

近 10 a 广西喀斯特地区石漠化景观格局分析

徐劲原¹, 胡业翠¹, 王慧勇^{1,2}

[1. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083; 2. 青岛农业大学 资源与环境学院, 山东 青岛 266109]

摘要: 广西壮族自治区是中国亚热带喀斯特典型地区, 石漠化情况严重。以 SPOT-VEGETATION 影像为主要数据源, 运用 MVC 方法和像元二分模型, 结合地质、地貌和土地利用现状图, 反演了 1998, 2003, 2007 年广西喀斯特地区的石漠化分布, 在 FRAGSTATS 平台下, 选取香农多样性指数(SHDI)、蔓延度指数(CONTAG)等景观格局指标, 运用景观空间分析方法对广西喀斯特石漠化近 10 a 空间格局演化特征进行了分析。研究表明, 区域石漠化景观水平整体异质性低, 内部混合度大。石漠化治理效果明显, 各类石漠化面积共减小 177 283 hm², 其中轻度石漠化变化最大, 是治理的首要 and 重要目标。

关键词: 喀斯特石漠化; 景观格局; 空间分布; 广西壮族自治区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)01-0181-04

中图分类号: P642. 252

Landscape Patterns of Rocky Desertification Land in Karst Region of Guangxi Zhuang Autonomous Region in Recent 10 Years

XU Jing-yuan¹, HU Ye-cui¹, WANG Hui-yong^{1,2}

(1. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China)

Abstract: Guangxi Zhuang Autonomous Region is a typical subtropical karst region with severe rocky desertification in China. Based on the SPOT-VEGETATION images used as the main data source, the distribution of rocky desertification in Guangxi Province in 1998, 2003, and 2007 is inverted by combining maximum value composites(MVC) method and dimidiate pixel model with geology, landform, and landuse map. Additionally, in FRAGSTATS platform, the evolutionary characteristics of rocky desertification in the 10 years are analyzed by selecting some landscape pattern indexes, such as Shannon Diversity Index(SHDI) and Contagion(CONTAG), and using spatial analysis method of landscape. Results from the research show that the overall landscape level of rocky desertification in the region was characterized by high inner homogeneity and low landscape heterogeneity. The total rocky desertification area decreased by 177 283 hm², indicating a good effect of management. The change in light rocky desertification was most significant and the area for this type of rocky desertification is the important and prime objective of management.

Keywords: rocky desertification in karst region; landscape pattern; spatial distribution; Guangxi Zhuang Autonomous Region

中国西南部是世界 3 大喀斯特集中分布区之一东亚片的核心部分^[1]。广西壮族自治区全区碳酸盐岩面积占土地总面积的 40.9%, 84 个县市有碳酸盐岩出露, 主要分布在桂中、桂西和桂西北, 是中国喀斯特地貌发育最典型、分布最广的地区之一, 喀斯特峰丛洼地是其地区的主要景观类型。人类不合理的活动干扰加剧了岩溶地区的石漠化, 影响了其空间景观格局演化和破碎化进程, 如果这一问题不能得到及时

有效的解决, 石漠化治理项目的设计与布局就会受到影响和限制, 并直接影响石漠化治理的工作进度和效果。由于脆弱的喀斯特生态地质环境条件和不合理的人类活动的长期作用, 石漠化地区相对于其他区域的景观生态特征与问题都更为复杂, 景观异质性程度高^[2]。目前, 针对广西地区的石漠化形成机理与构成危害的研究取得了一定进展, 但对土地石漠化景观空间格局与石漠化空间过程相互关系的研究较少^[3], 而

收稿日期: 2011-03-15

修回日期: 2011-06-06

资助项目: 国家自然科学基金项目“贫困化胁迫下农户适应性行为及其对土地石漠化的影响研究: 以广西地区为例”(70903061); 高等学校博士学科点专项科研基金新教师基金资助项目“广西喀斯特山区贫困化与石漠化互动效应与模式研究”(200900221200098)

作者简介: 徐劲原(1986—), 男(汉族), 黑龙江省牡丹江市人, 硕士, 主要从事土地资源管理相关研究。E-mail: xujingyuan1986@126.com。

通信作者: 胡业翠(1978—), 男(汉族), 山东省淄博市人, 副教授, 主要研究方向为土地利用与区域发展。E-mail: huyc@163.com。

针对广西全境大尺度范围的相关研究更少。本文以 1998, 2003, 2007 年 3 期的 SPOT-VEGETATION 影像资料为数据源, 运用 MVC 法和像元二分模型处理影像, 获取当年的石漠化程度和分布情况。该地区石漠化的发展属于非连续型, 因此用景观格局指数法对其空间的景观格局进行分析^[4], 研究其变异规律和趋势。这对认清该地区的石漠化现状和今后石漠化的防治与管理有重大意义。

1 数据来源与处理

1.1 数据来源

本文以 1998 年, 2003 年和 2007 年的 SPOT-VEGETATION 逐旬 NDVI 数据为主要数据源, 其他资料包括广西地区 1:400 地质图, 1:400 万地貌图, 2000 年和 2006 年的 1:10 万土地利用现状图等。

1.2 数据解译

采用 MVC(maximum value composites)法, 将 1998, 2003 和 2007 年的不同月份(主要选择植被信

息较好的 5—9 月)的影像数据合成当年植被信息量最大的影像资料, 从而最大程度地消除来自云层和大气等环境因素的干扰。然后根据像元二分模型理论, 求该区间的最大和最小值, 确定全植被覆盖和全土壤的 NDVI 值^[5], 建立反演植被指数的像元二分模型, 定量估算石漠化发生区的植被覆盖度。由于植被退化是石漠化最直接的表现之一, 归一化植被指数 NDVI 能很好地反映植被覆盖、生物量及生态系统参数的变化^[6], 取得 NDVI 植被指数与石漠化之间的对应关系, 并结合表 1, 划分石漠化程度。

具体操作步骤如下: 在 ArcGIS 9.3 平台上, 用区域地质地貌图件叠合生成石漠化发生区范围; 据此对区域的原始遥感影像进行裁剪, 缩小研究区范围, 提高研究的针对性; 然后在 ENVI 4.6 软件中, 用 MVC 法合成当年的影像数据, 并以此建立像元二分模型; 最后再返回 ArcGIS 9.3 平台, 将得到的植被覆盖度状况依据标准进行重分类, 最终生成当年的区域石漠化程度和分布状况图。

表 1 喀斯特石漠化强度分级标准

石漠化等级	植被覆盖度/%	参考标准
非喀斯特	—	按地质条件排除的非喀斯特地区
无石漠化	>70	属喀斯特地区, 但不产生石漠化的土地利用方式; 水土流失不明显的宜农、宜林、宜牧地
轻度石漠化	50~70	属喀斯特地区, 且具有发生石漠化的条件
中度石漠化	30~50	属喀斯特地区, 且具有发生石漠化的条件
重度石漠化	<30	属喀斯特地区, 且具有发生石漠化的条件

1.3 景观指数计算

描述景观结构特征的景观格局指数可分为类型和景观 2 个层次, 前者主要描述同一斑块类型的斑块数量、面积和形状特征, 而后者主要描述景观中的所有组成单元的数量、面积、形状及异质性等特征^[7]。区域的景观空间格局可以通过内部斑块的各种指数来表征和分析, 采用的景观空间格局指数包括景观单元特征指数和景观整体指数。主要选取斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、景观聚集度(CONT)、香农多样性指数(SHDI)、破碎化指数(FN)等研究广西喀斯特石漠化空间演化特征。(各景观指数的计算公式与生态学意义参见文献^[8])

2 结果与分析

2.1 石漠化总体演化趋势

在类型水平上, 研究区 3 个时期的 3 种石漠化土地景观类型面积变化情况存在一定的差异。从石漠化总面积分析, 1998—2003 年, 区域石漠化总面积变化较小, 仅为 27 350 hm², 2003—2007 年, 区域呈现

良好的变化趋势, 总面积减少 150 764 hm², 比 1998 年减少 178 114 hm²。从类型角度分析, 重度石漠化土地在 10 a 间呈现低开高走的趋势, 2003 年时略有降低, 减少了 30 131 hm², 但此后类型总面积又呈反弹上升趋势, 到 2007 年仅比 1998 年时少 8 490 hm²; 中度石漠化土地在 2003 年达到一个高峰, 比 1998 年类型总面积增加 57 279 hm², 虽然至 2007 年, 类型总面积还是比 1998 年多 25 477 hm², 但已经呈现减少的总趋势; 总体来看, 只有轻度石漠化类型一直呈现良好的变化趋势, 且变化程度较大, 1998—2003 年和 2007 年总类型面积分别减少 54 497 和 194 740 hm² (附图 7—9)。

2.2 石漠化类型空间分布特征

景观格局指数的变化从不同的角度和程度反映了各类石漠化土地空间分布格局的动态特征。大部分指数呈现波动减少的趋势, 但也有部分指数呈现增加的趋势, 如中度石漠化的最大斑块指数(LPI)、凝聚指数(COHESION), 以及重度石漠化的斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)(表 2)。3 期数据的景观

比例、斑块密度和最大斑块指数,都是按轻度、中度到重度石漠化的比重递减,因此可知,10 a 间广西喀斯特地区的整体石漠化类型格局比例并没有发生重大变化。景观形状指数一项,3 期数据中都是轻度石漠化的数值最高,重度石漠化最小,说明 10 a 间都是轻度石漠化易受干扰,而重度石漠化的稳定性相对较好,不易受周边景观影响,因此,整治区域石漠化的最好突破口是轻度石漠化地区,在该景观类型区采取

措施,能在防治景观退化和生态环境恶化方面取得较好成效。凝聚指数一项,除 2007 年中度石漠化的数据增加外,其余都呈减少趋势,且比重由轻度、重度到中度石漠化依次递减,表明石漠化土地的空间分布均匀度呈轻微的降低趋势,且聚集程度也有一定程度的降低,即各类石漠化土地的时空格局特征变化总体趋势除 2007 年中度石漠化类型外,其余基本一致,但变化程度并不显著,最大的变化幅度也仅在 0.3 以内。

表 2 1998,2003,2007 年 3 期影像类型水平的景观指数

年份	类型	PLAND	PD	LPI	LSI	COHESION	AI	FN
1998	重度石漠化	7.332 9	0.072 3	0.344 9	82.505 5	97.945 4	93.986 5	0.015 03
	中度石漠化	8.552 0	0.105 8	0.100 6	96.080 5	96.983 6	93.504 3	0.021 98
	轻度石漠化	27.429 1	0.145 5	1.376 0	118.158 2	98.911 8	95.533 1	0.030 23
2003	重度石漠化	6.857 9	0.069 8	0.172 8	78.136 4	97.859 7	94.114 0	0.014 66
	中度石漠化	9.463 4	0.110 7	0.081 7	98.369 1	96.969 6	93.677 1	0.023 23
	轻度石漠化	26.562 4	0.149 4	0.580 1	120.052 3	98.717 5	95.386 9	0.031 35
2007	重度石漠化	7.205 0	0.078 6	0.206 2	84.628 6	97.656 9	93.775 8	0.017 47
	中度石漠化	8.958 1	0.103 5	0.235 2	93.942 7	97.198 0	93.795 6	0.023 01
	轻度石漠化	24.325 7	0.144 5	1.094 8	115.964 2	98.766 0	95.344 7	0.032 11

注:PLAND 为景观比例;PD 为斑块密度;LPI 为最大斑块数;LSI 为景观形状指数;COHESION 为凝聚指数;AI 为聚合指数;FN 为破碎度指数。下同。

2.3 景观层次分析

景观水平上的景观指数定量反映了研究区总体景观空间格局及变化特征。1998—2007 年,广西喀斯特地区的石漠化总斑块数与斑块密度呈波动递增的趋势。相比 1998,2003 和 2007 年的石漠化总斑块数,分别增加了 396 块和 187 块,其中 2003 年比 1998 年的重度石漠化斑块减少了 155 个,而中度和轻度则分别增加了 308 块和 243 块;2007 年比 1998 年的重度石漠化斑块增加了 393 块,中度和轻度石漠化分别减少了 141 和 65 块。同时,反映景观多样性的香农多样性指数和香农均匀度指数呈减少的趋势,但变化并不明显,变化总体幅度分别为 0.020 1 和 0.014 5(表 3)。

由指数降低,可以看出,1998—2007 年,各类型斑

块数量所占比例呈现一个趋异的趋势,从各类型斑块的比来看,主要是中度石漠化类型斑块数量的变化影响了整体的多样性指数,虽然 2007 年的中度斑块比 1998 年减少了 141 块,但此类型的比例却比 1998 年增加了 0.4。香农多样性指数的降低表示了石漠化地区的破碎化程度降低,其不定性的信息含量也减少,而且石漠化的异质性也逐年降低。而香农均匀度指数也是我们比较不同景观或同一景观不同时期多样性变化的一个有力手段,反映不同生态系统斑块分布的均匀程度。1998—2007 年它呈现一个先升后降的趋势,说明区域无石漠化土地的优势度增强,景观连接度增加,石漠化土地平均斑块面积受景观优势斑块的支配程度加深,区域的优势斑块更加明显。

表 3 1998,2003,2007 年 3 期影像景观水平的景观指数

年份	NP	PD	CONTAG	LSI	IJI	COHESION	DIVISION	SHDI	SHEI	AI
1998	25 550	0.407 2	58.076 7	136.259 4	70.955 3	99.454 1	0.987 1	1.078 5	0.778 0	96.602 9
2003	26 772	0.426 6	57.878 3	138.711 1	71.722 6	99.391 4	0.984 3	1.078 9	0.778 3	96.505 0
2007	26 543	0.423 0	58.731 3	137.091 0	74.423 9	99.543 3	0.977 5	1.058 4	0.763 5	96.569 5

注:NP 为斑块个数;CONTAG 为蔓延度;IJI 为散布与并置指数;DIVISION 为景观分离指数;SHDI 为 Shannon 多样性指数;SHEI 为 Shannon 均匀度指数。

破碎度是指景观被分割的破碎程度,即景观的景观类型在给定时间里和给定性质上的破碎化程度。从各类型石漠化的破碎度来看,轻度石漠化的破碎度

最高,景观破碎程度最大,强度石漠化的景观破碎度最低,这一方面体现了石漠化发展的结果以基岩大面积裸露为特征,另一方面也说明岩溶生态系统的脆弱

性。从各年份破碎度指数看,1998 年的 0.067 235 至 2007 年的 0.072 589 呈逐年上升的趋势,但从综合石漠化斑块数量和区域石漠化总面积来分析,区域内的石漠化斑块平均面积呈减小的趋势,1998 年每个石漠化斑块面积约为 133.86 hm^2 ,2003 年的平均斑块面积为 129.99 hm^2 ,2007 年平均斑块面积为 123.99 hm^2 。由此可见,虽然石漠化的景观特征破碎度呈增加趋势,但是实际的景观环境却在改善,人类滥砍滥伐等不合理行为也相应减少,使得石漠化的景观特征呈现良性发展的趋势,并未继续恶化。

3 结论

景观格局在“垂直”方向不适宜的匹配和“水平”方向不合理的空间布局,是构成岩溶山地景观退化的主要原因^[9]。虽然在石漠化的形成机理与造成危害等方面的研究取得了一定成绩,但对喀斯特石漠化景观及其土地生态价值的研究还很少提及,若不能及时解决,石漠化治理项目的布局和设计将受到一定程度的限制,很难在位置和程度上做到有的放矢,进而会直接影响石漠化治理的工作进度和整体效果^[10]。

(1) 采用 SPOT-VEGETATION 影像数据,虽然分析和研究的方法科学合理,但影像分辨率过低,导致分析精度和准确程度不高。因此,如果获取到当地高分辨的影像数据,可以再依此法对研究区进行更为精细的分析和研究,以便能够更真实地反映当地石漠化的变化趋势和真实情况。

(2) 研究区的多样性指数、均匀度指数也与各峰丛洼地系统的景观基质有关,在不同石漠化程度的峰丛洼地系统中,反映的景观生态意义有所不同。轻度石漠化洼地系统景观较为破碎,重度石漠化峰丛洼地系统的破碎度指数最低,随石漠化程度的加强,裸岩的分离度逐渐增加,斑块面积逐渐增大,但石漠化平均斑块面积却呈逐年减小趋势。可用破碎度指数、均匀度指数来定量评价区域石漠化程度的差异和恢复的难易程度。

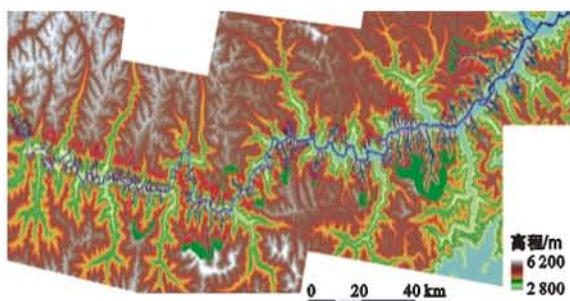
(3) 研究区的石漠化土地类型的动态变化表明,1998—2007 年各类型石漠化土地无论在数量、面积和空间分布特征方面都发生了十分显著的变化。研究区各类石漠化土地面积减少 177 283 hm^2 ,总石漠化斑块数增加了 187 块。虽然石漠化的总斑块数略有增加,但是重度石漠化土地面积和轻度石漠化面积明

显减少,分别减少 8 490 和 194 740.25 hm^2 。可以看出,区域石漠化的治理工作有着明显的进步和成效。

(4) 从石漠化分布的景观格局特征分析得出,景观水平整体异质性较低,空间配置较稳定;内部混合程度较大,相互之间易受影响。在斑块层次上,轻度石漠化的斑块破碎度最大,形状最为复杂,易受外界影响。因此在治理中要贯彻退耕还林、封山育林等政策措施,重点恢复轻度石漠化地区的植被,同时严格控制中度石漠化地区,防止其向重度石漠化转变。与此同时,还要宣传和推广已有的治理成效和经验,如发展特色种植业,养殖业实现区域“猪—沼—果”循环经济的生态农业;在喀斯特山区山体中上部实施乔灌草结合,中下部种植用材林、经济林、竹林及药用植物,山体下部以及各地兴修农田水利,构成农牧渔的复合立体农业体系。

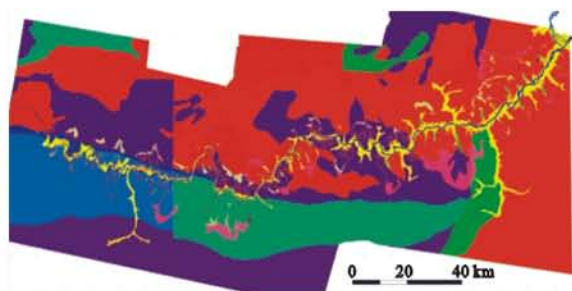
[参 考 文 献]

- [1] 蔡运龙. 生态旅游:西南喀斯特山区摆脱“贫困陷阱”之路[J]. 中国人口资源与环境,2006,16(1):113-116.
- [2] 杨晓英,周忠发,邹长慧. 基于景观级别指数的典型喀斯特石漠化空间格局分析[J]. 贵州师范大学学报,2010,28(3):27-31.
- [3] 李阳兵,王世杰,罗光杰,等. 喀斯特石漠化演变轨迹的典型案例分析:以贵州盘县为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2010,21(3):118-124.
- [4] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [5] 罗娅,熊康宁,陈起伟,等. 喀斯特生态治理区可持续发展能力评价:以贵州毕节鸭池、遵义龙坪、沿河淇滩示范区为例[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(7):808-813.
- [6] Tucker C J, Townshend J R G. African land-cover classification using satellite data [J]. Science, 1985, 227(4685):369-375.
- [7] 张笑楠,王克林,陈洪松. 桂西北喀斯特区域景观结构特征与石漠化的关系[J]. 应用生态学报,2008,19(11):143-148.
- [8] 邬建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [9] 张惠远,王仰麟. 山地景观生态规划:以西南喀斯特地区为例[J]. 山地学报,2000,18(5):62-69.
- [10] 严宁珍,李阳兵. 石漠化景观格局分布特征及其影响因素分析:以贵州省盘县为例[J]. 中国岩溶,2008,27(3):61-66.



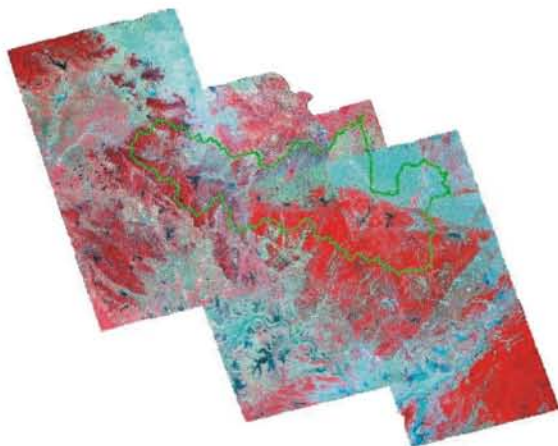
- 泥石流沟道线
- 泥石流流域范围
- 主干水系
- 崩塌滑坡物源
- 寒冻弱风化物源
- 寒冻强风化物源
- 沟道物源

附图1 雅鲁藏布江林芝—加查段沿线泥石流沟及源地物源分布(以DEM为底图)

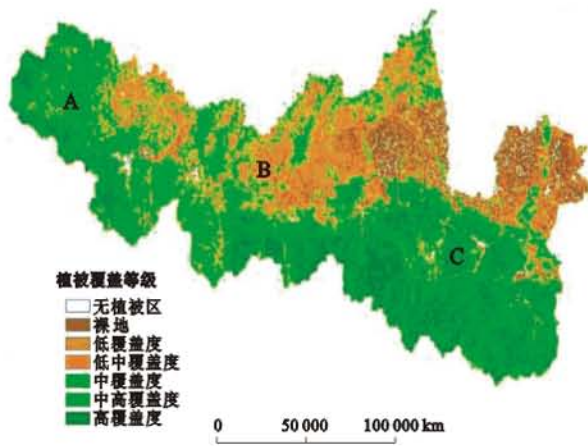


- 主干水系
- 千枚岩
- 千枚岩与石英砂岩
- 沟道堆积物源
- 郎县混杂岩
- 片麻岩
- 泥石流流域范围
- 寒冻弱风化物源
- 寒冻强风化物源
- 闪长岩
- 花岗岩
- 片岩
- 砾岩
- 第四纪
- 板岩与石英砂岩
- 崩塌滑坡物源

附图2 雅鲁藏布江林芝—加查段沿线地层岩性与物源分布的关系

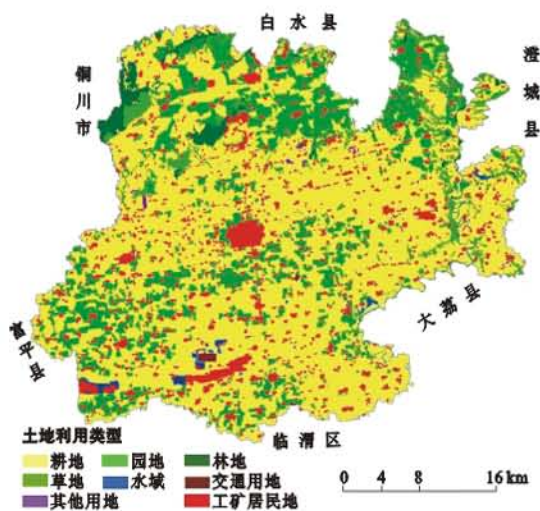


附图3 淮河上游流域遥感标准假彩色合成示意图



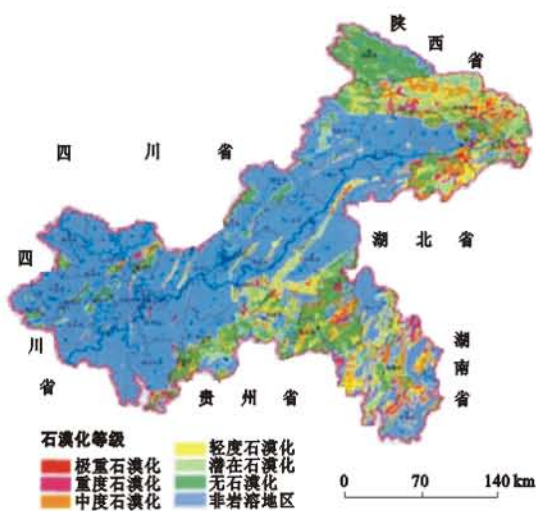
- 无植被区
- 裸地
- 低覆盖度
- 低中覆盖度
- 中覆盖度
- 中高覆盖度
- 高覆盖度

附图4 淮河上游流域植被覆盖度等级分布



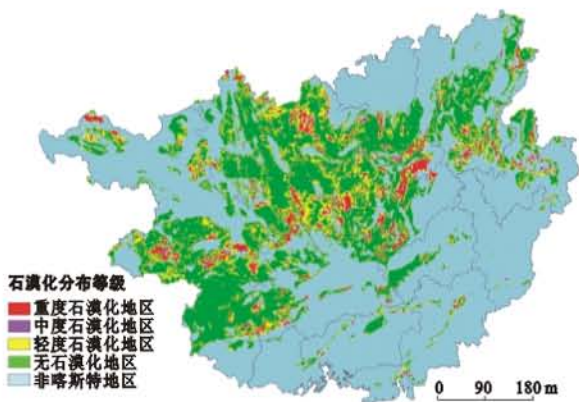
- 耕地
- 草地
- 其他用地
- 园地
- 水域
- 林地
- 交通用地
- 工矿居民地

附图5 陕西省蒲城县土地利用现状



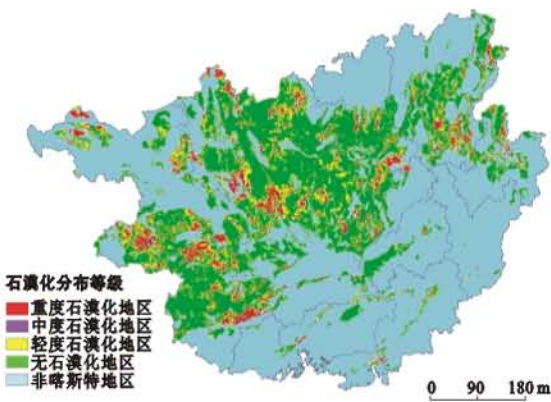
- 极重度石漠化
- 重度石漠化
- 中度石漠化
- 轻度石漠化
- 潜在石漠化
- 无石漠化
- 非岩溶地区

附图6 2006年重庆市岩溶地区石漠化分布



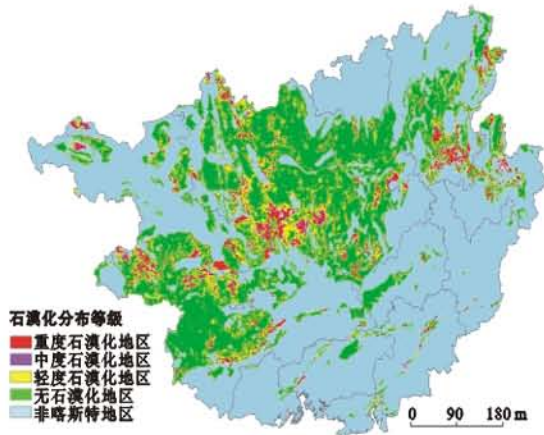
- 重度石漠化地区
- 中度石漠化地区
- 轻度石漠化地区
- 无石漠化地区
- 非喀斯特地区

附图7 1998年广西壮族自治区喀斯特石漠化分布

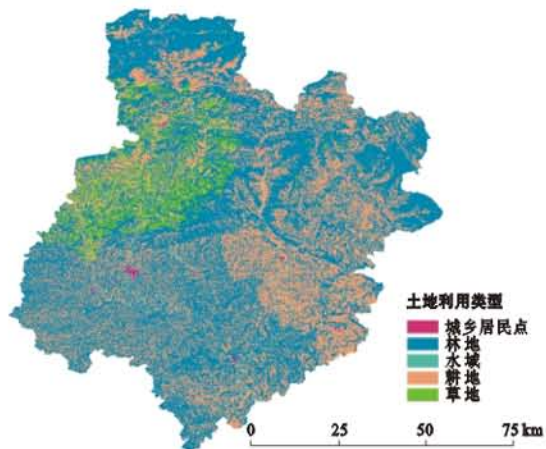


- 重度石漠化地区
- 中度石漠化地区
- 轻度石漠化地区
- 无石漠化地区
- 非喀斯特地区

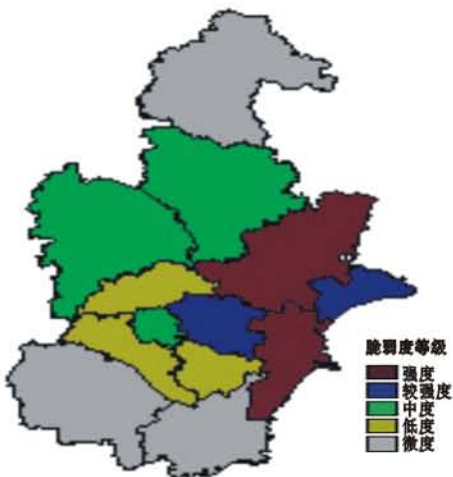
附图8 2003年广西壮族自治区喀斯特石漠化分布



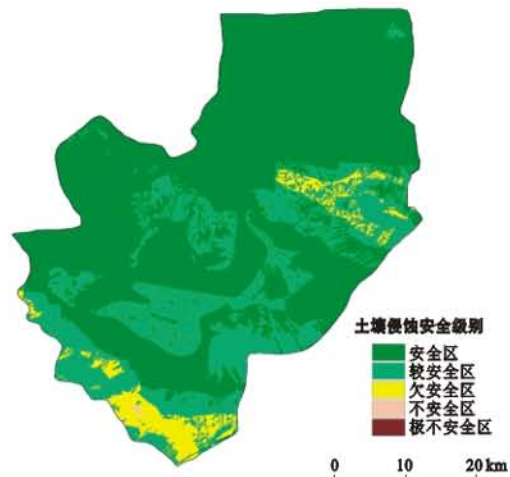
附图9 2007年广西壮族自治区喀斯特石漠化分布



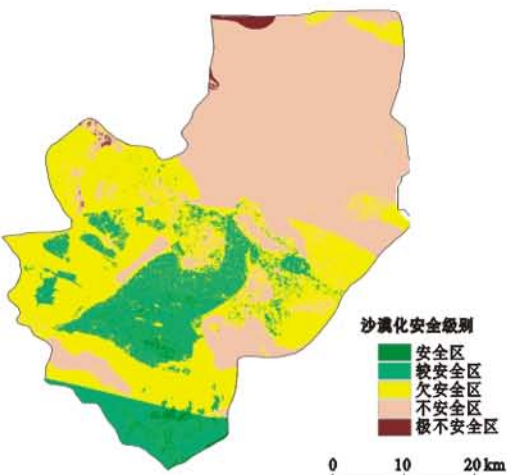
附图10 2007年陕西省巴中市土地利用状况



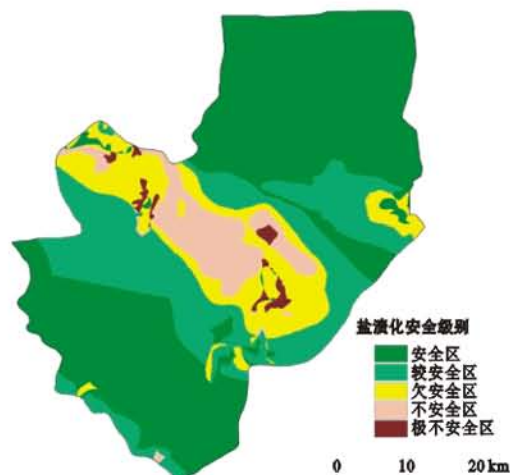
附图11 天津地区洪涝脆弱度等级区划



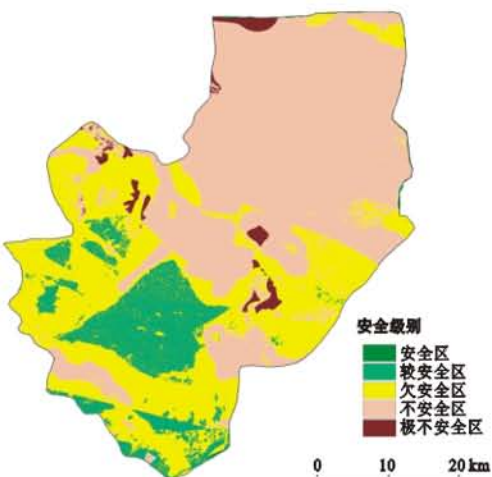
附图12 甘肃省张掖市甘州区土壤侵蚀安全评价分级



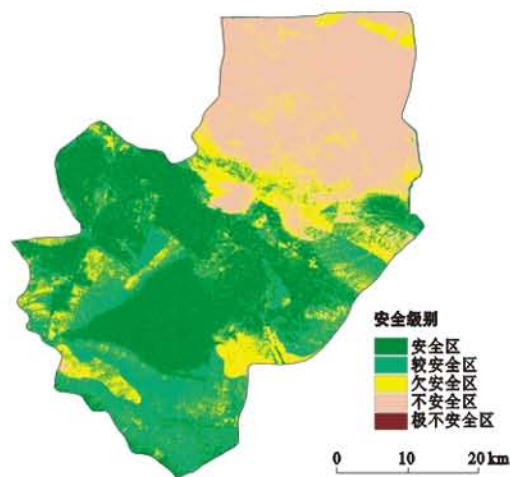
附图13 甘肃省张掖市甘州区沙漠化安全评价分级



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