

祁连山以北地区生态植被的变化规律

金晓媚¹, 万力¹, 李文梅²

1. 中国地质大学(北京)水资源与环境学院, 北京 100083
2. 内蒙古第一水文地质工程地质勘察院, 呼和浩特 010050

[摘要] 祁连山以北地区是我国西北地区重要的组成部分之一, 近年来, 人类活动的不断加剧致使祁连山以北的部分地区的生态环境急剧恶化, 特别是额济纳旗地区由原来的生态屏障沦为沙尘暴的重要发源地。本项研究采用定量遥感技术, 应用最新的全球植被指数(GIMMS)作为数据源, 对祁连山以北地区 1982-2002 年间的植被指数变化幅度及变化趋势进行了研究。结果表明, 黑河中游的酒泉盆地和张掖盆地, 石羊河流域的武威盆地和金昌盆地, 多年植被指数呈上升趋势; 而黑河下游的额济纳旗, 多年植被指数呈负相关, 绿洲呈现萎缩趋势, 并对绿洲退化的原因进行了初步分析。

[关键词] GIMMS NDVI; 流量

[中图分类号] Q 343.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)03-0018-04

Research on Secular Variation of NDVI in the Area to the North of Qilian Mountain

JIN Xiaomei¹, WAN Li¹, LI Wenmei²

1. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
2. The First Institute of Hydrological and Engineering Geological Survey, Hohhot 010050, China

Abstract: The area to the north of Qilian Mountain is one of the most important areas in northwest China. Recently, the eco-environment in this area has drastically degraded and Ejina Banner has been turned from an ecological barrier into one of the sources of sandstorm. On the basis of quantitative remote sensing results, this paper studies the variation trend of NDVI from 1982 to 2002 in the area to the north of Qilian Mountain by using GIMMS NDVI data. It is shown that the variation trend of secular NDVI is rising in Jiuquan, Zhangye, Wuwei and Jinchang basins. On the other hand, the variation trend of secular NDVI in Ejina Banner, which is located in the downstream of Heihe River, is declining and the oasis is shrinking. The mechanism of oasis degradation is also analyzed in this paper.

Key Words: GIMMS NDVI; runoff

CLC Number: Q343.1

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)03-0018-04

我国西北地区气候干旱、降水稀少, 其社会经济发展与生态环境密切相关。由于西北地区地广人稀, 传统的地面调查方法确定植被覆盖面积, 不仅费钱、费时、费力, 也很难反映植被的空间和时间变化特征, 近年来遥感技术的发展使植被面积的动态定量监测成为可能。卫星遥感数据用于大尺度植被分类及变化研究的优越性主要表现在两个方面: 一方面卫星

遥感数据提供了植被的许多特征信息, 如季节性信息、植被光合能力的信息等; 另一方面遥感数据可以进行长时间的积累, 因此还可以提供植被覆盖变化的信息。我国利用卫星数据进行区域范围的植被分类及变化的研究时间较短, 李晓兵等^[4]利用 NOAA/AVHRR 数据对中国主要植被类型 NDVI 指数 10 年的变化规律进行了研究; 王心源等^[2]建立在 3 景 TM

卫星数据的基础上对额济纳旗地区近 15 年的绿洲变化进行了分析; 朴世龙等^[3]对最近 18 年中国植被覆盖的动态变化进行了分析。但应用 20 多年来的动态监测数据研究西北地区植被变化至今尚未见到。

祁连山以北地区是我国西北地区重要的组成部分之一, 南起祁连山分水岭, 北至终端居延海, 东西部分别以甘肃北山和黄河为界, 地理坐标

收稿日期: 2006-12-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(90302003)

作者简介: 金晓媚, 女, 北京市海淀区学院路 29 号中国地质大学(北京)水资源与环境学院, 副教授, 主要研究方向为生态水文学;
E-mail: jinxm@cugb.edu.cn

位于北纬 $36^{\circ}42'40''$; 东经 $93^{\circ}106'$ 范围。

近年来, 由于人类活动的不断加剧, 致使祁连山以北的部分地区的生态环境急剧恶化, 它不仅迫使许多农牧民迁移, 也殃及我国其他地区。仅以沙尘暴为例, 据卫星遥感探测数据表明, 来自阿拉善地区的沙尘暴影响范围涉及我国西北地区、华北地区甚至华东地区, 总面积约 200 万 km^2 的额济纳旗由原来的西北地区的生态屏障沦为沙尘暴的重要发源地。因此, 研究祁连山以北地区多年的植被面积变化规律, 对保护西北地区脆弱的生态环境具有重要的意义。

本研究在前人工作的基础上, 尝试利用多年的动态卫星影像资料, 根据其所反映的年内植物生长随时间变化的基本节律, 对 1982-2002 年共 21 年中的祁连山以北地区的植被特征的变化趋势进行了分析、研究, 探讨了区域植被动态变化的分布规律。

1 自然地理及水资源利用概况

祁连山以北地区深居内陆, 为典型的大陆性干旱气候, 气候干燥、降水稀少而集中, 多大风, 日照充足、太阳辐射强烈, 昼夜温差大, 多年均降水量为 400~500 mm/a 。

黑河是流域内最大的河流, 黑河水系先沿祁连山南坡向东南流, 在祁连县北的黄藏寺附近与东南方向来的八宝河(又名鄂博河)汇合, 转向西北切穿祁连山, 至海拔 1 750 m 的鹰落峡出口出山, 进入张掖绿洲, 后流经正义峡流入内蒙古额济纳旗绿洲, 最终注入东、西居延海。其干流全长 821 km, 根据区域地理特征和环境差异, 以鹰落峡、正义峡为分界线将全流域划分为上、中、下游。由于黑河河道历经变迁, 一些湖泊相继干涸。现仅存位于额济纳旗境内的现代黑河尾间湖西居延海(嘎顺尔)和东居延海(索果尔)分别于 1961 年和 1992 年相继干涸。

黑河流域的水资源总量为 (37~

40) $\times 10^8 \text{ m}^3$, 其中大部分来自于南部的祁连山区。由于中游地区耗水量过大, 使黑河流入下游地区的水量严重不足, 导致下游地区的生态环境恶化。

1960 年以后, 由于中游张掖地区的工、农业迅速发展, 人口不断增加, 用水量逐年增加, 使黑河流入下游地区的流量逐年减少, 导致下游地区生态环境逐渐恶化。到 20 世纪 90 年代, 黑河中游建成曹滩庄分水枢纽工程, 将黑河水经东、西两大灌渠引到张掖南部的洪积台地, 灌溉新垦农田, 使下泄水量锐减, 通过正义峡进入下游地区的径流量下降至 $7.74 \times 10^8 \text{ m}^3$, 生态需水量严重不足, 致使所有湖泊干涸、泉水消失、区域地下水位下降, 使下游绿洲中的大片天然林地死亡、草场退化、沙漠化速度加快、大规模沙尘暴频发, 农牧民生存条件迅速恶化。

2 数据来源

2.1 植被指数

植被指数是由多光谱数据, 经线性和非线性组合构成的对植被有一定指示意义的各种数值。在植被指数中, 通常利用植物光谱中的近红外波段和可见光红波段两个最典型的波段值。根据这两个波段计算产生的各种参数都对植被生长状况、生产力敏感, 因此常被用作描述植被生理状况, 估测现存绿色生物量、植被生产力等^[4-5]。

归一化差值植被指数 NDVI (Normalization Difference Vegetation Index) 是普遍利用的刻画植被的指数, 被定义为近红外波段与可见光红波段数值之差和这两个波段数值和的比值。即

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - R}{\text{NIR} + R} \quad (1)$$

式中, NIR 为近红外波段的地表反射率; R 为可见光红光波段的地表反射率。

NDVI 可以用于季节性植被变化研究, 也可以用于年际间植被变化分

析^[6-7]。

2.2 GIMMS NDVI 数据

GIMMS (Global Inventory Modelling and Mapping Studies) NDVI 数据是美国国家航空航天局(NASA)于 2003 年 11 月推出的最新的全球植被指数变化数据。这套数据包括了 1981-2002 年间的全球植被指数变化, 其时间分辨率为 15 天, 空间分辨率为 $8 \text{ km} \times 8 \text{ km}$ 。

GIMMS NDVI 数据采用卫星数据格式记录了 22 年间区域植被的变化情况。它被认为是相对标准的数据, 因为它考虑了全球范围内各种因素对 NDVI 值的影响, 并作了如下校正: 卫星传感器的不稳定性校正;

热带阔叶林区云的覆盖引起的变形校正; 太阳天顶角和观测角度的校正; 火山气溶胶的校正; 对北半球冬季缺失的数据采用插值法补齐; 短期大气气溶胶、水蒸汽及云层覆盖的影响校正^[8]。

3 计算过程和结果分析

本项研究采用 GIMMS NDVI 数据, 共计 504 幅影像, 研究祁连山以北地区 1982-2002 年 21 年间植被的变化情况。

3.1 研究区域植被总的变化趋势

对于 1982-2002 年的 504 幅图像, 本文采用斜率法进行分析, 即对连续的卫星影像每一个像素点的 NDVI 值随时间变化作线性回归, 得出每个像素点的回归系数(斜率)。回归系数的计算公式为

$$\text{NDVI} = k \times t + C \quad (2)$$

式中, k 为所求解的斜率, 斜率值为正说明植被指数随着时间的变化为上升趋势, 斜率值为负则说明植被指数随着时间的变化呈下降趋势; t 为年份, C 为线性方程的截距。图像中所有像素点的斜率值构成了研究区多年的植被变化趋势图(图 1)。图中为了更好地显示结果, 将斜率值扩大了 100 倍。

根据拟合结果, 黑河中游的酒泉盆地和张掖盆地, 石羊河流域的武威

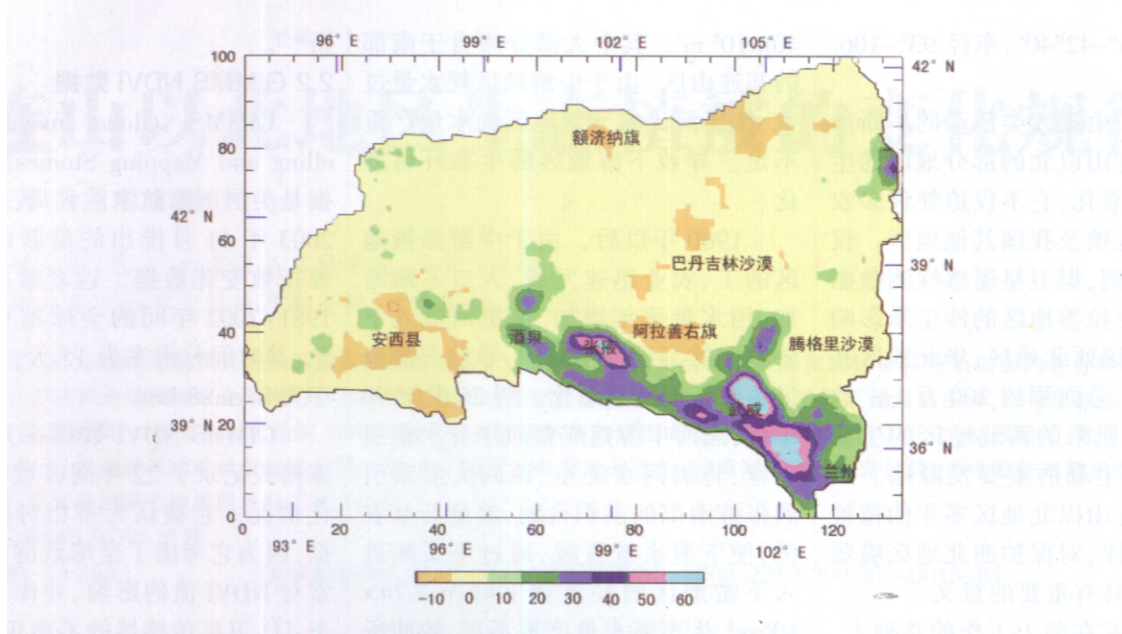


图 1 祁连山以北地区植被变化趋势等值线图

Fig. 1 Isogram of vegetation change in the area to the north of Qilian Mountain

盆地和金昌盆地,其植被指数均呈上升趋势;而位于黑河下游的额济纳旗绿洲和巴丹吉林沙漠边缘的阿拉善右旗地区,其植被指数则呈负增长,说明在 1982-2002 年的 21 年期间,酒泉盆地、张掖盆地、武威盆地和金昌盆地的植被情况是逐渐变好的,而黑河下游地区,由于中游地区的用水量逐年增加,正义峡的下泄水量锐减,额济纳旗绿洲呈现严重的退化趋势,生态环境恶化。

3.2 张掖地区植被变化分析

张掖地区的年均植被指数呈稳定而缓慢上升的趋势(图 2),其总的线性拟合方程为

$$NDVI_z = 0.1387t - 256.76 \quad (3)$$

式中, $NDVI_z$ 为张掖地区的植被指数年平均均值。

从植被指数变化趋势可以看出,在 1982-1990 年,植被指数呈持续上升的趋势,该结果与这期间张掖地区大力发展农业、大量开垦农田,使得人工植被呈逐年增长的趋势相吻合。图 3 是 1982-1990 年张掖地区的农田增长状况,资料来源于《张掖市志》。尤其是 1987-1990 年,农田面积有一个大的增长。1991-2002 年,虽然植被指数有小的振荡,但总体趋势

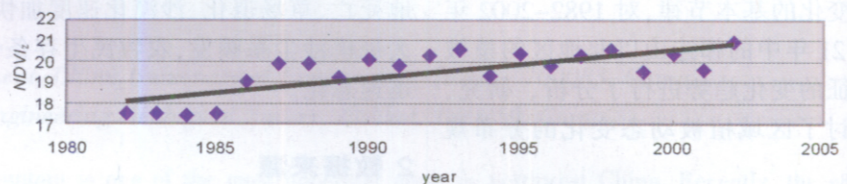


图 2 张掖地区年均植被指数的变化趋势

Fig. 2 Variation trend of annual average NDVI in Zhangye area

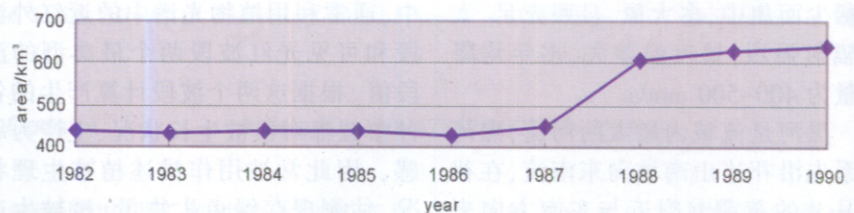


图 3 1982-1990 年张掖地区的农田面积统计

Fig. 3 Statistics of agricultural area in Zhangye from 1982 to 1990

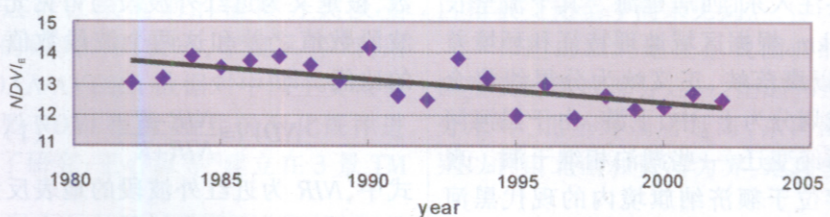


图 4 额济纳旗地区年均植被指数的变化趋势

Fig. 4 Variation trend of annual average NDVI in Ejina Banner

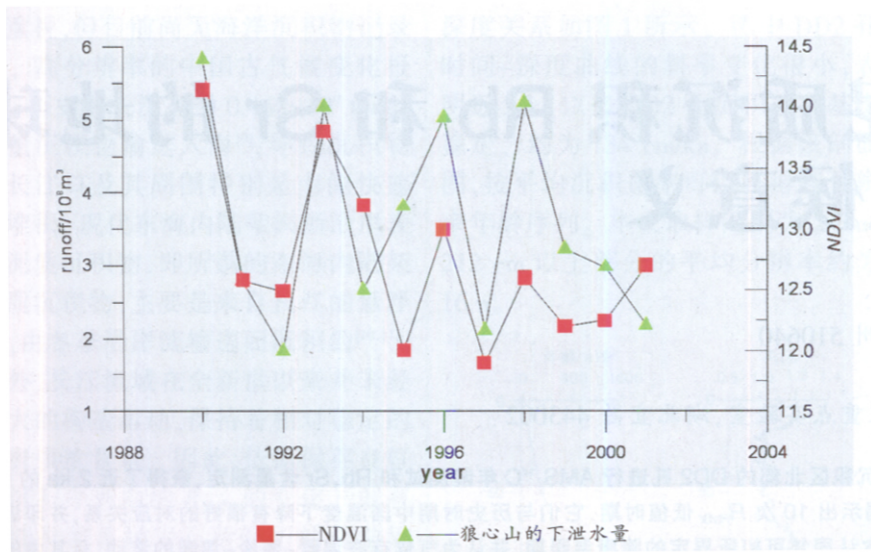


图 5 1988-2002 年狼心山的下泄水量与植被指数变化图

Fig. 5 Variation of Langxin Mountain runoff and NDVI in Ejina Banner

仍然是平稳上升的。

3.3 额济纳旗地区植被变化分析

通过统计遥感数据得出, 额济纳旗地区的年均植被指数呈下降趋势, 而且处于不稳定状态(见图 4), 其总的线性拟合方程为

$$NDVI_E = -0.0722t + 156.88 \quad (4)$$

式中, $NDVI_E$ 为额济纳旗地区植被指数年平均均值。

从图 4 可以看出, 1982-2002 年间, 植被指数不断变化, 跳跃性较大, 说明额济纳旗的植被生态环境极不稳定, 生态环境脆弱。纵观其总体变化, 呈下降趋势。额济纳旗属于极度干旱地区, 年降雨量均小于 50 mm, 植被的发育主要受黑河过狼心山下泄的流量控制。1982-1990 年间, 每年的下泄流量均超过 $5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。然而, 1990 年以后, 随着狼心山向下游的排泄水量不断下降, 使得额济纳旗地区的植被指数减小、绿洲萎缩、生态环境恶化(见图 5), 甚至成为沙尘暴的源头。

根据图 5 中流量及植被指数的变化曲线可以看出, 额济纳旗地区的植被指数与狼心山下泄水量的变化趋势基本吻合, 因此黑河下游的入境流量是影响额济纳旗地区植被变化的主要因素。

4 结论

通过本项研究对祁连山以北地区植被指数变化的研究, 可以得出结论如下。

1) 通过对 21 年植被指数的时间序列分析可知, 黑河中游的酒泉盆地和张掖盆地, 石羊河流域的武威盆地和金昌盆地, 其多年植被指数呈上升趋势, 植被发育状况良好; 而黑河下游的额济纳旗绿洲, 不仅植被指数的多年变化幅度较大、敏感程度较高、生态环境脆弱、而且其多年植被指数呈负增长, 绿洲呈退化趋势、生态环境恶化。

2) 张掖地区的植被指数呈多年上升趋势, 这与张掖地区逐年的人口增长和农田面积的扩大有关系。

3) 额济纳旗属于极度干旱地区, 植被的发育主要受黑河过狼心山下泄的流量控制。其植被指数的变化趋势与狼心山的下泄水量是基本吻合的。

参考文献(References)

- [1] 李晓兵, 史培军. 基于 NOAA/AVHRR 数据的中国主要植被类型 NDVI 变化规律研究 [J]. 植物学报, 1999, 41(3): 314-324.
LI Xiaobing, SHI Peijun. Research on regulation of NDVI change of Chi-

nese primary vegetation types based on NOAA/AVHRR data [J]. Acta Botanica Sinica, 1999, 41 (3): 314-324.

- [2] 王心源, 郭华东, 王长林, 等. 额济纳旗绿洲生态环境的遥感动态监测分析[J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 60-62.
WANG Xinyuan, GUO Huadong, WANG Changlin, et al. Dynamic monitoring of environment of Ejina Banner oasis by remote sensing [J]. Bull Soil Water Cons, 2001, 21 (1): 60-62.
- [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): 295-302.
PIAO Shilong, FANG Jingyun. Dynamic vegetation cover change over the last 18 years in China[J]. Quaternary Sciences, 2001, 21(4): 295-302.
- [4] GITELSON A A, KOGAN F, ZAKARIN E, et al. Using AVHRR data for quantitative estimation of vegetation conditions: calibration and validation [J]. Adv Space Res, 1998, 22 (5): 673-676.
- [5] ELMORE A J, MUSTARD J F, MANNING S J, LOBELL D B. Quantifying vegetation change in semiarid environments: Precision and accuracy of spectral mixture analysis and Normalized Difference Vegetation Index [J]. Rem Sens Env, 2000, 73: 87-102.
- [6] CIHLAR J, St-LAURENT L, DYER J A. Relation between the normalized vegetation index and ecological variables [J]. Rem Sens Env, 1991, 35: 279-298.
- [7] TUCKER C J, TOWNSHEND J R G, GOFF T E. African land-cover classification using satellite data [J]. Science, 1985, 227(4685): 369-375.
- [8] TUCKER C J, PINZON M E, BROWN M E, et al. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data[J]. Intern J Rem Sens, 2005, 26 (5): 4485-4498.

(责任编辑 王士泉)