

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.03.08

引用格式: 王鹏,王雁鹤,韩小龙,等. 1990—2019年黑河流域植被覆盖度动态变化及气温对其影响[J]. 中国地质调查, 2021,8(3): 64–71. (Wang P, Wang Y H, Han X L, et al. Dynamic changes of vegetation coverage in Heihe River Basin from 1990 to 2019 and the effect of temperature on it [J]. Geological Survey of China, 2021,8(3): 64–71.)

1990—2019年黑河流域植被覆盖度 动态变化及气温对其影响

王鹏,王雁鹤,韩小龙,韩昊,张德明,张秉强
(中国地质调查局西宁自然资源综合调查中心,青海 西宁 810000)

摘要: 植被覆盖度的变化特征是流域生态监测的重要内容,能为流域综合管理决策提供基础信息。黑河流域是中国西北干旱—半干旱地区第二大的内陆河流域。为研究我国西北干旱—半干旱地区的生态状况,以黑河流域为研究区,根据1990—2019年Landsat NDVI数据,综合应用像元二分模型和一元线性回归方法,分析黑河流域植被覆盖度的动态变化并探讨气温对其影响。结果表明:黑河流域植被覆盖度呈现由南向北递减的空间分布特征;近30a来,植被覆盖面积总体呈上升趋势,中高植被覆盖度增长速度最快;流域大部分地区植被覆盖度保持不变,植被覆盖度增加的区域多于退化区域;受全球变暖影响,整个流域气温呈升高趋势,中游气温上升最快,上游最慢,流域上游和中游气温的升高对植被覆盖度起到促进作用,下游气温的升高则抑制了植被生长。

关键词: 黑河流域; 植被覆盖度; 动态变化; 气温影响; NDVI

中图分类号: TP79: Q948; X173

文献标志码: A

文章编号: 2095–8706(2021)03–0064–08

0 引言

植被覆盖面积的大小可以反映区域生态环境的状况,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^[1–10]。作为我国西北干旱—半干旱地区的代表,黑河流域的植被覆盖状况能够反映西北地区生态环境的整体情况,体现西北干旱地区的植被模式^[11–12]。过去30a中,由于气候变化和人为影响,黑河流域的植被覆盖发生了很大变化^[13]。因此,近年来越来越多的专家学者开始关注黑河流域的植被空间分布和变化规律^[14–21]。归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)对植被的物理特征十分敏感,通常被用来进行区域尺度的植被分类和覆盖度研究^[22–24]。前人应用NDVI估算植被覆盖度的方

法在其他地区提取的植被覆盖度精度相对较高,平均可达79.4%^[25–26]。李旭谱等^[27]基于SPOT VGT–NDVI数据,分析了黑河流域1999—2010年间植被覆盖变化情况,结果显示流域内的植被覆盖有逐步改善的趋势;韩辉邦等^[28]利用1982—2006年NDVI时序数据分析了黑河流域植被的周期性变化特征,指出气温与降水是影响植被变化的主要气候因素;Ma等^[29]根据AVHRR–NDVI数据研究了1982—2001年黑河流域植被覆盖的时空变化趋势,发现1993年后黑河中、下游植被覆盖整体趋势略有减少。然而上述研究的时间较早,因此需要新的信息反映黑河流域当前的植被覆盖状况。

本研究选取黑河流域1990—2019年间84个时相月度NDVI空间分布数据开展植被覆盖度分析研究,使用像元二分模型估算植被覆盖度,分析植被覆盖度的空间分布格局,通过一元线性回归方

收稿日期: 2020–12–01; 修订日期: 2021–03–09。

基金项目: 中国地质调查局“全国自然资源要素综合观测体系规划与部署(编号: DD20208063)”和“黑河流域自然资源要素综合观测试点(编号: DD20208065)”项目联合资助。

第一作者简介: 王鹏(1992—),男,助理工程师,主要从事自然资源综合观测、生态修复等方面研究。Email: 916459881@qq.com。

通信作者简介: 王雁鹤(1983—),男,工程师,主要从事自然资源综合观测方面研究。Email: 289237992@qq.com。

法讨论植被覆盖的时空变化趋势。此外,本研究结合近 30 a 来的气温数据探讨了气温对植被覆盖的影响,为黑河流域的生态环境建设及城市发展决策提供了科学参考。

1 研究区概况

黑河流域是中国西北干旱—半干旱地区第二大的内陆河流域,位于 E97.1°~102.0°、N37.7°~42.7°,流经青海省、甘肃省和内蒙古自治区,总面积约 14.3 万 km²^[30-31] (图 1)。黑河流域为典型的大陆性干旱气候,日照充足,气候干燥,降水稀少,多年平均降水量为 400~500 mm/a。流域境内景观分异强烈,从南到北分布了高山冰雪带、草原森林带、平原绿洲带及荒漠戈壁带等不同的自然地理单元,各个单元具有独特的地质地貌、水文气象、土壤植被等条件。上游祁连山区为流域源头,中游河西走廊是以灌溉农田为主的人工绿洲,下游水资源量急剧减少,地貌景观以戈壁、裸地、沙漠和草原为主,平均海拔约 1 000 m,年降水量不到 100 mm^[29,32]。

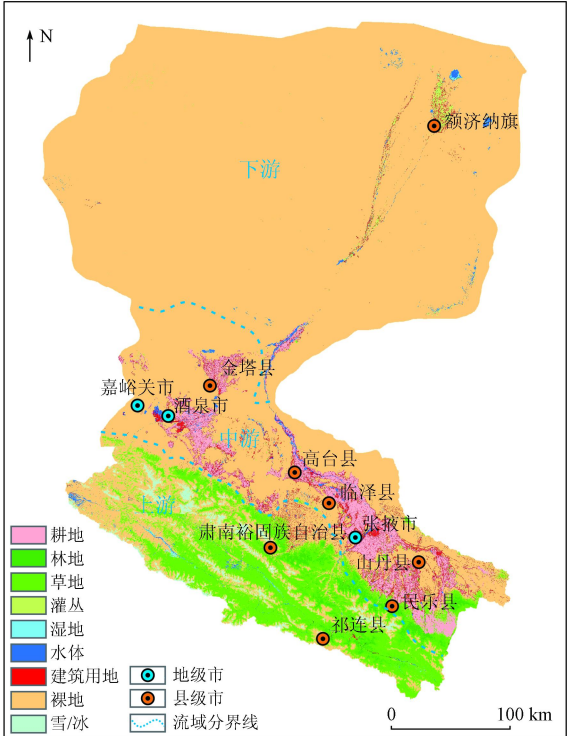


图 1 研究区地理位置与 2020 年土地利用类型概图

Fig. 1 Overview of the geographical location and 2020 land use types in the study area

万方数据

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

本研究使用的 NDVI 数据部分下载于国家青藏高原科学数据中心 (<https://data.tpdc.ac.cn/zh-hans/>),空间分辨率为 30 m。数据集包含 1990、1995、2000、2005、2010、2015、2019 年共 7 年 84 期月度 NDVI 影像。为了有效减少大气中云、气溶胶、云阴影、视角及太阳高度角的影响,数据基于最大值法 (Max Value Composition, MVC) 合成。数据集已经过辐射校正、大气校正等预处理,后期使用 ArcMap 工具对数据集进行裁剪、镶嵌等处理,通过软件计算将流域植被覆盖较好的 4—10 月 NDVI 数据进行平均,得到黑河流域年度 NDVI 数据集用于研究分析。

本研究使用的气温数据下载于中国气象数据网 (<http://data.cma.cn/data>),从该网站下载黑河流域 10 个气象台站的日值气温数据,其中上游台站 5 个(阿柔站、垭口站、大沙龙站、景阳岭站、司大隆站),中游台站 3 个(大满超级站、花寨子站、张掖湿地站),下游台站 2 个(混合林站、荒漠站)。对数据进行整理,挑选所需数据,本研究使用的大于 0℃ 的年积温是对站点全年大于 0℃ 的日气温进行累加的结果。

2.2 研究方法

2.2.1 植被覆盖度计算

植被覆盖度 (Fractional Vegetation Cover, FVC) 是指植被的叶、茎、枝在地面的垂直投影面积占单位面积的百分比^[33],与 NDVI 之间存在极强的线性关系^[34]。像元二分模型计算植被覆盖度的计算公式为

$$f_{vc} = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} + NDVI_{soil}} \quad (1)$$

式中: f_{vc} 为植被覆盖度;NDVI 为像元的归一化植被指数值;NDVI_{soil}为无植被覆盖像元的 NDVI 值;NDVI_{veg}为完全由植被覆盖的像元的 NDVI 值。

像元二分模型的主要思想为: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。因此,计算植被覆盖度的关键是

NDVI_{soil} 和 NDVI_{veg} 的取值^[35-37]。结合黑河流域植被覆盖的实际情况和前人研究经验^[38-40],经过反复试验对比,本研究选定土地利用单元内累积频率为 0.5% 的值为 NDVI_{soil},土地利用单元内累积频率为 99.5% 的值为 NDVI_{veg},代入式(1),通过 ArcGIS 10.7 运算即得到研究区的历年植被覆盖度。

为了详细比较不同时间和空间位置上的植被覆盖情况,本研究根据 FVC 值对研究区内的植被覆盖情况进行了分级。依据黑河流域的植被结构特点并结合前人的相关研究^[40-41],经多方案试验并参考野外考查结果,将植被覆盖情况分为 5 级(表 1)。

表 1 植被覆盖度等级划分
Tab. 1 Classification of vegetation coverage

植被覆盖度	等级划分
无植被覆盖度	0.00 < FVC ≤ 0.10
低植被覆盖度	0.10 < FVC ≤ 0.20
中植被覆盖度	0.20 < FVC ≤ 0.35
中高植被覆盖度	0.35 < FVC ≤ 0.50
高植被覆盖度	0.50 < FVC

2.2.2 植被覆盖度变化趋势计算

植被覆盖度变化趋势的估算通常使用一元线性回归分析方法^[42],该方法不仅可以满足在若干时间节点的长时段内模拟变化趋势的要求,还可以为认识空间演变规律提供指示信息。本文采用该方法反映植被覆盖度的变化规律,计算公式为

$$\theta_{\text{slope}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (i f_{\text{vci}}) - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n f_{\text{vci}}}{n \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (2)$$

式中: n 为研究时段的年数; f_{vci} 为第 i 年的植被覆盖度; θ_{slope} 是植被覆盖度在研究年段期间的变化斜率,其正负可以指示植被覆盖度的变化趋势。当 $\theta_{\text{slope}} > 0$ 时,代表植被覆盖情况改善,呈增加趋势;当 $\theta_{\text{slope}} = 0$ 时,代表植被覆盖度没有变化,保持稳定;当 $\theta_{\text{slope}} < 0$ 时,代表植被覆盖情况退化,呈减少趋势。此外, θ_{slope} 值越大代表植被覆盖度增加的速度越快,即植被覆盖情况改善越迅速,反之则退化越迅速。因此,通过 θ_{slope}

值的正负及大小,可以判断一个地区地表植被的活动情况。

3 结果与讨论

3.1 植被覆盖度空间格局分布特征

依据自然地理常识及前人研究^[43],选取黑河流域每年植被生长状况较好的生长季(4—10 月)的植被覆盖数据进行研究。根据研究年份生长季的植被覆盖度数据制成研究区不同时期的植被覆盖度等级空间分布图(图 2)。黑河流域的植被覆盖度表现出明显的空间差异,流域内以无植被覆盖区为主,高、中高、中和低植被覆盖区面积相对较小。在空间分布上,黑河流域的植被覆盖度呈现由南向北递减的趋势,高、中高植被覆盖主要分布在上游山区,中游平原地区主要为中高、低植被覆盖,下游除额济纳旗和部分地区为中、低植被覆盖外,其他区域主要为低植被覆盖或无植被覆盖,地貌景观主要为荒漠。植被覆盖情况出现区域差异是黑河流域水资源空间分布格局造成的:上游祁连山区降水量大,适宜的温度促进了冰川消融,水资源丰富;下游额济纳旗地区是荒漠草原区,降水量小,气温高,蒸发量大,水资源匮乏。

根据年植被覆盖度数据进行面积统计,制成研究区不同时期各等级植被覆盖度面积统计表(表 2)。由表 2 可知,1990—2019 年,黑河流域有植被覆盖区域的面积呈微弱上升的趋势;1990—2000 年间,无植被覆盖区面积基本维持稳定;2000 年之后,无植被覆盖区面积逐渐减少,无植被覆盖区可能向其他的植被覆盖类型转化。1990—2000 年,低植被、中植被覆盖区面积略有减少,从 2005 年开始,低植被覆盖区面积逐年上升,而中植被覆盖区面积整体呈波动上升趋势,指示生态环境在逐渐恢复,恢复区主要分布于黑河流域下游,可能得益于 2000 年前后开始实施的黑河分水计划。中高植被覆盖区面积自 1990 年开始一直呈上升趋势,大部分由无植被覆盖区转换而来,高植被覆盖区面积 30 a 间变化不大,无明显变化趋势。

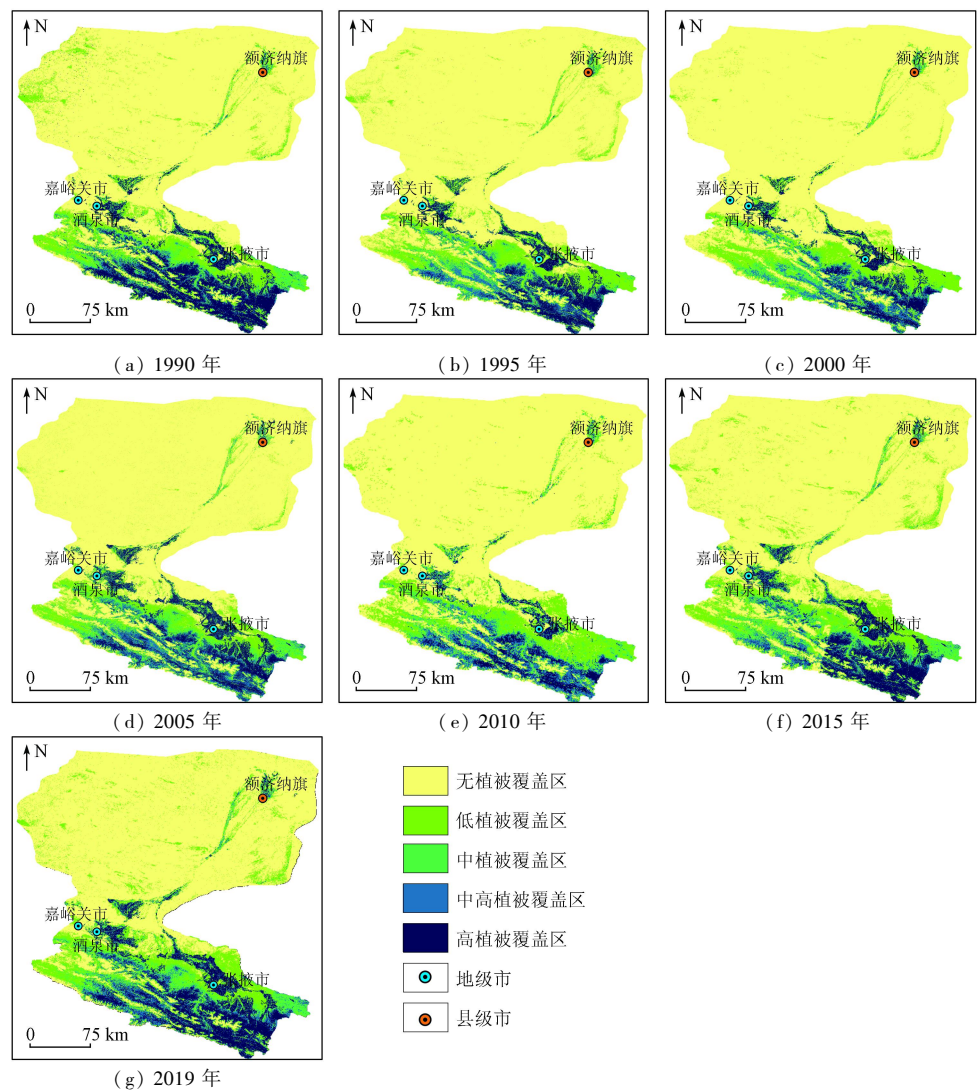


图 2 黑河流域不同时期植被覆盖度等级空间分布

Fig. 2 Classification of vegetation coverage in Heihe River Basin during different periods

表 2 黑河流域不同时期各等级植被覆盖度面积统计表

Tab. 2 Area statistics of each vegetation coverage in Heihe River Basin during different periods					
年份	各等级植被覆盖度面积/万 km ²				
	无植被覆盖	低植被覆盖	中植被覆盖	中高植被覆盖	高植被覆盖
1990	10.67	1.77	0.72	0.54	0.60
1995	10.87	1.53	0.73	0.60	0.57
2000	10.64	1.58	0.71	0.76	0.60
2005	10.32	1.59	0.93	0.84	0.62
2010	10.12	1.70	0.99	0.92	0.58
2015	10.15	1.77	0.74	1.13	0.50
2019	10.07	1.78	0.71	1.14	0.61

3.2 植被覆盖度时空变化趋势特征

将 1990—2019 年植被覆盖度影像数据代入式 (2), 在 ArcMap 10.7 软件中进行制图, 得到黑河流域近 30 a 以来的植被覆盖变化程度空间分布(图 3)。

万方数据

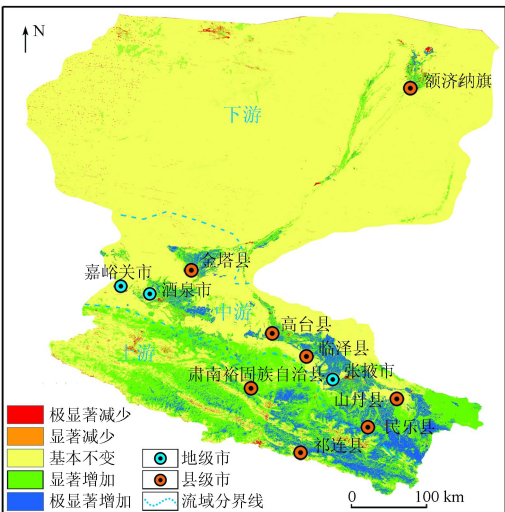


图 3 1990—2019 年黑河流域植被覆盖变化程度空间分布

Fig. 3 Distribution of vegetation coverage changes in Heihe River Basin from 1990 to 2019

结果显示:1990—2019 年流域大部分区域的植被覆盖度维持不变或增加,仅少数地区的植被覆盖度有所减少(表 3)。植被覆盖度增加区域的面积远大于退化区域。植被覆盖度极显著增加的区域主要分布在祁连山东南侧、中游城市周边及靠近黑河两侧的区域;植被覆盖度显著减少或极显著减少

区域的面积较小,主要分布于黑河下游和中游的部分地区,上游也有零星出现,主要对应区域为中游张掖市山丹县、甘州区、临泽县和高台县,以及下游部分荒漠地区。

3.3 流域气温变化特征

大于 0℃ 的年积温是影响植被生长的重要因素,会极大地影响植被生长的适宜性。本文对 1990—2019 年黑河流域大于 0℃ 年积温的变化进行了趋势分析(图 4),结果显示流域平均大于 0℃ 年积温在下游最大,约 4 650℃;中游次之,约 3 000℃;上游最小,约 1 340℃。1990—1995 年,流域大于 0℃ 年积温有一个较大幅度的升高,自 2000 年至今,年积温呈波动上升趋势,2005 年和 2015 年的年积温最低,中游增加幅度最大,下游次之,上游最小。

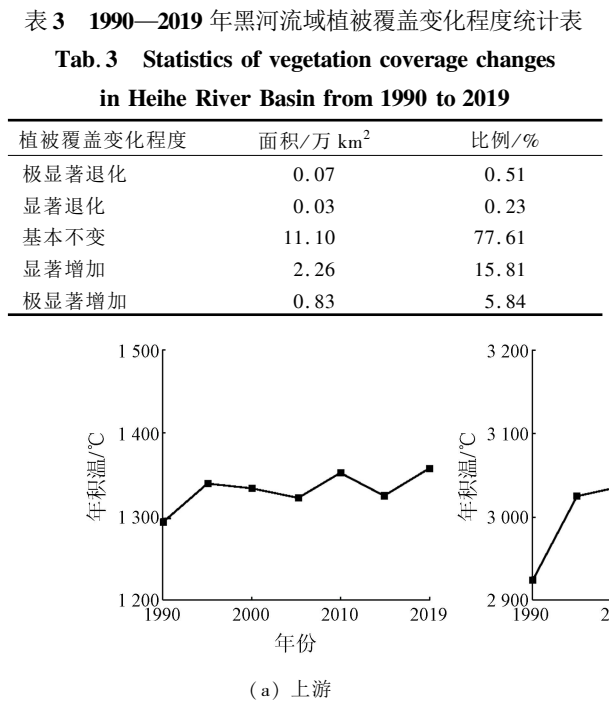


图 4 黑河流域大于 0℃ 年积温变化趋势图

Fig. 4 Trend chart of the 0℃ annual accumulated temperature change in Heihe River Basin

3.4 讨论

气温是控制地球表面一切生物物理化学过程的主要因子,植被生长需要适宜的温度范围,温度过高或过低都会阻碍植被生长。此外,气温的升高或降低会导致流域内其他自然要素的变化,进而影响植被的生长。温度升高会导致冰川消融、积雪融化,使流域径流和降水量增大,改变流域水资源供给,进而影响植被的生长变化。温度过高会提高蒸散发,增加植被对水资源的需求,使土壤水分减少,加剧土地沙漠化,导致植被覆盖退化。相反,当气温低于植被生长的需要则会使植被生长受阻^[44]。

研究区现有的水资源分布格局为从南部祁连山区到北部内蒙古额济纳旗逐渐减少,这是由研究区降水、地形及海拔梯度共同决定的^[45-47]。水资源分布格局在一定程度上影响了该地区植被的分布区域,使地面植被覆盖从南向北形成了由温

万方数据

带山地森林草原到荒漠植被的分布规律(图 2)。

在全球气温持续升高的大背景下,我国平均气温的增加速度明显高于全球均温增速,其中以我国北部和西部地区尤为突出^[48]。气温变化会引起降水和径流的改变,从而影响整个流域的地面植被分布。黑河的径流量主要依靠祁连山区的冰川融水补充,近 30 a 来,黑河流域的气温在波动中趋于上升(图 4),下游大于 0℃ 年积温增长为 103.95℃,中游年积温增长最多,为 150.10℃,上游增长相对较少,但也达到了 55.04℃。温度升高会导致上游地区降水增多,冰川积雪融化加快,黑河径流量增加,进而对地下水的侧向补给加强,地下水水位抬升,缓解河流两侧植被的需水压力,使流域上游及两侧的植被覆盖度明显增加。中游气温上升提高了植被需水量,导致到达下游的水量减少,加之下游分布了广阔的荒漠地区,气温上升加剧了蒸散发,因此下游植被退化最为严重(图 3)。

4 结论

(1) 黑河流域的植被覆盖度呈现由南向北递减的空间分布特征。流域植被覆盖面积总体呈上升趋势,由1990年的3.63万 km^2 增加到2019年的4.23万 km^2 ,占流域总面积的29.58%。

(2) 黑河流域大部分地区的植被覆盖度保持不变或有所增加,植被退化区域主要集中分布在下游部分荒漠地区和中游城市周边地区,植被覆盖度增加的区域主要分布在上游祁连山区和流域两侧,植被覆盖度增加区域的面积远大于退化区域,分别占比21.64%和0.74%。

(3) 受全球变暖影响,整个流域气温呈增长态势,其中中游气温增长最快,下游次之,上游最慢。黑河流域上游和中游气温的升高对植被覆盖度起到促进作用,而下游气温的升高则抑制了植被生长。

参考文献(References):

- [1] Feng Q, Cheng G D. Current situation, problems and rational utilization of water resources in arid north-western China[J]. J Arid Environ, 1998, 40(4): 373-382.
- [2] Jin X M, Schaepman M, Clevers J, et al. Correlation between annual runoff in the Heihe River to the vegetation cover in the Ejina Oasis (China) [J]. Arid Land Res Manag, 2010, 24(1): 31-41.
- [3] Wu J. The effect of ecological management in the upper reaches of Heihe River[J]. Acta Ecol Sin, 2011, 31(1): 1-7.
- [4] 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.
Bai W Q, Bai S Q. The status and roles of land use and cover change in global change study[J]. Areal Res Dev, 1999, 18(4): 13-16.
- [5] 颜耀文, 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): 22-26.
Jie Y W, Chen F H. The land use/land cover change in arid region and the global environment change [J]. Areal Res Dev, 2002, 21(2): 22-26.
- [6] 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.
Zhang B Y, Yu Z Z, Liu L Y, et al. Study on the vegetation coverage changes monitoring of Beijing City by remote sensing[J]. Areal Res Dev, 2008, 27(1): 108-112.
- [7] 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.
Li X H, Shi Q D, Chang S L, et al. Change of NDVI based on NOAA image in northwest arid area of China in 1981-2001[J]. Arid Land Geogr, 2008, 31(6): 940-945.
- [8] 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.
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 Geogr Sin, 2009, 64(1): 84-94.
- [9] 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.
Yu B H, Lv C H, Lv T T, et al. Regional differentiation of vegetation change in the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Prog Geogr, 2009, 28(3): 391-397.
- [10] 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]. Adv Earth Sci, 2013, 28(7): 774-782.
- [11] 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.
Bai F, Li W P, Li Z H. Analysis on the main causes resulting in vegetation degeneration in the Heihe River Basin [J]. Arid Zone Res, 2008, 25(2): 219-224.
- [12] 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.
Wang H J, Zhang B, Jin X H, et al. Vegetation space - characters and form - mechanism based on remote - sensing analysis in Heihe River Basin [J]. J Arid Land Res Environ, 2009, 23(5): 160-164.
- [13] Guo Q L, Feng Q, Li J L. Environmental changes after ecological water conveyance in the lower reaches of Heihe River, Northwest China [J]. Environ Geol, 2009, 58(7): 1387-1396.
- [14] Yuan L H, Chen X Q, Wang X Y, et al. Spatial associations between NDVI and environmental factors in the Heihe River Basin [J]. J Geogr Sci, 2019, 29(9): 1548-1564.
- [15] Bai X, Zhang L H, He C S, et al. Estimating regional soil moisture distribution based on NDVI and Land Surface Temperature time series data in the upstream of the Heihe River Watershed, Northwest China [J]. Remote Sens, 2020, 12(15): 2414.
- [16] Zhong F L, Cheng Q P, Wang P. Meteorological drought, hydrological drought, and NDVI in the Heihe River Basin, Northwest China: Evolution and propagation [J]. Adv Meteorol, 2020, 2020: 2409068.
- [17] 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(1): 84-90.
Huang C Y. A diagnostic analysis for the impact of climate change on eco-environment and natural vegetation in the Heihe River Valley [J]. Clim Environ Res, 2003, 8(1): 84-90.
- [18] 金晓娟. 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.
Jin X M. The variability of natural vegetation area in the Heihe River Basin, Northwest China [J]. Earth Sci Front, 2005, 12(S1): 166-169.

- [19] 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.
Gu J, Li X, Huang C L. Land cover classification based on time-series MODIS NDVI data in Heihe River Basin [J]. Adv Earth Sci, 2010, 25(3):317-326.
- [20] 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.
Zhang Y C, Yu J J, Qiao M Y, et al. Effects of eco-water transfer on changes of vegetation in the lower Heihe River Basin [J]. J Hydraul Eng, 2011, 42(7):757-765.
- [21] 尤南山,蒙古军,孙慕天. 2000—2015 年黑河流域中上游 NDVI 时空变化及其与气候的关系[J]. 北京大学学报(自然科学版),2019,55(1):171-181.
You N S, Meng J J, Sun M T. Spatio-temporal change of NDVI and its relationship with climate in the upper and middle reaches of Heihe River Basin from 2000 to 2015 [J]. Acta Sci Nat Univ Pekinensis, 2019, 55(1):171-181.
- [22] 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]. Res Sci, 2004, 26(4):153-159.
- [23] 秦伟,朱清科,张学霞,等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(9):163-170.
Qin W, Zhu Q K, Zhang X X, et al. Review of vegetation covering and its measuring and calculating method [J]. J Northwest Sci-Tech Univ Agr For: Nat Sci Ed, 2006, 34(9):163-170.
- [24] 熊俊楠,彭超,程维明,等. 基于 MODIS-NDVI 的云南省植被覆盖度变化分析[J]. 地球信息科学学报,2018,20(12):1830-1840.
Xiong J N, Peng C, Cheng W M, et al. Analysis of vegetation coverage change in Yunnan Province based on MODIS-NDVI [J]. J Geo-Inform Sci, 2018, 20(12):1830-1840.
- [25] 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]. Res Soil Water Conserv, 2007, 14(2):268-271.
- [26] 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.
- [27] 李旭谱,张福平,魏永芬,等. 黑河流域植被覆盖程度变化研究[J]. 地域研究与开发,2013,32(3):108-114.
Li X P, Zhang F P, Wei Y F, et al. Research on dynamic changes of the vegetation coverage levels in Heihe River Basin [J]. Areal Res Devel, 2013, 32(3):108-114.
- [28] 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.
Han H B, Ma M G, Yan P. Periodicity analysis of NDVI time series and its relationship with climatic factors in the Heihe River Basin in China [J]. Remote Sens Technol Appl, 2011, 26(5):554-560.
- [29] Ma M G, Frank V. Interannual variability of vegetation cover in the Chinese Heihe River Basin and its relation to meteorological parameters [J]. Int J Remote Sens, 2006, 27(16):3473-3486.
- [30] Li X, Cheng G D, Liu S M, et al. Heihe watershed allied telemetry experimental research (HiWATER): Scientific objectives and experimental design [J]. Bull Am Meteorol Soc, 2013, 94(8):1145-1160.
- [31] Cheng G D, Li X, Zhao W Z, et al. Integrated study of the water-ecosystem-economy in the Heihe River Basin [J]. Nat Sci Rev, 2014, 1(3):413-428.
- [32] Huai B J, Li Z Q, Wang S J, et al. RS analysis of glaciers change in the Heihe River Basin, Northwest China, during the recent decades [J]. J Geogr Sci, 2014, 24(6):993-1008.
- [33] 宋莎. 基于多源遥感数据的植被覆盖度研究[D]. 雅安:四川农业大学,2010.
Song S. Retrieval of Vegetation Coverage Using Multi-sensor Remote Sensing Data [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2010.
- [34] 李卓,孙然好,张继超,等. 京津冀城市群地区植被覆盖动态变化时空分析[J]. 生态学报,2017,37(22):7418-7426.
Li Z, Sun R H, Zhang J C, et al. Temporal-spatial analysis of vegetation coverage dynamics in Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan regions [J]. Acta Ecol Sin, 2017, 37(22):7418-7426.
- [35] 李霞,李晓兵,陈浩,等. 中国北方草原植被对气象因子的时滞响应[J]. 植物生态学报,2007,31(6):1054-1062.
Li X, Li X B, Chen Y H, et al. Temporal responses of vegetation to climate variables in temperate steppe of Northern China [J]. J Plant Ecol: Chin Version, 2007, 31(6):1054-1062.
- [36] 王宁,陈民,郝多虎,等. 基于 NDVI 估算植被覆盖度的研究——以滁州市为例[J]. 测绘与空间地理信息,2013,36(5):51-54,57.
Wang N, Chen M, Hao D H, et al. The estimation of vegetation fraction based on NDVI: A case study of Chuzhou [J]. Geomat Spat Inform Technol, 2013, 36(5):51-54,57.
- [37] 李俊,梁爽,刘广辉,等. 基于 Worldview II 影像的某区域植被覆盖度估算[J]. 测绘标准化,2014,30(3):29-30.
Li J, Liang S, Liu G H, et al. Vegetation coverage estimation of an area based on Worldview II images [J]. Stand Surv Mapp, 2014, 30(3):29-30.
- [38] 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.
Dai S P, Zhang B, Wang H J, et al. Analysis on the spatio-temporal variation of grassland cover using SPOT NDVI in Qilian Mountains [J]. Prog Geogr, 2010, 29(9):1075-1080.
- [39] 赵军,王小敏,李东成. 基于 MODIS 的民勤绿洲植被覆盖变化定量分析[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(10):91-96.

- Zhao J, Wang X M, Li D C. Quantitative analysis on the vegetation coverage changes of Minqin Oasis based on MODIS[J]. J Arid Land Res Environ, 2012, 26(10): 91–96.
- [40] 乔雪梅, 刘普幸, 任媛, 等. 基于遥感的黑河流域生态环境变化特征及成因分析[J]. 中国环境科学, 2020, 40(9): 3962–3971.
- Qiao X M, Liu P X, Ren Y, et al. Analysis of the characteristics and driving factors of ecological environment changes in Heihe River Basin based on remote sensing data[J]. China Environ Sci, 2020, 40(9): 3962–3971.
- [41] 董璐, 赵杰, 刘雪佳, 等. 1982—2015年新疆地区植被生长对气温的响应[J]. 应用生态学报, 2019, 30(7): 2165–2170.
- Dong L, Zhao J, Liu X J, et al. Responses of vegetation growth to temperature during 1982–2015 in Xinjiang, China[J]. Chin J Appl Ecol, 2019, 30(7): 2165–2170.
- [42] 肖骁, 李京忠, 韩彬, 等. 东北老工业区植被覆盖度时空特征及城市化关联分析[J]. 生态科学, 2017, 36(6): 71–77.
- Xiao X, Li J Z, Han B, et al. Spatial-temporal characteristics of vegetation coverage and its correlation with urbanization in traditional industrial area of Northeastern China[J]. Ecol Sci, 2017, 36(6): 71–77.
- [43] 白玉洁, 朱媛君, 马景永, 等. 城市绿地冠层导度季节变化及其环境调控[J]. 生态学杂志, 2020, 39(1): 120–129.
- Bai Y J, Zhu Y J, Ma J Y, et al. Seasonal variation in canopy conductance of urban green land and its environmental control[J]. Chin J Ecol, 2020, 39(1): 120–129.
- [44] 马小平. 基于MODIS数据的黑河流域植被覆盖变化及驱动力分析[D]. 兰州: 西北师范大学, 2015.
- Ma X P. Analyzing on the Change and Driving Force of Vegetation Cover in Heihe River Watershed Based on the MODIS Data[D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2015.
- [45] 徐国昌, 董安祥. 我国西部降水量的准三年周期[J]. 高原气象, 1982, 1(2): 11–17.
- Xu G C, Dong A X. The quasi-three year period of precipitation the west of China[J]. Plateau Meteorol, 1982, 1(2): 11–17.
- [46] 康兴成. 高山冰川作用区局地环流和气温分析[J]. 冰川冻土, 1992, 14(2): 141–152.
- Kang X C. A study on local circulation and temperature in alpine glaciated area[J]. J Glaciol Geocryol, 1992, 14(2): 141–152.
- [47] 陈兴芳. 1994年西太平洋副高异常变化及其成因分析[J]. 气象, 1995, 12(1): 3–7.
- Chen X F. The anomaly change of subtropical high and its formation cause in West Pacific[J]. Meteorol Mon, 1995, 12(1): 3–7.
- [48] 唐国利, 任国玉. 近百年中国地表气温变化趋势的再分析[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 791–798.
- Tang G L, Ren G Y. Reanalysis of surface air temperature change of the last 100 years over China[J]. Clim Environ Res, 2005, 10(4): 791–798.

Dynamic changes of vegetation coverage in Heihe River Basin from 1990 to 2019 and the effect of temperature on it

WANG Peng, WANG Yanhe, HAN Xiaolong, HAN Hao, ZHANG Deming, ZHANG Bingqiang
(Xining Natural Resources Investigation Center, China Geological Survey, Qinghai Xining 810000, China)

Abstract: The change features of vegetation coverage are important for the river ecological detection, and can provide basic information for the comprehensive river management. Heihe River Basin is the second largest inland river basin in the arid-semi-arid regions of Northwest China. In order to investigate the ecological status of the arid-semi-arid regions of Northwest China, the authors have taken Heihe River Basin as the study area and comprehensively applied the pixel binary model and unary linear regression to analyze the dynamic changes of vegetation coverage in Heihe River Basin from 1990 to 2019 and discussed the effect of temperature according to the Landsat NDVI data from 1990 to 2019. The results show that the vegetation coverage of Heihe River Basin decreases from south to north. In the past 30 years, the vegetation coverage area has shown an overall upward trend, and the increasing rate of medium-high vegetation coverage area is the fastest. The vegetation coverage in most parts of the basin remains unchanged and the area with increasing vegetation coverage are larger than those with decreasing vegetation coverage. Due to the effect of global warming, the temperature of the entire basin is increasing. The temperature has the fastest increase in the upstream and the slowest increase in the downstream. The temperature increase in the upstream and downstream promotes vegetation coverage, while the temperature increases in downstream restrains the vegetation growth.

Keywords: Heihe River Basin; vegetation coverage; dynamic changes; temperature influence; NDVI

(责任编辑: 魏昊明, 刁淑娟)