

广西都安喀斯特石漠化的分布特征 及其与岩性的空间相关性

蒋树芳¹, 胡宝清^{1,2}, 黄秋燕¹, 周德全³, 廖赤眉¹

(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; 3. 贵州师范大学资源与环境科学系, 贵州 贵阳 550001)

摘要:在以广西都安瑶族自治县为研究对象,以 RS 与 GIS 一体化为分析手段,首先采用 TM 影像为背景资料,辅以地形图、土地利用图、土壤图、地质图以及 GPS 实测数据库等相关资料综合分析的基础上,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岩性图,然后从空间相关性的角度阐明了不同级别石漠化与碳酸盐岩岩性之间的内存联系。

关键词:空间相关性;喀斯特石漠化;岩性;GIS 与 RS 一体化;都安

中图分类号:P931.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1552(2004)02-0214-06

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(王世杰,2002),从本质上说,是人地系统失衡发展的产物。依托 RS 和 GIS 技术,本文主要分析广西都安喀斯特石漠化的分布特征及其与岩性的空间相关性,为揭示石漠化驱动机制及生态恢复提供一定的

科学依据。

1 都安喀斯特石漠化遥感与 GIS 一体化分析

喀斯特石漠化遥感与 GIS 一体化分析(李瑞玲等,2003;周忠发,2001),利用遥感和 GIS 技术,根据喀斯特石漠化的分级指标体系,以 TM 影像为基础,

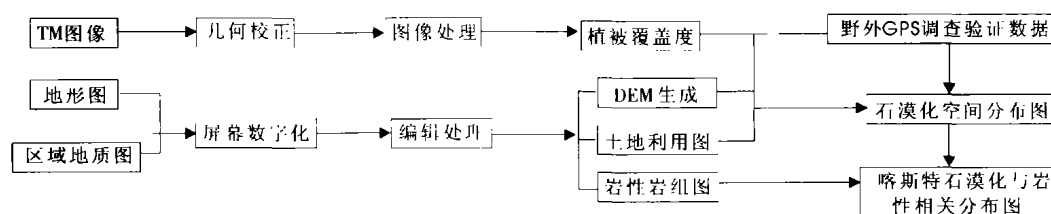


图1 喀斯特石漠化遥感与 GIS 一体化分析流程图

Fig. 1 The flow chart of karst rocky desertification analysis based on RS and GIS

收稿日期:2003-07-29;改回日期:2003-11-11

基金项目:国家自然科学基金项目(40161004,40361002),广西自然科学基金项目(桂科基0236046,桂科自0342001-2),广西科技创新金源单位——广西师范学院资源与环境信息系统实验室项目(03030)和广西师范学院教师前期基础研究基金项目(02120A06)联合资助。

作者简介:蒋树芳(1981-),女,硕士研究生,主要从事喀斯特环境 GIS 研究。Email: jishfa@gxte.edu.cn

辅以地形图、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,对石漠化强度和空间分布进行遥感影像解译,并统计各级别石漠化面积,生成喀斯特石漠化分级分布图和 GIS 数据库,并将喀斯特石漠化分布图及其驱动因素图叠加,生成喀斯特石漠化与各驱动因素相关分布图,其工作流程如图 1 所示。

都安喀斯特石漠化遥感与 GIS 一体化分析,是指在广泛收集整理都安已有的基础研究成果、各种比例尺的地质图、地貌图、植被图、土壤图、土地利用图等专题地图,水文气象观测资料及其有关研究报告的基础上,通过对工作区的 GPS 实测数据等外业补充调查,建立都安石漠化分级遥感影像解译标志,对照实地拍摄的相应照片,用于石漠化分级强度判读分析。以比例尺 1:10 万土地利用现状图作为工作底图,以 1999 年 TM 影像(126-043)为基础资料,选择最新版本的比例尺为 1:5 万地形图,得出都安 1:10 万石漠化分级分布图;另一方面,在以都安 1:10 万行政图作为底图,对数字化 1:20 万都安水文地质图进行适当技术处理,完成了 1:10 万都安岩石组合类型分布图。以 Arcview、Arc/Info 为工作平台,进行空间叠加,生成喀斯特石漠化与岩性空间相关性图,探讨岩性与土地石漠化之间的空间关系。

2 都安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,前期以植被覆盖度、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 41%~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。并由此构筑完成 1:10 万都安石漠化分级分布图。

由石漠化分级分布图可知,都安瑶族自治县石漠化的分布面积占全县土地面积的 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%,中度石漠化的比例为 8.5%,强度石漠化的比例为 3.28%。

3 都安喀斯特岩石组合类型分布

3.1 都安地形地质背景

都安瑶族自治县地处云贵高原向广西盆地过渡的斜坡地带,广西山字型构造前弧西翼中段,都阳山东段,地势北西高,南较低,地质构造单元为右江再生地槽东侧的都阳山隆起,东邻桂中凹陷的来宾断褶带,南接西大明山隆起带及靖西-田东隆起带,西与桂西拗陷的西林-百色断褶带相接。地质史上,本区域经历了元古代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(王世杰,2002)。受地质史古环境演化的影响,都安县地层以沉积相型为主。前泥盆系和下、中三叠统为槽盆相沉积,上古生界为台棚相沉积,上三叠统至第三系为陆盆沉积。漫长的古生物环境演化形成了区域内巨厚而大面积分布的碳酸盐岩,地层以石炭系和二叠系碳酸盐岩为主,主要由泥盆系、石炭系、二叠系的灰岩、白云岩组成,以质纯层厚的灰岩为主,约占全自治县土地面积的 90%。而这些纯碳酸盐岩则构成喀斯特石漠化的基底。

3.2 岩性的划分方案

都安瑶族自治县地层自上古生界的中泥盆统至中生界的白垩系,除中间缺侏罗系和第三系外,自治县境均有露。分布最广的为石炭系和二叠系,总的地层沉积厚度为 7510 m。其中泥盆统至上二叠统为连续的浅海相碳酸盐岩,厚度为 5300 m,占沉积岩总厚度的 70%,其分布占全自治县总面积的 91.5%,三叠系海相碎屑岩,总厚度为 2210 m,其分布全自治县总面积的 8.5%。碳酸盐岩沉积中随地层和沉积相的不同,常含有碳酸盐岩夹碎屑岩以及碳酸盐岩与碎屑岩、煤层互层地层组,根据地层的不同分布特征,选择碳酸盐岩建造中的泥质含量作为岩石组合类型的划分。

按不同岩层组岩石化学成分的差异、碳酸盐岩与碎屑岩在地层中的厚度差异及组合特征,都安县岩溶地区的岩石组合类型可分为两大类:非碳酸盐岩类(包括碎屑岩、火成岩、硅质岩)、碳酸盐岩类(碳酸盐岩 >90%,包括连续性灰岩组合、连续性白云岩组合、灰岩夹碎屑岩组合三个亚类)。其中,连续性灰岩组合较纯的灰岩组合外夹少量白云岩及燧石团块,灰岩夹碎屑岩指在灰岩分布区不连续,成份渗杂夹砂页岩、煤层部分,连续性白云岩组合则为较纯的白云岩(表 1)。

表 1 都安瑶族自治县岩石类型组合划分
Table 1 Division of rock type assemblage of
Du'an Yao Autonomous County in Guangxi

非碳酸盐岩类	碳酸盐岩类
碎屑岩	211 连续性灰岩组合 (包括夹少量白云岩及燧石团块)
火成岩	212 灰岩夹碎屑岩组合 (包括少量砂页岩及煤层部分)
硅质岩	221 连续性白云岩组合 (较纯白云岩)

3.3 岩性的空间分布状况

非碳酸盐岩在全县的出露面积较少,只占全县面积的 6.57%,其岩性包括碎屑岩、火成岩、硅质岩三种,连片分布主要在该县西北部的下坳乡、板岭乡和东南部百旺乡、拉烈乡,四乡。该区域非碳酸盐岩面积占全县非碳酸盐岩出露总面积的 93.01%,其余零星分布在南部的古山、地苏、高岭、东庙、龙湾五乡,其主要地层为三叠系中、下统的页岩、粉砂岩、硅质岩,中生代侵入岩,第四系砂砾岩,燕山期岩浆岩等(都安瑶族自治县土地管理局,2001)。

碳酸盐岩是石漠化发生的基底,各类岩性在全县的分布状况如文后图 2 所示。其中(1)连续性灰

岩组合:该类组合占全县总面积的 85.72%,遍布全县各乡,其中在三弄、东庙、大兴、隆福、保安、三只羊、菁盛所占面积均大于各乡总面积的 95%。其主要地层有:石炭系的中统、上统、大塘阶(C_{1d})、岩关阶(C_{1y})、黄龙组(C_{2h});泥盆系的融县组(D_{3r});二叠系的栖霞阶(P_{1q})、茅口阶(P_{1m})。(2)灰岩夹碎屑岩组合:该组合在全县分布较少,只占全县总面积的 1.81%,主要在分布澄江、地苏、高岭、下坳、拉仁、拉烈、百旺、加贵等乡条带状分布,部分呈绕非碳酸盐岩地区外围边沿狭长条状分布。主要地层为:二叠系上统(P_2)、合山组(P_{2h})。(3)连续性白云岩组合:该类型组合主要分布在该县的中部及南部,占全县总面积的 5.9%,沿九渡—古山、都阳—龙湾、地苏—三弄和永安—五竹成条带状南北方向贯穿中部,在东部的加贵乡有一片成片状分布,该组合主要地层为石炭系大埔组。

3.4 岩性组成特点

碳酸盐岩占全县土地总面积的 93.34%,其中连续性灰岩占总面积的 85.72%,连续性白云岩占总面积的 5.9%,由此可见该县的岩性组成以连续性灰岩为主导,如表 2 所示。

表 2 都安瑶族自治县各类岩性百分比

Table 2 Proportion of various lithology in Du'an Yao Autonomous County

岩性类型	面积(hm^2)	所占比例(%)	积累(%)	地貌类型	面积(hm^2)	所占比例(%)	积累(%)
连续性灰岩	350772.17	85.72	85.72	连续性白云岩	24136.23	5.90	98.19
非碳酸岩	26876.92	6.57	92.29	灰岩夹碎屑岩	7404.38	1.81	100

4 都安喀斯特石漠化与岩性的相关分析

为了排除岩石组合类型本身分布面积的大小对岩

性与石漠化之间存在的内在关系的掩盖作用,通过不同岩性基底上的石漠化发生率来考察二者的关系。岩性基底与石漠化等级有很大关系。在不同岩性基底上发育的石漠化中,轻度石漠化所占比重较其它等级大,中度和强度石漠化所占比例相对较小(表 3、图 3)。

表 3 都安喀斯特石漠化与岩性类型之间的关系

Table 3 Relationship between Du'an karst rocky desertification and lithologic type

岩性类型	等级	总面积(hm^2)	无石漠化		轻度石漠化		中度石漠化		强度石漠化	
			面积(hm^2)	比重(%)	面积(hm^2)	比重(%)	面积(hm^2)	比重(%)	面积(hm^2)	比重(%)
连续性灰岩		350772.17	242624.99	69.16	64620.44	18.42	31652.39	9.02	11874.35	3.39
连续性白云岩		24136.23	13280.63	55.02	6346.25	26.29	2953.39	12.24	1555.96	6.45
灰岩夹碎屑岩		7404.38	7003.10	94.58	207.08	2.80	194.20	2.62	0.00	0.00
非碳酸岩		26876.92	26876.92	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计		409189.7	289785.64	70.82	71173.77	17.39	34799.98	8.50	13430.31	3.28

在连续性白云岩中,中度石漠化占连续性白云岩中总石漠化面积的 12.24%,强度石漠化占石漠化总面积的 6.45%,连续性灰岩次之,中度和强度分别占

其石漠化总面积的 9.02%、3.39%。灰岩夹碎屑岩最小,中度只占 2.62%,而强度则 $<0.001\%$,从各类岩性中石漠化的发生率来看,连续白云岩中轻度、中度、

强度石漠化发生率高于其它所有岩性,连续性灰岩、连续性白云岩强度石漠化发生率远高于灰岩夹碎屑岩中;而灰岩夹碎屑岩中轻、中、强度石漠化发生率都比连续性灰岩、连续性白云岩中低。由此可以看出中强度石漠化主要分布在碳酸较纯碳酸盐岩地区,尤其是纯质白云岩地区分布最广。

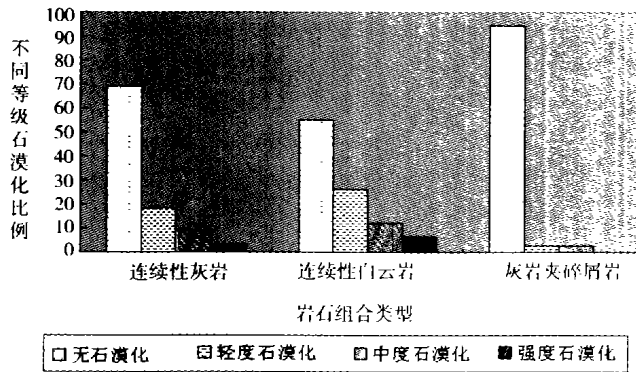


图 3 都安瑶族自治县各类岩性中不同等级石漠化发生比例
Fig.3 Percentage of rock desertification grade in lithology of Du'an Yao Autonomous County

5 结论与讨论

在不同岩性基底上发育的石漠化中,都以轻度石漠化为主,中度强度石漠化所占的比例相对较小。与别的岩性组合相比,连续性灰岩地区不同等级的石漠化发生率最高。中度和强度石漠化主要发育在连续性灰岩和连续性白云岩分布区,分别占同类程度石漠化面积的 9.17%、3.56% 与 10.16%、3.96%。都安喀斯特石漠化与岩性的相关特征表现在如下几方面:

(1)喀斯特石漠化与岩性存在明显的相关性,石漠化分布区域岩性主要以白云岩和灰岩为主,白云岩地区石漠化程度较灰岩地区更严重。

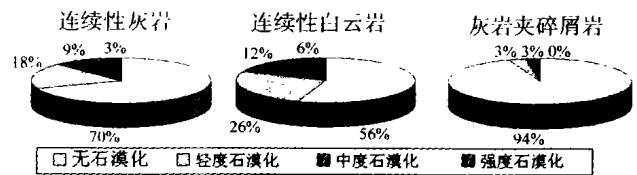


图 5 都安瑶族自治县各类岩性石漠化发生率图
Fig.5 Occurrence ratio of rock desertification in lithology of Du'an

(2)连续的纯碳酸盐岩地区是中度和强度石漠化的高发生率区,是石漠化发生的主要岩石基底。

(3)以灰岩为主要成分的岩石中,石漠化发生率随着碎屑岩夹层的出现,其石漠化程度降低。

从总体上说,在不同岩性条件下,石漠化程度极为不同;不同类岩性对石漠化影响也不一样。究其原因,这与石漠化形成机制有密切联系。由于碳酸盐岩成土速率低于其流失速率,从而造成土壤流失殆尽,基岩裸露,形成石漠化,是石漠化形成的一个重要原因;当其他外部条件相似时,土层厚的地区受石漠化危险的程度就低,地表土层的厚度与碳酸盐岩中所含的酸不溶物含量关系密切,连续的碳酸盐岩酸不溶物含量低,而不纯的碳酸盐中则存在大量的酸不溶物,成土速率比连续碳酸盐岩地区快,石漠化程度也比连续性碳酸盐岩地区轻。因此,纯碳酸盐岩地区更易形成石漠化。对都安县来说,连续性白云岩、连续性灰岩较灰岩夹碎屑岩更易发生石漠化。一般来说,白云岩区的土壤厚度要大于灰岩区,在相同条件下,石漠化程度应低于灰岩区(聂跃平,1994;王世杰等,1999,2002)。但由于该地区部分白云岩地区夹有碎屑岩层,成土速率较快,上覆土层一般较厚,很多地方被开垦成耕地,在一些坡度较陡的地方受人类活动的过度干扰如开采石厂、坡地耕种、养山羊等,导致该白云岩

从各岩类中石漠化的空间分布来说,连续性灰岩组合的强度石漠化分布在高岭—澄江、地苏—都阳—龙湾、菁盛—线较边片狭长分布,中度石漠化则在菁盛、五竹、地苏沿强度石漠化区外围成片分布,另外在三只羊、东庙、下坳、百旺乡也有大片分布。连续性白云岩强度石漠化主要分布于加贵、都阳、三弄乡,中度石漠化分布于拉烈、地苏等地。轻度石漠化亦边片分布于这一带的四周,如图 3 所示。这一方面主要是由于红水河的支流刁江和澄江自西北向东南流经此区,河流的溯源侵蚀,形成了深切的峡谷地带,地貌陡峻,侵蚀强烈;另一方面,地势相对低平,人为活动较强烈,因此石漠化这种分布可能与构造带和人类活动有关。

从各类岩性中石漠化的发生率(各类岩性中石漠化面积与各类岩性总面积之比)来看,连续性白云岩中石漠化发生率远远高于其它所有岩性,石漠化发生率达到 44.98%,是所有岩类中最易发生石漠化的类型,连续性灰岩次之,发生率达到 30.84%,而灰岩中夹碎屑岩,则石漠化的发生率明显降低,发生率只有 5.42%(图 4, 见文后)。由此可见,在连续性碳酸盐岩地区,其漠化发生的概率较其它岩性区高,这也充分说明了石漠化的形成与连续型的灰岩和连续性的白云岩有密切联系,这两类岩性极度脆弱,石漠化分布面积广。

区域石漠化较灰岩区严重,这也是这些地区石漠化发生率偏高的一个原因。

参考文献:

- 都安瑶族自治县土地管理局编. 2001. 都安瑶族自治县土地志. 南宁:广西人民出版社.
- 李瑞玲,王世杰,周德全,张殿发,李凤全,周忠发,熊康宁. 2003. 贵州岩溶地区岩性与土地石漠化的相关分析. 地理学报,58(2):314-320.
- 聂跃平. 1994. 碳酸盐岩性因素控制下喀斯特发育特征—以黔中南为例. 中国岩溶,13(1):31-36.
- 王世杰. 2002. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨. 中国岩溶,21(2):100-105.
- 王世杰,季宏兵,欧阳自远,周德全,郑乐平,黎廷宇. 1999. 碳酸盐岩风化成土作用的初步研究. 中国科学(D辑),29(5):442-449.
- 王世杰,孙承兴,冯志刚,刘秀明. 2002. 发育完整的灰岩风化壳的矿物学及地球化学特征. 矿物学报,22(1):19-29.
- 周忠发. 2001. 遥感和 GIS 技术在贵州喀斯特地区土地石漠化研究中的应用. 水土保持通报,21(3):52-63.

References:

- Land Administrative Bureau of Du'an Yao County Autonomic County. 2001. Land Chronology of Du'an Yao Autonomic

County. Nanning: Guangxi People Publishing House (in Chinese).

- Li Ruiling, Wang Shijie, Shijie, Zhou Dequan, Zhang Dianfa, Li Fengquan, Zhou Zhongfa and Xiong Kangning. 2003. The correlation between rocky desertification and lithology in karst area of Guizhou. *Acta Geographica Sinica*,58(2):314-320 (in Chinese).
- Nie Yieping. 1994. Karst development characteristics under the lithologic control of carbonate rocks—a case study in South-central Guizhou. *Carsologica Sinica*, 13(1):31-36 (in Chinese).
- Wang Shijie. 2002. Concept deduction and connotation of karst rocky desertification. *Carsologica Sinica*, 21(2):100-105 (in Chinese).
- Wang Shijie, Ji Hongbing, Ouyang Ziyuan, Zhou Dequan, Zheng Leping and Li Tingyu. 1999. Preliminary study on weathering and pedogenesis of carbonate rock. *Science in China(Series D)*,29(5):442-449.
- Wang Shijie, Sun Chengxing, Feng Zhigang and Liu Xiuming. 2002. Mineralogical and geochemical characteristics of the limestone weathering profile in Jishou, western Hunan Province, China. *Acta Mineralogica Sinica*,22(1):19-29 (in Chinese).
- Zhou Zhongfa. 2001. Application of RS and GIS technology in Guizhou karst area land rocky desertification. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 21(3):52-63 (in Chinese).

SPATIAL CORRELATION ANALYSIS BETWEEN KARST ROCKY DESERTIFICATION AND LITHOLOGY IN DU'AN YAO AUTONOMOUS COUNTY OF GUANGXI

JIANG Shufang¹, HU Baoqing^{1,2}, HUANG Qiuyan¹, ZHOU Dequan³, LIAO Chimei¹

(1. Department of Geography, Guangxi Teacher's College, Nanning GX 530001, China; 2. National Laboratory of Environmental Geochemistry, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Science, Guiyang, GZ 550002, China; 3. Department of Resource and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang, GZ 550001, China)

Abstract: Du'an Yao Autonomous County is the typical distributing area of Guangxi karst rocky desertification. The grade indices of rocky desertification are selected by the scientific meaning of karst rocky desertification, then the interpretative symbol system of rocky desertification RS image is established by the landscape characteristics of Du'an karst and its TM image. Relying on RS & GIS means and taking land use map as base map, this paper comes out synthetic analysis on 1999a TM image(126-043) and yields the correlation data including landform, soil, geological map and GPS-database and photo on the spot, and brings forth Du'an rocky desertification grades map and digital lithology map. As viewed from spatial correlation, the inherent connection is illustrated between various level rocky desertification and lithology.

Keywords: Spatial correlation analysis; karst rocky desertification; lithology; Du'an Yao Autonomous County of Guangxi

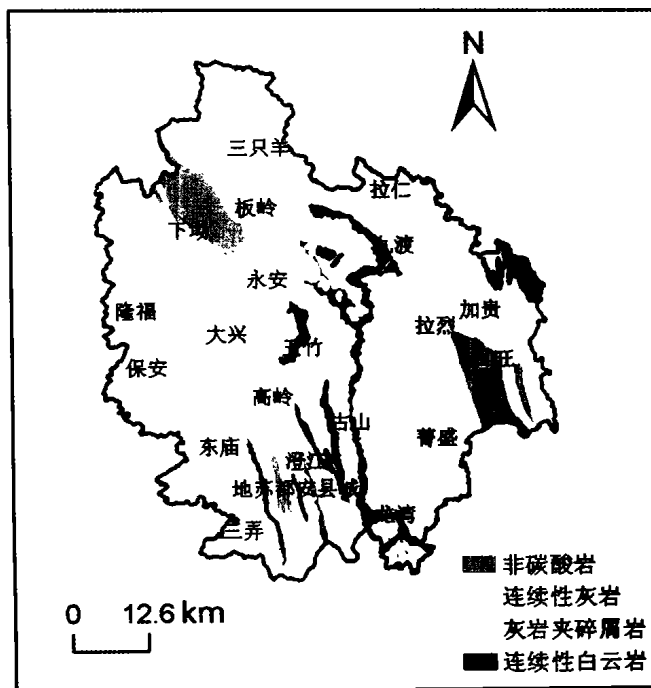


图 2 都安瑶族自治县岩石类型组合分布示意图

Fig. 2 Distribution of rock type assemblage in Du'an Yao Autonomous County

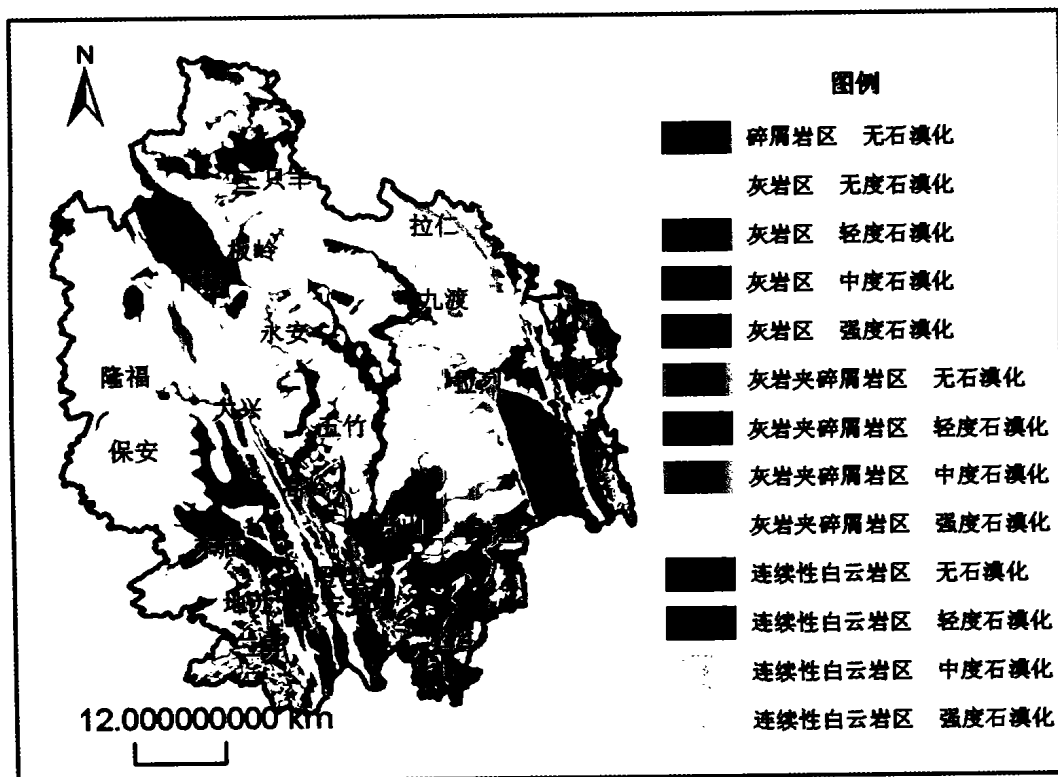


图 4 都安瑶族自治县不同岩类中石漠化空间分布示意图

Fig. 4 Distribution of rock desertification in varied lithology of Duan