doi: 10.6046/gtzyyg.2018.01.26

引用格式:张宇婷,张振飞,张志. 新疆大南湖荒漠区 1992—2014 年间植被覆盖度遥感研究[J]. 国土资源遥感,2018,30(1): 187-195. (Zhang Y T, Zhang Z F, Zhang Z. Remote sensing study of vegetation coverage during the period 1992 — 2014 in Dananhu desert area, Xinjiang[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2018, 30(1):187-195.)

新疆大南湖荒漠区 1992—2014 年间 植被覆盖度遥感研究

张宇婷1,张振飞1,张志2

(1.中国地质大学(武汉)数学地质遥感地质研究所,武汉 430074;
 2.中国地质大学(武汉)地球科学学院,武汉 430074)

摘要:新疆哈密大南湖地区为我国典型的干旱—半干旱地区中的荒漠区,研究该地区天然植被近年来在全球气候 变化背景下的发育状况具有重要意义。为此,使用 Landsat 遥感数据、数字高程模型及当地气象数据,采用像元二 分模型提取植被覆盖度;通过相关分析,研究该地区 1992—2014 年间天然植被的时空变化特点。结果表明,23 a 来该区植被覆盖度有增加的趋势;植被覆盖度整体上与地形高度呈弱正相关,局部植被密集处往往是地形相对低 凹的盐渍土区及干河谷,而戈壁滩中植物稀少;植被覆盖度与当地日照百分率及潜在蒸散量呈正相关,而与降雨和 湿润指数不相关。研究表明,研究区植被生长可能主要与地下水相关,1992 — 2014 年间全球气温升高导致附近冰 川消融加快,在一定程度上促进而不是阻滞了天然植被发育。

关键词:新疆哈密大南湖;遥感;植被覆盖度;戈壁荒漠;气候变化
中图法分类号: TP 79 文献标志码: A 文章编号: 1001 - 070X(2018)01 - 0187 - 09

0 引言

以气候变化为主因的植被衰退以及土地荒漠化 带来的生态系统退化已经引起各国政府和科学部门 的高度关注[1-3]。干旱区约占全球陆地总面积的 1/3,主要分布于南、北纬15°~35°之间的副热带和 35°~50°之间的温带、暖温带大陆^[4-5],其中有一大 部分为生态环境非常脆弱的荒漠区,一般认为其植 被发育状况对气候变化敏感^[6-8]。植被覆盖度是指 植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统 计区总面积的百分比,是表征一定地区内植被发育 情况的一个重要指标^[9-13]。传统的植被覆盖度研 究方法以野外观测为主,受野外条件限制,有很大的 局限性。遥感技术为大面积获取植被覆盖度信息提 供了方便,并能在一定程度上提高研究精 度^[4,14-15]。近 20 a 来,利用各种光学遥感数据研究 植被覆盖度及植被发育状况,在国内外许多地区取 得了显著成果。例如,Qi 等^[16]使用归一化差分植 被指数(normalized difference vegetation index, ND-

VI)研究了美国西南部 San Pedro 盆地的植被时空变 化,认为用 NDVI 计算出的植被覆盖度在某些条件 下可以代替实测数据; 刘广峰等^[17]应用 ETM + 数 据研究了毛乌素沙地区的植被覆盖度,揭示了该地 区沙漠化由东南向西北加重的趋势; 李晓松^[18]利 用 Hyperion 高光谱遥感数据,采用多种方法(植被 指数法、回归模型法和像元分解法等)研究了甘肃 省民勤绿洲—荒漠过渡带稀疏植被的发育状况,发 现民勤绿洲—荒漠过渡带稀疏植被的发育状况,发 现民勤绿洲—荒漠过渡带稀疏植被的发育状况,发 现民勤绿洲—荒漠过渡带稀疏植被的发育状况,发 现民勤绿洲—荒漠过渡带稀疏植被的发育状况,发

新疆是我国西北的干旱区,其中荒漠区占新疆 总面积的 61.39%。大南湖地区位于新疆东部,是 比较典型的荒漠区,降水稀少、蒸发强烈,植被稀疏、 种群单调^[19-20]。目前,针对该地区天然植被发育 情况的专门研究尚未见报道。本文利用多种类、多 时相光学遥感数据,结合野外考察,研究该地区 1992—2014 年间植被覆盖度的时空分布,探讨我国 西北荒漠区天然植被对全球气温变化的响应。上述

收稿日期: 2016-09-19;修订日期: 2016-11-18

基金项目:中国地质调查局地质调查项目"西部艰险复杂地区遥感地质调查应用技术研究"(编号:12120113099900)资助。 第一作者:张宇婷(1991-),女,硕士研究生,主要研究方向为环境遥感。Email:467157611@qq.com。 通信**伊勃方数据**(1961-),男,博士,教授,主要从事遥感应用研究。Email: zfzhang@cug.edu.cn。

研究不仅有一定的学术意义,而且可为该地区今后 土地开发利用、环境保护治理等提供有用信息。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

研究区位于新疆维吾尔自治区哈密市东南约 10 km 的大南湖—沙尔湖一带,处于吐哈盆地东南 部、中天山南麓,地理位置在 E93°28'~94°1',N42° 16'~42°34'之间,东西约45 km,南北约33 km,面积 约1490 km²。该区为温带干旱、半干旱气候,年平 均气温9.8 ℃,最高气温可达43~45 ℃,夏季昼夜 温差 20~25 ℃,年均降水量 33.8 mm; 春季多风、 冷暖多变,夏季酷热、蒸发强,秋季晴朗、降温迅速, 冬季寒冷、低空气层稳定。年均无霜期 182 d, 日照 时数为3 300~3 500 h^[21]。区内地势总体较平缓, 最高海拔高度 780 m, 最低 490 m, 最大高差 290 m; 可划分出多种地貌单元,以洪积--风成戈壁为主,地 势较高处往往有侵蚀戈壁,戈壁滩面积约占全区 75%;除戈壁滩外,还有沙漠、季节性河床、盐渍土 地、盐沼或干盐湖等。本文根据遥感图像解译并结 合野外踏勘,初步绘制了该区地貌单元分布图(图 1),图中背景影像为数字高程模型(digital elevation model, DEM)。除北部边缘地段有农作物及人工林 外,区内植被总体稀疏且分布不均匀,以多年生低矮 和旱生灌丛的荒漠植物为主,包括梭梭、红柳、芦苇 和骆驼刺等。近数十 a 来,因矿业开发、兴修铁路、 电网建设等活动,区内不仅有省道 S328 和 S235 支 路通过,还有一些土路可通行,交通较便利。



Fig. 1 Map of landscapes of study area interpreted from ETM + data

1.2 数据源

本研究主要综合应用了以下3类数据:

1) 多光谱遥感数据。包括 Landsat TM/ETM +/ OLI 等数据, 空间分辨率均为 30 m, 云量均小于 20%, 下载于"地理空间数据云"网站(http://www. gscloud.cn/)。共10个时相, 覆盖了 1992—2014 年 的 23 a。10 景卫星遥感数据的具体信息见表 1。

Tab. 1 Kemble sensing data used in this paper	
---	--

传感器	获取日期	标识 ID	条带号/行编号	云量/%
	19920730	LT51380311992212BJC01	138/031	0.00
	19940720	LT51380311994201ISP00	138/031	0.32
	19980715	LT51380311998196ULM00	138/031	15.29
TM	20040816	LT51380312004229BJC00	138/031	1.20
	20070708	LT51380312007189IKR00	138/031	0.00
	20090729	LT51380312009210IKR00	138/031	1.15
	20110820	LT51380312011232IKR00	138/031	8.43
ETM +	20000813	LE71380312000226SGS00	138/031	0.01
	20020702	LE71380312002183SGS01	138/031	0.98
OLI	20140727	LC81380312014208LGN00	138/031	0.04

2) 与遥感数据同期的气象数据。研究区气象 数据是从"中国气象数据网"(http://data.cma. cn/)下载的中国地面国际交换站气候资料之月值 数据集及年值数据集,站点为距研究区最近的新疆 维吾尔自治区哈密站(编号为52203)。所选数据集 中于每年5-8月,各年份数据尽量与遥感数据获取 日期接近。使用了月平均气温、年平均气温、降水 量、平均风速、平均气压及日照百分率等6个指标。 全球气温数据从"美国国家海洋和大气管理局网 站"(https://www.climate.gov/)下载。

3) DEM 数据。下载于"地理空间数据云" 网站

(http://www.gscloud.cn/),数据类型为 ASTER GDEM V2,水平空间分辨率为 30 m,垂直分辨率为 20 m。所用 2 景 DEM 数据标识 ID(轨道号)分别为 ASTGTM2_N42E093(93/42)和 ASTGTM2_N42E094 (94/42)。

2 研究方法

2.1 总体思路

为达到研究目的,本文采用的总体思路是,利用 遥感数据计算各时间点上植被覆盖度的空间分布 (即生成覆盖度图像),分析其时空变化趋势;并与 地形、地貌及气象资料进行比较,通过考察植被覆盖 度与上述因素的相关性,探讨植被覆盖度的变化规 律及控制因素。

由于气象资料只是各种气象指标的时间序列, 而植被覆盖度除时间变化外还随空间位置而改变; 所以植被覆盖度与气象资料如何互相对比,在方法 上有较强的探索性。为使这种对比能够更好地指示 植被覆盖度的变化规律,本研究中注意了以下2个 问题:

1) 植被的发育不仅与当地气候有关,而且与其 他因素(包括局部地形地貌条件及植物种类等) 有 关; 故本文将覆盖度由低到高分级,各级覆盖度分 别与气象资料进行对比,以便获得更为具体的对比 结果。各年份采用统一的分级方案,以确保覆盖度 随时间变化的可比性。

2) 气候对植被发育的影响可能存在时滞效 应^[6,22]。倘若在对比两者时忽略了时间滞后问题, 可能会遗漏本应存在的相关关系;因此在对比气象 资料和覆盖度数据时,本文对气象指标时间序列进 行了相应的处理(详见 2.3 节)。

2.2 遥感数据处理分析

1)图像预处理。包括辐射定标、大气校正、归 一化及剪裁等处理,旨在减少大气和太阳高度角变 化等带来的误差^[23]。本文利用 ENVI5.1 软件完成 了图像预处理,各项预处理的原理和方法在许多文 献中都有介绍^[24-25],在此不再赘述。

 2) 植被覆盖度(F_c) 计算。首先计算各像元的 NDVI, 计算公式^[17,26] 为

$$NDVI = \frac{\rho_{\rm NIR} - \rho_{\rm R}}{\rho_{\rm NIR} + \rho_{\rm R}} , \qquad (1)$$

式中: ρ_{NR} 和 ρ_{R} 分别为近红外波段和红光波段的反射率值。

然后采用干旱区植被研究中常用的像元二分模型计算植被覆盖度。前人在其他地区的研究中,应 用该方法提取荒漠区植被覆盖度平均精度达到了 79.4%^[17-18]。该模型假设像元光谱由纯植物光谱 与纯裸土光谱线性混合而成,将植被覆盖度定义为 任一像元的 NDVI 在纯植物像元植被指数(NDVI_{veg}) 与裸土植被指数(NDVI_{soil})之间的线性插值,即

$$F_{\rm c} = \frac{NDVI - NDVI_{\rm soil}}{NDVI_{\rm veg} - NDVI_{\rm soil}} \quad (2)$$

*NDVI*_{soil}和 *NDVI*_{veg}的取值是计算植被覆盖度的 关键。理论上 *NDVI*_{soil}应为接近于 0 的固定值;但 万方数据 实际中因受各种环境因素影响, NDVI aui 随地区而 变,NDVIveg值也会因植被类型和生长状态不同而变 化^[23]。目前, NDVI_{soil}和 NDVI_{veg}的取值主要有 3 种 方法:①根据已有研究成果取经验值^[27];②根据 NDVI 图像中的灰度分布,在0.5%~99.5% 置信区 间内分别取下限和上限为2者的近似值^[22];③分 别取整景 NDVI 图像中的极小值和极大值^[28]。本 文主要针对天然植被,对研究区北部边缘的少量人 工植被(如林场、农田等)进行了掩模处理。在2015 年获取的遥感图像中,农田掩模的下限 NDVI=0.20, 用该值可以通过掩模运算提取区内全部人工植被 区。将野外观察路线与 NDVI 图像进行比较后发 现,裸地像元 NDVI < 0.07,而不同程度含有天然植 被的像元 NDVI 范围处于 0.07~0.17 之间。因此, 本文选定 NDVI_{soil} = 0.07, NDVI_{veg} = 0.20。需说明 的是,这样选取 NDVI soil 和 NDVI veg 后, 用式(1) 计算 的F。虽然介于0~1之间,但它只是一个表征植被 局部相对发育程度的指标,而不能反映植物体所占 的真实面积百分比,因此是一种"相对植被覆盖 度"。事实上,当F。接近于1时,粗略估计植物体垂 直投影面积所占百分比约为40%。本文采用这种 相对植被覆盖度(但仍称为植被覆盖度)的原因是: ①本文研究重点为区内植被发育程度的时空变化情 况,相对覆盖度不影响不同时间和空间位置的相互 比较,因此可以满足需要:②无论在现有遥感数据 中还是在野外,要在研究区内确定准确的绝对植被 覆盖度都是困难的。为了将不同时间和空间位置上 的植被覆盖情况进行较详细的比较,本文根据F。值 对研究区内的植被覆盖情况进行了分级。经多方案 试验并参考野外考查结果,将植被覆盖情况分为4 级,分别为低覆盖度(0 < F_c ≤ 0.3)、中覆盖度(0.3 < $F_c \leq 0.5$)、中高覆盖度(0.5 < $F_c \leq 0.7$)和高 覆盖度 $(0.7 < F_c \leq 1)$ 。各级别的野外景观情况 如图2所示。

为研究植被整体的发育和变化情况,本文还提出了一个综合指标——"植物总量指标",用于表征 植被面积在全区所占比例,即

$$V = \frac{R^2}{A} \sum_{i=1}^{N} F_{c,i} , \qquad (3)$$

式中: V 为植物总量指标; A 为研究区总面积, m²; R 为遥感图像空间分辨率, m; $F_{e,i}$ 为第 i 个像元的 植被覆盖度; N 为全区像元总数。由于 F_e 的相对 性, V 也只有相对意义, 可用于不同时相植被发育整 体情况的比较。



(a) 低植被覆盖度(戈壁滩)



(b) 中植被覆盖度(沙漠化干河谷)



(c) 中高植被覆盖度(沙漠化干河谷)



图 2 不同植被覆盖度级别的野外景观

Fig. 2 Field photos of various degrees of vegetation coverage

2.3 气象数据处理

气象数据中,平均气温、日照百分率、平均风速、 平均气压及平均相对湿度等均使用当月直接观测数 据;考虑到可能的时滞效应,降水量使用当月、前月 及2个月平均数据。此外通过计算还可获得潜在蒸 散量及湿润指数。

潜在蒸散量(E/mm)计算公式^[29]为

$$E = \frac{22dW_t(1.6 + \sqrt{U})(1 - w)}{\sqrt{P} (273.2 + t)^{\frac{1}{4}}} , \qquad (4)$$

式中: d 为当月的天数; W_i 为温度为 t 时的饱和水 汽压, mmHg; U 为月平均风速, m/s; w 为月平均相 对湿度; P 为月平均气压, hPa; t 为月平均气温, \mathbb{C} 。

湿润指数的公式[30]为

$$S = \frac{h}{E} \quad , \tag{5}$$

式中:S为湿润指数;h为当月降水量,mm;E为潜 在蒸散量,mm。

由于气候对植被的影响较复杂,各种气象参数 都可能与植被覆盖度有关,所以本文对气象参数与 植被覆盖度进行了相关性研究。偏相关系数可以反 映2个变量的相关性而剔除其他变量的影响,其计 算公式^[30-31]为

$$r_{xy,z} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{(1 - r^2_{xz})(1 - r^2_{yz})}} , \qquad (6)$$

式中: x, y 和 z 分别为气象参数及植被覆盖度变量; $r_{xy,z}$ 为变量 z 固定后 x 与 y 之间的偏相关系数; r_{xy} , r_{yz}, r_{xz} 分别为 x 与 y, y 与 z, x 与 z 的线性相关系数。 任意 2 个变 數据, y 之间线性相关系数的计算公

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}} , \quad (7)$$

式中: x_i 和 y_i 为变量数据; \bar{x} 和 \bar{y} 为变量平均值; n为样本数。

3 结果与讨论

3.1 植被覆盖度总体变化趋势

应用 ENVI 计算研究区图像每个像元 1992— 2014 年间平均植被覆盖度(图 3)。





由图 3 可以看出, 植被的空间分布主要有以下 特点: ①研究区内植被稀疏(全区平均 7%) 且空间 分布不均匀,总体呈现北部高、南部低,西部较高、东 部较低的趋势。此外,南部季节性河谷中植被覆盖 度较高: ②研究区北部的植被呈 NWW 向带状分 布,南部为近 EW 向。这与该区地貌单元(图1)的 展布趋势有一定相似性,显示了地貌对植被分布的



控制。

图 4(a) 为研究区 1992—2014 年间各覆盖度级 别像元累积面积变化折线图,图4(b)为植被总量变 化折线图。

为以下2方面:①从整体来看,植被覆盖度与地形

高度呈弱正相关关系(图 5(a)),高度 600~780 m 地区的植被覆盖度较高,而600 m以下地区植被覆

盖度较低: ②在较小尺度上,常见植被覆盖度较高

处为局部相对低凹地段,例如图5(b)是在研究区内

任取一直线 AB(见图1),沿该线提取每一个像元对

应的高程及植被覆盖度的变化情况,从总体上说,高

程较高的地方往往植被覆盖度也高(点序号 12—

24,42-46,211-218 等): 但局部(点序号 113 -

129)较高植被覆盖度却对应于相对低凹处。这也



图 4 研究区 1992—2014 年间各级植被覆盖度面积及植物总量变化折线图

Fig. 4 Line charts for variations of areas of various vegetation coverage grades and total vegetation during 1992-2014 从图4可以看出.1992-2014年间该区植被随 时间的变化主要有以下特点:①各级植被覆盖度及 整体覆盖度均有随时间增加的趋势,其中,低、中、中 高、高级及有植被覆盖区域面积分别增长了7.5%. 24.4%,40.8%,61.6%和9.0%;而植物总量增长 了21.4%: ②各级别覆盖度区面积变化曲线形态较 相似,但低植被覆盖度区面积变化幅度较大(绝对 年际变化达数百 km²),而中、中高和高覆盖度区面 积变化幅度较小(绝对年际变化小于10 km²)。

3.2 植被覆盖度与地形高度的关系

研究区植被覆盖度与地形高度的关系主要表现



(a) 研究区植被覆盖与高程关系

(b) 图1中沿线 AB 的高程及植被覆盖度变化曲线

像元点序号(A-B)

91 121 151 181 211 241 271

反映了植被与地貌的关系(见3.3节)。

高程



680

660

640

620

600

31 61

高程/m

Fig. 5 Relation between vegetation coverage and elevation

3.3 植被覆盖度与地貌的关系

研究区植被覆盖度与地貌关系的主要特点是: ①大部分戈壁滩和沙漠中没有植物,或只见零星分 布的草本植物:②有小部分戈壁滩中发育小型灌木 如骆驼刺、梭梭等,覆盖度低(如图2(a)); ③盐碱 地、盐渍土地及季节性干涸河谷中植被覆盖度可达 中---高等级 / 勤擾 2(b)---(d))。这种现象不仅在 野外可以看到,通过比较图1和图3也可以看出。 野外调查显示,盐碱地或盐渍土地中主要有芦苇、骆 驼刺和梭梭,也有红柳;干涸河谷中以红柳为主,可 见骆驼刺,但梭梭及芦苇较少。各种灌木丛或芦苇 丛往往生长在大小不等(直径不足1~数m,高度一 般低于1m)的沙丘或盐渍土丘上,而沙丘或土丘之 间的相对低凹处一般没有植物(但有时在潮湿、平 坦的盐沼或盐渍土地上可见大片芦苇)。干河谷及 盐渍土地的地势往往较周围的戈壁滩低,故局部植 被覆盖度常见与高程呈负相关的情况。

3.4 植被覆盖度与气象参数的关系

各级植被覆盖度与各种气象参数之间的偏相关 分析结果见表 2。

Tab. 2 Partial correlation coefficients of various vegetation coverage grades and meteorological data

植被覆盖区面积 及植物总量	日照 百分率/%	潜在 ^表 散量/mm	湿润指数	当月降水/mm	前月降水/mm	2 个月平均 隆水/mm	当月平均 气温/℃
		·	0 455	0.426	0.246	0.424	0.256
低復益度区围积	0.601	0. /51	-0.455	-0.426	-0.246	-0.424	-0.256
中覆盖度区面积	0.787 *	0.803 *	-0.551	-0.552	-0.062	-0.380	-0.212
中高覆盖度区面积	0.884 *	0.620 *	-0.474	-0.497	0.159	-0.201	-0.010
高覆盖度区面积	0.789 *	0.400	-0.406	-0.445	0.295	-0.079	0.161
有植被覆盖区面积	0.622 *	0.759 *	-0.465	-0.438	-0.233	-0.423	-0.253
植物总量指标	0.651 *	0.819*	-0.508	-0.478	-0.214	-0.436	-0.270

①*表示在 0.1 或更高置信水平(双侧)上显著相关。

由表2可以看出:①各植被覆盖度级别与整体 情况类似,日照百分率与植被覆盖度呈显著正相关; ②除高植被覆盖区外,潜在蒸散量也与植被覆盖度 显著正相关;③其他气象参数(包括前月、当月、2 个月平均降水量、湿润指数及当月平均气温),都在 0.1置信水平上与植被覆盖度没有显著相关性。如 进一步降低置信水平,似可认为植被发育与降水量 及湿润指数呈负相关。

3.5 讨论

1) 植被覆盖度与潜在蒸散量呈正相关, 这与前 人研究结果一致,如吴越^[32]的研究结果也表明干旱 地区地表蒸散量与 NDVI 有一定程度的正相关关 系: 植被覆盖度与日照百分率呈正相关,其原因之 一可能是本区主要植物均为喜光植物; 植被覆盖度 与其他气象参数(尤其是降水量及湿润指数)不相 关甚至可能为负相关,即使考虑了可能的时滞效应 也未能发现明显的正相关性(粗略地说,所有这些 相关性在实质上是一致的,因为日照时间与降水量 应为负相关,而由式(5)可知,湿润指数与降水量正 相关)。这些观测事实说明,荒漠区天然植被对气 候因素的响应,完全不同于依赖表层土壤生长的大 多数草本植物或农作物的响应。荒漠区天然植被可 能主要靠其深入地下的根系吸收地下水生长,至少 在1~2 a 这样的时间尺度上,它们对地面气象参数 的变化总的来说是不敏感的。这种不敏感性在低覆 盖度区比高覆盖度区更明显,可能是因为低覆盖度 区域中有发育于戈壁滩的零星草本植物,它们对地 面降水较敏感;而高覆盖区域主要生长多年生灌木。

2) 所观测到的植被发育与地形高度的关系,与 上述看法不矛盾。从整体来看,植被覆盖度在研究 区北部地势较高处较高,可能是因为北部靠近常年 积雪的哈尔里克山,地下水补给应相对丰富。而局 部相对低**在**孢教顿向于具有较高的植被覆盖度,可 能是因为较低处潜水面较浅。

3) 天然植物主要发育于盐渍土及季节性河谷 分布区域,这可能反映了地貌形成与植被发育之间 的相互作用。前文中已指出地势较低处(如沟谷、 干河床、季节性河床等)有利于植物发育,而植物的 发育可起到固沙或"固土"作用,阻滞风蚀,从而在 这些较低凹地段形成沙丘或积累盐渍土。

4)1992—2014年间研究区内天然植被覆盖度 有增加的趋势,其原因虽然有待深入研究,但该段时 间内气温升高可能是原因之一。研究区内1992— 2014年间平均气温提高了0.9℃,并与全球年平均 气温变化(0.76℃)基本持平(相关系数为0.468, 在0.05的置信水平上显著相关),如图6所示。



气温升高造成哈尔里克山积雪消融加快^[33],附 近地下水补给可能加强,从而可能成为附近荒漠植 被发育的一个有利因素。前人在祁连山地区也发现 了类似的变化趋势^[12]。虽然本文的研究并不能提 供关于全球气温变化对荒漠植被更长期影响的直接 信息,但至少可以说明近 23 a 来全球气温升高对本 区荒漠植被的发育没有负面影响,而可能有一定的 促进作用,这与前人针对亚洲中部干旱区植被变化 的研究结果相一致^[34]。

4 结论

 新疆大南湖一带荒漠区天然植被总体分布 较稀疏且不均匀。植物主要有红柳、梭梭、芦苇和骆 驼刺等,主要生长于盐渍土、盐碱地和地势相对较低 的干河谷及沟谷中;大片戈壁滩中几乎没有植物或 仅有零星草本植物。

2) 植被覆盖度与日照百分率及潜在蒸散量正 相关,而与降水量或湿润指数不相关或弱负相关,反 映了荒漠植物主要依靠汲取地下水生存、而对地面 降雨不敏感的特点。这一特点也反映在植被与地形 的关系上,包括东北部植被覆盖度较高、西南部植被 覆盖度较低的整体趋势,以及在地形较低处有植物 较多的现象,可能与不同地段地下水补给情况不同 有关。

3)1992—2014 年间,大南湖一带植被覆盖度有 增加的趋势,与哈密地区及全球气温变化趋势有一 定的一致性。最近 23 a间的气温升高在一定程度 上促进了该地区荒漠植被的发育,但对更长时期内 植被受气候的影响尚待进一步研究。

参考文献(References):

- [1] 贾坤,姚云军,魏香琴,等. 植被覆盖度遥感估算研究进展
 [J]. 地球科学进展,2013,28(7):774-782.
 Jia K,Yao Y J, Wei X Q, et al. A review on fractional vegetation cover estimation using remote sensing[J]. Advances in Earth Science,2013,28(7):774-782.
- Jones C, Lowe J, Liddicoat S, et al. Committed terrestrial ecosystem changes due to climate change [J]. Nature Geoscience, 2009, 2 (7):484-487.
- [3] Steffen W, Sanderson A, Tyson P D, et al. Global Change and the Earth System: A planet under Pressure [M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2004.
- [4] 李向婷,白 洁,李光录,等. 新疆荒漠稀疏植被覆盖度信息遥 感提取方法比较[J]. 干旱区地理,2013,36(3):502-511.
 Li X T,Bai J,Li G L,et al. Comparison of methods based on MO-DIS for estimating sparse vegetation fraction across desert in Xinjiang[J]. Arid Land Geography,2013,36(3):502-511.
- [5] 罗新平,江泽平,张大华,等. 论干旱区森林可持续经营中的林 牧关系[J]. 世界林业研究,1999,12(3):29-33.
 Luo X P, Jiang Z P, Zhang D H, et al. Forest grazing for sustainable forest management in arid zones [1] World Forestry Research

forest management in arid zones [J]. World Forestry Research, 1999,12(3):29-33.

[6] 祝 稳.西北干旱区植被覆盖动态及其对极端气温和降水过程 的响应[D].兰州:西北师范大学,2015.

Zhu W. Spatial – Temporal Dynamics of Vegetation Coverage and Its Response to Extreme Temperature and Precipitation Processes Over the Arid Region of Northwest China[D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2015.

- [7] Nemani R R, Keeling C D, Hashimoto H, et al. Climate driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999[J]. Science, 2003, 300 (5625):1560 – 1563.
- [8] 徐浩杰.亚洲中部干旱区植被变化及其影响因素(2000 2012)[D].兰州:兰州大学,2014.
 Xu H J. Variations of Vegetation and Its Influence Factors in the Arid Region of the Central Asia from 2000 to 2012[D]. Lanzhou: Lanzhou University,2014.
- [9] Purevdorj T S, Tateishi R, Ishiyama T, et al. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices [J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(18):3519-3535.
- [10] Gitelson A A, Stark R, Grits U, et al. Vegetation and soil lines in visible spectral space: A concept and technique for remote estimation of vegetation fraction [J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(13):2537 - 2562.
- [11] 章文波,符素华,刘宝元.目估法测量植被覆盖度的精度分析 [J].北京师范大学学报(自然科学版),2001,37(3):402 - 408.

Zhang W B, Fu S H, Liu B Y. Error assessment of visual estimation plant coverage[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2001, 37(3):402 – 408.

- [12] 武正丽,贾文雄,刘亚荣,等.近10a 来祁连山植被覆盖变化研究[J]. 干旱区研究,2014,31(1):80-87.
 Wu Z L,Jia W X,Liu Y R, et al. Change of vegetation coverage in the Qilian mountains in recent 10 years[J]. Arid Zone Research, 2014,31(1):80-87.
- [13] 陈效速,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.
 Chen X Q, Wang H. Spatial and temporal variations of vegetation belts and vegetation cover degrees in Inner Mongolia from 1982 to 2003[J]. Acta Geographica Sinica,2009,64(1):84-94.
- [14] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等.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.
 Li M M,Wu B F, Yan C Z, et al. Estimation of vegetation fraction in the upper basin of Miyun reservoir by remote sensing[J]. Resources Science,2004,26(4):153-159.
- $\label{eq:constraint} \begin{array}{l} [15] & Goward S N, Tucker C J, Dye D G. North American vegetation patterns observed with the NOAA 7 advanced very high resolution radiometer [J]. Vegetatio, 1985, 64(1):3 14. \end{array}$
- [16] Qi J, Marsett R C, Moran M S, et al. Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 105 (1/3):55 - 68.
- [17] 刘广峰,吴 波,范文义,等. 基于像元二分模型的沙漠化地区 植被覆盖度提取——以毛乌素沙地为例[J]. 水土保持研究, 2007,14(2):268-271.
 Liu G F, Wu B, Fan W Y, et al. Extraction of vegetation coverage in desertification regions based on the dimidiate pixel model: A case study in Maowusu sandland[J]. Research of Soil and Water Conservation,2007,14(2):268-271.
- [18] 李晓松. 干旱地区稀疏植被覆盖度高光谱遥感定量反演研究
 [D]. 北京:中国林业科学研究院,2008.
 Li X S. Quantitative Retrieval of Sparse Vegetation Cover in Arid

Regions Using Hyperspectral Data[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2008.

[19] 师庆东,王智,贺龙梅,等.基于气候、地貌、生态系统的景观

分类体系——以新疆地区为例[J]. 生态学报,2014,34(12): 3359-3367.

Shi Q D, Wang Z, He L M, et al. Landscape classification system based on climate, landform, ecosystem: A case study of Xinjiang area[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(12): 3359 - 3367.

- [20] 孙洪波,王让会,张慧芝,等. 新疆山地—绿洲—荒漠系统及其 气候特征[J]. 干旱区地理,2005,28(2):199-204.
 Sun H B, Wang R H, Zhang H Z, et al. Mountain - oasis - desert system and characteristics of climate in Xinjiang[J]. Arid Land Geography,2005,28(2):199-204.
- [21] 沈 霞. 新疆哈密南湖流域环境变化分析[D]. 西安:陕西师范 大学,2008.

Shen X. The Analysis of Nanhu River Basin Environmental Change in Hami, Xinjiang[D]. Xi'an; Shaanxi Normal University, 2008.

- [22] 穆少杰,李建龙,陈奕兆,等. 2001 2010 年内蒙古植被覆盖 度时空变化特征[J]. 地理学报,2012,67(9):1255 - 1268.
 Mu S J,Li J L, Chen Y Z, et al. Spatial differences of variations of vegetation coverage in Inner Mongolia during 2001 — 2010[J].
 Acta Geographica Sinica,2012,67(9):1255 - 1268.
- [23] 李玉霞. 岷江上游毛儿盖地区生态水信息指标参数遥感量化研究[D]. 成都:成都理工大学,2007.
 Li Y X. Quantitative Study of Eco Water Information Indices Based on Remote Sensing Images in Maoergai District of Upper Minjiang River[D]. Chengdu; Chengdu University of Technology, 2007.
- [24] 黎良财,邓利,曹颖,等. 基于 NDVI 像元二分模型的矿区植 被覆盖动态监测[J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(6):18-23.

Li L C, Deng L, Cao Y, et al. Vegetation dynamic monitoring in mining area based on NDVI serial images and dimidiate pixel model[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2012,32(6):18 - 23.

[25] 马宗义. 基于 TM 影像的沙漠化信息定量提取方法[D]. 兰州: 兰州大学,2013.

Ma Z Y. Quantitative Method for Extracting of Desertification Information Based on TM Image [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2013.

[26] 田庆久,闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展,1998, 13(4):327-333.

Tian Q J, Min X J. Advances in study on vegetation indices [J]. Advance in Earth Sciences, 1998, 13(4): 327 - 333.

- [27] 龙晓闽,周忠发,张 会,等. 基于 NDVI 像元二分模型植被覆盖 度反演喀斯特石漠化研究——以贵州毕节鸭池示范区为例
 [J]. 安徽农业科学,2010,38(8):4184-4186.
 Long X M, Zhou Z F, Zhang H, et al. Study on Karst rock desertification of extracting vegetation coverage inversion based on NDVI serial images and dimidiate pixel model: A case study of Yachi demonstration area of Guizhou [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2010,38(8):4184-4186.
- [28] 叶娇珑,何政伟,翁中银,等. NDVI 像元二分模型在喀斯特地 区提取石漠化中的应用[J]. 地理空间信息,2012,10(4):134-136.

Ye J L, He Z W, Weng Z Y, et al. Application of NDVI pixel binary model in extraction of rocky desertification in Karst areas[J]. Geospatial Information,2012,10(4):134-136.

[29] 中国气象局. 生态质量气象评价规范(试行)[S]. 北京:气象 出版社,2005.

China Meteorological Administration. Standard for meteorological evaluation of ecological quality [S]. Beijing: China Meteorological Press, 2005.

[30] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版 社,2002.

Xu J H. Mathematical Methods in Contemporary Geography [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002.

- [31] 严丽坤. 相关系数与偏相关系数在相关分析中的应用[J]. 云南财贸学院学报,2003,19(3):78-80.
 Yan L K. Application of correlation coefficient and biased correlation coefficient in related analysis[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics,2003,19(3):78-80.
- [32] 吴 越. 吐鲁番盆地地表蒸散量估算与植被演化特征研究
 [D]. 北京:中国地质大学(北京),2013.
 Wu Y. The Evapotranspiration Estimation and Evolution Characteristics of Vegetation in Turpan Basin[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing),2013.
- [33] 高建芳,骆光晓. 气候变化对新疆哈密地区河川径流的影响分析[J]. 冰川冻土,2009,31(4):748-758.
 Gao J F, Luo G X. Analysis of the impact of climate changes on river's runoff in Hami prefecture, Xinjiang[J]. Journal of Glaciology and Geocryology,2009,31(4):748-758.
- [34] Zhao M S, Running S W. Drought induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009[J]. Science, 2010, 329 (5994):940 – 943.

Remote sensing study of vegetation coverage during the period 1992—2014 in Dananhu desert area, Xinjiang

ZHANG Yuting¹, ZHANG Zhenfei¹, ZHANG Zhi²

Institute of Mathematical Geology and Remote Sensing, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
 School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The Dananhu district in Hami of Xinjiang is a typical gobi desert in Northwest China. In this paper, the authors investigated the temporal – spatial variations of the natural vegetation coverage during 1992 — 2014 in this region, using correlation analyses and dimidiate pixel model based on the multi – spectral remote sensing data, the

• 194 •

local meteorological data, and the digital elevation model. The results show that, from 1992 to 2014, vegetation coverage in the region showed a trend of increase. Generally the vegetation coverage is weakly positively correlated to elevation; locally, however, the plants (mainly juniper tamarisk, haloxylon ammodendron, and reed) are more developed in the relatively depressed localities (saline areas or sandy dry riverbeds) than those in Gobi desert areas. The vegetation coverage is positively correlated to the sunshine duration and evaporation, but unrelated to precipitation and humidity. It is suggested that the natural plants in this regions live on groundwater mainly. The global temperature increasing during 1992 – 2014 might to some extent promote, instead of retard, the natural vegetation, probably through enhancing the groundwater supply due to glacier melting at nearby mountains. **Keywords**: Dananhu in Hami, Xinjiang; remote sensing; vegetation coverage; Gobi desert; climate change

(责任编辑:张仙)