

基于第一和第二次全国土地调查数据的我国土地利用变化特征分析

瞿如一, 童绍玉*, 唐静波, 彭海英 (云南财经大学国土资源与持续发展研究所, 云南昆明 650221)

摘要 [目的]了解1996—2009年我国各省土地利用变化情况,掌握各类用地的变动趋势,为各地土地利用规划和土地开发、保护提供科学依据。[方法]基于2次全国土地调查数据,对全国31个省的土地利用动态度和土地利用结构信息熵的时空变化进行了分析。[结果]我国的土地利用变化与各地区自然资源特征和经济发展程度密切相关,其中,耕地、水域及水利设施用地整体“西增东减”,林地、草地则整体由东向西增量逐渐增加,园地向西部和南部增加、黄渤海地区缩减,城镇村及工矿用地由东部沿海向内陆地区增加量逐渐减少,交通运输用地南北激增,其他土地则由东向西减少量逐渐增加,且经济发展较快地区各类用地的变化率都相对较大,同时,耕地、园地、林地、水域及水利设施用地的变化还与各地自然资源分布特征关系较大;土地利用结构信息熵的空间分布总体为熵值由东向西减少,且相较第一次全国土地调查,第二次全国土地调查时信息熵的变化总体表现为“东增西减”。[结论]我国土地利用结构有序度由西向东递减,且在这14年期间东部地区的土地利用系统有序度在进一步下降,土地利用结构趋于复杂,均衡度上升。

关键词 土地利用变化;土地利用类型动态度;土地垦殖率;土地利用结构信息熵
中图分类号 S29 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)21-0005-07

Analysis of Land Use Change Characteristics in China Based on the First and Second National Land Survey Data

QU Ru-yi, TONG Shao-yu, TANG Jing-bo et al (Institute of Land & Resources and Sustainable Development, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming, Yunnan 650221)

Abstract [Objective] The research aimed to understand the change of land use in the provinces of China from 1996 to 2009 and master the changing trend of land use to provide scientific basis for land use planning and land development and protection. [Method] This paper analyzed the temporal dynamics of land use type dynamics and land use structure information entropy in 31 provinces of China based on the two national land survey data. [Result] The land use change was closely related to the characteristics of natural resources and the degree of economic development in different regions. Among them, the cultivated land, water and water conservancy facilities land as a whole “West increase and East minus”, woodland and grassland as a whole from east to west increments gradually increased, the garden grew to the west and south, shrank in the Yellow Sea and Bohai Sea Region, urban villages and industrial and mining land from the eastern coast to the inland areas increased gradually, transportation land increased sharply in north to south area, while other lands decreased from east to west, moreover, the rate of land change was relatively large in areas with relatively fast economic development, at the same time, the changes of cultivated land, garden land, forest land, water area and water conservancy facilities were closely related to the distribution characteristics of natural resources. The spatial distribution of the information entropy of land use structure was generally manifested as the decrease of entropy from east to west, and compared to the first national land survey, the information entropy changes in the second national land survey showed “East increase and West decrease”, this shows that the order of land use structure in China is decreasing from west to east. [Conclusion] The order of land use system is decreasing further, the land use structure tends to be complex, and the equilibrium degree rises in the eastern region during these 14 years.

Key words Land use change; Dynamic degree of land use type; Land reclamation rate; Land use structure information entropy

土地利用/土地覆盖变化(Land use and land cover change, LUCC)是国际地圈生物圈计划(IGBP)与全球环境变化的人文因素计划(IHDP)的核心研究计划之一,是全球环境研究的热点和前沿问题^[1]。土地利用指人类有目的地开发利用土地资源的一切活动,土地覆盖则是地表自然形成或人为引起的覆盖状况^[2]。LUCC对人类生存与发展的自然基础具有重要影响,与全球气候变化、生物多样性减少、生态环境演变以及人类与环境之间相互作用的可持续性密切相关^[3]。在全球环境变化问题中,LUCC是自然与人文过程交叉最为密切的问题^[4]。

目前,我国土地利用变化研究主要集中在两类地区,一类是自然、人文驱动力较活跃地区,以经济较发达地区为主;另一类是在人类社会的发展过程中各种“脆弱区”频频出现的地区,我国学者对第二类地区的研究居多。近年来,我国学者在LUCC时空变化研究方面取得的进展主要包括:国土资源环境动态数据库的构建与研究^[5-7]、运用“3S”技术对土地利用/土地覆盖的时空变化研究^[5,7-9]、LUCC驱动力研

究^[6,10-11]、对LUCC的环境效应研究^[12-14]、对LUCC的模型模拟^[15-17]。对于第一、第二次全国土地利用调查(简称“一调”“二调”)数据的分析已有较多成果^[18-21]。自1978年改革开放以来,我国处于经济持续高速发展、人口压力剧增阶段,人类活动对环境的影响突出,我国的LUCC在深度、广度和速度上都呈剧增趋势,由此造成的影响也越来越深刻,因此,我国的LUCC研究对全球变化研究具有重要意义。笔者基于第一、第二次全国土地调查数据,分析2次全国土地调查之间的时段内,我国各省土地利用变化情况,掌握各类土地的变动趋势,对国家资源环境可持续发展具有重要的战略意义,可为今后各地土地利用科学规划、土地资源的合理开发利用及保护提供依据。

1 资料与方法

1.1 数据来源 “一调”研究数据主要来源于李元编写的《中国土地资源》^[18]，“二调”数据主要来源于国土资源部公报、各省国土资源厅公报、相关政府信息公开网站及报刊。由于“二调”数据在一定程度上的缺失,故采取了相关措施进行处理。其中,内蒙古的其他土地面积及海南的交通运输用地面积则分别用全国总面积减去其他各省面积之和求得。而内蒙古和海南的园地、林地、草地和水域及水利设施用地相关数据缺省,故不将其纳入分析。

作者简介 瞿如一(1992—),女,云南临沧人,硕士研究生,研究方向:土地资源与土地利用规划。* 通讯作者,教授,博士,硕士生导师,从事自然地理与土地利用管理研究。
收稿日期 2018-02-26

“二调”与“一调”相比,二者使用的技术及土地利用类型划分有一定差异,导致了2次调查结果的精度不一样。但该研究忽略这种差异。

1.2 研究方法 该研究基于我国2次全国土地调查的成果,通过对土地利用动态指数、垦殖率和土地利用结构信息熵等相关指标的测算,比较第一、第二次土地利用调查2个时间节点间各省(自治区、直辖市)土地利用的时空变化特征。

1.2.1 土地利用类型动态度。采用单一土地利用类型动态度对区域内单个地类面积变化情况进行分析。单一土地利用动态度指某研究区一定时间范围内某土地利用类型的数量变化情况,可定量描述区域一定时间范围内某种土地利用类型变化的速度^[22]。其公式为^[16]:

$$K_r = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\%$$
 (1)

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$
 (2)

式中, K 为某种土地利用类型动态度; U_a 、 U_b 分别表示该土地利用类型研究初期和研究末期的面积; T 为研究时段长度,若 T 的单位刻度设为年,则 K 的值即为研究区该种土地利用类型的年变化率, K_r 则为研究时段内该土地利用类型的动态度。

1.2.2 土地垦殖率。又称土地垦殖系数,即一定区域内耕地面积占土地总面积的比例,是反映土地资源利用程度和结构的重要指标。其计算公式为:土地垦殖率(土地垦殖系数)=耕地面积/土地总面积 $\times 100\%$ 。

1.2.3 土地利用结构信息熵。土地利用结构信息熵可综合反映某区域在一定时段内各种土地利用类型的动态变化及其转换程度,其对具体区域的土地利用结构调整具有一定指导意义^[23]。信息熵是不确定的量度,不确定性越大越无序,故信息熵也是无序性的一种量度,是土地利用系统演化的判据。土地利用信息熵越大,土地利用系统的有序程度愈低。具体公式如下^[24-25]。

(1)土地利用结构信息熵。设一个区域总面积为 A ,该区域的土地利用类型可分为 n 种,每种类型面积为 $A_i(i=1, 2, \cdots, n)$,则有:

$$\sum_{i=1}^n A_i = A$$
 (3)

假设各土地利用类型面积占区域土地利用总面积的比

例为:

$$P_i = A_i / A = A_i / \sum_{i=1}^n A_i$$
 (4)

可知, $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ 。

根据Shannon对信息熵的定义,熵即平均信息量,则土地利用结构的信息熵为:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$
 (5)

假设某区域土地根据其职能可分为 n 种,当区域土地处于未开发时,则 H 值为0,即 $H_{\min} = 0$;反之,当区域土地已开发成熟,各地类已趋于稳定、均匀,且满足熵值最大化条件时,则 $A_i = 1/n$,这时熵值 H 为最大, $H_{\max} = \ln(n)$ 。故土地利用类型越多,各类土地面积越小,各类土地所占百分比相差越小,熵值也就越大^[26]。

(2)均衡度和优势度。基于信息熵公式,可定义土地利用结构的均衡度和优势度。其中,均衡度的表达式为:

$$J = H / H_{\max} = - \sum_{i=1}^n (P_i \ln P_i) / \ln(n)$$
 (6)

式中, J 为均衡度,即实际熵值与最大熵值之比,表示土地利用的均衡程度。由于 $H \leq H_{\max}$,故 $0 \leq J \leq 1$ 。当 $J = 0$ 时,土地利用处于最不平衡状态;当 $J = 1$ 时,土地利用类型为理想均衡状态。

与之相对,优势度的表达式为:

$$I = 1 - J$$
 (7)

与均衡度 J 相反,优势度 I 则反映区域内某一种或几种土地利用类型支配该区域土地利用的程度。

2 结果与分析

2.1 “一调”至“二调”期间我国土地利用变化及其空间差异 与“一调”时相比,“二调”时我国土地利用格局发生了较大变化,如表1、图1所示。从全国范围来看,与“一调”相比,“二调”时我国耕地、园地、林地、草地、城镇及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地等7类土地的面积有不同程度增加,增加量分别为534.58万、478.82万、2634.13万、2124.92万、466.37万、247.43万、38.12万 hm^2 ,其他土地的面积则减少了5591.99万 hm^2 。从各类土地面积的变化率来看,以园地、交通运输用地的变化幅度最大,45%以上的面积发生了变动;其次是其他土地、城镇村及工矿用地、林地;变化率最小的是水域及水利设施用地、耕地,水域及水利设施用地的变化率不到1.00%。

表1 基于第一、第二次全国土地调查数据的土地利用变化动态度
Table 1 Dynamics of land use change based on the first and second national land survey data

地区 Area	耕地 Cultivated land	园地 Garden	林地 Woodland	草地 Meadow	城镇村及 工矿用地 Town villages and industrial and mining land	交通运 输用地 Transporta- tion land	水域及水 利设施用地 Water area and land for water conse- rvancy facilities	其他 土地 Other land
全国 Nationwide	0.32	3.67	0.89	0.61	1.49	3.48	0.07	-1.76
北京 Beijing	-2.61	3.28	1.38	147.62	2.25	1.93	-0.85	-6.48
天津 Tianjin	-0.61	-1.18	5.04	174.36	3.08	1.73	-0.74	-6.42

接下表

续表 1

地区 Area	耕地 Cultivated land	园地 Garden	林地 Woodland	草地 Meadow	城镇村及 工矿用地 Town villages and industrial and mining land	交通运 输用地 Transpor- tation land	水域及水 利设施用地 Water area and land for water conse- rvancy facilities	其他 土地 Other land
河北 Hebei	-0.36	4.69	1.57	20.56	1.89	2.03	-1.15	-5.90
山西 Shanxi	-0.87	6.54	2.42	29.57	1.55	4.50	-1.79	-6.45
内蒙古 Inner Mongolia	0.93	—	—	—	0.36	4.97	—	6.31
辽宁 Liaoning	1.60	-1.49	0.03	14.26	1.13	3.72	-1.70	-7.35
吉林 Jilin	2.00	-3.21	-0.28	-2.74	-0.02	2.26	-2.01	-3.42
黑龙江 Heilongjiang	2.73	-1.10	0.18	-0.95	0.33	2.03	-0.71	-4.49
上海 Shanghai	-3.06	7.36	97.51	—	2.50	8.41	-0.21	30.77
江苏 Jiangsu	-0.67	0.17	-1.34	6.71	2.74	3.74	-0.21	0.68
浙江 Zhejiang	-0.50	0.27	0.21	606.51	4.58	7.93	-0.42	-5.68
安徽 Anhui	-0.08	0.25	0.92	6.63	1.76	1.30	-0.53	-5.93
福建 Fujian	-0.50	2.99	0.02	645.87	3.15	6.83	-0.32	-4.86
江西 Jiangxi	0.25	4.18	0.11	522.73	3.43	5.34	-0.50	-6.27
山东 Shandong	-0.02	-2.13	1.28	79.78	1.63	2.14	-0.22	-3.38
河南 Henan	0.08	-1.93	1.83	355.50	0.92	0.99	-0.98	-6.01
湖北 Hubei	0.58	1.90	0.97	33.76	1.77	1.92	-0.47	-6.58
湖南 Hunan	0.35	2.85	0.36	27.79	1.70	6.31	-0.65	-5.70
广东 Guangdong	-1.74	5.57	-0.14	90.02	2.24	8.40	1.42	-5.45
广西 Guangxi	0.04	14.24	1.28	3.04	2.52	7.48	0.64	-5.02
海南 Hainan	-0.33	—	—	—	0.75	7.54	—	-1.64
重庆 Chongqing	-0.32	5.26	2.11	3.12	1.36	1.03	0.06	-5.12
四川 Sichuan	0.11	2.29	1.28	-0.85	1.16	1.11	-0.59	-2.46
贵州 Guizhou	-0.53	8.78	1.49	-0.30	0.67	6.00	1.97	-3.70
云南 Yunnan	-0.21	13.01	0.45	21.72	3.05	2.78	0.84	-5.00
西藏 Tibet	1.71	0.00	2.05	2.37	11.95	15.05	1.83	-5.14
陕西 Shaanxi	-1.71	5.95	1.50	-0.70	0.47	5.59	-1.72	-5.50
甘肃 Gansu	0.59	4.64	2.39	0.78	-1.46	2.95	3.81	-0.57
青海 Qinghai	-1.12	-0.48	3.50	0.34	-0.90	4.57	-0.83	-1.40
宁夏 Ningxia	0.14	6.87	14.70	-1.07	3.15	8.10	1.52	-3.22
新疆 Xinjiang	2.19	21.78	3.10	-0.22	1.01	6.17	0.68	-0.27

2.1.1 耕地的时空变化。全国的耕地面积增加 4.11%，但各地变化差异较大。其中，耕地面积增加较多的区域主要是东北（649.23 万 hm²）、西北的新疆（113.73 万 hm²）和华北的内蒙古（98.83 万 hm²）；面积减少较多的地区主要有 3 类，一是水资源较短缺地区的陕西（-114.29 万 hm²）、山西（-51.82 万 hm²）、河北（-32.20 万 hm²）、青海（-9.99 万 hm²），二是经济较发达及城市化水平较高地区的广东（-74.00 万 hm²）、江苏（-44.00 万 hm²）、浙江（-13.86 万 hm²）、上海（-12.53 万 hm²）、北京（-11.67 万 hm²），第三是以山地或高原为主的贵州（-34.10 万 hm²）、云南（-17.77 万 hm²）、重庆（-10.70 万 hm²）、福建（-9.29 万 hm²）。从耕地的动态度来看（表 1），变化较快的地区是上海、黑龙江、北京、新疆、吉林、广东、陕西、西藏、辽宁，变化较慢的地区是山东、广西、河南、安徽、四川、宁夏。所以，我国耕地表现为主要向东北、西北地区扩展，东南沿海地区

的耕地面积萎缩（图 1）；以城市化速度快、经济发展迅速、农业自然条件较差及耕地后备资源较多三类地区的耕地变动较大。

与耕地的变化量相对应，全国的垦殖率上升了 0.42%，各省区垦殖率变化较显著的有上海（-15.54%）、黑龙江（7.86%）、吉林（7.60%）、北京（-7.11%）、辽宁（5.78%）、陕西（-5.54%）、江苏（-4.34%）、广东（-4.12%）、山西（-3.32%）、天津（-3.22%）（图 2）。

从表 2 可看出，耕地面积的变化在不同坡度上也有不同。总体来说，坡度较小的耕地面积增加，坡度较大的耕地面积下降，其中，坡度≤2°的耕地增加和>15°~25°的耕地减少最为显著。仅从坡度的这种变化上看，2009 年（“二调”）的耕地质量较 1996 年（“一调”）时有所改善，这主要得益于 2000 年以来实行的“退耕还林（草）”工程和农业用地整理工程。

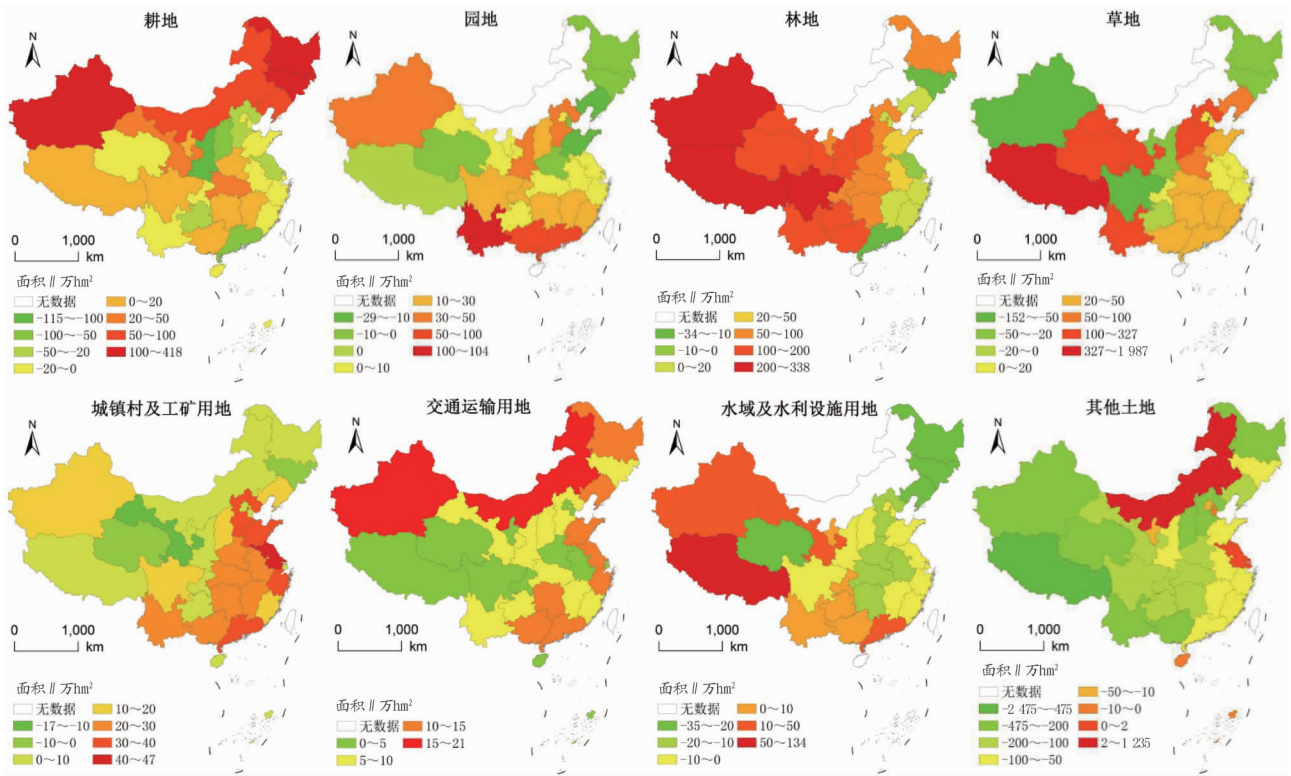


图 1 1996—2009 年我国各类土地利用类型的空间分布
Fig.1 Spatial distribution of land use types in China during 1996–2009

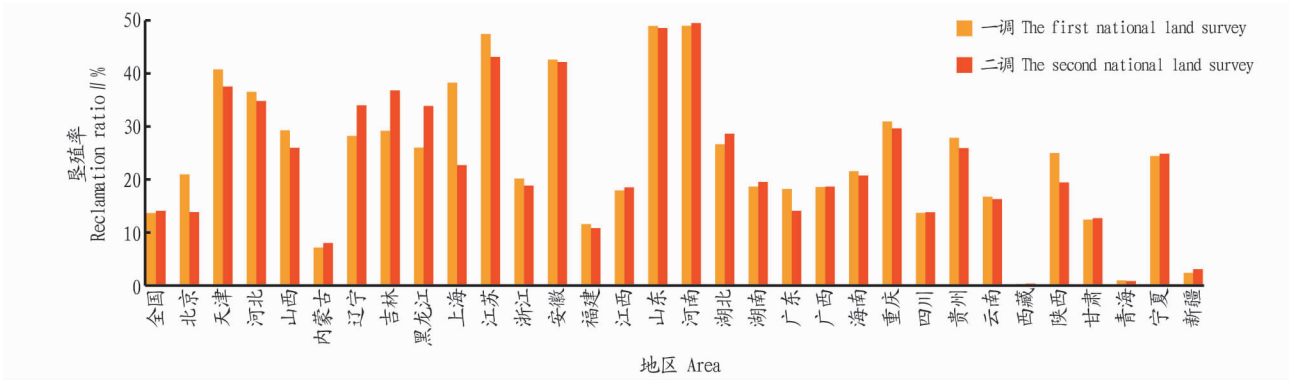


图 2 基于第一、第二次全国土地调查数据的土地垦殖率变化情况
Fig.2 Change in land reclamation rate based on the first and second national land survey data

表 2 基于第一、第二次全国土地调查数据的各坡度等级的耕地面积和比重

Table 2 Arable land area and specific gravity for each grade based on the first and second national land survey data

时间 Time	耕地总面积 Total area of cultivated land	≤2°		>2°~6°		>6°~15°		>15°~25°		>25°	
		面积 Area 万 hm ²	比重 Proportion %	面积 Area 万 hm ²	比重 Proportion %	面积 Area 万 hm ²	比重 Proportion %	面积 Area 万 hm ²	比重 Proportion %	面积 Area 万 hm ²	比重 Proportion %
一调 The first national land survey	13 487.9	7 343.4	54.4	2 320.5	17.2	1 923.4	14.3	1 290.5	9.6	610.1	4.5
二调 The second national land survey	13 538.5	7 735.6	57.1	2 161.2	15.9	2 026.5	15.0	1 065.6	7.9	549.6	4.1

2.1.2 园地的时空变化。园地面积呈大幅增长趋势,增加了 47.77%。除少数地区略有减少,全国大部分地区的园地面积都有不同程度的增加。从变化量来看,园地面积增加较多

的区域首先是光热资源较充沛的云南(103.91 万 hm²)和两广地区(128.76 万 hm²),其次为西北的新疆(46.63 万 hm²)、陕西(37.09 万 hm²)和华北的河北(33.05 万 hm²),面积减少

较多的区域则主要有华东的山东(-28.61 万 hm^2)、东北(-17.10 万 hm^2)及华中的河南(-7.73 万 hm^2)，西藏的园地面积没有发生变化。从动态度来看(表1)，变化较快的地区为新疆、广西、云南、贵州、上海、宁夏、山西，变化较慢的地区是西藏、江苏、安徽、浙江、青海。因此，我国园地表现为向西南、华南、西北扩张，黄渤海地区面积缩减(图1)。

2.1.3 林地的时空变化。相比1996年，2009年我国林地面积增加了2 634.13 万 hm^2 ，增幅为11.57%。面积增加较多的首先是以山地、高原和盆地为主的西南地区，其中，西藏、四川、贵州和云南四省区的增加量占全国林地面积增加总量(除内蒙古、海南)的36.66%，其次是植被覆盖率较低的广大西北地区，其中，新疆、陕西、甘肃、青海的增加量分别为257.61 万、183.29 万、144.52 万、110.86 万 hm^2 ，此外，广西(190.57 万 hm^2)和山西(116.55 万 hm^2)的增量也较大；仅有3个省的林地减少，其中，作为我国重要的木材生产基地，吉林的林地减少量最多，达33.35 万 hm^2 ，其次是城市化进程较快、经济发展迅速的广东(-19.08 万 hm^2)和江苏(-5.58 万 hm^2)。从动态度上看(表1)，我国林地变化最快的地区是上海，其变化率达1267.57%，宁夏、天津、青海、新疆、山西、甘肃、重庆、西藏、河南、河北等省区的变化也较快，变化较慢的地区则是福建、辽宁、江西、广东、黑龙江、浙江、吉林、湖南。所以，我国林地总体表现为由东向西增量逐渐变大(图1)；以城市化进程较快和植被稀少地区林地变动较大。

2.1.4 草地的时空变化。全国的草地面积增加了2 124.92 万 hm^2 ，增长率为7.99%。草地面积增加较多的是西南区，其中，面积增加最多的是西藏，占全国草地面积增加总量(除内蒙古、海南)的57.63%，云南(223.64 万 hm^2)的增量也比较多，其次为华北的山西(326.88 万 hm^2)、河北(204.76 万 hm^2)以及西北的青海(178.54 万 hm^2)和甘肃(130.21 万 hm^2)；面积减少较多的是四川(-151.90 万 hm^2)、新疆(-145.95 万 hm^2)、吉林(-38.30 万 hm^2)、宁夏(-34.36 万 hm^2)，此外，由相关数据可以推断，内蒙古的草地面积锐减。从动态度看(表1)，变化较快的地区是福建、浙江、江西、河南、天津、北京、广东、山东；变化较慢的地区为新疆、贵州、青海、陕西。因此，我国草地表现为整体由东向西增量逐渐变大，西南、西北增加量和减少量都很显著，且整体增加(图1)；经济发展迅速、城市化进程较快地区草地变动较大。

2.1.5 城镇村及工矿用地的时空变化。全国的城镇村及工矿用地大幅增长，增加了19.37%。除甘肃(-16.32 万 hm^2)、青海(-2.68 万 hm^2)、吉林(-0.23 万 hm^2)外，其他各省区的城镇村及工矿用地都有所增加，以城镇化进程较快的地区增加较多，其中，华东的江苏、山东、浙江、安徽、江西五省增加总量为173.27 万 hm^2 ，为全国总增加量的35.62%，河北(34.53 万 hm^2)和广东(33.26 万 hm^2)的增加量也比较多。从动态度来看(表1)，变化最快的地区是西藏，变化率在150.00%以上，其次是浙江、江西、宁夏、福建、天津、云南、江苏、广西、上海，变化较慢的地区是吉林、黑龙江、内蒙古、陕

西、贵州、海南。因此，我国的城镇村及工矿用地表现为整体增加，增加量由东部沿海向内陆逐渐减少(图1)；以经济发展程度较高和经济基础较薄弱地区变动较大。

2.1.6 交通运输用地的时空变化。全国的交通运输用地增加了247.43 万 hm^2 ，增长率为45.25%，且各省区均有不同程度的增长。其中，增加较多的地区是内蒙古(20.94 万 hm^2)、新疆(17.44 万 hm^2)、广东(14.16 万 hm^2)、江苏(13.46 万 hm^2)、广西(12.97 万 hm^2)、山东(12.76 万 hm^2)、湖南(12.62 万 hm^2)、黑龙江(12.05 万 hm^2)、浙江(10.80 万 hm^2)、辽宁(10.54 万 hm^2)。从动态度看(表1)，变化较快的地区是西藏、上海、广东、宁夏、浙江、海南、广西、福建、湖南、新疆，而河南、重庆、四川、安徽的变化较慢。所以，我国的交通运输用地表现为南北激增，西北部部和西北南部缓慢增加(图1)；以边疆和经济发展较快地区变动较大。

2.1.7 水域及水利设施用地的时空变化。从全国层面看，水域及水利设施用地略微增加，增长率不到1.00%。全国仅有少部分地区的水域及水利设施用地增加，其中，增加最多的是西藏(133.46 万 hm^2)，其增加量占全国总增加量(除内蒙古、海南)的54.43%，其次，西北的新疆(41.15 万 hm^2)、甘肃(24.82 万 hm^2)和华南的广东(24.34 万 hm^2)增加较多；减少较多的首先是水资源较短缺的青海(-34.09 万 hm^2)、河北(-15.58 万 hm^2)、河南(-15.47 万 hm^2)，其次是东北三省(-75.00 万 hm^2)。从动态度来看(表1)，变化较快的地区是甘肃、吉林、贵州、西藏、山西、陕西、辽宁，变化较慢的是重庆、上海、江苏、山东、福建。所以，我国的水域及水利设施用地主要表现为“西增东减”(图1)，以干旱少水、冰川融水丰富地区变动较大。

2.1.8 其他土地的时空变化。全国的其他土地减少了5 591.99 万 hm^2 ，下降率为22.82%，除内蒙古(1 234.81 万 hm^2)、江苏(1.32 万 hm^2)和上海(0.40 万 hm^2)，各省区的其他土地面积都有不同程度的减少。由相关数据可知，内蒙古其他土地的大量增加与其草地急剧退化有很大关系，而在面积减少的省区中，减少最多的是土地后备资源较多的西藏(-2 475.00 万 hm^2)，其下降量超过全国其他土地减少量的36.25%，同时，云南(-474.76 万 hm^2)、青海(-453.51 万 hm^2)、山西(-424.36 万 hm^2)、新疆(-342.01 万 hm^2)、广西(-336.36 万 hm^2)、河北(-310.16 万 hm^2)、黑龙江(-253.94 万 hm^2)等省区减少量也较大。从动态度来看(表1)，变化较快的地区是上海、辽宁、湖北、北京、山西、天津、内蒙古、江西，变化较慢的是新疆、甘肃、江苏。所以，我国的其他土地表现为由东向西减少量逐渐增加(图1)，以经济发展迅速、城市化推进速度较快及畜牧业较发达地区变化较快。

2.2 “一调”至“二调”期间我国土地利用结构的变化及其空间差异 与“一调”时相比，“二调”时我国及各省(不包括内蒙古、海南)的土地利用结构有了一定变化(表3)，但土地利用结构的总格局没有发生质的变化。就全国范围来看，除水域及水利设施用地和其他土地以外，其他各类土地所占比例都有不同程度的增长，其中，变化较快的有其他土地、林地

和草地(表1和表3)。在此期间,全国的信息熵上升了0.027 1,说明相比“一调”时,“二调”时我国土地利用类型的多样性增加,各土地利用类型比例差距总体缩小,土地利用结构的无序度增大(表4)。表明随着经济社会的快速发展,其他土地大幅度减少以及建设用地大幅增加。

各省的信息熵变化差异较大,在纳入计算的29个省中,有14个省的信息熵上升,15个省的信息熵下降(表4)。在信息熵上升的地区中,变化较为显著的地区是上海、宁夏和新疆,信息熵分别增加了0.260 8、0.159 7和0.157 6。上海的信息熵增加的原因主要是经济迅速发展和城市化快速推进,使得耕地大面积被占用,城镇村及工矿用地、交通运

输用地迅速扩张;而草地的骤减和城镇村及工矿用地、交通运输用地的增加是导致宁夏和新疆熵值增加的主要原因。在信息熵下降的省份中,辽宁(-0.111 0)、吉林(-0.111 4)、黑龙江(-0.104 5)、西藏(-0.152 8)和陕西(-0.111 2)的变化较大,耕地的迅速增加是东三省熵值下降的主要原因,西藏的熵值上升则主要是由于林草面积大幅增加所致,同时,林地面积的扩张也是陕西熵值增加的主要原因。从分布上来看,信息熵上升的地区主要是经济发展较快的东部沿海和生态环境脆弱的西北区,信息熵收敛的地区则主要是耕地增加较快的东北和耕地、林地、草地增加较快的华中以及林、草地显著增加的西南3个区。

表3 第一、第二次全国土地调查时的土地利用结构
Table 3 Land use structure during the first and second national land surveys

地区 Area	时间 Time	耕地 Cultivated land	园地 Garden	林地 Woodland	草地 Meadow	城镇村及 工矿用地 Town villages and industrial and mining land	交通运 输用地 Transporta- tion land	水域及水 利设施用地 Water area and land for water conse- rvancy facilities	其他 土地 Other land
全国	一调	13.68	1.05	23.94	27.99	2.53	0.58	4.45	25.78
Nationwide	二调	14.10	1.54	26.45	29.93	2.99	0.83	4.45	19.71
华北区	一调	13.50	0.63	18.58	45.86	2.44	0.57	2.32	16.10
Northern Region	二调	13.49	—	—	—	2.90	0.83	—	19.24
东北区	一调	27.19	0.96	47.42	4.83	3.80	1.15	5.84	8.82
Northeast District	二调	34.58	0.73	46.60	4.76	3.97	1.49	4.78	3.09
华东区	一调	31.66	3.85	36.10	0.14	7.57	1.65	12.43	6.60
Eastern Region	二调	30.62	3.98	37.18	1.53	9.97	2.39	11.86	2.48
华中区	一调	30.20	2.15	39.56	0.31	6.73	1.33	9.04	10.68
Central China	二调	31.33	2.51	43.44	2.60	7.90	1.73	8.28	2.20
华南区	一调	18.65	3.74	51.28	1.89	4.37	0.64	5.31	14.13
Southern Region	二调	17.00	—	—	—	5.60	1.29	—	5.05
西南区	一调	8.96	0.62	27.50	34.77	1.15	0.31	3.35	23.34
Southwest Region	二调	8.76	1.23	31.81	43.59	1.39	0.42	3.93	8.88
西北区	一调	5.29	0.28	7.61	36.30	0.92	0.20	2.90	46.50
Northwest Region	二调	5.39	0.59	10.06	36.62	0.93	0.33	2.99	43.10

我国的土地利用利用结构信息熵呈现由东向西逐渐减少,也即土地利用系统的有序度由东向西增加。其中,信息熵最大的地区主要是经济和城镇化发展较快的华北和华东,信息熵最小的地区则以经济基础较薄弱、土地利用结构较单一的西南和西北为主。对均衡度和优势度的分析也可以得出相似的结论(表4),全国的土地利用结构均衡度基本呈现由东向西减少,优势度则相反,说明东部地区土地利用率较高,土地利用结构有序度较低,土地利用较为均衡,而西部地区林草面积比例较高,土地利用结构较单一,土地利用结构有序度较高。从均衡度的变化来看,均衡度上升的地区主要是华北、华东和西北,下降的地区主要是东北、华中和西南,优势度的变化与之相反,说明华北、华东和西北地区的土地利用趋于均衡,有序度下降,而东北、华中和西南的土地利用结构有序度上升。

3 讨论与结论

(1)通过对变化量和变化率的分析,从全国尺度看,我国各土地利用类型都发生了不同程度的变化,除其他用地外,

各类土地都有不同程度的增加。从量上看,变化量较大的地类为其他土地(-5 591.99 万 hm²)、林地(2 634.13 万 hm²)和草地(2 124.92 万 hm²);从变化程度看,变化较快的地类则是园地(47.77%)、交通运输用地(45.25%)和其他土地(-22.82%)。从省域尺度看,耕地总体表现为西进北扩,沿海地区萎缩,变动较大的区域主要是经济发展较快、农业自然条件较差和耕地后备资源较多的地区,且从各坡度耕地面积的变化来看,我国耕地质量有所提升,然而,耕地的这种北移趋势会造成北方地区水资源的压力,加剧水资源的不协调性,从而影响耕地质量;园地总体表现为向光热资源较充足的西南、华南和日温差较大的西北扩张,黄渤海地区面积缩减,且以日温差较大、山地高原为主和经济发展迅速的地区变动较大,这一方面表现为区域土地及气候资源特点与作物生长相适应,另一方面表现为满足城市人口日常需求的需要;林地表现为由东向西增量变大,城市化进程较快和植被覆盖率较低的地区变化率较高,这主要归因于我国各种防护林工程的建设和退耕还林政策的实施;草地由

东向西增量变大,且量的变化主要集中在西南和西北两区,经济发展较快的地区变动较显著,这主要是由于西部地区有广大区域适宜草地种植,而城市化快速推进的东部地区可利用土地有限;城镇村及工矿用地由东部沿海向内陆增量逐渐减少,经济较发达和经济发展基础较薄弱的地区变化较大,这符合经济发展和城市化建设的特点;交通运输用地的变化表现为南北激增,且边疆和经济发展较快的地区变动较快,这满足了随着经济社会发展带来的各种物资和人员转移沟通的需求;水域及水利设施用地“西增东减”,水

资源较匮乏及冰川供水丰富的地区变动较大,其中,“西增”主要集中在西藏,这主要是由于全球气候变暖导致该地区冰川融水增加所致,而“东减”则主要是为了满足城市发展的用地需求而导致大量水面被占;其他土地则表现为由东向西减少量增加,以经济发展速度快和畜牧业较发达地区变化较快,量的变化特征主要是由于我国广大西部地区土地后备资源丰富,1996—2009 年对其进行了大面积开发利用,而经济社会较发达的东部地区土地利用率高,可开发利用的土地有限。

表 4 第一、第二次全国土地调查时的土地利用结构信息熵、均衡度和优势度
Table 4 Information entropy, equilibrium and dominance of land use structure during the first and second national land surveys

地区 Area	时间 Time	信息熵 Information entropy	均衡度 Equilibrium	优势度 Dominance	地区 Area	时间 Time	信息熵 Information entropy	均衡度 Equilibrium	优势度 Dominance
全国 Nationwide	一调	1.629 5	0.783 6	0.216 4	河南 Henan	一调	1.499 5	0.721 1	0.278 9
	二调	1.656 6	0.796 7	0.203 3		二调	1.487 8	0.715 5	0.284 5
北京 Beijing	一调	1.659 4	0.798 0	0.202 0	湖北 Hubei	一调	1.520 7	0.731 3	0.268 7
	二调	1.626 8	0.782 3	0.217 7		二调	1.423 1	0.684 4	0.315 6
天津 Tianjin	一调	1.504 8	0.723 7	0.276 3	湖南 Hunan	一调	1.361 6	0.654 8	0.345 2
	二调	1.511 1	0.726 7	0.273 3		二调	1.337 5	0.643 2	0.356 8
河北 Hebei	一调	1.676 3	0.806 1	0.193 9	广东 Guangdong	一调	1.336 2	0.642 6	0.357 4
	二调	1.733 3	0.833 5	0.166 5		二调	1.418 9	0.682 4	0.317 6
山西 Shanxi	一调	1.560 0	0.750 2	0.249 8	广西 Guangxi	一调	1.416 3	0.681 1	0.318 9
	二调	1.611 7	0.775 0	0.225 0		二调	1.406 4	0.676 3	0.323 7
内蒙古 Inner Mongolia	一调	1.199 1	0.576 7	0.423 3	海南 Hainan	一调	1.610 6	0.774 5	0.225 5
	二调	—	—	—		二调	—	—	—
辽宁 Liaoning	一调	1.640 8	0.789 1	0.210 9	重庆 Chongqing	一调	1.538 8	0.740 0	0.260 0
	二调	1.529 8	0.735 7	0.264 3		二调	1.472 0	0.707 9	0.292 1
吉林 Jilin	一调	1.411 0	0.678 6	0.321 4	四川 Sichuan	一调	1.513 8	0.728 0	0.272 0
	二调	1.299 6	0.625 0	0.375 0		二调	1.464 9	0.704 5	0.295 5
黑龙江 Heilongjiang	一调	1.377 7	0.662 6	0.337 4	贵州 Guizhou	一调	1.418 7	0.682 2	0.317 8
	二调	1.273 3	0.612 3	0.387 7		二调	1.351 0	0.649 7	0.350 3
上海 Shanghai	一调	1.244 9	0.598 7	0.401 3	云南 Yunnan	一调	1.241 5	0.597 0	0.403 0
	二调	1.505 7	0.724 1	0.275 9		二调	1.308 5	0.629 2	0.370 8
江苏 Jiangsu	一调	1.348 3	0.648 4	0.351 6	西藏 Tibet	一调	1.098 7	0.528 3	0.471 7
	二调	1.426 1	0.685 8	0.314 2		二调	0.945 8	0.454 8	0.545 2
浙江 Zhejiang	一调	1.419 0	0.682 4	0.317 6	陕西 Shaanxi	一调	1.465 3	0.704 7	0.295 3
	二调	1.422 7	0.684 2	0.315 8		二调	1.354 2	0.651 2	0.348 8
安徽 Anhui	一调	1.541 5	0.741 3	0.258 7	甘肃 Gansu	一调	1.421 4	0.683 5	0.316 5
	二调	1.489 9	0.716 5	0.283 5		二调	1.472 9	0.708 3	0.291 7
福建 Fujian	一调	1.149 4	0.552 7	0.447 3	青海 Qinghai	一调	1.011 6	0.486 5	0.513 5
	二调	1.197 7	0.576 0	0.424 0		二调	1.009 8	0.485 6	0.514 4
江西 Jiangxi	一调	1.206 3	0.580 1	0.419 9	宁夏 Ningxia	一调	1.411 9	0.679 0	0.321 0
	二调	1.215 3	0.584 4	0.415 6		二调	1.571 6	0.755 8	0.244 2
山东 Shandong	一调	1.582 2	0.760 9	0.239 1	新疆 Xinjiang	一调	0.959 6	0.461 5	0.538 5
	二调	1.626 3	0.782 1	0.217 9		二调	1.117 2	0.537 3	0.462 7

(2)通过对全国 29 个省的土地利用结构信息熵进行分析,信息熵上升和下降的省份几乎各占一半,熵值上升的地区主要在东部沿海,而内陆地区的熵值总体下降。信息熵变动较大的省份主要在华东、西北、西南和东北,这此地区信息熵的变动主要与城镇村及工矿用地、交通运输用地、耕地、林地和草地的变化有关,耕地、草地下降较快以及城镇村及工矿用地、交通运输用地增加较快的地区信息熵上升,土地利用结构有序度下降,耕地、林地和草地增加较快的地区信息

熵下降,土地利用结构有序度上升。从空间分布来看,全国的土地利用结构信息熵和均衡度均呈现整体由东向西减少,东部地区土地利用结构较为均衡,土地利用结构有序度由东向西逐渐上升。因此,在今后的发展过程中,各省特别是东部沿海地区应妥善处理经济发展和土地利用之间的关系,合理配置土地资源,优化各类土地利用数量及空间布局,从而实现土地资源的合理有序利用。

- controls pigmentation of both flower and seed, and seed trichome formation in the common morning glory[J]. *Plant and cell physiology*, 2007, 48: 66.
- [71] NAKATSUKA T, HARUTA K S, PITAKSUTHEEPONG C, et al. Identification and characterization of R2R3-MYB and bHLH transcription factors regulating anthocyanin biosynthesis in gentian flowers[J]. *Plant Cell Physiol*, 2008, 49(12): 1818–1829.
- [72] CONE K C, BURR F A, BURR B. Molecular analysis of the maize anthocyanin regulatory locus C1[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1986, 83(24): 9631–9635.
- [73] WALKER A R, DAVISON P A, BOLOGNESI-WINFIELD A C, et al. The TRANSPARENT TESTA GLABRA1 locus, which regulates trichome differentiation and anthocyanin biosynthesis in *Arabidopsis*, encodes a WD40 repeat protein[J]. *The plant cell*, 1999, 11: 1337–1349.
- [74] BOREVITZ J O, XIA Y, BLOUNT J, et al. Activation tagging identifies a conserved MYB regulator of phenylpropanoid biosynthesis[J]. *The plant cell*, 2000, 12: 2383–2393.
- [75] MATSUI K, UMEMURA Y, OHME-TAKAGI M. AtMYB12, a protein with a single MYB domain, acts as a negative regulator of anthocyanin biosynthesis in *Arabidopsis*[J]. *Plant journal*, 2008, 55(6): 954–967.
- [76] TAKOS A M, JAFFE F W, JACOB S R, et al. Light-induced expression of a MYB gene regulates anthocyanin biosynthesis in red apples[J]. *Plant Physiol*, 2006, 142(3): 1216–1232.
- [77] BURR F A, BURR B, BLEWITT B E S M, et al. The maize repressor-like gene intensifier1 shares homology with the r1/b1 multigene family of transcription factors and exhibits missplicing[J]. *The plant cell*, 1996, 8(8): 1249–1259.
- [78] BAILEY P C, MARTIN C, TOLEDO-ORTIZ G, et al. Update on the basic helix-loop-helix transcription factor gene family in *Arabidopsis thaliana*[J]. *The plant cell*, 2003, 15(11): 2497–2501.
- [79] HEIM M A, JAKOBY M, WERBER M, et al. The basic helix-loop-helix transcription factor family in plants: A genome-wide study of protein structure and functional diversity[J]. *Mol Biol Evol*, 2003, 20(5): 735–747.
- [80] GERATS A G M, HUIJTS H, VRIJLANDT E, et al. Molecular characterization of a nonautonomous transposable element (dTph1) of petunia[J]. *The plant cell*, 1990, 2: 1121–1128.
- [81] ALBERT N W, LEWIS D H, ZHANG H, et al. Members of an R2R3-MYB transcription factor family in *Petunia* are developmentally and environmentally regulated to control complex floral and vegetative pigmentation patterning[J]. *Plant J*, 2011, 65(5): 771–784.
- [82] MADRONA A Y, WILSON D K. The structure of Ski8p, a protein regulating mRNA degradation: Implications for WD protein structure[J]. *Protein Sci*, 2004, 13(6): 1557–1565.
- [83] NEER E J, SCHMIDT C J, NAMBU DRIPAD R, et al. The ancient regulatory-protein family of WD-repeat proteins[J]. *Nature*, 1994, 371(6495): 297–300.
- [84] DE VETTEN N, QUATTROCCHIO F, MOL J, et al. The an11 locus controlling flower pigmentation in *petunia* encodes a novel WD-repeat protein conserved in yeast, plants, and animals[J]. *Genes & development*, 1997, 11: 1422–1434.
- [85] SPRINGOB K, NAKAJIMA J I, YAMAZAKI M, et al. Recent advances in the biosynthesis and accumulation of anthocyanins[J]. *Natural product reports*, 2003, 20(3): 288–303.
- [86] HELLER W, FORKMANN G, BRITSCH L, et al. Enzymatic reduction of (+)-dihydroflavonols to flavan-3, 4-cis-diols with flower extracts from *Matthiola incana* and its role in anthocyanin biosynthesis[J]. *Planta*, 1985, 165: 284–287.
- [87] LUDWIG S R, HABERA L F, DELLAPORTA S L, et al. Lc, a member of the maize R gene family responsible for tissue-specific anthocyanin production, encodes a protein similar to transcriptional activators[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1989, 86(18): 7092–7096.
- [88] SELINGER D A, CHANDLER V L. A mutation in the pale aleurone color1 gene identifies a novel regulator of the maize anthocyanin pathway[J]. *The plant cell*, 1999, 11: 5–14.
- [89] MOYANO E, MARTÍNEZ-GARCÍA J F, MARTIN C. Apparent redundancy in myb gene function provides gearing for the control of flavonoid biosynthesis in antirrhinum flowers[J]. *The plant cell*, 1996, 8: 1519–1532.
- [90] KUBO H, PEETERS A J M, AARTS M G M, et al. ANTHOCYANINLESS2, a homeobox gene affecting anthocyanin distribution and root development in *arabidopsis*[J]. *The plant cell*, 1999, 11: 1217–1226.
- [91] ZHANG F, GONZALEZ A, ZHAO M Z, et al. A network of redundant bHLH proteins functions in all TTG1-dependent pathways of *Arabidopsis*[J]. *Development*, 2003, 130(20): 4859–4869.

(上接第 11 页)

参考文献

- [1] 许彦曦, 陈凤, 濮润杰. 城市空间扩展与城市土地利用扩展的研究进展[J]. *经济地理*, 2007, 27(2): 296–301.
- [2] 傅伯杰, 陈利顶, 王军, 等. 土地利用结构与生态过程[J]. *第四季研究*, 2003, 23(3): 247–255.
- [3] 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题[J]. *地理科学进展*, 2002, 21(1): 51–57.
- [4] 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.
- [5] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. *中国科学(D 辑)*, 2002, 32(12): 1031–1040.
- [6] 刘纪远, 张增祥, 徐新良, 等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. *地理学报*, 2009, 64(12): 1411–1420.
- [7] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. *地理学报*, 2014, 69(1): 3–14.
- [8] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 基于遥感和 GIS 的中国土地利用/土地覆盖的现状研究[J]. *遥感学报*, 1999, 3(2): 134–139.
- [9] 王思远, 张增祥, 赵晓丽, 等. GIS 支持下不同生态背景的土地利用空间特征分析[J]. *地理科学进展*, 2001, 20(4): 324–330.
- [10] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. *资源科学*, 2001, 23(3): 39–41.
- [11] 朱会义, 何书金, 张明. 环渤海地区土地利用变化的驱动力分析[J]. *地理研究*, 2001, 20(6): 669–678.
- [12] 于兴修, 杨桂山, 李恒鹏. 典型流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应: 以浙江省西苕溪流域为例[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(1): 13–19.
- [13] 蒙古军, 吴秀芹, 李正国. 黑河流域 LUCC (1988–2000) 的生态环境效应研究[J]. *水土保持研究*, 2005, 12(4): 17–21.
- [14] 杜习乐, 吕昌河, 王海荣. 土地利用/覆被变化(LUCC)的环境效应研究进展[J]. *土壤*, 2011, 43(3): 350–360.
- [15] 陈佑启, VERBURG P H, 徐斌. 中国土地利用变化及其影响的空间建模分析[J]. *地理科学进展*, 2000, 19(2): 116–127.
- [16] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. *地理学报*, 2003, 58(5): 643–650.
- [17] 张永民, 赵士洞, VERBURG P H. CLUE-S 模型及其在奈曼旗土地利用时空动态变化模拟中的应用[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(3): 310–318.
- [18] 李元. 中国土地资源[M]. 北京: 中国大地出版社, 2000.
- [19] LIN G C S, HO S P S. China's land resources and land-use change: Insights from the 1996 land survey[J]. *Land use policy*, 2003, 20(2): 87–107.
- [20] 《云南土地资源》编写组. 云南土地资源[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2014.
- [21] 谭永忠, 何巨, 岳文泽, 等. 全国第二次土地调查前后中国耕地面积变化的空间格局[J]. *自然资源学报*, 2017, 32(2): 186–197.
- [22] 李忠锋, 王一谋, 冯毓芳, 等. 基于 RS 与 GIS 的榆林地区土地利用变化分析[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(2): 97–99.
- [23] 谭永忠, 吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(1): 112–117.
- [24] 赵京, 杨钢桥. 基于信息熵的土地利用结构演变分析: 以湖北省为例[J]. *湖北农业科学*, 2010, 49(4): 1016–1019.
- [25] 张培学, 姚慧, 郑新奇. 基于信息熵的济南市城乡用地结构及分布动态研究[J]. *国土资源科技管理*, 2006, 23(2): 74–78.
- [26] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81–87.