柴达木盆地典型地貌单元归一化植被指数变化特征

杨运航，文广超，谢洪波，王 琳
（河南理工大学 资源环境学院，河南 焦作 454000）

摘 要：[目的] 探究柴达木盆地不同地形地貌单元植被空间分布特征及生态环境的变化趋势，为当地制定有针对性的生态环境保护策略提供决策支持与数据依据。[方法] 利用 1998—2018 年柴达木盆地的 5 期 Landsat 遥感影像，采用趋势线及相关分析等方法，研究近 20 a 来该区不同地貌单元的归一化植被指数(NDVI)的变化特征，并分析了其驱动力。[结果] ①柴达木盆地 NDVI 总体上表现为东南高，西北低，1998—2003 年，受崩塌、滑坡、泥石流等自然灾害的影响，NDVI 呈现出显著下降趋势；2003—2008 年，随着国家生态环境治理力度的加强及公众环保意识的提高，NDVI 表现出显著增加趋势，2008 年以后，NDVI 趋于稳定，生态环境保持良性发展；②不同地貌分区下，水源是限制植被生长的关键因子，冲积扇和洪积扇地区植被生长较茂盛；人类活动对生态环境的影响表现出两面性，在德令哈中海拔流水作用丘陵台地平原区($Ⅱ_2$)，人类改造土地利用类型，种植枸杞等经济作物，使该区域 NDVI 增加明显，在达布逊中海拔、盐湖沉积平原区($Ⅱ_3$)湖泊周边，受人类采盐活动影响，NDVI 表现出显著下降趋势；③受到气候、人类活动和植被类型的影响，NDVI 和海拔高度表现出明显的正相关特性；④NDVI 受坡度影响明显，坡度在 2°～35°时，NDVI 普遍较高。[结论] 水源和气候是影响植被变化的关键因子，人类活动和地形的改变，同样会导致生态环境的变化。

关键词：植被变化；柴达木盆地；地貌分区；NDVI
文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2020)04-0133-07 **中图分类号**：P942

文献参数：杨运航，文广超，谢洪波，等.柴达木盆地典型地貌单元归一化植被指数变化特征[J].水土保持通报，2020，40(4)：133-139. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.04.018；Yang Yunhang，Wen Guangchao，Xie Hongbo，et al. Characteristics of normalized vegetation index under typical geomorphic units in Qaidam Basin [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2020，40(4)：133-139.

Characteristics of Normalized Vegetation Index Under Typical Geomorphic Units in Qaidam Basin

Yang Yunhang，Wen Guangchao，Xie Hongbo，Wang Lin
(*Institute of Resources & Environment，He'nan Polytechnic University，Jiaozuo，He'nan* 454000，*China*)

Abstract：[Objective] The spatial distribution characteristics of vegetation and ecological change trends under different topographic and geomorphic units in Qaidam Basin was explored in order to provide decision support and data basis for the local formulation of targeted ecological environmental protection strategies. [Methods] Based on the five-phase Landsat remote sensing image of the Qaidam Basin from 1998 to 2018，the variation characteristics of the normalized vegetation index (NDVI) of different geomorphic units in the area were studied by using trend lines and related analysis methods，and their driving factors were analyzed. [Results] ① NDVI in the basin was generally high in the southeast and low in the northwest. From 1998 to 2003，due to the impact of natural disasters such as rock avalanche，landslides，and debris flows，NDVI showed a significant downward trend. From 2003 to 2008，with the strengthening of national ecological environment

收稿日期：2020-04-14 **修回日期**：2020-05-06
资助项目：四川省自然资源科技计划项目“九寨沟景区地质灾害精细化监测预警与应急处置技术研究与示范”(KJ-2018-23)；旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室中心开放基金项目(2014G1502022)
第一作者：杨运航(1995—)，男(汉族)，河南省周口市人，硕士研究生，研究方向为地质环境与区域生态资源保护。Email：1182841215@qq.com。
通讯作者：文广超(1979—)，男(汉族)，河南省驻马店市人，博士，副教授，主要从事流域水文过程与生态环境保护、地质灾害综合防治与协同监管、地学信息技术与“3S”集成应用等方面的工作。Email：149248664@qq.com。

governance and the improvement of public awareness of environmental protection, NDVI showed a significant increase trend, and the ecological environment of the basin continued to improve. After 2008, NDVI stabilized and the ecological environment maintained a healthy development. ② Under different landform zones, water sources were the key factors limiting vegetation growth, and vegetation growth in alluvial and flood fan areas was often prosperous. The impact of human activities on the ecological environment was two-sided. In Delingha, middle-altitude flowing water affects hilly platform plain area (Ⅱ_2), human beings changed land use types, planting *Lycium barbarum* and other economic crops, which made NDVI increase significantly in this area. In the mid-altitude of Dabson, the salt lake sedimentary plain (Ⅱ_3), the NDVI was affected by human salt mining activities, showing a significant downward trend. ③ Affected by climate, human activities and vegetation types, NDVI and altitude exhibited a significant positive correlation. ④ NDVI was obviously affected by the slope gradient. When the slope gradient was 2°～35 °, NDVI was generally higher. [Conclusion] Water source and climate are the key factors affecting vegetation change. The change of human activities and topography will also lead to the change of ecological environment.

Keywords: vegetation change; Qaidam Basin; geomorphic zoning; NDVI

植被是陆地生态系统中重要的组成部分,是连接土壤、大气和水分的自然纽带,植被的变化在一定程度上反映了土地覆盖以及区域自然地理环境的变化情况[1]。地表植被指数是描述生态系统特征的基础数据,获取地表植被覆盖及其变化信息,对于评价区域生态环境等具有重要现实意义[2]。遥感数据具有时间跨度长,覆盖范围广等优点,越来越多的遥感影像被用来监测某一地区的植被变化[3]。归一化植被指数(normal difference vegetation index, NDVI)是目前应用最为广泛的植被指数[4],已成为监测植被覆盖情况及其生长状况的最佳植被指数[5]。目前国内外学者对于植被指数数据的应用已经做了很多研究,主要集中在植被指数与气象及气候因子的相互关系。徐浩杰[6]等以 MODIS NDVI 数据为基础,结合气温和降水量数据,探究柴达木盆地植被生长时空变化特征及对于气候要素的响应。朱文会[7]等利用NOAA/AVHRR 的 NDVI 旬合成资料和地面月降雨数据、平均气温等资料,探究了三江源地区NDVI的时空变化特征及其对于气候要素变化的响应。钟红平[8]等利用 MODIS NDVI 数据结合气象因子、土地利用类型及海拔高度数据,探究了近 10 a 植被覆盖度在时间和空间的变化特征。Roerink 等[9]利用 NOAA/AVHRR 发布的 10 d 最大值合成的归一化植被指数数据和气候数据,通过研究非洲撒哈拉和欧洲部分地区植被和气象的关系,得出在干旱的地区气候是影响植被指数变化的主要因素。利用遥感技术与生态反演相结合,可以定性与定量的分析出环境与生态的变化,为柴达木盆地的生态环境保护与开发提供技术与信息支持。但是近些年,随着青藏高原"一带一路"和"西部大开发"的倡议和旅游业的快速发展[10],柴达木盆地人口呈现增长趋势,生态环境整体呈持续改善趋势。对于较大区域直接进行整体分析,难以表现出地区性,难以体现区域人类活动对于生态环境的影响。因此,本文利用多年 NDVI 的变化趋势,分析柴达木盆地不同地形地貌单元下植被空间分布特征及生态的变化趋势,为制定有针对性的生态环境保护策略提供决策支持与数据依据。

1 研究区概况

柴达木盆地位于青藏高原北缘,纬度:34°45′—39°20′N,经度:90°00′—99°17′E,海拔高度 2 427～6 212 m。盆地的西北、东北和南面分别被阿尔金山、祁连山和昆仑山环绕,形成封闭的山间盆地[11]。根据形态类型加成因类型复合分类的方法,将柴达木盆地分为 4 个一级地貌区[12],包括阿尔金山—祁连山山地区(Ⅰ)、柴达木盆地区(Ⅱ)、昆仑山山地区(Ⅲ)和鄂拉山山地区(Ⅳ)。盆地内干旱少雨,蒸发量大,形成了典型的高原大陆气候,为干旱半干旱地区。盆地内河网密布,湖泊众多,盆地内植被覆盖率小于 5%,森林覆盖率为 0.84%[13-14]。

2 数据与方法

2.1 数据源与预处理

研究使用的遥感影像主要来源于 USGS(https://earthexplorer.usgs.gov)和地理空间数据云(http://www.gscloud.cn)发布的 Landsat 系列数据(表 1)和 DEM(digital elevation model, DEM)数据(空间分辨率 30 m)。原始遥感影像进行辐射定标、大气校正等预处理以剔除云及气溶胶等影响。大气校正后反射率范围为 0～10 000,对于不在该范围的异常值

进行缩放处理,将 DN 值的最高值和最低值调整为 10 000,0。利用 ENVI 和 ArcGIS 等软件对 DEM 数据进行处理,得出研究区内 NDVI 和海拔等数据。坡度由 ArcGIS 表面分析工具 Slope,据 DEM 数据直接提取,坡度范围为 0°～90°。

表 1　本研究使用数据成像时间

行列号	成像时间	行列号	成像时间	行列号	成像时间
	19980712		19980712		19980905
	20030912		20030726		20030818
133/035	20080504	133/036	20080605	134/034	20080831
	20130923		20130923		20130626
	20180921		20180921		20180928
	19980719		19980905		19980928
	20030818		20030717		20030910
134/035	20080831	134/036	20080831	135/034	20080518
	20130610		20130813		20130719
	20190928		20190928		20180514
	1990928		19980928		19980717
	20030724		20030910		20030816
135/035	20080518	135/036	20080518	136/033	20080829
	20130617		20130804		20130811
	20180514		20180514		20180724
	19980717		19980919		19980717
	20030816		20030816		20031019
136/034	20080509	136/035	20080510	136/036	20080509
	20130811		20130811		20130928
	20180724		20180724		20180807
	19980926		19980809		19980809
	20030706		20030722		20030722
137/033	20080601	137/034	20080719	137/035	20080516
	20130802		20130701		20130802
	20180807		20180512		20180517
	19980816		19980816		19980816
	20030627		20030627		20031017
138/033	20080624	138/034	20080523	138/035	20080624
	20130622		20130622		20130809
	20180807		20180516		20180604
	19980807		19980722		19980908
	20030906		20030906		20030922
139/033	20080615	139/034	20080615	139/035	20080615
	20130731		20130731		20130731
	20180526		20180526		20180526

2.2　研究方法

2.2.1　*归一化植被指数*　本文引用归一化植被指数(NDVI)[15]用于反映不同地貌单元下植被指数的变化特征,计算公式为:

$$\mathrm{NDVI}=\frac{\mathrm{NIR}-R}{\mathrm{NIR}+R} \tag{1}$$

式中:NIR 为近红外波段;R 为可见光红波段;NDVI的取值范围为[−1,1]。

2.2.2　*趋势线分析*　趋势线分析法是利用每个斜率模拟每个栅格的变化趋势,得出不同时期植被覆盖变化的空间特征[16]。本文利用此方法得出柴达木盆地多年 NDVI 的变化趋势,计算公式为:

$$\mathrm{NDVI}_\theta=\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})(\mathrm{NDVI}_i-\overline{\mathrm{NDVI}})}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2} \tag{2}$$

式中:n 为监测时间段的累计年数;Y_i 为相应的监测年份;$\bar{Y}$ 为监测年份的平均值;NDVI_i 为年份相应的植被指数的值;$\overline{\mathrm{NDVI}}$为样本年份内植被指数的平均值。

2.2.3　*相关分析*　本文利用相关分析法研究了海拔对于盆地内 NDVI 的影响[17],计算公式为:

$$R_{xy}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}} \tag{3}$$

式中:R_{xy} 为 x,y 变量的线性相关系数;x_i,y_i 为植被指数值和海拔高度;$\bar{x}$,$\bar{y}$ 为 x,y 变量的平均值;n 为样本个数。

3　结果与分析

3.1　NDVI 空间变化分析

基于 1998—2018 年 5 期影像数据提取出来的不同地貌单元下的 NDVI 结果详见表 2。由表 2 可知,1998—2003 年,柴达木盆地受到崩塌、滑坡、泥石流等多种自然灾害,耕地、草地、林地等处植被受到严重影响,NDVI 呈现明显的下降趋势;2003—2008 年,国家政策调整及人们环保意识加强,盆地内全区 NDVI 呈现出明显的增长;2008 年之后,NDVI 呈现出相对稳定状态。从横向看,同一年内祁漫塔格山—布尔汗布达山大起伏高山极高山区(Ⅲ$_1$)NDVI 值较大,茫崖—冷湖中海拔、风蚀残丘古湖盆区(Ⅱ$_1$)NDVI较小。NDVI 总体表现出东南高、西北低的走势(见表 2)。

利用公式(2)得出趋势线的斜率 NDVI_θ,NDVI_θ 大于 0,说明 NDVI 呈现增加趋势,相反 NDVI_θ 小于 0,NDVI 呈现减少趋势,NDVI_θ 绝对值越大,则NDVI值变化越明显。根据 NDVI_θ 值的变化范围及相关学者实际研究情况[18-19],定义 NDVI_θ 分为 7 个变化等级(见表 3),统计在不同地貌区下各个植被变化等级所占的面积比例。

表 2 柴达木盆地 1998—2018 年 NDVI 在不同地貌区主要分布区间

地貌单元编号	NDVI 分布区间				
	1998 年	2003 年	2008 年	2013 年	2018 年
Ⅰ$_1$	0.043～0.059	0.027～0.043	0.122～0.161	0.105～0.141	0.106～0.145
Ⅰ$_2$	0.043～0.059	0.027～0.051	0.067～0.145	0.100～0.162	0.098～0.184
Ⅰ$_3$	0.036～0.057	0.020～0.035	0.137～0.169	0.106～0.129	0.129～0.169
Ⅰ$_4$	0.043～0.067	0.027～0.051	0.129～0.192	0.110～0.171	0.129～0.200
Ⅱ$_1$	0.035～0.051	0.027～0.035	0.059～0.090	0.104～0.142	0.090～0.129
Ⅱ$_2$	0.030～0.051	0.020～0.043	0.082～0.145	0.071～0.116	0.075～0.122
Ⅱ$_3$	0.031～0.046	0.020～0.051	0.129～0.161	0.110～0.163	0.082～0.145
Ⅱ$_4$	0.020～0.043	0.012～0.035	0.106～0.161	0.063～0.101	0.098～0.161
Ⅲ$_1$	0.035～0.067	0.020～0.051	0.090～0.161	0.074～0.141	0.090～0.161
Ⅳ$_1$	0.020～0.059	0.012～0.051	0.043～0.106	0.076～0.128	0.075～0.145

表 3 柴达木盆地不同斜率在各个地貌分区所占面积比例

斜率	变化等级	各个地貌分区所占比例									
		Ⅰ$_1$	Ⅰ$_2$	Ⅰ$_3$	Ⅰ$_4$	Ⅱ$_1$	Ⅱ$_2$	Ⅱ$_3$	Ⅱ$_4$	Ⅲ$_1$	Ⅳ$_1$
－0.084～0.025	明显退化	0.34	1.55	0.15	0.17	0.29	1.04	2.55	0.31	0.39	0.58
－0.025～0.15	中度退化	0.76	6.28	0.22	1.23	0.29	0.42	1.66	0.27	0.69	0.55
－0.015～0.005	轻度退化	6.56	10.52	1.06	3.71	2.13	1.87	2.60	1.26	3.92	2.74
－0.005～0.005	基本不变	41.41	43.05	39.3	27.29	59.95	56.19	39.20	40.05	42.22	45.33
0.005～0.015	轻度改善	50.33	36.53	57.86	63.32	36.99	37.06	51.70	55.90	48.38	47.46
0.015～0.025	中度改善	0.27	1.40	1.07	3.02	0.23	1.78	1.19	1.41	3.27	2.67
0.025～0.108	明显改善	0.32	0.67	0.33	1.27	0.12	1.63	1.11	0.80	1.14	0.68

由表 2—3 可以看出，在 1998—2018 年，盆地内不同地貌单元分区的 NDVI 呈现如下变化特征：改善较明显的地区主要集中在塞什腾山—宗务隆山冰川、冰缘、流水作用中—大起伏高山宽谷区（Ⅰ$_4$），改善面积达到 67.61%；苏干湖，中海拔流水作用盆地区（Ⅰ$_3$），改善面积达到 59.26%；昆仑山前洪积平原区（Ⅱ$_4$），改善面积达到 58.11%；祁漫塔格山—布尔汗布达山大起伏高山极高山区（Ⅲ$_1$），改善面积达到 52.79%。柴达木盆地作为典型的干旱半干旱地区，水源是限制植被生长的关键因子[6]。以昆仑山前洪积平原区为例，该区内有大范围的冲积扇和洪积扇，在冲积扇和洪积扇形成良好的透水网，水源充足，且植被类型多以草甸和针叶林、阔叶林为主，呈现出较好的长势。人类活动也是影响区域 NDVI 变化的主要因子，2004 年青海省先后组织了“青海省藏族少数民族地区生态环境保护知识普及计划”和“千乡万村环境保护科普行动计划”等环保活动，并认真落实国家“退耕还林还草”等政策，提出禁牧、休牧 1.14×10^6 hm^2，随着公众生态环保意识的增强，德令哈等地区生态环境明显改善。退化较明显的地区主要在达布逊中海拔、盐湖沉积平原区（Ⅱ$_3$）河湖沿岸（如图 1 所示），以台吉乃尔湖和达布逊湖为例，人类活动较强，聚集有较大的采盐场，土地盐渍化较重，不适宜植被生长，植被生长受限呈现退化趋势。

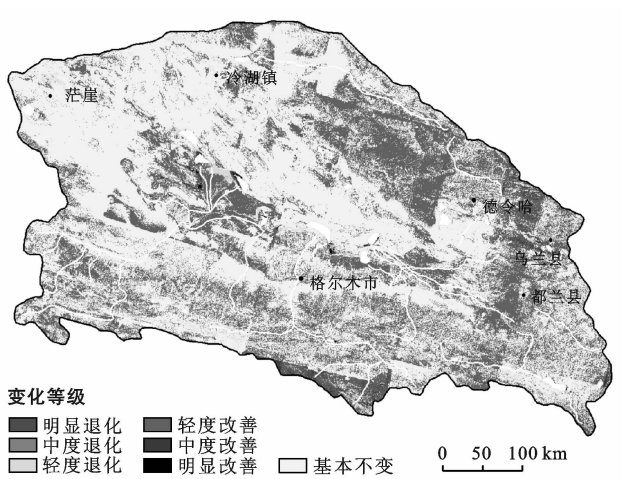


图 1 柴达木盆地 NDVI 变化等级

3.2 NDVI 随海拔变化分析

为了更好地分析柴达木盆地内 NDVI 与海拔的相关性及其影响因素，将多年 NDVI 利用最大值合成法，并对合成的 NDVI 最大值进行分级处理，利用从低值到高值均等分布的方法将其分为 0～0.1，0.1～0.2，0.2～0.3，0.3～0.4，0.4～0.5，0.5～0.6 和＞

0.6 共 7 个等级,植被指数重分类后与降雨等值线相叠加分析 NDVI 随海拔及降雨变化规律(见图 2)。

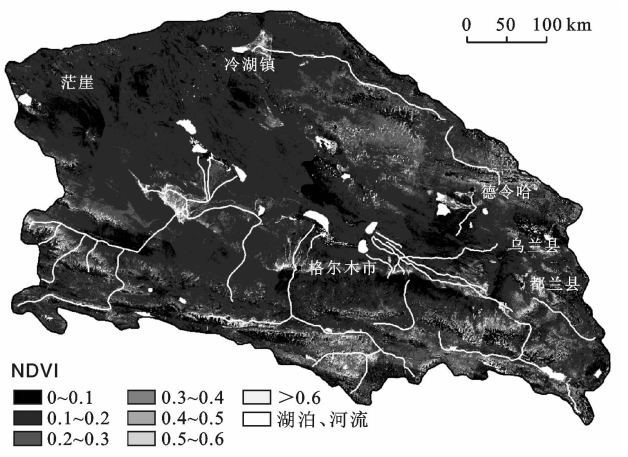


图 2　柴达木盆地多年最大化 NDVI 分级

柴达木盆地内 NDVI 偏低,多年最大化 NDVI 主要集中在 0.1～0.2。盆地内多年最大化 NDVI 小于 0.1 的区域主要分布海拔低于 3 000 m 的柴达木盆地区(Ⅱ),盆地内多年最大化 NDVI 大于 0.4 地区主要分布在盆地的外围圈层——昆仑山山地区(Ⅲ)和鄂拉山山地区(Ⅳ)。NDVI 随海拔高度表现出连动性,为定量分析 NDVI 和海拔变化的规律,利用 NDVI 与海拔高度进行相关性分析,结果详见表 4。1998—2018 年,随着海拔的升高,柴达木盆地 NDVI 呈上升趋势,与海拔呈现明显的正相关。1998,2003,2008,2013 和 2018 年的相关系数分别为 0.086,0.091,0.094,0.019 和 0.075,相关系数越大,NDVI 随着海拔升高变化越明显。不考虑河流及湖泊等影响,盆地 NDVI 分布和海拔变化表现出一定的连动性。柴达木盆地属于典型的中纬度高寒、干旱大陆气候,盆地外围海拔多在 4 000 m 以上,中间海拔多在 3 000 m 左右,海拔落差达到 1 000 m,来自西南和东南的暖湿气流无法直接进入盆地内部,导致盆地内降雨分布不均匀。盆地内降雨表现出一定的地带性,在海拔较高的地区降雨量较大,海拔较低的地区降雨量较少。由图 3—4 可以看出,在 4 000 m 及以上的祁漫塔格山—布尔汗布达山大起伏高山极高山区($Ⅲ_1$)和鄂拉山冰缘、流水作用大起伏高山区($Ⅳ_1$)等地,降雨量在 200 mm 及以上,NDVI 多大于 0.3,个别地区大于 0.4,生长植被以草甸、沼泽等喜湿性植被为主。在德令哈中海拔流水作用丘陵台地平原区($Ⅱ_2$)和昆仑山前洪积平原区($Ⅱ_4$)等地,海拔在 3 000 m 到 4 000 m 之间,降雨量介于 100 mm 到 200 mm,NDVI 最大值主要介于 0.2～0.4,植被类型以草原为主。NDVI 常年小于 0.1的地区海拔高度普遍低于 3 000 m,以盆地中心茫崖—冷湖中海拔、风蚀残丘古湖盆区($Ⅱ_1$)和达布逊中海拔、盐湖沉积平原区($Ⅱ_3$)为主,有一定的外延性,植被类型以荒漠植被为主并夹杂着少量草原和沼泽。近几年人类工业活动导致全球气候变暖,高海拔地区冰雪融化,为植被的生长提供充足的水资源也是导致植被变化和海拔变化呈现出联动性的关键因素。

表 4　柴达木盆地 1998－2018 年 NDVI 与海拔高度的相关系数

项 目	相关性分析	1998 年	2003 年	2008 年	2013 年	2018 年	海拔高度
1998 年 NDVI	皮尔逊相关性	1	0.529**	0.501**	0.407**	0.369**	0.086**
	sig.(双尾)	—	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2003 年 NDVI	皮尔逊相关性	0.529**	1	0.673**	0.509**	0.469**	0.091**
	sig.(双尾)	0.000	—	0.000	0.000	0.000	0.000
2008 年 NDVI	皮尔逊相关性	0.501**	0.673**	1	0.499**	0.391**	0.094**
	sig.(双尾)	0.000	0.000	—	0.000	0.000	0.000
2013 年 NDVI	皮尔逊相关性	0.407**	0.509**	0.499**	1	0.428**	0.019**
	sig.(双尾)	0.000	0.000	0.000	—	0.000	0.001
2018 年 NDVI	皮尔逊相关性	0.369**	0.469**	0.391**	0.428**	1	0.075**
	sig.(双尾)	0.000	0.000	0.000	0.000	—	0.000
海拔高度	皮尔逊相关性	0.086**	0.091**	0.094**	0.019**	0.075**	1
	sig.(双尾)	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	—

注:** 表示在 0.01 级别(双尾)相关性显著。

3.3　NDVI 随坡度变化分析

依据国际地理学联合会地貌调查制图委员会关于地貌详图应用的坡地分类来划分坡度等级,规定:0°～0.5°为平原,0.5°～2°为微斜坡,2°～5°为缓斜坡,

5°～15°为斜坡，15°～35°为陡坡，35°～55°为峭坡，55°～90°为垂直壁[20]。将 NDVI 变化等级和坡度变化等级相叠加，得出 NDVI 和坡度等级变化的关系。根据图 3 统计不同植被等级下各个坡度等级所占的比重得出，在平原、峭坡和垂直壁 NDVI 大于 0.2 的面积不超过 13%，NDVI 随着坡度的增大呈现出先升高后下降的趋势。

平原和微斜坡地区是人类活动的主要区域，如德令哈、都兰、格尔木等地人类工业活动相对频繁，周围环境遭到严重破坏，NDVI 表现出轻度退化的趋势。随着坡度的上升，人类活动相应减弱，植被则表现出一定的上升趋势，并且年间植被变化相对活跃。在峭坡和垂直壁，坡度较大，并不适合植被生长，年间植被变化并不显著。

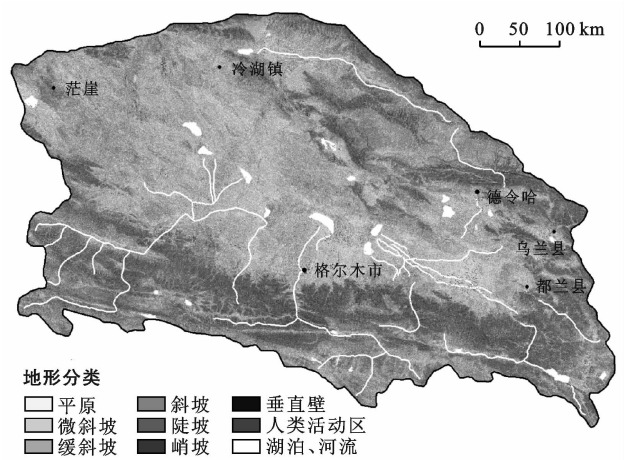


图 3 柴达木盆地地形分类

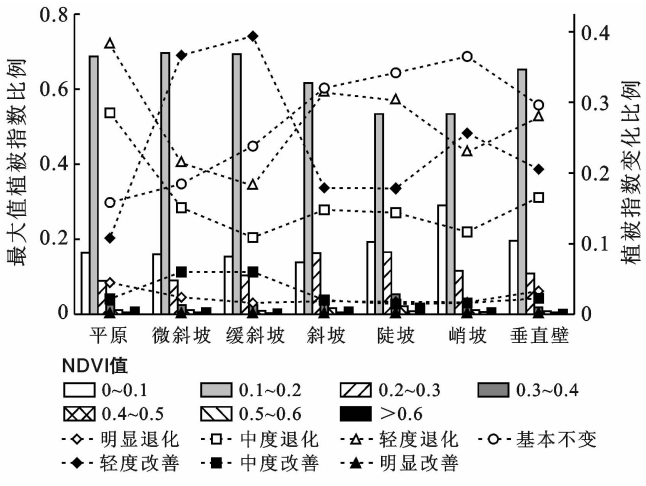


图 4 柴达木盆地坡度等级与 NDVI 变化等级的关系

4 讨 论

本文探究了 1998—2018 年柴达木盆地植被 NDVI 在典型地貌单元下的变化特征，其变化特征均具有一定规律性，研究结果和结论可以为当地制定有针对性地生态环境保护策略提供决策支持与数据依据。1998—2018 年，柴达木盆地内 NDVI 与青海省 NDVI 变化趋势一致，总体呈上升趋势，特别是东部农业区，其增势达到显著性水平[21]，NDVI 与海拔之间表现出明显的正相关关系，该结论与李红梅[22]、张斯琦[3]的研究成果一致。2008 年之前，盆地内 NDVI 呈现出明显的增势，说明国家的生态环境治理效果日益凸显，公众环保意识在逐步提高；2008 年之后，盆地内植被 NDVI 处于稳定状态，区域生态环境逐渐好转。今后需进一步提高盆地内植被覆盖，促进生态环境持续优化。本文在探究植被 NDVI 变化中，受 Landsat 影像的成像时间和成像周期的影响，在分析盆地NDVI 变化中，以 5 a 为一阶段，虽可反映植被变化趋势，但时间连续性缺乏，长时期变化规律认知不足。地形效应变化过程中，柴达木盆地最低海拔在 2 000 m 以上，在低海拔地区，植被 NDVI 随地形效应规律是否产生不同特征值得进一步研究。

5 结 论

（1）1998—2018 年，受到自然灾害及人类活动的影响，柴达木盆地整体 NDVI 表现出波动性增长的趋势。不同地貌分区下水源是限制盆地内植被生长的主要因子，在柴达木盆地区（Ⅱ）的冲积扇和洪积扇地区，NDVI 呈现不同程度的中度改善和明显改善。人类活动对于植被生长则表现出两面性，在德令哈中海拔流水作用丘陵台地平原区（$Ⅱ_2$）附近 NDVI 受人类耕作影响表现出改善趋势，但在达布逊中海拔、盐湖沉积平原区（$Ⅱ_3$）湖泊周区，受到人类采盐的影响，NDVI 则表现出较严重的中度退化和明显退化趋势。

（2）1998—2018 年，受气候、人类活动和植被类型的影响，NDVI 和海拔高度呈现明显的正相关，随着海拔高度的升高，NDVI 呈上升趋势。柴达木盆地区（Ⅱ）NDVI 主要小于 0.2，在昆仑山山地区（Ⅲ）和鄂拉山山地区（Ⅳ）NDVI 大于 0.4。

（3）1998—2018 年受人类活动的影响，柴达木盆地 NDVI 随着坡度的增大呈现出先升高后下降的趋势。在平原、峭坡和垂直壁不同植被等级所占比重都比较小，且在平原地区呈现出轻度退化的趋势，在坡度较大的峭坡和垂直壁，自然因素导致其植被生长受限。

［ 参 考 文 献 ］

[1] 张亮，丁明军，张华敏，等. 1982—2015 年长江流域植被覆盖度时空变化分析[J]. 自然资源学报，2018，33(12)：2084-2097.

[2] 钟红平,王宏志. 2007—2016 年湖北省归一化植被指数时空变化特征分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2018, 52(4):146-152.

[3] 张斯琦,陈辉,宋明华,等. 2000—2015 年柴达木盆地植被覆盖度时空变化及其与环境因子的关系[J]. 干旱区地理,2019,42(5):1124-1132.

[4] Tucker C J, Newcomb W W, Los S O, et al. Mean and inter-year variation of growing-season normalized difference vegetation index for the Sahel 1981—1989 [J]. International Journal of Remote Sensing, 1991, 12 (6): 1133-1135.

[5] 刘可,杜灵通,侯静,等. 近 30 年中国陆地生态系统 NDVI时空变化特征[J]. 生态学报,2018,38(6):1885-1896.

[6] 徐浩杰,杨太保. 柴达木盆地植被生长时空变化特征及其对气候要素的响应[J]. 自然资源学报,2014,29(3):398-409.

[7] 朱文会,毛飞,徐影,等. 三江源区植被指数对气候变化的响应及预测分析[J]. 高原气象,2019(4):693-704.

[8] 钟红平,王宏志. 2007—2016 年湖北省归一化植被指数时空变化特征分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2018, 52(4):146-152.

[9] Roerink G J, Menenti M, Su Z W, et al. Assessment of climate impact on vegetation dynamics by using remote sensing [J]. Physics and Chemistry of the Earth Parts (A/B/C), 2003,28(1):103-109.

[10] 王兰英,刘雅君. 从数据看青海省改革开放 40 年的巨大成就[J]. 柴达木开发研究,2019(3):32-40.

[11] 朱文彬,吕爱锋,贾绍凤. 基于 NDVI 的柴达木盆地植被空间分异规律及影响因素[J]. 干旱区研究,2010,27(5):691-698.

[12] 王永贵. 柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价[M]. 北京:地质出版社,2008.

[13] 李庆旭,张彪,王爽,等. 京津风沙源区 2000—2015 年植被覆盖状况的区域差异研究[J]. 地学前缘,2018,25(5):304-310.

[14] 肖勇. 柴达木盆地南缘地下水循环演化模式及其变化趋势研究[D]. 北京:中国地质大学,2018.

[15] 程东亚,李旭东. 喀斯特地区植被覆盖度变化及地形与人口效应研究[J]. 地球信息科学学报,2019,21(8):1227-1239.

[16] 戴声佩,张勃. 基于 GIS 的祁连山植被 NDVI 对气温降水的旬响应分析[J]. 生态环境学报,2010,19(1):140-145.

[17] 徐浩杰. 亚洲中部干旱区植被变化及其影响因素(2000—2012)[D]. 甘肃 兰州:兰州大学,2014.

[18] 徐浩杰,杨太保,曾彪. 2000—2010 年祁连山植被 MODIS NDVI 的时空变化及影响因素[J]. 干旱区资源与环境,2012(11):90-94.

[19] 戴声佩,张勃. 基于 GIS 的祁连山植被 NDVI 对气温降水的旬响应分析[J]. 生态环境学报,2010,19(1):140-145.

[20] 王昱,闫宾. 山地建筑接地类型的分类研究[J]. 山西建筑,2017,43(1):9-10.

[21] 李璠,徐维新. 2000—2015 年青海省不同功能区 NDVI 时空变化分析[J]. 草地学报,2017,25(4):701-710.

[22] 李红梅. 柴达木盆地气候变化对植被的影响分析[J]. 草业学报,2018,27(3):13-23.