

## 海湾型城市土地利用动态演变及其生态环境效应研究<sup>\*</sup>

陈国强<sup>1</sup>, 陈 鹏<sup>2</sup>

(1. 集美大学 理学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门市环境保护研究所, 福建 厦门 361006)

**摘 要:** 土地利用变化研究可为区域可持续发展和生态城市建设提供参考。以厦门市 1989 年、1997 年 Landsat TM 影像以及 2004 年 SPOT 影像解译数据基本信息源, 结合遥感影像和区域特点, 确定土地利用分类系统。在遥感和 GIS 技术支持下, 建立厦门土地利用数据库, 并处理各种属性数据、图形数据等信息。对厦门市过去 16 a 间土地利用的空间分布及其动态变化进行研究, 并分析土地利用变化导致的生态环境影响。研究结果表明: 厦门土地利用动态表现为耕地面积大量减少, 而村镇及建设用地等持续增大, 并趋向集中。目前厦门土地利用类型中以林业和耕地为主, 其中同安和翔安区拥有丰富的后备土地资源。土地利用变化导致了诸如生物栖息地的丧失、生物多样性破坏、生态环境质量退化、环境容量降低等生态效应。

**关键词:** 海湾型城市; 土地利用; 动态变化; 生态效应

**中图分类号:** F301.24; X171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2008)03-0026-05

## Analysis on the Dynamic Change and Ecological Effect of Land Use in Bay-type City

CHEN Guo-qiang<sup>1</sup>, CHEN Peng<sup>2</sup>

(1. School of Sciences, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021, China; 2. Institute of Environmental Protection, Xiamen, Fujian 361006, China)

**Abstract:** The research of land use change can provide the references for the sustainable development and the ecocity development. In this paper, two Landsat TM images (respectively obtained in 1989 and 1997) and SPOT5 image (in 2004) were interpreted as basic information sources. With the support of remote sensing and GIS techniques, the classification system of land types of the region was established. Spatial information database of land use was created, and the basic data including properties and graph were analyzed. The spatial distribution and dynamic changes of land use over the past 16 years were studied, meanwhile the ecological effects of land use change are analyzed. The results show that the land use in Xiamen city has been obviously changed from 1989 to 2004, the cultivated land seriously decreased, while the settlement and construction land expanded all the time, and their patches have been congregating. At present the main land types are dominated by farmland and woodland, there is plenty of reserve land resources of wetland in Tong'an and Xiang'an district. The land use change has caused distinct ecological effects, such as habitat worsening, biodiversity decreasing, environmental quality and capacity declining etc.

**Key words:** bay-type city; land use; dynamic change; ecological effect

在新一轮“跨越式”海湾型城市发展战略下, 随着厦门工业化和城市化的快速推进, 厦门市域范围的土地利用空间结构和功能将发生改变, 各种环境问题随着城市的发展将日益尖锐。对厦门市近 16 a 来土地利用动态变化及其生态效应进行综合的、集成的研究, 科学把握土地利用/土地覆盖变化和生态环境演变的过程和规律, 可为生态环境恢复与重建、土地可持续利用决策提供科学依据, 促进生态环境、社会经济可持续发展, 对于生态城市的建设有重要的指导意义<sup>[1-2]</sup>。

### 1 研究区概况

厦门市位于台湾海峡西侧, 福建省东南部沿海, 闽南金

三角核心; 北邻泉州, 南毗漳州, 东南濒临东海, 与台湾隔海相望, 与金门岛更是一衣带水; 境域北纬 24°23'12.7" - 24°54'29.3", 东经 117°52'53.8" - 118°26'1.2"。全市陆域总面积 1 569.3 km<sup>2</sup> (图 1)。厦门市三面环山, 南部濒海, 海拔最高的云顶山 1 175 m, 境内中部、东部和南部滨海地区地势低平, 平原低丘点缀其间, 沿岸泥质海滩宽广。陆域面积为 1 565 km<sup>2</sup>, 海域面积 340 km<sup>2</sup>, 海岸线长达 230 km。港湾和海域主要有九龙江口区、厦门西港、同安湾、大嶝海域及厦门外港和厦门岛东侧海域。厦门海域外有浯屿、青屿、大小担诸岛、大小金门等岛屿的屏障, 形成为掩护条件好的优良港

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-03-27

基金项目: 厦门市科技计划项目 (3502Z20044015)

作者简介: 陈国强 (1964 - ), 男, 福建厦门人, 讲师, 博士, 主要从事海岸带资源环境管理研究。E-mail: cgq0420@126.com

湾。厦门市位于北回归线边缘,属亚热带季风型海洋性气候,温和多雨,气候湿润,夏无酷暑,冬无严寒,年平均气温为21℃,全年无霜期359 d。常年主导风向为东北风,由于太平洋温差气流关系,厦门每年平均受台风影响5~6次,且多集中在7~9月。全市广泛分布有亚热带常绿针叶林、常绿阔叶林以及盐生草本植物和红树植物群落。厦门自然区位条件优越、海岛和海湾型地理特征独特、滨海旅游资源突出和港口资源较丰富、气候宜人、环境舒适。近些年来,先后获得“国家卫生城市”、“国家园林城市”、“中国优秀旅游城市”、“国家环境保护模范城市”、“全国环境综合整治特别奖”、“国际花园城市”、“联合国人居奖”和“全国文明城市”等荣誉和称号,这些为“十一五”期间的经济社会发展,为建设海峡西岸经济区重要中心城市和生态市建设奠定了坚实的基础。

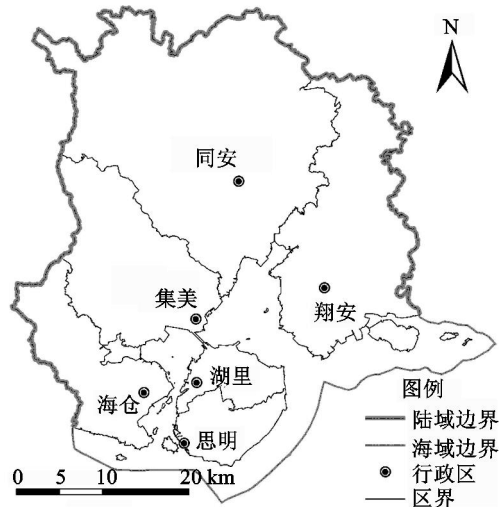


图1 研究区域行政区划示意图

## 2 研究方法

### 2.1 基础数据来源

研究选用1989年、1997年2个时相的Landsat TM影像数据,以及2004年SPOT5的遥感数据作为基础信息源。TM数据的波段范围较宽、图像组合能力强、成图精度高、几何校正能力强、分类精度较高且价格合适,是景观尺度生态环境研究的较好数据源;而SPOT影像具有分辨率高、解译数据精度高的优点。采用半自动分类方法实现厦门市土地利用分类(不含湿地),为“厦门市土地利用的生态环境影响及其优化调控研究”项目提供基础数据。数据处理过程中,使用到的辅助数据包括:行政区划图、土地利用现状图、地形图以及其它参考资料等。

### 2.2 土地类型分类体系

以厦门土地利用实际状况为依据,突出城市和城乡交错带的特点;分类系统与全国农业区划委员会指定的《土地利用现状调查技术规程》中的分类系统相衔接。根据项目实际要求及影像自身的解析能力,确定本研究分类体系,将土地利用类型分为耕地、园地、林地、城镇居民地、农村居民地、建设用地和交通用地等7种主要类型。其中厦门湿地类型的划分和研究已单独成文。

### 2.3 处理方法

本次工作以ERDAS (Version 8.7) 图像处理系统和ArcGIS 地理信息系统 (Version 9.0) 为技术平台,采用基于知识和景观分区的半自动分类方法。具体过程包括:(1)野外调查、收集资料;(2)基础数据库建库:包括地形图、行政区图、地名点等图层的数字化、编码等;(3)建立遥感解译样地数据库。将实地的照片与影像特征一一对应,并与野外考察的GPS定位点描述合并起来;(4)根据整个厦门市研究区的景观基质特征,将研究区分别用不同的模板进行分类。(5)在初步分类的基础上,进行人工目视判读。通过对厦门市1989-2004年遥感影像解译处理,并利用GIS建立土地利用的空间和属性数据库(图2),其中现状土地利用数据以2004年SPOT5解译数据为基础。

## 3 结果分析

### 3.1 土地利用现状

土地利用类型的分布,受到区域地质地貌背景、岩石土壤基质、水文气象条件、生物生态环境等自然因素的制约和历史现状、开发建设等社会经济条件的支配。厦门市陆域土地利用类型较多,主要包括林地、园地、耕地、居民地、城市建设用地和交通用地等。从图3中可以看出,目前整个区域内土地利用类型以林地和农用地占据绝对优势地位,面积分别为55 747.474 hm<sup>2</sup>和49 948.773 hm<sup>2</sup>,二者之和占陆域总土地利用类型面积的73.05%;而居民地、建设用地和交通用地之和为24 710.622 hm<sup>2</sup>,占到总土地利用面积的17.1%。

从各行政区的土地利用类型现状分布看(图4),岛外各行政区以农地和林地为主,其中在同安区和翔安区这两种土地利用类型所占比例最大;岛内以城镇居民地为主要土地利用类型,其中在思明区林地也占有相当的比例,这与区域内分布着万石山-鼓浪屿国家级风景名胜区有关。厦门市本岛后备建设用地资源缺乏,而岛外地区以林业和种植业为主,这为厦门市从海岛型城市向海湾型城市扩展提供了广阔的空间。

### 3.2 土地利用变化及其分析

#### 3.2.1 土地利用动态变化

从1989-2004年,厦门市土地利用变化总体上看有如下特点(图5),林业用地、园地变化不大,只是有一些波动,农用地面积下降幅度较大,而城镇居民地、农村居民地以及城市建设用地则都在大幅度上升。城市居民地以思明和湖里区上升幅度最大,其次是集美和海沧,最小的是同安和翔安;农村居民地以翔安和同安增加幅度最大,而岛内已基本完成了对农村的改造;建设用地在岛外增长幅度较岛内大,尤其以同安和翔安变化幅度最大;农用地以同安区减少幅度最大,其次是海沧和集美(图6)。

#### 3.2.2 土地利用变化的幅度

区域土地利用变化包括土地利用类型的面积变化、空间变化和质量变化。面积变化首先反映在不同类型的总量变化上,通过分析土地利用类型的总量变化,可以了解土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化(表1)。

(1) 1989 - 2004 年,厦门市林地面积减少 1 147.572  $\text{hm}^2$ ,耕地面积减少 16 812.769  $\text{hm}^2$ ;其中林地 1989 - 1997 年面积减少 1 526.127  $\text{hm}^2$ ,而 1997 - 2004 年又增加了 378.555  $\text{hm}^2$ ;耕地在两个时间段内面积都大幅度减少。

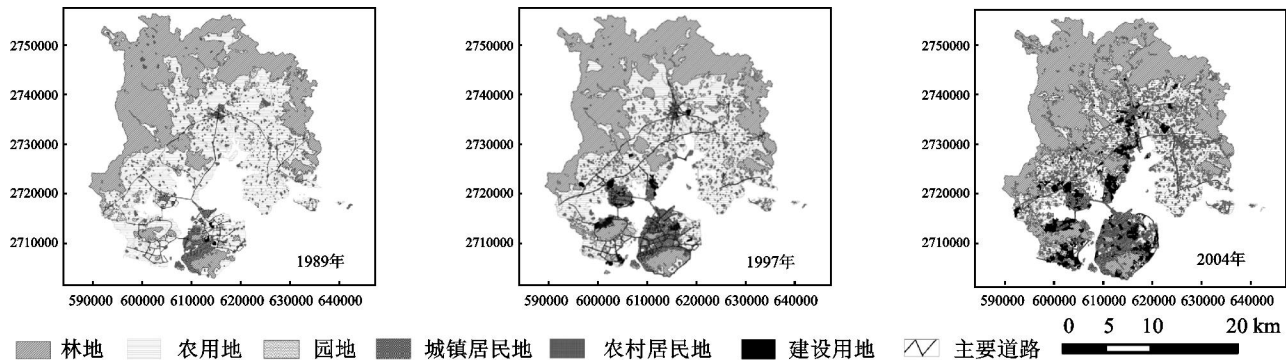


图 2 厦门市 1989 - 2004 年土地利用类型空间分布

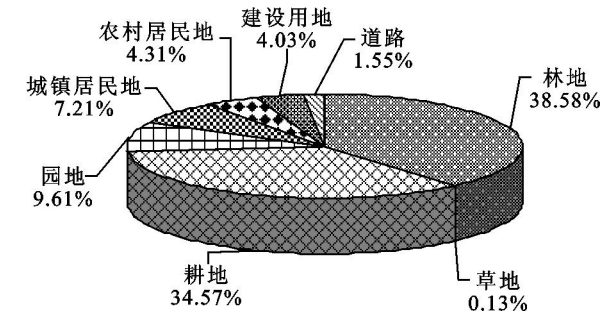


图 3 2004 年厦门市土地利用结构

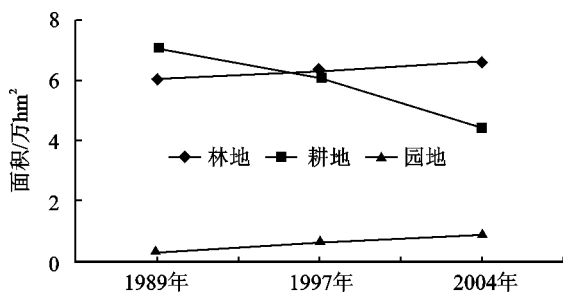


图 4 厦门市各行政区土地利用类型现状分布

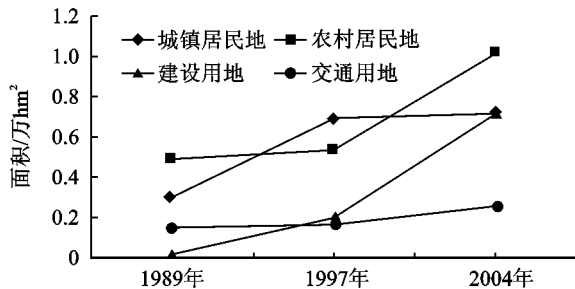


图 5 厦门市土地利用变化分析

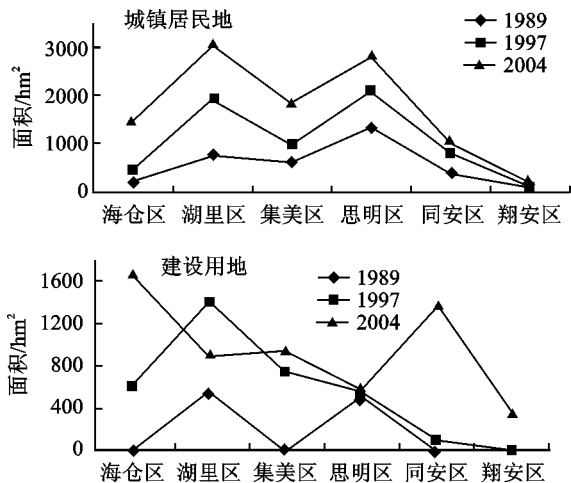


图 6 厦门市各行政区土地利用变化分析

(2) 城镇居民地、农村居民地、建设用地、园地、主干路网的面积在 1989 - 2004 年间持续增加,其中以城镇居民用地的增长幅度最大(7 082.446  $\text{hm}^2$ ),其次为建设用地和农村

居民地(4 764.826  $\text{hm}^2$  和 4 280.747  $\text{hm}^2$ );园地在 1989 - 1997 年间面积增加了 1 364.259  $\text{hm}^2$ ,而在 1997 - 2004 年间又减少了 657.061  $\text{hm}^2$ 。

表 1 土地利用年际变化分析						
土地利用 类型	土地利用面积变化/ hm <sup>2</sup>			土地利用变化率/ %		
	1989 - 1997	1997 - 2004	1989 - 2004	1989 - 1997	1997 - 2004	1989 - 2004
林 地	- 1526. 127	378. 555	- 1147. 572	- 0. 30	0. 09	- 0. 13
园 地	1364. 259	- 657. 061	707. 198	1. 15	- 0. 56	0. 34
农用地	- 7660. 904	- 9151. 865	- 16812. 769	- 1. 28	- 1. 94	- 1. 57
城镇居民地	3005. 253	4077. 194	7082. 446	10. 00	8. 03	13. 25
农村居民地	1312. 516	2968. 231	4280. 747	7. 49	11. 38	13. 74
建设用地	2387. 757	2377. 070	4764. 826	25. 22	8. 64	28. 31
主要公路	604. 466	607. 604	1212. 070	6. 52	4. 64	7. 35

3.2.3 土地利用变化的速度

土地利用类型的变化率与土地利用动态度可定量描述区域土地利用变化的速度,并对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都有着积极的作用<sup>[3-6]</sup>。

土地利用变化率的计算公式为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中:  $K$ ——研究时段内某一种土地利用类型的年变化率;  
 $U_a, U_b$ ——研究初期及研究末期某一种土地利用类型的数量;  
 $T$ ——研究时段长。根据上述公式计算出厦门 7 种类型的土地利用年变化率(表 1),结果说明:

(1) 从 1989 - 2004 年,以建设用地的变化速度最大,年变化率达到 28. 31 %,其中又以 1989 - 1997 年间变化率最大(25. 22 %);其次为城镇和农村居民地,年均变化率分别达到 13. 25 %和 13. 74 %。

(2) 耕地由于总量较大,土地利用变化的部分所占的比例小,所以年变化率只有 1. 57 %;而林地和园地由于面积波动较小,所以年变化率分别为 0. 13 %和 0. 34 %。

3.2.4 土地利用变化的区域差异

引入单一土地利用类型相对变化率来反映土地利用数量变化的区域差异(表 2)。区域某一特定的土地利用类型相对变化率表示为

$$R = \frac{|K_b - K_a| \times C_a}{K_a \times |C_b - C_a|}$$

式中:  $K_a, K_b$ ——区域某一特定土地利用类型研究初期和研究末期的面积;  
 $C_a, C_b$ ——全研究区某一特定土地利用类型研究初期和研究末期的面积。

表 2 厦门各行政区各类土地利用相对变化率 %

土地利用 类型	思明区	湖里区	集美区	海沧区	同安区	翔安区
林 地	7. 01	0. 13	0. 89	1. 96	1. 23	1. 94
农用地	3. 35	3. 28	1. 21	1. 66	0. 67	0. 64
园 地	9. 63	8. 53	3. 44	12. 40	2. 17	5. 62
城镇 居民地	0. 53	1. 50	0. 96	2. 73	0. 77	1. 09
农村 居民地	0. 00	0. 00	0. 92	1. 33	0. 78	1. 23
建设用地	0. 03	0. 15	209. 39	365. 90	301. 93	76. 84
交通用地	0. 70	1. 35	0. 79	1. 20	0. 35	2. 94

结果表明,土地利用数量变化存在着明显的区域差异:

(1) 林地的变化以思明区为最大,相对变化率达到 7. 01 %;农用地的变化以思明区和湖里区为最大,分别为 3. 35 %和 3. 28 %;园地的变化以海沧区和思明区最大,分别达到 12. 40 %和 9. 63 %。

(2) 城镇居民地变化本岛以湖里区最大,岛外以海沧为最大;农村居民地也以海沧区和翔安区变化最大,分别为 1. 33 %和 1. 23 %;

(3) 建设用地变化以海沧区、同安区和集美区最为显著;交通用地岛内以湖里区为最大(1. 35 %),以翔安区变化为最大(2. 94 %)。

3.3 土地利用存在的问题分析

(1) 用地内部结构不尽合理。城区交通用地在土地利用类型中的比重最小,成为影响厦门发展后劲和发挥中心城市作用的主导因素。随着城市总体规划的实施,工业企业已逐步外迁,但城乡结合部缺乏统一的规划,岛外外围工业点分布数量多且空间上较为分散。此外还存在征而未用或占而未用、长期闲置以及粗放使用土地的现象。

(2) 耕地日益减少,后备资源不足。耕地资源减少较快,主要是城市建设、农业结构调整和农村居民建房占用耕地以及灾毁耕地和人为抛荒。农田水利设施年久失修,耕地重用轻养,同时受工业污染、化肥的影响,致使农田地力下降,产出率低,经济效益差。

(3) 生态用地空间分布不均。城市生态用地(林地、农用地和园地)比例较大,但空间分布不均匀,本岛生态用地较少。受保护地区占国土面积比例区域分布不平衡,湖里区和海沧区比率较低。

4 厦门市土地利用变化的生态环境效应分析

厦门市土地利用变化产生的生态环境效应表现为:

(1) 作为重要的自然生态单元类型,林地和农用地面积缩减较快,破碎化程度也在加剧。林地的减少和破碎化,一个直接后果就是野生动物栖息地的丧失,意味着生物多样性的破坏;而农用地在城市生态体系中的作用往往得不到重视而被任意侵占或破坏,尽管在不合理的人为管理利用下可能产生一定的污染问题,但其绿色生产和生物净化功能主要的。尤其是在林地面积难以增加的情况下,农用地对于城市生态功能的意义是不可忽视的。

(2) 居民地和建设用地迅速明显增加,导致生态环境质量退化,降低了区域环境的容量。在城市化区域中,自然组分萎缩,仅存的自然、半自然景观强烈分割,生境类型趋于简

单化,导致生态系统结构和功能极度脆弱,造成了生境质量退化。尤其城镇所在区域,大气污染、水污染和固废污染的程度都高于非城镇区域。与此同时,居民地和建设用地大多由农用地转变而来,这也大大降低了自然生态系统对污染物的降解能力,使得区域环境容量下降。

(3)道路网作为一种人工干扰廊道,具有双重功能。一方面,道路可以促进生态系统间物质和能量交换,使系统更为开放,起着通道作用;而另一方面,四通八达的道路将均质的区域自然单元分割破碎化,在一定程度上影响生态系统的连通性,阻碍生态系统间物质和能量的交换,并影响着局地小气候;同时城市建成区内道路两侧建筑物连片,绿化带缺失或过窄,噪声、废气污染对道路附近的居民生活产生了严重的干扰。

## 5 结 语

(1)从土地资源利用的角度,翔安区和同安区为厦门未来海湾型城市建设留有较充足的后备土地资源。农田和林地作为控制性的土地利用类型,对维持区域整体生态环境状态起到关键作用,但其受到的干扰和影响也明显,处于不断退化状态。

(2)城镇建设用地快速增长,借助道路网络,不断向农地和林地地区延伸扩展,在一定程度上影响区域自然生态格局

的稳定性。

(3)在快速城市化发展战略下,目前区域土地利用格局人工化趋势将进一步得到加强。因此一方面要维护作为生态屏障的山地林的生态功能得到充分稳定和发挥,另一方面也要对区域产生的消极生态影响进行有效预防和控制。

## 参考文献:

- [1] 史培军,江源,王静爱,等.土地利用/土地覆盖变化与生态安全响应机制[M].北京:科学出版社,2004.
  - [2] 傅伯杰,陈利顶,蔡运龙,等.环渤海地区土地利用变化及可持续利用研究[M].北京:科学出版社,2004.
  - [3] 郝慧梅,任志远.基于RS和GIS的包头市土地利用动态及其生态效应定量研究[J].水土保持学报,2006,20(2):139-143.
  - [4] 于兴修,杨桂山,李恒鹏.典型流域土地利用/土地覆盖变化及其景观生态效应[J].自然资源学报,2003,18(1):13-19.
  - [5] 王思远,刘纪远,张增祥,等.中国土地利用时空特征分析[J].地理学报,2001,56(6):631-639.
  - [6] 欧维新,杨桂山,于兴修,等.盐城海岸带土地利用变化的生态环境效应研究.[J]资源科学,2004,26(3):76-83.
- 
- (上接第 10 页)
- [4] 张科利,秋吉康宏.坡面细沟侵蚀发生的临界水力条件研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(1):41-46.
  - [5] 倪晋仁,韩鹏,张剑.基于自组织理论的黄土坡面细沟发育特征分析[J].水利学报,2002(1):6-9.
  - [6] 张晴雯.细沟水蚀动力过程试验研究[D].陕西杨陵:中科院水土保持研究所,2001.
  - [7] 雷廷武,姚春梅,张晴雯,等.细沟侵蚀动态过程模拟数学模型和有限元计算方法[J].农业工程学报,2004,20(4):7-13.
  - [8] Bryan R B. Processes and significance of rill development[J]. Catena Supplement, 1987, 8:1-15.
  - [9] Parsons A J, Wainwright J, Abrahams A D, et al. Distributed dynamic modeling of interrill overland flow[J]. Hydrological Processes, 1997, 11:1833-1859.
  - [10] Price W E. A random-walk simulation model of alluvial-fan deposition [M]// Merriam D F. Random processes in geology. Berlin: Springer-Verlag, 1991: 55-62.
  - [11] Fujiwara T, Fukada M, et al. Simulation analysis of rill patterns that develop on hill-slopes[R]// Technology reports of the Yamaguchi university, 1989, 4(3): 247-256.
  - [12] Wright A C, Webster R A. Stochastic distributed model of soil erosion by overland flow[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 1991, 16:207-226.
  - [13] Favis-Mortlock D T, Quinton J N, Dickinson W T. The GCTE validation of soil erosion models for global change studies[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1996, 51(5):397-403.
  - [14] 倪晋仁,张剑,韩鹏.基于自组织理论的黄土坡面细沟形成机理模型[J].水利学报,2001(12):1-7.
  - [15] 周成虎,孙战利,谢一春.地理元胞自动机研究[M].北京:科学出版社,1999.
  - [16] 孙战利.空间复杂性与地理元胞自动机模拟研究[J].地球信息科学,1999:32-37.
  - [17] Foster G R, Huggins L F, Meyer L D. A Hydraulics velocity relationship [J]. Laboratory Study of Rill Trans of ASAE, 1984, 27(3):790-796.
  - [18] 张科利,张竹梅.黄土陡坡细沟侵蚀及其产沙特征实验研究[J].自然科学进展,2000(10):1136-1139.
  - [19] Nearing M A, Norton L D, Bulgakov D A, et al. Hydraulic sand erosion in eroding rills[J]. Water Resources Research, 1997, 33(4):865-876.