

# 基于 GIS 与 RS 的喀斯特石漠化与土壤类型的 空间相关性分析

——以广西都瑶族自治县为例

胡宝清<sup>1,2</sup>, 黄秋燕<sup>1</sup>, 廖赤眉<sup>1</sup>, 严志强<sup>1</sup>, 蒋树芳<sup>1</sup>, 吴章梅<sup>1</sup>

(1. 广西师范学院 资源与环境科学学院, 广西 南宁 530001;

2. 中国科学院地球 化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

**摘要:** 依托 GIS 与 RS 技术, 以广西省都安瑶族自治县为研究载体, 采用 TM 影像为背景资料, 辅以地形图、土地利用图、地质图、土壤图以及 GPS 实测数据库等相关资料综合分析, 建立石漠化分级的遥感影像解译指标体系, 生成都安县石漠化分级分布图和数字化土壤类型图; 运用 GIS 空间分析功能, 定量探讨不同级别石漠化与土壤类型之间的空间相互关系。

**关键词:** 喀斯特石漠化; 土壤类型; 空间相关性; 都安瑶族自治县

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2004)05-0067-04

**中图分类号:** S151

## Spatial Correlation Analysis of Karst Rocky Desertification and Soil Type Based on RS & GIS

——A Case Study at Du'an Yao Autonomous County of Guangxi Province

HU Bao-qing<sup>1,2</sup>, HUANG Qiu-yan<sup>1</sup>, LIAO Chi-mei<sup>1</sup>, YAN Zhi-qiang<sup>1</sup>,

JIANG Shu-fang<sup>1</sup>, WU Zhang-mei<sup>1</sup>

(1. Faculty of Resources and Environmental Science, Guangxi Teachers Education University,

Nanning 530001, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China; 2. National Laboratory of Environmental

Geochemistry, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou Province, China)

**Abstract:** This paper presents a GIS-based analysis of remotely sensed (RS) data for the Du'an Yao Autonomous County of Guangxi Zhuang Autonomous Region, including TM image background data and landform, land use, soil, geological and GPS database data. An RS image integration index system for rocky desertification grades are established. A rocky desertification grade map and a digital soil map of Du'an County are presented. Finally, a connection between different degrees of rocky desertification and soil type, from the viewpoint of spatial correlation, is proposed.

**Keywords:** karst rocky desertification; soil type; spatial correlation; Du'an Yao Autonomous County

喀斯特石漠化是指在亚热带脆弱的喀斯特环境背景下, 受人类不合理社会经济活动的干扰破坏, 造成土壤严重侵蚀, 基岩大面积出露, 土地生产力严重下降, 地表出现类似荒漠景观的土地退化过程<sup>[1]</sup>。依托 GIS 与 RS 技术, 以都安瑶族自治县为研究载体, 从自然背景因素——土壤方面来定量探讨不同土壤类型与石漠化的形成与演化是否存在着某种程度的控制作用, 为进一步分析石漠化驱动机制及生态恢复提供一定的科学依据<sup>[2-5]</sup>。都安瑶族自治县位于广西

壮族自治区中部偏西, 云贵高原向广西盆地过渡地带, 地处北纬 23°48'—24°35' 之间, 东经 107°46'—108°31'。东西宽 75.6 km, 南北长 87.0 km, 土地总面积 409 189.7 hm<sup>2</sup>。境内出露的地层主要有泥盆系、石炭系、二迭系、三迭系、白垩系和第四系, 其中以石炭系和二迭系的碳酸盐岩为主, 约占全自治县土地面积的 90%。在区域构造上, 该区处广西“山”字型构造前弧西翼中段, 构造体系主要呈北北西向, 奠定了境内西北高、东南低的地势。地质史上, 该区域经历了元古代

收稿日期: 2003-11-04

资助项目: 国家自然科学基金项目(40361002, 40161004); 广西自然科学基金项目(桂科自023646, 03420012); 广西师院前期基础研究项目(02120A06); 广西师院资源与环境信息系统实验室项目(030307)

作者简介: 胡宝清(1966—), 男(汉族), 江西临川, 博士后, 副教授, 主要从事喀斯特环境 GIS 研究和教学。电话(0771)3907946。E-mail: hbq1230@sina.com。

和早古生代的地壳活动,晚古生代地壳相对稳定期,三叠纪末印支运动及燕山期—喜山期的新构造运动。受区域复杂的构造运动控制,区域内褶皱、断层遍布,地形破碎,地貌类型复杂,境内主要的地貌类型为岩溶地貌、剥蚀侵蚀低山丘陵地貌及河谷地貌,其中岩溶地貌以峰丛洼地、峰丛谷地和峰林谷地为主,占全县总面积的89%<sup>[2]</sup>。都安处在南亚热带季风气候北缘,受地形、地质构造和岩溶山区水文、植被条件的制约,境内各地的小气候特征较为突出,夏季炎热,冬季暖和,全年平均气温在18.20℃~21.7℃之间,均年降雨量1581.7mm,全县降水变幅在1200~1983mm。

## 1 RS与GIS在喀斯特石漠化驱动因子分析中的应用

利用遥感技术和GIS研究方法<sup>[6]</sup>,采用TM影像为背景资料,辅以地形图、数字数据土地利用图、土壤图、地质图、坡度图以及GPS实测数据库等相关资料综合分析,建立石漠化分级的遥感影像解译指标体系,进而对石漠化强度和空间分布进行解译,并统计各级别石漠化面积,生成都安县石漠化分级分布图和GIS数据库,喀斯特石漠化遥感与GIS一体化分析流程图见图1所示。

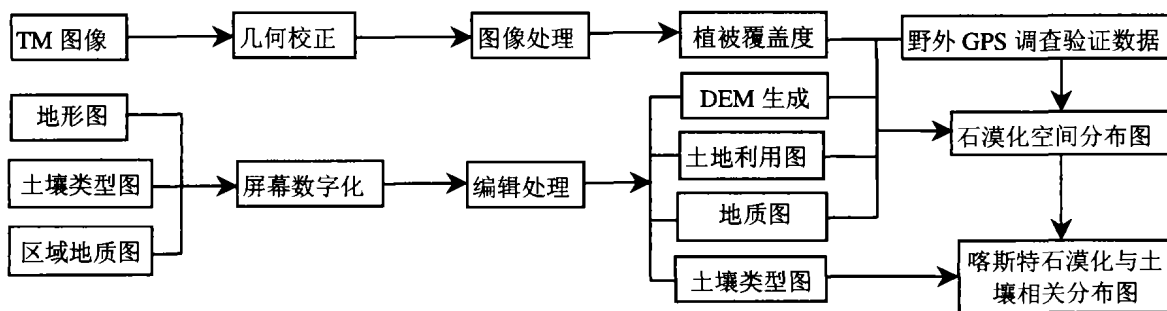


图1 喀斯特石漠化遥感与GIS一体化分析流程图

## 2 喀斯特石漠化分级及分布特征

根据广西遥感数据源(TM影像)的特点,以植被覆盖度、基岩裸露率、植被类型作为喀斯特石漠化遥感影像的判别指标,将都安喀斯特石漠化划分为3个等级:轻度石漠化—植被覆盖度40%~60%,基岩裸露21%~40%,遥感影像呈星状颜色呈浅红,绿红色;中度石漠化—植被覆盖度为21%~40%,基岩裸露40%~60%,遥感影像呈斑状颜色呈绿红色,红中带白色;强度石漠化—植被覆盖度<20%,基岩裸露>61%,遥感影像呈斑状,颜色呈红中带白,灰白,白色,并由此完成1:10000都安石漠化分级分布图。

都安瑶族自治县石漠化的分布占全县土地面积的29.8%,占碳酸盐岩出露面积的93.47%,集中连片分布于县城的南部及北部地区,东部也有零星分布,其中轻度石漠化的比例为17.39%,中度的比例为8.5%,强度的比例为3.28%。都安喀斯特山区的石漠化主要发生于浅覆盖或裸露型的喀斯特地区,由于森林植被的退化或被毁以及人类不合理的土地利用,极易导致地表裸露,在降雨或径流等运移力的作用下,进一步造成土被丧失,基岩裸露,最终导致石漠化的发生。喀斯特石漠化的形成是水土流失的必然结果,石漠化土地面积的扩大则使水土流失进一步加重。影响石漠化形成的因素既有自然的原因,也有人为的原

因随着社会经济和人类社会活动的发展,人为因素越来越成为石漠化发生的主导因子。

## 3 都安土壤类型组成特点及其空间分布特征

### 3.1 土壤类型组成特点

土壤是历史自然体,土壤的形成是气候、地形、母质、生物、水文以及人为活动的产物。都安县在基于喀斯特的特定地质、地貌、气候、水文和植被条件下,土壤具有明显的形成特点和分布规律,发育的土壤类型多样<sup>[7-9]</sup>。都安县的主要土壤类型为石灰岩土、水稻土、红壤、黄壤、冲积土、紫色土、灰粗骨性土,其中石灰岩土、红壤、水稻土、黄壤分别占都安县土地总面积的86.9%,8.9%,1.89%,1.1%,其余类型所占土地总面积比例均不大于1%(表1,图1)。

表1 都安瑶族自治县各土壤类型百分比

土壤类型	面积	比例/%
石灰岩土	355 585.85	86.90
红壤	4 501.09	8.90
冲积土	3 294.29	0.81
灰粗骨性土	1 528.42	0.37
水稻土	7 733.69	1.89
黄壤	3 294.29	1.10
紫色土	128.48	0.03

### 3.2 主要土壤类型形成特点与空间分布状况

都安地处南亚热带与中亚热带的过渡带,地带性植被为亚热带常绿阔叶季雨林,在这种生物气候条件下发育的地带性土壤为红壤。但受区域内特殊的地质地貌、气候与区域内岩溶山区特有的水文与地质水文条件影响下,都安县土壤类型以石灰岩土为主。

(1) 红壤。地带性土壤,有显著的脱硅富铝化特征,具有明显的发育层次,呈A—B—C型;土层比较深厚,呈红色。集中分布在板岭—下坳,百旺—拉烈等地高程800 m以下的砂岩中低山、丘陵和大型岩溶谷,如澄江河谷、刁江河谷、红水河谷等地低缓地带。

(2) 黄壤。脱硅富铝化作用比较明显,有机质较红壤及赤红壤明显高,可高达5%~10%。主要分布在保安、大兴、下坳等地,海拔700~800 m以上山峰山脊地带,面积不很大。

(3) 石灰岩土。受碳酸盐母岩强烈影响,土体厚度差异大,分黑色石灰土和棕色石灰土2个亚类。广泛分布在全县各地的峰丛洼地及较小条形谷地和石灰岩山峰上,分布地域占全县总面积90%以上。

(4) 冲积土。包括河流冲积土和洪积土,分布在红水河、澄江、刁江的一级阶地及其它小河流沿岸。大兴、下坳、板岭、拉仁、拉烈、百旺等地的硅质岩沙页岩丘陵或山地则有大量的洪积土。

(5) 紫色土。母质大多含有不同数量的碳酸钙、石膏等易溶盐类以及富含磷、钾等植物营养元素;土壤为紫色、红紫、棕紫或暗紫色;土层较薄,层次分异不很明显;矿物质养较丰富;随母岩性质不同,土壤质地变幅很宽,壤土为主,以酸性为主。物理风化作用强

烈,化学风化作用相对较弱,侵蚀和堆积作用强烈。在澄江河谷下游有少量分布。

(6) 灰粗骨性土。由硅质灰岩风化物发育而成的一类初育土壤,比较集中分布在有二迭纪硅质灰岩出露的大兴—下坳、板岭—三只羊等地,其它乡镇亦有少量分布。

(7) 水稻土。水耕熟化作用较强烈,形成速度快,淋溶淀积作用比较明显。水稻土分布范围较窄,主要分布在澄江河谷、地苏河谷、刁江河谷及下坳等丘陵区等水源充足的地方。

## 4 都安县石漠化与土壤类型的空间相关性分析

把土地石漠化与土壤类型图叠加<sup>[10]</sup>,通过统计计算得出都安县1999年土地石漠化强度级别与土壤类型的相互关系(表2)。从各土壤类型石漠化发生率来看,轻度石漠化在各类土壤类型中的发生率均高于中度、强度石漠化在各类土壤类型中的发生率;除红壤外,中度石漠化在其它土壤类型中的发生率均高于强度石漠化在其它土壤类型中的发生率。石灰岩土中轻、中、强度石漠化非常突出,轻、中、强度石漠化在石灰岩土中的发生率分别为19.75%,9.67%,3.66%。红壤、灰粗骨性土、冲积土中石漠化分布面积较少,红壤和灰粗骨性土中轻、中、强度石漠化在各类土壤类型的发生率均小于2.53%,而水稻土、黄壤、紫色土几乎没有石漠化分布(表2)。这表明以碳酸盐岩为成土母质的石灰岩土基本控制了喀斯特石漠化的发育程度与分布。

表2 1999年都安土地石漠化强度级别与土壤类型的关系

土壤类型	总面积 hm <sup>2</sup>	无石漠化		轻度石漠化		中度石漠化		强度石漠化	
		面积/hm <sup>2</sup>	比重/%	面积/hm <sup>2</sup>	比重/%	面积/hm <sup>2</sup>	比重/%	面积/hm <sup>2</sup>	比重/%
石灰岩土	355 585.85	237 941.58	66.90	70 228.85	19.75	34 402.24	9.67	13 013.18	3.66
水稻土	7 733.69	7 733.69	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
红壤	36 417.88	34 700.47	95.28	917.73	2.52	387.68	1.06	412.00	1.13
黄壤	4 501.09	4 501.09	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
冲积土	3 294.29	3 267.87	99.20	15.19	0.46	6.80	0.21	4.43	0.13
紫色土	128.48	127.79	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
灰粗骨性土	1 528.42	1 512.46	98.96	12.00	0.79	3.26	0.21	0.70	0.05
合计	409 189.70	289 785.64	70.82	71 173.77	17.39	34 799.98	8.50	13 430.31	3.28

以不同土壤类型中石漠化面积作为分子,以全县石漠化总面积作为分母,分别计算都安石漠化发生区中不同土壤类型面积的比重(表3)。从表3可知,石漠化主要分布在石灰岩土地区,全县石漠化中有98.53%发生在石灰岩土地区;石漠化发生在红壤、冲积土与灰粗骨性土的比例均较低。这一方面与石灰土在

全县分布面积大有关系,但另一方面也说明石灰土地区的石漠化已经非常严重。

表3 都安石漠化发生区中不同土壤类型的比例 %

石灰岩土	水稻土	红壤	黄壤	冲积土	紫色土	灰粗骨性土
98.53	0.00	1.44	0.00	0.02	0.00	0.01

从各土壤类型中石漠化的空间分布来说,石灰岩土强度石漠化分布区、粗灰骨性土强度石漠化分布区、红壤强度石漠化分布区、冲积土强度石漠化分布区集中分布在高岭—澄江、地苏—澄江—龙湾、菁盛—一线红壤中度石漠化分布区、粗灰骨性土中度石漠化分布区、冲积土中度石漠化分布区零碎分布在菁盛、三弄、地苏。而石灰岩土中度石漠化分布区则在沿石灰土强度石漠化分布区外围五竹、高岭、菁盛、龙湾、三弄一带成片状分布。外在三只羊、拉烈、下坳、百旺乡也有较大片分布;石灰岩土轻度石漠化分布区分布于东庙、保安、菁盛、龙湾、三只羊、加贵等地。结合都安县岩性图与野外考察分析,这种分布与石灰岩土的成土母质—碳酸盐岩分布及区域地质构造有联系。石灰岩土强度石漠化区主要集中在人口密集的高岭、澄江、地苏一带,这很可能与以都安县城为中心的区域人类活动较为活跃有一定的联系。

## 5 结 论

(1) 都安县喀斯特地区土地石漠化与土壤类型存在着明显的相关性,石漠化分布区土壤类型主要以石灰土为主,石灰土地区石漠化程度比其它土壤类型地区更严重。

(2) 都安县石灰岩土中石漠化发生率远高于其它所有土壤类型,轻、中、强度石漠化发生率分别为19.75%,9.67%,3.66%,其次为红壤和灰粗骨性土,轻、中、强度石漠化发生率均不大于2.53%。与其它土壤类型相比,石灰岩土地区的石漠化发育严重,也是所有土壤类中最容易发生石漠化的土壤类型,而红壤、灰粗骨性土的石漠化发生率为较低,黄壤、水稻土、紫色土中几乎无石漠化发生。土壤类型与石漠化之间的关系,与各土壤类型中的成土母质、岩性、土壤的理化性状及其它因素有关。从总体看,都安石灰岩土的成土母岩以纯质石灰岩、白云岩、泥灰岩和燧石灰岩为主<sup>[1]</sup>,碳酸盐岩占全县总面积的89%,酸不溶物质含量低,加上多雨条件下径流侵蚀强烈,因而风化物的形成非常缓慢,导致石灰岩土的成土母质—碳酸盐类风化物中钙、镁元素大量淋失,风化残余物较少,且厚度一般不大,碳酸盐岩的成土速率低于其流失速率,极易导致石漠化。

都安县的红壤成土母岩复杂,少部分是由石灰岩发育而成,野外考察发现这类红壤土体浅薄,石砾多,加上人类耕作破坏,极易侵蚀,导致基岩裸露,在卫星

影像上多呈灰白色,点状,一般为强度石漠化。灰粗骨性土是在石灰岩区中,由硅质灰岩发育而成的类初育土壤,主要分布在半土石山下半部的坡积裙,颜色浅,粘结性差,抗蚀性弱,且土中砾石多,土壤养分极端缺乏,保肥性能又低,土体各层次酸碱度变幅偏大,大多是上酸下碱,深根植物难以适应,有的地方甚至连灌丛草本植物也没有长好,因此植被稀少,加上区域降水丰富,也易产生石漠化。

通过考察发现,近年来都安县内的陡坡放牧与垦荒加剧了此类土壤的侵蚀,促进了石漠化的发展。冲积土中也属于初育纲土壤,土壤中泥、砂、砾混杂,土壤抗侵蚀性因成土母质不同而有所差异。黄壤的成土母质为非碳酸盐岩类——砂页岩,土体较厚,植被覆盖较好,无石漠化发生。水稻土的水耕熟化作用较强烈,形成速度快,淋溶淀积作用比较明显,不易发生水土流失。都安县的紫色土有酸性、中性及石灰性紫色土3个亚类,该类土壤在发展的过程中,由于母岩岩性松散,极易崩解,表土不断被侵蚀,阻滞盐基淋溶作用,延缓其成土过程,致使长期达不到富铝化阶段,许多性状继承了母质的原有特性。紫色土由于土体较浅薄,无明显的发育层次,极强度侵蚀,使母岩经常出露,但这类土壤分布的范围较少。

### [参 考 文 献]

- [1] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 101—105.
- [2] 袁道先. 中国岩学[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [3] 王世杰, 季宏兵, 欧阳自远, 等. 碳酸盐岩风化成土作用的初步研究[J]. 中国科学(D辑), 1999, 29(5): 441—449.
- [4] 孙承兴, 王世杰, 周德全, 等. 碳酸盐不溶物作为贵州岩溶区红色风化壳主要物质来源的证据[J]. 矿物学报, 2002(3): 235—242.
- [5] 蒋树芳, 胡宝清, 黄秋燕, 等. 广西都安喀斯特石漠化的分布特征及其与岩性相关性[J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(2): 214—219.
- [6] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 喀斯特石漠化的遥感—GIS典型研究[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [7] 何子平, 蒙福贵. 广西岩溶石山区生态重建中土壤资源开发利用与保护对策[J]. 中国岩溶, 2001, 20(2): 117—120.
- [8] 周清湘主著. 广西土壤[M]. 广西科学技术出版社, 1990.
- [9] 广西都安瑶族自治县农业局. 都安土壤志[M]. 1986.