

涞源县土地利用变化及驱动力分析

于东波, 许 皞, 赵文廷

(河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071001)

摘 要:为探索研究区土地利用变化及其驱动因素,利用涞源县 2003—2012 年土地利用现状图、遥感影像数据、社会经济统计数据,分析了 2003—2012 土地利用程度以及土地利用类型变化情况。利用因子分析法找出了土地利用变化的主要驱动因素。研究结果表明:2003—2012 年,涞源县土地利用程度处于较高水平,土地利用综合指数由 240.24 变化到 249.36;涞源县土地利用类型发生了复杂变化,土地利用类型转化幅度变化了 0.15,土地利用综合动态度由 0.36 变化到 0.51;其中产业结构的调整、矿产资源的过度开发和利用、人口增长和农业发展是其主要驱动因素。鉴于此应根据本地区区位优势、资源禀赋等实际条件做出理性的决策,调整经济发展方式,合理开发利用矿产资源,加强矿山损毁土地的生态修复,加强耕地保护。

关键词:土地利用程度;土地利用变化;因子分析;驱动力;涞源县

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)03-0093-05

Analysis of Land Use Changes and Driving Forces in Laiyuan County

YU Dongbo, XU Hao, ZHAO Wenting

(College of Land and Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: This paper took Laiyuan County as the study area. To explore the land change and its driving factors, based on the 2003—2012 land use map of Laiyuan County, remote sensing data, socio-economic statistical data, land use degree and changes of the land use types from 2003 to 2012 were analyzed. The results showed that the degree of the land use was at a high level in Laiyuan County between 2003 and 2012, the land-use change composite index shifted from 240.24 to 249.36; the land use types of Laiyuan County had undergone the complex changes, land use integrated dynamic degree changed from 0.36 to 0.51; the industrial structure adjustment, over-exploitation and utilization of mineral resources, population growth and agricultural development are the main driving factors. In view of this, based on the actual conditions in the region advantages, natural resources, etc. rational decision making, adjustment of economic development, rational development and utilization of mineral resources, strengthening land mine damaged ecological restoration, and strengthening the protection of farmland should be carried out.

Keywords: land use degree; dynamic degree of land use; land use change driving force; Laiyuan County

人类活动不断改变着自然环境,而土地利用方式是这种作用的重要途径之一,最终导致土地利用状况、格局和功能等发生重大变化。随着研究的深入,土地利用/覆被变化(land use/cover change,简称LUCC)影响着土地生态系统的各个方面:如对气候、土壤、地球生物循环、水循环、生物多样性等生态环境的影响;对水资源、土地资源、粮食安全、经济安全的影响^[1-3]。为降低 LUCC 对自然与社会造成的负面效应,分析区域性的土地利用变化及其驱动机制有重要的学术价值和现实意义。

目前学者对 LUCC 的研究主要在沿海发达地区和大城市的生态脆弱区,而中小城市和以矿业发展为主的县域研究较少^[4-5]。刘纪远等^[6]以遥感信息为基础结合人机交换的方法解译了 2010 年的 LandsatTM 影像,分析了全国范围内的土地利用特征和空间格局的变化。吴明发等^[7]以广东省为例分析了 1996—2008 年土地利用的结构和数量变化,并运用主成分分析的方法归纳总结出经济和农业发展是其主要驱动因子。张云鹏等^[8]以常州市市区作为研究区从整体和局部两种角度运用回归分析的方法分析了研究区内土地利用变

化的主要影响因子为交通条件、人口增长、经济发展。刘洁等^[4]以 TM 影像和 ETM 影像为基础,借助 CA-Markov 模型对中亚典型城市的土地利用变化进行了模拟和预测。谢花林等^[9]以 Logistic 模型为基础对农牧地带的生态功能变化和驱动机制进行了探索。邹红艳等^[10]运用因子分析法解释了在城镇化进程中土地利用变化的驱动力及不同区域之间的差异。由此可见,相关学者多以国家、省、市区作为研究对象,研究范围较大,缺乏对县域的研究,尤其是以矿业发展为主的资源性城市研究;其方法的选择是多样的,如 CA-Markov 模型、多元线性回归模型、分类回归树模型、Logistic 回归模型等,驱动因素指标的选取主要为自然因素和经济因素,很少涉及到社会因素。

河北省涞源县是北京与河北省交界地,属于矿业大县承担着北京市的生态屏障。近年来,随着城镇化进程的加快,经济水平的提高,矿产资源的不合理开发,区域内土地利用类型发生了复杂的变化,对整体的生态环境产生了不同程度的破坏,对涞源县生态格局产生了重大的影响,因此以涞源县为例展开区域性土地利用变化过程研究具有典型性和借鉴意义。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

涞源县位于河北省保定市北部,京原铁路、津同公路中段,地理位置为 $14^{\circ}20'—115^{\circ}05'E$, $9^{\circ}01'—39^{\circ}40'N$ 。主要地貌类形为山地,大部分地区海拔在 2 km 以下,个别地区超过 2 km,整个地势西北高,东南低。全县土地总面积为 2 448 km²,林地面积较大,耕地面积较少且质量较差。截至 2012 年全县总人口 27.5 万人,其中城镇人口 11 万人,农村人口 16.5 万人,分别占总人口的 40%,60%,城镇化率 40%。2012 年全县生产总值 45.15 亿元,其中第一产业完成 2.7 亿元,第二产业(主要为矿业)完成 23.9 亿元,第三产业完成(主要为旅游业)18.6 亿元,分别占全县国内生产总值的 6%,58%,36%。社会固定资产投资 21.2 亿元,人均国内生产总值 12 768 元,其中农民人均收入 1 998 元。近年来随着采矿业的发展,土地资源在一定程度上遭到严重破坏,生态环境持续恶化。

1.2 数据来源

本文数据主要源于 2003 年、2007 年、2012 年的遥感影像数据。TM 影像的空间分辨率为 30 m×30 m,轨道号为 124/33。所获取遥感影像的时节均为植被覆盖较多的夏秋两季,质量较高,符合涞源县土地利用/覆被变化所要求的大空间和大时间跨度特征。

借助 ENVI,利用非监督分类与监督分类相结合(所选波段组合为 RGB:3,4,5)的方法进行影像的解译,并对照 2012 年涞源县土地利用现状图和实地调查以保证解译质量和真实性。通过大量的野外记录和照片比对,其土地利用类型综合精度达到 87.6% 数据可用。通过参照《土地利用现状分类标准》GB/T 21010—2007,将研究区土地利用类型分为建设用地、耕地、园地、林地、未利用地、交通运输及水利设施用地 6 类。此外收集了 2003—2012 年涞源县土地利用现状图、《涞源县土地利用总体规划(2010—2020 年)》相关图件、涞源县农用地分等及耕地质量等级成果补充等数据。

2 研究方法

2.1 土地利用程度

土地利用程度不仅可以揭示出土地利用的基本状况,还可以反映出驱动因素对土地利用变化的综合效应^[11-13]。因此,本文运用土地利用程度的系统分析法,对土地利用程度综合指数(A_j)、土地利用程度的变化量(B_{b-a})和变化率(C)进行计算,用于表示研究区内土地利用程度的变化特征及变化趋势。根据土地利用情况,按照其利用程度的不同将其分为 4 级,并赋予分级指数^[12-13],然后按下列公式进行计算:

$$A_j = 100 \times \sum_{i=1}^n M_i \times N_i \quad (100 \leq A_j \leq 400) \quad (1)$$

$$B_{b-a} = B_b - B_a \\ = 100 \times \left[\sum_{i=1}^n (M_i \times N_{ib}) - \sum_{i=1}^n (M_i \times N_{ia}) \right] \quad (2)$$

$$C = \frac{B_{b-a}}{100 \times \sum_{i=1}^n (M_i \times N_{ia})} \quad (3)$$

式中: N_i ——研究区域第 i 级土地利用程度分级指数; M_i ——研究区内第 i 级土地利用程度分级面积百分比; n ——土地利用程度分级数; N_{ia} , N_{ib} ——该区域 a 时间、 b 时间第 i 级土地利用程度面积百分比。

2.2 土地利用转化度

土地利用动态度是表达土地利用转变程度的重要指标,其中研究某一类土地利用类型变化程度为单一动态度,反映各类土地利用类型整体变化程度称为综合动态度^[14-17]。计算公式如下:

$$Y = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (4)$$

$$MY = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \Delta MU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n MU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (5)$$

式中: Y , MY ——单一动态度,综合动态度,也可以表示相应时间段内的年变化率; U_a , U_b ——研究期初及

研究期末某一土地类型的面积; MU_i ——监测初期第 i 类土地类型的面积; ΔMU_{i-j} ——监测时段第 i 类土地利用面积变化量的绝对值; n ——土地类型的种数; T ——研究时段长。

3 土地利用变化驱动力分析

3.1 涞源县土地利用程度分析

本文根据刘纪远提出的土地利用程度综合指数的方法,对利用程度不同的土地类型赋予相应的级别。根据研究区实际情况得出土地利用程度分级赋值表(表 1)。

结合研究区的遥感影像及土地利用数据,按照表 1 中的土地利用类型分级,计算出各级地类所占的面积比

例(表 2),可以看出其中生态用地 3 个阶段占地面积分别为 26.04%,25.20%,23.59%,所占比例在逐渐减少;其次农业用地 3 个阶段占地面积分别为 11.58%,10.44%,9.23%,所占比例也是逐渐减少;最后是建设用地 3 个阶段所占比例分比为 9.40%,11.19%,14.51%,所占比例持续增加且幅度较为明显。

表 1 研究区土地利用程度分级

分级类型	土地利用类型	分级指数
未利用地 _(C₁)	未利用或难利用地	1
生态用地 _(C₂)	林地、草地、水域用地	2
农业用地 _(C₃)	耕地、园地	3
建设用地 _(C₄)	城镇、居民点、工矿用地、交通运输、水利设施用地	4

表 2 研究区土地利用结构及面积比例

年份	C ₁ 面积/hm ²	比例/%	C ₂ 面积/hm ²	比例/%	C ₃ 面积/hm ²	比例/%	C ₄ 面积/hm ²	比例/%
2003	47425.41	52.98	23304.53	26.04	10365.10	11.58	8417.00	9.40
2007	47586.87	53.16	22558.95	25.20	9346.09	10.44	10020.13	11.19
2012	47151.11	52.68	21111.96	23.59	8259.48	9.23	12989.49	14.51

根据式(1),(2),(3)可得出 2003 年、2007 年、2012 年土地利用程度综合指数分别为 240.24,243.52,249.36,都在 240 以上(最高为 400),并且逐渐增加,土地利用程度变化量 $\Delta L=9.12>0$ (表 3)。表明近 10 a 涞源县土地利用程度处于一个较高水平,利用程度不断增加。

表 3 研究区土地利用综合指数和利用程度变化量

年份	土地利用程度综合指数	土地利用程度变化量
2003	240.24	9.12
2007	243.52	
2012	249.36	

3.2 土地利用转化幅度分析

在本研究中,首先规定土地利用判解标志,通过影像的判别并与实地调查相结合,采用监督分类和人机相结合的方法,做出 2003 年、2007 年、2012 年的土地利用矢量图,将土地利用类型按照建设用地、林地、耕地、园地、交通水利、其他土地 6 大类型进行分

类,然后利用 ArcGIS 将 3 个阶段的遥感影像进行矢量化处理和属性赋值。通过 GIS 软件分别将 3 个不同时期的土地利用类型图进行叠加分析,形成土地利用变化图斑(附图 5),以揭示研究区土地利用的空间格局以及土地利用动态变化状况,可以看出研究区内耕地、建设用地变化明显。

利用式(4),(5)可得出研究区单一土地利用动态度以及综合动态度(表 4)。从单一动态度来看,2007—2012 年单一动态度最快的是交通水利用地(4.05),其次是建设用地、其他未利用地、耕地、林地,相比 2003—2007 年,除交通运输及水利设施用地外,其他 5 种地类的单一动态度均有所上升。从土地利用综合动态度角度出发,2003—2007 年、2007—2012 年土地利用综合动态度为 0.36,0.67;在 2003—2012 年 10 a 间土地利用综合动态度为 0.51;这表明这 10 a 间涞源县土地利用类型转化幅度较大。

表 4 2003—2012 年研究区土地利用动态度

土地类型	单一动态度			综合动态度		
	2003—2007 年	2007—2012 年	2003—2012 年	2003—2007 年	2007—2012 年	2003—2012 年
耕地	-0.21	-0.68	-0.87	0.36	0.67	0.51
园地	-3.53	0.84	-2.99			
林地	-0.06	-0.18	-0.24			
建设用地	1.83	2.75	5.08			
其他未用地	-1.07	-1.35	-2.27			
交通运输水利设施用地	6.15	4.50	6.09			

3.3 土地利用变化驱动力分析

导致土地利用变化的因素有很多,包括自然因素、经济因素、社会因素,以及生态环境建设要求等。

依据指标体系建立的科学、合理、可操作性原则,从研究区经济发展、居民生活水平、人口比例、农业发展状况 4 个方面选取 25 项指标构成指标体系^[14-16]。在此

基础上,根据指标数据的可获取性及研究的目的性,经过多次甄别与筛选,最终确定了地区总产值(X_1)、矿业总产值(X_2)、农林牧渔业总值(X_3)、社会消费品零售总额(X_4)、邮电业务总量(X_5)、矿区干扰度指数(X_6)、城镇化速率(X_7)、乡村人口比例(X_8)、乡村就业人口比例(X_9)、年末机械总动力(X_{10})、人均粮食产量(X_{11})、油料蔬菜水果总产量(X_{12})、有效灌溉面积(X_{13})、旱涝保收耕地面积(X_{14})、工矿用地占地面积(X_{15})、境内道路占地面积(X_{16})、自然灾害损毁土地面积(X_{17})、自然灾害发生频率(X_{18}) 18 项指标作为自变量,未利用地级、生态用地级、农业用地级、建设用地级面积比重分别为 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 。

将变量指标,2003 年、2005 年、2007 年、2010 年、2012 年的相关指标数据对应录入 SPSS 进行回归分析,得出相关系数矩阵(表 5)。

表 5 因子相关系数矩阵

变量	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	0.876	0.896	0.654	0.793	0.821
X_2	0.809	0.852	0.736	0.527	0.764
X_3	0.564	0.731	0.702	0.699	0.607
X_4	-0.697	0.632	0.634	0.583	0.621
X_5	0.436	0.329	0.331	0.234	0.327
X_6	0.887	-0.798	0.601	-0.892	0.901
X_7	0.961	0.817	0.800	0.921	0.869
X_8	-0.823	0.769	0.826	0.621	0.873
X_9	0.536	0.468	0.512	0.436	0.321
X_{10}	-0.841	-0.729	0.632	0.882	0.911
X_{11}	-0.698	-0.653	0.527	0.627	0.648
X_{12}	0.316	0.419	0.500	0.701	0.69
X_{13}	0.537	0.443	-0.486	0.521	0.553
X_{14}	0.852	-0.798	-0.823	-0.892	-0.821
X_{15}	0.713	0.685	0.717	0.897	0.926
X_{16}	-0.468	0.502	0.763	0.598	0.798
X_{17}	0.255	0.317	0.346	0.601	0.587
X_{18}	0.324	0.208	0.307	0.536	0.496

选用统计分析软件 SPSS 17.0 做因子分析,首先对数据进行标准化处理,来消除单位之间的差异;选出在相关系数矩阵中 0.01 双侧水平显著相关的数据作为相关的变量率,最小特征值大于 1 的变量定位主成分的数量;采用最小平方差法进行主成分的旋转。经过 SPSS 计算指标的 KMO 值结果达到 0.799, Bartlett's 卡方统计值为 923.256,其自由度为 92,通过显著性检验,适合进行因子分析。计算结果见表 6。

在第一个主因子中,因子载荷量超过 0.8 的有 6 个,分别为地区总产值、矿业总产值、矿区干扰度指数、城镇化速率、工矿用地占地面积、境内道路占地面积。这些因子反映了:由于涞源县的资源特点突出,交通区位优势明显,10 a 中经济发展迅速、矿业水平

发展较快是土地利用变化的主要驱动因素,可称之为经济发展因子;在第二个主因子中,乡村人口比例、乡村就业人口比例、蔬菜油料水果总产量、有效灌溉面积这 4 项指标中荷载较高,可称之为人口与农业发展因子。为了对研究区土地利用变化的驱动因素进行更深层次的分析,就两个主因子的驱动机制,采用回归方程,对两个主因子的特征值、贡献率、累积贡献率进行计算,表 7 的计算结果显示其方差贡献率分别为 68.623%,22.361%,说明经济发展因子是涞源县土地利用变化的最主要驱动因素。

表 6 主因子荷载矩阵

指标	第一主因子	第二主因子
地区总产值	0.865	0.231
矿业总产值	0.981	-0.103
农林牧渔业总产值	0.621	-0.566
社会消费品零售总额	0.682	-0.483
邮电业务总量	0.576	-0.610
矿区干扰度指数	0.860	-0.421
城镇化速率	0.912	0.416
乡村人口比例	-0.381	0.804
乡村就业人口比例	0.452	0.819
年末机械总动力	-0.570	-0.615
人均粮食产量	0.529	0.690
油料蔬菜水果总产量	0.287	0.812
有效灌溉面积	0.459	0.845
旱涝保收耕地面积	0.728	0.675
工矿用地占地面积	0.956	0.205
境内道路占地面积	0.842	-0.405
自然灾害损毁土地面积	0.384	0.725
自然灾害发生频率	0.431	0.786

注:表中“地区总产值、农林牧渔业总值、社会消费品零售总额、邮电业务总量、乡村人口比例、乡村就业人口比例、年末机械总动力、油料蔬菜水果总产量、有效灌溉面积、旱涝保收耕地面积、自然灾害损毁土地面积、自然灾害发生频率”数据来源于《2003—2012 年河北省农村统计年鉴》。

表 7 主因子特征值及贡献率和累积贡献率

主因子	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
第一主因子	8.562	68.623	68.623
第二主因子	4.423	22.361	90.984

4 结论

通过对涞源县的土地利用变化程度和驱动力分析,可得出以下结论:

(1) 2003—2012 年涞源县土地利用变化的总体态势为农用地面积不断减少,建设用地面积显著增加。其中农用地面积的减少主要表现在耕地方面;建设用地增加主要表现在城镇建设用地、居民点、工矿建设用地方面。

(2) 2003—2012 年土地利用变化程度较高,其

利用程度由 240.24 变化到了 249.36;土地利用转化速率较快,其综合动态度由 0.36 变化到 0.51;不同土地利用类型的变化速率(单一动态度)有所差异,其中耕地、建设用地的变化最为显著。

(3) 经济发展、人口增长与农业发展是研究区土地利用变化的主要驱动因素,此外研究区内资源禀赋和区位条件的特殊性导致对建设用地的需求量急剧增大,迫使土地利用结构做出调整。

参考文献:

- [1] 李宝杰,顾和和,纪亚洲. 矿区土地复垦景观格局变化和生态效应[J]. 农业工程学报, 2012, 28(3): 251-256.
- [2] 徐嘉兴,李钢,陈国良. 基于 Logistic 回归模型的矿区土地利用演变驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(20): 247-255.
- [3] 侯鹏,王桥,王昌佐,等. 流域土地利用/土地覆被变化的生态效应[J]. 地理研究, 2011, 30(11): 2092-2098.
- [4] 刘洁,李宏,马勇刚. 基于 CA-Markov 模型的中亚典型城市土地利用变化预测分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(3): 51-53.
- [5] 肖思思,吴春笃,储金字. 1980—2005 年太湖地区土地利用变化及驱动因素分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(23): 1-5.
- [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] 吴明发,欧名豪,廖荣浩. 经济发达地区土地利用变化及其驱动力分析:以广东省为例[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 179-183.
- [8] 张云鹏,孙燕,王小丽,等. 不同尺度下的土地利用变化驱动力研究:以常州市新北区为例[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 111-116.
- [9] 谢花林. 典型农牧交错区土地利用变化驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 56-62.
- [10] 郇红艳,谭清美,朱平. 城乡一体化进程中耕地利用变化的驱动因素及区域比较[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 201-205.
- [11] 高啸峰,王树德,宫阿都,等. 基于主成分分析法的土地利用/覆被变化驱动力研究[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(1): 36-39.
- [12] 庄大方,刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 105-111.
- [13] 谢正峰,王倩. 广州市土地利用程度的空间自相关分析[J]. 热带地理, 2009, 29(2): 129-133.
- [14] 宋宏利,张晓楠,张文义,等. 基于 RS 的区域土地利用空间结构特征分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(5): 200-206.
- [15] 赵哲远,马奇,华元春. 浙江省 1996—2005 年土地利用变化分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(11): 23-27.
- [16] 张舟,吴次芳,谭荣. 生态系统服务价值在土地利用变化研究中的应用:瓶颈和展望[J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 556-562.
- [17] 谢菲,舒晓波,廖富强,等. 浮梁县土地利用变化及驱动力分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(2): 213-217.
- ~~~~~
- (上接第 92 页)
- [18] 汪小兰,蒋先军,曹良元,等. 季节变化对不同形态氮素在土壤团聚体中分布的影响[J]. 西南大学学报:自然科学版, 2013, 35(3): 133-133.
- [19] 王燕高,胡庭兴. 我国引种巨桉及其研究进展[J]. 森林工程, 2005, 21(4): 1-4.
- [20] 石薇,龚伟,胡庭兴,等. 然林及坡耕地转变为巨桉林后土壤抗蚀性变化[J]. 四川林业科技, 2011, 32(3): 18-22.
- [21] Zhang D, Zhang J, Yang W, et al. Effects of afforestation with *Eucalyptus grandis* on soil physicochemical and microbiological properties [J]. Soil Research, 2012, 50(2): 167-176.
- [22] 刘合明,杨志新,刘树庆. 不同粒径土壤活性有机碳测定方法的探讨[J]. 生态环境, 2008, 17(5): 2046-2049.
- [23] 张保华. 长江上游典型区域森林土壤结构体形成和稳定性机制分析[J]. 聊城大学学报:自然科学版, 2007, 20(1): 12-17.
- [24] 石辉. 转移矩阵法评价土壤团聚体的稳定性[J]. 水土保持通报, 2006, 26(3): 91-95.
- [25] 李阳兵,谢德体. 不同土地利用方式对岩溶山地土壤团粒结构的影响[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 122-125.
- [26] 谢贤健,张继. 巨桉人工林下土壤团聚体稳定性及分形特征[J]. 水土保持学报, 2012, 26(6): 175-179.
- [27] 山仑,徐炳成. 黄土高原半干旱地区建设稳定人工草地的探讨[J]. 草业学报, 2009, 18(2): 1-2.
- [28] 刘敏英,郑子成,李廷轩. 不同植茶年限土壤团聚体的分布特征及稳定性研究[J]. 茶叶科学, 2012, 32(5): 402-410.
- [29] 李阳兵,魏朝富,谢德体,等. 岩溶山区植被破坏前后土壤团聚体分形特征研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 51-55.
- [30] 徐柳斌,陆梅,向仕敏. 滇西山地区桉树林土壤物理性质研究[J]. 山东林业科技, 2007(6): 41-43.
- [31] 石箭华,孟广涛,李品荣,等. 滇中不同植物群落土壤团聚体组成及养分特征[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4): 183-187.
- [32] 张丹桔,张健,杨万勤,等. 一个年龄序列巨桉人工林植物和土壤生物多样性[J]. 生态学报, 2013, 33(13): 3947-3962.