

于竹筱,张红旗,许尔琪. 黔桂喀斯特山地 NDVI 的垂直分布特征[J]. 中国岩溶,2018,37(3):361-370.  
DOI:10.11932/karst20180306

## 黔桂喀斯特山地 NDVI 的垂直分布特征

于竹筱<sup>1,2</sup>,张红旗<sup>1</sup>,许尔琪<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所地表格局与模拟重点实验室,北京 100101;

2. 中国科学院大学,北京 100049)

**摘 要:**黔桂喀斯特山地地形复杂,植被覆盖度垂直特征分异显著,以往研究多从气候因子响应方面探讨其垂直分布差异,而研究区人地矛盾尖锐,人类活动对植被分布有重要的影响。文章以黔桂喀斯特山地为例,利用 2010 年 MODIS13Q1 NDVI 数据表征植被覆盖度,结合高程、坡度和坡向等地形特征,不同土地利用类型的分布情况,叠置分析研究区的 NDVI 垂直分布特征。结果表明:黔桂喀斯特山地以林地、耕地和草地为主,不同土地利用类型随海拔、坡度和坡向的变化呈现不同的分布特征。研究区 NDVI 平均值为 0.59,其中林地 NDVI 最大,达到 0.63,草地为 0.58,耕地最小为 0.54。空间分布上,贵州境内 NDVI 值大部分为 0.5~0.6,广西境内自西北向东南 NDVI 值由 0.8 逐渐降低至 0.4,以 0.6~0.7 为主。NDVI 在垂直梯度上分布特征显著,与植被垂直地带性分布以及不同地类的垂直分布特征有密切关系。海拔分布上,NDVI 在海拔小于 200 m 区间最小,400~600 m 的区间最大;北部贵州整体海拔较高,但植被覆盖度较低;南部广西海拔较低,但植被覆盖度较高。坡度分布上,在坡度小于 35°范围,随坡度增大,耕地、水域、建设用地面积迅速减少,林草地面积逐步增加,使得 NDVI 随坡度增大逐渐增大。坡向分布上,NDVI 不随坡向变化呈现明显变化,仅偏东坡向稍大于偏西坡向。研究表明应根据海拔和坡度等地形特征,并考虑土地利用情况,因地制宜进行生态建设。

**关键词:**NDVI,垂直分布,土地利用,黔桂喀斯特山地

中图分类号:Q948

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2018)03-0361-10

### 0 引 言

植被覆盖度作为衡量地表植被状况的一个重要指标<sup>[1]</sup>,其随地形特征而变化,对于区域环境变化和监测研究具有重要意义<sup>[2]</sup>。喀斯特地区地貌复杂多样,地形破碎<sup>[3]</sup>,影响着太阳辐射和降水的空间再分配。不同喀斯特地区土壤质地、水分和养分的差异造成植被生境的高度异质性,对植被变化产生重要影响<sup>[4]</sup>。高程、坡度和坡向是衡量地形分异的 3 个主要属性特征,也是决定植被生境其他要素分异(如土壤、小气候和水文等)的主导因子<sup>[5]</sup>。

相关研究表明,归一化植被指数(NDVI)在一定

程度上能够代表区域植被覆盖度大小,常用来检测植被生长状态<sup>[6]</sup>。利用 NDVI 数据,结合 DEM 数据,可有效获取某一地形梯度下,水热组合环境变化对植物生长的影响<sup>[8-14]</sup>。Walsh 等通过对 Nang Rong 地区多尺度相关分析研究,证明不同尺度下海拔、坡向等地形因子与 NDVI 的相关性是不同的<sup>[12]</sup>。金远亮等以西藏当雄县高寒草地为研究对象,在坡面以及全县尺度上分析 NDVI 的海拔格局,表明海拔是影响当雄县 NDVI 空间分布的重要地形因子<sup>[13]</sup>。在我国喀斯特山地,地理环境特征使得细微地形差异显著,对植被变化产生重要影响<sup>[14]</sup>,同时,土地利用等人类活动也影响着地表植被覆盖的分布。以往研究多从

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41601095);国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2015CB452702)

第一作者简介:于竹筱(1993-),女,博士研究生,主要从事土地利用变化研究。E-mail:yuzx.16b@igsnr.ac.cn。

通信作者:许尔琪(1986-),男,博士,副研究员,主要从事土地利用及空间格局、生态环境应用研究。E-mail:xueq@igsnr.ac.cn。

收稿日期:2017-01-02

NDVI 与气候因子响应方面考虑<sup>[11, 13]</sup>, 较少探讨人类活动如土地利用特征的影响。鉴于此, 本文以黔桂喀斯特山地 2010 年 NDVI 数据和 DEM 数据为基础, 分析植被覆盖直分布(海拔、坡度、坡向)特征, 并结合土地利用数据, 研究植被覆盖垂直变化规律。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区概况

黔桂喀斯特山地范围确定主要参考中国国家自然地图集<sup>[15]</sup>中华南喀斯特地形图及亚洲喀斯特地形

分布图。行政区划主要包括贵州省的中南部和广西省的中西部, 面积约为 21.41 万 km<sup>2</sup>(图 1)。海拔从西北向东南逐渐降低, 范围为 0~2 848m, 地势以中小起伏的山地类型为主, 地形从中山丘陵逐步过渡到低山盆地, 地貌类型从贵州高原的峰丛地貌, 逐渐过渡到广西丘陵平原的峰林地貌。气候为亚热带季风气候, 温暖湿润, 雨热同期, 立体气候呈多样性。植被类型以亚热带落叶林、阔叶林和混交林为主, 并有部分热带雨林和高山植被类型。经济基础相对薄弱, 综合实力不强<sup>[16]</sup>, 同一喀斯特地区, 高度的景观异质性导致地区经济的发展不平衡<sup>[17]</sup>。

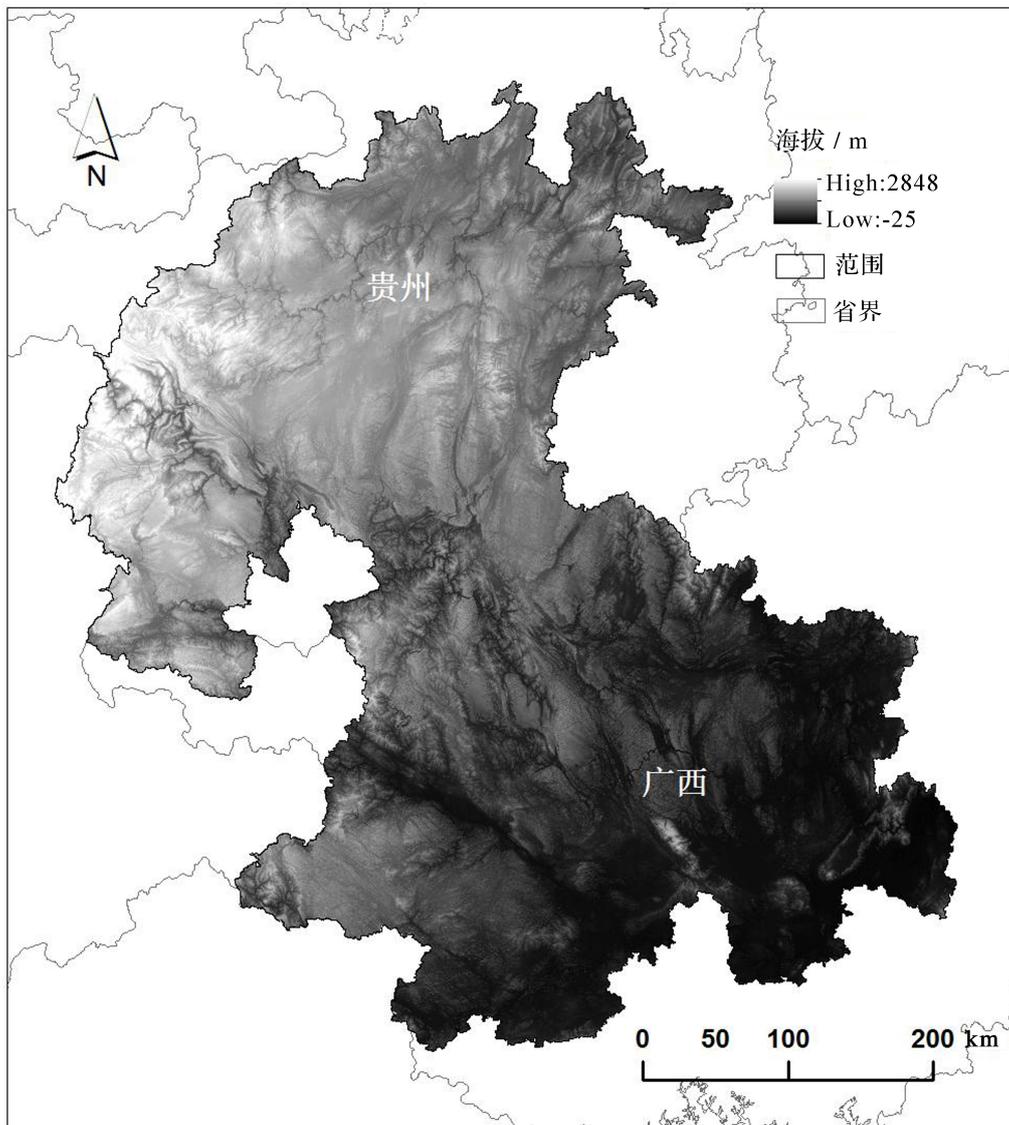


图 1 典型黔桂喀斯特山地位置和分布范围

Fig. 1 Location and scope of typical karst regions in Guizhou and Guangxi

## 1.2 数据源及数据预处理

黔桂喀斯特山地 2010 年 NDVI 数据来自 2010 年 MOD13Q1 产品,覆盖研究区需要两景影像,11 月份影像有云遮蔽,故用 2009 年 11 月份影像替代。利用 MRT 工具进行两景影像拼接,并以 WGS-84 坐标系、Albers Equation Area 投影方式进行投影变换。每月 NDVI 数据通过国际通用最大月合成法(MVC)获得<sup>[18]</sup>,该方法可进一步消除云、大气、太阳高度角等的部分干扰<sup>[19]</sup>。将上述 12 个月的 NDVI 影像图,用全年平均法得到一幅全年影像,按研究区进行裁剪,最终得到黔桂喀斯特山地 2010 年 30mNDVI 数据,采集平均 NDVI 值。

2010 年数字高程模型 DEM 数据为 30 m 的 GDEM 数据,来自地理空间数据云 <http://www.gscloud.cn/>;采用 ArcGIS 地形分析工具 3D Analyst,得到研究区海拔、坡度和坡向分布图。2010 年土地利用矢量数据来自中国科学院资源环境科学数据中心,分辨率为 30 m,包括耕地、林地、草地、水域、城乡工矿及居民用地和未利用地 6 个一级类。该数据为矢量数据格式,一级土地利用分类综合评价精度达到 94.3%以上,满足 1:10 万比例尺用户制图精度。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 地形分级标准

海拔共分为 10 个等级,以 200 m 为一个等级,依次递增,包括 0~200 m,200~400 m,400~600 m,600~800 m,800~1 000 m,1 000~1 200 m,1 200~1 400 m,1 400~1 600 m,1 600~1 800 m 和 1 800 m 以上等共 10 个等级。坡度按照水利部提出的坡度分级标准,分别是 0~5°,5°~8°,8°~15°,15°~25°,25~35°以及 35°以上等 6 个等级。依据其他学者划分方法<sup>[20-21]</sup>,将坡向共分为 9 个等级,以东为 0°,顺时针递增,分别为平地(-1°~0°)、北坡(0~22.5°和 337.5°~360°)、东北坡(22.5°~67.5°)、东坡(67.5°~112.5°)、东南坡(112.5°~157.5°)、南坡(157.5°~202.5°)、西南坡(202.5°~247.5°)、西坡(247.5°~292.5°)和西北坡(292.5°~337.5°),其中,0~45°、315°~360°属于阴坡,45°~135°属于半

阳坡,135°~225°属于阳坡,225°~315°属于半阴坡。

### 1.3.2 叠置分析方法

应用 ArcGIS 的空间叠置分析功能,将黔桂喀斯特山地 2010 年 NDVI 数据分别与海拔、坡度和坡向分级图叠加,得到不同地形因子等级的 NDVI 分布情况,并基于不同的土地利用类型对 NDVI 的分布特征进行探讨。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用组成与垂直分布

根据 2010 年土地利用图(图 2)和土地利用面积统计结果(表 1),黔桂喀斯特山地的主体土地利用类型为林地,达 1 218.94 万  $\text{hm}^2$ ,占 56.92%;耕地面积次之,达 559.17 万  $\text{hm}^2$ ,占 26.11%;草地面积排名第三,达 313.31 万  $\text{hm}^2$ ,占 14.63%;建设用地和水域面积较小,分别占 1.36%和 0.99%;未利用地面积很小,可以忽略不计。

耕地在广西境内呈现集中连片分布,贵州境内则以零星分布为主。从黔桂喀斯特山地整体来看,耕地都多沿河流平坦地带分布;林地各个区县的分布都较为广泛,仅在黔西南州和六盘水境内的分布比重较低;草地在贵州中西部地区连片分布,而其余地区的分布较为零散。耕地、林地、草地三种土地利用类型植被覆盖度较高,且垂直特征显著,构成了黔桂喀斯特山地的主要植被覆盖类型。

由图 3、4、5 可知,不同土地利用类型随海拔、坡度和坡向的变化呈现不同的分布特征。在海拔方面,耕地、水域和建设用地在低海拔面积比例较大,而林地和草地各海拔等级皆有分布。在坡度方面,耕地、水域和建设用地主要分布在平坦区域,而陡坡地区主要被林地和草地所占据。在坡向方面,耕地和水域在不同坡向分布差异较大,耕地在东南坡分布面积大,水域在半阳坡分布面积大;林地、草地、建设用地在不同坡向分布差异较小,其中林地在阴坡分布面积稍大,草地在半阳坡分布面积稍小,建设用地在阳坡分布面积稍大。

表 1 黔桂喀斯特山地 2010 年土地利用面积及比例

Table 1 Area and proportion of land use of karst regions in Guizhou and Guangxi in 2010

	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
数量 / 万 $\text{hm}^2$	559.17	1218.94	313.31	20.46	29.23	0.22
比例 / %	26.11	56.92	14.63	0.96	1.36	0.01

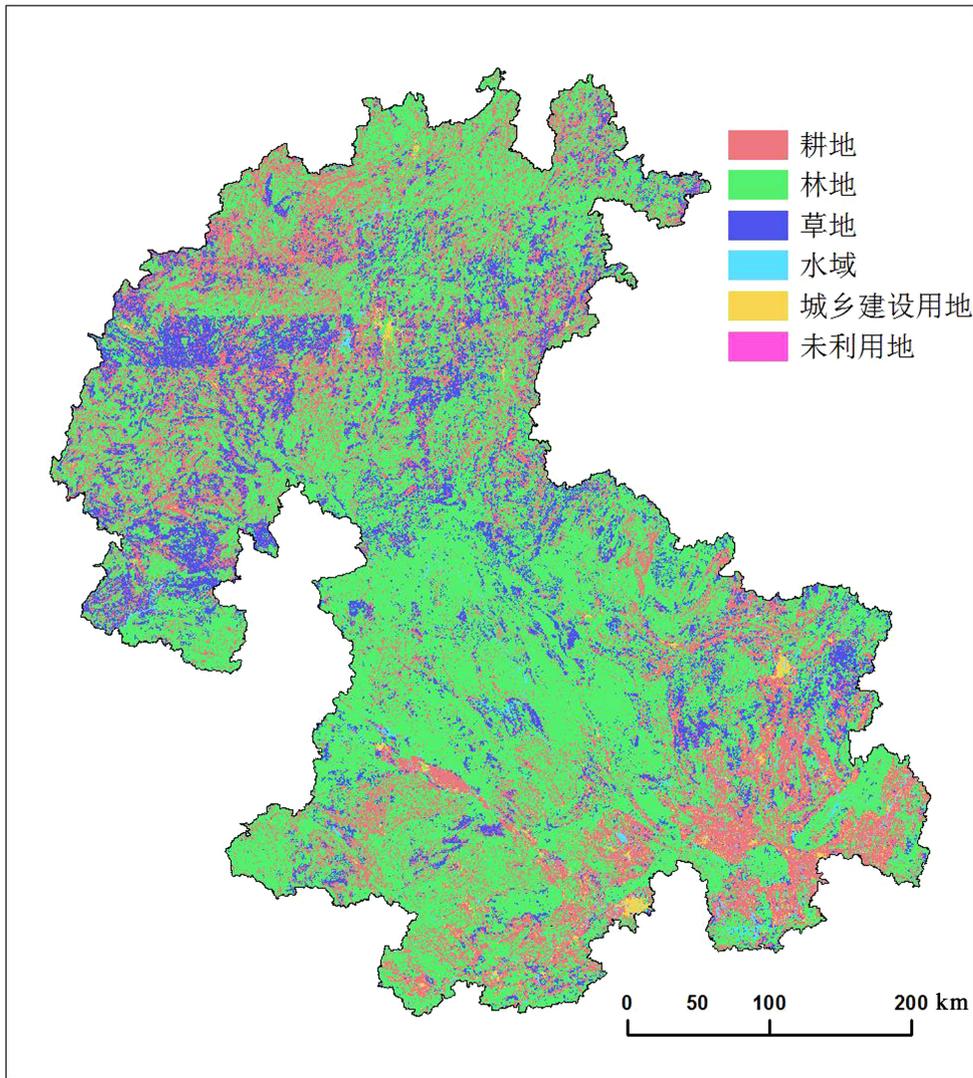


图 2 黔桂喀斯特山地 2010 年土地利用图

Fig. 2 Land use map of karst regions in Guizhou and Guangxi in 2010

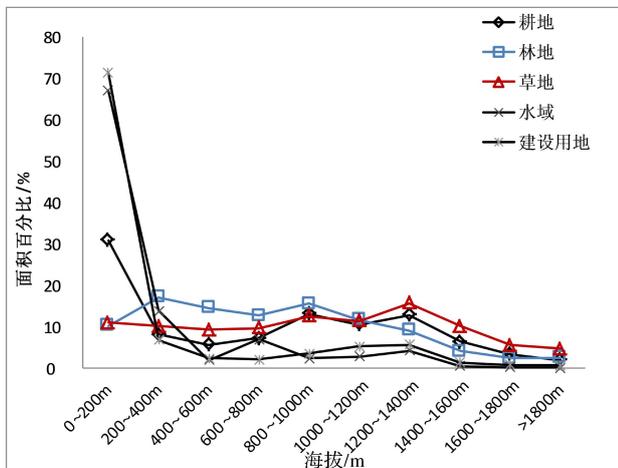


图 3 黔桂喀斯特山地土地利用海拔分布

Fig. 3 Distribution of land use of karst regions in different elevation classes of Guizhou and Guangxi

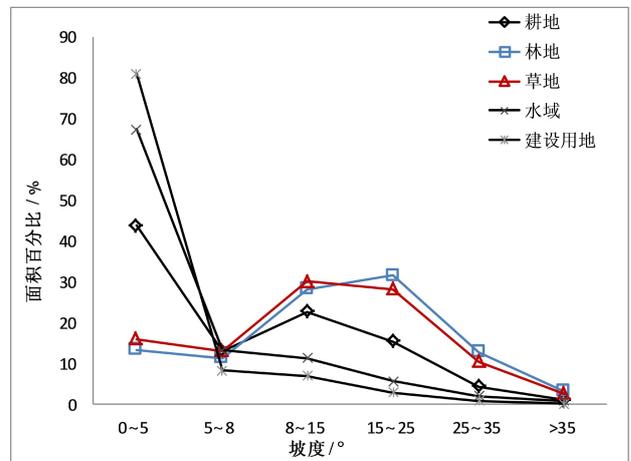


图 4 黔桂喀斯特山地土地利用坡度分布

Fig. 4 Distribution of land use of karst region in different slope classes of Guizhou and Guangxi

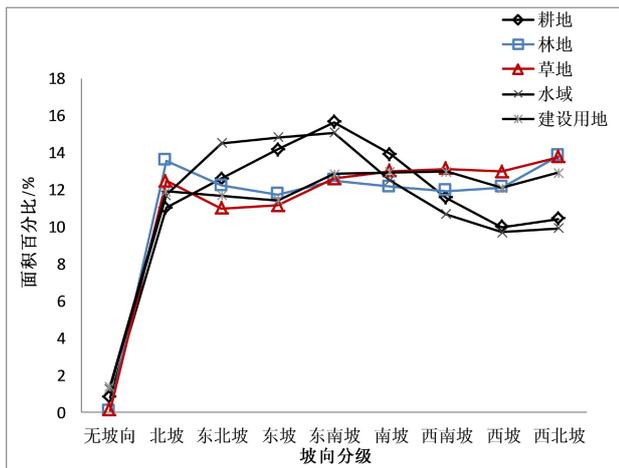


图 5 黔桂喀斯特山地土地利用坡向分布

Fig. 5 Distribution of land use of karst regions in different aspect classes of Guizhou and Guangxi

## 2.2 NDVI 数值与空间分布特征

### 2.2.1 NDVI 总体数值与空间分布特征

黔桂喀斯特山地 NDVI 平均值为 0.59, 主要分布在 0.5~0.7 之间, 占整个区域面积的 77.91% (表

2)。空间分布上, 黔桂喀斯特山地植被覆盖茂密, 空间分异明显 (图 6)。贵州境内 NDVI 主要在 0.4~0.7 之间, 大部分为 0.5~0.6; 广西境内自西北向东南 NDVI 由 0.8 逐渐降低至 0.4, 大部分为 0.6~0.7。

表 2 黔桂喀斯特山地 2010 年 NDVI 分级面积及比例

Table 2 Area and proportion of NDVI of karst regions in 2010 in Guizhou and Guangxi

NDVI 等级	面积/万 hm <sup>2</sup>	比例/%
<0	0.08	0.00
0~0.1	0.75	0.04
0.1~0.2	2.69	0.13
0.2~0.3	9.99	0.47
0.3~0.4	23.77	1.11
0.4~0.5	226.98	10.60
0.5~0.6	826.47	38.60
0.6~0.7	841.57	39.31
0.7~0.8	204.01	9.53
0.8~0.9	4.80	0.22

注: 研究区 NDVI 平均值为 0.59

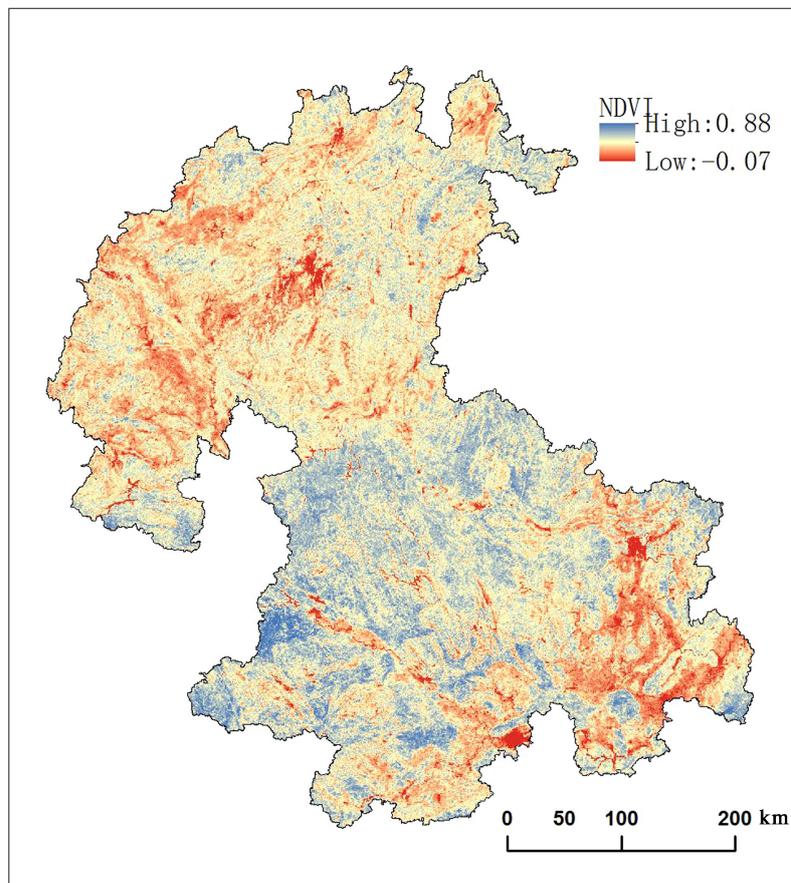


图 6 黔桂喀斯特山地 2010 年 NDVI 空间分布

Fig. 6 Distribution of NDVI of karst regions in 2010 in Guizhou and Guangxi

### 2.2.2 NDVI 在不同土地利用类型的数值与空间分布

数值上来看,不同土地利用类型的植被覆盖度有

一定的差异(表 3、表 4 和表 5),NDVI 值林地最大,为 0.63,草地为 0.58,耕地最小为 0.54。空间分布上,三种土地利用类型 NDVI 空间分布特征明显(图 7)。

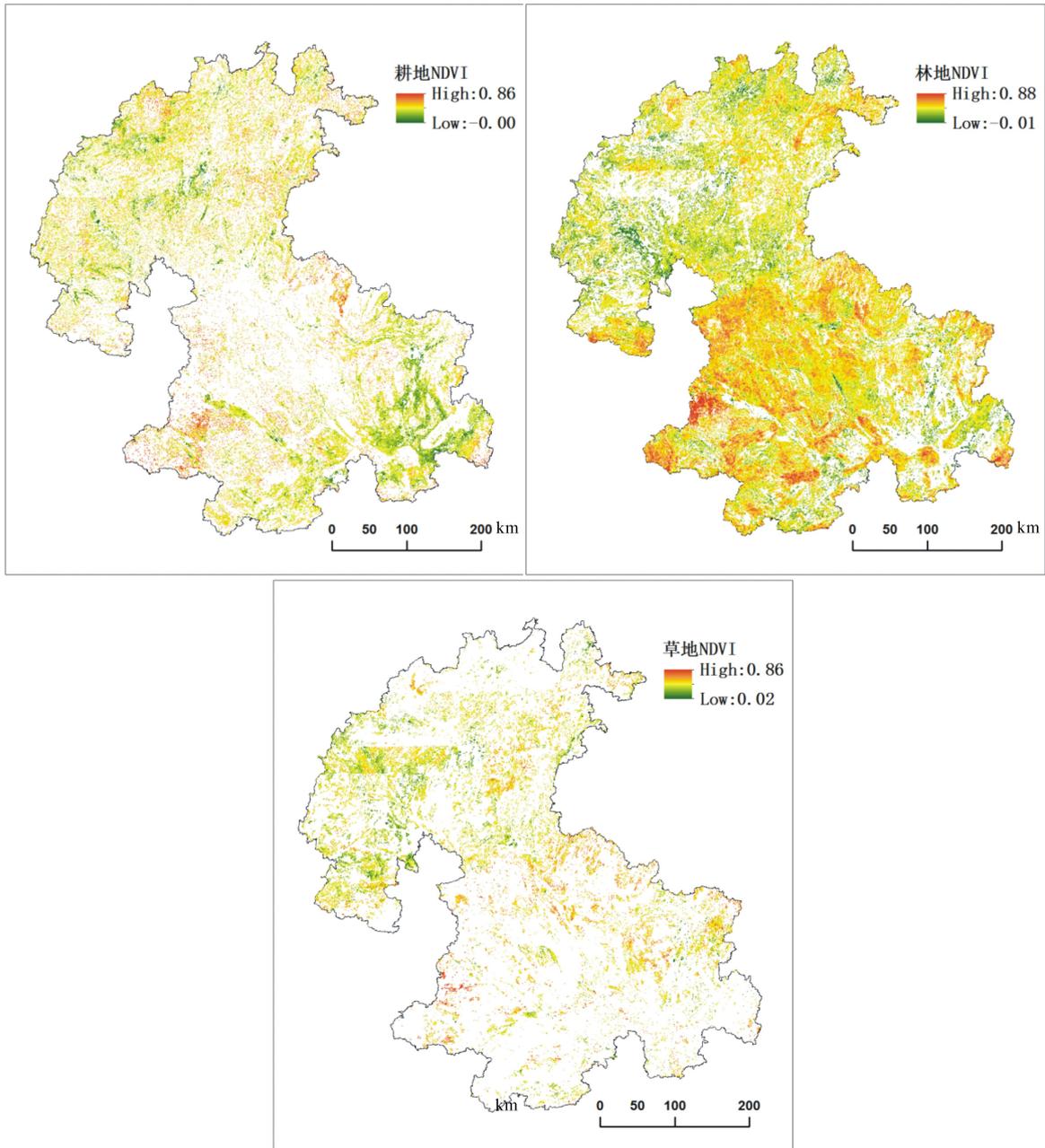


图 7 黔桂喀斯特山地耕地、林地和草地 NDVI 空间分布

Fig. 7 Distribution of NDVI of arable land, forests and grassland of karst regions in Guizhou and Guangxi

耕地 NDVI 值在广西东部和南部的低山盆地以及贵州大多为平均水平,低 NDVI 值耕地分布在广西东南部以及贵州中部零星地区。约 80% 的耕地 NDVI 值低于 0.6,其中,约 55% 的耕地 NDVI 值在 0.5~0.6 之间,另有约 25% 的耕地 NDVI 值小于

0.5。此外,约有 20% 的耕地覆盖度较高,NDVI 值大于 0.6,生长良好。

中低山区域林地植被覆盖度高,高山及丘陵盆地林地植被覆盖度低,其中,以有林地、灌木林为主的高中植被覆盖度林地多出现在广西境内,以疏林地为主

的低植被覆盖度林地多出现在贵州境内。约 67% 的林地 NDVI 值大于 0.6, 其中, 51.58% 的林地 NDVI 值在 0.6~0.7 之间, 另有约 15% 的林地 NDVI 值大于 0.7, 生长茂盛。此外, 约有 33% 的林地 NDVI 值小于 0.6, 多为疏林地。

表 3 黔桂喀斯特山地耕地 NDVI 分级面积及比例

Table 3 Area and proportion of NDVI of arable land of karst regions in Guizhou and Guangxi

耕地 NDVI 等级	面积/万 hm <sup>2</sup>	比例/%
<0	0.00	0.00
0~0.1	0.02	0.00
0.1~0.2	0.28	0.05
0.2~0.3	1.76	0.31
0.3~0.4	9.28	1.66
0.4~0.5	128.99	23.07
0.5~0.6	307.44	54.98
0.6~0.7	104.12	18.62
0.7~0.8	7.22	1.29
0.8~0.9	0.05	0.01

表 4 黔桂喀斯特山地林地 NDVI 分级面积及比例

Table 4 Area and proportion of NDVI of forests of karst regions in Guizhou and Guangxi

林地 NDVI 等级	面积/万 hm <sup>2</sup>	比例/%
<0	0.00	0.00
0~0.1	0.01	0.00
0.1~0.2	0.13	0.01
0.2~0.3	0.78	0.06
0.3~0.4	3.44	0.28
0.4~0.5	45.59	3.74
0.5~0.6	350.69	28.77
0.6~0.7	628.72	51.58
0.7~0.8	185.08	15.18
0.8~0.9	4.50	0.37

贵州岩溶区水热条件好, 适合草本植物的生长, 由于传统粗放经营式占据主导地位, 故大多为中低 NDVI 值草地, 即以荒草地为主的中、低覆盖度草地

占比大。而以天然草地、人工草地以及改良草地为主的高覆盖度草地多分布在广西境内的山地、丘陵地带。约 62% 的草地 NDVI 值低于 0.6, 其中, 接近 50% 的草地 NDVI 值在 0.5~0.6 之间, 另有约 12% 的草地 NDVI 值小于 0.5。此外, 约有 38% 的草地覆盖度较高, NDVI 值大于 0.6。

表 5 黔桂喀斯特山地草地 NDVI 分级面积及比例

Table 5 Area and proportion of NDVI of grassland of karst regions in Guizhou and Guangxi

草地 NDVI 等级	面积/万 hm <sup>2</sup>	比例/%
<0	0.00	0.00
0~0.1	0.01	0.00
0.1~0.2	0.11	0.04
0.2~0.3	0.57	0.18
0.3~0.4	2.54	0.81
0.4~0.5	36.74	11.73
0.5~0.6	154.98	49.47
0.6~0.7	106.47	33.98
0.7~0.8	11.64	3.72
0.8~0.9	0.25	0.08

## 2.3 NDVI 的垂直分布特征

NDVI 在垂直梯度分布特征与植被和不同地类的垂直分布特征密切相关。NDVI 随海拔、坡度、坡向变化的分布情况分别如图 8 所示。在不同海拔范围、坡度范围内, NDVI 值差异较大; 在不同坡向范围 NDVI 值则波动较小。

### 2.3.1 NDVI 随海拔变化的分布特征

NDVI 的最小值出现在海拔小于 200 m 的范围时, 为 0.54; 之后, 随海拔增大, NDVI 迅速增大, 于 400~600 m 范围达最大值, NDVI 为 0.63; 高于 600 m 后, 随海拔增大, NDVI 缓慢降低, 于 1 200~1 400 m 范围降低到第二个波谷, NDVI 为 0.57。海拔高于 1 400 m 以后, 随海拔增大, NDVI 缓慢上升至 0.59。黔桂喀斯特山地 NDVI 海拔分布与植被垂直地带性分布以及不同地类的垂直分布特征有密切关系, 具体如下。

海拔小于 200 m 的区域, 主要以农田为主, 占 47%, 建设用地和水域也主要分布在该区间, 故植被

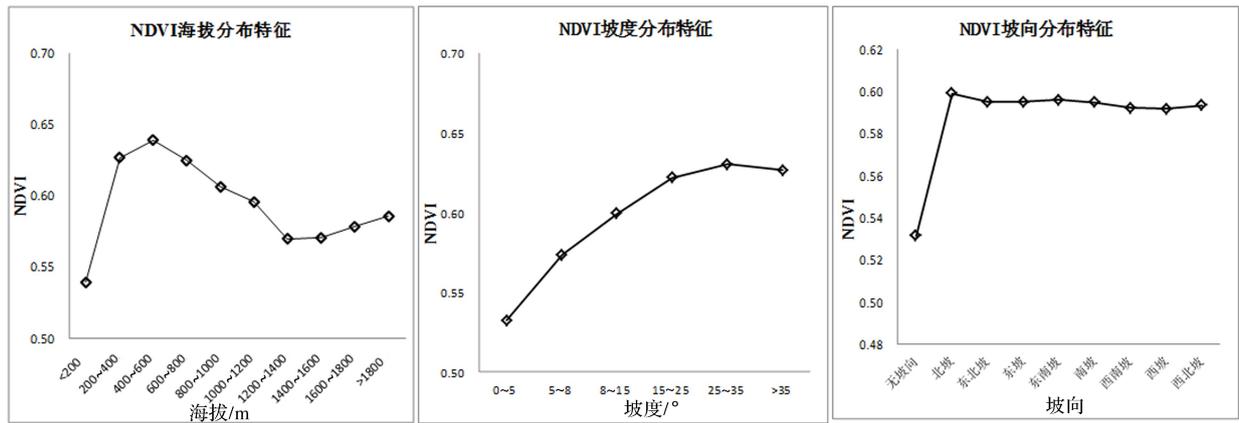


图 8 黔桂喀斯特山地 NDVI 海拔、坡度、坡向分布特征

Fig. 8 Distribution of NDVI of karst regions in Guizhou and Guangxi in different elevation, slope and aspect classes

覆盖度较低, NDVI 值较低。在 200~600 m, 耕地、水域、建设用地面积迅速减少, 其中在 200~400 m 和 400~600 m 两个范围内, 林地面积占 72% 和 74%, 绝大部分位于广西境内, 主要为阔叶林和季节性雨林, 郁闭度较高, 故 NDVI 值增大。600~1 400 m 海拔区域, 广西境内植被覆盖面积降低, 季雨林大幅减少, 阔叶林、针叶林有所增加, 海拔 1 400 m 时植被面积基本为零; 贵州境内植被面积从 800 m 开始逐渐增大, 但植被覆盖度较低。除此之外, 水域、耕地和建设用地在该范围内比重有所增加, 也造成海拔高于 600 m 时 NDVI 的降低。海拔高于 1 400 m 以后, 随海拔增大, 耕地、水域、建设用地面积都迅速降低接近 0, 林草地比重增加, NDVI 有所增加。

### 2.3.2 NDVI 随坡度变化的分布特征

NDVI 的最小值出现在坡度小于 5° 范围, 为 0.53。坡度大于 5° 后, 随坡度增大, NDVI 逐渐增大, 于 25°~35° 范围达到最大值 0.63, 坡度大于 35° 范围 NDVI 略有降低。

在坡度小于 5° 范围, 耕地、水域、建设用地面积之和占该坡度等级面积达 57%, 因此该范围 NDVI 很低。5°~35° 坡度范围内, 耕地、水域、建设用地面积迅速降低, 与此同时, 草地面积增大到占坡度等级面积 15% 左右并维持在这一水平, 林地面积则逐渐增大, 占坡度等级面积超过一半, 并于 25°~35° 范围达到 73%, 因此在 5°~35° 范围 NDVI 呈增加趋势。广西境内植被覆盖度高于贵州境内植被覆盖度, 是高

覆盖度植被的主要贡献区。坡度大于 35° 地区面积较小, 仅有 50.7 万 hm<sup>2</sup>, 占整个黔桂喀斯特山地面积仅 2%, 大部分位于广西境内, 植被覆盖度仅稍有降低, 仍维持在较高水平。

### 2.3.3 NDVI 随坡向变化的分布特征

NDVI 除无坡向等级较低为 0.53 外, 其余 8 个坡向均在 0.59~0.60 之间, 波动很小, 无明显差异, 北坡、东北坡、东坡、东南坡稍大为 0.60, 南坡、西南坡、西坡、西北坡稍小为 0.59。

坡向不同, 太阳辐射强度不同, 使地表蒸散量及干湿状况不同, 植被、土壤水分等不同, 因此 NDVI 有一定差异<sup>[22]</sup>。黔桂喀斯特山地不同坡向 NDVI 基本相同, 偏西坡向稍小, 耕地、林地、草地坡向分布特征类似。偏西坡向的太阳辐射相对较强, 气温较高, 蒸发量大, 土壤湿度比较小; 偏东坡向的太阳辐射相对较弱, 气温较低, 蒸发量小, 土壤湿度比较大, 因此偏西坡向植被覆盖度小于偏东坡向。说明在黔桂喀斯特山地环境条件下, 坡向对植被覆盖影响很小, 偏西坡向植被覆盖度仅稍小于偏东坡向植被覆盖度。

## 3 结论与讨论

本文以黔桂喀斯特山地为例, 结合高程、坡度和坡向等地形特征, 考虑不同土地利用类型的分布情况, 叠置分析 NDVI 垂直分布特征。结果表明:

- (1) 研究区林地面积最大, 比重超过一半; 耕地、

草地、建设用地和水域面积分列二到五位;未利用地面积仅为 0.01%。耕地、林地、草地三种土地利用类型植被覆盖度较高,且垂直特征显著,构成了黔桂喀斯特山地的主要植被覆盖类型。

(2)NDVI 平均值为 0.59。其中林地 NDVI 最大,为 0.63;草地居中,为 0.58;耕地最小,为 0.54。在广西东部和南部的低山盆地耕地以及贵州的耕地大多为中等覆盖度,低覆盖度耕地分布在广西东南部以及贵州中部零星地区;林地在广西境内林地覆盖度高,贵州境内覆盖度低;草地在贵州境内连片分布但覆盖度低,在广西境内分布分散但覆盖度较高。

(3)NDVI 呈现较为明显的垂直分布特征,NDVI 的大小随海拔和坡度的变化明显,不随坡向变化呈现明显变化。NDVI 的垂直分布与植被垂直地带性分布以及不同地类的垂直分布特征有密切关系。NDVI 在海拔小于 200 m 和小于 5°的区间最低,该区间植被覆盖主要为农田、建设用地和水域,植被覆盖低;随海拔和坡度的增大,土地利用比例组成发生明显变化,当林草地比重增加时,NDVI 增大,林草地比重减少时,NDVI 则变小。

喀斯特山地地形破碎,垂直梯度上自然环境和土地利用方式差异较大,本文通过分析上述因素导致的 NDVI 垂直分布特征,能为当地生态建设提供一定指导,但现有的 NDVI 尺度无法满足地形破碎程度的需要,导致同一像元内存在有不同的土地利用方式和植被覆盖条件,今后应进一步细化研究尺度。

## 参考文献

- [1] 马志勇,沈涛,张军海,等. 基于植被覆盖度的植被变化分析[J]. 测绘通报, 2007(3):45-48.
- [2] Yu Z Z, Zhu J G, Qian Y L. Analysis on terrain effects to vegetation coverage by quantitative remote sensing[J]. Advanced Materials Research, 2012, 518-523:5673-5677.
- [3] 杨汉奎主编. 喀斯特环境质量变异[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1994, 32-33.
- [4] 童晓伟,王克林,岳跃民,等. 桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应[J]. 生态学报, 2014, 34(12):3425-3434.
- [5] 李晓印. 基于 GIS 的植被空间格局研究:以在陕西省耀县的实验为例[D]. 西安: 西北大学, 2004:24-30.
- [6] Rouse J W, Haas R H, Schell J A, et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS[C]. Proceedings of Third ERTS Symposium. Washington DC: NASA, 1973:309-317.
- [7] Zhan Z Z, Liu H B, Li H M, et al. The relationship between NDVI and terrain factors--A Case study of Chongqing[J]. Procedia Environmental Sciences, 2012, 12(Part B):765-771.
- [8] 邓煜霖,塔西甫拉提·特依拜,姜红涛,等. 艾比湖流域 NDVI 垂直梯度变化特征[J]. 中国沙漠, 2015, 35(2):508-513.
- [9] 朱焯,方秀琴. 青藏高原植被覆盖度与地形相关性分析[J]. 地理空间信息, 2015, 13(6):135-137+15.
- [10] 申彦科. 重庆缙云山植被覆盖度变化及空间格局研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010:34-38.
- [11] 金晓媚,万力,胡光成. 黑河上游山区植被的空间分布特征及其影响因素[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(6):140-144.
- [12] Walsh S J, Crawford T W, Welsh W F, et al. A multi-scale analysis of LULC and NDVI variation in Nang Rong district, northeast Thailand[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2001, 85(1):47-64.
- [13] 金远亮,王忠,张林. 西藏当雄县高寒草地 NDVI 的海拔分异特征及其指示[J]. 自然资源学报, 2015, 30(6):929-937.
- [14] 喻素芳,余光辉,罗叶红,等. 基于 MODIS-NDVI 数据广西植被覆盖变化特征分析[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(2):321-325.
- [15] 廖克,国家地图集编纂委员会,中国科学院地理研究所. 中华人民共和国国家自然地图集[CM]. 北京: 中国地图出版社, 1999.
- [16] 吕拉昌主编. 中国地理[M]. 北京: 科学出版社, 2013:480.
- [17] 宋同清主编. 西南喀斯特植物与环境[M]. 北京: 科学出版社, 2015:59-80.
- [18] Tucker C J, Pinzon J E, Brown M E, et al. An extended AVHRR 8 - km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(20):4485-4498.
- [19] Holben B N. Characteristics of maximum-value composite images for temporal AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1986, 7(11):1417-1434.
- [20] 章皖秋,李先华,罗庆州,等. 基于 RS、GIS 的天目山自然保护区植被空间分布规律研究[J]. 生态学杂志, 2003, 22(6):21-27.
- [21] 贺敬滢,张桐艳,李光录,等. 基于 DEM 的土地利用与地形因子关系研究:以商州区张地沟小流域为例[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(2):206-212.
- [22] 朱林富,杨华. 基于 MODIS 数据的重庆 NDVI 时空分异研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2015, 32(2):38-43+2.

## Vertical distribution of NDVI in typical karst regions of Guizhou and Guangxi

YU Zhuxiao<sup>1,2</sup>, ZHANG Hongqi<sup>1</sup>, XU Erqi<sup>1</sup>

(1. *Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

*2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)*

**Abstract** Karst regions in Guizhou and Guangxi are characterized by complex topography and highly variable vegetation coverage. Previous studies commonly focused on the vertical distribution of NDVI from the perspective of the response of climatic factors. Because of the sharp contradiction between human and land, human activities have an important impact on vegetation distribution. This paper uses MODIS13Q1 NDVI data of the year 2010 to characterize vegetation coverage in the karst regions. Based on previous analysis, this paper takes elevation, slope, slope aspect as well as different land uses into account to calculate the NDVI vertical distribution characteristics. Results show that the main land use types in the karst regions include forests, arable land and grassland, and different land use types show different distribution characteristics along with the differences in elevation, slope and slope aspect. The mean value of NDVI is 0.59, among which the NDVIs of forests, grassland and arable land are 0.63, 0.58 and 0.54, respectively. In spatial distribution, the majority of NDVI values in Guizhou vary from 0.5 to 0.6, while those in Guangxi drop from 0.8 to 0.4 from the northwest to the southeast dominated by the range of 0.6–0.7. The distribution feature of NDVI on the vertical gradient is notable, closely related to the vertical zoning of vegetation and the vertical distribution characteristics of different land use types. Altitudinally, NDVI value is the smallest at an altitude of less than 200m, but reaches its largest at 400–600m; at the same time the altitude of Guizhou is higher but the vegetation coverage is lower, and Guangxi has a lower altitude but higher vegetation coverage. In respect of slope gradient, where the slope is less than 35 degree, the arable land, water area and construction land decrease rapidly, but the areas of forests and grassland increase gradually and the NDVI increases accordingly. As for the slope aspect, NDVI is basically the same on slopes with different facing directions, with values on the eastward slopes slightly greater than the westward slopes. These features show that the ecological construction should be carried out according to the terrain characteristics such as elevation and slope as well as the land use types.

**Key words** NDVI, vertical distribution, land use, typical karst region

(编辑 张玲)