变化度。通过对 1999—2003,2003—2007,2007—2010 年的 NDVI 进行变化度分析(图 3)可以看出,2003—2007 年 NDVI 的变化幅度最大,主要集中在黑河上游的中部和北部,1999—2003 年 NDVI 变化度的高值集中在上游的东部民乐和山丹境内,2007—2010 年 NDVI 变化较大的区域在黑河均有分布,尤其是下游,其 NDVI 变化度的高值区域面积比其他 2 个时段

的面积明显增加。

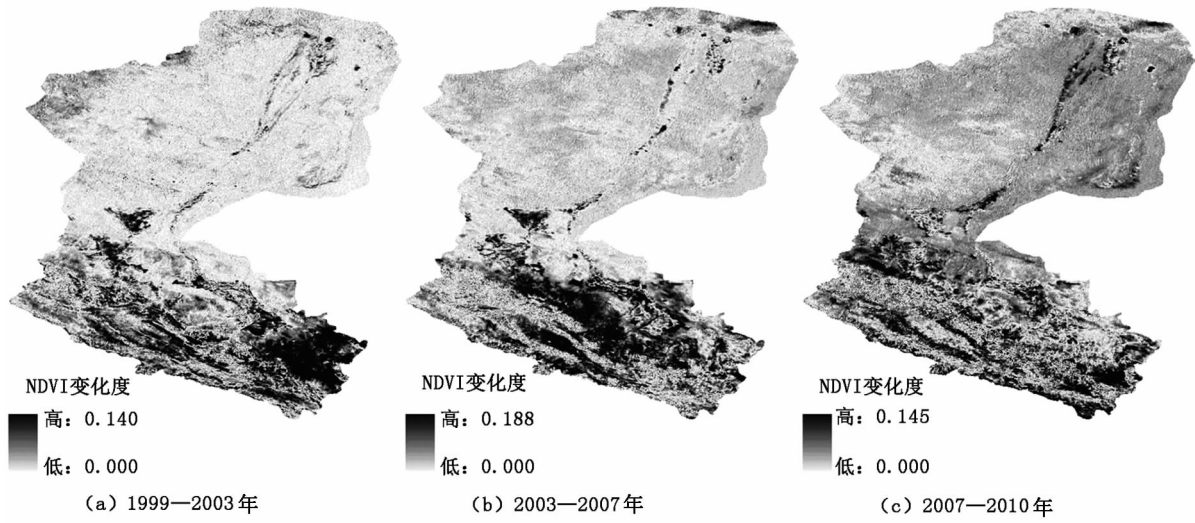


图 3 黑河流域 1999—2010 年 NDVI 时空变化度  
Fig. 3 The changes degree of spatial and temporal on NDVI from 1999 to 2010

为了更形象地解释3个时段NDVI变化度的时空变化特征,利用研究区的横纵剖面图来分析,其中横坐标表示采样剖面点离起点(参考黑河植被类型图由植被类

型的丰富程度设定起点为99°20'E,39°30'N)的距离,纵坐标表示采样剖面点的NDVI变化度(图4)。

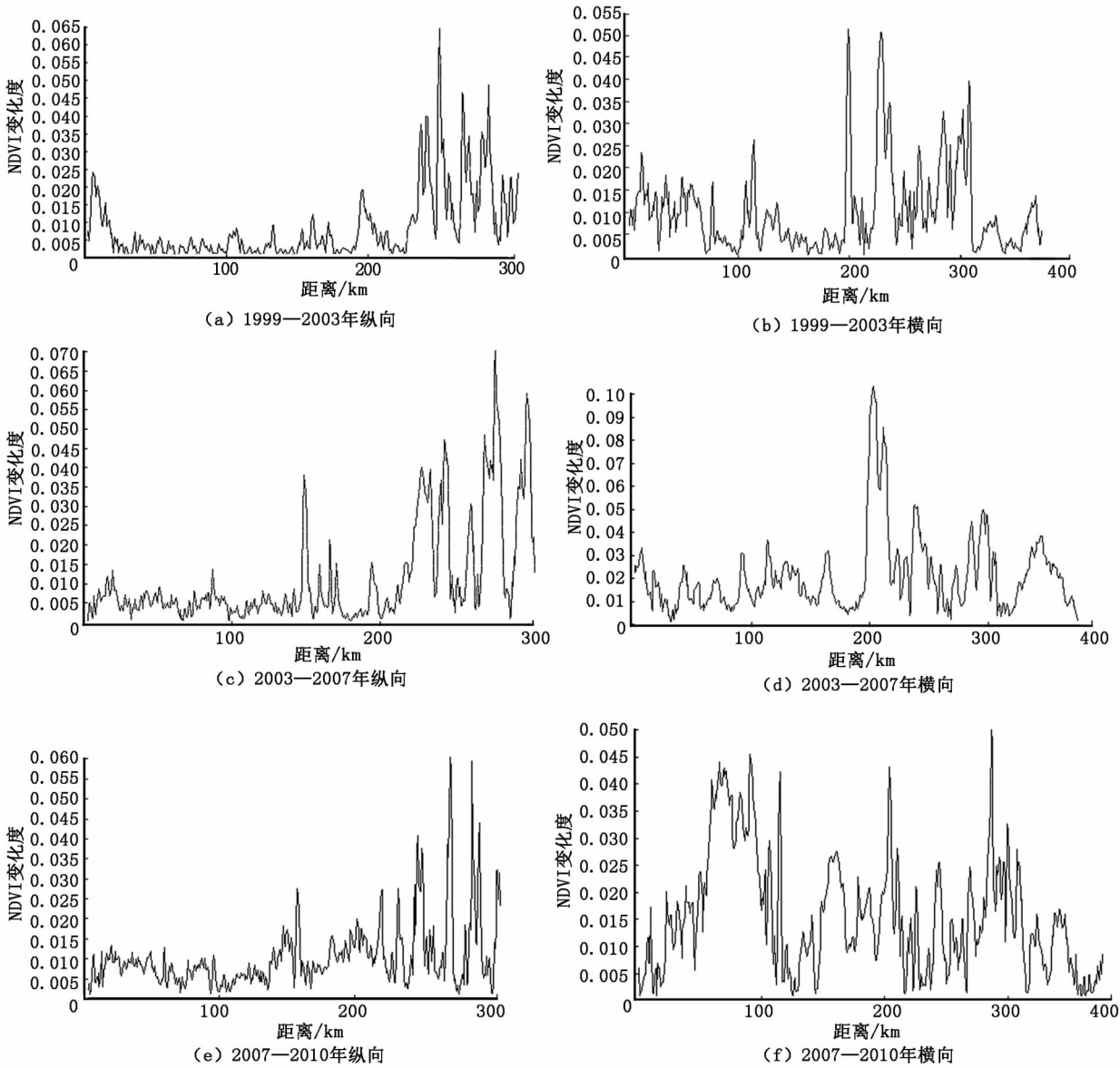


图4 NDVI时空变化度剖面图

Fig.4 The profiles of the degree of spatial and temporal on NDVI from 1999 to 2010

3个时段的NDVI变化度剖面图显示,南北纵向的NDVI变化度比东西横向的平均变化度小;除2007—2010年横向剖面图(图4f)在0~100 km间的NDVI变化度的变化幅度较大外,其他时期该距离范围内的变化幅度均较小。在纵向图中,1999—2003年时段0~100 km间离起点较近的位置NDVI变化度较大,其值接近0.025,而另外2个时段的值均低于0.015;2003—2007年和2007—2010年中100~300 km间变化幅度大体一致;三期纵向图在200~300 km间均出现高峰值(图4a,图4c,图4e)。在横向图中3个时段100~200 km间的变化幅度基本一致;在200~300 km之间3期横向剖面图均出现高峰值,并且可以得出2003—2007年时段ND-

VI变化度的变化幅度总体上较大;在300~400 km范围内,1999—2003年的变化幅度很小,峰值接近0.015,2003—2007年的变化特征接近于正态分布,并且峰值达到了0.04,在2007—2010年不同距离上NDVI变化度的波动均较大,峰值达到了0.015(图4b,图4d,图4f)。可见,黑河流域的NDVI变化空间分布情况存在较大的变异性。

3.4 植被变化趋势

为进一步研究黑河流域植被覆盖的变化情况,采用线性趋势分析可得到定量分析结果。将由最小二乘法得到的变化斜率b划分为-2,-1,0,1,2等5种等级<sup>[30-31]</sup>,依次代表黑河流域植被覆盖变化的严重退化、

轻度退化、基本不变、轻度改善和高度改善状况,  $b$  的取值范围分别是  $-0.011\ 5 \sim -0.006\ 5$ ,  $-0.006\ 5 \sim -0.001\ 5$ ,  $-0.001\ 5 \sim 0.001\ 5$ ,  $0.001\ 5 \sim 0.014\ 5$ ,  $0.014\ 5 \sim 0.028\ 8$ (表 2, 图 5)。

表 2 1999—2010 年黑河流域 NDVI 变化统计

Tab.2 The statistics of NDVI

variations in Heihe River Basin from 1999 to 2010

等级代码	植被覆盖程度	$b$	比例/%	面积/km <sup>2</sup>
-2	严重退化	-0.011 5 ~ -0.006 5	0.00	4.17
-1	轻度退化	-0.006 5 ~ -0.001 5	1.56	2 229.66
0	基本不变	-0.001 5 ~ 0.001 5	71.79	102 585.05
1	轻度改善	0.001 5 ~ 0.014 5	26.60	38 009.33
2	高度改善	0.014 5 ~ 0.028 8	0.05	71.79

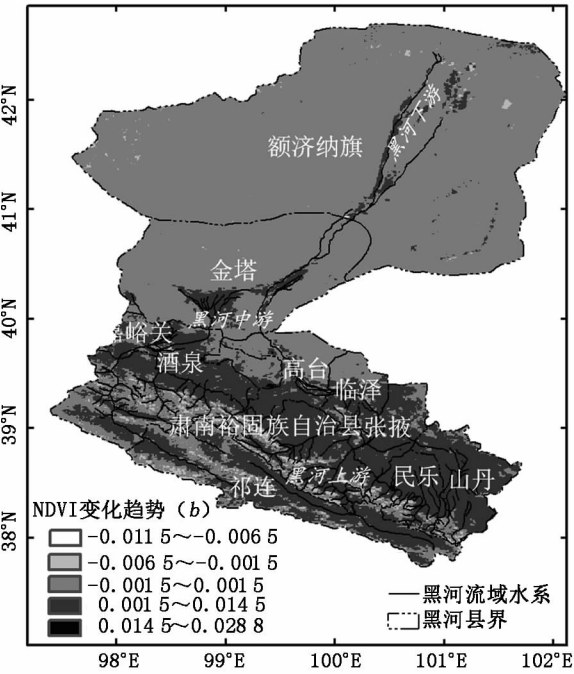


图 5 1999—2010 年黑河流域 NDVI 变化趋势空间分布图

Fig.5 The spatial distribution of

NDVI change trend in Heihe River Basin from 1999 to 2010

黑河流域植被覆盖面积总体上从东南向西北逐步减少,呈荒漠化态势,由回归变化率  $b$  值的分布可知,黑河流域的植被覆盖变化表现为由南向北“减少—不变—增加—减少”的带状变化趋势。黑河流域植被的严重退化和高度改善面积几乎为 0,植被的轻度改善面积占黑河流域总面积的 26.6%,主要集中在黑河的上游和中游地区,轻度退化分布在上游地区,植被的基本不变,面积所占比例最大,为 71.79%,主要分布在黑河下游地区。

黑河上游为山区,其植被的轻度改善面积为 17 105.16 km<sup>2</sup>,占整个黑河该等级面积的 11.97%,主要分布在祁连境内,多沿河流两侧,植被类型主要为高覆盖度草地、疏林地、高山草甸和灌木林地;植被基本不变

面积为 11 175.83 km<sup>2</sup>,主要分布在肃南裕固族自治县和祁连的西北部,多为寒漠、冰川和永久性积雪;植被的轻度退化在祁连和肃南裕固族自治县内均有分布,主要是中覆盖度草地,其面积为 1 809.77 km<sup>2</sup>,且呈带状态势,几乎集中了整个黑河的植被退化区域。

黑河中游主要是戈壁、沙漠和低覆盖度草地覆盖,该区域轻度改善面积为 19 336.49 km<sup>2</sup>,分布在金塔南部、嘉峪关、酒泉、高台西南部、临泽的中部和东部以及民乐的北部和东部地区,且在山丹除西南部的植被基本不变外,其他区域的植被几乎均处于轻度改善状态;植被基本不变区域主要分布在金塔,高台和肃南裕固族自治县;在酒泉的东部和肃南裕固族自治县的东南部部分区域有高度改善的植被覆盖,占有面积为 71.79 km<sup>2</sup>;该地带也分布有 101.84 km<sup>2</sup> 的轻度退化区域,集中在临泽和张掖。

黑河下游主要是额济纳旗地区,该区域深居内陆腹地,是典型的大陆性气候,降水少,温差大、风大且沙多,植被覆盖非常稀少,多呈现荒漠景观。在其与金塔东北部的交界处分布有 3.34 km<sup>2</sup> 的植被严重退化区域;在额济纳旗西部和东北部,仅有轻度退化状态的植被零星分布,占有面积为 318.05 km<sup>2</sup>;轻度改善区域主要分布在阿拉善高原和弱水三角洲地带,此处有水体,植被覆盖较好,这与顾娟等<sup>[15]</sup>的研究结果一致;整个下游地区 80% 以上处于植被基本不变状态,这是由该地区多有戈壁、沙地和裸岩覆盖所决定的。

4 结果与讨论

黑河流域位于欧亚大陆中部,远离海洋,周围高山环绕,流域气候干燥少雨且蒸发量大,属于生态脆弱地区。由于受大陆性气候和青藏高原的祁连山—青海湖气候区影响,该区域植被类型稀少,覆盖面积也很小,多为旱地、灌木丛、中低覆盖草地以及大面积的戈壁和沙漠。黑河流域因受多方面因素的影响,其植被覆盖在总体上水平较差,植被类型稀少,植被覆盖面积较小<sup>[10,29-30]</sup>。黑河流域植被的空间分布主要受水分条件的制约<sup>[15,31-34]</sup>,河流两侧及附近区域植被覆盖水平处于良好状态,体现了植被随水而生的特点。研究发现有居民点分布的区域其植被覆盖面积在总面积中占有较大比例,但因受气候和地理条件限制,居民点分布较少,特别是下游阿拉善地区。黑河流域主要发展农牧经济,为了发展畜牧业,在林地和草地退化的境况下,载畜量却逐渐增加,导致草原压力过大,最终引起部分区域的植被覆盖面积逐步减少。本研究采用 1999—2010 年 12 a 长时间序列 SPOT VGT 数据集,从宏观的角度研究了黑河流域的植被空间分布和动态变化趋势,结果表明:(1)黑河流域植被覆盖面积总体上从东南向西北逐步减少,呈荒漠化态势;(2)植被种类少且植被覆盖面积较小,除上游外,其他地区仅有少量植被覆盖;(3)近 12 a 来黑河流域

的植被覆盖水平呈逐年改善趋势,改善面积为38 081.12 km<sup>2</sup>,占总面积的26.65%;(4)除冬季外,年内各季节的植被覆盖逐渐好转,面积均有所增加。

黑河流域仍存在面积为2 233.83 km<sup>2</sup>的植被退化区域,主要集中在中上游地区,除气候因素外,人为破坏起较关键的作用,过度放牧导致草地退化以及肆意砍伐引起的林地面积的减少,直接导致植被覆盖度逐渐减小。黑河流域地处荒漠区,属于生态极度脆弱地区,若不及时采取措施则会使该流域的生态平衡体系遭到破坏,生态健康受到严重影响。

## 参考文献:

- [1] Jin Xiaomei, Schaepman M, Clevers J, *et al.* Correlation between Annual Runoff in the Heihe River to the Vegetation Cover in the Ejina Oasis [J]. *Arid Land Research and Management*, 2010, 24(1): 31–41.
- [2] Feng Qi, Cheng Guodong. Current Situation, Problems and Rational Utilization of Water Resources in Arid Northwestern China [J]. *Journal of Arid Environments*, 1998, 40(4): 373–382.
- [3] Wu Juan. The Effect of Ecological Management in the Upper Reaches of Heihe River [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(1): 1–7.
- [4] 于伯华,吕昌河,吕婷婷,等. 青藏高原植被覆盖变化的地域分异特征[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(3): 391–397.
- [5] 李秀花,师庆东,常顺利,等. 1981—2001年中国西北干旱区NDVI变化分析[J]. *干旱区地理*, 2008, 31(6): 940–945.
- [6] 陈效述,王恒. 1982—2003年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J]. *地理学报*, 2009, 64(1): 84–94.
- [7] 摆万奇,柏书琴. 土地利用和覆盖变化在全球变化研究中的地位与作用[J]. *地域研究与开发*, 1999, 18(4): 13–16.
- [8] 张本昀,喻铮铮,刘良云,等. 北京山区植被覆盖动态变化遥感监测研究[J]. *地域研究与开发*, 2008, 27(1): 108–112.
- [9] 颀耀文,陈发虎. 干旱区土地利用/土地覆盖变化与全球环境变化[J]. *地域研究与开发*, 2002, 21(2): 108–112.
- [10] 白福,李文鹏,黎志恒. 黑河流域植被退化的主要原因分析[J]. *干旱区研究*, 2008, 25(2): 219–224.
- [11] 王海军,张勃,靳晓华,等. 黑河流域植被空间特征遥感分析及其分布特点形成机制[J]. *干旱区资源与环境*, 2009, 23(5): 160–164.
- [12] Guo Qiaoling, Feng Qi, Li Jianlin. Environmental Changes after Ecological Water Conveyance in the Lower Reaches of Heihe River, Northwest China [J]. *Environmental Geology*, 2009, 58(7): 1387–1396.
- [13] 黄朝迎. 黑河流域气候变化对生态环境与自然植被影响的诊断分析[J]. *气候与环境研究*, 2003, 8(5): 84–90.
- [14] 张一驰,于静洁,乔茂云,等. 黑河流域生态输水对下游植被变化影响研究[J]. *水利学报*, 2011, 42(7): 757–765.
- [15] 顾娟,李新,黄春林. 基于时序MODIS NDVI的黑河流域土地覆盖分类研究[J]. *地球科学进展*, 2010, 25(3): 317–326.
- [16] 马国泰. 黑河流域景观生态特征分析研究[J]. *河西学院学报*, 2003(2): 42–46.
- [17] 金晓媚. 黑河流域天然植被的面积变化研究[J]. *地学前缘*, 2005, 12(S1): 166–169.
- [18] 韩辉邦,马明国,严平. 黑河流域NDVI周期性分析及其与气候因子的关系[J]. *遥感技术与应用*, 2011, 26(5): 554–560.
- [19] 王一谋,颜长珍,王建华. 黑河流域2000年土地利用数据集[EB/OL]. (2011-01-01) [2012-04-20] <http://westdc.westgis.ac.cn/data/4225a0a6-972c-4c15-b6e9-5925e6c6a0d2>.
- [20] 刘纪远,刘明亮,庄大方,等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. *中国科学(D辑)*, 2002, 32(12): 1031–1040.
- [21] Liu Jiyan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, *et al.* Study on Spatial Pattern of Land-use Change in China during 1995—2000 [J]. *Science in China*, 2003, 46(4): 373–384.
- [22] 侯学煜. 1:1 000 000 中国植被图集[M]. 北京:科学出版社, 2001.
- [23] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 中华人民共和国植被图(1:1 000 000) [M]. 北京:地质出版社, 2007.
- [24] 李新,程国栋,吴立宗. 数字黑河的思考与实践1:为流域科学服务的数字流域[J]. *地球科学进展*, 2010, 25(3): 297–305.
- [25] 李新,吴立宗,马明国,等. 数字黑河的思考与实践2:数据集成[J]. *地球科学进展*, 2010, 25(3): 306–316.
- [26] 赵静,姜琦刚,李卫东,等. 基于NDVI变化的三江源生态环境演变分区研究[J]. *世界地质*, 2008, 27(4): 427–431.
- [27] 常俊杰. 基于时空动态的干旱区生态环境质量评价——以甘肃省石羊河流域为例[D]. 西安:陕西师范大学, 2012.
- [28] 张戈丽,欧阳华,张宪洲,等. 基于生态地理分区的青藏高原植被覆被变化及其对气候变化的响应[J]. *地理研究*, 2010, 29(11): 2004–2016.
- [29] 张宏斌,唐华俊,杨桂霞,等. 2000—2008年内蒙古草原MODIS NDVI时空特征变化[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(9): 168–176.
- [30] 邓朝平,郭锐,王介民,等. 近20余年来西北地区植被变化特征分析[J]. *冰川冻土*, 2006, 28(5): 686–693.
- [31] 戴声佩,张勃,王海军,等. 基于SPOT NDVI的祁连山草地植被覆盖时空变化趋势分析[J]. *地理科学进展*, 2010, 29(9): 1075–1080.
- [32] Chang Yuhua, Bao Duwala. Satellite Monitoring of the Ec-

ological Environment Recovery Effect in the Heihe River Downstream Region for the Last 11 Years [J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 10(3): 2385 – 2392.

[33] Lu Ling, Li Xin, Cheng Guodong. Landscape Evolution in the Middle Heihe River Basin of North-west China during the Last Decade [J]. *Journal of Arid Environments*, 2003, 53(3): 395 – 408.

[34] 卢玲, 李新, Frank Veroustraete. 黑河流域植被净初级生产力的遥感估算 [J]. *中国沙漠*, 2005, 25(6): 823 – 830.

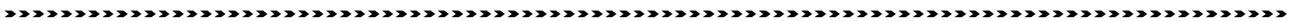
Research on Dynamic Changes  
of the Vegetation Coverage Levels in Heihe River Basin

Li Xupu<sup>1</sup>, Zhang Fuping<sup>1</sup>, Wei Yongfen<sup>2</sup>

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. River Basin Research Center, Gifu University, Gifu 501-1193, Japan)

**Abstract:** This paper analyses the regulation of the vegetation coverage dynamic change of Heihe River Basin from 1999 to 2010 by taking the mean method, the maximum synthesis, least squares method and the model of NDVI change degree, etc., based on the SPOT VGT-NDVI image data. Results indicate that: the vegetation coverage in Heihe River Basin has improved in these nearly 12 years, the improved ratio is 26.65%, the area of the highly improved region is 71.79 km<sup>2</sup>, almost all of which concentrated in the middle region; the vegetation coverage in Heihe River Basin is not high overall, which gradually changes with the trend of desertification from the southeast to the northwest; and it's found that there are still vegetation coverage degenerations in some parts of the basin.

**Key words:** vegetation coverage; SPOT VGT-NDVI; model of NDVI change degree; Heihe River Basin



(上接第 98 页)

[19] De Bruyn S M, Opschoor J B. Developments in the Throughput-Income Relationship: Theoretical and Empirical Observations [J]. *Ecological Economics*, 1997, 20(3): 255 – 268.

[20] OECD. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth [R]. Paris: OECD, 2002.

[21] Vehmas J, Kaivo-oja J, Luukkanen J. Global Trends of Linking Environmental Stress and Economic Growth [R]. Turku: Tutu Publications, 2003: 1 – 25.

[22] Tapio P. Towards A Theory of Decoupling: Degrees of Decoupling in the EU and Case of Road Traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. *Transport Policy*, 2005, 12(2): 137 – 151.

Evaluation Research on  
Decoupling of Pollutant Emission Growth and Economic Growth

Guo Chenglong<sup>1,2</sup>, Zhang Zhiguang<sup>1</sup>

(1. College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

**Abstract:** Essence of decoupling between pollutant emission growth and economic growth is the reduction of pollutant emission, even none-pollution, and achieving the symbiosis between ecology and economy. The paper chose the emission of waste water, chemical oxygen demand (COD), ammonia nitrogen (AN), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) and flue dust as the pollutant indicator, and chose GDP, industrial added value, consumption expenditure as the economic indicator, and then made decoupling analysis. According to the results, decoupling condition is weak expansive decoupling and positive strong decoupling by and large, but part of decoupling condition temporarily worsens during 1998—2010. On structural analysis, the waste water, COD and AN from household have positive effect on the whole pollutant. The emission of industrial SO<sub>2</sub> directly determines decoupling of the whole SO<sub>2</sub>. The household flue dust gives rise to disturbance influence on the whole decoupling.

**Key words:** decoupling; pollutant emission; economic growth; symbiosis; ecological security