

## 2000—2016年甘肃祁连山自然保护区土地覆被时空变化分析

宋伟宏, 程慧波\* (甘肃省环境监测中心站, 甘肃兰州 730000)

**摘要** 利用 102 景 Landsat TM/ETM+/OLI 遥感影像和美国航天局 NASA 数据共享网数据作为甘肃祁连山自然保护区的基础研究数据, 对祁连山自然保护区土地覆被、植被覆盖指数(EVI)的时空变化进行分析。结果表明, 整个保护区生态系统组成以草地为主, 占总面积的 52.9%; 其次是荒漠、森林、农田、冰川积雪、湿地。森林主要以落叶阔叶灌丛为主, 主要分布在实验区, 面积占该类林地总面积的 44.4%; 温性草原主要分布在实验区, 占该类草地面积的 55.0%, 分布在外围保护地带的占 36.0%, 分布在核心区的最少。近 16 年来主要生态系统整体处于稳定状态, 2000—2005 年自然保护区整体变化趋势是森林和草地生态系统及冰川积雪面积减少, 农田、湿地、荒漠和人工生态系统面积增加; 2005—2010 年, 森林、农田、湿地、荒漠生态系统和冰川积雪面积净减少, 草地和人工生态系统面积净增加; 2010—2016 年, 草地、农田和荒漠生态系统面积净减少, 森林、湿地、人工生态系统和冰川积雪面积是净增加。祁连山自然保护区年 EVI 总体上呈现片状分布特征, 且存在一定的空间分布差异。EVI 高值即植被覆盖指数高区域主要分布在自然保护区的东南区域, 西北区域 EVI 值普遍较低, 年植被覆盖度变化与生长季植被覆盖度变化基本一致。

**关键词** 祁连山; 自然保护区; 土地覆被; 时空变化; 植被覆盖指数(EVI)

**中图分类号** X 83 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)30-0080-06

## Temporal and Spatial Variation of Land Cover in Gansu Qilian Mountains Nature Reserve from 2000 to 2016

SONG Wei-hong, CHENG Hui-bo (Gansu Province Environmental Monitoring Center, Lanzhou, Gansu 730000)

**Abstract** Using 102 Landsat TM/ETM+/OLI remote sensing images and NASA's NASA data sharing network data as the basic research data of Gansu Qilian Mountains nature reserve, the temporal and spatial changes of land cover and EVI in the Qilian Mountains nature reserve are analyzed. The results showed that the ecological system of the whole protected area was mainly composed of grassland, accounting for 52.9% of the total area, followed by desert, forest, farmland, Glacial Snow and wetland. The main forest was deciduous broad-leaved shrubs, mainly distributed in the experimentation area. The area accounts for 44.4% of the total area of this kind of woodland. The temperature grassland mainly distributes in the experimentation area, accounting for 55.0% of the area of this kind of grassland, 36.0% in the peripheral protection zone, and the least in the core area. In the last 16 years, the main ecosystems were in a stable state. During 2000-2005, the overall change trend of natural reserves was the decrease in the area of forest and grassland ecosystems and Glacial Snow, and the increase in the area of farmland, wetlands, deserts and artificial ecosystems. During 2005-2010, forests, agricultural fields, wetlands, desert ecosystems and glaciers; net snow cover decreased and grassland and artificial ecosystem area increased. During 2010-2016, the area of grassland, farmland and desert ecosystem decreased, while forest, wetland, artificial ecosystem and glacier snow area increased. The annual EVI of Qilian Mountains nature reserve showed a plate-like distribution in general, and there was a certain spatial distribution difference. The high value of EVI, that was, the high area of vegetation cover index was mainly distributed in the southeast region of the natural reserve, and the EVI value in the northwest region was generally low. The change of vegetation coverage in the year was basically the same as the vegetation coverage in the growing season.

**Key words** Qilian Mountains; Nature reserve; Land cover; Temporal and spatial variation; Vegetation coverage index (EVI)

土地利用/覆盖变化是全球环境变化研究的前沿和热点问题<sup>[1-3]</sup>。随着土地利用/覆被变化研究的深入, 政府、基层组织和居民对生态环境变化的响应成为研究热点<sup>[4-6]</sup>。由于对生态环境变化的响应关系着区域的可持续发展能力, 在一些脆弱区域, 当基层组织和居民对生态环境有着消极响应的时候, 政府的积极响应对于区域的可持续发展尤为重要<sup>[7-10]</sup>。甘肃祁连山国家级自然保护区地处青藏、蒙新、黄土三大高原交汇地带的祁连山北麓, 属森林生态系统类型的自然保护区。祁连山是青海、甘肃两省的天然分界线, 分布有丰富的冰川、雪山、森林、草地和湿地资源, 是我国高原生态安全屏障的重要组成部分, 保障着全国, 特别是西北地区的生态安全, 在维护整个河西陆地生态系统平衡以及保障河西地区经济社会和谐发展起着决定性的作用<sup>[11-13]</sup>。近年来, 受自然因素和人为因素的影响, 祁连山地区冰川、雪线不断退缩, 天然林草植被不断退化, 水源涵养功能呈现萎缩, 荒漠化日趋扩大, 生物多样性遭到威胁。开展祁连山自然保护区生态环境监测对保护祁连山生态环境具有重要的意义。

## 1 资料与方法

**1.1 研究区概况** 甘肃祁连山国家级自然保护区位于祁连山北坡中、东段, 地理位置位于 97°25'~103°46'E、36°43'~39°36'N, 南沿祁连山主脉与青海省接壤, 西至肃南县界与肃北蒙古族自治县相邻, 东至天祝县界与永登县相连, 北至祁连山森林分布下线与河西走廊相邻。祁连山国家级自然保护区属大陆性高寒半湿润山地气候, 表现为冬季长而寒冷干燥, 夏季短而温凉湿润, 全年降水量主要集中在 5—9 月, 该区由浅山地带向深山地带气温递减、雨量递增, 高山寒冷而阴湿, 浅山地带热而干燥。随着山区海拔的升高, 各气候要素发生有规律自下而上的变化, 呈明显的山地垂直气候带, 自下而上为浅山荒漠草原气候带、浅山干草原气候带、中山森林草原气候带、亚高山灌丛草甸气候带、高山冰雪植被气候带。

## 1.2 数据与方法

**1.2.1 数据来源与处理。** 为建立 2000—2016 年甘肃省祁连山自然保护区时空数据库, 从 USGS 网站下载了 102 景 Landsat TM/ETM+/OLI 遥感影像, 作为甘肃祁连山自然保护区的基础研究数据。EVI 数据来源美国航天局 NASA 数据共享网 (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/>)。通过植被指数算法获得, 该算法基于质量、云和观测几何滤波器进

**基金项目** 陇原青年创新创业人才项目(2017121)。

**作者简介** 宋伟宏(1968—), 男, 河南商丘人, 从事环境监测管理、生态环境监测研究。\* 通讯作者, 高级工程师, 博士, 从事生态环境监测研究。

**收稿日期** 2018-09-10

行数据滤波,只有高质量的、无云的滤波数据被用来进行合成,合成的目的是选择最佳的观测数据,这种方法能保证植被指数值的时空一致性。

植被覆盖度是基于植被指数利用像元二分法模型计算的,计算公式为:

$$FVC = (EVI - EVI_{soil}) / (EVI_{veg} - EVI_{soil}) \quad (1)$$

其中,  $EVI_{soil}$  为完全是裸土或无植被覆盖区域的 EVI 值,  $EVI_{veg}$  则代表完全被植被所覆盖的像元的 EVI 值,即纯植被像元的 EVI 值。

**1.2.2 研究方法。**采用决策树分析方法,通过采用人工与自动相结合的方式,对于光谱划分机理清楚的类型采用人工建树方法,对于类型的光谱变化比较大、规律不清楚的类型采用自动方法(最邻近方法),并且通过地面核查提高土地覆盖分类精度。考虑到土地覆被人工目视解译自身存在的误差影像,为科学评判土地覆被变化状况,采用以下公式提取土地覆被面积变化状态:

$$C_i = \begin{cases} \text{增加} & \Delta S > 0, \Delta S > \Delta E \\ \text{减少} & \Delta S < 0, \Delta S > \Delta E \\ \text{稳定} & \Delta S \leq \Delta E \end{cases}$$

$$\Delta S = S_j - S_i$$

$$\Delta E = \frac{(P_j + P_i) \times H_c}{2}$$

式中,  $\Delta S$  为两期地物类型面积的插值,  $i$  和  $j$  均为年份;  $\Delta E$  为两期地物类型矢量化数据误差;  $P_i$  和  $P_j$  分别为  $i$  和  $j$  时刻地物类型多边形的周长;  $H_c$  为遥感影像像元的一半,取值为 15 m。

## 2 结果与分析

**2.1 祁连山自然保护区土地利用/覆盖** 以 2016 年度覆盖全甘肃省祁连山国家级自然保护区的 Landsat8 OLI 影像为主要数据源,通过室内解译并结合野外核查,得出 2016 年度甘肃省祁连山国家级自然保护区土地利用/土地覆盖状况(图 1)。祁连山独特的自然条件和人为活动的影响,决定了各生态系统的构成及面积相差较大,如表 1 所示。2016 年整个保护区生态系统组成以草地为主,占总面积的 52.9%;其次是荒漠,占 22.4%;森林与荒漠接近,占 21.9%;农田占 1.2%,冰川积雪占 1.1%,湿地占 0.3%;人工生态系统最小,仅占 0.2%。

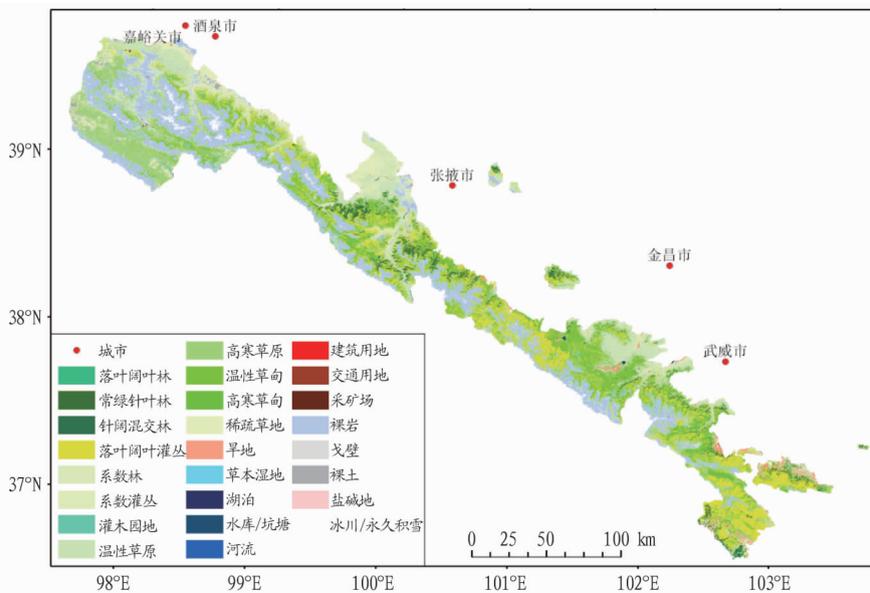


图 1 2016 年祁连山国家级自然保护区土地覆被现状

Fig.1 Status of land cover in Qilian Mountain National Nature Reserve in 2016

从图 2 可看出,森林主要以落叶阔叶灌丛为主,面积 473 933.6  $hm^2$ ,占森林面积的 80.6%。落叶阔叶灌丛主要分布在实验区,面积占该类林地总面积的 44.4%;其次分布在核心区,占 26.2%;分布在外围保护地带的面积最少,仅占 8.5%。常绿阔叶林面积 104 733.4  $hm^2$ ,占森林面积的 17.8%。常绿阔叶林主要分布在实验区,占该类林地面积的 64.7%;缓冲区占 20.6%,外围保护地带最小,仅占 1.2%。其他林地面积很小,主要零星分布在自然保护区的实验区、外围保护地带。

从图 3 可看出,草地构成中没有占主导地位的类型。温性草原最多,面积 386 154.0  $hm^2$ ,也仅占草地总面积的

20.2%;温性草原主要分布在实验区,占该类草地面积的 55.0%,分布在外围保护地带的占 36.0%,分布在核心区的最少,仅占 4.1%。高寒草原面积 351 879.9  $hm^2$ ,主要分布在外围保护地带,占该类草地面积的 37.7%,分布在实验区的占 22.1%,分布在核心区的占 20.5%,分布在缓冲区的占 19.7%。温性草甸面积 286 814.3  $hm^2$ ,主要分布在实验区,占该类草地面积的 51.6%;分布在外围保护地带的占 22.5%,分布在缓冲区的占 14.3%,分布在核心区的占 11.6%。高寒草甸面积 73 735.5  $hm^2$ ,主要分布在实验区,占该类草地面积的 48.3%;分布在核心区的占 24.5%,分布在缓冲区的占 18.0%;分布在外围保护地带的最少,仅占 9.2%。稀疏草地面积

318 725.2 hm<sup>2</sup>,主要分布在外围保护地带,占该类草地面积的 10.0%;分布在缓冲区的最少,占 7.9%。分布在实验区的占 28.2%,分布在核心区的占

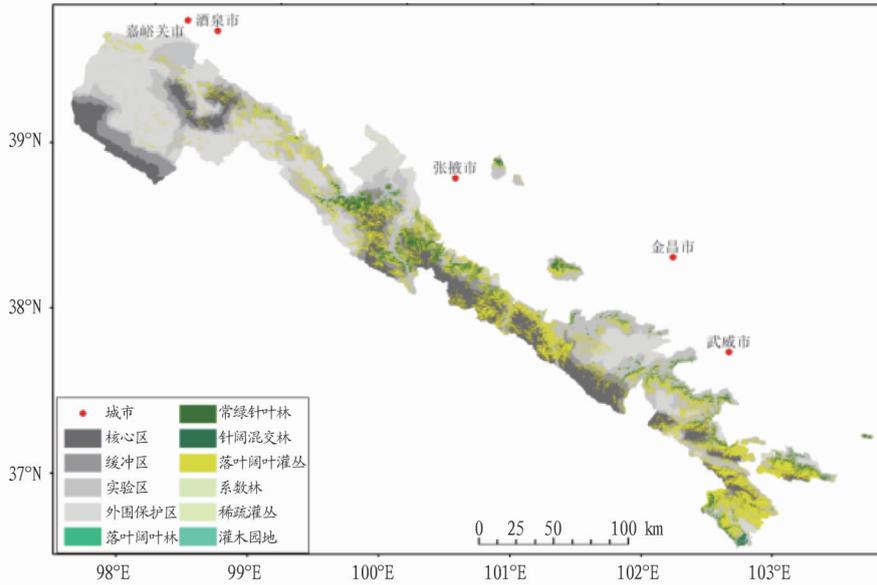


图2 2016年祁连山国家级自然保护区森林覆被现状

Fig.2 Status of forest cover in Qilian Mountain National Nature Reserve in 2016

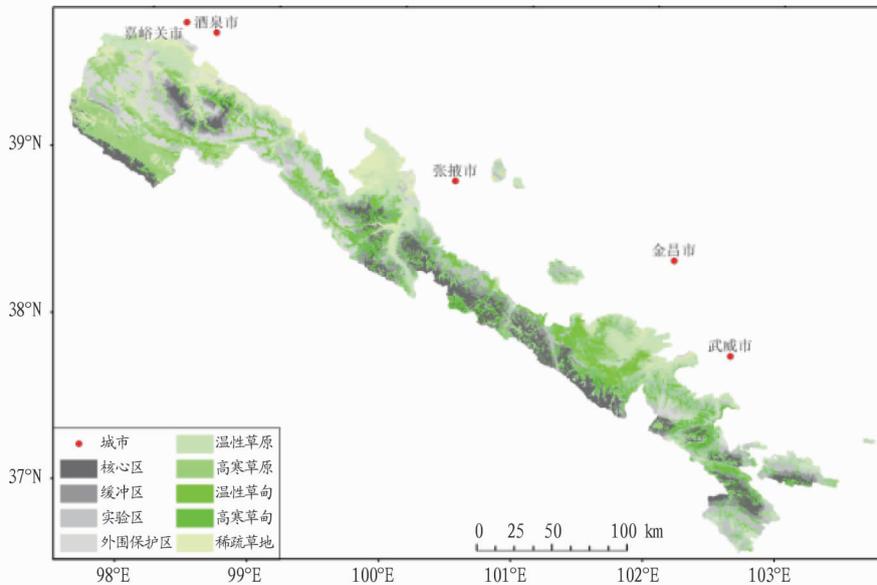


图3 2016年祁连山国家级自然保护区草地覆被现状

Fig.3 Status of grassland cover in Qilian Mountain National Nature Reserve in 2016

人工生态系统主要是指由人为集中活动区域而强烈改变了地表自然状态的有人为活动的区域。祁连山自然保护区人工生态系统主要是建设用地,面积 1 943.4 hm<sup>2</sup>,分布在外围保护地带的建设用地占该类总面积的 54.8%,实验区的占 43.7%,缓冲区的占 1.3%,核心区的占 0.2%。交通用地面积 377.4 hm<sup>2</sup>,其中分布在实验区的占 53.5%,在外围保护地带的占40.4%,缓冲区的占 6.1%,核心区没有明显的交通用地。采矿场面积 583.0 hm<sup>2</sup>,分布在外围保护地带的占 73.0%,在实验区的占 27.0%。祁连山自然保护区土地覆被面积如表 1 所示。

**2.2 祁连山保护区土地覆被变化** 近 16 年来祁连山国家级自然保护区主要生态系统整体处于稳定状态,草地生态系统

是外围保护地带由于祁连山国家级自然保护区地处山区、人为大规模活动干扰少,其中 2000—2005 年变化幅度相对于大于后面 2 个时期(表 2)。2000—2005 年自然保护区整体变化趋势是森林和草地生态系统及冰川积雪面积减少,农田、湿地、荒漠和人工生态系统面积增加(表 3)。

2000—2005 年森林生态系统面积净减少 475.9 hm<sup>2</sup>,减少的森林主要是高山灌丛变为草地,其次是变为裸地,其他减少变化量很小。草地净减少 839.1 hm<sup>2</sup>,主要是被开垦为耕地,其次是由于植被退化变为裸地,其他减少量很小。农田生态系统净增加 1 635.7 hm<sup>2</sup>,增加的耕地主要来源于草地开垦,其次是裸土地开发为耕地。湿地净增加 680.2 hm<sup>2</sup>,增加

的湿地主要来源于荒漠和草地生态系统。人工生态系统增加 163.1 hm<sup>2</sup>, 主要来源于荒漠和草地生态系统。荒漠生态系统增加 1 257.4 hm<sup>2</sup>, 其增减变化主要是高山裸岩与冰川积雪之间的相互转换。冰川积雪净减少 2 421.4 hm<sup>2</sup>, 其增减变化与荒漠生态系统相似。

相对于前 5 年, 祁连山国家级自然保护区在 2005—2010 年变化相对较小, 其中森林、农田、湿地、荒漠生态系统和冰川积雪面积净减少, 草地和人工生态系统面积净增加。各生态系统在此期间变化量小, 没有显著变化(表 4)。

2010—2016 年草地、农田和荒漠生态系统面积净减少, 森林、湿地、人工生态系统和冰川积雪面积净增加。在此期间除冰川积雪与高山裸岩之间相互转换的面积较大外, 其他类型生态系统变化的面积都较小(表 5)。

**2.3 祁连山保护区 EVI 变化** 甘肃省祁连山国家级自然保护区植被覆盖指数(EVI)空间分布如图 4 所示。红色-蓝色-紫色代表 EVI 植被指数由低往高逐步上升, 同色系中颜色越浅代表其值越高。祁连山国家级自然保护区年 EVI 总体上呈现片状分布特征, 且存在一定的空间分布差异。EVI 高值即植被覆盖指数高的区域主要分布在自然保护区的东南区域, 西北区域 EVI 值普遍较低。每年 EVI 植被指数分布大体一致, 说明甘肃省祁连山国家级自然保护区 EVI 空间变化差异不大。

根据 EVI, 计算得出祁连山自然保护区植被覆盖度。2000—2016 年植被覆盖度变化中, 2004 年植被覆盖度最低, 为 25.98%。整体上植被覆盖度有上升的态势特征。年植被覆盖度变化与生长季植被覆盖度变化基本一致。祁连山外围保护地带植被覆盖度在祁连山自然保护区的核心区最低, 如图 5 所示。

表 1 2016 年祁连山国家级自然保护区土地覆被面积及比例

Table 1 Area and proportion of land cover of Qilian Mountain National Nature Reserve in 2016

生态系统 Ecosystem	土地覆被类型 Land cover type	面积 Area//hm <sup>2</sup>	比例 Proportion//%	
森林 Forest	落叶阔叶林	139.9	0	
	常绿针叶林	1 047 334.0	17.8	
	针阔混交林	4 045.8	0.7	
	落叶阔叶灌丛	473 933.6	80.6	
	稀疏林	25.1	0	
	稀疏灌丛	4 860.5	0.8	
	灌木园地	162.9	0	
	合计	587 901.2	100	
	草地 Grassland	温性草原	386 154.0	27.2
		高寒草原	351 879.9	24.8
温性草甸		286 814.3	20.2	
高寒草甸		73 735.5	5.2	
稀疏草地		318 725.2	22.5	
合计		1 417 308.9	100	
农田 Farmland	旱地	32 700.4	100	
湿地 Wetland	草本湿地	6 578.0	71.3	
	湖泊	579.7	6.3	
	水库/坑塘	1 257.0	13.6	
	河流	808.6	8.8	
	合计	9 223.3	100	
	人工 Artificial	建设用地	1 943.4	66.9
交通用地		377.4	13.0	
采矿场		583.0	20.1	
合计		2 903.8	100	
荒漠 Desert		裸岩	562 803.9	93.6
	戈壁	2 442.0	0.4	
	裸土	35 932.2	6.0	
	盐碱地	7.0	0	
	合计	601 185.1	100	
冰川积雪 Glacier and snow		29 437.4	100	

表 2 祁连山国家级自然保护区土地覆被面积

Table 2 Land covered area of Qilian Mountain National Nature Reserve

类型 Type	2000 年	2005 年	2010 年	2016 年	差值 Difference		
					2000—2005 年	2005—2010 年	2010—2016 年
森林 Forest	588 226.9	587 751.0	587 746.3	587 902.2	-475.9	-4.7	155.9
草地 Grassland	1 418 106.8	1 417 267.7	1 417 387.0	1 417 308.7	-839.1	119.3	-78.3
农田 Farmland	31 261.4	32 897.1	32 847.5	32 700.4	1 635.7	-49.6	-147.1
湿地 Wetland	8 597.5	9 277.7	9 187.2	9 223.4	680.2	-90.5	36.2
人工 Artificial	2 590.9	2 754.0	2 860.2	2 903.8	163.1	106.2	43.6
荒漠 Desert	600 183.0	601 440.4	601 435.4	601 184.4	1 257.4	-5.0	-251.0
冰川积雪 Glacier and snow	31 693.8	29 272.4	29 196.6	29 437.4	-2 421.4	-75.8	240.8

表 3 2000—2005 年生态系统变化转换矩阵

Table 3 Ecosystem change transformation matrix during 2000—2005

类型 Type	森林 Forest	草地 Grassland	农田 Farmland	湿地 Wetland	人工 Artificial	荒漠 Desert	冰川积雪 Glacier and snow	2000 年
森林 Forest	587 637.3	370.9	17.0	7.7	0.9	193.1		588 226.9
草地 Grassland	91.9	1 415 025.4	1 556.8	198.1	19.3	1215.4		1 418 106.9
农田 Farmland	1.4	231.5	30 866.6	51.9	106.3	3.7		31 261.4
湿地 Wetland	0.8	48.8		8 539.0	0.3	8.6		8 597.4
人工 Artificial					2 590.9			2 590.9
荒漠 Desert	19.6	1 591.1	456.6	481.0	36.4	595 341.5	2 256.6	600 183.0
冰川积雪 Glacier and snow						4 678.1	27 015.8	31 693.8
2005 年	587 751.0	1 417 267.7	32 897.1	9 277.7	2 754.0	601 440.4	29 272.4	2 680 660.2

表4 2005—2010年生态系统变化转换矩阵

Table 4 Ecosystem change transformation matrix during 2005—2010

hm<sup>2</sup>

类型 Type	森林 Forest	草地 Grassland	农田 Farmland	湿地 Wetland	人工 Artificial	荒漠 Desert	冰川积雪 Glacier and snow	2005年
森林 Forest	587 736.0	2.1		1.0	7.1	4.9		587 751.0
草地 Grassland	0.3	1 417 186.0	1.1	19.7	53.8	6.7		1 417 267.7
农田 Farmland	6.0	88.1	32 755.7	0.1	45.2	1.9		32 897.1
湿地 Wetland	4.0	95.0	8.1	9 149.1	0.1	21.4		9 277.7
人工 Artificial					2 754.0			2 754.0
荒漠 Desert		15.8	82.6	17.4		601 324.7		601 440.4
冰川积雪 Glacier and snow						75.8	29 196.6	29 272.4
2010年	587 746.3	1 417 387.0	32 847.5	9 187.2	2 860.2	601 435.4	29 196.6	2 680 660.2

表5 2010—2016年生态系统变化转换矩阵

Table 5 Ecosystem change transformation matrix during 2010—2016

hm<sup>2</sup>

类型 Type	森林 Forest	草地 Grassland	农田 Farmland	湿地 Wetland	人工 Artificial	荒漠 Desert	冰川积雪 Glacier and snow	2010年
森林 Forest	587 746.3							587 746.3
草地 Grassland		1 417 288.3	25.6	37.6	35.4			1 417 387.0
农田 Farmland	155.9	2.2	32 674.8	6.5	8.1			32 847.5
湿地 Wetland		18.2		9 139.8		29.2		9 187.2
人工 Artificial					2 860.2			2 860.2
荒漠 Desert				39.4		600 533.4	862.6	601 435.4
冰川积雪 Glacier and snow						621.8	28 574.8	29 196.6
2016年	587 902.2	1 417 308.7	32 700.4	9 223.3	2 903.8	601 184.4	29 437.4	2 680 660.2

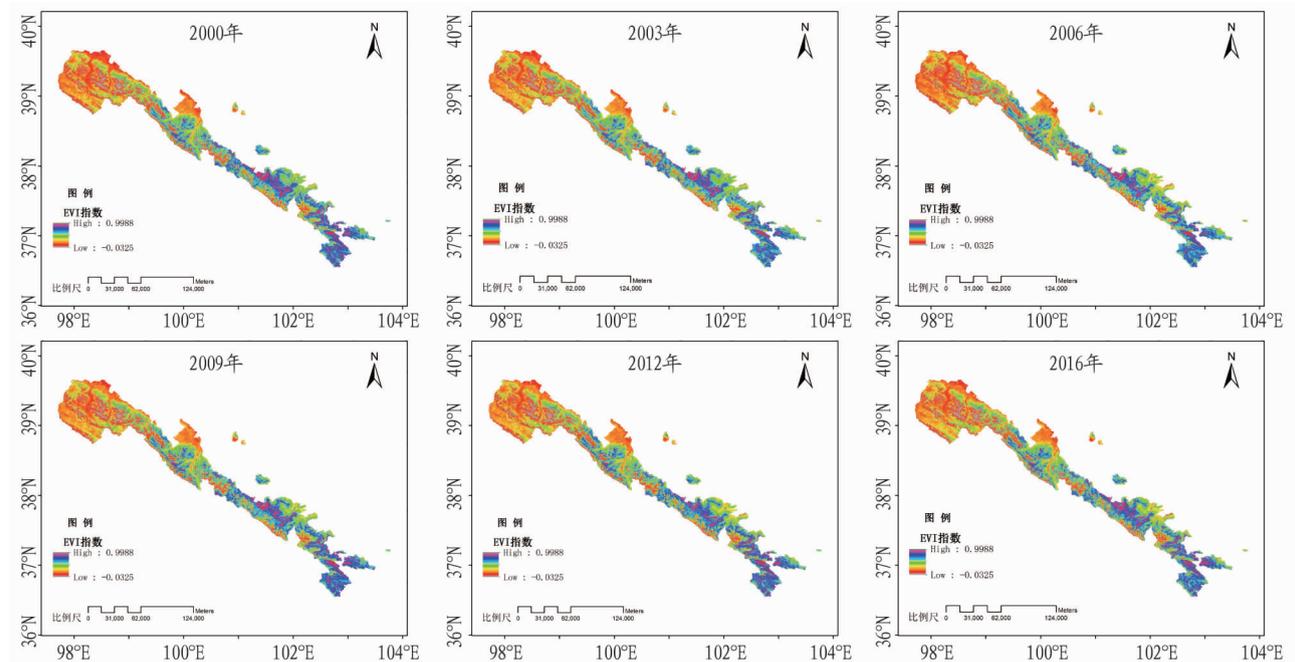


图4 2000—2016年祁连山自然保护区 EVI 空间分布

Fig.4 EVI spatial distribution of Qilian Mountain Nature Reserve from 2000 to 2016

### 3 结论

(1) 祁连山独特的自然条件和人为活动的影响,决定了各土地覆被的构成及面积相差较大。2016年整个保护区生态系统组成以草地为主,占总面积的52.9%;其次是荒漠,占22.4%,森林占21.9%;农田占1.2%,冰川积雪占1.1%,湿地占0.3%;人工生态系统最小,仅占0.2%。

(2) 森林主要以落叶阔叶灌丛为主,面积473 933.6 hm<sup>2</sup>,占森林面积的80.6%;落叶阔叶灌丛主要分布在实验区,面

积占该类林地总面积的44.4%;其次分布在核心区,占26.2%;分布在外围保护地带的面积最少,仅占8.5%。温性草原最多,面积386 154.0 hm<sup>2</sup>,也仅占草地总面积的20.2%。

(3) 近16年来祁连山国家级自然保护区主要生态系统整体处于稳定状态,2000—2005年自然保护区整体变化趋势是森林和草地生态系统及冰川积雪面积减少,农田、湿地、荒漠和人工生态系统面积增加。2005—2010年,森林、农田、湿地、荒漠生态系统和冰川积雪面积净减少,草地和人工生态

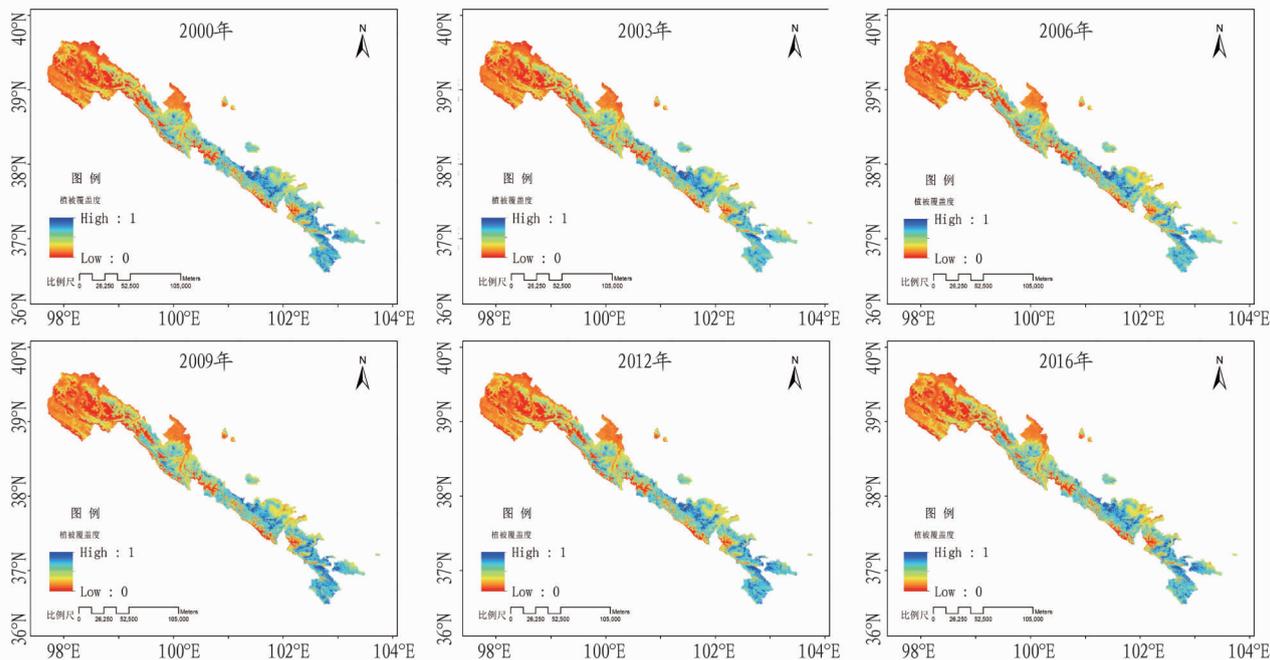


图5 2000—2016年祁连山自然保护区植被覆盖度空间分布

Fig.5 Spatial distribution of vegetation coverage in Qilian Mountain Nature Reserve from 2000 to 2016

系统面积净增加。2010—2016年,草地、农田和荒漠生态系统面积净减少,森林、湿地、人工生态系统和冰川积雪面积是净增加。

(4)祁连山自然保护区年EVI总体上呈现片状分布特征,且存在一定的空间分布差异。EVI高值即植被覆盖指数高的区域主要分布在自然保护区的东南区域,西北区域EVI值普遍较低。每年EVI植被指数分布大体一致。2000—2016年植被覆盖度变化中,2004年植被覆盖度最低,为25.98%。整体上植被覆盖度有上升的态势特征。年植被覆盖度变化与生长季植被覆盖度变化基本一致。

#### 参考文献

[1] TURNER II B L, ROSS R H, SKOLE D L. Relating land use and global land cover change [R]. 1993:65-66.  
 [2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558.  
 [3] 史培军, 潘耀忠, 陈晋. 深圳市土地利用/覆盖变化与生态环境安全分析[J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 293-299.

[4] LAMBIN E F, BAULIES X, BOCKSTAEL N, et al. Land-use and land-cover change (LUCC), implementation strategy [R]. Stockholm: IGBP, 1999.  
 [5] MORAN E, OJIMA D, BUCHMANN N. Global land project: Science plan and implementation strategy [R]. Stockholm: IGBP, 2005.  
 [6] BROGAARD S, ZHAO X Y. Rural reforms and changes in land management and attitudes: A case study from inner Mongolia, China [J]. Ambio, 2002, 31(3): 219-225.  
 [7] 雷光斌, 李爱农, 边金虎, 等. 基于阈值法的山区森林常绿、落叶特征遥感自动识别方法: 以贡嘎山地区为例[J]. 生态学报, 2014, 34(24): 7210-7221.  
 [8] 吴云, 曾源, 吴炳方, 等. 基于MODIS数据的三北防护林工程区植被覆盖度提取与分析[J]. 生态学杂志, 2009, 28(9): 1712-1718.  
 [9] 宋翔, 颜长珍. 基于知识库的像元光谱向量相似度土地覆盖变化检测方法[J]. 生态学报, 2014, 34(24): 7175-7180.  
 [10] 张磊, 吴炳方, 李晓松, 等. 基于收支的中国土地覆被分类系统[J]. 生态学报, 2014, 34(24): 7158-7166.  
 [11] 张远东, 张笑鹤, 刘世荣. 西南地区不同植被类型归一化植被指数与气候因子的相关分析[J]. 应用生态学报, 2011, 22(2): 323-330.  
 [12] 欧阳志云, 徐卫华, 王学志, 等. 汶川大地震对生态系统的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 5801-5809.  
 [13] 郭砾, 杜世宏, 薛达元, 蔡亮. 长江源区土地覆盖变化与草地退化格局的时空分异[J]. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1219-1225.

#### 名词解释

引用半衰期: 指该期刊引用的全部参考文献中, 较新一半是在多长一段时间内发表的。通过这个指标可以反映出作者利用文献的新颖度。

平均引文数: 指来源期刊每一篇论文平均引用的参考文献数。

平均作者数: 指来源期刊每一篇论文平均拥有的作者数, 是衡量该期刊科学生产能力的一个指标。

地区分布数: 指来源期刊登载论文所涉及的地区数, 按全国31个省区市计(不包括港澳台)。这是衡量期刊论文覆盖面和全国影响力大小的一个指标。

机构分布数: 指来源期刊论文的作者所涉及的机构数。这是衡量期刊科学生产能力的另一个指标。

海外论文比: 指来源期刊中, 海外作者发表论文占全部论文的比例。这是衡量期刊国际交流程度的一个指标。

基金论文比: 指来源期刊中, 各类基金资助的论文占全部论文的比例。这是衡量期刊论文学术质量的重要指标。

引用半衰期: 指该期刊引用的全部参考文献中, 较新一半是在多长一段时间内发表的。通过这个指标可以反映出作者利用文献的新颖度。