

# 费县土地利用和土壤侵蚀时空变化分析

王友胜<sup>1</sup>, 刘霞<sup>1</sup>, 姚孝友<sup>2</sup>, 张光灿<sup>1</sup>, 张振国<sup>1</sup>, 李欢<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学 林学院/山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室/泰山森林生态定位站, 山东 泰安 271018;

2. 水利部 淮河水利委员会水土保持处, 安徽 蚌埠 233001)

**摘要:**深入研究土地利用和土壤侵蚀关系对认识人类活动在自然环境变化中的作用机制具有重要意义。以 TM 影像为数据源, 基于 ERDAS 遥感处理平台和 ArcGIS 地理信息系统平台, 综合分析了费县 1987 年和 2007 年两个典型时期的土地利用、土壤侵蚀的时空变化。结果表明: 费县土壤侵蚀主要发生在耕地、林地、草地这 3 种土地利用类型中; 1987—2007 年 20 a 间, 费县耕地、草地、水域和未利用土地面积减少, 林地、建设用地面积增加, 土壤侵蚀面积减少, 侵蚀等级下降。总体来说, 费县土地利用和土壤侵蚀状况都是向良性的轨道发展。建议今后在继续进行退耕还林的同时, 推行合理的耕作制度, 有效减少土壤侵蚀。

**关键词:**费县; 土壤侵蚀; 土地利用; 时空变化

中图分类号: S157.1; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)05-0019-04

## Spatial and Temporal Variability of Landuse and Soil Erosion in Feixian County

WANG You-sheng<sup>1</sup>, LIU Xia<sup>1</sup>, YAO Xiao-you<sup>2</sup>, ZHANG Guang-can<sup>1</sup>, ZHANG Zhen-guo<sup>1</sup>, LI Huan<sup>1</sup>

(1. Soil and Water Conservation Department of Forestry College, Shandong

Key Laboratory of Soil Erosion and Ecological Restoration, Taishan Mountain Forest Ecosystem

Research Station, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; 2. Soil and Water

Conservation Division of Huaihe River Commission of Water Resources Ministry, Bengbu, Anhui 233001, China)

**Abstract:** Studying the relationship between landuse and soil erosion is important for the understanding of human activity on the mechanism of natural environment change. The relation between landuse change and soil erosion change was explored using the data from TM images in the two periods of 1987 and 2007 on the platform of ERDAS and ArcGIS. Results showed that soil erosion mainly occurred in cultivated land, forest land and grass land. The areas of cultivated land, grass land, water and unused land decreased, the areas of forest land and construction land increased from 1987 to 2007. The area of soil erosion decreased and its level descended. Generally speaking, landuse and soil erosion control in the study area develop towards a good direction. To reduce soil erosion effectively, it is essential to implement resonable cropping system with simultaneous returning cultivated lands to forests in the future.

**Key words:** Feixian County; soil erosion; landuse; spatial and temporal variability

土地利用/土地覆盖(LUCC)是全球环境研究的热点和前沿问题, 同时又是可持续发展的核心问题, 与人类的生存和发展息息相关<sup>[1]</sup>。土地利用类型的变化本质上表现为人类与自然界的相互作用过程, 是区域人地关系演进的最本质的体现。作为人类利用土地进行各种活动的综合反映, 土地利用类型是影响土壤侵蚀的众多因素中最重要和最活跃的因素。各研究

领域专家普遍认为人类及其活动是造成土壤侵蚀的主要原因, 土地利用分布与土壤侵蚀分布是相互关联的, 不合理的土地利用方式对土壤侵蚀具有放大效应<sup>[2-4]</sup>。许多学者已经对人类活动对土壤侵蚀的影响进行了较为深入的研究<sup>[5-9]</sup>, 但研究尺度主要集中在全国尺度或小流域尺度上, 针对县域尺度土地利用和土壤侵蚀关系的研究较少。地处沂蒙山区的费县, 生

收稿日期: 2011-04-04

修回日期: 2011-05-09

资助项目: 水利部淮河水利委员会“淮河流域生态修复机理和评价指标研究”, “淮河流域黄泛风沙区水土流失分布格局与防治对策研究”; 国家自然科学基金“沂蒙山区退耕坡地土壤结构与入渗动态及其分形学机理”(31070627)

作者简介: 王友胜(1987—), 男, 在读研究生, 主要研究方向: 流域管理与信息技术。E-mail: wangyousheng119@163.com

通信作者: 刘霞(1971—), 女, 教授, 博士, 主要研究方向: 水土保持生态修复和水土保持信息技术。E-mail: liuxia@sdau.edu.cn

态环境脆弱,经济发展落后,目前随着农业产业结构的调整、能源矿产资源的大规模开发建设及水土保持政策的实施,当地土壤侵蚀状况发生了较大的变化,土地利用变化与土壤侵蚀变化之间相互作用关系也十分复杂。为此,本文基于 ERDAS 软件和 ArcGIS 地理信息系统软件,利用 TM 影像、数字高程模型调查分析费县 1987 年、2007 年土地利用类型,土壤侵蚀的时空变化以及两者之间的联系,以期对整个研究区土壤侵蚀防治,合理规划和利用土地资源及生态建设提供科学依据。

## 1 研究区概况

费县地处山东省东南部,位于蒙山之阳,北纬  $35^{\circ}01' - 35^{\circ}33'$ ,东经  $117^{\circ}36' - 118^{\circ}18'$ ,总面积  $1\,902.5\text{ km}^2$ ,属暖温带大陆性季风气候,四季分明,光照充足,年平均日照时数  $2\,538\text{ h}$ ,无霜期平均  $196\text{ d}$ ,年均降水量  $860\text{ mm}$ ,年均气温  $13.4^{\circ}\text{C}$ <sup>[10]</sup>。地貌属低山丘陵区,境内山势陡峭,沟深谷切,沟壑纵横,最高海拔  $1\,026\text{ m}$ 。地处火成岩与沉积岩交错地带,大部分属于溶性岩体,地表破碎,土层浅薄,质地粗劣,抗冲力较弱,易发生水土流失。地表岩性以石灰岩、钙质岩、页岩为主,土壤类型主要为褐土,少部分为棕壤。地带性植被为暖温带落叶阔叶林。长期以来,以资源消耗为主的经济增长方式及不合理的土地开发利用,导致境内许多区域植被破坏,土壤侵蚀严重,经过近些年的综合治理,土地利用结构趋于合理,土壤侵蚀状况得到较大改善。

## 2 研究方法

### 2.1 数据源

本研究以费县 1987 年、2007 年两个典型时期 4—5 月的 TM 影像为基础数据源,空间分辨率为  $30\text{ m}$ ;费县 1:10 万地形图作为影像匹配基准;原有的土地利用现状图、土壤侵蚀图等图件资料以及野外土地利用调查所获得的 GPS 点数据作为解译和检验精度使用。

### 2.2 数据处理

(1)图像处理与解译。利用 1:10 万地形图,采用北京 1954 坐标系,高斯克吕格  $6^{\circ}$ 分带投影,对影像进行校正,误差控制在  $0.5$  个像元以内,并借助 ERDAS 9.0 软件进行配准、镶嵌、匀色及增强处理。基于 ArcGIS 9.2 软件,综合运用地学相关分析方法<sup>[11-12]</sup>,结合影像的色调、亮度、饱和度、形状纹理和结构等特征,以《土地利用现状分类》国家标准(GB/T 21010—2007)为原则,参考我国土地资源遥感调查与监测技术规程中刘纪元先生提出的“基于遥感 TM

影像的土地利用分类系统设计原则和土地利用分类系统”<sup>[13]</sup>,结合研究目的和区域特点,将费县土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用土地 6 种土地利用类型,对研究区 TM 图像采用人机交互解译的方法进行解译,之后构建拓扑关系并建立数据库,生成研究区 1987 年和 2007 年土地利用现状图,对分类结果经 Kappa 指数计算,统计精度达  $83.66\%$ ,可以保证工作精度的要求。

(2)坡度生成。ArcGIS 软件将地形图矢量化,再利用 ArcINFO 软件将其转为 COVERAGE 格式,并建立拓扑,然后通过 ArcTIN、TINLATTICE、LATTICEPOLY 等相关命令,参照水利部《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—2007),将坡度分为 6 级,按  $\leq 5^{\circ}$ ,  $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ,  $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ,  $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ,  $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ,  $> 35^{\circ}$  分级,生成研究区坡度图。

(3)盖度生成。利用 ERDAS 软件,对两期影像进行 NDVI 提取,通过 Modeler 模块生成植被盖度栅格数据,参照 SL190—2007,将植被盖度分为 5 级,按  $\leq 30\%$ ,  $30\% \sim 45\%$ ,  $45\% \sim 60\%$ ,  $60\% \sim 75\%$ ,  $> 75\%$  分级,生成研究区的 1987 年、2007 年植被盖度图。

### 2.3 土壤侵蚀强度等级确定及变化信息分析

本研究参照 SL190—2007 规定的水力侵蚀强度分级判别模型,确定土壤侵蚀强度分级指标,将土壤侵蚀强度分为 6 级:微度、轻度、中度、强烈、极强烈、剧烈。在 ArcGIS 地理信息技术平台上,通过将土地利用图、植被覆盖度图、坡度图进行空间叠加和查询、合并功能,获得研究区 1987 年、2007 年土壤侵蚀强度等级分布图(附图 3),并利用 ArcView 软件中的空间分析扩展模块(Spatial Analysis),分析两期不同侵蚀强度类型与面积之间动态变化的来源与去向。

## 3 结果与分析

### 3.1 1987—2007 年土地利用变化

1987—2007 年费县土地利用变化的主要趋势是耕地、未利用土地面积减少,林地、建设用地面积增加,土地利用类型表现为耕地向林地、建设用地转化,水域向耕地、林地转化,未利用土地向耕地转化。如表 1 所示,耕地面积减少了  $55.06\text{ km}^2$ ,比重由  $64.19\%$  下降到  $61.29\%$ ,其中有  $132.49\text{ km}^2$  转化为林地,  $55.71\text{ km}^2$  转化为建设用地;林地面积增加  $39.07\text{ km}^2$ ,增幅  $9.95\%$ ,其增加主要来源于耕地的退耕,有  $106.99\text{ km}^2$  耕地转变为林地,这与近年来实施的退耕还林和大面积种植经济林有关;人为干扰对草地的影响越来越强烈,使其面积减少  $10.52\text{ km}^2$ ,减幅达  $38.35\%$ ,减少的草地主要转向了耕地和林地。

地,其中转变为耕地 13.51 km<sup>2</sup>,林地 8.05 km<sup>2</sup>;建设用地面积增加了 44.92 km<sup>2</sup>,增幅 23.37%;水域和未利用土地也都有一定程度的减少。

结合土壤侵蚀调查成果,1987—2007 年期间,由于退耕还林、林草封禁、荒地造林以及坡改梯等水土保持措施的实施,使得费县土壤侵蚀形势好转;另一方面,由于林地开垦和草地退化,导致费县局部地区土壤侵蚀强度增加。

表 1 1987—2007 年费县土地利用转移变化

土地利用 类型	1987 年						2007 年合计/ 增加量/		增幅/
	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用土地	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	%
耕地/km <sup>2</sup>	1031.62	106.99	13.51	3.82	7.01	3.09	1166.04	—55.04	—4.51
林地/km <sup>2</sup>	132.49	280.10	8.05	6.89	2.16	2.22	431.91	39.06	9.94
草地/km <sup>2</sup>	0.80	3.40	4.24	1.19	6.22	1.06	16.91	—10.52	—38.35
建设用地/km <sup>2</sup>	55.71	2.16	0.68	178.25	0.34	0.01	237.15	44.92	23.37
水域/km <sup>2</sup>	0.20	0.07	0.95	2.07	38.59	0.00	41.88	—14.48	—25.69
未利用土地/km <sup>2</sup>	0.26	0.13	0.00	0.01	2.04	6.19	8.63	—3.94	—31.34
1987 年合计/km <sup>2</sup>	1221.08	392.85	27.43	192.23	56.36	12.57	1902.50	0.00	0.00

3.2 1987—2007 年土壤侵蚀变化

由表 2 可知,1987 年费县土壤侵蚀面积为 700.78 km<sup>2</sup>,占土地总面积的 36.84%,2007 年土壤侵蚀面积为 653.04 km<sup>2</sup>,占土地总面积的 34.33%,20 a 间侵蚀面积共减少了 47.74 km<sup>2</sup>,年均减少 2.39 km<sup>2</sup>。其中,轻度、中度、强烈、极强烈侵蚀面积分别减少了 28.66,8.07,8.02,2.83 km<sup>2</sup>,微度侵蚀面积增加了 51.38 km<sup>2</sup>,该数据显示,费县 1987—2007 年,土壤侵蚀面积有所减少,侵蚀强度整体降低。

表 2 土壤侵蚀面积变化

项目	微度	轻度	中度	强烈	极强烈	侵蚀 面积
1987 年/km <sup>2</sup>	1201.65	193.64	411.33	85.91	9.9	700.78
2007 年/km <sup>2</sup>	1253.03	164.99	403.26	77.71	7.08	653.04
增加量/km <sup>2</sup>	51.38	—28.66	—8.07	—8.02	—2.83	—47.74
减幅/%	4.28	—14.80	—1.96	+9.34	—28.59	—6.81

从表 3 可以看出,土壤侵蚀强度有所减轻,其中轻度向微度侵蚀转化面积为 92.98 km<sup>2</sup>;中度向微度侵蚀转化 66.45 km<sup>2</sup>,向轻度侵蚀转化 60.44 km<sup>2</sup>;强烈侵蚀向中度侵蚀转化 40.01 km<sup>2</sup>,极强烈侵蚀向强烈侵蚀转化 4.21 km<sup>2</sup>,向中度侵蚀转化 3.01 km<sup>2</sup>。另一方面,侵蚀强度在局部地区也有恶化升级的趋势,其中微度向中度侵蚀转化面积为 73.96 km<sup>2</sup>,向强烈侵蚀转化面积为 1.34 km<sup>2</sup>,向极强烈侵蚀转化 1.96 km<sup>2</sup>;轻度侵蚀向中度侵蚀转化 45.84 km<sup>2</sup>,中度侵蚀向强烈侵蚀转化 41.24 km<sup>2</sup>,强烈侵蚀向极强烈侵蚀转化 0.32 km<sup>2</sup>。总体来看,在 1987—2007 年 20 a 间,费县的土壤侵蚀状况得到了一定程度的改善,土壤侵蚀面积明显减少,侵蚀强度等级有所下降,生态环境和生产条件有了好转,期间开展的水土保持工作取得了良好的治理成效。

3.3 土地利用和土壤侵蚀变化分析

1987 年耕地造成的各等级侵蚀面积占总侵蚀面

积的 60.33%,2007 年这一比例下降至 34.93%;林地所造成的侵蚀由 38.98%上升至 65.06%。

表 3 不同土壤侵蚀强度下面积变化 km<sup>2</sup>

土壤侵蚀 等级	1987 年					2007 年
	微度	轻度	中度	强烈	极强烈	合计
微度	1088.52	92.98	66.45	4.71	0.37	1253.03
轻度	39.50	54.60	60.44	10.16	0.29	164.99
2007 年 中度	73.96	45.84	240.44	40.01	3.01	403.26
强烈	1.34	0.21	41.24	30.71	4.21	77.71
极强烈	1.96	0.01	2.76	0.32	2.02	7.07
1987 年合计	1205.28	193.64	411.33	85.91	9.90	1902.50

从表 4 可以看出,不同土地利用类型产生的侵蚀在不同时期有不同的情况,在 1987 年,耕地的侵蚀面积为 422.75 km<sup>2</sup>,占总侵蚀面积的 59.48%,但在 2007 年,耕地的侵蚀面积却下降到 226.85 km<sup>2</sup>,比重也下降到 35.48%,在这 20 a 中,耕地在较高的侵蚀级别(中度侵蚀、强烈侵蚀、极强烈侵蚀)上,侵蚀比重由 56.11%减少为 14.93%,这主要缘于这 20 a 间坡耕地的逐步治理,陈奇伯等<sup>[14]</sup>在元谋干热河谷的研究就发现未经治理的坡耕地相比平地产生的土壤侵蚀更强烈,更易造成表层耕作土壤的物理性能下降,养分流失和水分入渗能力降低。林地在 1987 年、2007 年的侵蚀面积分别为 283.16,412.51 km<sup>2</sup>,比重分别为 39.84%,64.51%,在轻度侵蚀和极强烈侵蚀中,侵蚀面积减少较多,分别由 57.08 km<sup>2</sup> 下降为 8.91 km<sup>2</sup> 和 9.90 km<sup>2</sup> 下降为 6.74 km<sup>2</sup>,这与近年来大力实施的退耕还林是密不可分的,与罗海波等<sup>[15]</sup>在贵州山区及侯军岐等<sup>[16]</sup>在黄土高原的试验结果是一致的;但林地在中度侵蚀和强烈侵蚀中,侵蚀面积分别增加了 122.97 km<sup>2</sup> 和 57.71 km<sup>2</sup>,这可能与近年来经济林面积的大量增加有关,王延平等<sup>[17]</sup>在沂蒙山区的研究表明,经济林地由于长期处于人为经营状态下,加之地形坡度较大,水土流失现象极其严重。

费县土壤普查报告也表明,该地区的土地以三、四、五等级土地为主,地表比较破碎,坡度较陡,不适合机械化农业生产,因此近年来主要是大规模发展经济林,由于经济林为粗放化生产,分布零落,管理技术落后,而且在经济林的生长过程中,为了减少其他物种对肥

水的竞争,翻耕等人为干扰强烈且频繁,林下没有草本植物的覆盖,不能有效削弱雨滴对土壤表面的直接打击,使得经济林地土壤侵蚀较为严重。草地的侵蚀面积和侵蚀强度都有所减少,这可能与费县近年来人口压力的增大,越来越多的草地被开垦有关。

表 4 土地利用和土壤侵蚀叠加分析

侵蚀强度	类型	1987 年			2007 年		
		侵蚀面积/ km <sup>2</sup>	占相应等级侵蚀 比例/%	占总侵蚀面积 比例/%	侵蚀面积/ km <sup>2</sup>	占相应等级侵蚀 比例/%	占总侵蚀面积 比例/%
轻度	耕地	132.59	68.47	18.92	156.00	94.55	24.02
	林地	57.08	29.48	8.15	8.91	5.40	1.37
	草地	3.97	2.05	0.57	0.08	0.05	0.01
中度	耕地	204.25	49.66	29.15	70.85	17.71	10.91
	林地	206.18	50.13	29.42	329.15	82.28	50.68
	草地	0.89	0.22	0.13	0.02	0.00	0.00
强烈	耕地	85.91	89.57	12.26	0.00	0.00	0.00
	林地	10.00	10.43	1.43	67.71	100.00	10.43
	草地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
极强烈	耕地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	林地	9.90	100.00	1.41	6.74	100.00	1.04
	草地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注:其他地物类型变化较小,所占比例很小,不做具体分析。

## 4 结 论

(1)1987—2007 年 20 a 间,耕地、草地、水域和未利用土地的面积萎缩,林地和建设用地面积扩张。

(2)土壤侵蚀总面积在 20 a 间有效减少,而且极强烈侵蚀、强烈侵蚀、中度侵蚀这 3 个等级相对较高的侵蚀级别已经向轻度侵蚀和微度侵蚀转化,土壤侵蚀等级有所降低。

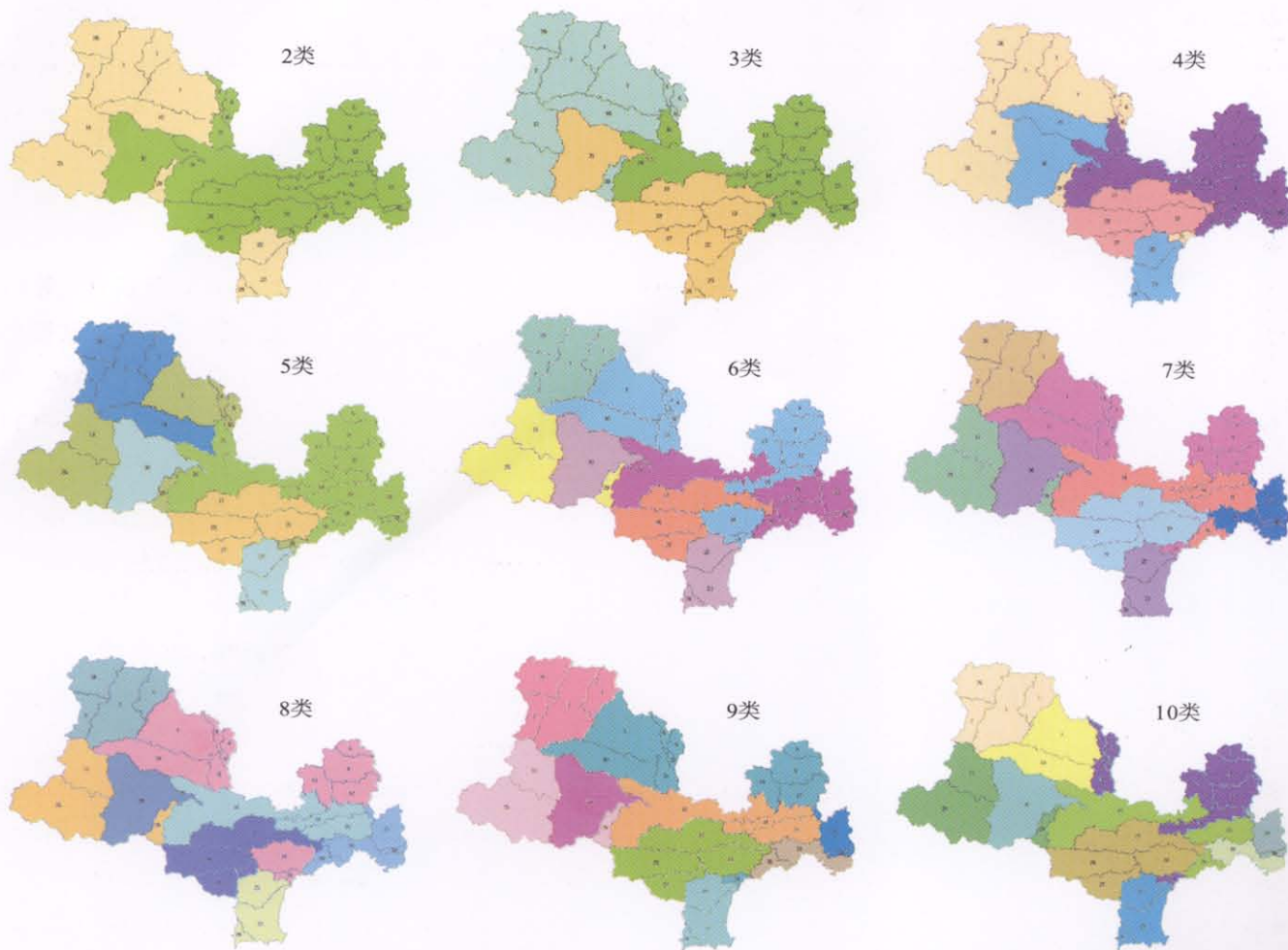
(3)1987—2007 年 20 a 间,耕地面积在减少的同时,侵蚀强度也明显减低;林地面积在增加的同时,侵蚀强度也在增加,这可能与经济林面积的增加有关,翻耕等人为干扰强烈且频繁,使得经济林地土壤侵蚀较为严重。建议今后在继续进行退耕还林的同时,加大经济林土壤侵蚀治理的力度,推行合理的农业耕作制度,有效减少土壤侵蚀。

参考文献:

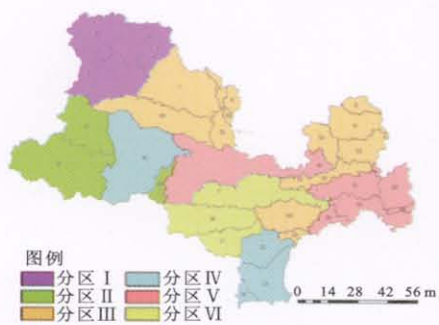
- [1] 陈百明,刘新卫,杨红. LUCC 研究的最新进展评述[J]. 地理科学进展,2003,22(1):22-28.
- [2] 吴秀芹,蔡运龙. 土地利用/土地覆盖变化与土壤侵蚀关系研究进展[J]. 地理科学进展,2003,22(6):576-584.
- [3] 张鲁,周跃,张丽彤. 国内外土地利用与土壤侵蚀关系的研究现状与展望[J]. 水土保持研究,2008,15(3):43-48.
- [4] 刘霞,姚孝友,袁利,等. 鲁中山区不同水土保持生态修复措施对土壤侵蚀的影响[J]. 中国水土保持科学,2008,6(5):27-31.
- [5] 邹亚荣,张增祥,周全斌,等. 基于 GIS 的土壤侵蚀与土

地利用关系分析[J]. 水土保持研究,2002,9(1):67-69.

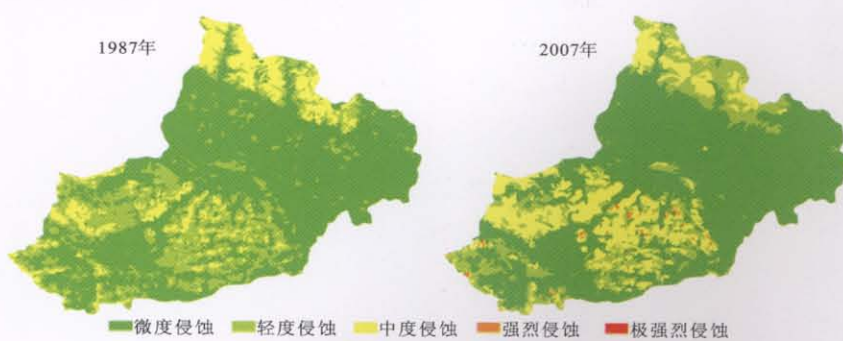
- [6] 王思远,王光谦,陈志祥. 黄河流域土地利用与土壤侵蚀的耦合关系[J]. 自然灾害学报,2005,14(1):32-37.
- [7] 张杰,赵冰,杨伟. 基于 ArcGIS 的淮河流域大别山区土地利用变化与土壤侵蚀特征研究[J]. 水土保持通报,2009,29(1):119-122.
- [8] 傅伯杰,陈利顶,马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响:以延安市羊一沟流域为例[J]. 地理学报,1999,54(3):241-246.
- [9] 王茜,王卫,吕昌河. 基于 GIS 和 RS 的土地利用与土壤侵蚀关系研究:以冀北地区为例[J]. 中国水土保持科学,2006,4(6):37-41.
- [10] 李印儒,翟自建,孙百合,等. 费县矿业开发对水土保持的影响及对策[J]. 山东水利,2008(7):17-18.
- [11] 罗鼎,许月卿,邵晓梅,等. 土地利用空间优化配置研究进展与展望[J]. 地理科学进展,2009,28(5):791-797.
- [12] 张国坤,邓伟,张洪岩,等. 新开河流域土地利用格局变化图谱分析[J]. 地理学报,2010,69(9):1111-1120.
- [13] 刘纪元. 中国资源环境遥感宏观调控动态研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.
- [14] 陈奇伯,王克勤,李金洪,等. 元谋干热河谷坡耕地土壤侵蚀造成的土地退化[J]. 山地学报,2004,22(5):528-532.
- [15] 罗海波,钱晓刚,刘方,等. 喀斯特山区退耕还林(草)保持水土生态效益研究[J]. 水土保持学报,2003,17(4):31-41.
- [16] 侯军岐,张社梅. 黄土高原地区退耕还林还草效果评价[J]. 水土保持通报,2002,22(6):29-31.
- [17] 王延平,刘霞,姚孝友,等. 淮河流域沂蒙山区水土保持生态脆弱性的 AHP 分析[J]. 中国水土保持科学,2010,8(3):20-27.



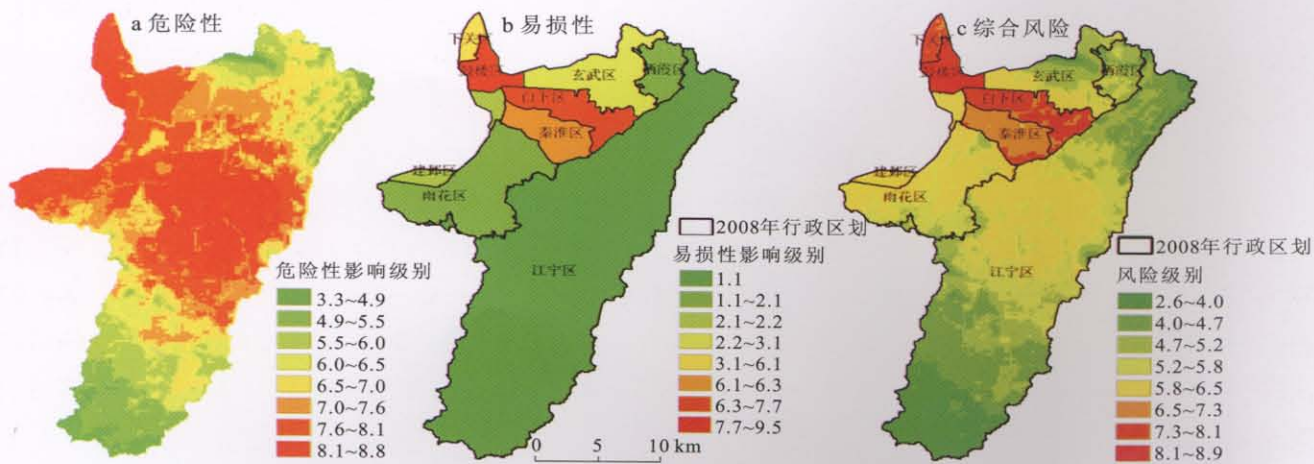
附图1 研究区域水环境压力分区方案 (每幅图同一种颜色代表一类)



附图2 研究区域水环境压力分区结果



附图3 山东省费县不同年份土壤侵蚀强度等级分布



附图4 2008年秦淮河中下游洪涝灾害危险性、易损性、综合风险区划图