

官厅水库上游近 20 年土壤侵蚀强度时空变化分析

周为峰<sup>1,2</sup>, 吴炳方<sup>1</sup>, 李强子<sup>1</sup>

(1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 官厅水库上游地区从 1982 年就被列入国家级水土保持重点治理区, 国家不仅在水土流失治理方面进行大力投入, 而且进行了多次土壤侵蚀遥感调查。各次土壤侵蚀遥感调查的成果在时间上形成序列, 客观上为进行区域土壤侵蚀状况和生态环境变化的趋势动态分析提供了可能。在历年土壤侵蚀调查结果的基础上, 进行了官厅水库上游永定河流域近 20 年来土壤侵蚀强度的时空变化分析, 确定区域内水土流失强度在空间和等级的变化情况。

关键词: 土壤侵蚀; 时空变化; 官厅水库上游

中图分类号: S 157.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)06-0183-04

Spatial and Temporary Change Analysis of Soil Erosion Intensity  
in Recent 20 Years in the Upper Basin of Guanting Reservoir

ZHOU Wei-feng<sup>1,2</sup>, WU Bing-fang<sup>1</sup>, LI Qiang-zi<sup>1</sup>

(1. Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101 China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** Since 1982 water and soil conservation strategies and measures have been taken in the upper basin of Guanting reservoir. Further investigations on regional soil erosion were carried out. The results came to be data series on temporary scales. Based on the existing regional investigation results the spatial and temporary changes of soil erosion intensity in recent 20 years in the upper basin of Guanting reservoir were analyzed. It can be concluded that soil erosion intensity was decreased in recent 20 years, but was not steady-going in this period. The environment in some areas is becoming better, and some areas represent different change in different temporary intervals.

**Key words:** soil erosion intensity; spatial and temporary change; the upper basin of Guanting reservoir

1 引言

国家不仅在水土流失治理方面进行大力投入, 而且对于重点治理区进行了多次土壤侵蚀遥感调查, 例如从 1982 年就被列入国家级水土保持重点治理区的官厅水库上游地区至 2002 年共进行了 6 次土壤侵蚀状况调查。各次土壤侵蚀遥感调查的成果在时间上形成序列, 客观上为进行区域土壤侵蚀状况和生态环境变化的趋势动态分析提供了可能。

区域的水土流失状况是水土流失宏观监测的重点与目的<sup>[1]</sup>。区域水土流失状况变化与区域社会经济发展、治理措施的投入力度和生态环境的整体变化有着密切的联系。对于区域水土流失变化情况的有效监测一向是研究的重点与热点。郭学军等(1994)对应用不同时期的航片分析小流域土壤侵蚀的动态变化进行了研究<sup>[2]</sup>; 李德成等(1995)利用三个不同时期的遥感资料, 利用点数转化法定量地分析安徽省岳西县的侵蚀演变和侵蚀类型之间的转化情况并采用马尔科夫过程模拟其动态演变<sup>[3]</sup>; 杨德生等(2002)对深圳市的水土流失变化情况采用统计对比的方法进行动态分析, 为城市水土

流失综合治理和城市环境建设提供依据<sup>[4]</sup>。

本研究以官厅水库上游的历年土壤侵蚀调查结果的成果资料为动态分析的数据基础, 采用基于数据库存储和栅格数据结构的水土流域动态分析方法, 进行了官厅水库上游永定河流域近 20 年来的土壤侵蚀强度的时空变化分析, 在时间序列上确定研究区域内水土流失强度在空间和等级的变化情况。

2 基础数据来源

80 年代至今, 官厅水库上游共进行过 5 次全范围遥感调查, 这些资料是今后流域水土保持宏观管理的重要基础。此次研究收集并整理了官厅上游水库历年各次的遥感调查成果, 进行数据整理以及入库管理。在此基础上, 此次研究进行了官厅水库上游永定河流域近 20 年土壤侵蚀强度的时空变化分析。

这些数据是宝贵的历史资料, 记录了官厅水库上游水土流失的变化情况, 也是此次趋势分析的主要数据基础。这些数据需要经过投影体系和编码规范的统一, 保证不同期的数据有共同的分析基础方能进行比较, 其中环京津土壤侵蚀遥

\* 收稿日期: 2004-12-26  
基金项目: 官厅密云水库上游水土保持监测系统(HW-STBC2002-01)  
作者简介: 周为峰(1978-), 女, 博士生, 主要从事遥感与地理信息系统应用及生态环境监测等领域研究工作; 通讯作者, 吴炳方, 北京 9718 信箱。

感调查的成果没有完全覆盖整个官厅水库上游且与前后两次调查相隔一年时间,在后续的文章中将不做分析。以上历年调查数据主要由对区域情况熟悉,同时具有丰富水土保持解译经验的水利部天津水利水电勘测设计研究院完成。

表1 官厅水库上游历次土壤侵蚀遥感调查的成果

序号	项目名称	时间	原始数据精度		完成单位
1	应用遥感技术调查永定河上游土壤侵蚀	1982	1	50 万	天津勘测设计院和北京农业大学遥感应用研究室
2	海河土壤侵蚀遥感调查(全国第一次,以流域机构为单位组织)	1984	1	50 万	水电部天津勘测设计院、水电部海河水利委员会完成
3	永定河流域土壤侵蚀图	1994	1	20 万	水利部天津水利水电勘测设计研究院
4	全国第二次遥感调查(全国第一次,以省为单位组织)	1999	1	10 万	流域机构、各省(市、自治区)水土保持部门、水利部天津水利水电勘测设计研究院
5	环京津土壤侵蚀遥感调查*	2000	1	10 万	水利部天津水利水电勘测设计研究院
6	官厅密云水库上游水土保持监测系统	2002	1	5 万	水利部天津水利水电勘测设计研究院

注:环京津土壤侵蚀遥感调查的成果没有完全覆盖整个官厅水库上游且与前次调查相隔一年,在后续的文字中将不做分析。

### 3 研究区域概况

官厅水库上游流域属大陆性季风气候,特点是冬春寒冷干燥,盛行西北风,持续时间长,常有 20 m/s 左右的大风出现,风卷沙走,夏季多雨,降水集中,降水量自东南向西北递减。多年平均降水量,盆地为 400~500 mm,西北山地为 300~400 mm,山脉背风坡如恒山北坡的阳原、大同盆地年降水量均在 400 mm 以下,为少雨区;河北的深井、黄土咀、小蒜沟一带为多雨区。降水年际分配不均,变率高达 61%;年内汛期降水占全年降水量的 75% 以上,且多以暴雨形式出现。由于大陆性气候影响较大,使蒸发量远大于降水量 3~4 倍。这种干旱、多风、寒冷干燥的气候条件,使春季植树成活率低,是生物措施见效慢的主要原因。

官厅水库上游土壤呈地带性分布。主要土壤类型为栗钙土,次为褐土和少量棕壤土,较贫瘠。在东南部,包括张家口、五台山及恒山、蔚县盆地为碳酸盐褐土。典型植被为荆条、酸枣等灌木,高处有散生榆树和油松等。在大同盆地及其以西和以北,均为以干草原为代表的栗钙土区,植被以羽茅为代表。河谷地区一般为草甸性土壤和盐化土壤,也是主要的农业区。西北部高原发育有良好的栗钙土。

官厅水库上游植被属半干旱森林灌丛、旱生灌丛和少部分草原类型。植被的水平和垂直地理分异规律明显。森林线在恒山、小五台山、管涔山、张家口崇礼县以南比较明显,1 600 m 以上阴坡(崇礼县 1 400 m)有一天然林带,主要为杨桦、落叶松和油松,在崇礼县则出现椴树和蒙古栎,1 200 m~1 600 m 为灌草,1 200 m 以下多已开垦。植被盖度阴坡好于阳坡。流域中部山地为灌丛干草原地区,1 600 m 以下为草原,以上为疏林密灌或疏林草灌。进入丰镇、兴和、尚义等地,主要以草原为主。

官厅水库上游岩性种类主要有松散岩类和基性岩类。松散岩层包括黄土、沙黄土、洪积砾石黄土、泥灰岩化的古湖相沉积。基岩类包括:基性岩类、酸性岩类、钙质岩类、硅质岩类、砂页岩类。

### 4 数据整理与分析方法

统一数据的投影系统等数学基础是进行趋势分析所需数据处理的第一步。接下来,应查看各次土壤侵蚀遥感调查属性数据的差异,进行数据间的一致性检查;根据数据的情况,确定数据分析和 管理策略。由于此次收集遥感调查的数据是矢量格式,而且图斑较为破碎,对数据处理的时间和准确度有一定影响。针对这种情况,在数据存储和管理的策略上采用分区域管理和分时间管理,具体来说,一要对于遥感调查数据,区分不同空间范围,主要流域水系分区。二要在区

分空间的基础之上,区分不同的时间进行管理。三要按照专题侵蚀类型和侵蚀等级进行管理。

在数据处理的基础上,通过确定最小分析单元、空间数据再处理、专题数据的分层表述、数据的组织与管理 和比较与分析等几个步骤,进行同一地区的水土保持遥感调查结果对比分析,得到侵蚀类型变化情况和侵蚀强度变化情况,并在空间上确定不同变化情况分布的区域。整个区域的水土保持类型变化情况可以细分为水蚀向风蚀的变化和风蚀向水蚀的变化;侵蚀强度变化可以细分为各侵蚀等级之间的互相变化和等级总不变、增强或减弱不同等级变化等几种情况。由于历年调查结果中不是每一次调查都包含侵蚀类型的判定,数据在时间序列上较短,所以本文不对侵蚀类型进行讨论。

### 5 动态分析结果

通过历年同一地区的水土保持遥感调查结果,可一定程度上监测侵蚀强度变化,从而分析不同侵蚀等级在时间和空间上的水土流失变化情况。

侵蚀强度变化是指在经过一段时间后,侵蚀强度等级的变化情况。分析侵蚀强度变化,要确定侵蚀强度等级的变化程度、不同变化程度的分布范围和面积,进而分析等级之间的转变情况及原因。

#### 5.1 区域总体变化

将每一次调查结果的不同侵蚀强度等级的面积进行汇总,计算每个等级占总面积的百分比见图 1、2。各次侵蚀强度的变化也按照数据的时间先后来进行,分析时间相邻的土壤侵蚀强度变化的情况,按时间序列进行相邻两次土壤侵蚀调查的分析和比较,如 1982~1984 年、1984~1994 年、1994~1999 年、1999~2002 年。

从总体统计的结果来看,自 1982 年以来,官厅水库上游的水土流失相对好转。可以忽略侵蚀发生的微度侵蚀面积从 15 766.98 km<sup>2</sup> 增加到 21 711.67 km<sup>2</sup>;轻度侵蚀面积从 1982 年的 8 811.23 km<sup>2</sup> 增加到 10 203.58 km<sup>2</sup>;剧烈侵蚀面积在 1982 年有 4 493.22 km<sup>2</sup>,2002 年基本消除了剧烈侵蚀;极强度侵蚀面积从 1982 年 8 700.04 km<sup>2</sup> 下降到 2002 年的 194.69 km<sup>2</sup>;强度侵蚀面积从 1982 年 2 563.89 km<sup>2</sup> 下降到 2002 年的 1 819.82 km<sup>2</sup>;而中度侵蚀面积相应增加,从 1982 年的 3 388.79 km<sup>2</sup> 增加到 9 542.05 km<sup>2</sup>。在区域水土流失情况好转的大前提下,可以看出,区域水土流等级不变的面积在逐年增加,1994 年与 1999 年区间土壤侵蚀强度增加的面积要大于强度下降的面积,1999 年与 2002 年区间的土壤侵蚀强度增加或下降的面积达到相对均衡。2002 年与 1999 年相比,微度侵蚀和轻度侵蚀面积相对减少,中度、强度与极强

度面积相对增加。

5.2 区间动态变化情况

每一次遥感调查数据都是对流域范围内在监测年度土壤侵蚀状况的体现。成果本身是单独的, 但如果把这些成果放在一起, 通过数据之间的对比, 就可以判定区域内土壤侵

蚀的变化情况, 确定侵蚀强度变化的幅度与范围。侵蚀强度等级变化分析可以细分为不同侵蚀等级之间的变化, 并且把不同侵蚀等级之间强度变化划分为几类, 侵蚀等级变化分为侵蚀强度不变、侵蚀强度加强、侵蚀强度减弱和面积误差四种情况, 见图3。

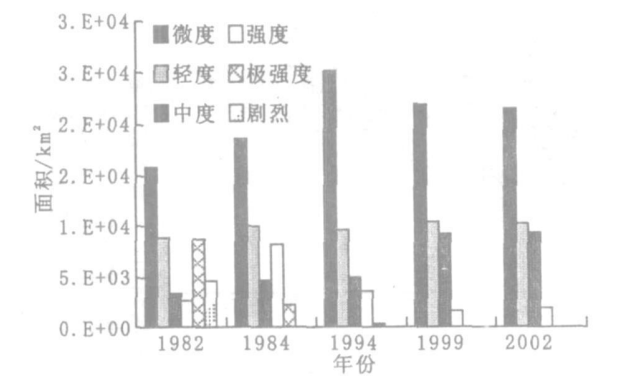


图1 官厅水库上游历次调查土壤侵蚀强度统计

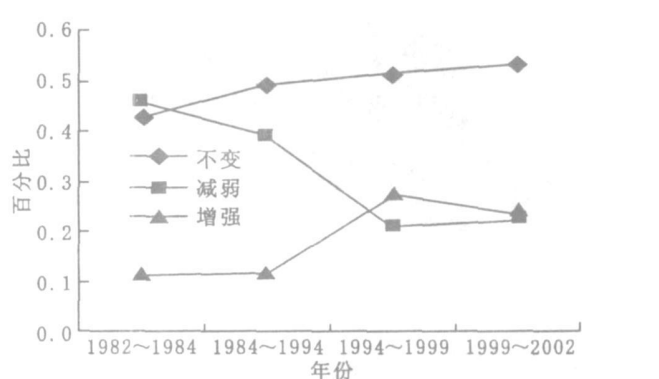


图2 官厅水库上游不同监测段的变化统计

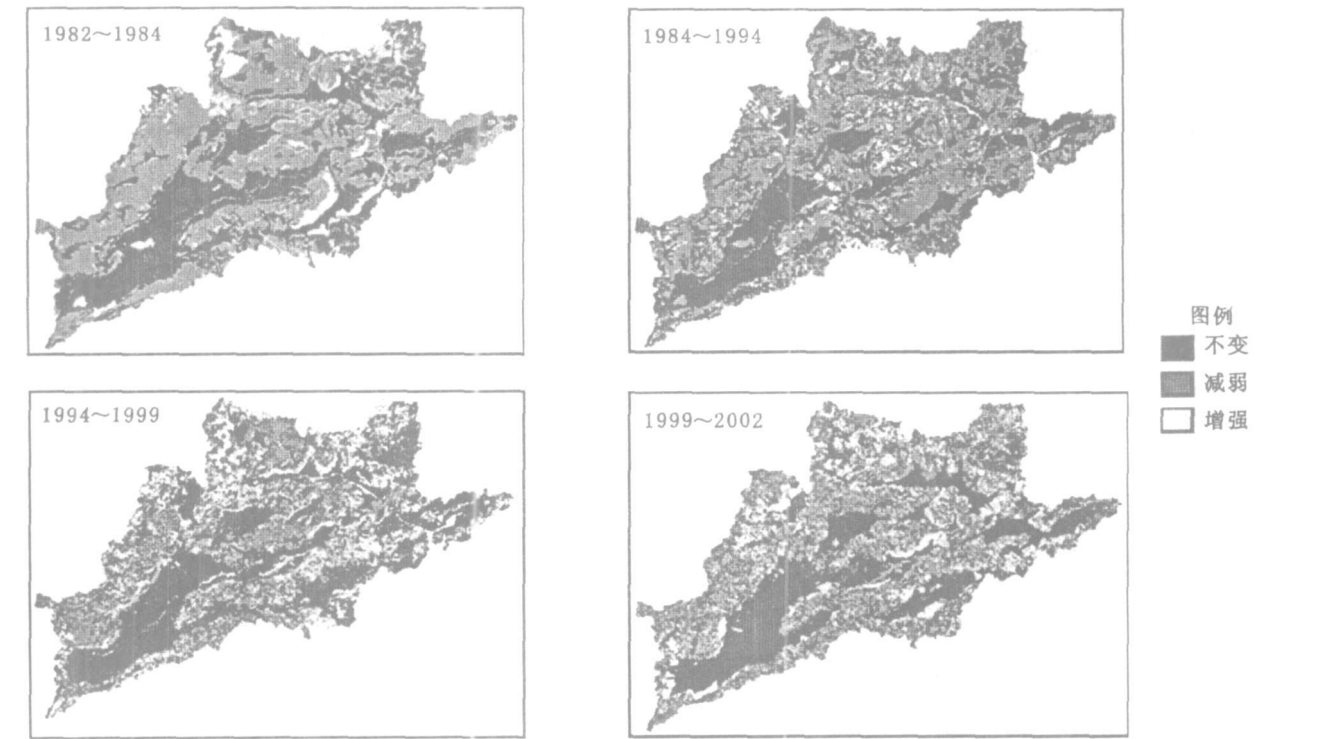


图3 官厅水库上游土壤侵蚀强度变化

将每一个阶段的变化情况进行汇总并根据行政区进行统计。强度等级减少的面积大于强度等级增加的面积的行政单元可视为土壤侵蚀状况改善(强度减弱)。在四个不同的时间阶段内, 持续好转的行政单元有山阴、天镇与阳高; 三个阶段持续好转的行政单元有大同市、怀安、浑源、尚义、朔州、原张家口市地区。丰镇、代县、广灵、凉城、宁武、万全、蔚县、延庆、右玉和左云等行政单元在前两个时间阶段内(1982~1984, 1984~1994)发生好转, 在1994~1999年阶段内侵蚀强度等级增加的面积大于减少的面积, 在1999~2002阶段发生好转。大同县、怀来、怀仁、神池、兴和、宣化、阳原、应县和涿鹿等行政单元在前两个阶段内持续好转, 后两个阶段侵蚀等级增大面积大于侵蚀等级减少面积。各行政单元中崇礼

县的水土流失现状最为严重, 仅1984~1999阶段属于好转情况。

由于各行政单元所处自然环境以及水土保持治理投入的不同造成了不同区域的变化状况的差异。在官厅水库上游水土流失严重的主要是黄土丘陵区、土石丘陵区、土石缓坡丘陵区。黄土丘陵区土层深厚、质地疏松、沟壑发育、侵蚀严重的特点, 生产发展方向以农为主; 土石丘陵区地表大部分有黄土覆盖, 坡度在20°左右, 植被稀少; 土石缓坡丘陵区地面坡度相对较缓, 地形相对高差小, 黄土层较厚。

其他区域, 如山前丘陵斜原区广泛分布于官厅水库以上的断坡山地前缘和盆地边缘, 坡度较缓, 地面较长, 土层厚度大。通过官厅水库以上近20年的综合治理, 大部分山前斜平

原区已经得到有效治理; 万全县北部和崇礼县西部由胶结疏松的白垩纪地层组成, 地表颗粒较粗; 透水性强, 植被稀少, 侵蚀严重。洪积坡积区基本分布于河流出口, 地面坡度自

顶部向前缘变缓, 地表组成也由粗变细; 石质山区山高坡陡, 地表多为基岩风化物覆盖, 质地较粗, 水土流失中等。

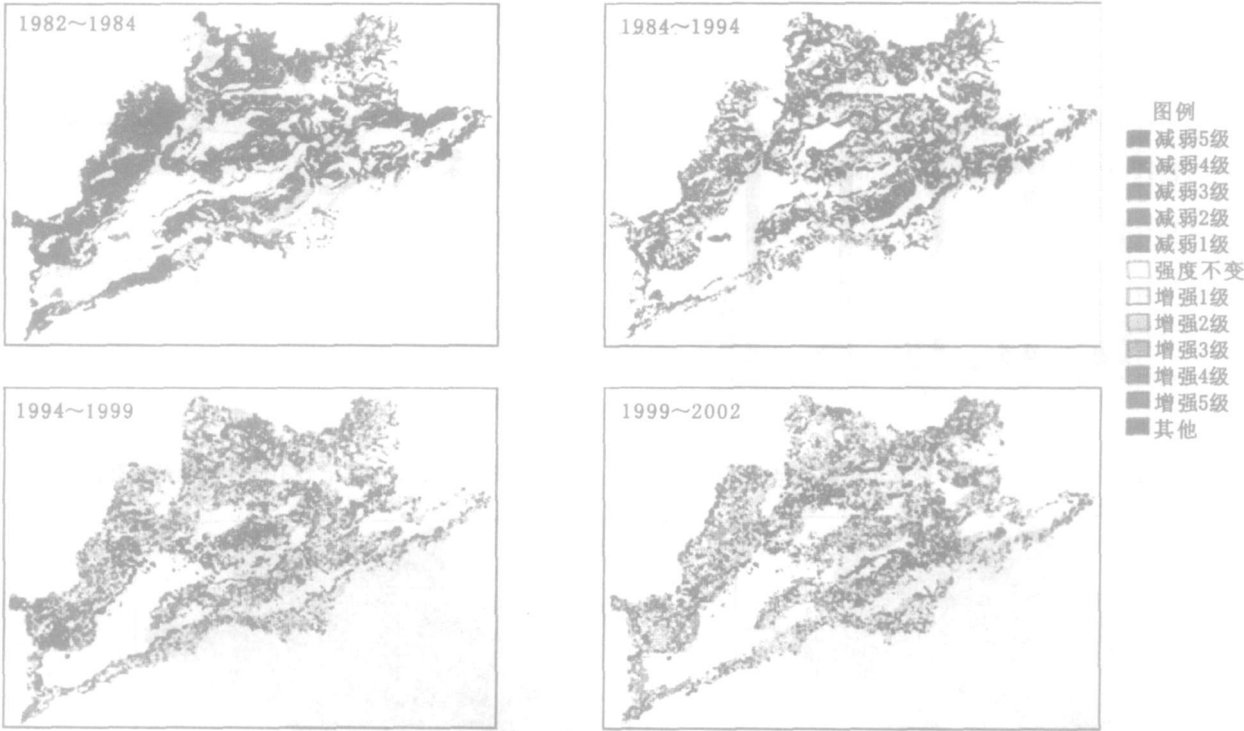


图4 官厅水库上游土壤侵蚀强度变化

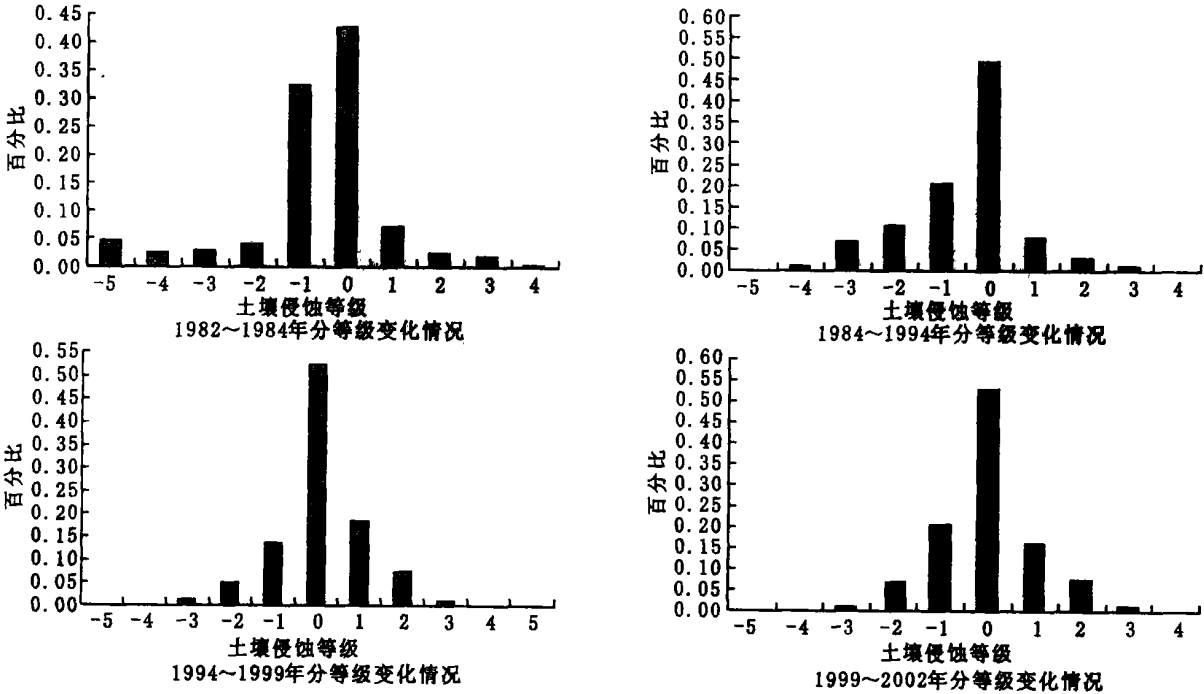


图5 官厅水库上游不同监测段土壤侵蚀等级变化细分统计

我们可以再细分侵蚀强度不变, 或下降1级、2级、3级、4级、5级, 或增强1级、2级、3级、4级、5级等不同的情况, 见图4。通过统计, 可以看出在每一个阶段均是由侵蚀等级不变的情况占主导地位, 以侵蚀等级不变为中心, 从中心向两侧扩

展, 等级下降1级、增加1级、下降2级和增加2级等不同等级变化的统计形态决定了这一阶段侵蚀的变化情况。从图5可以看出, 1982~1984, 1984~1994这两个阶段内区域水土

(下转第267页)

在,可建成30万人口规模的生态型办公居住社区,应高起点地按生态城市建设的理念要求进行规划设计和建设。

(6) 建设外围生态屏障和生态产业发展轴:范围包括清镇市、修文县、开阳县、息烽县等贵阳市所属的三县一市及黔南州所属的惠水、龙里两县共五县一市;这些县市的城关镇都是贵阳市的卫星城市,是贵阳主城区用地结构的延伸和发展,有助于主城区地域结构的优化,对主城区地域功能结构起着互补和完善作用。同时这些县市都位于长江和珠江分水岭地带,喀斯特十分发育、生态环境脆弱带,属于长江或珠江防护林重点建设县域,应加强生态建设,打造贵阳外围生态屏障;在产业布局上这些县域是贵阳主要的农副产品供应基地,因此除一些资源性的原材料行业外,应重点发展生态农业及其加工业,在生态城市的用地安排上主要布局都市农业(绿色粮油果蔬基地)用地、绿色休闲用地及生态防护用地。

4 加快贵阳生态城市景观建设的对策措施

4.1 开展贵阳城市地域土地生态景观建设的适宜性评价

针对贵阳城市地域的岩性、地形地貌(坡度、坡向、地貌类型及组合)、水文地质条件、土壤的发育及分布等,开展贵阳城市立地(小生境)调查研究及适宜性评价,筛选具有滞尘、抗污染能力强、生物量大、抗病虫害、耐贫瘠、嗜钙且有一定观赏性的适生植物,探求这些植物的适生特点及其多样性配置技术,为科学制定生态城市的景观建设规划提供依据。

4.2 按可持续发展战略和生态城市建设的要求定位城市功能、进行城市生态规划设计

在城市化过程中,注重生态过程的保护与恢复。根据贵阳的山水地貌格局(自然条件)、地域文化特征和产业结构进行参考文献:

[1] 理查德·瑞吉斯特. 生态城市—建设与自然平衡的人居环境[M]. 王如松, 胡聃译. 北京: 社会科学文献出版社, 2002. 1—10.  
[2] 温武瑞. 德国的生态环境保护[N]. 中国环境报, 2002- 04- 07.  
[3] 黄光宇, 陈勇. 生态城市概念及其规划设计方法研究[J]. 城市规划, 1997, (6): 26- 28.  
[4] 杨建森. 生态城市的构架理论研究, 城市环境与城市生态[J]. 2001, 14(5): 59—60.  
[5] 苏维词. 贵州岩溶山区城市人居环境及优化[J]. 中国岩溶, 1999, 18(4): 353- 360.  
[6] 黄威廉, 屠玉林, 杨龙. 贵州植被[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988. 265- 312.  
[7] 苏维词, 罗有贤, 翁才银, 等. 重庆都市区主要生态环境问题及对策[J]. 城市环境与城市生态, 2004, (3): 11- 13.  
[8] 中共贵阳市委办公厅, 贵阳市委政策研究室. 贵阳市情[M]. 北京: 新华出版社, 2002. 11- 13.

(上接第186页)

流失情况好转,在1994~1999年区域水土流失情况呈现出增强态势,1999~2002阶段区域水土流失变化趋于平衡。

6 结 论

利用官厅水库上游的历年土壤侵蚀调查结果的成果资料,通过一系列的数据处理、分析过程,本文对官厅水库上游永定河流域近20年来的土壤侵蚀强度的时空变化进行了分析,在时间序列上确定研究区域内水土流失强度在空间和等级的变化情况。

在区域水土流失情况好转的大前提下,可以看出,区域

参考文献:

[1] 许峰. 宏观水土保持监测研究及其进展[J]. 水土保持通报, 2002, 22(4): 72- 76.  
[2] 郭学军, 郭立民. 应用不同时期的航片分析土壤侵蚀量的动态变化[J]. 中国水土保持, 1994, (2): 40- 42.  
[3] 李德成, 徐彬彬, 石晓日. 利用马氏过程模拟和预测土壤侵蚀的动态演变[J]. 环境遥感, 1995, 10(2): 89- 96.  
[4] 杨德生, 肖卫国, 陈冬奕, 等. 深圳市水土流失动态变化遥感监测分析[J]. 人民珠江, 2002, (6): 55- 57.

行多目标、多层次规划设计<sup>[7]</sup>。(1) 强化景观设计:景观是生态城市的外貌和直观表达,是生态系统的载体。景观设计的目标是建立由各类动植物保护区为主的自然景观和以建筑、园林等为主的人文景观组成的城市生态系统。另外对于城市的高层建筑应尽可能采用绿色建材,开发推广生态型住宅小区。(2) 在产业结构的选择上,通过政策投资倾斜,引导、培植循环经济和生态型产业体系。当前重点是对主城区的污染企业,特别是建材、化工、冶金等排污多、噪音大的企业应尽可能的通过土地置放的方法,实行搬迁。既消除城市中心的工业污染,又能腾出土地,重新构筑城市用地框架,合理布局城市功能,实现城区产业结构、能源结构、技术结构、人才结构及经济增长方式等的调整和升级换代。

4.3 加强喀斯特山区生态城市建设关键技术和监测

针对喀斯特山区生态城市建设过程中存在的主要问题,如喀斯特山区生态城市的容量及提升途径,喀斯特山区城市生物多样性的保护及空间配置技术,喀斯特山区城市生态系统健康评价、预警与调控系统研究,喀斯特城市生态系统管理与经营技术,适合喀斯特山区特点的绿色建材开发技术、喀斯特山区城市主要污染元素的迁移、富集规律及阻隔途径等开展科技攻关研究;同时基于“3S”等技术建立观测站,对生态城市建设过程出现的各种问题及环境效应进行评价,并及时提出调控对策,为贵阳生态城市建设提供科技支撑。

4.4 开展试验示范、分布实施

生态城市建设是一项复杂宏大的系统工程,涉及面广、面临的科技问题难题多,地域性强,必须因地、因时制宜,分步实施,先选择贵阳某个小区(如金阳新区)或某个工业园区进行试验示范,总结经验,树立样板,再逐步推广。

水土流等级不变的面积在逐年增加,在四个不同的时间阶段内,持续好转的行政单元有山阴、天镇与阳高;部分地区三个阶段持续好转。通过官厅水库以上近20年的综合治理,大部分山前斜平原区已经得到有效治理。在侵蚀强度等级变化的细分统计中,在每一个阶段均是由侵蚀等级不变的情况占主导地位,等级增减幅度为1和2的侵蚀强度变化情况决定了区域侵蚀变化的趋势,研究表明在四个阶段时段内前二个阶段水土流失情况好转,在1994~1999年区域水土流失情况呈现出增强态势,1999~2002阶段区域水土流失变化趋于平衡。