

三峡库周区不同土地利用方式下土壤侵蚀变化特征

——以重庆市璧山县为例

朱 韦, 魏 虹, 彭 月, 熊春妮, 田晓锋

(西南大学生命科学学院, 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715)

摘 要: 三峡工程水库淤积是影响三峡工程能否正常运行的一个关键问题, 三峡库区周边地区的土壤侵蚀造成泥沙淤积问题对三峡工程的威胁较大; 在遥感与 GIS 技术的支持下, 通过遥感影像解译获取库周地区璧山县 1995 年和 2000 年土地利用与土壤侵蚀数据, 建立土地利用与土壤侵蚀的面积转移矩阵, 采用景观格局指数探讨了二期土壤侵蚀的格局及变化特征。结果表明: 不同的土地利用方式对土壤侵蚀有着不同的影响, 土壤侵蚀的造成既与人类砍伐和开垦林地、坡耕地种植有关, 也与山区的地形地貌有关; 结合璧山县 5 年来对土壤侵蚀治理的实际措施来证实选择合理的土地利用方式, 以及实行天然林保护等工程对于高效利用土地资源, 控制水土流失, 实现区域经济的可持续发展具有重要意义;

关键词: 土地利用; 土壤侵蚀; 遥感; 地理信息系统; 景观格局; 三峡库区

中图分类号: P208.24; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0376-05

The Effects of Different Land Use Types on the Change Characteristics of Soil Erosion in the Area Around Three Gorges Reservoir Region

ZHU Wei, WEI Hong, PENG Yue, XIONG Chun-ni, TIAN Xiao-feng

(Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education),
School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: In Three Gorges Reservoir Region, the soil erosion is known for its severity in the world, especially the soil erosion in the area around it. In order to study the relations between land use and soil erosion in the study area, the technologies of remote sensing and geographical information system are used. At first, the data of land use and soil erosion were gotten from Landsat TM Images by experts interpretation, then the area transition matrix is built and landscape pattern indices are used for analyzing the pattern and the change relationship between land use and soil erosion. The results show that the soil erosion is affected by both the irrational land use and the geographic characteristic. Rational land use pattern and optimized land use structure are significantly important for regional sustainable development from the facts that the effective measures have been taken in Bishan.

Key words: land use; soil erosion; remote sensing; geographic information system; landscape structure; Three Gorges Reservoir Region

三峡工程的水库淤积是一个严重问题, 土壤侵蚀又是产生大量泥沙的根本因素。由于上游流失面积扩大和泥石流加剧, 进入或通过三峡库区的泥沙量也增加^[1], 三峡库周地区的侵蚀泥沙直接进入库内, 对三峡工程的威胁最大, 因此, 三峡库周地区土壤侵蚀对入库泥沙的影响绝不能忽视^[2]。土壤侵蚀是一个复杂的时空过程, 若气象条件相同, 土地利用的类型组成、空间配置等土地利用格局就成为土壤侵蚀的主控因子之一^[3]。土地利用/覆盖变化引起诸多生态环境问题, 这在生态环境脆弱的山地生态系统更加明显^[4]。重庆是典型的山区, 研究重庆片区三峡库区周边地区不同土地利用方式下的土壤强度的时空过程, 可以更好的把握三峡库区的环境安全。景观格局与生态过程的相互作用是景观生态学研究的核心内容, 景观格局分析是探讨景观格局和生态过程相互关系的基础, 景观斑块的形状、面积数量和空间组合与

景观中的物种分布、水土流失等生态过程密切相关^[5]。三峡库区在重庆东起巫山、西至江津、南起武隆、北至开县; 璧山县南界江津市, 属于库周地区, 本文通过景观格局分析法分析该区不同土地利用方式下土壤侵蚀的格局及变化特征, 以便有效治理三峡库区周边地区的生态环境和为区域农业的可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

璧山县位于重庆市西部 (106°02' ~ 106°20' E, 29°17' ~ 29°53' N), 属中亚热带季风湿润气候区。具有春旱、夏热、秋迟、冬暖、雨量充沛, 无霜期长以及风小、湿度大、日照少、云雾及绵雨多的特点。多年年平均气温为 17.8℃, 极端最高气温可达到 41.1℃, 极端最低气温为 -3.0℃; 年平均降水量 1 042.3 mm; 年平均日照时数 1 250 h; 年平均风速 1.6

* 收稿日期: 2006-07-20

基金项目: 西南大学自然科学基金资助项目

作者简介: 朱 韦 (1981-), 女, 安徽铜陵人, 应用生态学硕士研究生。

m/s; 年平均相对湿度 81%; 年平均无霜期 337 d。其地质构造属川东南弧形构造带, 华蓥山复式背斜中的温塘峡背斜(东山)与沥青峡背斜(西山)之间。东山、西山为天然屏障, 其间为丘陵。总地貌有二山夹一谷之特点。县域地表水属外流水系, 有大小溪流 75 条, 以下三河最大: 璧南河, 全长 73.1 km, 梅江河, 全长 53 km, 二河均注入长江; 璧北河, 全长 37 km, 注入嘉陵江。县植物属亚热带常绿阔叶林, 自然植被以常绿针叶林为主, 竹林次之。常绿针叶林以马尾松为主, 杉柏为辅。

2 研究方法

研究中选择璧山县 1995 年和 2000 年两期陆地卫星 TM 影像图作为主要信息源, 同时辅以传统的地形图、专题

图、文字和统计资料等进行数据的处理, 包括遥感影像纠正、影像解译、GIS 下的入库以及和其他相关数据、信息的整合等。将遥感解译获取的矢量图件在 GIS 系统下进行一系列的处理: 主要包括数据转换、Coverage 生成、查错、邻斑同码融合等; 进而获取璧山县 1995 年和 2000 年的两期土地利用本底 coverage, 并在此基础上获得璧山县 1995 年和 2000 年水土流失图; 再在 ESRI 的 ArcView Spatial Analysis 模块的支持下, 利用 convert to grid 功能获得各景观分类和水土流失等级分类的栅格图(格网分辨率为 30 m); 利用 Tabulate Area 功能建立面积转移矩阵。结合 FRAGSTATS Version3 的栅格版本计算景观格局指标, 对各类景观指数分析研究。

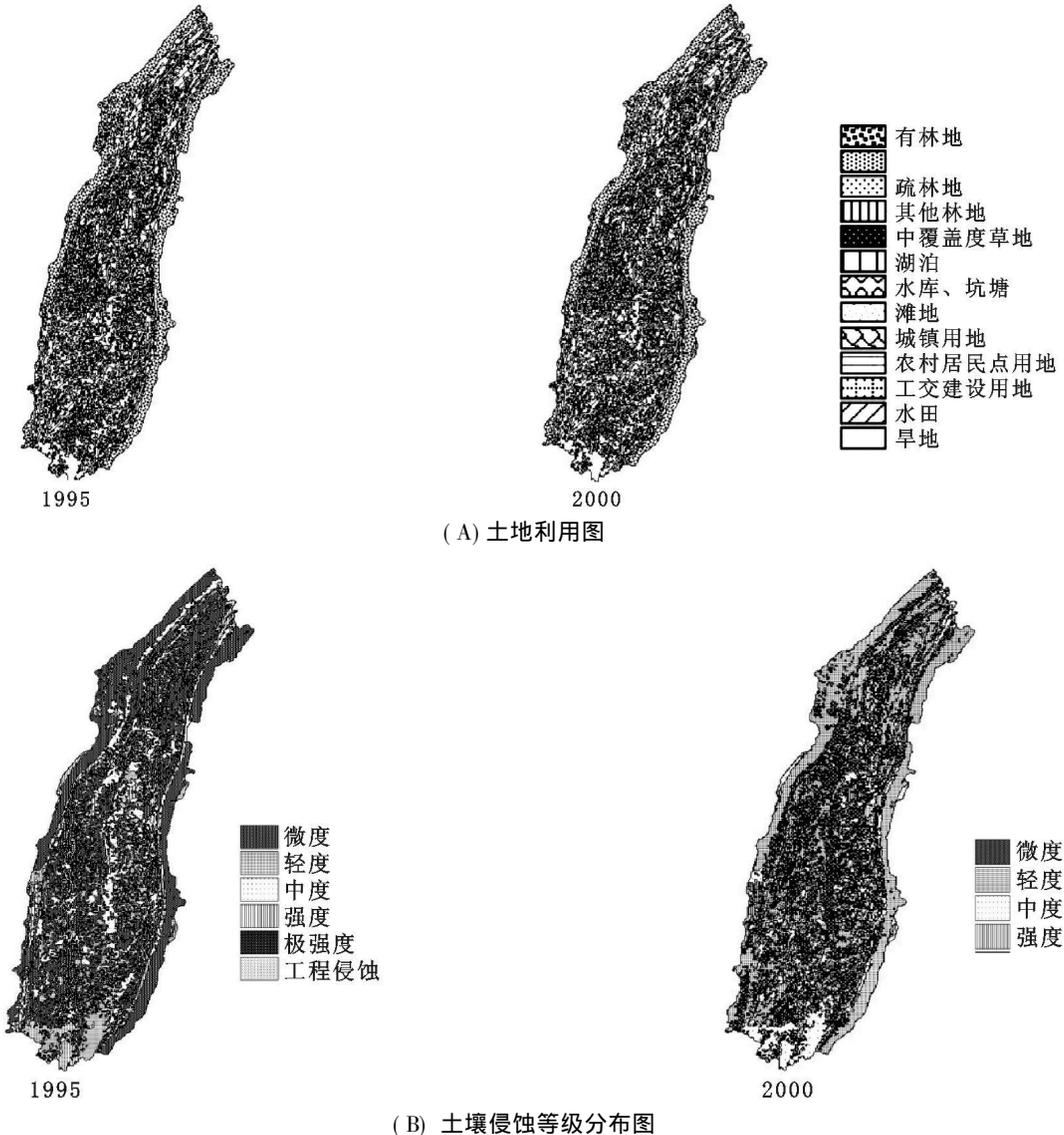


图 1 重庆璧山 1995 和 2000 年土地利用和土壤侵蚀等级分布图

2.1 土地利用分类系统

根据中国《土地利用现状调查技术规程》和土地的经营特点、利用方式和覆盖特征等因素, 将璧山县土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地共 5 个一级类型; 一级类型又进一步分为 13 类二级类型, 包括水田(11)、旱地(12); 有林地(21)、灌木丛(22)、疏林地(23)、其它林地(24); 中覆盖度草地(32); 湖泊(42)、水库坑塘(43)、滩地(46); 城镇用地(51)、农村居民点用地(52)、工交建设用地(53), 见图 1(A)。

2.2 土壤侵蚀强度的分级

璧山县侵蚀类型为水力侵蚀。根据我国对西南土石山区的划分标准, 璧山侵蚀强度等级分为: 平均土壤侵蚀模数 < 500 t/(km²·a) 为微度(11), 平均土壤侵蚀模数在 500~2 500 t/(km²·a) 之间为轻度(12), 平均土壤侵蚀模数在 2 500~5 000 t/(km²·a) 之间为中度(13), 平均土壤侵蚀模数在 5 000~8 000 t/(km²·a) 为强度(14), 平均土壤侵蚀模数 5 000~15 000 t/(km²·a) 为极强度(15), 工程侵蚀(50), 见图 1(B)。

2.3 土地侵蚀等级流向分析

转移矩阵不仅能够详细刻画各侵蚀等级转移变化的方向,还能对转移的幅度进行量化,其计算方法是:表(2)中行表示 t_1 时期的 i 种土壤侵蚀等级,列表示 j 中土壤侵蚀等级。 A 表示 t_1 时期的土壤侵蚀等级转变为 t_2 时期各土壤侵蚀等级的面积,即原始土壤侵蚀变化转移矩阵;转移率 $B_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{j=1}^4 A_{ij}$,表示 t_1 时期的 i 种土壤侵蚀等级转变为 t_2 时期的 j 种土壤侵蚀等级的比例;贡献率 $C_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{j=1}^4 A_{ij}$,表示 t_2 时期 j 种土壤侵蚀等级中由 t_1 时期的 i 种土壤侵蚀等级转化而来的比例。

2.4 景观指标的选取

针对土壤侵蚀,从类型和景观 2 个水平来研究土壤侵蚀格局演化。在类型上,主要选用景观比例 PLAND、斑块数量 NP、平均斑块大小 AREA - MN、面积加权形状指数 SHAP - AM、面积加权平均斑块分维数 FRAC - AM、连接度 LJI、聚集系数 AI 指标;在景观水平上,还选用最大斑块指数 LPI、平均最近距离 ENN - MN、斑块丰富度(PR)Shannon 多样性指数、Shannon 均匀度指数。

3 结果分析

3.1 土壤侵蚀面积变化

璧山县总土地利用面积为 91 381.23 hm^2 ,轻度侵蚀以上面积占土地利用面积的 44%(表 1)。1995 年和 2000 年的土壤侵蚀都以微度侵蚀为主,其次是轻度侵蚀;而轻度侵蚀的斑块数最多,其次是中度侵蚀。根据 GIS 属性分析结果和研究区 1995 年、2000 年土壤侵蚀强度等级图,得出研究区 1995~2000 土壤侵蚀动态变化情况。

表 1 为各个侵蚀等级的面积变化程度:5 年间的土壤侵蚀强度等级呈下降趋势,变化幅度最大的是强度侵蚀和轻度侵蚀。在表 2 中可以明显看出:极强度侵蚀和工程侵蚀变成强度以下侵蚀等级,极强度侵蚀 100% 转化成强度侵蚀,大部分工程侵蚀转变成微度侵蚀。

具体表现如下:

(1) 微度侵蚀等级增加了 292.23 hm^2 ,增幅为 0.32%;结合表 2(B) 可知,由工程侵蚀的 93.29% 和中度侵蚀的 1.22% 转化而来,转化面积分别为 73.8 hm^2 和 195.66 hm^2 。

(2) 中度侵蚀强度的面积增加最多,达 1 280.97 hm^2 ,增幅为 1.4%。中度侵蚀没有进一步恶化,且有一小部分减缓为微度和轻度侵蚀;

(3) 强度侵蚀等级面积减少最多,达到 1 567.98 hm^2 ,变化幅度占侵蚀面积变化的 1.72%。强度侵蚀除了 49.34% 仍未改善,有 49.76% 减缓为中度侵蚀,其中还有 0.26% 和 0.64% 转化为微度和轻度侵蚀(表 2)。

(4) 极强度侵蚀和工程侵蚀在 2000 年没有发生,均向较弱的侵蚀强度等级转化。其在 1995 年面积分别为 15.12 hm^2 和 79.11 hm^2 ,合计占侵蚀面积的 0.11%。

表 1 璧山县 1995~2000 年各土壤侵蚀等级面积变化

| 土壤侵蚀强度等级 | 1995 年 | | 2000 年 | | 面积变化/ hm^2 | 占侵蚀面积变化量/% |
|----------|------------|---------|------------|---------|--------------|------------|
| | 面积/ hm^2 | 占侵蚀面积/% | 面积/ hm^2 | 占侵蚀面积/% | | |
| 微度侵蚀 | 50826.15 | 55.62 | 51118.38 | 55.94 | 292.23 | 0.32 |
| 轻度侵蚀 | 21337.74 | 23.35 | 21426.75 | 23.45 | 89.01 | 0.10 |
| 中度侵蚀 | 15997.5 | 17.51 | 17278.47 | 18.91 | 1280.97 | 1.40 |
| 强度侵蚀 | 3125.61 | 3.42 | 1557.63 | 1.70 | -1567.98 | -1.72 |
| 极强度侵蚀 | 15.12 | 0.02 | | | -15.12 | -0.02 |
| 工程侵蚀 | 79.11 | 0.09 | | | -79.11 | -0.09 |

表 2 璧山县 1995~2001 年各等级土壤侵蚀等级转移矩阵 (A) 璧山县 1995~2001 年各等级土壤侵蚀等级面积转移矩阵

| | 2000 | | | | | |
|------------|------------|----------|----------|---------|-------|-------|
| | 面积/ hm^2 | 微度侵蚀 | 轻度侵蚀 | 中度侵蚀 | 强度侵蚀 | 极强度侵蚀 |
| 微度侵蚀 | 50826.15 | 3.96 | 0.18 | 0.09 | | |
| 轻度侵蚀 | 18.99 | 21315.51 | 3.24 | 0 | | |
| 中度侵蚀 | 195.66 | 81.9 | 15719.85 | 0.09 | | |
| 强度侵蚀 | 8.01 | 20.07 | 1555.2 | 1542.33 | | |
| 极强度侵蚀 | | | | | 15.12 | |
| 工程侵蚀 | 73.8 | 5.31 | | | | |
| 合计/ hm^2 | 51118.38 | 21426.75 | 17278.47 | 1557.63 | | |

(B) 璧山县 1995~2001 年土壤侵蚀等级贡献率

| | 微度 | 轻度 | 中度 | 强度 | 极强度 | 工程 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-----|----|
| 微度 | 99.99 | 0.01 | | | | |
| 轻度 | 0.09 | 99.90 | 0.02 | | | |
| 中度 | 1.22 | 0.51 | 98.26 | | | |
| 强度 | 0.26 | 0.64 | 49.76 | 49.34 | | |
| 极强度 | | | | | 100 | |
| 工程 | 93.29 | 6.71 | | | | |

(C) 璧山县 1995~2001 年土壤侵蚀等级转移率

| | 微度 | 轻度 | 中度 | 强度 | 极强度 | 工程 |
|-----|-------|-------|-------|-------|------|----|
| 微度 | 99.42 | 0.02 | | 0.01 | | |
| 轻度 | 0.04 | 99.48 | 0.02 | | | |
| 中度 | 0.38 | 0.38 | 90.98 | 0.01 | | |
| 强度 | 0.02 | 0.09 | 9.00 | 99.02 | | |
| 极强度 | | | | | 0.97 | |
| 工程 | 0.14 | 0.02 | | | | |

3.2 土壤侵蚀景观格局变化

3.2.1 景观水平上土壤侵蚀变化

由表 3 可知,在景观水平上各侵蚀等级的斑块数量由 1995 年的 1 001 块减小到 2000 年的 958 块,平均斑块面积也增加了。斑块的邻近距离减小了约 58 m,多样性指数和丰富度指数均下降;聚集度指数,最大斑块指数,均匀度指数均增加;形状指数和分维数提高程度不大。

3.2.2 类型水平上土壤侵蚀变化

在土壤侵蚀类型水平上,2 个时期的微度侵蚀平均斑块面积最大;其面积比例在增加,但斑块数却在减少;同时形状指数、分维数和聚集度几乎没有变化(表 3,图 2)。

中度侵蚀的斑块数没有变化,但面积比例、平均面积和聚集度在增加;而且只有中度侵蚀的分维数是增加的。

强度侵蚀面积比例在减少,斑块数和聚集度指数、平均斑块面积(图 2)也减小了。

表 3 1995 年~2000 年土壤侵蚀景观格局指数

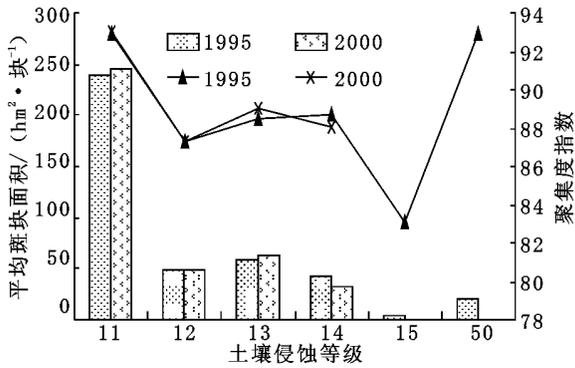
| TYPE | PLAND | NP | | | SHAP - AM | FRAC - AM | | | | |
|---|---------|---------|-------|----------|-----------|-----------|--------|--------|------|---|
| | | 2000 | 1995 | 2000 | | 2000 | 1995 | 2000 | | |
| 微度侵蚀 | 55.6198 | 55.9398 | 212 | 208 | 36.0495 | 35.7614 | 1.3463 | 1.3458 | | |
| 轻度侵蚀 | 23.3503 | 23.4475 | 436 | 432 | 6.2746 | 6.2484 | 1.2048 | 1.2047 | | |
| 中度侵蚀 | 17.5064 | 18.9081 | 271 | 271 | 4.5909 | 5.0462 | 1.1825 | 1.1878 | | |
| 强度侵蚀 | 3.4204 | 1.7046 | 75 | 47 | 3.2458 | 3.1679 | 1.1567 | 1.153 | | |
| NP AREA - MN SHAP - AM FRAC - AM ENN - MN LJI AI LPI SHID SHEI PR | | | | | | | | | | |
| 1995 1001 | 91.29 | 22.43 | 1.278 | 278.1392 | 41.1823 | 92.33 | 47.80 | 1.09 | 0.61 | 6 |
| 2000 958 | 95.39 | 22.478 | 1.280 | 219.8797 | 56.1781 | 92.42 | 48.1 | 1.054 | 0.76 | 4 |

3.3 土壤侵蚀变化与各土地利用类型变化的关系

3.3.1 土壤侵蚀在各土地利用类型中分布特征

两期的土壤侵蚀总体分布特征可由表 4 得知:除了 2000 年没有极强度侵蚀和工程侵蚀外,两期中各侵蚀等级

在各土地利用中均有分布,轻度侵蚀和中度侵蚀在耕地中分布最大,其次就是在林地中的分布;林地和耕地中也有相当面积的强度侵蚀;极强度侵蚀仅分布在耕地中。



注: 11 微度侵蚀, 12 轻度侵蚀, 13 中度侵蚀, 14 强度侵蚀, 15 极强度侵蚀, 50 工程侵蚀

图 2 平均斑块面积和聚集度指数

1995 年土壤侵蚀在各土地利用类型中分布如下:

(1) 耕地的土壤侵蚀最为严重, 其中旱地的侵蚀最为明显, 轻度侵蚀占了 17 858. 97 hm², 中度侵蚀的面积为 12 484. 71 hm², 强度侵蚀有 1 514. 34 hm²。

(2) 对于林地而言, 有林地中有大面积的轻度侵蚀, 面积

为 1 706. 22 hm², 其余主要是微度侵蚀; 疏林地有 866. 88 hm² 的中度侵蚀和 571. 5 hm² 的强度侵蚀; 其他林地中, 中度侵蚀占了最大面积, 2 570. 31 hm², 轻度侵蚀和强度侵蚀也有 1 155. 51 hm² 和 1 034. 01 hm² 的面积分布。

(3) 草地的土壤侵蚀的面积不大, 轻度和中度侵蚀占有一小部分面积。

(4) 水域中主要是水库的侵蚀比较严重, 其轻度侵蚀和中度侵蚀的面积为 6. 21 hm² 和 14. 22 hm²。

(5) 建设用地中以农村居民点的土壤侵蚀面积为主, 有 14. 31 hm² 轻度侵蚀和 6. 21 hm² 中度侵蚀; 城镇用地和工交建设用地分别有 0. 09 hm² 和 78. 93 hm² 的工程侵蚀。

3. 3. 2 土壤侵蚀在各土地利用中的变化特征

耕地中 2000 年的中度和轻度侵蚀较 1995 年面积增大较多, 强度侵蚀面积有所减少; 林地中中度侵蚀的分布总面积提高了 885. 78 hm², 其主要是在疏林地和其他林地的侵蚀面积增加。由于部分林地退化为草地, 使得草地的中度侵蚀减少了 0. 09 hm², 变成强度侵蚀, 其面积增加了 0. 09 hm², 但对于整个中覆盖草地而言, 其侵蚀强度等级以微度侵蚀面积增加最多。5 年来, 璧山县有相当面积的水库被改造成为建设用地, 水库的微度侵蚀和中度侵蚀面积减少了 11. 43 hm² 和 10. 44 hm²; 建设用地的侵蚀面积增加, 其中农村居民点用地的侵蚀面积增加最多。

表 4 土壤侵蚀在各土地利用中的分布和面积变化

| 面积 / hm ² | 微度侵蚀 | | | 轻度侵蚀 | | | 中度侵蚀 | | | 强度侵蚀 | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|------------|
| | 1995 | 2000 | 类型面积变化 | 1995 | 2000 | 类型面积变化 | 1995 | 2000 | 类型面积变化 | 1995 | 2000 | 类型面积变化 |
| 耕地 | | | | | | | | | | | | |
| 水田 | 34381. 26 | 34219. 44 | | 66. 06 | 69. 66 | | 41. 85 | 46. 62 | | 3. 96 | 2. 07 | |
| 旱地 | 155. 25 | 359. 19 | 42. 12 | 17858. 97 | 18149. 94 | 294. 57 | 12484. 71 | 12824. 82 | 344. 88 | 1514. 34 | 1457. 55 | - 58. 68 |
| 林地 | | | | | | | | | | | | |
| 有林地 | 14197. 86 | 13924. 98 | | 1706. 22 | 1574. 91 | | 2. 61 | 3. 78 | | 1. 71 | 0. 18 | |
| 灌木林地 | 498. 15 | 498. 15 | | 340. 11 | 340. 11 | | | | | | | |
| 疏林地 | 5. 58 | 8. 64 | - 270. 54 | 182. 25 | 250. 38 | - 367. 74 | 866. 88 | 1361. 16 | 885. 78 | 571. 5 | | - 1509. 39 |
| 其它林地 | 25. 92 | 25. 2 | | 1155. 51 | 850. 95 | | 2570. 31 | 2960. 64 | | 1034. 01 | 97. 65 | |
| 草地 | | | | | | | | | | | | |
| 草地 | | 9. 72 | 9. 72 | 8. 01 | 8. 01 | | 7. 74 | 7. 65 | - 0. 09 | 0. 09 | 0. 18 | 0. 09 |
| 水域 | | | | | | | | | | | | |
| 湖泊 | 18. 54 | 18. 54 | | 0. 18 | 0. 18 | | | | | | | |
| 水库 | 749. 88 | 738. 45 | - 11. 43 | 6. 21 | 6. 21 | | 14. 22 | 3. 78 | - 10. 44 | | | |
| 滩地 | | | | | | | 2. 79 | 2. 79 | | | | |
| 建设用地 | | | | | | | | | | | | |
| 城镇用地 | 243. 09 | 246. 87 | | | 44. 28 | | 0. 09 | 39. 06 | | | | |
| 居民点 | 550. 08 | 657. 36 | 522. 72 | 14. 31 | 107. 01 | 161. 82 | 6. 21 | 20. 97 | 60. 93 | | | |
| 建设用地 | | 411. 66 | | | 24. 84 | | | 7. 2 | | | | |

4 结论与讨论

(1) 本文在遥感与 GIS 技术的支持下, 对璧山县土地利用/覆盖与土壤侵蚀的关系以及土壤侵蚀变化特征进行了研究。从整个景观上来看, 土壤侵蚀斑块的空间关系在 2 个时期中也发生了重大重组: 斑块平均面积和聚集度的增大表明侵蚀景观中的各斑块变得更加紧凑密集, 几种主要的侵蚀类型开始占主导地位。微度侵蚀的面积大、斑块少、分维数低, 说明其呈现较大范围的连接, 侵蚀斑块不断合并成较大的规则性斑块, 使得土壤侵蚀景观的异质性降低。这一点也可从多样性指数和丰富度指数中得到证实, 二者都表现为降低的趋势(表 3)。

就中度侵蚀而言, 2000 年时具有较大的平均形状指数, 并且其分维数在增加(表 3), 由于分维数可以理解为斑块边界的不规则性和斑块形状的复杂程度, 说明中度侵蚀斑块不规则、复杂程度高; 同时其在 2 个时期斑块数没有变化, 平均斑块面积和聚集度增大, 说明中度侵蚀斑块面积的增大伴有形状的不规则变化和同类斑块临近趋势。

但璧山县整体的土壤侵蚀状况正在好转: 5 年来璧山县的土壤侵蚀程度减轻, 极强度侵蚀消失, 强度侵蚀斑块数和平均斑块面积减小, 说明随着时间的推移, 强度侵蚀斑块间的距离拉大, 侵蚀呈现碎块状分布, 侵蚀态势减弱。人类进行的一定程度的水土治理和土地利用结构优化活动初见成效(表 2)。

(2) 耕地和林地成为最主要的造成土壤侵蚀的土地利用/覆盖类型; 不同土地利用方式对土壤侵蚀的发育有着不同影响, 人为驱动因素主要是人口增长对粮食、燃料等的压力, 而地形是客观存在的自然限制因素: 璧山县坡耕地面积大, 坡地的开垦和耕作是造成土壤侵蚀的主要原因; 又由于对耕地的压力增大, 通过开垦山坡、毁林、毁草获得耕地面积的扩大, 结果导致林地的土壤侵蚀的面积增加, 轻度侵蚀恶化为中度侵蚀(表 4); 土壤侵蚀与这种人为土地利用方式有直接的关系; 但是由于采取了天然林保护工程和人工造林生态恢复工程, 林地的强度侵蚀得到有效的缓解。

建设用地的中度侵蚀增加归因为城镇是经济文化等的活动中心, 人口增大与居民点增多都表现出越来越强烈的人

为干扰。

草地的侵蚀强度下降,说明草被在山区对增加土壤的抗侵蚀能力有着积极作用^[6]。

(3) 由于土壤侵蚀分布与土地利用分布是相互关联的,合理的土地利用方式可有效地控制土壤侵蚀。要治理土壤侵蚀,要从土地利用入手,合理地规划土地利用。土壤侵蚀治理工程已有很多人提出了相关措施,比如“坡改梯”为重点的坡耕地治理工程,建立山区多样化土地利用格局,发展多功能农业技术;对于丘陵地区如璧山县的土壤侵蚀治理,除了要优化土地利用结构、实现土地利用的综合规划、合理利用,做好退耕还林、退耕还草工作外,采用一定的技术措施研究。张春梅等研究在坡耕地上的生物埂治理三峡库区坡耕地水土流失技术^[7];朱连奇等人探讨了草被对土壤的抗侵蚀能力的研究^[6],这些对于防治水土流失、治理土地沙漠化、恢复生态环境具有重要意义。

由于璧山县一直做到“五个坚持”治理水土流失,其土壤侵蚀状况好转。璧山县相继实施了水土保持“长治”工程、生

态修复工程、退耕还林、天然林保护工程、高效生态农业工程、农村能源建设(以气代柴)、花卉苗木基地建设等,水土保持生态建设逐步走上了依法防治的轨道,在璧山县土壤侵蚀格局改善的基础上有人探究巩固其成果的途径^[8]并实施水土保持生态修复试点工程^[9]。

(4) 综合多种因素并以璧山县土地利用和水土流失的研究结果为例,重庆市对于土地利用/覆盖结构进行了调整:耕地—严格控制耕地面积的减少。努力补充耕地面积,保持建设占用与开发、复垦、整理增加耕地持平;园地—适当增加;林业用地—大力发展;除保护和经营好现有林地,改造疏林地、灌木林地,加速迹地更新外,大力发展林业用地,建设好三峡库区及嘉陵江流域生态环境林业重点治理工程;牧草地—适当扩大;建设用地—严格控制,保证重点。

(5) 作为三峡库区周围地区的璧山县,其土壤侵蚀的有效治理和区域农业的可持续发展无疑给三峡工程的良性使用带来积极的意义。

(下转第 383 页)

(上接第 375 页)

(3) 一般的,浅色砂岩溶蚀程度较红色的强,主要是由于浅色砂岩中含有黄铁矿(FeS_2),在后期风化过程中,发生氧化反应,生成硫酸,使岩石钙质胶结物和钙质砾石溶蚀得更加彻底,导致岩石结构松散,易碎。

(4) 由于方解石脉本身易溶,溶后形成张性(张开)的导水通道,其间水的活动能力较一般剪性裂隙的强,导致溶蚀更易于向两侧及纵深发展。

3.2 主要工程地质问题

由于该水电工程拟建坝型为由混凝土重力坝和心墙堆石坝组合而成混合坝,坝基围岩大量钙质物质的流失,可能会产生如下主要工程地质问题:

(1) 溶蚀导致坝基岩体孔隙及孔隙度增大,有效承载面积减小,从而降低坝基岩体承载能力。尤其是钙质胶结物含量较高的砾岩,在化学潜蚀和机械潜蚀共同作用下,形成较具规模的溶蚀孔洞,如目前发现的最大规模的溶蚀洞洞径可达 2 m,位于坝基河床内,埋深约 150 m,此类规模的溶蚀空洞在重力坝负荷下,坝基有可能产生局部沉降变形,危及大坝稳定。

(2) 溶蚀导致坝基岩体孔隙度及渗透性增加,蓄水后可能产生绕坝渗漏问题。其渗漏通道主要包括透水层及透水带两种,与坝基岩体溶蚀有关的透水层主要为流失钙质的砂岩及砾岩层,透水带主要为可能埋藏于地下某处的溶蚀空洞。

参考文献:

- [1] 韦俊行. 红层建坝工程地质勘察问题及主要经验[J]. 四川水利, 1993, 14(1): 35-38.
- [2] 朱同兴, 王志英, 等. 楚雄中生代前陆盆地的构造沉降史研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 21-26.
- [3] 王健丽, 赵霞飞. 楚雄盆地东部晚三叠世沉积环境[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(3): 58.
- [4] 谭富文, 尹福光, 等. 楚雄前陆盆地系统的构造单元及沉积标识[J]. 沉积学报, 2000, 18(4): 577.
- [5] 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980. 64.
- [6] 陈根文, 夏斌, 等. 滇中地区砂岩铜矿矿物分带特征及其成因意义[J]. 地质地球化学, 2002, 30(1): 41.
- [7] 王思敬, 黄鼎成. 攀西地区环境工程地质[M]. 北京: 海洋出版社, 1990. 33.

(3) 渗漏现象还可能引起坝基岩体的渗透变形破坏。由于坝基岩体钙质流失,局部胶结较差,结构松散,蓄水后,大坝上、下游间存在较大的水头压力差及水力坡降,在动水压力下,坝基岩体中失去胶结力的土、砂及砾等发生颗粒移动或块体变形等破坏现象。

3.3 主要工程措施简述

同大多水电工程防渗措施一样,帷幕灌浆对该水电工程防止围岩中溶蚀及裂隙渗漏具重要作用。同时,对于埋深较浅的钙质砂岩溶蚀带可视为破碎岩体,进行挖槽处理,而对埋深较大,延伸长,宽度大的溶蚀带及溶蚀空洞可视情况而定,或加深开挖,或加强灌浆处理,这不仅加强围岩的防渗作用,同时还是增加坝基岩体承载能力的重要措施。

4 结 论

通过对红层成岩环境及沉积演化过程的系统研究,将有助于我们认识红层的浅表改造特征及其工程影响。某水电站坝区红层受其所处构造部位及成岩环境影响,碎屑物成熟度较低,钙质含量较高。在浅表改造中,沿裂隙及方解石条带发生钙质流失,并向坝基深部发展,导致基岩孔隙、孔隙度增大,透水性增强,岩石强度降低,可能引起绕坝渗漏、渗透变形及基岩承载能力降低等一系列工程地质问题,应采取相应工程措施,以确保大坝安全。

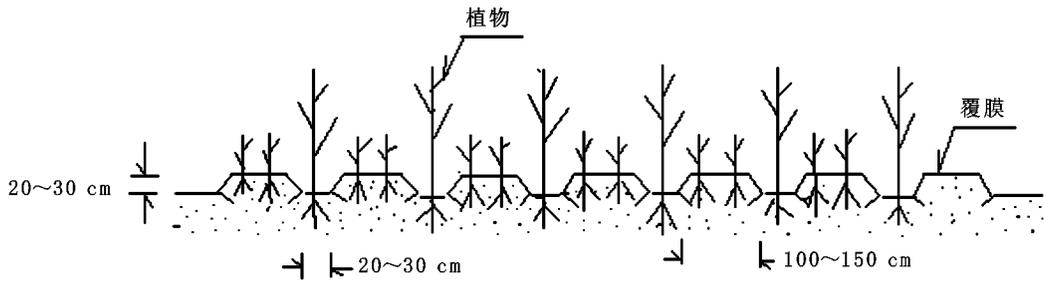


图 5 膜内膜外混合栽培示意图

4.4.3 膜内外混合栽培方式

膜内外混合栽培方式,就是同时采用以上两种栽培方式,即有膜内种植又有膜外种植,两混合间作。如图(5)。

4.4.4 选择栽培植物

选择栽培植物,应选择适应沙漠和沙地生长成活的耐沙性较好的植物。如:沙打旺、沙柳、红柳、沙拐枣、花棒、沙竹、沙棘等。

5 覆膜防沙治沙效益

5.1 固沙效益

沙漠和沙化地通过覆膜后,使分散状态的沙粒得到了有效地控制,形成了在膜的包裹下稳定的膜下沙体,使其在风的作用下不发生位移,有极好的固沙效果。研究表明,通过此项覆膜防沙治沙技术方法,有 85% 以上的沙体表面被膜覆盖,而且在覆膜方法上又设计了带间高差(20~30 cm),避免了风力直吹覆膜带中间的沙体表面,其固沙率达到 95% 以上,也就是说没有覆膜之前的沙失率为 100%,而覆膜后的沙失率仅在 5%。具有可靠的防沙治沙的固沙效果,对根治和控制沙漠、沙漠化和沙尘暴起到决定性的作用。

5.2 保水效益

覆膜防沙治沙技术,具有十分良好的保水效益。能够实现充分有效地保存沙体中的水分,使沙体中的水分不被蒸发,并形成了膜内水分的良性循环,有利于植物的生长和成活。解决了沙漠、沙地的沙体中含水量极小,不利于植物成活的重大难题。同时使天然降水集中在膜带间集中降渗,集中了降水,缩减了降水表面,由原来的 100% 的降水水面,集中

到 15% 左右的降水水面,因此,大大提高了降雨强度,提高降雨强度达 5~7 倍。也就是说,如果降水 5 mm,就相当于降 25~35 mm 的水。同时,减少了蒸发面,减少蒸发面积达 85% 以上。由于使降水集中在膜带中间,因而,又加快了降水的入渗速度。研究结果表明,覆膜防沙治沙技术可降低水分蒸发率,使原来的蒸发量在 96% 以上降到 15% 以下。就是说有 85% 的水分被膜保存,具有极大的保水效果。

5.3 植物栽培效益

覆膜防沙治沙技术的应用,即巩固了沙体的稳定,又保存了水分,为沙漠和沙化地区创造了植物的生长和成活条件,提高植物生长率达 3~5 倍,成活率从不到 30% 提高到 90% 以上,真正实现了沙漠变绿洲的人类梦想。同时由于植物的栽培成功,可创造巨大的生态效益、经济效益和社会效益,全世界有数百万平方公里的沙漠和沙化地将得到有效根治和开发利用,这是对人类的重大贡献。

6 应大力推广覆膜防沙治沙技术

覆膜防沙治沙技术是一项十分有效的防沙治沙方法,在目前世界各地及我国沙尘暴和沙漠化十分严重的今天,提出此项防沙治沙方法,对人类的防沙治沙活动和建设良好的生态环境具有十分重大的现实指导意义,是一件十分可喜的成果,要在沙漠、沙化地区,大力推广覆膜防沙治沙技术,为早日根治沙漠、沙化区、沙尘暴,改善和提高人类的生存环境,使沙漠变成绿洲,把人类的“沙漠绿洲”的梦想变为现实,变害为利,使沙漠成为人类的生态园,经济园,为早日实现人类经济社会的可持续发展做出更大的贡献。

(上接第 380 页)

本研究仅从土地利用/覆盖与对土壤侵蚀关系进行了研究,以土壤侵蚀动态与土地利用进行对比研究的方法,对探讨区域土壤侵蚀原因及治理有较强实用性,但对很多影响土壤侵蚀

的主导因子例如坡度、高程的影响等,还有待于下一步进行探讨。

- 参考文献:
- [1] 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组:长江三峡工程对生态与环境的影响及对策研究[M].北京:科学出版社,1988.40.
 - [2] 史德明,杨艳生,吕喜玺.三峡库周地区土壤侵蚀对库区泥沙来源的影响及其对策[A].中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组.长江三峡工程对生态与环境的影响及对策研究论文集[C].北京:科学出版社,1987.498-522.
 - [3] 王思远,王光谦,陈志祥.黄河流域土地利用与土壤侵蚀的耦合关系[J].自然灾害学报,2005,14(1):32-37.
 - [4] 葛京凤,黄志英,梁彦庆.河北太行山区土地利用/覆被变化及其环境效应[J].地理与地理信息科学,2005,21(3):62-65.
 - [5] 邵怀勇,仙巍,周万村.基于 3S 技术的三峡库区不同高程带景观格局研究-以巫山县为例[J].水土保持学报,2005,25(3):54-57.
 - [6] 朱连奇,许叔明,陈沛云.山区土地利用/覆被变化对土壤侵蚀的影响[J].地理研究,2003,22(3):432-438.
 - [7] 张春梅,卢玉东,王农.重庆市三峡库区水土流失现状与防治对策[J].水土保持科技情报,2005,(3):33-35.
 - [8] 罗春燕,卢玉东,汪亚峰,巩固璧山县水土保持成果途径初探[J].水土保持科技情报,2003,(6):34-36.
 - [9] 孙凡,何丙辉,付福明.重庆璧山县水土保持生态修复试点取得积极进展[J].山区开发,2002,(12):26.