丹江流域陕西片土地利用空间分异性特征研究

刘晓君[1]，李占斌[1,2]，李 鹏[2]

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所，陕西 杨凌 712100；
2. 西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室，陕西 西安 710048)

摘 要：应用遥感与地理信息系统技术，通过矢量数据和栅格数据的转换和数据叠加方法，研究了丹江流域陕西片不同高程、坡度、坡向及起伏度 4 种地形因子下的土地利用/覆盖特征及其多样化指数。结果表明，丹江流域土地利用类型以草地为主；除水域外各种土地利用类型随高程分布特征均呈现明显的峰值特征，其中耕地、林地以及草地在海拔 800～1 200 m 内面积比重较大；15°～25°坡度上各土地利用面积比重最大；坡向对土地利用类型分布的影响较小；海拔 200～300 m 是林地和草地 2 种地类共同的起伏度临界区间。研究结果反映了土地利用变化过程及其自然驱动力影响特征，为进一步研究丹江流域土地利用结构调整和水土保持措施规划提供了科学依据与理论支持。

关键词：地理信息系统；土地利用；地形因子；空间分析；多样化指数

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2012)01-0201-06 **中图分类号**：S157

Characteristics of Spatial Landuse Variation in Danjiang River Basin of Shaanxi Province

LIU Xiao-jun[1], LI Zhan-bin[1,2], LI Peng[2]

(1. *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 2. *Key Laboratory of Northwest Water Resources and Environmental Ecology of the Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi* 710048, *China*)

Abstract: Land use/coverage characteristics and diversity indexes under different elevations, slopes, aspects and relief amplitudes in Danjiang River basin of Shaanxi Province were studied using RS and GIS techniques through the format conversion and identity between vector data and grid data. Results indicated that in Danjiang River basin, grassland was dominated in all the landuse types. The distributions of landuse types except water surface presented significant peaks with increased elevation. The areal proportion for cropland, forest, and grassland at the elevations from 800 to 1 200 m was the largest; the areal proportion of landuse types on 15°～25° slopes was the largest; slope aspect had little effect on the landuse distribution; and 200～300 m altitude was the common critical interval of relief amplitudes for forest and grassland. Result from the study not only reflects the landuse changes and the influence of natural driving factors, but also favors the further study of landuse structural adjustment and soli and water conversation planning in Danjiang River basin.

Keywords: geographic information system; landuse; terrain factor; spatial analysis; diversity index

20 世纪 90 年代以来，以土地利用/土地覆被变化为基础的地形分异性研究在全球范围内逐渐受到关注[1-3]。土地利用格局与环境因子相结合，综合研究区域尺度上土地利用的变化，已成为近年来土地利用/土地覆被变化研究的重点[4-5]。地形作为影响土地利用的重要因素，不仅为土地利用的形成提供基础，其空间分布也影响着地表物质和能量的变化，从而影响着土地利用的演变过程。其中高度、坡度、坡向和起伏度是描述地形地貌基本特征的 4 个重要环境要素，直接影响土地利用方式和土地承载力。尤其在多山地区，温度、光照、水分和土壤的时分配在很大程度上受高程、坡度、坡向和起伏度 4 种地形因子的

收稿日期：2011-03-21 修回日期：2011-05-30
资助项目：陕西教育厅科研项目“淤地坝泥沙沉积与侵蚀产沙耦合关系研究”(06JK215)；陕西省教育厅重点实验室项目“丹汉江水源区水土流失非点源污染过程与调控”(09JS094)；国家自然科学基金项目“植被格局对坡沟水蚀过程调控机理研究”(41071182)
作者简介：刘晓君(1988—)，女(汉族)，山东省泰安市人，在读博士，主要从事非点源污染与土壤侵蚀研究。E-mail：Liuxiaojun.lxj@163.com。
通信作者：李占斌(1962—)，男(汉族)，河南省镇平县人，教授，博士生导师，研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail：zbli@126.com。

影响，进而决定土地利用的方向和方式以及变化趋势[6-8]。因此，开展土地利用空间分布与地形因子分布格局关系的研究，对于探讨土地利用变化过程及驱动力具有重要意义，有助于科学规划土地利用，调整农业结构，从而揭示人类活动对自然环境的影响。

丹江是长江一级支流汉江的重要支流，是我国南水北调的重要水源区，由于人为活动频繁，土地利用方式具有明显的动态变化特征。为此，本文选取丹江流域陕西片为研究对象，以地理信息系统(GIS)为平台，利用遥感数据成图研究流域土地利用/土地覆被在海拔、坡度、坡向、起伏度等方面的空间分异性特征，及各地形因子下的土地利用类型的多样化指数，探讨丹江流域土地利用格局分布演变的自然驱动力，以期为区域土地利用规划与管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

丹江流域是长江中游北侧汉水的一条重要支流，它发源于陕西省秦岭南麓，途径陕西省的商州、丹凤、商南县、河南省的淅川县后汇入湖北丹江口水库。丹江流域面积 16 812 km^2，干流全长 287 km，其中在陕西省境内流域面积为 7 119 km^2，长 243.5 km。

丹江流域地形由西北向东南降低并敞开，具有亚热带气候和暖湿带气候特点。冬季寒冷少雪，春季干旱多风，夏季炎热局地暴雨较多，秋季阴雨连绵。年平均气温由北向南、由西向东递增，多年平均气温为 11～14 ℃。受气候和地形的影响，研究区年平均降水量为 743.5 mm，降水分布极不均匀，年降水量随地形高度增加而递增。流域内植被较好，多为次生林，地貌起伏变化很大，山大沟深，一般相对高度在 600～1 200 m。

1.2 数据来源

研究采用的土地利用数据为 1∶10 万中国土地利用图，来源于国家自然科学基金委员会“中国西部环境与生态科学数据中心”(http://westdc.westgis.ac.cn)，该数据应用 Landsat MSS，TM 和 ETM 信息源，主要通过全国各地的相关专家根据对图像光谱、纹理、色调等的认识并结合地形图目视解译而成。该数据库经过了野外实地考察验证，精度达到 95%[9]。

DEM 数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(http://datamirror.csdb.cn，覆盖区域内空间分辨率为 30 m，投影为 UTM 的数字高程数据产品。数据下载后利用 ERDAS 9.1 软件进行拼接和裁剪，生成研究区 DEM。

1.3 研究方法

根据研究区地形条件及土地利用分布情况，利用 ArcGIS 9.3 软件将高程、坡度、坡向及起伏度进行分级，得到丹江流域陕西片地形因子专题图。借助 ERDAS 对土地利用图和各地形因子专题图进行叠加分析，得到土地利用类型与各地形因子之间的关系。本研究引用吉布斯—马丁(Gibbs—Mirtin)的多样化指数模型来度量土地利用类型的多样化程度[10-11]，其模型为：

$$GM=1-\sum_{i=1}^{n}S_i^2/(\sum_{i=1}^{n}S_i)^2$$

式中：GM——土地利用类型的多样化指数；S_i——第 i 种土地利用类型的面积。从公式中可以看出，GM 的取值范围为 0～1，其值越接近于 1，说明该区土地利用类型的多样化程度越高；若该区仅一种土地利用类型，则 GM 值为 0。根据 GIS 生成的专题图统计分析出不同高程、坡度、坡向和起伏度下的土地利用类型多样化指数。

2 结果与讨论

2.1 土地利用/土地覆被的基本特征

利用 1∶10 万土地利用类型图，借助 ArcGIS 9.3的属性查询功能，统计分析出丹江流域陕西片各种土地利用类型的面积分布情况(表 1)。从表 1 中可以看出，该区土地利用类型以草地为主，其面积占研究区总面积的 41.15%，而耕地和林地的面积也占有较大比例，分别为 22.46%和 35.58%；其他土地利用类型所占比例较小，仅有 0.82%。根据吉布斯—马丁(Gibbs—Mirtin)多样化指数方程计算可知，该区土地利用类型多样化指数为 0.65，说明该区内土地利用类型较丰富。

表 1 丹江流域陕西片土地利用/土地覆被基本特征

类 型	面积/km^2	比例/%	斑块个数	斑块平均面积/m^2
耕 地	1 598.67	22.46	1 536	1 040 798.59
林 地	2 532.77	35.58	2 531	1 000 698.99
草 地	2 929.40	41.15	3 526	830 799.84
水 域	9.65	0.14	18	536 040.83
城乡工矿居民用地	48.32	0.68	392	123 252.91
未利用土地	0.07	0.000 99	1	70 664.10

2.2　土地利用/土地覆被的高程分布特征

高程决定了土地利用的方向和方式[12-13]。基于GIS和DEM进行分析发现,丹江区域内高程值介于203～2 072 m,对丹江流域高程的分级如表2所示。

将高程与丹江流域陕西片土地利用进行叠加计算和统计,得到丹江流域土地利用/土地覆被空间分布的垂直带谱图(图1)。丹江流域平均海拔1 136 m,其中平原500 m以下面积较小为348.98 km^2,仅占研究区总面积的4.91%。

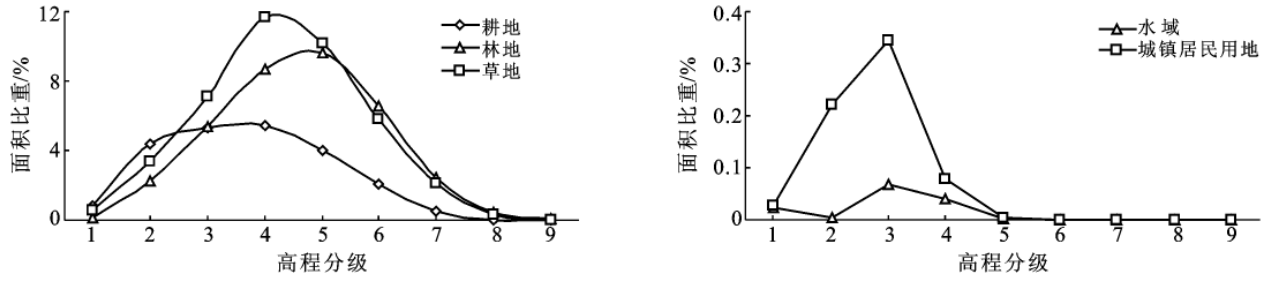


图1　丹江流域陕西片土地利用/土地覆被空间分布的垂直分布

表2　丹江流域陕西片高程分级体系

分级	高程/m	分级	高程/m
1	203～400	6	1 200～1 400
2	400～600	7	1 400～1 600
3	600～800	8	1 600～1 800
4	800～1 000	9	1 800～2 000
5	1 000～1 200	10	2 000～2 072

对各种土地利用类型的垂直分异性分析可知,除水域外各种土地利用类型的高程分布特征均呈现明显的峰值特征。在海拔800 m以下,耕地和草地的面积比重都随着海拔的升高而增大,海拔在800～1 000 m时其面积比重达到最大,海拔1 000 m以上,面积比重逐渐减小。林地和城镇居民用地在本研究区有相似的高程分布规律,其面积比重达到峰值的高程范围分别为1 000～1 200 m和600～800 m。但城镇居民用地在海拔1 200 m以上无分布,说明人类活动范围主要集中在低海拔地区,并随着海拔的上升而减弱。草地和林地的分布范围最广,是流域土地利用的景观基质。二者相邻交错分布,因而具有相似的垂直分异性。水域的空间分布在203～400 m和600～800 m这2个高程范围内形成峰值,其他高程范围内的面积比重都比较相似,并在海拔1 200 m以上无水域分布。叠加后的统计数据显示,未利用土地分布在海拔800～1 200 m范围内。

2.3　土地利用/土地覆被的坡度分布特征

坡度也是制约生产力空间布局的重要因子[14-15]。根据土壤侵蚀分类分级标准SL190—2007坡度分级方法[16],利用ArcGIS的空间分析功能,得到丹江流域土地利用/土地覆被空间分布的地面坡谱图(图2)和坡度等级(表3)。

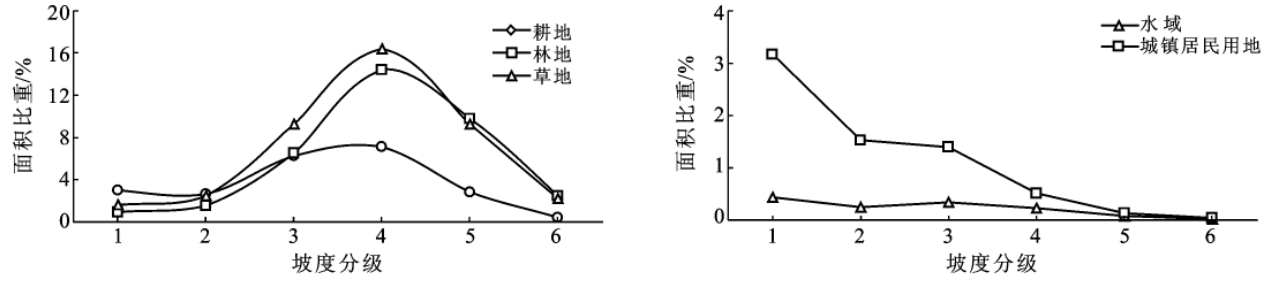


图2　丹江流域陕西片土地利用/土地覆被空间分布的地面坡谱图

表3　丹江流域陕西片坡度分级体系

分级	1	2	3	4	5	6
坡度	<5°	5°～8°	8°～15°	15°～25°	25°～35°	>35°

对图2分析可知,耕地面积随着坡度的增加有先增大后减小的趋势,峰值集中在15°～25°范围内,面积比重达到7.16%。这与当地农业生产现状密切相关,随着人口的急剧增加,资源需求量增大,导致大量陡坡开荒。虽然国家采取了退耕还林还草措施(1989年陕西省开始实施长江上游水土保持重点防治工程,简称"长治"工程),但由于当地农民对土地依赖性较大,陡坡和极陡坡(>25°)仍存在毁林开荒现象,大面积耕地仍然存在,导致严重的水土流失和环境灾害,因此迫切需要当地改变土地利用结构,改善

生态环境。林地与草地的分布趋势也是随着坡度的增加呈先增大后减小的趋势，峰值也集中在 15°～25°等级。水域的面积比重基本都保持在 0.03%左右，变化幅度较小，说明其受坡度影响较小。城镇居民用地的面积比重随着坡度的增加而逐渐减小，25°以下的面积比重达到 0.12%以上。说明人类活动大多集中在较平缓的地区，因此坡度较小的地区受人为干扰程度较大。

2.4 土地利用/土地覆被的坡向分布特征

基于 GIS 平台，不同土地利用类型下，研究区不同坡向的面积组成结构如图 3 所示，坡向分级体系见表 4。

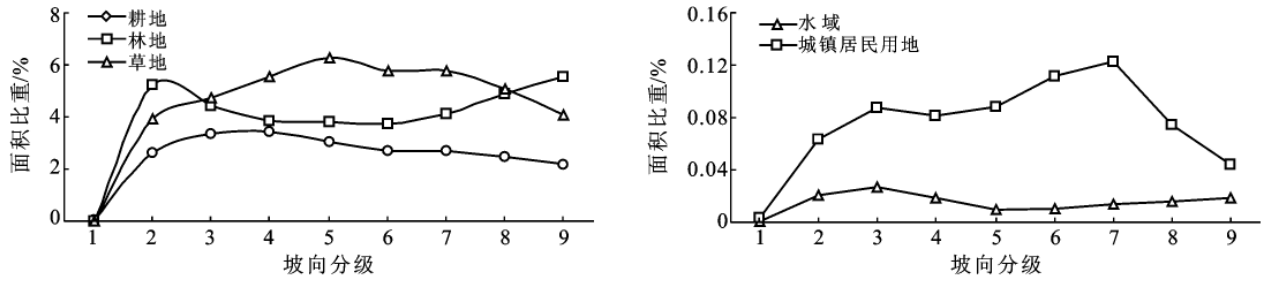


图 3 丹江流域陕西片土地利用/土地覆被空间分布的坡向分布

表 4 丹江流域陕西片坡向分级体系

坡向	坡向范围/(°)	坡向	坡向范围/(°)
平地	－1	南	157.5～202.5
北	337.5～22.5	西南	202.5～247.5
东北	22.5～67.5	西	247.5～292.5
东	67.5～112.5	西北	292.5～337.5
东南	112.5～157.5		

从图 3 可以看出，由于研究区本身为山区，其平地面积比重较小(仅为 0.034%)，因此平地上各类土地利用类型面积比重也相对较小，这与研究区多山的地形特征相一致。草地在阳坡及半阳坡分布面积较大，尤其在东南坡面积比重最大(6.25%)。由于阴坡与阳坡的差异原因，东、南、东南坡向为阳坡，光热条件较好，在植被自然恢复中阳坡适宜灌草的生长；林地则多分布于阴坡及半阴坡，其中在西北坡面积比重最大(5.56%)，这可能与研究区多喜阴树种有关；而耕地在各坡向上分布相对均匀。另外由于人类多选择朝阳方向作为居住地，因而城镇居民用地多分布在阳坡及半阳坡，其中在西南坡面积比重为 0.12%，居民用地面积比重最大；水域较均匀地分布于各坡向，仅在东北坡和西北坡略有增加。相对于高程和坡度因子，各坡向不同土地利用类型的面积比重相差较小，说明坡向对土地利用格局的影响较小，这与其他研究者的结论一致[17-20]。

2.5 土地利用/土地覆被的起伏度分布特征

根据已有研究成果[21]，结合丹江流域陕西片实际起伏度情况，将其分为 0～30，30～70，70～200，200～300，300～400，400～500 和 500～547 共 7 个等级(表 5)[22]。以 ERDAS 为软件平台，将起伏度分级图与 2000 年土地利用叠加，统计分析该区域不同地形起伏度各土地利用类型面积比重(图 4)。

表 5 我国 1∶100 万数字地貌图制图规范起伏度分级标准

起伏度/m	＜30	30～70	70～200	200～500	500～1 000	1 000～2 500	＞2 500
地貌	平原	台地	丘陵	小起伏山地	中起伏山地	大起伏山地	极大起伏山地

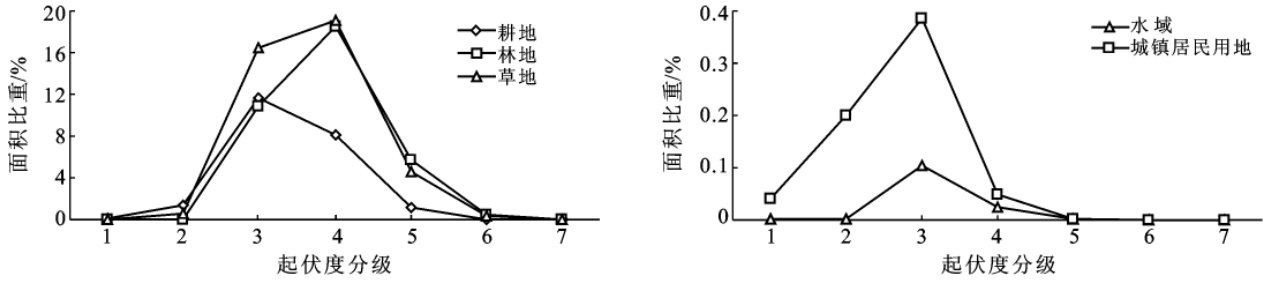


图 4 丹江流域陕西片土地利用/土地覆被空间分布的起伏度分布

对图 4 分析可知,各土地利用类型面积均随起伏度的增加呈现先增大后减小的趋势,其中草地和林地面积在 200～300 m 时达到峰值,其面积比重分别达到 18.55%和 19.14%,300～400 m 内其比重都急剧下降至 6%以下,400 m 以上,两者的面积比重已降至 0.5%以下。说明 200～300 m 是林地和草地 2 种地类共同的起伏度临界区间,低于或高于这个临界区间,面积比重都不断减小,这个起伏度范围的区域应该是目前退耕还林还草措施实施的关键区域。另外耕地也有相似的变化规律,不同的是耕地的起伏度临界区间为 70～200 m。这是由于起伏度是局部小区域内地貌特征的量化反映,耕地、林地、草地在整个流域范围内彼此交错广泛分布,因此就局地特征来说 3 者具有相似的分布结构。水域和城乡居民工矿用地的分布比重也有相似规律,但城镇居民用地在 400 m 以上几乎趋近于 0,说明地形起伏度是影响人类活动与人口分布的重要因素之一,随着地形起伏度的增高,人口分布的密度与人类活动的强度有减小的趋势。分析其原因可能是起伏度较高的地方用水困难,而且高起伏度也会给人类日常生活带来不便。

2.6　不同空间分布的土地利用/土地覆被多样化特征

土地利用多样化指数反应了研究区域内土地利用类型的齐全程度及多样化程度,是反映土地利用类型总体结构的重要指标。利用吉布斯—马丁(Gibbs—Mirtin)多样化指数计算公式及各地形因子—土地利用结构数据,计算出丹江流域土地利用多样化指数(图 5)

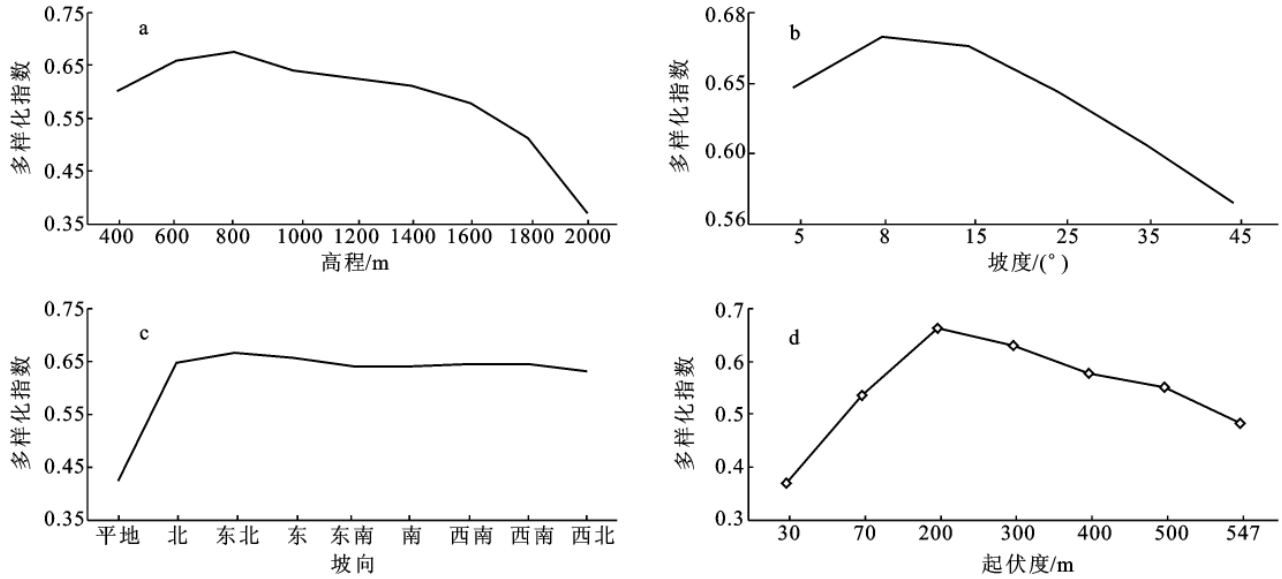


图 5　丹江流域陕西片不同地形因子下土地利用类型的多样化指数

图 5 中不同地形因子下土地利用类型的多样化指数显示,海拔 800 m 土地利用类型随着海拔的升高逐渐变大,这是因为该海拔范围是人类主要居住和活动范围,该海拔带土地利用类型齐全,其多样化指数最高可达 0.68。而海拔 800 m 以上,人类活动变弱,水域及城镇居民用地减少,林草用地大幅增加,土地利用类型的多样性随海拔的升高而大幅减小;在坡度为 0°～15°时,土地类型的多样化指数最大。大于 15°的坡地,随着坡度的增加,土地类型的多样性指数逐渐变小。这是由于随着坡度的升高,湖泊、居民点、工矿交通用地等土地利用面积减小而引起的。从图 5c 可以看出,除平地外各坡向上多样化指数变化幅度较小,因而坡向对土地利用类型的影响较小。平地土地利用类型相对单一,其中耕地面积最大,占总平地面积的 74.5%,另外零星分布着草地、居民用地和林地,但面积都较小。分析不同起伏度的土地利用类型多样化指数可知(图 5d),70～200 m 范围的土地利用类型最为丰富。

3　结 论

对丹江流域陕西片基于地形因子的土地利用分布特征及多样化指数分析,可以得到以下结论。

(1) 该区土地利用类型以草地为主,其面积占研究区总面积的 41.15%,耕地和林地的面积也占有较大比例,分别为 22.46%和 35.58%;其他土地利用类型所占比例较小,仅有 0.82%,说明研究区土地利用多样性相对丰富。

(2) 除水域外各种土地利用类型的高程分布特征均呈现明显的峰值特征。耕地、林地以及草地海拔 800～1 200 m 面积比重较大,而城镇居民用地则集中

在 600～800 m；各种土地利用的面积比重随着坡度的增加呈先增大后减小的趋势，峰值集中在 15°～25°。城镇居民用地的面积比重随着坡度的增加而逐渐减小，水域面积比重受坡度影响较小；相对于高程和坡度因子，各坡向不同土地利用类型的面积比重相差较小，说明坡向对土地利用格局的影响较小；各土地利用类型面积均随起伏度的增加呈现先增大后减小的趋势，200～300 m 是林地和草地 2 种地类共同的起伏度临界区间。

(3) 总的来说，土地利用类型多样化指数随海拔和坡度的增加而逐渐减小，海拔越高，坡度越陡，人类活动对土地利用的干扰越小；各坡向上多样化指数变化幅度较小，因而坡向对土地利用类型的影响较小；在 70～200 m 的土地利用类型最为丰富，也是人类活动和影响最为明显的地区。

地形是决定丹江流域陕西片土地利用分布的主要自然因素之一。通过对流域土地利用空间分布的海拔、坡度、坡向、起伏度等地貌特征的研究，及计算各地形因子下的土地利用类型的多样化指数，对于探讨土地利用变化过程及驱动力具有重要意义，有助于把握其空间格局的变化过程和规律，进而揭示人类活动对自然环境的影响，调整农业结构，促进区域可持续发展。

[参 考 文 献]

[1] 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.

[2] Vos J，Heuvelink E. Concepts to model growth and development of plants[M]. Washington，DC，USA：IEEE Computer Society，2006：3-10.

[3] Cheng Z L，Zhang X P，Wang X C. Tree skeleton extraction from a single range image [M]. Washington，DC，USA：IEEE Computer Society，2006：274-275.

[4] 陈华，孙丹峰，段增强，等. 基于 DEM 的山地日照时数模拟时空特点及应用：以北京西山门头沟为例[J]. 山地学报，2002，20(5)：559-563.

[5] Kaufman Y，Tanre D. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS[J]. IEEET Transactions on Geoscience and Remote Sensing，1992，30(2)：261-270.

[6] 吴楠，高吉喜，苏德毕力格，等. 长江上游不同地形条件下的土地利用/覆盖变化[J]. 长江流域资源与环境，2010，19(3)：268-275.

[7] 韩建平，贾宁凤. 土地利用与地形因子关系研究：以砖窑沟流域为例[J]. 中国生态农业学报，2010，18(5)：1071-1075.

[8] 王玲，吕新. 基于 DEM 的新疆地势起伏度分析[J]. 测绘科学，2009，34(1)：113-116.

[9] 刘纪远. 二十世纪九十年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京：科学出版社，2005.

[10] 刘恩勤，杨武年，陈宁，等. 基于 RS 与 GIS 的土地利用空间格局地形分异特征研究[J]. 安徽农业科学，2009，37(5)：2184-2186.

[11] 苏广实. 基于 Gibbbs—Mirtin 多样化指数的喀斯特土地利用数量结构分析：以广西都安为例[J]. 广西教育学院学报，2009(5)：157-160.

[12] 邓祥征，刘彦随，赵涛. 汉江流域土地利用变化及空间格局分析[J]. 长江流域资源与环境，2003，12(6)：522-528.

[13] 张运刚，张树文，陈东勤. 通化市高程梯度变化与土地利用景观格局分异研究[J]. 农业系统科学与综合研究，2010，26(3)：271-276.

[14] 高文彬，江东，杨小唤. 伊犁河谷土地利用结构与高程的相关关系研究[J]. 新疆农业科学，2008，45(S3)：44-47.

[15] 汤国安，赵牡丹，李天文，等. DEM 提取黄土高原地面坡度的不确定性[J]. 地理学报，2003，58(6)：824-830.

[16] 郭廷辅，段巧甫，华绍祖，等. 土壤侵蚀分类分级标准(SL190—96)[S]. 北京：水利电力出版社，1997.

[17] 任志远，黄青，李唐. 陕西省生态安全及空间差异定量分析[J]. 地理学报，2005，60(4)：597-606.

[18] 吴楠，高吉喜，苏德毕力格，等. 长江上游不同地形条件下的土地利用/覆被变化[J]. 长江流域资源与环境，2010，19(3)：268-275.

[19] 王灵芝. 长白山不同坡向土地利用格局变化研究[D]. 长春：东北师范大学，2009.

[20] 李玲，何方，吴楠，等. 淮河上游山丘区不同地形因子下的土地利用变化研究[J]. 安徽农业科学，2009，37(34)：16973-16975.

[21] 唐飞，陈曦，程维明，等. 基于 DEM 的准葛尔盆地及其西北山区地势起伏度研究[J]. 干旱区地理，2006，29(3)：388-392.

[22] 中科院地理科学与资源研究所(资源与环境信息系统国家重点实验室)·中华人民共和国 1∶100 万数字地貌图制图规范(征求意见稿)[S]. 2005.