

不同地形分级下的尉犁县土地覆被变化特征分析

王前锋^{1,2,3,4}, 周可法^{1,2}, 孙莉^{1,2}, 秦艳芳^{1,2,3}, 李广宇^{1,2,3}, 王金林^{1,2}

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所 新疆矿产资源研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 4. 民政部 教育部 减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

摘要: 选取新疆尉犁县作为研究区, 以 1980 年和 2007 年两个时相 Landsat MSS/TM 遥感影像及 1: 5 万地形图为主要信息源, 利用遥感图像处理技术和 GIS 空间分析技术, 定量分析了研究区 1980—2007 年近 30 a 地形(高程和坡度)分级下的土地覆被时空格局变化特征。研究结果表明, 耕地、林草地、水域及居民点和工矿用地变化明显, 耕地主要是由林地草地转入, 水域主要转为林草地; 居民点和工矿用地向高海拔区域扩张; 耕地与居民点和工矿用地在坡度分布上具有耦合性, 二者变化趋势趋于一致, 均向坡度增大的区域蔓延; 林草地在坡度小于 3° 区域面积增加明显, 而在坡度大于 3° 区域面积有减少趋势; 水域面积整体呈缩减趋势。说明利用地形图和社会经济辅助数据来预测区域内土地覆被空间分布已成为可能。

关键词: 尉犁县; 遥感; GIS; 土地覆被; 地形分级

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0057-05

中图分类号: F 301

Land Cover Changes on Different Topographic Grades in Yuli County

WANG Qian-feng^{1,2,3,4}, ZHOU Ke-fa^{1,2}, SUN Li^{1,2}, QIN Yan-fan^{1,2,3}, LI Guang-yu^{1,2,3}, WANG Jin-lin^{1,2}

(1. Xinjiang Research Center for Mineral Resources, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 2. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China)

Abstract: Based on two Landsat MSS/TM remote sensing images from 1980 to 2007 and 1: 50 000 topographic map, a quantitative research on land cover spatial-temporal changes pattern of different elevation and slope grades of Yuli County during 1980—2007 was conducted with remote sensing and geographic information system technologies. Results showed that (1) Cropland, wood-grassland, water body, built-up land changed prominently during the past three decades, cropland was mainly converted from wood-grassland, water body was mainly transferred into wood-grassland; (2) Built-up land expanded in high elevation area; cropland and built-up land distributed consistently on each gradient, change direction of both land covers was identical, and expanded into the region of steeper slope; (3) Wood-grassland increased dramatically at locations below 3°, but it showed a decline trend at position above 3°; (4) Water body kept shrink across the whole region. It is feasible to predict the spatial distribution of land cover based on topographic data, remote sensing images and social economic data.

Keywords: Yuli County; remote sensing; GIS; land cover; topographic grades

土地覆被变化受到人为因素和自然因素的影响, 而地形因子坡度和高程是土地资源固有的两个重要环境因子, 地形因子影响土壤养分的空间分布^[1-2]。在山区, 坡度和高程基本上决定了土地利用的方向和利用方式^[3], 国内有关土地利用/土地覆被变化与地形因子关系方面的研究, 其研究区主要集中在湿润及半湿润

的长江流域^[3-9]、华北地区^[10-12]、东北地区^[13-15]和黄土高原区域^[16-17], 对于水资源紧缺、人地矛盾突出且土地利用方式独特的西北干旱区域研究甚少。因此, 选取新疆维吾尔自治区尉犁县作为研究区, 该县作为塔里木河中下游的典型区域, 具有研究的必要性。本研究利用遥感(RS)技术和地理信息系统(GIS)技术试图找出

收稿日期: 2010-11-03

修回日期: 2010-12-09

资助项目: 国家自然科学基金项目“干旱区流域尺度土壤水分过程的遥感反演研究”(40871028); 国家自然科学基金项目(40871204); 国家自然科学基金青年基金项目(40601103); 新疆自治区重大科技专项(200733145-4); 新疆自治区高技术研究发展计划项目(200815116)

作者简介: 王前锋(1985—), 男(汉族), 河南省周口市人, 硕士研究生, 主要从事遥感和 GIS 应用研究。E-mail: wangqianfeng23@163.com。

通信作者: 周可法(1972—), 男(汉族), 河南省南阳市人, 博士, 研究员, 主要从事 3S 技术及应用研究。E-mail: zhoukf@ms.xjbu.ac.cn。

研究区内地形(高程和坡度)分级下土地覆被变化特征,对常用的土地覆被变化强度模型进行改进,剖析土地覆被变化的驱动因子,使利用地形图和社会经济辅助数据来预测土地覆被的空间分布成为可能,为生态环境评估、资源的合理分配、土地利用规划和区域的可持续发展等方面提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

尉犁县地处塔里木盆地东北,位于塔里木河中下游过渡地段,属巴音郭楞蒙古自治州管辖,地理坐标为东经 $84^{\circ} 02' 50''$ — $89^{\circ} 58' 50''$,北纬 $40^{\circ} 10' 33''$ — $41^{\circ} 39' 47''$ 。东西长 492 km,南北宽 164 km,总面积 $593\ 540\ \text{hm}^2$ 。研究区主要是低山区域为主,境内海拔均在 800 m 以上,其中海拔 900~1 000 m 区域面积占 52%,研究区主要是缓坡地形为主,坡度 $< 3^{\circ}$ 区域占 86%。东北部横亘着库鲁克塔格山,主峰西大山海拔 2 782 m。中部自西北向东南是孔雀河,孔雀河从北面流入县境,流经尉犁县约 574 km。南部为塔里木河冲积平原,塔里木河从西部沿轮台—尉犁县界流入县境,流经尉犁县约 614 km。塔、孔两河流经尉犁县均属中、下游河段。孔雀河河床深而窄并且稳定,塔里木河河床宽浅淤积改道频繁,两河平原地势平缓,河道海拔 800~940 m,地面坡降约 1/4 000。南部是塔克拉玛干沙漠,东部是库鲁克沙漠,地势比平原略高,并伸入平原区。尉犁县属大陆性干旱荒漠气候,年平均气温 $10.6\ ^{\circ}\text{C}$,年降水量 44.6 mm,年蒸发量 2 856.8 mm,蒸发量为降水量的 64 倍,其气候特征是光热资源丰富,四季比较分明,无霜期较长,气温年日较差大,降水少蒸发大。春季升温快而不稳,夏季干热,秋季降温迅速天气晴朗,冬季干冷而稳定,由于水土矛盾突出,尉犁县近十几年来逐渐调整产业结构,形成以棉花为主,畜牧业、林果业为辅的结构形式,农业生产平稳增长。

1.2 数据来源

本研究选用了 1980 年 7 月下旬多景 MSS 遥感影像和 2007 年同期的 TM 遥感影像,该段时间天气对遥感影像影响较小,通过 1:5 万扫描纸质地形图获取等高线数据,用等高线提取 DEM 数据,在 ArcGIS 9.3 软件支持下提取地形因子(高程和坡度),辅助数据有 2006—2008 年尉犁县统计年鉴、县志,2005 年林业资源分布图,1995 年土地利用现状图及尉犁县行政边界图。

1.3 数据处理

首先通过 1:5 万地形图对 1980 年和 2007 年遥

感影像图进行几何精校正,影像校正误差在半个像元内,并进行研究区遥感影像拼接,为保证面积的不变性,将影像投影由 UTM 投影转换为 Albers 等面积投影,通过参考辅助数据,利用行政边界图截取研究区范围内的两期遥感图(附图 1)。

1.3.1 土地分类 本研究借鉴基于干旱区提出的中国干旱区土地利用与土地覆被分类系统^[18],该分类系统是将土地覆被类型分为一级分类类型和二级分类类型,二级分类类型是在一级分类类型基础上进行细分,其一级土地利用与土地覆被分类系统是将土地覆被类型分为:耕地、林地、草地、水域、居民点和工矿用地、未利用地共 6 类土地类型。结合研究区尉犁县实际状况,灌木林和草地混杂生长严重,为增加研究结果的可靠性和准确性,现将林和草地合为林草类,故将研究区土地覆被类型分为耕地、林草地、水域、居民点和工矿用地及未利用地这 5 类。借助 ENVI 4.5 对两期遥感影像进行监督分类,Kappa 系数分类精度为 82%,通过野外踏勘验证其分类精度可以满足本研究需要。

1.3.2 地形因子提取 通过现有等高线插值为间距 25 m 等高线,利用 ArcGIS 9.3 的 3D 分析模块将等高线生成 TIN(不规则三角网)数据,用生成的 TIN 产生 DEM(数字高程模型)数据,以地形特征为基础,结合辅助数据,尽量符合经济活动规律和自然规律为依据,将研究区高程划分为 6 个等级($< 900\ \text{m}$, $900\sim 1\ 000\ \text{m}$, $1\ 000\sim 1\ 200\ \text{m}$, $1\ 200\sim 1\ 500\ \text{m}$, $1\ 500\sim 2\ 000\ \text{m}$, $> 2\ 000\ \text{m}$),将研究区地表坡度划分为 6 个等级($0\sim 3^{\circ}$, $3\sim 5^{\circ}$, $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$, $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$, $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$, $> 25^{\circ}$)。

1.4 分析方法

将所有参与空间运算的数据均重采样成 30 m 分辨率的栅格数据,运用 ArcGIS 9.3 的空间分析模块工具将分类后的土地覆被类型图转成栅格图像(空间分辨率 30 m),由 DEM 数据生成的地形因子(高程和坡度)数据,地形因子数据采样成 30 m 分辨率栅格数据,并将其与土地覆被类型栅格图像进行栅格运算,获得地形因子作用下的土地覆被空间格局分布及不同地形因子下的土地覆被类型变化规律。

1.5 模型选取

1.5.1 土地覆被转移矩阵 土地覆被转移矩阵是一定的时期内研究区不同土地覆被类型间相互转化的一个量化指标。定义土地覆被转移矩阵为:

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1j} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2j} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{i1} & S_{i2} & \dots & S_{ij} & \dots & S_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \dots & S_{nj} & \dots & S_{nm} \end{pmatrix}$$

式中: S_{ij} ——由土地覆被类型 i 转化为土地覆被类型 j 的面积。(1) $S_{ij} > 0$ 恒成立, 其表示研究期内覆被类型 i 类转化为土地覆被类型 j 类的面积; (2) S_{ii} 表示没有转化的土地覆被类型面积。

1.5.2 土地覆被变化强度指标 为了能反映不同土地覆被类型的变化幅度和速率, 方便比较不同类型间转化的差异性, 王秀兰^[19]等提出了土地利用的年变化指数

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

式中: K ——研究时段内区域某一种土地利用类型年变化率; U_b, U_a ——研究初期与末期某类土地覆被类型的面积; T ——研究末期和研究基期的时间差。

本研究中试图找出每个高程级别和坡度级别下不同土地覆被类型的变化强度。考虑到某个地形因子(高程和坡度)级别下基期的某种土地覆被面积为 0, 公式(1)可转变为:

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

式中: K, U_a, U_b 及 T 与公式(1)的对应指标, 公式(2)与(1)相比, 为保证分母不等于 0, 使式子有意义分母上加上的 1, 加 1 相对于某类土地覆被面积是极小的一个量, 对 K 值的影响极小, 所以对公式(1)进行改进是合理的。

2 结果与分析

2.1 研究区土地覆被变化趋势

表 1 数据显示, 尉犁县地区土地覆被类型以未利用地, 草地和林地为主体, 其约占研究区总面积的 97%, 其中未利用地比例超过 80%, 1980—2007 年近 30 a 间, 不同土地覆被类型之间面积发生了显著变化, 耕地从 1.58% 增加到 2.40%, 水域从 0.37% 减少到 0.17%, 萎缩了 50% 以上, 居民点和工矿用地从不足 0.01% 增加到 0.34%, 林草地和未利用地总体保持平衡。从土地覆被转入和转出的角度看, 耕地主要是由林地草地转入, 水域主要转为林草地, 居民点和工矿用地主要有未利用地转入。

表 1 尉犁县 1980—2007 年土地利用转移矩阵

hm²

项目	2007 年					总计
	耕地	林草地	水域	居民点和工矿用地	未利用地	
1980 年 耕地	43 013	37 741	333	2 831	9 768	93 685
林草地	16 206	633 154	1 443	333	34 022	1 019 829
水域	1 665	11 766	999	0	7 548	21 978
居民点和工矿用地	0	0	0	167	0	167
未利用地	5 273	372 189	3 441	13 875	4 407 103	4 801 881
总计	142 748	1 054 850	10 101	19 980	4 709 860	5 937 540

2.2 研究区土地覆被变化与高程关系

表 2 显示了 1980 年和 2007 年不同高程带上各种土地覆被类型的空间分布格局。结合表 2 分析, 1980—2007 年近 30 a 间, 耕地和水域主要分布在海拔低于 1 000 m 的区域, 居民点由海拔低于 900 m 的区域扩展到海拔低于 1 200 m 的区域, 另外, 林草地和未利用地在各高程段上均有分布。

表 3 显示了 1980—2007 年间土地覆被在不同高程段上的变化规律, 从表 3 中可以看出: (1) 耕地在海拔低于 900 m 区域面积显著增加, 主要由于随着人类活动增强, 耕地需求增加, 而土地在低海拔区域土壤相对肥沃且易于耕种, 反映了人类对自然因子的适应性。(2) 林草地在 1 200~1 500 m 区域面积显著减少, 由于山前冲积扇表层风化土壤层薄, 地下水位低, 林草地转化为未利用地, 植被盖度降低。而林草地在海拔在 1 000~1 200 m 和 1 500~2 000 m 区域面积显著增加, 这主要由于居民点和工矿用地在附近高程段增加, 人们为获取生活资料和生产原料, 通过

植树造林, 使一些未利用地变为林草地。(3) 水域在海拔 < 1 000 m 区域均有减少趋势, 主要由于人类在该区域活动频繁, 对水需求量加大。加剧人水矛盾, 形成恶性循环; 而水域在海拔 < 900 m 区域人类需水量大却表现水域减少不明显, 主要由于该区域当地人们为满足农业灌溉需求, 新建了人工水库和水渠。(4) 居民点和工矿用地面积在海拔低于 1 500 m 区域增加极为显著, 居民点和工矿用地在空间上表现出向高海拔区域扩展。

其中在 < 1 000 m 区域增加的主要是居民点, 由于随着城镇化的加快, 城镇用地不断扩张, 人地矛盾尤其突出, 随着技术的进步, 利用高海拔区域成为可能, 人类为满足生存需求, 把一些未利用地变为居民点和建设用地; 而在 1 000~1 500 m 区域增加的主要是工矿用地, 之前未探测到或没有能力开采的矿区, 随着技术的进步, 这些矿区得以开采, 使得工矿用地不断增加, 致使 2007 年研究区东部边缘区居民点和工矿用地大面积增加。

表 2 尉犁县高程与土地覆被类型空间分布

高程/m	耕地/hm ²		林草地/hm ²		水域/hm ²		居民点和工矿用地/hm ²		未利用地/hm ²	
	1980年	2007年	1980年	2007年	1980年	2007年	1980年	2007年	1980年	2007年
< 900	31 059	78 887	398 433	355 348	2 260	2 247	167	4 760	563 321	554 002
900~ 1 000	62 982	63 362	579 023	643 199	19 433	8 125	0	2 803	2 866 756	2 810 706
1 000~ 1 200	0	0	15 983	30 522	0	0	0	12 858	600 269	572 872
1 200~ 1 500	0	0	16 968	8 884	0	0	0	11	359 954	368 027
1 500~ 2 000	0	0	8 377	17 335	0	0	0	0	359 136	350 179
> 2 000	0	0	849	642	0	0	0	0	51 975	52 183

表 3 尉犁县 1980—2007 年高程与土地覆被变化强度关系

高程/m	耕地/ %	林草 地/%	水域	居民点和 工矿用地/%	未利 用地/%
< 900	5.70	- 0.40	- 0.02	101.26	- 0.06
900~ 1 000	0.02	0.41	- 2.16	10 381.48	- 0.07
1 000~ 1 200	0	3.37	0	47 622.22	- 0.17
1 200~ 1 500	0	- 1.76	0	40.74	0.08
1 500~ 2 000	0	3.96	0	0	- 0.09
> 2 000	0	- 0.90	0	0	0.01

表 4 尉犁县坡度与土地覆被类型时空分布

坡度	耕地		林地		水域		居民点和工矿用地		未利用地	
	1980年	2007年	1980年	2007年	1980年	2007年	1980年	2007年	1980年	2007年
0°~ 3°	92 733	136 896	932 612	993 166	20 552	10 017	167	19 330	3 932 106	3 818 763
3°~ 5°	1 308	5 115	65 167	46 102	606	293	0	1 003	267 473	282 041
5°~ 8°	0	83	7 866	5 846	374	61	0	89	260 206	262 366
8°~ 15°	0	152	11 153	9 499	156	0	0	10	207 312	208 959
15°~ 25°	0	0	1 676	789	6	0	0	0	82 384	83 278
> 25°	0	0	1 161	528	0	0	0	0	51 929	52 562

从表 5 可以看出:(1) 居民点和工矿用地在坡度 3°~ 15°间 4 个坡度段上及耕地在坡度 5°~ 15°间 3 个坡度段上由无到有,且在坡度小于 3°区域两种土地覆被类型显著增加,对于这两种土地覆被都由小坡度区域扩展到较大坡度区域,从两类土地覆被时空变异驱动力分析,由于 1980 年居民点和工矿用地在仅存在坡度小于 3°区域,经过近 30 a 的发展,人们为节约距离成本,采取近邻发展模式,居民点和工矿用地不断向周围蔓延,而耕地与居民点在时空分布上具有耦合性,一方面耕地的变化趋势受居民点影响,其空间扩展与居民点扩展具有相似性,一方面耕地扩展受到地形因子坡度制约,表现在小坡度区域易于进行人工改造,且利于涵养水源保持土壤肥力,便于耕地开垦。(2) 林地在坡度小于 3°区域其面积有所增加,主要是塔里木河下游多次生态输水工程的开展,地下水位上升,原生植被恢复;另外由于人工草地和经济林的营造。而坡度大于 3°的区域林草地面积不同程度的减少,是由于地形条件决定了地下水的分布,陡坡区域涵养水源能力差,造成原生林和原生草不同程度的退

2.3 研究区土地覆被变化与坡度关系

结合表 4 土地覆被的空间分布可以看出,1980—2007 年近 30 a 间耕地分布由坡度 < 5°的区域扩展到坡度 < 15°的区域,居民点和工矿用地分布由坡度 < 3°的区域扩展到坡度 < 15°的区域,而水域由坡度 < 15°的区域缩减到坡度 < 8°的区域,另外,林草地和未利用地在各坡度带均有分布。

化。(3) 水域在个坡度段上都在减少,说明尉犁县近 30 a 水域面积总体上是呈下降趋势,这与黄钱^[20]等研究结果一致,一方面是人类活动的加剧,人类对水资源需求量加大;另一方面干旱化趋势下,水量平衡遭到破坏,地下水位降低。(4) 未利用地各坡度段上未发生显著变化,相对比较稳定。

表 5 尉犁县 1980—2007 年坡度与土地覆被变化强度的关系

坡度	耕地	林草地	水域	居民点和 工矿用地	未利 用地
0°~ 3°	1.76	0.24	- 1.90	422.46	- 0.11
3°~ 5°	10.77	- 1.08	- 1.91	3 714.81	0.20
5°~ 8°	307.41	- 0.95	- 3.09	329.63	0.03
8°~ 15°	562.96	- 0.55	- 3.68	37.04	0.03
15°~ 25°	0.00	- 1.96	- 3.17	0	0.04
> 25°	0.00	- 2.02	0	0	0.05

3 结论

(1) 尉犁县在 1980—2007 年近 30 a 间其土地覆

被总体变化趋势为: 耕地、林草地、水域及居民点和工矿用地变化明显, 耕地主要是由林地草地转入, 水域主要转为林草地, 居民点和工矿用地主要由未利用地转入。

(2) 1980—2007年近30a间居民点和工矿用地在向高海拔区域扩张, 主要由于工矿场地的修建, 致使2007年研究区东部边缘区居民点和工矿用地大面积增加。林草地面积在海拔 $< 900\text{ m}$ 和 $1\ 200\sim 1\ 500\text{ m}$ 区域呈减少趋势, 其主要转化为耕地; 而在海拔在 $1\ 000\sim 1\ 200\text{ m}$ 和 $1\ 500\sim 2\ 000\text{ m}$ 区域由于植被造林却又呈现增加趋势。

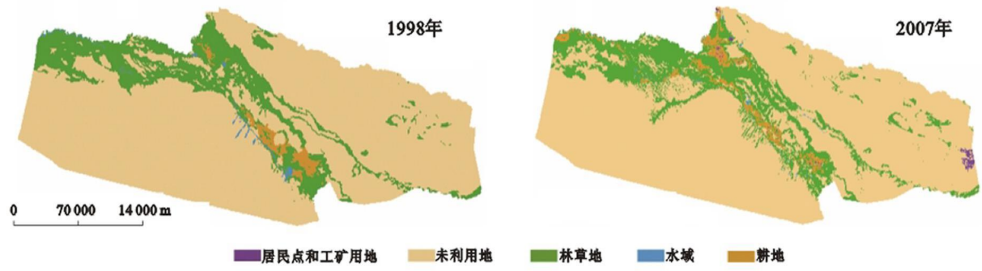
(3) 近30a间尉犁县耕地与居民点和工矿用地在坡度分布上具有耦合性, 二者变化趋势趋于一致, 其向坡度增大的区域蔓延。林草地在坡度小于 3° 区域, 由于生态输水, 原生林的恢复及次生林草的营造, 其面积增加明显; 在大于 3° 区域, 由于土壤涵养水源能力差, 原生林草退化, 林草地面积有减少趋势。水域在各坡度段上均有减少区域。

(4) 地形因子决定了土地的利用方式, 土地の利用方式决定了土地覆被分布的空间格局。地形因子直接决定了人类的开发行为, 人类的活动改变着土地覆被变化, 土地覆被类型的分布是地形因素和社会经济活动共同作用的结果。利用地形图和社会经济辅助数据来预测未来区域内土地覆被空间分布成为可能。

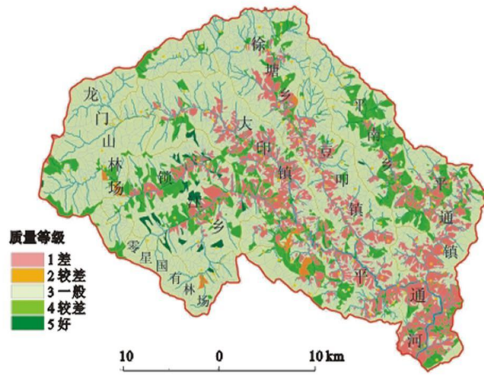
(5) 本研究的重点是分析高程和坡度与土地覆被变化的关系, 其它地形因子(坡向, 粗糙度和起伏度)与土地覆被的关系, 本研究未进行探讨, 有必要进一步分析; 针对研究区林草混合生长现象, 利用其它数据作为辅助数据进行遥感影像分类, 精确地提取林地和草地, 也是下一步工作研究的重点。

[参 考 文 献]

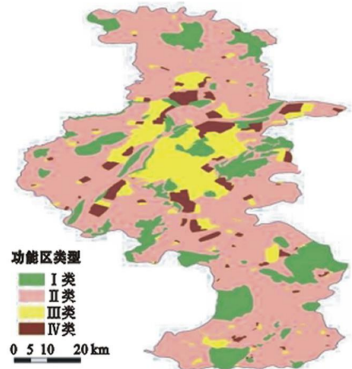
- [1] 秦松, 樊燕, 刘洪斌, 等. 地形因子与土壤养分空间分布的相关性研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 46-52.
- [2] 李志, 刘文兆, 王秋贤. 黄土塬区不同地形部位和土地利用方式对土壤物理性质的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(6): 1303-1308.
- [3] 周万村. 三峡库区土地自然坡度和高程对经济发展的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(1): 15-21.
- [4] 马泽忠, 周爱霞, 江晓波, 等. 高程与坡度对巫山县土地利用覆盖动态变化的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 107-109.
- [5] 王鹏程, 姚婧, 肖文发, 等. 三峡库区森林植被分布的地形分异特征[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(6): 528-534.
- [6] 罗云云, 李瑞雪, 屈明. 重庆石碗溪小流域坡度和高程对土地利用及经济发展的影响[J]. 山地学报, 2004, 22(2): 254-258.
- [7] 周爱霞, 马泽忠, 周万村. 大宁河流域坡度与坡向对土地利用覆盖变化的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 126-129.
- [8] 仙巍, 邵怀勇, 周万村. 基于3S技术的三峡库区不同坡度带与坡向带的景观格局研究: 以巫溪县为例[J]. 中国农业生态学报, 2007, 15(1): 140-144.
- [9] 杨琨, 常庆瑞, 高欣. 基于GIS的县级土地利用现状分析: 以陕西省洋县为例[J]. 水土保持通报, 2009, 29(6): 111-114.
- [10] 冯朝阳, 于勇, 高吉喜. 地形因子对京西门头沟区土地利用/覆盖变化的影响[J]. 山地学报, 2007, 25(3): 274-279.
- [11] 陈利顶, 杨爽, 冯晓明. 土地利用变化的地形梯度特征与空间扩展: 以北京市海淀区和延庆县为例[J]. 地理研究, 2008, 27(6): 1225-1234.
- [12] 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.
- [13] 宋开山, 刘殿伟, 王宗明, 等. 1954年以来三江平原土地利用变化及驱动力[J]. 地理学报, 2008, 63(1): 94-104.
- [14] 葛翠萍, 赵军, 尹升, 等. 典型黑土区地形因子对土地利用变化的影响[J]. 农业系统科学与综合研究, 2009, 25(1): 69-73.
- [15] 王宗明, 宋开山, 刘殿伟, 等. 地形因子对三江平原土地利用/土地覆被变化的影响研究[J]. 水土保持通报, 2008, 28(6): 10-16.
- [16] 贾宁凤, 段建南, 乔志敏, 等. 土地利用空间分布与地形因子相关性分析方法[J]. 经济地理, 2007, 27(2): 310-312.
- [17] 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]. 中国农业生态学报, 2010, 18(5): 1071-1075.
- [18] 陈曦. 中国干旱区土地利用与土地覆被变化[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-543.
- [19] 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.
- [20] 黄钱, 赵智杰, 蒋来文. 塔里木河下游垦区土地利用/覆盖动态变化过程分析[J]. 干旱区地理, 2006, 29(6): 894-901.



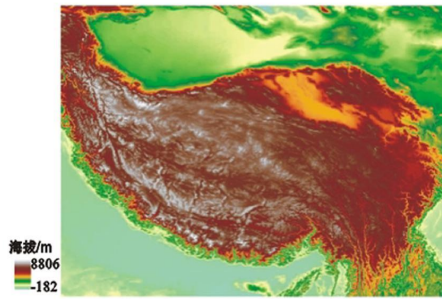
附图1 新疆自治区尉犁县1980和2007年土地利用和覆被图



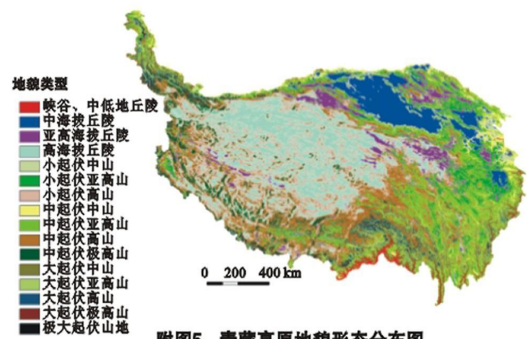
附图2 平通河流域防护林质量评价结果



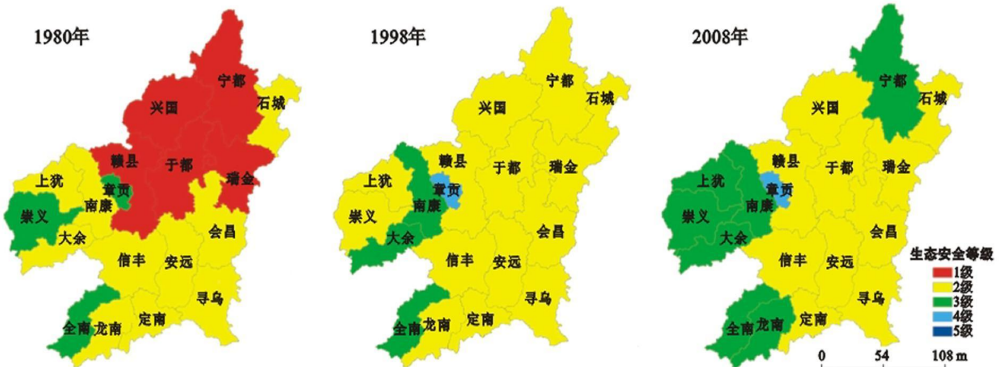
附图3 南京市土壤环境功能分区



附图4 青藏高原地形特征示意图



附图5 青藏高原地貌形态分布图



附图6 赣州地区生态安全等级分布