doi: 10.6046/gtzyyg.2020.02.19
引用格式: 武爱彬,赵艳霞,秦彦杰,等.河北生态用地时空格局的地貌分异特征[J].国土资源遥感,2020,32(2):146-153.
(Wu A B, Zhao Y X, Qin Y J. A study of topographical differentiation of ecological land spatial - temporal pattern in Hebei Province [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2020, 32(2): 146-153)

河北生态用地时空格局的地貌分异特征

武爱彬[1,2], 赵艳霞[1], 秦彦杰[1], 沈会涛[1], 李庆辰[1]
(1. 河北省科学院地理科学研究所/河北省地理信息开发应用工程技术研究中心,石家庄　050011;
2. 北京林业大学水土保持学院水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室,北京　100083)

摘要: 生态用地是区域生态服务功能的主要供给者,对控制区域生态环境起到了关键作用,研究河北省生态用地时空格局的地貌分异特征可以为京津冀区域生态用地保护与优化、土地利用规划以及生态战略制定提供科学依据。基于 1990 年、2000 年和 2015 年生态用地遥感解译数据和地貌数据,利用分布指数、信息图谱等方法,分析了河北生态用地时空格局的地貌分异特征。研究表明: ①研究期间河北省生态用地在平原、台地和高原地貌类型区呈劣势分布,在丘陵、低山和中山地貌类型区呈优势分布; ②研究期间林地在台地,其他生态用地在平原、台地、低山和中山地貌类型区空间稳定性极差; 林地在平原,草地在高原,湿地在平原、台地、丘陵和低山,其他生态用地在丘陵和高原地貌类型区空间稳定性较差; 各生态用地类型在其他地貌类型区空间稳定性较好; ③研究期间生态用地变化图谱以稳定型为主,所占比重为 86.75%,在平原、台地和高原地貌类型区呈劣势分布,在低山和中山地貌类型区呈微弱优势分布,在丘陵地貌类型区呈标准分布。河北生态用地空间分布、空间稳定性和变化图谱的地貌特征分异显著,制定生态建设战略规划时应充分考虑区域地貌特征。

关键词: 生态用地; 时空格局; 地貌; 河北
中图法分类号: P 237; F 301.24　**文献标志码**: A　**文章编号**: 1001-070X(2020)02-0146-08

0 引言

地貌是自然环境最基本的组成要素[1],对土地覆被的状态和发展方向起着决定性作用[2]。早在 20 世纪 60 年代,土地利用与地貌类型关系的定性研究已经出现[3],随着遥感和地理信息系统技术的兴起和发展,大大地丰富了土地利用/覆被与地貌关系的研究方法。有关学者围绕两者关系开展了定量分析,研究区域涵盖了东北三省[4]、京津冀[5]、山西省[6]、贵州省[7]、江汉平原[8]、黄土丘陵区[9]、岩溶区[10]、海岸带[11]和黄河三角洲[12]等区域,研究结果普遍证明土地利用/覆被的地貌特征分异显著,地貌类型是土地利用格局及变化的重要影响因素。

生态用地是区域土地中以提供生态系统服务功能为主的土地利用类型,即能够直接或间接改良区域生态环境、改善区域人地关系(如维护生物多样性、保护和改善环境质量、减缓干旱和洪涝灾害、调节气候等多种生态功能)的用地类型[13]。许多学者围绕生态用地内涵与定义[14]、遥感识别[15]、需求测算[16]、格局演变[17]、布局优化[18]及生态系统服务价值[19]等方面开展了广泛研究,但针对生态用地地貌分异特征的研究较少。河北省是京津冀区域的生态环境支撑区,其生态用地格局及变化对维持京津冀区域生态平衡、确保区域生态安全有着重要的影响。河北省地貌类型齐全,内陆、海洋、高原、滨海低平原均存在,是全国地貌的一个缩影。研究河北省生态用地时空格局的地貌分异特征可以为区域生态用地保护与优化、土地利用规划以及生态战略制定提供科学依据,也可为其他区域相关研究提供参考和借鉴。

1 研究区概况和数据源

1.1 研究区概况

本文研究区河北省位于 E113°27′~119°50′,

收稿日期: 2019-03-29; **修订日期**: 2019-05-13
基金项目: 河北省自然科学基金项目"基于多元 logistic 回归与 CLUE-S 模型的坝上高原生态用地格局演变驱动机制与布局优化模拟研究"(编号: D2018302014)、河北省科学院科技攻关项目"乡村振兴战略背景下河北省土地利用转型及生态效应研究"(编号: 19107)和河北省科学院科技攻关项目"基于 3S 矿山废弃地生态修复评价体系与生态交效益研究"(编号:20107)共同资助。
第一作者: 武爱彬(1987-),男,助理研究员,主要研究方向为资源环境遥感与生态学。Email: wu.ai.bin@163.com。

N36°05′ ~ 42°40′之间,陆地总面积为 18.80 × 10^4 km^2。地势西北高、东南低,地貌类型复杂多样,气候属典型的温带大陆性季风气候,年降水量为 200 ~ 700 mm,年均温为 -2 ~ 15℃。至 2017 年末,全省常住总人口为 7 519.52 万人,国民生产总值为 35 964.0 亿元。

1.2　数据来源与处理

本研究采用的 1990 年、2000 年和 2015 年土地覆被数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心[21]。遥感影像信息源为 Landsat TM 和 Landsat8,解译比例尺为 1∶10 万,该解译数据共划分 6 个一级类,25 个二级类。地貌数据源自河北省生态本底数据库,底图为 1∶20 万地形图,采用等角圆锥投影,根据地貌分类选择可用信息经整编后进行遥感图像、地形图资料和专题地图资料转绘而成,将全省陆地地貌划分为高原、中山、低山、丘陵、台地和平原 6 种一级地貌类型。数字高程模型(digital elevation model,DEM)数据来源于河北省生态本底数据库,是由 1∶20 万比例尺矢量化地形图在 ArcGIS 软件中生成的 TIN 三角网栅格化得到。

2　研究方法

2.1　生态用地分类体系

参照参考文献[20]的生态用地分类体系,将河北省生态用地分为草地、林地、湿地和其他生态用地 4 个一级类。其中草地包含高覆盖度草地、中覆盖度草地和低覆盖度草地 3 个二级类;林地包含有林地、灌木林、疏林地和其他林地 4 个二级类;湿地包含河渠、湖泊、水库坑塘、滩涂、滩地和沼泽地 6 个二级类;其他生态用地包含盐碱地 1 个二级类。从遥感影像解译数据中提出研究需要的生态用地类型,1990 年,2000 年和 2015 年河北生态用地分布如图 1 所示。

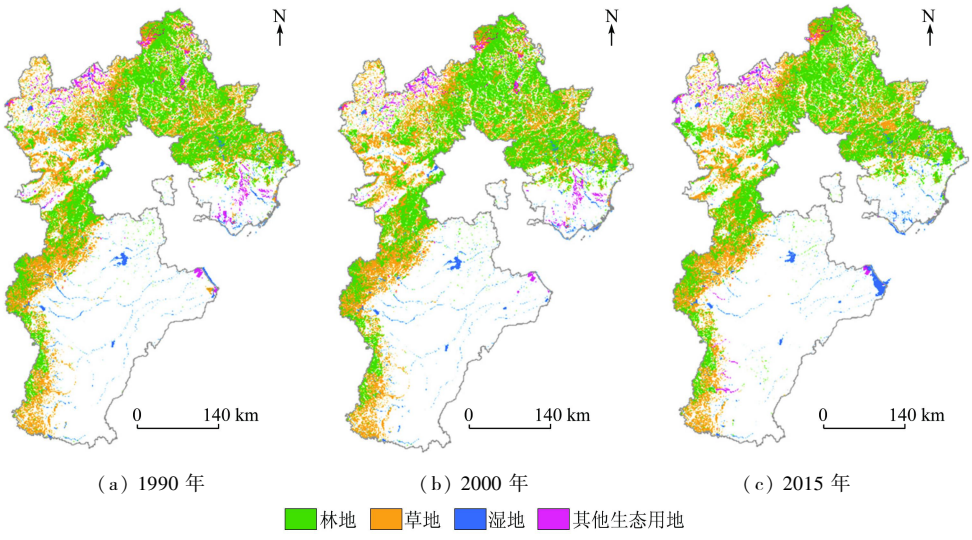


图 1　河北省 1990 年、2000 年和 2015 年生态用地分布

Fig. 1　Spatial distribution of ecological land in Hebei Province in 1990, 2000 and 2015

2.2　分布指数

为避免不同生态用地类型面积对其在不同地貌区间出现频率的影响,本文采用标准化、无量纲的地形分布指数[22]进行生态用地在不同地貌类型间分布特征的比较,即

$$P = \frac{S_{ie}}{S_i} \times \frac{S}{S_e} \quad , \qquad (1)$$

式中:P 为地形分布指数;S_{ie} 为 e 地貌类型上第 i 种生态用地类型的面积,km^2;S_i 为整个研究区内第 i 种生态用地类型的总面积,km^2;S_e 为研究区域 e 地貌类型的总面积,km^2;S 为整个研究区域的面积,km^2。分布指数曲线越平缓,表明某种地类分布与标准分布的偏离越小,其对地貌差异的适宜性越大;反之,则表明某种地类对地貌具有较强的选择性。P 值越大,表明某土地利用类型出现的频率越高,在 $P > 1$ 区间为土地利用类型分布的优势地貌区间。

2.3　土地利用图谱

土地利用图谱是土地利用格局与过程集成研究的有效途径[23-24],本文将生态用地图谱模式[25-27]概括为 5 种类型:①稳定型图谱,生态用地类型在 1990—2015 年期间始终未发生变化;②前期变化型图谱,生态用地类型只在 1990—2000 年间发生转变;③后期变化型图谱,生态用地类型只在 2000—2015 年间发生转变;④反复变化型图谱,生态用地类型在 2000 年发生转变后出现回归(1990 和 2015 年生态用地类型相同);⑤持续变化型图谱,生态用地类型持续发生变化(1990 年、2000 年和 2015 年生

态用地类型皆不同)。

3　结果与分析

3.1　生态用地分布格局的地貌分异特征分析

1990—2015 年期间,河北省生态用地数量不断减少,由 1990 年的 7.68×10^4 km^2 下降到 2015 年的 7.45×10^4 km^2,变化幅度为 -2.94%。其中林地数量略有增加,草地、湿地数量减少,其他生态用地数量锐减,变化幅度分别为 1.34%,-5.35%,-3.18% 和 -37.74%。生态用地数量在各地貌类型区都在减少,其中平原地貌类型区变化幅度最大,减少幅度为 -9.69%;中山地貌类型区变化幅度最小,为 -1.14%。

1990—2015 年期间生态用地整体分布指数在各地貌类型分异显著,如图 2 所示。在平原、台地和高原地貌类型区呈劣势分布;而在丘陵、低山和中山地貌类型区呈优势分布。其中在平原和高原地貌类型区分布指数略有减小,说明分布劣势在逐渐增大,在低山和中山地貌类型区分布指数略有增加,说明分布优势在逐渐增大,在台地和丘陵地貌类型区基本保持稳定。

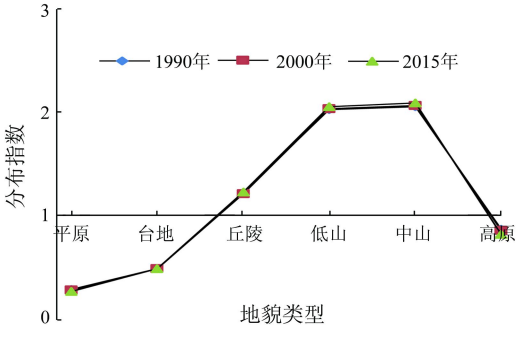
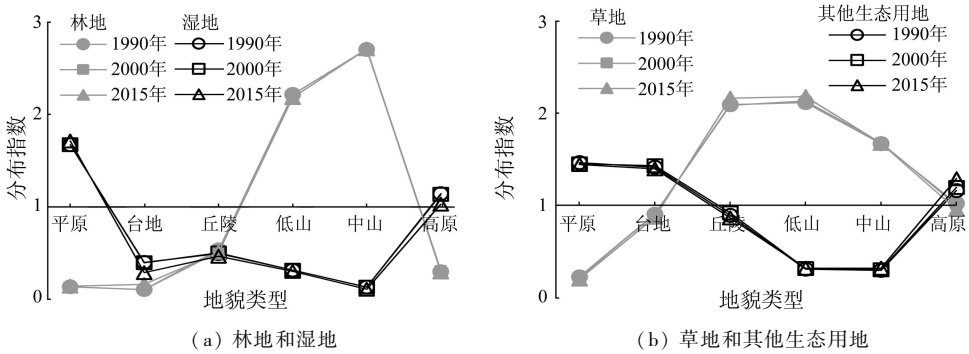


图 2　1990—2015 年河北不同地貌类型区生态用地分布指数

Fig. 2　Distribution index of ecological land in different geomorphological type of Hebei Province from 1990 to 2015

各生态用地类型分布指数变化如图 3 所示。林地在低山和中山地貌类型区呈优势分布,在其他地貌类型区呈劣势分布,其中在平原和台地地貌类型区分布指数均小于 0.20,呈现绝对劣势分布。1990—2000 年期间,林地分布指数在丘陵地貌类型区略有减少,在高原地貌类型区略有增加,在其他地貌类型区保持稳定;2000—2015 年期间,平原和台地地貌类型区的林地分布指数在增大,丘陵、低山和高原的林地分布指数在减小,中山地貌的保持不变,表明这期间林地在平原和台地地貌类型区的分布劣势在减小,在丘陵和高原地貌类型区的分布劣势在增大,在低山地貌类型区的分布优势减小,在中山地貌类型区分布优势保持稳定。草地在平原、台地地貌类型区呈劣势分布,在丘陵、低山和中山地貌类型区呈优势分布,在高原地貌类型区接近标准正态分布。研究期间,草地的分布指数在平原、台地和高原地貌类型区减小,在丘陵和低山地貌类型区增大,说明其在平原和台地地貌类型区的分布劣势增加,在丘陵和低山地貌类型区分布优势增大,在中山地貌类型区分布优势保持稳定,在高原地貌类型区由微弱优势分布变为微弱劣势分布。湿地在平原和高原地貌类型区呈优势分布,在台地、丘陵、低山和中山地貌类型区呈劣势分布。1990—2000 年期间,湿地在各地貌类型区分布保持稳定;2000—2015 年期间,湿地在平原地貌类型区分布优势增大,在高原地貌类型区分布优势减小,在台地、丘陵、低山和中山地貌类型区分布劣势增大。其他生态用地在平原、台地和高原地貌类型区呈优势分布,在丘陵、低山和中山地貌类型区呈劣势分布。研究期间,其他生态用地在平原地貌类型区分布优势下降,在高原地貌类型区分布优势提高,在其他地貌类型区保持稳定。



(a) 林地和湿地　　(b) 草地和其他生态用地

图 3　1990—2015 年河北不同地貌类型区各生态用地类型分布指数

Fig. 3　Distribution index of each ecological land type in different geomorphological type of Hebei Province from 1990 to 2015

3.2　生态用地转移的地貌分异特征分析

各土地利用类型保持自身面积不变的比例即保留率,可比较分析不同土地利用类型在研究时段内的稳定性情况[28],某一土地利用类型保留率越大,其空间稳定性也越大。将 1990 年、2015 年生态用地分布图与地貌图叠加分析、统计可得到不同地貌

类型区生态用地转移的数量特征,如表 1 所示。由表 1 可知,林地的空间稳定型最强,其次为草地和湿地,其他生态用地的空间稳定性最差。

表 1　河北省生态用地 1990—2015 年保留率

Tab. 1　Preservation rate of ecological land types in Hebei Province from 1990 to 2015　　(%)

生态用地类型	河北省	平原	台地	丘陵	低山	中山	高原
林地	94.18	81.27	58.98	90.05	96.59	95.04	88.33
草地	93.64	91.34	91.67	93.37	95.97	92.45	86.30
湿地	71.60	68.57	79.40	72.88	80.08	88.42	91.98
其他生态用地	65.81	56.42	50.54	71.23	42.50	34.03	76.70

由表 1 可知,林地在低山和中山地貌类型区空间稳定性最好,其次为丘陵和平原地貌类型区,在台地地貌类型区空间稳定性最差。草地除在高原地貌类型区空间稳定性略差,在其他地貌类型区都较好。湿地在高原和中山地貌类型区空间稳定性最好,其次为低山和台地,在丘陵和平原地貌类型区最差。其他生态用地在高原和丘陵地貌类型区空间稳定性较差,在其他地貌类型区均极差。1990—2015 年期间,林地在台地地貌类型区、其他生态用地在平原、台地、低山和中山地貌类型区空间稳定性极差;林地在平原地貌类型区、草地在高原地貌类型区、湿地在平原、台地、丘陵和低山地貌类型区、其他生态用地在丘陵和高原地貌类型区空间稳定性较差;各生态用地类型在其他地貌类型区空间稳定性较好。

3.3　生态用地图谱的地貌分异特征分析

1990—2015 年期间生态用地变化图谱分布,由图 4 可知,该时间段内以稳定型为主,所占比重为 86.75%;其次为后期变化型,所占比重为 11.73%;前期变化型、持续变化型和反复变化型所占比重很小,分别为 0.99%,0.31% 和 0.22%。

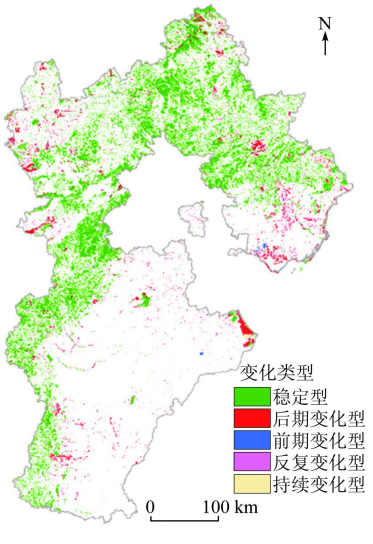


图 4　1990—2015 年河北生态用地变化图谱分布

Fig. 4　Ecological land geo - informatics map of Hebei Pronvince from 1990 to 2015

1990—2015 年间河北生态用地图谱类型在不同地貌类型中的分布指数如图 5 所示。土地利用稳定型在平原、台地和高原地貌类型区呈劣势分布,在低山和中山地貌类型区呈微弱优势分布,在丘陵地貌类型区呈标准分布;土地利用前期变化型在平原、台地、丘陵和高原地貌类型区呈优势分布,在低山和中山地貌类型区呈劣势分布;生态用地后期变化型在平原、台地和高原地貌类型区呈优势分布,在丘陵、低山和中山地貌类型区呈劣势分布;反复变化类型在平原、台地和丘陵地貌类型区呈优势分布,在低山、中山和高原类型区呈劣势分布;持续变化型在平原呈绝对优势分布,在其他地貌类型呈劣势分布。

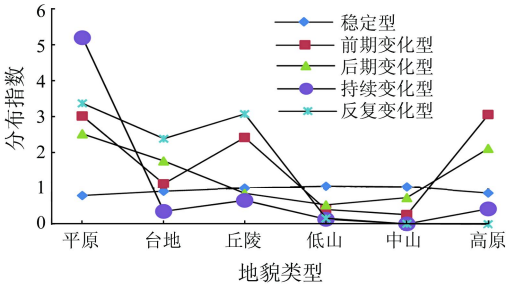


图 5　1990—2015 年河北生态用地图谱类型分布指数

Fig. 5　Distribution index of ecological land geo - informatics type in different geomorphological type of Hebei Province from 1990 to 2015

研究区生态用地变化图谱统计结果如表 2 所示(变化类型中 0 表示非生态用地,1 表示林地,2 表示草地,3 表示湿地,4 表示其他生态用地,例如表中 2 - 2 - 2 即“草地 - 草地 - 草地”,代表 3 个时期的生态用地类型都是草地)。生态用地变化图谱稳定型以“林地 - 林地 - 林地”和“草地 - 草地 - 草地”为主,其所占比重分别为 51.01% 和 43.87%;前期变化型、后期变化型、反复变化型和持续变化型中最大变化类型分别为“草地 - 非生态用地 - 非生态用地”、“草地 - 草地 - 非生态用地”、“湿地 - 非生态用地 - 湿地”和“草地 - 非生态用地 - 湿地”,所占各变化图谱类型比重分别为 26.74%,19.62%,25.98% 和 33.72%。

平原、台地、丘陵和高原地貌类型区稳定型最大变化类型均为“草地 - 草地 - 草地”,低山和中山稳定型最大变化类型为“林地 - 林地 - 林地”,与林地和草地的优势分布地貌类型保持一致。前期变化型图谱中,平原最大变化类型为“其他生态用地 - 非生态用地 - 非生态用地”,由于开垦耕地、建设用地急剧扩张导致,台地、丘陵、中山和高原最大变化类型为“草地 - 非生态用地 - 非生态用地”,草地退化

表 2　研究区生态用地变化图谱统计

Tab. 2　TUPU analysis of ecological land change in study area

地貌类型	稳定型		前期变化型		后期变化型		反复变化型		持续变化型	
	最大变化类型	比重/%	最大变化类型	比重/%	最大变化类型	比重/%	最大变化类型	比重/%	最大变化类型	比重/%
平原	2 - 2 - 2	39.31	4 - 0 - 0	19.83	3 - 3 - 0	21.37	0 - 4 - 0	37.66	4 - 0 - 3	40.51
台地	2 - 2 - 2	84.58	2 - 0 - 0	60.26	2 - 2 - 0	31.93	2 - 0 - 2	56.50	2 - 1 - 0	47.83
丘陵	2 - 2 - 2	77.54	2 - 0 - 0	38.36	2 - 2 - 0	31.93	2 - 0 - 2	49.12	2 - 0 - 1	61.39
低山	1 - 1 - 1	53.43	1 - 2 - 2	36.79	2 - 2 - 0	23.85	3 - 0 - 3	55.46	2 - 0 - 1	83.08
中山	1 - 1 - 1	65.51	2 - 0 - 0	49.03	2 - 2 - 1	28.17	1 - 0 - 1	95.45	1 - 0 - 4	74.16
高原	2 - 2 - 2	51.79	2 - 0 - 0	43.27	2 - 2 - 0	27.76	0 - 2 - 0	60.00	2 - 1 - 0	42.28

问题凸显；低山最大变化类型为“林地 - 草地 - 草地”。后期变化型图谱中，草地向其他地类转化最为活跃，平原最大变化图谱类型为“湿地 - 湿地 - 非生态用地”；台地、丘陵、低山和高原最大变化图谱类型为“草地 - 草地 - 非生态用地”，表明了草地持续退化趋势；中山最大变化图谱类型为“草地 - 草地 - 林地”。反复变化型图谱中，平原最大变化图谱类型为“非生态用地 - 其他生态用地 - 非生态用地”；台地和丘陵最大变化类型为“草地 - 非生态用地 - 草地”，退耕还草；低山最大变化类型为“湿地 - 非生态用地 - 湿地”；中山最大变类型为“林地 - 非生态用地 - 林地”，说明 2000 年以后生态林建设取得一定成效；高原最大变化类型为“非生态用地 - 草地 - 非生态用地”，退耕还草出现反复。持续变化型图谱中，平原最大变化类型为“其他生态用地 - 非生态用地 - 湿地”；台地和高原最大变化类型为“草地 - 林地 - 非生态用地”；丘陵和低山“草地 - 非生态用地 - 林地”；中山为“林地 - 非生态用地 - 其他生态用地”，林地、草地和非生态用地之间的转换更为活跃。

4　讨论

地貌是构成土地综合体的重要因子，通过光照、降水、热量、水土流失和土壤质地等生态因素直接制约了土地覆被的形成与演变。高原地貌由于地貌、气候等因素对该区的综合作用，形成了以草原为主体的脆弱生态系统，1990—2015 年期间草地的持续减少，造成土地风蚀沙化，地表聚盐碱化以及水土流失加剧，土壤肥力下降，环境恶化等一系列反应，使生态平衡失调。2000 年以后由于气候灾害频发等自然因素和人口数量剧增、耕地尤其是水浇地面积不断增大等人为因素，湿地面积开始减少，作为京、津地区的水源保护地带，水环境胁迫、水环境污染等问题逐渐严重。必须加大森林/草原生态交错带的生态恢复与治理的力度，严格控制过度放牧，促进“舍饲禁牧”发展。

中山地貌坡度陡峻，属大陆性季风气候，四季分明，雨热同季。生物多样性丰富，植被保护良好，分布有多处国家级、省级自然保护区和森林公园。1990—2015 年期间，林地、草地处于优势分布地位，且数量保持稳定。该区域在保持水土、涵养水源，保护生物多样性等生态系统服务功能中起着重要作用，其生态功能的好坏直接影响京津地区的生态安全，需要大力开展水土流失治理和河流生态综合整治，建设河流生态廊道，推广农业节水，严控新增高耗水经济作物种植面积，加强饮用水水源地保护，积极推动区域水域生态补偿机制。

低山地貌位于中山的外侧或周围，林地分布虽占有优势，但在现有林地中以人工和人工次生林为主，幼、中龄林地占的比例大，林相单一，森林生态功能低；矿产资源丰富地区，矿产开采业已成规模，但生态恢复措施未跟上，水土流失，尾矿堆放问题地表形态景观破坏严重。

丘陵地貌植被稀少，土层薄，光山秃岭多，大部分地区为土壤中度侵蚀。需重视封山育草，以草促林、促木，增加植被覆盖率，提高源头水源涵养能力，保护水库及周边水环境。

台地地貌森林覆盖率较低、森林生态系统的结构不稳定，水土流失极敏感区域，该区域水蚀、风蚀、土地沙化严重，在退耕还林还草的同时，应把小流域综合治理工作作为防沙治沙工程的首要措施，修整梯田、坝地，兴建小型蓄水和集水灌溉工程，实施造林绿化，建设水源涵养林、水土保持林和优质牧草地，通过工程和生物措施相结合的办法，使水土流失面积逐步减少，侵蚀强度逐步降低。平原地貌土层深厚，地势平坦，适合人类活动，耕地、建设用地等生产生活用地呈优势分布，林地、草地呈绝对劣势分布，由于白洋淀、衡水湖、黑龙港等湖泊沼泽存在，湿地呈优势分布。研究期间生态用地的变化主要为其他生态用地和非生态用地之间的转变，2000 年以后，由于生态补水等措施，湿地的分布优势略有增大。应注重农田林网绿化工程建设，退耕还湖还河还水，严禁向河道、湖泊、湿地保护区排污。加大重

点河段和湿地保护区的水污染治理力度。

从区域上说,河北省西北坝上高原地貌区应以防风固沙和涵养水源为主,注重草地改良,营造防风护沙林,恢复湖淖湿地,构建绿色生态屏障。西部太行山区和北部燕山山区为中山和低山地貌集中分布区,应加快推进京津风沙源治理、太行山绿化、退耕还林和水土保持等生态工程建设,大力营造水源涵养林和水土保持林,注重恢复矿山生态环境和建设生态经济型防护林。中东部平原地貌区应全面实施地下水超采综合治理,推进跨流域引水调水,恢复地下水战略储备与生态功能。恢复和扩大白洋淀湿地与衡水湖湿地的生态功能,增大绿地面积,扩大生态空间。

5　结论

本研究基于 1990 年、2000 年和 2015 年生态用地遥感解译数据和地貌数据,利用分布指数、信息图谱等方法,分析了河北省生态用地时空格局的地貌分异特征,主要结论如下:

1)研究期间河北省生态用地空间分布地貌分异显著。生态用地在平原、台地和高原地貌类型区呈劣势分布,在丘陵、低山和中山地貌类型区呈优势分布。其中林地在在低山和中山地貌类型区呈优势分布,草地在在丘陵、低山和中山地貌类型区呈优势分布,湿地在平原和高原地貌类型区呈优势分布,其他生态用地在平原、台地和高原地貌类型区呈优势分布。

2)研究期间各生态用地类型空间稳定性的地貌分异特征显著。林地在台地地貌类型区、其他生态用地在平原、台地、低山和中山地貌类型区空间稳定性极差;林地在平原地貌类型区、草地在高原地貌类型区、湿地在平原、台地、丘陵和低山地貌类型区、其他生态用地在丘陵和高原地貌类型区空间稳定性较差;各生态用地类型在其他地貌类型区空间稳定性较好。

3)研究期间生态用地变化图谱的地貌分异特征显著。生态用地变化图谱以稳定型为主,所占比重为 86.75%,在平原、台地和高原地貌类型区呈劣势分布,在低山和中山地貌类型区呈微弱优势分布,在丘陵地貌类型区呈标准分布。土地利用前期变化型在平原、台地、丘陵和高原地貌类型区呈优势分布,生态用地后期变化型在平原、台地和高原地貌类型区呈优势分布,反复变化类型在平原、台地和丘陵地貌类型区呈优势分布,持续变化型在平原呈绝对优势分布。

4)目前,学界对生态用地尚未有统一的定义,由于尺度性和区域性的不同,对生态用地的分类体系也有所不同。本研究基于河北省的复杂地貌特征,研究了生态用地时空格局的地貌分异,可为其他区域相关研究提供参考和借鉴。

参考文献(References):

[1] 李炳元,潘保田,程维明,等. 中国地貌区划新论[J]. 地理学报,2013,68(3):292 - 302.
Li B Y,Pan B T,Cheng W N,et al. Research on geomorphological regionalization of China[J]. Acta Georaphica Sinica,2013,68(3):292 - 302.

[2] 陈述彭. 地学的探索(第一卷)地理学[M]. 北京:科学出版社,1990.
Chen S P. Exploration in geo - science(the first volume) geography[M]. Beijing:Science Press,1990.

[3] 包浩生. 江宁县横溪人民公社地貌类型及其土地利用[J]. 南京大学学报(自然科学版),1963(15),67 - 73.
Bao H S. Geomorphological types and land use of Hengxi People's Commune in Jiangning County[J]. Journal of Nanjing University(Natural Science),1963(15):67 - 73.

[4] 王学志,张正祥,盛连喜,等. 基于地貌特征的东北土地利用格局[J]. 生态学杂志,2010,29(12):2444 - 2451.
Wang X Z,Zhang Z X,Sheng L X,et al. Land use patterns in Northeast China based on landform characteristics[J]. Chinese Journal of Ecology,2010,29(12):2444 - 2451.

[5] 赵 敏,程维明,黄 坤,等. 基于地貌类型单元的京津冀近 10a 土地覆被变化研究[J]. 自然资源学报,2016,31(2):252 - 264.
Zhao M,Cheng W M,Huang Kun,et al. Research on land cover change in Beijing - Tianjin - Hebei region during the last 10 years based on different geomorphic units[J]. Journal of Natural Resources,2016,31(2):252 - 264.

[6] 何维灿,赵尚民,程维明. 山西省不同地貌形态类型区土地覆被变化的 GIS 分析[J]. 地球信息科学学报,2016,18(2):210 - 219.
He S W,Zhao S M,Cheng W M. Analysis of land cover change on basic geomorphic types in Shanxi Province[J]. Journal of Geo - information Science,2016,18(2):210 - 219.

[7] 韩会庆,杨广斌,张凤太. 基于地貌特征的贵州省土地利用时空变化分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2015,39(5):99 - 105.
Han H Q,Yang G B,Zhang F T. Spatio - temporal analysis of land use changes in Guizhou Province based on landform characteristics[J]. Journal of Nanjing Forestry University(Natural Sciences Edition),2015,39(5):99 - 105.

[8] 潘方杰,王宏志,李仁东. 微地貌制约下江汉平原土地利用分异特征及变化方向[J]. 地域研究与开发,2018,37(1):138 - 142.
Pan F J,Wang H Z,Li R D. Fractal characteristics and change direction of land use restricted by Micro - landform of the Jianghan Plain[J]. Aeral Research Development,2018,37(1):138 - 142.

[9] 方 炫,曹建军,那嘉明,等. 黄土丘陵区土地利用变化的微地

貌分异研究——以宁夏固原河川乡为例[J]. 地理与地理信息科学,2017,33(4):113 - 118.
Fang X,Cao J J,Na J M,et al. Spatial patterns of land use changes in different micro - geomorphic types of loess hilly area: A case study of Hechuan town in Ningxia Hui Autonomous region[J]. Geography and Geo - Information Science,2017,33(4):113 - 118.

[10] 蔡广鹏,张朝琼. 岩溶山区不同地貌形态的土地利用变化比较分析[J]. 四川农业大学学报,2015,33(4):392 - 398.
Cai G P, Zhang C Q. Temporal and spatial analysis of land use changes based on the topography[J]. Journal of Sichuan Agricultural University,2015,33(4):392 - 398.

[11] 薛振山,苏奋振,杨晓梅,等. 珠江口海岸带地貌特征对土地利用动态变化影响[J]. 热带地理,2012,32(4):409 - 415.
Xue Z S,Su F Z,Yang X M,et al. Dynamic change of land use in coastal zone of the pearl river estuary - with landform analysis[J]. Tropical Geography,2012,32(4):409 - 415.

[12] 汪小钦,王钦敏,励惠国,等. 黄河三角洲土地利用/覆盖变化的微地貌区域分异[J]. 地理科学,2008,28(4):513 - 517.
Wang X Q,Wang Q Q,Li H G,et al. Spatial pattern of LUCC in different micro - geomorphic types of Huanghe Kiver Delta[J]. Scientia Geographic Sintica,2008,28(4):513 - 517.

[13] 邓红兵,陈春娣,刘 昕,等. 区域生态用地的概念及分类[J]. 生态学报,2009,29(3):1519 - 1524.
Deng H B,Chen C D,Liu X,et al. Conception and function classification of regional ecological land[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009,29(3):1519 - 1524.

[14] 喻 锋,李晓波,张 君,等. 中国生态用地研究:内涵、分类与时空格局[J]. 生态学报,2015,35(14):4931 - 4943.
Yu F,Li X B,Zhang J,et al. Study of ecological land in Cliina: Conception,classification,and spatial - temporal pattern[J]. Acta Ecologica Sinica,2015,35(14):4931 - 4943.

[15] 周 锐,工新军,苏海龙,等. 平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建[J]. 生态学报,2015,35(6):2003 - 2012.
Zhou R,Gong X J,Su H L,et al. Identification and security pattern of ecological land in Pingdingslian newly developed area[J]. Acta Ecologica Sinica,2015,35(6):2003 - 2012.

[16] 彭 建,汪 安,刘众序,等. 城市生态用地需求测算研究进展与展望[J]. 地理学报,2015,70(2):333 - 346.
Peng J,Wang A,Liu Z X,et al. Research progress and prospect on measuring urban ecological land demand[J]. Acta Georaphica Sinica,2015,70(2):333 - 346.

[17] 周 锐,胡远满,王新军,等. 快速城镇化地区生态用地演变及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(6):1012 - 1020.
Zhou R,Hu Y M,Wang X J,et al. Change characteristics of ecological land and its driving factors in rapidly urbanizing region[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2015,24(6): 1012 - 1020.

[18] 程迎轩,王红梅,刘光盛,等. 基于最小累计阻力模型的生态用地空间布局优化[J]. 农业工程学报,2016,32(16):248 - 257.
Cheng Y X,Wang H M,Liu G S,et al. Spatial layout optimization for ecological land based on minimum cumulative resistance model [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2016,32(16):248 - 257.

[19] 张 鸢,高松峰,高成全,等. 近 20 年平顶山市生态用地及其生态系统服务演变[J]. 生态科学,2018,37(3):159 - 168.
Zhang Qian,Gao S F,Gao C Q,et al. Ecological land of Pingdingshan city and its ecosystem services evolution over the past 20 years [J]. Ecological Science,2018,37(3):159 - 168.

[20] 武爱彬,赵艳霞. 坝上高原生态用地时空格局演变与生态系统服务价值分析[J]. 农业工程学报,2017,33(2):283 - 290.
Wu A B,Zhao Y X. Analysis of ecological land pattern evolution and ecosystem service value in Bashang plateau[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2017,33(2): 283 - 290.

[21] 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.
Liu J Y,Kuang W H,Zhang Z X,et al. Spatiao temporal characteristics, patterns and causes of land - use changes in China since the late 1980s[J]. Journal of Geographical Sciences,2014,69(1):3 - 14.

[22] 喻 红,曾 辉,江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学,2001,21(1):64 - 69.
Yu H,Zeng H,Jiang Z Y. Study on distribution characteristics of landscape elements along the terrain gradient[J]. Scientia Geographica Sinica,2001,21(1):64 - 69.

[23] 龚文峰,孔 达,范文义,等. 松花江流域哈尔滨段土地利用时空格局演变特征分析[J]. 农业工程学报,2009,25(8):249 - 255.
Gong W F,Kong D,Fan W Y,et al. Characteristic analysis of spatio - temporal pattern evolution of land use in Harbin region of Songhuajiang watershed[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2009,25(8):249 - 255.

[24] 张国坤,邓 伟,张洪岩,等新开河流域土地利用格局变化图谱分析[J]. 地理学报,2010,65(9):1111 - 1120.
Zhang G K,Deng W,Zhang H Y,et al. The TUPU analysis of land use pattern in Xinkai river basin[J]. Acta Geographica Sinica, 2010,65(9):1111 - 1120.

[25] 孙丕苓,许月卿,王数. 环京津贫困带土地利用变化的地形梯度效应分析[J]. 农业工程学报,2014,30(14):277 - 288.
Sun P L,Xu Y Q,Wang S. Terrain gradient effect analysis of land use change in poverty area around Beijing and Tianjin[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2014,30 (14):277 - 288.

[26] 张 静,任志远. 秦巴山区土地利用时空格局及地形梯度效应[J]. 农业工程学报,2016,32(14):250 - 257.
Zhang J,Ren Z Y. Spatio temporal pattern and terrain gradient effect of land use change in Qinling - Bashan mountains[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016,32(14):250 - 257.

[27] 李京京,吕哲敏,石小平,等. 基于地形梯度的汾河流域土地利用时空变化分析[J]. 农业工程学报,2016,32(7):230 - 236.
Li J J,Li Z M,Shi X P,et al. Spatiotemporal variations analysis for land use in Fen River Basin based on terrain gradient[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2016,32 (7):230 - 236.

[28] 贾宝全,王 成,马玉峰. 赤峰市松山区土地利用动态变化及其原因分析[J]. 干旱区研究,2004,21(3):235 - 239.
Jia B Q,Wang C,Ma Y F. Analysis on land use change and its

driving factors in Songshan district, Chifeng City, Inner Mongolia [J]. Arid Zone Research, 2004, 21(3): 235 – 239.

A study of topographical differentiation of ecological land spatial – temporal pattern in Hebei Province

WU Aibin[1,2], ZHAO Yanxia[1], QIN Yanjie[1], SHEN Huitao[1], LI Qinchen[1]

(1. *Institute of Geographical Sciences Hebei Academy of Sciences/ Hebei Engineering Research Center for Geographic Information Application*, *Shijiazhaung* 050011, *China*; 2. *Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Control of Ministry of Education*, *College of Soil and Water Conservation*, *Beijimg Forestry University*, *Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Ecological land is connected with human social development and natural ecological succession based on the inherent correlation between land use and land cover. Studying the topographical differentiation of ecological land spatial – temporal pattern in Hebei Province can provide scientific basis for the protection and optimization of ecological land in Beijing – Tianjin – Hebei region. Based on land use data of Hebei Province obtained in 1990, 2000 and 2015, the authors used GIS technology to analyze the topographical differentiation of ecological land spatial – temporal pattern in Hebei Province. The conclusions are as follows: ① The advantageous distribution topographical types of ecological land are hills, low mountain and middle mountain, while the advantageous distribution topographical types of forest are low mountain and middle mountain, the advantageous distribution topographical types of grassland are hills, low mountain and middle mountain, the advantageous distribution topographical types of wetland are plains and plateau, the advantageous distribution topographical types of other ecological land are plains, platform and plateau. ② During the study period, the forest in the platform and the other ecological land in plain, platform, low mountain and mid – mountain landform types had extremely poor spatial stability. ③ According to the land use change TUPU, the stable type is the primary land use change type, accounting for 86.75% of the whole catchment. The low mountain and middle mountain are the advantageous distribution topographical types for the stability, while the plain, platform, hill and plateau are the advantageous distribution topographical types for the prophase kind, the plain, platform and plateau are the advantageous distribution topographical types for the anaphase kind, the plain, platform and hill are the advantageous distribution topographical types for the repetitive kind, and the plain is the advantage distribution topographical type for the constant kind. The topographical differentiation of ecological land distribution, spatial stability and TUPU are significant.

Keywords: ecological land; spatial – temporal pattern; topographical; Hebei

(责任编辑: 李 瑜)