

\*\*\*\*\*  
综  
合  
治  
理  
\*\*\*\*\*

# 生态环境建设对湟水河流域水土流失的影响

白雄雄<sup>1,2</sup>, 颜长珍<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:** 选择湟水河流域为研究区, 以 2000 年与 2009 年的 Landsat TM/ETM 数据为信息源提取土地覆盖以及植被覆盖度信息, 结合 Aster DEM 数据, 在地理信息系统技术的空间分析功能的支持下, 依据水利行业《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—2007), 通过叠加分析研究区近 10 a 生态环境建设工程的水土保持效应。结果表明, 10 a 中湟水河流域坡面侵蚀有所减弱, 2009 年微度以上侵蚀相比 2000 年少了 309.11 km<sup>2</sup>, 但沟谷侵蚀强度趋于增强, 10 a 净增加 706.87 km<sup>2</sup>。研究表明目前工程措施对于治理面蚀效果明显, 对于沟蚀作用不明显。

**关键词:** RS; 湟水河; 水土流失

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0217-03

中图分类号: S157

## Effects of Eco-environmental Construction Projects on Soil and Water Loss in Huangshui River Basin

BAI Xiong-xiong<sup>1,2</sup>, YAN Chang-zhen<sup>1</sup>

(1. Institute of Environmental and Engineering in Cold and Arid Regions, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China; 2. University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Effects of eco-environmental construction projects on soil and water loss from 2000 to 2009 were studied by taking the Huangshui River basin as the study area. Landsat TM/ETM data of 2000 and 2009 were used to derive the data of land cover and vegetation in combination with the Aster DEM. The study was conducted by the "Standards for Classification and Gradation of Soil Erosion" (SL190—2007) and with the support of GIS techniques. Results showed that soil erosion on slope in the Huangshui River basin was reduced somewhat in the last ten years. The intermediate and above soil erosion in 2009 was reduced by 309.11 km<sup>2</sup> as compared with that in 2000, but gully erosion tended to increase, with a net increase of 706.87 km<sup>2</sup>. This illustrates that the engineering measures are effective to soil erosion on slope, but insignificant to gully erosion.

**Keywords:** remote sensing; Huangshui River basin; soil and water loss

水土流失是中国面临的主要生态环境问题之一, 目前, 中国水土流失面积已占国土总面积的 38%<sup>[1-2]</sup>。水土流失不仅造成水土资源的流失, 还引起生态环境的退化, 以及区域贫困的加剧<sup>[3-4]</sup>。黄土高原是中国水土流失严重地区之一, 表现为面积大, 分布广, 强度高, 输沙多, 危害重<sup>[5]</sup>, 长期以来, 中国政府投入大量人力物力进行水土流失治理, 尤其是 21 世纪初以来, 一系列生态环境建设及恢复措施的实施, 水土流失的治理取得了显著成效。对这些工程的水土保持效应的评估是后续工程规划的基础, 为此选择水土流失问题比较严重的湟水河流域, 利用遥感与

GIS 技术, 依据水利行业《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—2007), 开展坡面侵蚀和沟谷侵蚀研究, 分析水土流失的现状及其动态变化, 为流域生态环境治理工程规划和成效评估提供科学依据。

### 1 研究区概况

湟水河流域位于青藏高原与黄土高原交界处, 是黄河上游最大的一级支流<sup>[6]</sup>, 包括青海省的 13 个县市和甘肃省的 4 个县市, 流域总面积 32 863 km<sup>2</sup>。水土流失面积占流域总面积的 47.3%, 远远大于全国的平均水平<sup>[5]</sup>。本区气候属于典型的大陆性气候, 四

收稿日期: 2012-05-23

修回日期: 2012-06-23

资助项目: 中国科学院重点部署项目“黄土高原及周边沙地近代生态环境的演变与可持续发展性”(KZZD-EW-04-04)

作者简介: 白雄雄(1988—), 男(汉族), 甘肃省通渭县人, 硕士研究生, 研究方向为遥感应用。E-mail: baixiong@163.com。

通信作者: 颜长珍(1967—), 男(汉族), 甘肃省岷县人, 博士, 研究员, 主要从事遥感应用方面的研究。E-mail: yanzc@lzb.ac.cn。

季变化明显,且地域差异大。空间上,越向上游气温越低,降水量增大,蒸发量减小,故多潮湿沼泽地<sup>[7]</sup>。

流域年平均气温 0.6~7.9℃,最高气温 34.7℃,最低气温 -32.6℃。年降水量 360~540 mm,局部地区达 600 mm。湟水干流谷底 6—9 月降水约占全年降水量的 70%,且多暴雨,无霜期 68~184 d<sup>[5,8]</sup>。

湟水流域 2009 年度土地利用现状总体以草地为主(附图 8),占全区总面积的 44.77%,其次是耕地,占全区总面积的 17.53%,林地占 16.80%,水域湿地占 8.18%,荒漠占 10.96%,裸地占 5.27%,建设用地面积最小,仅占到总面积的 1.77%。

## 2 数据来源和处理方法

选取 2000 年的 ETM<sup>+</sup> 和 2009 年的 TM 影像,30 m 分辨率的 Aster DEM 数据,1:10 万地形图以及相关专题图、统计图等作为辅助数据。先对 2000 年 ETM<sup>+</sup> 影像利用 1:10 万地形图获取控制点,进行纠正并将其作为基准图像。对 2009 年 TM 影像则以 2000 年基准影像为获取地理位置的参考影像,通过影像对影像的配准方法进行精纠正。纠正时在

每幅影像上均匀地选择 6×7 个控制点,校正模型选用二次多项式,影像采用最邻近法重采样,纠正后的影像经 RMS 检验,误差平原地区小于 1 个像元(即小于 30 m),山区小于 2 个像元(即小于 60 m)。

中国水土流失强度分类分级标准实际上是用土壤侵蚀强度分类分级标准来代替的<sup>[9]</sup>。土壤侵蚀是在降雨和径流等外营力作用下的水土流失过程,主要依赖于降雨、植被覆盖、地形等<sup>[10]</sup>。通过人机交互解译得到土地利用数据,利用像元二分法计算植被覆盖度数据(附图 9),按照 DEM 分级计算坡度数据,最后参照中华人民共和国水利行业标准《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—2007)土壤侵蚀强度面蚀分级(表 1)确定土壤侵蚀等级。侵蚀等级分为微度侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强烈侵蚀、极强烈侵蚀和剧烈侵蚀。利用 DEM 数据和水文分析模块,计算湟水河流域的沟谷长度。根据水利部土壤侵蚀分类分级(表 2)获得流域土壤侵蚀沟蚀强度等级数据。

将两期水土流失强度数据进行叠加分析,然后对叠加得到的结果提取并统计,分析湟水河流域水土流失随时间的变化特征。

表 1 湟水河流域土壤侵蚀面蚀强度分级

土地覆盖类型	坡度					
	<5°	5°~8°	8°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
耕地	微度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
草非	微度	中度	中度	强度	极强度	剧烈
覆盖耕	微度	轻度	中度	中度	强度	极强度
盖地	微度	轻度	轻度	中度	中度	强度
度林	微度	轻度	轻度	轻度	中度	中度
	微度	微度	微度	微度	微度	微度

表 2 湟水河流域土壤侵蚀沟蚀分级

强度分级	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
沟谷占坡面积比/%	<10	10~25	25~35	35~50	>50
沟谷密度/(km·km <sup>-2</sup> )	1~2	2~3	3~5	5~7	>7

## 3 结果与分析

### 3.1 2009 年水土流失现状

研究区 2009 年有 21 601.93 km<sup>2</sup> 发生不同程度的面蚀,约占流域总面积的 65.7%,面蚀主要以微度侵蚀为主占整个流域面积的 31.96%,其次为中度侵蚀占 24.93%,强度以上侵蚀占 19.73%。水库、湖泊、河流以及建设用地等土地利用类型土壤侵蚀微弱,其面积有 752.61 km<sup>2</sup>。沟谷侵蚀的面积高达 26 804.08 km<sup>2</sup>,占流域面积的 81.5%,沟谷侵蚀以中度侵蚀为主,占整个流域面积的 30.87%,强度以上

侵蚀占 28.92%,轻度以下侵蚀只占流域总面积的 40.21%(表 3)。

表 3 2009 年湟水河流域水土流失面积及占流域总面积比例

侵蚀强度	面蚀/km <sup>2</sup>	比例/%	沟蚀/km <sup>2</sup>	比例/%
微度	10 508.46	31.96	6 058.92	18.44
轻度	6 843.25	20.82	7 154.07	21.77
中度	8 188.55	24.93	10 143.46	30.87
强度	4 119.74	12.54	8 985.75	27.34
极强度	1 844.09	5.61	451.17	1.37
剧烈	606.30	1.58	69.63	0.21
无侵蚀	752.61	2.29	0	0

注:沟谷侵蚀中沟谷密度<1 的为微度侵蚀。

从空间分布来看,强度以上坡面侵蚀主要发生在门源北部和西南部、祁连东南部、湟中和湟源南部,天峻和刚察南部强度侵蚀也比较严重。强度以上沟谷侵蚀则主要发生在坡面侵蚀较小的天峻、刚察、祁连、海晏和门源等地。除个别地区外,坡面侵蚀和沟谷侵蚀的分布总体上呈现出相反的趋势,坡面侵蚀弱的地方沟谷侵蚀强烈,沟谷侵蚀弱的地方坡面侵蚀比较强烈(附图10—11)。

### 3.2 水土流失动态

2000—2009年,湟水河流域土壤坡面侵蚀总体

来说呈现减轻趋势(表4),其中微度侵蚀和轻度侵蚀面积增加,特别是轻度侵蚀面积净增加1 728.66 km<sup>2</sup>,占轻度侵蚀面积的33.80%。中度、强度、极强度和剧烈侵蚀面积均出现较大幅度的减少,特别是中度侵蚀面积减幅较大,表明生态环境建设工程治理效果显著,坡面侵蚀得到有效遏制。同期,沟谷侵蚀轻度至强度侵蚀面积均有增加,而极强度和剧烈侵蚀基本没有变化,其原因主要是湟水河流域实施了退耕还林,大量非水蚀地类的耕地转化为容易引起沟蚀的草地或林地,因此该时期沟谷侵蚀强度呈现增加趋势。

表4 2000—2009年湟水河流域水土流失侵蚀面积变化

km<sup>2</sup>

类型	年代	微度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
面蚀	2000	10 199.36	5 114.59	9 297.99	4 841.75	2 062.43	693.49
	2009	10 508.46	6 843.25	8 188.55	4 119.74	1 844.09	606.30
	增减	309.10	1 728.66	-1 109.44	-722.01	-218.34	-87.19
沟蚀	2000	6 765.80	7 036.20	9 671.86	8 865.94	453.55	69.64
	2009	6 058.92	7 154.10	10 143.50	8 985.75	451.17	69.63
	增减	-706.88	117.85	471.60	119.81	-2.38	-0.01

从空间上来看,湟水干流区总体上坡面侵蚀强度呈现减轻趋势。中度及以上侵蚀面积呈现减少,轻度侵蚀面积呈现增加趋势,但湟水干流区微度侵蚀面积却呈现减少趋势,说明湟水干流区局部区域土壤侵蚀呈现加剧趋势;大通河流域分区土壤侵蚀呈现减轻趋势,微度和轻度侵蚀面积均出现较大幅度的增加,中度、强度、极强度和剧烈侵蚀面积减少较多,特别是中度和强度侵蚀减少转化较多。空间分布上,湟水干流区沟谷侵蚀强度有向轻度和中度侵蚀集中的趋势,该时期湟水干流区微度侵蚀、极强度侵蚀和剧烈侵蚀面积出现降低,而轻度和中度侵蚀面积增加,总体来看,该时期湟水干流区沟谷侵蚀强度在降低。大通河流域分区亦呈现相同的变化趋势,但微度和强度侵蚀面积变化相对较少,而且极强度和剧烈侵蚀面积未发生变化。

### 3.3 生态环境建设成效分析

相比2000年,2009年林地净增加19.602 km<sup>2</sup>,荒漠净减少2.164 km<sup>2</sup>,裸地净减少94.998 km<sup>2</sup>,草地亦呈现增加趋势。新增林地主要来源于草地和裸地,分别占增加林地面积的比例为98.21%和1.79%,新增的草地主要来源于耕地、林地、水域与湿地、裸地和荒漠,分别占增加的总面积的比例为76.72%,2.30%,8.60%,11.83%和0.55%,减少的坡耕地中分别有2.05%,90.62%的面积转成了林地和草地,说明生态环境建设工程的实施使不同的覆被类型发生转化,成就显著。林地和草地的保水保土能

力均好于耕地,因此从很大程度上减轻了坡面侵蚀的危害,但一定程度上促进了沟谷侵蚀的发育。这是因为草地和林地持水能力较强,一般不易发生坡面侵蚀,但当超过其最大持水能力时,多会发生切沟侵蚀。另外,2000—2009年减少的耕地中有6.82%转成不易发生水土流失的建设用地,在一定程度上也减少了水土流失面积。

另一方面在退耕地为草地后会有鼠害发生<sup>[11]</sup>,草地因为鼠害而退化,地表结构破坏,地表植被覆盖度减小,保水保土能力急剧下降,水土流失危害加重。因此,生态环境建设规划中还应重视对鼠害引起的水土流失的防治。

## 4 结论

湟水河流域水土流失严重,2009年坡面侵蚀以微度侵蚀为主,占流域总面积的31.96%,沟谷侵蚀以中度侵蚀为主,占流域总面积的30.87%。剧烈侵蚀的比例均较小。2000—2009年生态环境建设工程的实施使流域内坡面侵蚀呈减弱趋势,但沟谷侵蚀有所加剧,极强度侵蚀和剧烈侵蚀均存在不同程度的减弱趋势。以水利部标准为依据的基于遥感技术与GIS技术的水土流失评估技术使得快速监测水土流失动态及评估生态环境工程成效成为可能,大范围应用这种技术具有可行性,同时也可对相关防治水土流失的生态环境建设与恢复工程提供科学依据。

(下转第305页)

产稳产基本农田。保障煤、油、气、盐等矿产资源开发用地,加强能源重化工基地建设中的生态环境保护力度。

(2) 关中地区。严格保护耕地,大力推进高标准基本农田建设。以西咸新区为核心,加快关中城市群建设,形成大西安都市圈经济区。挖潜改造城镇内部存量土地,以土地整治和城乡建设用地增减挂钩为平台,深入开展农村居民点整理,促进城乡统筹发展。

(3) 陕南地区。积极建设水源涵养林,适度开发利用区域优势资源。重点建设川坝区基本农田,因地制宜开展土地整治。加大以汉中市为中心的汉江沿岸城镇群建设,适度扩大城镇规模,提高城镇化水平,加大防灾减灾力度,积极推进陕南移民搬迁。

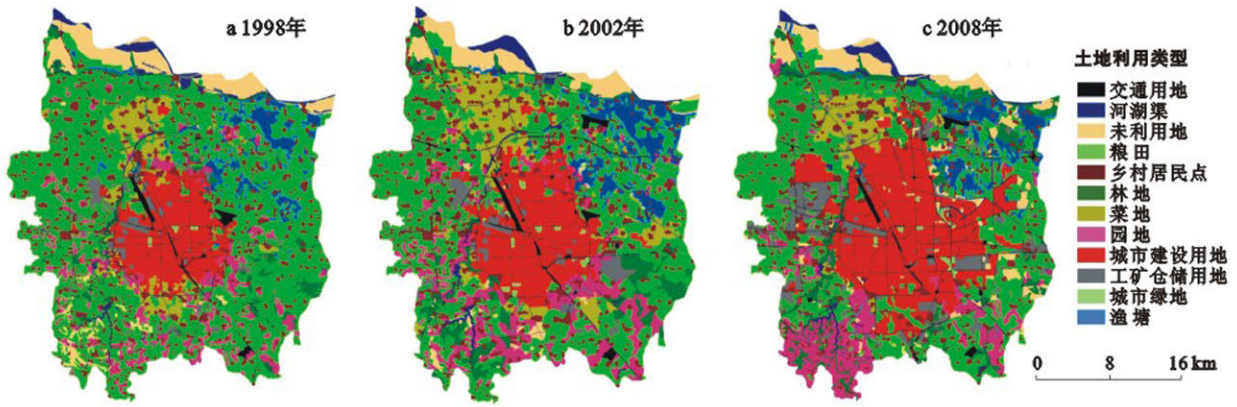
#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 64(12):1411-1420.
- [2] 周炳中,杨浩,包浩生,等. PSR 模型在土地可持续利用评价中的应用[J]. 自然资源学报, 2002, 17(5):541-548.
- [2] 陈百明,张凤荣. 我国土地利用研究的发展态势与重点领域[J]. 地理研究, 2011, 30(1):1-8.
- [3] 陈玉福,王业侨,姚德明. 海南城乡土地利用差异及其优化策略探讨[J]. 资源科学, 2007, 29(6):133-137.
- [4] 罗明,王军. 中国土地整理的区域差异及对策[J]. 地理科学进展, 2001, 20(2):97-103.
- [5] 王群. 中国省区土地利用差异实证研究[D]. 南京:南京农业大学, 2003.
- [6] 金巨刚,周生路,张燕,等. 江苏省土地利用协调性空间差异研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(3):250-254.
- [7] 吴秋敏,吕恒. 江苏省近 30 年来的土地利用变化的区域差异分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(5):670-676.
- [8] 何为,修春亮. 吉林省城市土地集约利用的空间分异[J]. 自然资源学报, 2011, 26(8):1287-1296.
- [9] 孙雁,刘志强,王秋兵,等. 1910—2010 年沈阳城市土地利用空间结构演变特征[J]. 地理科学进展, 2012, 31(9):1204-1211.
- [10] 匡文慧. 陕西省土地利用/覆盖变化以及驱动机制分析:基于遥感信息与文献集成研究[J]. 资源科学, 2011, 33(8):1621-1629.
- [11] 李团胜. 陕西省土地利用动态变化分析[J]. 地理研究, 2004, 23(2):157-164.
- [12] 焦彩霞,任志远,黄家柱. 风沙过渡区土地利用变化及其驱动因素分析:以陕北榆阳区为例[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2):135-138.
- [13] 陈磊,李占斌,李鹏,等. 陕西省丹江流域土地利用时空变化动态分析[J]. 水土保持通报, 2011, 10(5):149-153.
- [14] 李芹芳,钱文君,陈玮,等. 陕西省区域经济发展水平差异评价分析[J]. 干旱区地理, 2010, 33(3):456-461.
- [15] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1):87-81.
- [16] 李忠锋,王一谋,冯毓荪,等. 基于 RS 与 GIS 的榆林地区土地利用变化分析[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2):97-99.

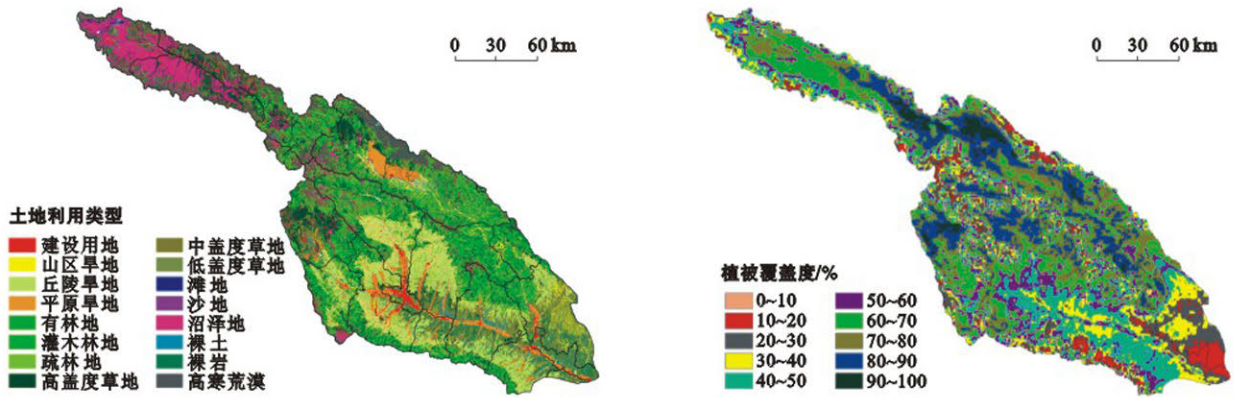
(上接第 219 页)

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李月臣,刘春霞,赵纯勇,等. 三峡库区重庆段水土流失的时空格局特征[J]. 地理学报, 2008, 63(5):502-513.
- [2] 辜胜阻,侯伟丽. 治理长江上游水土流失的对策[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(2):260-264.
- [3] Shi Hui, Shao Mingan. Soil and water loss from the Loess Plateau in China[J]. Journal of Arid Environments, 2000, 45(1):9-20.
- [4] 焦菊英,贾燕锋,景可,等. 自然侵蚀量和容许土壤流失量与水土流失治理标准[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(4):77-84.
- [5] 赵串串,董旭,辛文荣,等. 青海湟水河流域水土流失原因及防治措施分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6):200-202.
- [6] 刘禹,杨银科,蔡秋芳,等. 以树木年轮宽度资料重建湟水河过去 248 a 来 6—7 月份河流径流量[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(6):69-73.
- [7] 韩东. 青海湿地资源现状与保护措施[J]. 中南林业调查规划, 2006, 25(1):39-42.
- [8] 赵洪钱,李金花. 青海湟水河流域生态问题与保护对策[J]. 山东林业科技, 2008(3):75-77.
- [9] Tian Y C, Zhou Y M, Wu B F, et al. Risk assessment of water soil erosion in upper basin of Miyun Reservoir, Beijing, China [J]. Environmental Geology, 2009, 57(4):973-942.
- [10] Fan J R, Zhang J H, Zhong X H, et al. Monitoring of soil erosion and assessment for contribution of sediments to rivers in a typical watershed of the upper Yangtze river basin[J]. Land Degradation & Development, 2004, 15(4):411-421.
- [11] 逯登忠,张金涛,苏得昌. 乐都县草地资源现状、存在的问题及对策[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2004, 34(4):31.

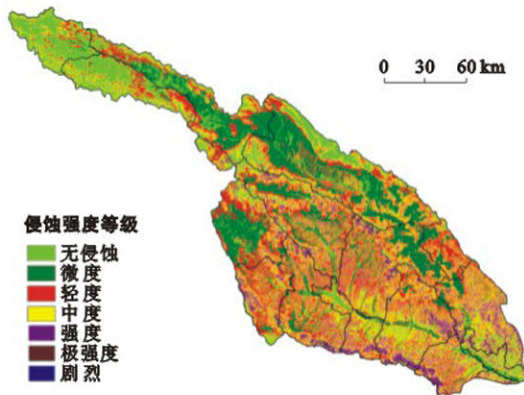


附图7 1998,2002和2008年郑州市土地利用空间分布

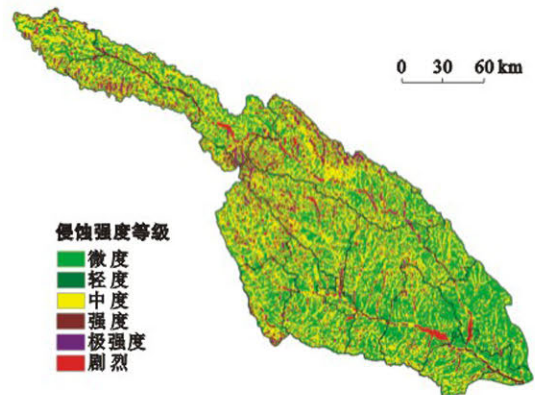


附图8 2009年滹水河流域土地利用现状

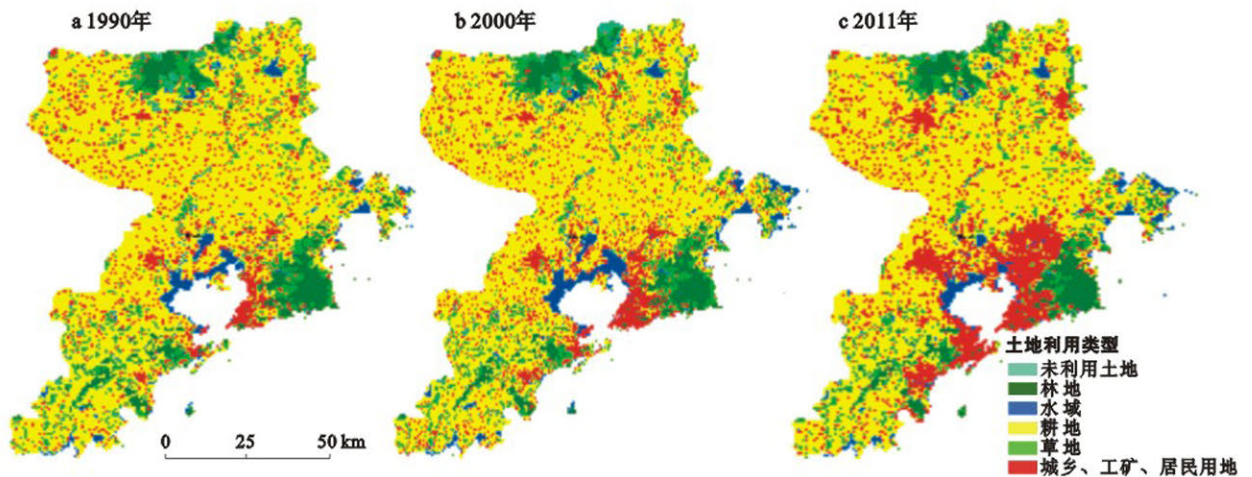
附图9 2009年滹水河流域植被覆盖度分布



附图10 2009年滹水河流域坡面侵蚀强度



附图11 2009年滹水河流域沟谷侵蚀强度



附图12 1990, 2000和2011年青岛市土地利用状况