巴中市丘陵山区土地利用在地形梯度上的分布特征

陈 楠, 杨武年, 李 娟

(成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室/遥感与 GIS 研究所, 四川 成都 610059)

摘 要: 以巴中市 2007 年 TM 影像和 1∶25 万等高线为数据源,利用 GIS 空间分析功能,建立了巴中市土地利用数据库并生成了高程、坡度和地形位指数图。然后将高程梯度、坡度梯度和地形位梯度分别与土地利用景观数据进行分级叠加分析,并引入无量纲分布指数,探讨不同地形梯度下不同土地利用景观类型的分布特征。结果表明,林地主要分布在较高等级海拔,坡度较大,地形位较高的地形条件下;耕地和城乡居民用地受气候条件和水域分布的影响,多分布在低海拔,坡度平缓,地形位较低的地形条件下;未利用地中水域占绝大多数比例,其分布指数随着地形位指数、坡度等级、高程等级的增加逐渐趋近于 0。草地对地形条件的选择性较强,主要分布在中等级高程、坡度和地形位的地形环境中。通过比较分析,可以看出综合了高程和坡度双重属性的地形位指数能更真实地反映不同土地利用景观类型空间特征及分布趋势。

关键词: 地形梯度; 地形位指数; 土地利用分布; 分布指数; 巴中市

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2012)01-0185-04 **中图分类号**: Q149

Distribution Characteristics of Landuse Patterns at Different Terrain Gradients in Hills and Mountains of Bazhong City

CHEN Nan, YANG Wu-nian, LI Juan

(*State Key Laboratory of Geo-hazard Prevention and Geo-environment Protection, Institute of RS & GIS, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan* 610059, *China*)

Abstract: By taking 2007 TM images and 1∶250 000 contour maps of Bazhong City as data sources and using GIS spatial analysis functions, landuse database of Bazhong City is established and the DEM, slope, and terrain niche index chart are produced. Then, slope gradient, elevation gradient, and terrain gradient are respectively overlaid with landuse landscape data. The distribution characteristics of different landuse landscapes at different terrain gradients are discussed by introducing the dimensionless distribution index. Results showed that the forest land mainly distributes in the place with higher elevation, steeper slope, and greater terrain niche. Farmland and rural residential land are located in the place with low altitude, gentle slope, and low terrain niche due to the effects of climatic conditions and water distribution. Unused land is in the vast majority of the waters and the distribution index of unused land gradually approaches zero as terrain niche index, slope class, and elevation increase. Lawn, which has stronger selectivity for topographical conditions, mainly distributes in the place with the medium elevation, slope and terrain niche. By comparison, terrain niche index, a dual attribute combining elevation with slope, can more truly reflect the different spatial characteristics and distribution trends of the landuse landscapes.

Keywords: topographic gradient; terrain niche index; landuse distribution; distribution index; Bazhong City

地形因子是丘陵山区土地利用空间分布格局的重要影响因素之一。地形因子对人为活动的约束力和对不同地类空间分布的生态选择性,使得土地利用景观类型在地形梯度上的分布呈现明显的规律性。其中,高程因子和坡度因子是影响人为活动频繁的景观类型空间分布的特征中最主要的因素,且目前关于地形因子与土地利用景观类型结合方面的研究多集中于单因子对土地利用空间分布的影响,而缺少在地

收稿日期:2011-07-12 **修回日期**:2011-09-18

资助项目:国家自然科学基金资助项目"岷江上游毛儿盖地区'生态水'遥感量化研究"(41071265); 2010 年度高等学校博士学科点专项科研项目"生态水(层)信息指标参数遥感反演:以岷江上游毛儿盖地区为例"(20105122110006)

作者简介:陈楠(1985—),女(汉族),陕西省渭南市人,在读硕士研究生,研究方向为 3S 与数字国土方面工作。E-mail:chcdut@126.com。

通信作者:杨武年(1954—),男(汉族),宁夏回族自治区中卫市人,教授,博士生导师,研究方向为遥感、GIS 和 GPS 技术在国土资源勘查、地图制图、生态环境与灾害监测评价中的应用研究等。E-mail:ywn@cdut.edu.cn。

形梯度上对土地利用程度的定量表达以及区域分异的定量化研究。因此，为研究地形对土地利用景观的综合影响，以高程和坡度组成地形位指数，进而探讨地形地貌对土地利用空间分布的影响[1-2]。本文选取四川省巴中市为研究区域，利用 GIS 作为基本空间分析工具，建立了巴中市土地利用数据库，对生成的不同地形位梯度进行特征提取和重新分类，将分级后的地形位梯度与土地利用图进行叠加对比分析，引用无量纲分布指数，探讨不同土地利用景观类型在地形位梯度上的分布特征和空间演变规律。

1 研究区概况

巴中市居于秦岭之南，四川盆地之北，东临达州，南接南充，西抵广元，北与陕西汉中接壤，地理坐标东经 106°21′—107°45′，北纬 31°15′—32°45′。其辖巴州区、平昌县、通江县、南江县，幅员面积 12 325 km²。辖区内地形以丘陵低山为主，地势从北向南依次递减，海拔最低 300 m，最高 2 400 m。巴中市的亚热带适宜气候和雨水为物种的生长提供了良好的环境，是国家粮食储备和商品粮输出基地。

2 研究方法

2.1 地形位指数

地形位指数可综合描述空间任一点的高程和坡度属性信息，其公式表述如下[3]：

$$T=\ln[(E/\bar{E}+1)\times(S/\bar{S}+1)] \quad (1)$$

式中：T——地形位指数；$E,\bar{E}$——空间任一点的高程值和所在区域的平均高程值；$S,\bar{S}$——空间任一点的坡度值和所在区域的平均坡度值。高程低、坡度小的区域地形位指数小，高程高、坡度大的区域地形位指数大。利用地形位指数对地形特征的重新描述和表征，可以避免单一地形因子（高程或坡度）对研究区地形空间分异特征的表述所引起的偏态现象。

2.2 分布指数

利用地形梯度对地形特征进行新的描述后，可以利用地形梯度上各土地利用景观类型出现的频率来研究地形因子对土地利用空间分布的影响。为了消除不同地形区段的面积差异和不同景观组分的面积比重差异的影响，本文引入分布指数来描述各土地利用景观组分在地形梯度上的分布情况，其计算公式如下[3]：

$$P=(S_{ie}/S_i)/(S_e/S) \quad (2)$$

式中：P——分布指数；e——地形因子；S_{ie}——e 地形因子某等级下第 i 种景观组分的面积；S_i——研究区内第 i 种景观组分的总面积；S_e——整个研究区中 e 地形因子某等级的总面积；S——整个研究区的面积。某景观组分对应的分布指数曲线越平缓，说明该景观类型对地形的适宜性较广；反之，该景观类型的分布受地形约束性较强，在其优势分布域 $P>1$ 发育较好。

3 数据处理

本文研究数据来源于 2007 年巴中市 TM 遥感影像和该区域 1∶25 万等高线数据（等高线间距为 5 m）。首先在专业遥感软件 ERDAS 中对遥感影像依次进行波段选择、辐射校正、几何精校正、图像增强等预处理工作，然后以 ArcGIS 9.2 软件作为研究平台，在建立遥感解译标志的基础上，通过人机交互解译、空间拓扑关系建立、拓扑错误修改、属性数据录入等步骤建立土地利用数据库[4-5]，从而得到 2007 年四川省巴中市土地利用分布图（附图 10）。依据研究区实际情况，在遥感影像上提取 5 种土地利用景观类型：耕地、林地、草地、未利用地及城乡居民用地，其中由于水域对高程、坡度和地形位因子的关系不大，将水域归入到未利用地类型中。

将 1∶25 万等高线数据在 GIS 软件中格网化生成 DEM 模型，并在此基础上生成坡度图。利用地理信息系统建模方法，将生成的高程图和坡度图叠加生成地形位指数图（图 1）。

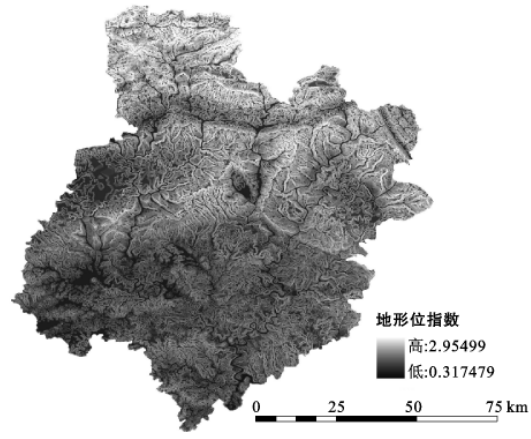


图 1 四川省巴中市地形位指数

依据研究区地形特点和土地利用分布情况，将生成的高程图、坡度图和地形位指数图重新进行分级[6]。研究区高程区间为 300～2 400 m，由于高程 1 200 m以上的土地利用类型单一，单独将其分为 1 级，高程为 300～1 200 m 的区域，每 100 m 分为 1 级，可分为共分 10 级。研究区坡度区间 0°～68.69°，一般坡度为 36°以上的区域土地利用类型受地形限制性较强，故将其分为 1 级坡度为 0°～36°的区域，每 4°分 1 级可分 9 段，共分为 10 级。依据高程分级间隔点和坡度分级间隔点依次推算出相应地形位指数

分级间隔点,从而可将地形位指数图也分为 10 级。然后利用 GIS 空间分析功能将土地利用图分别与高程图、坡度图和地形位指数图进行叠加分析,进而探讨各土地利用景观类型在不同等级地形梯度上的分布规律[7-8]。

4　结果与分析

根据研究区的高程、坡度、地形位指数、分布指数和土地利用景观的数据,分别探讨土地利用景观在高程梯度、坡度梯度和地形位梯度上的分布特征。

4.1　基于高程梯度的土地利用景观分布特征

从基于高程梯度的土地利用分布指数(图 2)可以看出,城乡居民用地和未利用地在高程等级 1—2 级(300～500 m)上的分布指数>1,其中未利用地的分布指数最大,这是因为未利用地中绝大多数是水域,而水域常分布在低海拔区域。低海拔区域是人类活动最为频繁的区域,城乡居民点的分布指数比较高。但随着高程的不断增加,受地形地貌和气候条件的限制,这 2 种景观类型的分布指数剧减并逐渐趋近于 0。林地在高程为 1—6 级(300～900 m)时的分布指数<1,因为在低海拔区林地分布较少,主要被水域和工农居民用地所占据。高程>7 级(>1 000 m)的高海拔区域,林地处于优势地形位区域,其分布指数成增长趋势。耕地在 1—6 级(300～900 m)时分布指数均>1,可以看出巴中市的耕地优势地形区域分布较广,当>7 级(>1 000 m)时,耕地的分布指数<1,其优势地位丧失,高海拔区域的气候条件和水源不充足限制了农作物的生长。草地的优势地形区间分布在中海拔区域 4—9 级(700～1 200 m),在高程 1—3 级(300～600 m)的低海拔区域草地的分布指数<1,这是因为低海拔区域主要被耕地、水域和城乡居民点所占据。当>10 级(>1 300 m)时,高海拔区域不适宜草地的生长,多发展为高山林地。

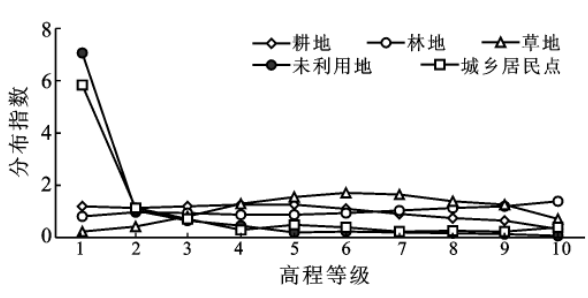


图 2　四川省巴中市不同高程梯度下的土地利用分布指数

4.2　基于坡度梯度的土地利用景观分布特征

从基于坡度梯度的土地利用分布指数图(图 3)可以看出,城乡居民点用地在坡度等级为 1—3 级(0°～12°)时的分布指数>1,而在>4 级(>16°)的坡度级别上,其分布指数递减并逐渐趋近于 0,说明城乡居民点的分布对坡度因子具有严格的选择性。耕地在坡度等级 1—4 级(0°～16°)时,其分布指数均>1,且在坡度等级为 2 时达到峰值,说明在坡度<16°的平缓区域最适合农作物生长和耕作,而到坡度等级大于 5(>20°)时,耕地的分布指数<1,并呈现快速递减趋势,这是因为地形的陡峭给人类活动和农作物的生长带来了难度。林地在坡度等级 1—5(0°～20°)时的分布指数<1,因为较为平缓的区域被耕地、草地和城乡居民用地等对坡度具有较强选择性的景观类型所占据,当坡度级别>5(>20°)时,林地的优越性凸显,其分布指数>1,并呈现逐渐增长的趋势。草地的分布曲线比较曲折,说明草地对地形具有较强的选择性。它在坡度等级 0—1 的区域其分布指数>1,此时的草地多为人工草地,在坡度等级 1—2 的区域,草地的分布指数<1,因为此范围的土地多为耕地类型。在坡度等级为 3—5 的区域,分布指数>1,处于优势地位,其多为天然草地。未利用地在坡度等级 1—2 时,分布指数较高,这是因为未利用地中的水域比重较大的缘故,而从坡度等级>2 开始,其分布指数呈现递减态势,在坡度为 9—10 级出现转折点是因为巴中拥有若干高耸的雪山和高山湖泊的缘故。

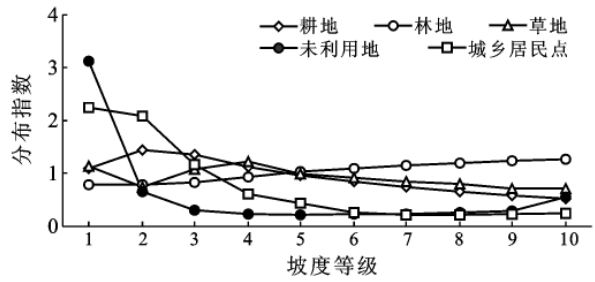


图 3　四川省巴中市基于坡度梯度的土地利用分布指数

4.3　基于地形位梯度的土地利用景观分布特征

从地形位指数梯度下的土地利用分布指数(图 4)可以看出,城乡居民用地景观在地形位级别 0—3 的区域上分布指数>1,处于优势地形位区域,当地形位级别>3(>1.146)的区域,城乡居民点的分布指数随着地形位指数的增加逐渐减少趋近于 0,这是因为城乡居民点的分布严重受约束于高程和坡度因子。耕地在地形位等级 1—5 级(0.317～1.538)时,其分布指数均>1,当地形位>5 级(>1.538)时,耕地的分布递减并逐渐趋近于 0,这是因为耕地主要分布在低海拔较为平缓的地形条件下。

林地在地形位等级为 1—5 级(0.317～1.538)时,其分布指数<1,该区间主要被耕地和城乡居民用

地所占据，而当地形位＞5 级(＞1.538)时，其分布指数＞1 并迅速增加，说明林地对地形条件的选择性较弱。相反，草地的分布受到地形约束性较强，在地形位为 1—2 级(0.317～0.911)时，其分布指数逐渐增加，而当地形位级别为 2—3 级(0.911～1.146)时，其分布指数递减，这是因为在低海拔较为平缓的地形条件下多分布耕地和工矿居民用地，当地形位指数为 4—7 级(1.353～1.862)时为草地的优势地形位区间，当地形位指数＞7 级(＞1.862)时，草地的优势地形位丧失。未利用地在地形位 1—2 级(0.317～0.911)时分布较高，处于优势地形位，而随后未利用地的分布指数急速递减趋近于 0，这是因为未利用地中绝大多数是水域，水域常分布在自然条件较好的平缓低海拔区域。

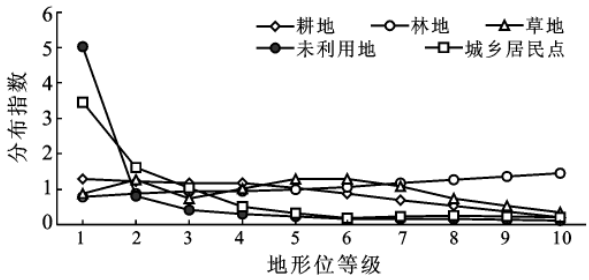


图 4 四川省巴中市基于地形位梯度的土地利用分布指数

5 结 论

(1) 从不同土地利用景观类型对地形的适宜性分析可知，耕地和城乡居民用地多适宜分布在低海拔、坡度平缓的低地形位区域，未利用地中绝大多数是水域，水域多分布在自然条件较好的低地势区域。林地则多分布在中高等级的海拔和坡度地区，并随着高程和坡度的增加，其所占比例逐渐增大。草地在低等级地形梯度和高地形梯度上分布较少，多集中在中等级地形梯度区间。

(2) 从对分布指数的物理意义分析可知，分布指数曲线越平滑，说明该景观类型对地形的适宜性越强，反之，对地形条件的选择性较强。通过分析可知，研究区的耕地、城乡居民点和草地 3 种景观类型的分布受地形条件的限制性较强，此处的未利用地是因为水域的原因，分布曲线的转折性比较明显。林地的分布曲线比较平滑，说明林地对地形条件的适宜性较好。

(3) 通过对研究区土地利用景观类型在高程、坡度和地形位 3 种梯度下的分布指数比较分析，整体上来看，3 种分布指数曲线的趋势具有一定的相似性，而地形位指数在一定程度上可以避免单一地形因子对地形空间分异特征表述所产生的偏态现象，更为真实、综合地反映不同景观类型空间特征和分布趋势。

[参 考 文 献]

[1] 饶卫民，章家恩，肖红生，等. 基于地形位的城郊景观分布特征及变化[J]. 华南农业大学学报，2007，28(3)：67-70.

[2] 喻红，曾辉，江子瀛，等. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特例研究[J]. 地理科学，2001，21(1)：64-69.

[3] 斯钧浪，齐伟，曲衍波，等. 胶东山区县域土地利用在地形梯度上的分布特征[J]. 应用生态学报，2009，20(3)：679-685.

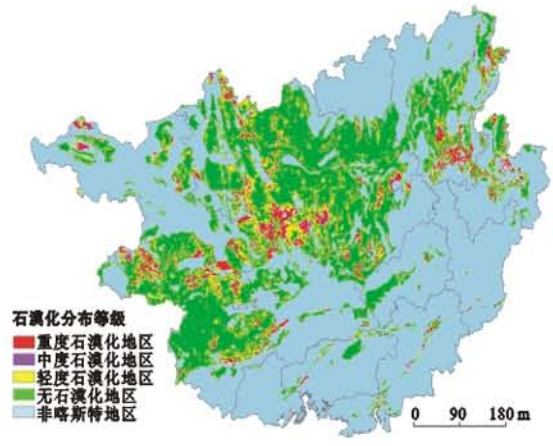
[4] 郭斌，任志远. 西安城区土地利用/覆被变化及生态效应测评研究[J]. 遥感技术与应用，2009，24(4)：484-488.

[5] 肖蓉. 1996—2006 年四川省耕地面积时空变化及驱动力分析[J]. 国土资源科技管理，2008，25(6)：37-42.

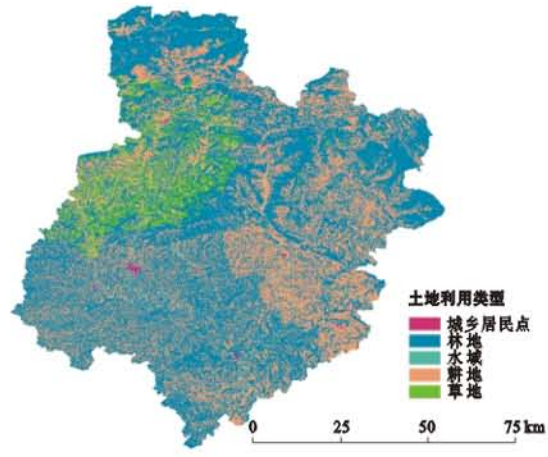
[6] 汤国安，宋佳. 基于 DEM 坡度图制图中坡度分级方法的比较研究[J]. 水土保持学报，2006，20(2)：157-192.

[7] 代冬梅，吴国平，司惠超，等. 基于 DEM 的浏阳市土地利用空间格局分析[J]. 安徽农业科学，2009，37(3)：1231-1234.

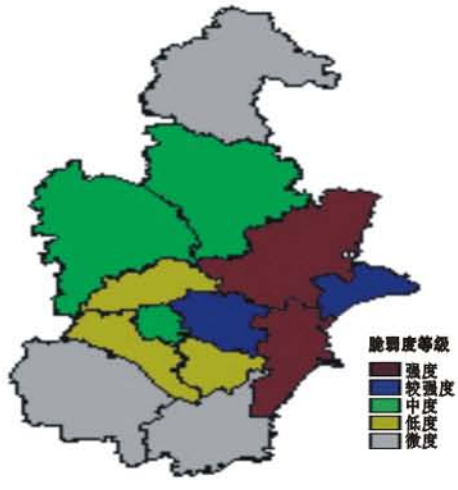
[8] 白穆，刘慧平，乔瑜，等. 高分辨率遥感图像分类方法在 LUCC 中的研究进展[J]. 国土资源遥感，2010，1(38)：19-23.



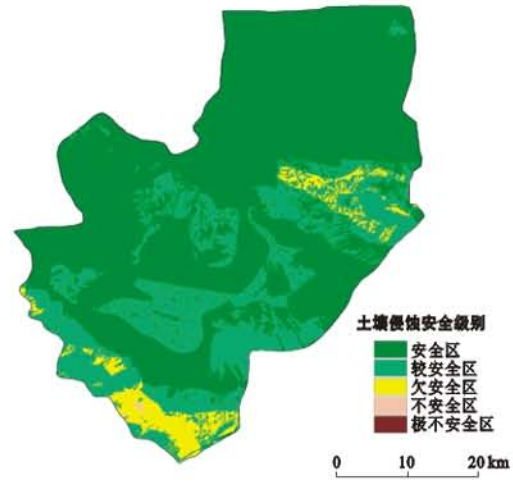
附图9 2007年广西壮族自治区喀斯特石漠化分布



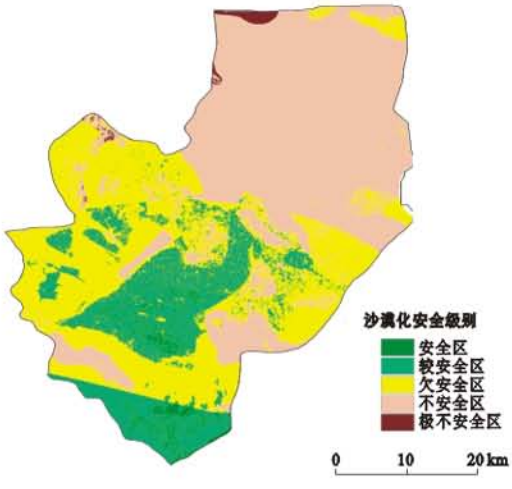
附图10 2007年陕西省巴中市土地利用状况



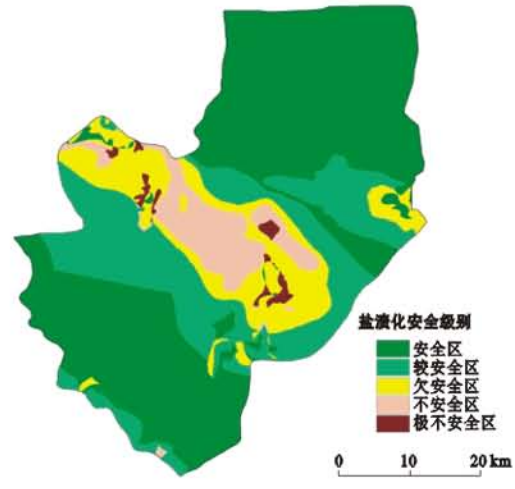
附图11 天津地区洪涝脆弱度等级区划



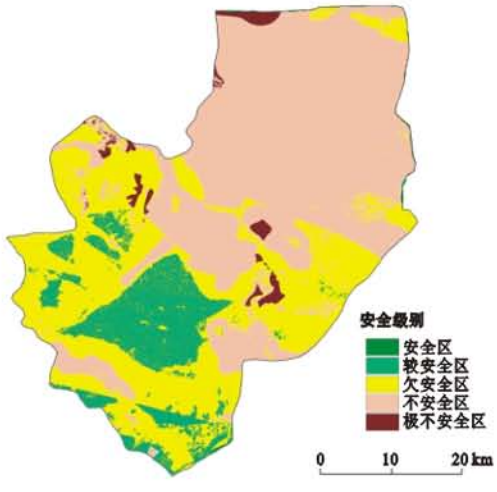
附图12 甘肃省张掖市甘州区土壤侵蚀安全评价分级



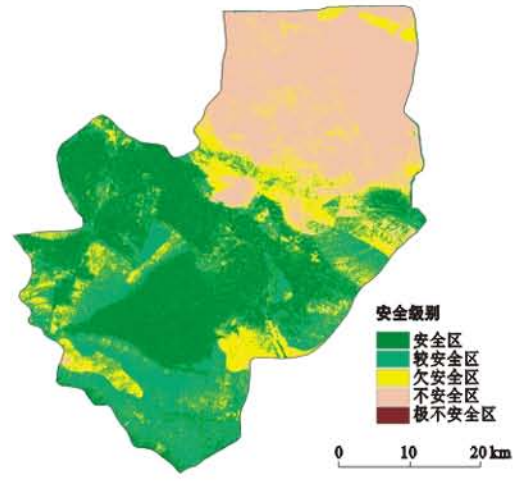
附图13 甘肃省张掖市甘州区沙漠化安全评价分级



附图14 甘肃省张掖市甘州区盐渍化安全评价分级



附图15 甘肃省张掖市甘州区土地利用规划前(2007年)的环境影响评价结果



附图16 甘肃省张掖市甘州区土地利用规划后(2020年)的环境影响评价结果