

# 基于地质尺度的贵州省区域水土流失特征分析

高华端<sup>1,2,3</sup>, 李锐<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 贵州大学林学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 山区区域水土流失的空间分布特征很大程度上受地质尺度的控制。从贵州省特殊的地质条件出发, 分析了全省水土流失的空间分异规律, 对各区水土流失特征进行了详细的阐述。研究结论将为贵州省宏观水土流失治理、水土保持规划及生态环境建设提供一定的科学依据。同时为区域水土流失研究提供一种思路。

**关键词:** 贵州省; 地质尺度; 区域水土流失

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)03-0117-05

中图分类号: S157.1, S159.2

## Analysis on Regional Soil and Water Loss Based on Geological Scale in Guizhou Province

GAO Hua-duan<sup>1,2,3</sup>, LI Rui<sup>1</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,

Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences,

Beijing 100049, China; 3. Forestry College of Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou Province, China)

**Abstract:** The spatial distribution characteristics of regional soil and water loss are affected by geological scale greatly. Based on the special geological conditions, the paper gives an analysis on spatial distribution properties of soil and water loss in Guizhou Province, and gives the detail description for each area. The result of this study will be a scientific foundation for macro treatments of soil and water loss and for layout of soil and water conservation and eco-environment construction. Meanwhile, the result will provide an idea for soil and water loss research.

**Keywords:** Guizhou Province; geological scale; regional soil and water loss

大尺度的水土流失影响因子是低级因子的综合, 是共性和规律的体现。水土流失规律研究已经开始从微观的室内侵蚀试验、坡面流失调查过渡到小流域、中尺度流域, 甚至大区域的宏观的范畴, 这有助于掌握全局的、地区性的水土流失特征和动态趋势。李锐先生利用空间信息技术研究了水土保持规划中的区域性<sup>[1]</sup>, 唐政洪对点、小区、田间、坡面和流域及区域尺度下土壤侵蚀模型的研究作了系统探讨<sup>[2]</sup>, 刘新华在不同尺度下影响水土流失地形因子方面做了深入研究<sup>[3-4]</sup>。这些成果在论证水土流失过程中的尺度效应方面<sup>[5]</sup>, 说明不同尺度下自然地理的分异性, 水土流失研究主导因子的筛选, 调查试验资料及结果的适用性等方面开了先河。

然而, 影响区域水土流失的因子不仅是纯空间的几何因子。在水土流失成因上, 一些自然条件较为复杂的地区, 水土流失现象会被非地带性因子控制, 地质条件正是这类因子, 当前这方面的研究还较少。

在基岩出露山区, 土层浅薄, 土壤与母质以及基岩有较强的继承性, 体现出一定的非地带性特点, 土壤侵蚀方式已不只局限于土壤本身, 很大程度上涉及到风化及半风化层, 从而造成这些地区土壤侵蚀的复杂性。

贵州省水土流失的区域特征, 除了受气候、土壤和植被等自然因素制约外, 潜在地受地质条件影响。

### 1 研究区地质地貌条件

贵州省地处云贵高原东斜坡地带, 位于我国西南地区, 东经 103° 36' -109° 36'。北纬 24° 35' -29° 09'。全省面积 176 128 km<sup>2</sup>。境内地质地貌复杂, 气候温和湿润。在地势上, 隆起于四川盆地与广西盆地之间, 处于我国地势的第二级阶梯上。全境以西部为最高, 中部稍低, 向北东南三面倾斜。西部海拔 2 000 m 左右; 中部海拔 1 000~ 1 200 m, 北、东、南边缘河谷降至 500 m 以下。赫章与水城二塘交界处韭菜坪为最

收稿日期: 2005-09-12

资助项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目“中国水土流失现状、趋势与对策研究”; 中国水土流失与生态安全综合考察

作者简介: 高华端(1965-), 男(汉族), 贵州省织金县人, 副教授, 博士生, 主要从事区域水土流失研究。E-mail: ghd520ylyl@163.com。

高峰,海拔2 900 m;黎平水口河省界处为最低点,海拔137 m。

高原和山地面积占全省的89%;丘陵和河谷盆地占11%。山丘之间分布着山间盆地和河谷平原,是农田集中地。

贵州省属于新构造运动间歇性抬升地区,体现范围自西向东掀斜抬升。西部北西向构造带抬升幅度较大,使威宁、赫章一带成为保存较完整的一级高原面;中部从六枝经安顺、贵阳、丹寨以至黎平一带抬升也较强烈,形成沿纬向展布的分水岭高地——苗岭。

同时,贵州省岩溶地貌发育,岩溶地貌面积占全省面积的73%。受新构造运动及地质构造的影响,呈现多层性和条带性。

贵州省境内各地质时代的地层出露齐全,地史时期经历多次构造运动,地质构造复杂,地貌类型多样,广为分布碳酸盐岩。从元古界至第四系地层均有出露,累计厚度达 $3.00 \times 10^4$  m多,前震旦系地层,以碎屑沉积和浅变质岩系为主,广布于黔东南(见图1)。

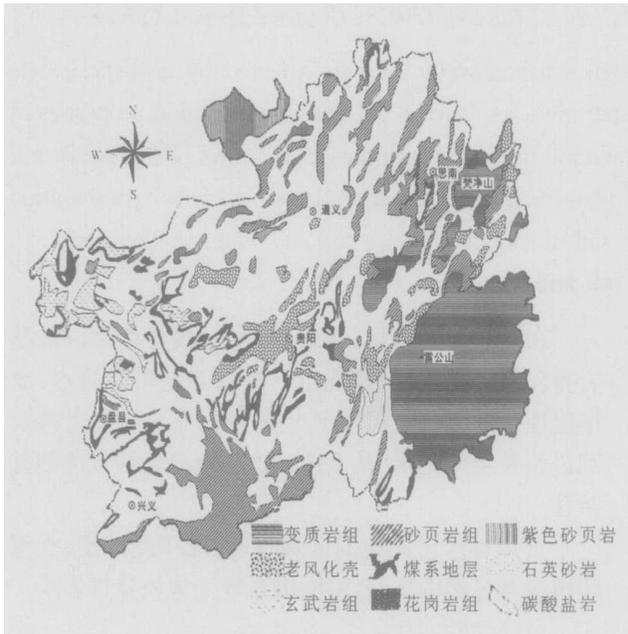


图1 贵州省岩组分布图

从古生界的寒武系至中和界的三迭系是海相沉积,以碳酸盐地层为主,特别是中上寒武统、中上石炭统、下二迭统、下中三迭的碳酸盐岩分布最为集中。但各地层各地区的分布情况则有所不同。

在地质构造上,贵州地质构造分区属“扬子准地台”一级构造单元。共分3个二级构造单元:

(1)“上扬子台褶带”,约占全省面积的4/5,是早古生代的拗陷区,沉积厚度达4 000~6 000 m。晚古生代及其以后各时代地层也发育齐全,沉积厚度一般在3 000~5 000 m。

(2)“江南台隆”,铜仁、镇远、凯里、三都一线以南的南东部。

(3)“四川中台坳”,在省内仅习水的北西小部分,地层主要是侏罗系及白垩系的陆相沉积。

基于上述地质地貌特点,在全省 $1.76 \times 10^5$  km<sup>2</sup>土地面积中,山地面积占到87%,河谷坝地不足3%。全省耕地面积为 $4.90 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>,其中60%以上为坡耕地,坡耕地中40%分布在大于25°的陡坡<sup>[6]</sup>。同时,喀斯特面积分布广,达 $1.30 \times 10^5$  km<sup>2</sup>,占全省总土地面积的73%。土壤侵蚀特征是向石漠化发展,现在石漠化面积高达 $1.20 \times 10^4$  km<sup>2</sup>,占总面积的7%<sup>[7]</sup>。另一方面,泥石流多发生在碳酸盐岩与砂页岩、玄武岩嵌套分布的地区。因此,贵州省由于地质因子造成水土流失的空间分异明显。

## 2 地质尺度对水土流失的影响

水土流失过程就其实质而言属于一种外动力地质作用过程。在人类活动阶段,是地球物质循环过程中不可逆转的一个环节,它对生态环境和人类生存条件的危害主要体现为人类活动加速了这一过程。认识水土流失规律,规范人类行为,首先要认识水土流失的时间及空间特征。在山区省级层面上,地质尺度影响的综合性及规律性体现得更为明显。

### 2.1 在空间尺度上影响水土流失的地域规律

地质尺度一个主要的特点是空间宏观性和不变性(相对于人类活动时期),这一特征有利于我们了解研究区的本底条件,寻求自然规律的因果关系。在水土流失方面,地质尺度的这种空间属性主要由地质构造和地层岩性所决定。

地质构造是在地壳运动过程中形成的不同时代地层或岩层分布的形迹,它体现了地质体的空间分布状况和规律。地质构造在宏观尺度上控制了大地貌的类型和特征,影响地表物质及地表径流的分配,从而影响水土流失。

地层岩性对水土流失及石漠化有着直接的影响<sup>[8]</sup>。水土流失区域,不论是坡面流失、沟谷侵蚀、或是重力侵蚀,其客体都是地块,其基础是土壤和岩石。典型的水土流失是由于在人为因素影响下而造成的外营力大于土地的抗蚀能力,从而产生地块的生产潜力退化乃至不能使用或形成灾害的现象,它不仅属于地质过程,更应属于人类社会活动过程。土壤是在岩石风化过程和生物作用过程共同影响下形成的,具有肥力特征。从土壤地带性来看,其综合特征与气候带及海陆分布状况密切相关。然而,在贵州省这样的西南山地,由于岩石地层出露,土壤的形成过程很

大程度上受岩石的影响, 不论机械物理性质化学性质还是土壤抗蚀性, 不论是土壤剖面特征还是土被分布情况, 都受地层岩性的控制。岩石地层的空间分布特征可以体现土壤的空间分布规律, 因而区域的水土流失特征与地层岩性有密不可分的关系。据相关研究<sup>[9-11]</sup>, 贵州省岩性地层在水土流失强度及流失危险性方面的表现有如下特征。

水土流失强度: 紫色砂页岩组> 玄武岩组> 砂页岩组> 变质岩组> 煤系地层> 碳酸盐岩组> 石英砂岩组> 老风化壳;

流失潜在危险性: 碳酸盐岩组> 紫色砂页岩组> 玄武岩组> 砂页岩组> 变质岩组> 煤系地层> 石英砂页岩组> 老风化壳。按侵蚀速度及成土速度和成土量的关系, 可以将碳酸盐组定为极危险等级, 紫色砂页岩组、玄武岩组、砂页岩组为危险级, 变质岩组、煤系地层为中度危险级, 石英砂页岩组为轻度危险级, 老风化壳为无险级。

## 2.2 在时间尺度上影响水流失的强度及危险性

地质的时间尺度对水土流失的影响主要通过地质发展史特征来实现, 具体体现为古地理古气候的演变、出露地层的地质时代、第四纪以来地貌发展过程及区域格局等方面。

古地理古气候影响了现在研究区域地质体的形成过程(成岩过程), 地质历史阶段形成的风化壳或古土壤(贵州省石炭系下统的铝土矿层), 海陆交替形成的地质体(煤系地层等)。这些将对土壤成土母质类型有决定作用, 从而造成水土流失的区域性差异。

出露地层的地质时代影响其在地质构造中的位置(如背斜核或翼部、向斜核或翼部), 影响其在构造运动中受力情况从而有不同的完整性(断层、节理发育不同), 因此, 相同岩性但不同时代的地层风化成土过程、抗蚀能力也会不同。贵州省主要表现为古生代地层和中生代地层的差异。

第四纪以来的地貌发展阶段, 是外动力地质作用与内力地质作用共同作用的结果, 也是水土流失现象的时空展示。外力地质作用过程、侵蚀循环过程遵循戴维思的地貌循环学, 水土流失过程同样遵循这一循环, 即任何一个地区在地表侵蚀过程中都要经历以侵蚀流失为主的幼年期、壮年期和以沉积为主的老年期, 这是流域地貌发展的必然结果。因此, 可以通过现在流域地貌的发展阶段来了解第四纪时期外力地质作用或水土流失的历史及现在所处的状况, 进而推测区域的水土流失趋势。

此外, 地质的时间尺度还体现为大陆地形的形成时间的久远程度, 例如黔东南地区自早古生代以来,

就上升为陆地直到今天, 风化作用强烈, 风化壳深厚, 土层连续且多为厚层土。地质时代所引起的地面组成物质的特殊性, 造成了水土流失强度与危险程度的空间变异。

## 3 贵州省地质条件的空间特征与水土流失的关系

贵州省地层出露、地质构造特点和地貌等地质条件在空间上有其分异特点。特别在岩性地层的影响下, 贵州省的土壤分布多属非地带性土壤。根据有关土壤自然剖面调查及土壤性质研究<sup>[9-11]</sup>, 土层厚度、土被连续性、土壤质地、渗透性、坚实度、石砾含量及抗剪强度等属性均有明显差异, 从而形成不同岩石分布区域的土壤可蚀性的变异, 控制了土壤侵蚀及水土流失(流失强度和潜在危险性等方面), 形成贵州省水土流失的区域性的特征。按水土流失强度、水土流失潜在危险性的相似性, 同时考虑分区的行政区域相对完整性, 可以将全省分为6个区(见图2)。各区的流失现状和潜在危险性具有其独特规律。



图2 贵州省水土流失的地质尺度分区图

### 3.1 黔北分区

位于玉屏、施秉、瓮安、乌江渡、金沙、毕节一线以北, 主要有道真、赤水、习水、正安、务川、沿河、桐梓、仁怀、印江等县市。该区缺失泥盆系、石炭系, 致使二叠系超覆在下古生界之上为主要特征。

该区出露地层主要有寒武系、奥陶系、志留系的中下统、二叠系和三叠系, 岩性特征体现为: 寒武系深色的白云岩、砂页岩, 奥陶系石灰岩和砂页岩, 志留系的砂页岩, 二叠系煤系地层及石灰岩, 三叠系的石灰岩、白云岩和少量砂页岩。其中, 砂页岩比例近50%

~ 60%。由于该区地貌上属中山峡谷区,地形切割强烈,二叠系、三叠系的碳酸盐岩多处于河间地块,且多以向斜山的形式出现,故该区岩溶现象不很明显。另一方面,大面积的砂页岩分布于河谷谷坡上,属当地的主要农业用地,同时也是水土流失严重的区域。

通过对乌江流域 10 a 的调查研究(“七五”,“八五”,“九五”期间),该区砂页岩分布区域岩石风化快速,易于成土,同时其抗水力侵蚀力弱,水土流失严重,对自然土壤剖面的调查表明了这一点(一般土层厚度多在 30~ 50 cm 之间,石砾含量高,土壤紧实度低,侵蚀沟密度大)。其碳酸盐岩分布区,由于地质构造及地层时代的影响,溶蚀风化也很彻底,许多地方已属于第四系红黏土。故而笔者认为,就水土流失现状而言,这一分区虽然危险性不大,但流失的强度是很大的,应该引起重视。

### 3.2 黔中分区

其西线以马场、织金、金沙一线为界,西南界为马场、江龙场、紫云沿线,东南线在紫云、惠水、瓮安沿线,北与黔北分区接壤。该区以缺失志留系、泥盆系,大部地区缺失奥陶系、石炭系为主要特征。

该区二叠系三叠系地层广布,煤系地层为主要的非碳酸盐岩。岩溶发育,约占总面积的 80% 左右。喀斯特地形随处可见,多呈岩溶峰丛、洼地、溶丘、溶蚀谷地或盆地等地形,也有一定面积的山间河谷盆地,在地貌上属于岩溶化山原丘陵。除乌江河谷谷坡以外,地势起伏不大。煤系地层分布地段是主要的农事活动区,人为因素对水土流失影响强烈,故该区水土流失多集中于煤系地层分布区及喀斯特山地(孤峰、残丘、峰丛或峰林)。由于社会经济条件较好,喀斯特山地植被保存率较高,属轻度水土流失区,但如果不重视生态环境建设,石漠化现象仍不容忽视。

### 3.3 黔西分区

位于乐民所、盘县、白果树、以角、冷坝沿线之西,北与黔北分区交界,东与黔中分区接壤。该区上古生界发育良好,峨眉山玄武岩组广厚,上二叠系煤系以陆相沉积为主,三叠系分布广泛。

地貌为云南高原向黔中山原过渡的斜坡地带,以山原山地为主,是全省地势最高地区。区内除西北部和西部外,大部地区山高坡陡,地势起伏大,山原山地地貌显著。地貌类型复杂,不仅有岩溶峰丛山地、丘陵洼地和砂页岩侵蚀山地,还有玄武岩方山台地、锥状山地和断裂谷地。属乌江流域的上游地区。

由于三叠系海相地层广布,碳酸盐岩石出露面积大,占 70% 左右,喀斯特地貌发育。本区水土流失主要体现为喀斯特地区的石漠化、玄武岩地区的混合侵

蚀(泥石流)、砂页岩及煤系地层的面状侵蚀。由于社会经济条件落后,人口密度大,当地群众水土保持意识不强,属全省水土流失最强的区域。

### 3.4 黔西南分区

主要为关岭、晴隆、兴仁、贞丰、兴义、安龙、望漠和册亨等县,即普安以南、望漠以西、南北盘江以北地区。地貌以山原丘陵盆地为主,地势北高南低、西高东低。主要出露地层为二叠系、三叠系地层。它与黔西分区的差异体现为缺少二叠系下统的峨眉山玄武岩组。

南北盘江及马别河沿岸为砂页岩中低山河谷或岩溶峰丛山地,其余多为岩溶山原丘陵盆地和峰丛槽谷,岩溶湖泊分布较广。

在水土流失方面,该区除南北盘江沿岸有部分砂页岩区常态水力侵蚀、滑坡、坍塌等外,多属喀斯特石漠化严重地区,退耕还林、封山育林、生态修复是该区的水土流失治理途径。

### 3.5 黔南分区

苗岭中段以南地区,以山地河谷为主。其东部独山、平塘、荔波一带为碳酸盐岩分布区,岩溶地貌十分发育,峰丛山地、峰林洼地、暗河伏流分布普遍,基岩裸露面积大,水土流失为石漠化严重地区。西部罗甸、望漠一带以砂页岩为主,沟谷水系发育,地表起伏较大,为低山河谷地貌。由于地形切割较大,岩石土壤抗蚀力弱,水土流失严重,并以面蚀为主伴以沟蚀和重力侵蚀。

### 3.6 黔东分区

为梵净山、雷公山一线以东地区。地势西高东低,全区河谷发育、水文网密集、地表切割破碎,山地和丘陵地貌显著。广泛分布着前震旦系的浅变质岩层(板岩、变余砂岩等)。

该区自古生代早期开始上升为陆,习称“江南古陆”南端。由于长期(近  $8.0 \times 10^8$  a) 的风化剥蚀,半风化层深厚,风化裂隙发育。据雷公山自然保护区考查资料,地表以下 30~ 40 m 仍可发现风化、构造型裂隙。故而地表切割深,地形坡度陡,松散沉积物厚,土层发育良好(一般土壤剖面厚度达 80 cm 以上)。

由于该区具有良好的地下水贮存运移条件,地下水埋藏丰富。这种特有的土壤、水文及气候特征致使该区成为林木生长优良环境,是贵州省杉木等用材林的生产基地。同时,也由于这种特殊性,人们极少关注这里的水土流失问题。随着人类活动的增加,社会的发展,用材林木、薪炭材用量的增大(该区煤矿资源缺乏),加上恶性的森林资源利用方式,地表林草覆盖率正在减少,生态环境条件慢慢受到破坏。如果再不

引起关注,这一地区地表植被破坏到一定程度时,将成为贵州省水土流失最为严重的地区,成为“贵州的黄土高原”。

因此,该区虽然在现阶段还体现不出水土流失的危害,但其潜在危险性是可怕的。

## 4 结 论

(1) 在地质作用较为强烈,新构造运动明显的西南地区或类似地区,常规的地带性土壤分类不适用于水土流失研究。

(2) 贵州省及其相似地区的水土流失现状及趋势受地质条件特别是岩性地层分布的影响和控制。

(3) 黔东分区是目前水土流失研究及治理最不受重视的地区,但一旦植被受到破坏,其水土流失不可忽视。

(4) 贵州省对乌江、赤水河及珠江流域泥沙贡献主要来源于玄武岩区、紫色砂页岩区及砂页岩区。

水土流失的地质尺度效应在空间上和时间上都有所体现,贵州省6个分区格局,本身就是水土流失及地质作用在地史上和现阶段的反映。水土流失研究,一方面应重视土壤侵蚀现状,了解坡面及小尺度的土壤侵蚀过程;另一方面也要掌握研究区的本底,预测水土流失的发展趋势。山区水土流失研究过程中,地质尺度的影响具体体现在以下几方面。

(1) 地貌的形成与地质尺度息息相关(大地构造尺度及地质侵蚀循环)。

(2) 水文过程除了受气候条件影响外,还受地质条件(地质构造与岩性)的控制,进而影响水土流失。

(3) 土壤的形成和分布规律受地带性气候和地质条件的共同影响。

(4) 成土速度及可侵蚀土壤容量受地质尺度的制约。

关于地质因子(地质构造、地层岩性等)、地面物质组成与水土流失的关系目前研究较少,地质条件对水土流失的控制机理研究还有待进一步深入。

### [参 考 文 献]

- [1] 李锐,杨勤科. 空间信息技术在水土保持规划中的应用[J]. 水土保持通报, 1996, 16(1): 114—117.
- [2] 唐洪政,蔡国强,许峰,等. 不同尺度条件下的土壤侵蚀实验监测及模拟研究[J]. 水科学进展, 2002, 13(6): 781—787.
- [3] 刘新华,张晓萍,杨勤科,等. 不同尺度下影响水土流失地形因子指标的分析与选取[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(6): 107—110.
- [4] 刘新华,杨勤科,汤国安. 中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用[J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 57—59.
- [5] 王飞,李锐,杨勤科,等. 水土流失研究中尺度效应及其机理分析[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 167—180.
- [6] 林昌虎. 贵州山区坡耕地的利用与保护[J]. 水土保持通报, 1992, 12(4): 43—47.
- [7] 林昌虎,朱安国. 贵州喀斯特山区土壤侵蚀与防治[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 109—113.
- [8] 肖荣波,欧阳志云,王效科,等. 中国西南地区石漠化敏感性评价及空间分析[J]. 生态学杂志, 2005, 24(5): 551—554.
- [9] 高华端. 贵州岩溶地区地质条件对水土流失的影响[J]. 山地农业生物学报, 2003, 22(1): 20—22.
- [10] 高华端. 乌江流域土壤物理特性研究[J]. 贵州农学院丛刊, 1994(1): 98—103.
- [11] 徐燕,龙健. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 157—159.
- [12] 高华端. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 157—159.
- [13] 高华端. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 157—159.
- [14] 高华端. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 157—159.
- [15] 高华端. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 157—159.
- [16] 高华端. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 157—159.
- [17] 高华端. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 157—159.
- [18] 常学礼,鲁春霞,高玉葆. 科尔沁沙地农牧交错区景观持续性研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 67—74.
- [19] 丁圣彦,梁国付. 近20年来河南沿黄湿地景观格局演化[J]. 地理学报, 2004, 59(5): 653—661.
- [20] 田光进,张增祥,张国平,等. 基于遥感与GIS的海口市景观格局动态演化[J]. 生态学报, 2002, 22(7): 1028—1034.
- [21] 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. 100—110.
- [22] 卢玲. 黑河流域景观结构与景观变化研究[C]: [硕士学位论文]. 北京: 中国科学院, 2000. 8—11.

(上接第112页)