

20 世纪 90 年代无定河流域土地利用的时空变化

李丽娟¹, 杨俊伟^{1, 2}, 姜德娟^{1, 2}, 李九一^{1, 2}, 侯西勇^{1, 2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 本文基于 ArcGIS 平台, 以 Landsat TM 影像解译得到的三期土地利用数据为基础, 结合统计分析工作, 对无定河流域 20 世纪 90 年代土地利用数量、类型及其变化进行了分析。分析得出, 前后 2 个 5 年间, 无定河流域耕地、林地和未利用土地都是先减少而后稍有增加, 草地则是先增加后稍有减少。在 10 年尺度上土地利用总的动态特征是, 耕地与未利用土地面积减少, 林地、草地面积增加。前 5 年无定河流域综合土地利用动态度为 0.85%, 未利用土地和草地的年变化率较大, 耕地与水域年变化率较低。后 5 年无定河流域综合土地利用动态度为 0.3%, 林地与未利用土地年变化率较大, 耕地与水域变化率较小。最后引入单一土地利用类型相对变化率反映出无定河流域土地利用变化存在明显的区域差异。

关键词: 无定河流域; 土地利用; 时空变化; GIS

文章编号: 1000-0585(2005)04-0527-08

土地是民生之本、发展之基, 其利用/覆被的变化不仅影响到人类生存与发展的自然基础, 更与全球气候变化、生物多样性减少、生态环境恶化等问题密切相关^[1]。土地利用变化已成为全球变化领域的核心研究内容, 国内外学者通过实例对土地利用/覆被变化的过程、驱动机制以及预测模型进行了大量研究^[2~5]。目前我国也进行了大量的土地利用变化研究^[6~16], 多侧重于城市土地利用变化及土地利用变化的生态环境效应方面。无定河是黄河中游河龙区间较大的、水土流失较严重的一条多泥沙支流, 其入黄水量、沙量及其变化对黄河水文泥沙要素有很大的影响。新中国成立以来, 无定河一直是国家治理的重点对象。随着水土保持综合治理程度的不断提高, 流域入黄水沙量逐渐减少, 但究竟是气候因素的影响, 还是水土保持等人类活动影响引起这一变化, 引起了大家的普遍关注。本文借鉴已有的研究方法, 以黄河中游的支流无定河流域为例, 以 Landsat TM 影像解译得到的三期土地利用数据为基础, 在地理信息系统平台上, 结合统计分析, 对无定河流域 20 世纪 90 年代十年间的土地利用的时空变化特征进行了分析, 为进一步探讨不同的水土保持措施及其组合对水循环要素的影响机制与程度, 研究水土保持措施在减水减沙中的作用奠定了基础, 且具有重要的现实意义。

收稿日期: 2005-01-21; 修订日期: 2005-05-09

基金项目: 中国科学院地理科学与资源研究所创新主干项目专题 (CXIOG-E01-08-03)、国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (G1999043602)、国家自然科学基金项目 (52039050) 及中国科学院地理科学与资源研究所海外杰出人才国际合作项目资助。

作者简介: 李丽娟 (1961-), 女, 吉林省吉林市人, 研究员。主要从事土地利用变化的水文响应和流域生态需水研究。

1 研究区概况

无定河发源于陕西省靖边、定边、吴旗三县交界的白于山，由西向东经内蒙古鄂尔多斯市的部分县（旗）和陕西省榆林、延安两地区的 11 个县（市），于清涧县河口村汇入黄河。干流全长 491.2km，平均比降为 1.97‰。流域面积 30261km²，其中陕西省境内占 71.43%，内蒙古境内占 28.57%。多年平均径流量 15.37 亿 m³，输沙量 2.52 亿 t。入黄泥沙中粗沙占 36% 以上，是黄河粗沙的主要来源地之一。较大支流有榆溪河、海流兔河、纳林河、大理河、芦河等。

无定河流域地处毛乌素沙漠南缘及黄土高原北部地区，属温带大陆性干旱半干旱气候类型，年降雨量 350~500 mm。风力强劲、暴雨集中、植被稀少、土质疏松，加之长期以来毁林毁草、陡坡开荒，以及开矿、修路等人类活动，造成了流域大面积的水土流失。严重的土壤侵蚀不仅增加了黄河泥沙，而且也使得本区生态、生产环境严重退化，经济发展缓慢。无定河流域按地貌类型及水土流失特点，可划分为 3 个水土流失类型区：河源梁涧区、风沙区和黄土丘陵沟壑区。黄土丘陵沟壑区和河源梁涧区水土流失最为严重，年土壤侵蚀模数高达 16000~18000t/km²。

1949 年以来，为减少水土流失，无定河流域大力开展了水土保持工程，造林种草，防风固沙，修建梯田、台地，修建水库、淤地坝。20 世纪 70 年代以前，以试验探索为主，治理零星分散，措施单一，治理规模小、进度慢，为起步阶段。70 年代初至 80 年代，进入治理高潮，大搞农田基本建设，治理进度明显加快。

80 年代初至今，该流域被列为国家重点治理区，大力开展了以小流域为单元的集中连片综合治理，无论是治理规模、速度，还是质量，都有了飞跃发展，为较高规模治理阶段^[17]。这些措施使地表径流及土壤侵蚀在前期工程的基础上，得到了进一步的控制，但同时也强烈地改变了下垫面状况，改变了天然的水循环过程和水质水量状况。因此，对无定河流域土地利用变化时空特征的准确认识，是研究水土保持措施水文效应的基础与前提。

2 研究方法

本文以中国科学院地理科学与资源研究所资源环境数据中心提供的 20 世纪 80 年代末、1995~1996 年间和 1999~2000 年间三期 1:10 万土地利用数据为基础，在 ArcGIS 8.3 工作站环境下，获得土地利用变化的空间与属性数据。首先应用 ArcGIS 的流域分析模块及 DEM、地形图的校对，得到无定河流域边界；其次，对分省数据进行切割、拼接、边界融合，得到三期土地利用数据；再将其两两叠加结果的属性表进行汇总，得到土地利用变化类型及其转移矩阵数据。在此基础上，对无定河及其子流域的土地利用变化动态特征进行分析。为了简化处理数据的过程，采用了土地分类系统中的一级类型，即耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地，共 6 类。需要说明的是，为便于土地类型对比分析，本文用 20 世纪 80 年代末的数据代表 1990 年，1995~1996 年间的代表 1995 年，1999~2000 年间的代表 2000 年。

土地利用动态变化的研究方法主要是土地利用动态变化模型的建立^[18]。土地利用变化主要体现在土地利用类型变化、土地利用程度变化及土地利用变化的区域差异等方面。

单一土地利用类型动态可定量描述区域一定时间范围内某种土地利用类型数量的变

化情况，它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具有重要作用^[19]。公式如下：

$$R_{\text{单}} = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中： U_a 、 U_b 分别为研究期初及研究期末某种土地利用类型的面积； T 为研究期时段长。当 T 设定为年时， $R_{\text{单}}$ 为研究时段内某一土地类型的年变化率。

土地利用动态度 (S) 用于表征区域土地利用变化的速度^[20]，其表达式为：

$$S = \left\{ \sum_{ij}^n \left(\frac{\Delta S_{ij}}{S_i} \right) \right\} \times (1/t) \times 100\% \quad (2)$$

式中： S_i 为研究初期第 i 类土地利用类型的面积， ΔS_{ij} 为研究期初至研究期末第 i 类土地利用类型转换成其他土地利用类型的面积总和， t 为研究期时段长。综合土地利用动态度反映了与 t 时段对应的研究样区土地利用变化的速度。本文为了区别于单一土地利用类型动态度概念，将由该公式计算出的结果称为综合土地利用动态度。

土地利用类型的相对变化率是一种能很好反映土地利用变化地区差异性的指标^[19]。区域某一特定土地利用类型相对变化率可表示为：

$$R_{\text{相}} = \frac{R_{\text{局}}}{R_{\text{全}}} = \frac{|U_b - U_a| \times C_a}{U_a \times |C_b - C_a|} \quad (3)$$

式中： U_a 、 U_b 分别为区域某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积； C_a 、 C_b 分别代表整个研究区某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积。若 $R_{\text{相}} > 1$ ，表示该局部土地利用变化幅度大于整体的变化幅度；若 $R_{\text{相}} < 1$ ，则小于整体土地利用变化的幅度。

3 无定河流域土地利用变化分析

3.1 土地利用数量变化

利用 GIS 的空间分析方法得出 (如表 1)，2000 年无定河流域耕地占流域总面积的 29.23%；林地占流域总面积的 4.5%；草地占流域总面积的 44.45%；水域、建设用地及未利用土地的面积分别占总面积的 0.7%、0.39%、20.73%。20 世纪 90 年代的前后 2 个 5 年，无定河流域耕地、林地和未利

表 1 无定河 10 年间不同土地利用类型面积 (单位: hm^2)

Tab. 1 Areas of different land use types in Wuding River Basin in the 1990s

代码	土地利用类型	80 年代末	1995 年	2000 年
1	耕地	889176	881012	887369
2	林地	127336	120091	136618
3	草地	1295368	1421300	1349148
4	水域	22048	22258	21269
5	建设用地	11669	11147	11842
6	未利用土地	689822	579611	629172

用土地都是先减少而后稍有增加，草地则是先增加后稍有减少。而在 10 年间土地利用总的动态特征是，耕地与未利用土地面积减少，林地、草地面积增加，同时反映出前 5 年变化的幅度较后 5 年要快。

3.2 无定河流域土地利用变化的速度

根据公式 (1) 和 (2) 计算出无定河流域土地利用 6 种类型的年变化率。结果表明，前 5 年无定河流域综合土地利用动态度为 0.85%，未利用土地和草地的年变化率较大，

分别为 3.2%、1.94%。耕地与水域年变化率较低,分别为 0.18%、0.19%。建设用地和林地分别为 0.89%、1.14%。后 5 年无定河流域综合土地利用动态度为 0.3%,林地与未利用土地年变化率较大,分别为 2.75%、1.71%。耕地与水域变化率较小,分别是 0.14%、0.89%。而草地与建设用地分别为 1.02%、1.25%。

3.3 土地利用类型的变化

利用 GIS 的空间分析功能得到无定河流域的土地利用变化图(如图 1),并对全区土地利用数据空间叠置分析的结果进行统计排序,得到土地利用变化的转移矩阵(表 2,表 3),可进一步描述土地利用类型之间的相互转化情况。由表 2 可以看出前 5 年情况为:(1)耕地的增加量主要是由草地、林地和未利用土地转化而来,分别为 19407.49、4658.08、2379.41 hm^2 ,而在耕地的减少量中,大部分转化为草地和林地。(2)林地的增加主要是由草地、耕地和未利用土地转化而来,林地减少的部分主要转化为耕地和草地。(3)草地的增加量主要由耕地、林地、未利用土地转化而来,而减少的部分主要转化为耕地、林地和未利用土地。(4)未利用土地的部分主要转化为耕地、草地,分别为 2379.41、133409.45 hm^2 。而后 5 年的变化不明显,主要是草地面积有所减少,转化为林地和耕地;有部分耕地、草地转化为未利用土地。未利用土地的减少量最多,主要转化为草地。

表 2 无定河流域 1990~1995 年土地利用类型转化情况 ($\text{hm}^2/5\text{a}$)

Tab. 2 Land use conversion in Wuding River Basin from 1990 to 1995

1995 1990	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
耕地	853987.76	2341.62	30269.24	623.55	984.36	969.25
林地	4658.08	104421.88	17830.62	112.26	167.41	145.76
草地	19407.49	12014.39	1237886.42	621.87	206.06	25231.42
水域	280.31	19.04	743.68	19429.90	0.00	1575.54
建设用地	298.88	51.64	1160.88	88.79	9589.81	478.55
未利用土地	2379.41	1242.03	133409.45	1381.83	198.94	551210.24

表 3 无定河流域 1995~2000 年土地利用类型转化情况 ($\text{hm}^2/5\text{a}$)

Tab. 3 Land use conversion in Wuding River Basin from 1995 to 2000

2000 1995	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
耕地	875742.31	970.05	2088.50	209.84	436.47	1564.76
林地	568.19	118521.07	940.67	0.00	60.64	0.03
草地	9693.53	16680.38	1343387.90	61.54	245.43	51231.51
水域	834.47	86.23	57.43	20998.05	0.00	282.04
建设用地	29.33	18.26	5.70	0.00	11093.30	0.00
未利用土地	501.39	342.42	2667.33	0.01	5.77	576093.83

4 土地利用变化的区域差异

由公式(3)得出无定河各子流域的土地利用相对变化率,如表 4 所示。前 5 年,耕地的相对变化率以纳林河最大,为 76.58,芦河最小,为 0.37;林地以纳林河最大,为 7.70,黑木头川最小,基本为 0;草地以榆溪河最大,为 2.34,大理河最小,为 0.08;水域以海流兔河、纳林河较大,分别为 122.98、142.42,黑木头川基本为 0;城乡建设用

地纳林河基本为 0；未利用土地以榆溪河最大，为 1.24，黑木头川、大理河基本为 0。后 5 年，耕地的相对变化率以海流兔河最大，为 6.00，纳林河、黑木头川基本为 0；林地以无定河干流最大，为 1.48，纳林河、黑木头川基本为 0；草地则以榆溪河最大，为 1.89，纳林河、黑木头川基本为 0；建设用地以大理河最大，为 2.19；未利用土地以榆溪河最大，为 1.48，纳林河、黑木头川、大理河基本为 0。

表 4 20 世纪 90 年代无定河子流域土地利用变化情况

Tab. 4 Change area and relative changing rate of land use in different sub-basins of Wuding River in the 1990s

土地利用变化		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	
榆溪河	前 5 年	面积 (hm ²)	-2553.04	-337.90	59988.66	578.50	-853.85	-56822.40
		相对变化率	3.58	0.60	2.34	16.83	4.71	1.24
	后 5 年	面积 (hm ²)	1604.96	554.64	-31051.40	-499.02	214.12	29176.68
		相对变化率	2.96	0.42	1.89	2.68	1.07	1.48
海流兔河	前 5 年	面积 (hm ²)	-1077.43	-31.08	8649.20	62.63	-293.59	-7309.72
		相对变化率	18.35	0.05	1.22	122.98	8.24	0.77
	后 5 年	面积 (hm ²)	230.37	110.01	-841.61	0.00	0.00	501.24
		相对变化率	6.00	0.07	0.20	0.00	0.00	0.11
纳林河	前 5 年	面积 (hm ²)	-775.26	-214.51	2147.96	122.05	0.00	-1280.23
		相对变化率	76.58	7.70	0.17	142.42	0.00	0.11
	后 5 年	面积 (hm ²)	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	-0.13
		相对变化率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
干流	前 5 年	面积 (hm ²)	-2030.49	-5142.42	50897.29	-469.28	201.90	-43457
		相对变化率	0.47	1.28	0.97	3.60	0.86	1.15
	后 5 年	面积 (hm ²)	3169.19	13367.31	-36293.10	-388.96	332.15	19813.45
		相对变化率	0.94	1.48	1.21	0.66	0.97	1.20
芦河	前 5 年	面积 (hm ²)	-341.33	-1830.75	3229.07	10.73	274.11	-1341.83
		相对变化率	0.37	2.96	0.31	0.31	8.41	0.25
	后 5 年	面积 (hm ²)	1293.98	867.33	-2286.26	8.4	46.38	70.17
		相对变化率	1.80	0.70	0.41	0.05	0.74	0.03
黑木头川	前 5 年	面积 (hm ²)	142.27	0.00	-141.46	0.00	-0.80	0.00
		相对变化率	0.61	0.00	0.08	0.00	0.33	0.00
	后 5 年	面积 (hm ²)	142.27	0.00	-141.46	0.00	-0.80	0.00
		相对变化率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00
大理河	前 5 年	面积 (hm ²)	-1528.56	311.25	1161.92	-94.90	150.29	0.00
		相对变化率	0.80	0.23	0.08	12.17	5.65	0.00
	后 5 年	面积 (hm ²)	59.60	1628.54	-1680.50	-109.20	101.57	0.00
		相对变化率	0.04	0.49	0.21	3.39	2.19	0.00

无定河流域的土地利用变化存在明显的区域差异，前 5 年，纳林河、海流兔河、榆溪河的耕地变化幅度大于流域总的变化幅度，而其他几个子流域的耕地变化幅度则小于总体的幅度；林地方面则是无定河干流、纳林河及芦河的变化幅度大于流域总的变化幅度；草地的变化是榆溪河及海流兔河的大于流域总的变化幅度；水域则是芦河及黑木头川的变化幅度小于总的变化；纳林河、无定河干流及黑木头川的建设用地的变化幅度小于流域总的变化；未利用土地则是榆溪河及无定河干流的变化幅度大于流域总的变化。后 5 年，榆溪

河只有林地的变化幅度小于流域总的变化；海流兔河耕地的变化幅度大于流域总的变化；纳林河及黑木头川的变化很小；无定河干流林地、草地及未利用土地的变化幅度大于流域总的变化；芦河只有耕地的变化幅度大于流域总的变化；大理河流域及建设用地的变化大于流域总的变化幅度。

表 5 给出了 10 年尺度无定河流域各子流域的土地利用相对变化率。榆溪河林地与水域的变化幅度小于无定河流域相应土地利用类型的变化幅度；海流兔河只有林地的变化幅度小于全流域相应的土地利用类型的变化幅度；纳林河流域的耕地、林地及水域的变化幅度大于无定河流域相应的变化幅度；无定河干流上只有草地的变化幅度小于全流域相应土地利用类型的变化幅度；在芦河与大理河流域上，耕地、林地、建设用地的变化幅度都是大于无定河流域相应土地利用类型的变化幅度。

表 5 10 年尺度各子流域土地利用相对变化率

Tab. 5 The relative changing rate of classified land use in different sub-basins in the 1990s

土地利用相对变化率	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
榆溪河	6.01	0.30	2.64	0.62	10.65	1.10
海流兔河	65.18	0.10	2.58	33.11	24.86	1.30
纳林河	346.07	6.01	0.39	38.35	0.00	0.20
无定河干流	1.19	1.60	0.65	1.77	6.83	1.13
芦河	4.69	1.22	0.21	0.15	29.64	0.43
黑木头川	2.74	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00
大理河	3.48	1.12	0.08	7.05	28.56	0.00

5 结论

无定河流域被列为全国水土保持重点治理区之一，开展了大规模的以小流域为单元的水土流失综合治理工作，取得了显著成效，但同时也使流域下垫面条件发生了较大的变化。本文利用 ArcGIS 的空间分析功能，对无定河及其子流域的三期土地利用数据进行了分析处理，得到了土地利用时空变化的特征及其变化规律：

(1) 以 10 年尺度来看，无定河流域耕地、水域及未利用土地面积减少，而林地、草地、城乡建设用地面积增加。土地利用类型间的相互转化情况为，耕地的减少量主要是转化为林地与草地；林地的减少量主要转化为草地；草地有部分转化为耕地或退化为未利用土地；水域也主要是转化为耕地或退化为未利用土地；而未利用土地则有大约 4% 转化为耕地或草地。

(2) 本文用单一土地利用动态度及综合土地利用动态度来分别表示区域一定时间范围内某种土地利用类型变化速度和区域总的土地利用变化速度。计算结果表明，前 5 年无定河流域综合土地利用动态度为 0.85%，未利用土地和草地的年变化率较大，耕地与水域年变化率较低。后 5 年无定河流域综合土地利用动态度为 0.3%，未利用土地与林地年变化率较大。可以看出前 5 年变化程度较后 5 年明显，而主要是未利用土地的变化。

(3) 土地利用变化存在明显区域差异性：10 年间，海流兔河与纳林河流域的耕地变化幅度较大，主要原因是这些地区增加了大面积的水浇地；林地变化是纳林河、无定河干流、芦河及大理河流域大于无定河流域总的变化幅度；草地与未利用土地的变化主要是发生在榆溪河与海流兔河流域，因为这两个流域是草地与未利用地的主要分布区，所以发生的变化也较大；建设用地除纳林河流域与黑木头川外的子流域变化幅度都大于无定河建设

用地的幅度, 随着社会经济的发展、人口的增加, 建设用地必然有所增加; 水域虽然有变化但总量很少。

(4) 本文主要是基于 GIS, 以 Landsat TM 影像解译得到的三期土地利用数据为基础, 分析无定河流域的土地利用变化特征, 然而, 所得数据结果与当地实际情况的差距还有待进一步评估、验证。土地利用变化情况与退耕还林还草、土地退化等问题的关系还需深入分析。

参考文献:

- [1] 张华, 张勃, 石惠春. 干旱地区土地利用\土地覆盖变化研究——以黑河流域为例. 干旱区资源与环境, 2003, 17(2): 49~54.
- [2] Turner IIBL, Sko le D, Sanderson S, *et al.* Land-use and land-cover change science/research plan. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. Stockholm: IGBP, 1995.
- [3] Lam Bin E F, Baulies X, Bock Stael N, *et al.* Land-use and land-cover change (LUCC) implementation strategy. IGBP Report No. 48 and HDP Report No. 10. Stockholm: IGBP, 1999.
- [4] Verbrug P H, Veldkamp A, Fresco L O. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. Applied Geography, 1999, 19(3): 211~233.
- [5] Daniel Niehoff, Uta Fritsch, Axel Bronstert. Land-use impacts on storm-runoff generation; scenarios of land-use change and simulation of hydrological response in a meso-scale catchment in SW-Germany. Journal of Hydrology, 2002, 267: 80~93.
- [6] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析. 地理研究, 2003, 22(1): 1~12.
- [7] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. 中国科学(D 辑), 2002, 32(12): 1031~1040.
- [8] 陈利顶, 傅伯杰, 王军. 黄土丘陵区典型小流域土地利用变化研究——以陕西延安地区大南沟流域为例. 地理科学, 2001, 21(1): 46~51.
- [9] 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——以延安市羊圈沟流域为例. 地理学报, 1999, 54(3): 241~246.
- [10] 黄云, 廖铁军, 付瓦利, 等. 基于 GIS 的区域土地利用动态变化研究. 水土保持学报, 2001, 16(4): 54~57.
- [11] 李仁东等. 江汉平原土地利用的时空变化及其驱动因素分析. 地理研究, 2003, 22(4): 423~431.
- [12] 龙花楼, 李秀彬. 长江沿线样带土地利用变化时空模拟及其对策. 地理研究, 2001, 20(6): 660~668.
- [13] 于兴修, 杨桂山, 李恒鹏. 典型流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应——以浙江省西苕溪流域为例. 自然资源学报, 2003, 18(1): 13~19.
- [14] 张明. 榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演化研究. 地理研究, 2000, 19(1): 30~36.
- [15] 朱会义, 何书金, 张明. 环渤海地区土地利用变化的驱动力分析. 地理研究, 2001, 20(6): 669~678.
- [16] 朱会义, 李秀彬, 何书金, 等. 环渤海地区土地利用的时空变化分析. 地理学报, 2001, 56(3): 253~260.
- [17] 张经济, 冀文慧, 冯晓东. 无定河流域水沙变化现状、成因及发展趋势的研究. 黄河水沙变化研究(第二卷). 郑州: 黄河水利出版社, 2002. 393~429.
- [18] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81~87.
- [19] 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. 水土保持学报, 2003, 17(2): 97~99.
- [20] 刘纪远, 布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229~239.
- [21] 朱会义, 何书金, 张明. 土地利用变化研究中的 GIS 空间分析方法及其应用. 地理科学进展, 2001, 20(2): 104~110.
- [22] 赵健, 魏成阶, 黄丽芳, 阎守邕. 土地利用动态变化的研究方法及其在海南岛的应用. 地理研究, 2001, 20(6): 723~730.

GIS-based study on spatial-temporal changes of land use in Wuding River Basin in the 1990s

LI Li-juan¹, YANG Jun-wei^{1,2}, JIANG De-juan^{1,2}, LI Jiu-yi^{1,2}, HOU Xi-yong^{1,2}

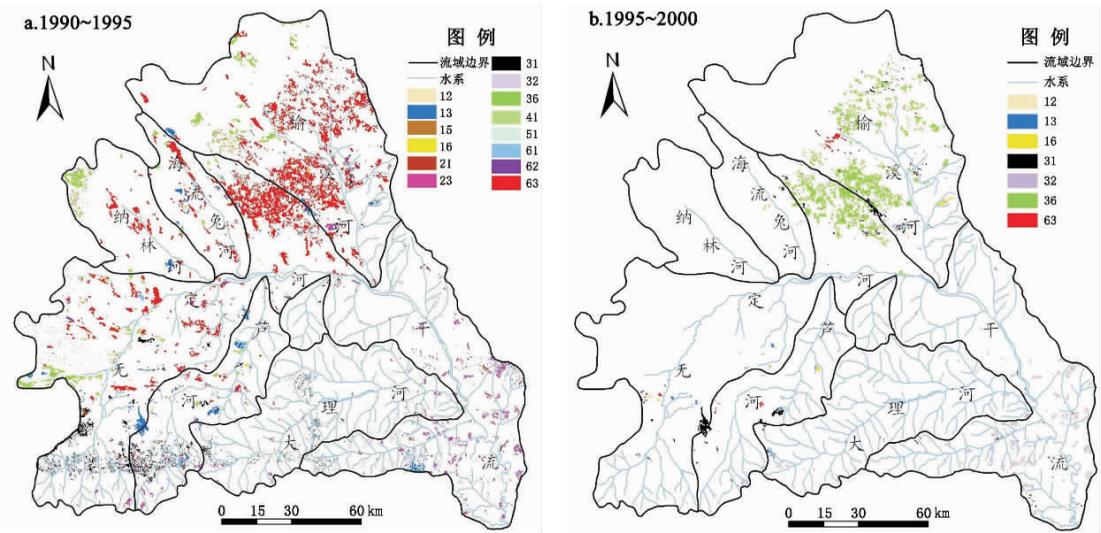
(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

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

Abstract: Regional land use change is an important part of global change. The Wuding River Basin, located in the middle reach of the Yellow River, is characteristic with high sediment load in less water. Since the 1950s, various conservation measures have been adopted throughout the basin, including vegetation (trees, bushes and grasses) planting, sand shifting control, terracing, reservoirs and dams construction, and so on. These measures have changed the underlying surface greatly.

Based on Landsat TM images data in the 1990s, we analyze the spatial-temporal changes of land use of Wuding River Basin using GIS and statistic methods. The results show that the land use changed greatly in the Wuding River Basin in the 1990s. In the first five years, cultivated land, forestland and un-used land decreased obviously while grassland increased. In the second five years, the situation was reversed, grassland increased and cultivated land, forestland and un-used land decreased. During the ten years, cultivated land and un-used land reduced, at the same time, forestland and grassland increased. The rate of land use change in the first five years is higher than that of the second five years. The major change types were cultivated land turned to forestland and grassland, and un-used land converted into cultivated land and grassland. In the first five years, the rate of the land use change in the study was up to 0.85%. The changing rates of un-used land and grassland were higher, being 3.2% and 1.94% respectively. While, in the second five years, the rate of the regional land use change was 0.3%. The changing rates of forestland and un-used land were 2.75% and 1.71% respectively. Finally, we also come to the conclusion that there are obvious spatial differences in land use changes. For forestland change, the Nalin, Lu and Dali sub-basins were greater. Grassland and un-used land changes mainly occurred in Yuxi and Hailiutu sub-basins. Conservation measures and socio-economic development were the direct causes for land use change in the Wuding River Basin.

Key words: Wuding River Basin; land use; spatial-temporal change; GIS



注：图例中十位、个位数字分别代表研究初期与末期的土地利用类型，如12表示耕地转变为林地。

图1 无定河流域主要土地利用类型变化图(a.1990~1995, b.1995~2000)

Fig.1 Map of Wuding River Basin LUCC(a.1990~1995, b.1995~2000)

刘盛和等：半城市化地区形成的动力机制与发展前景初探

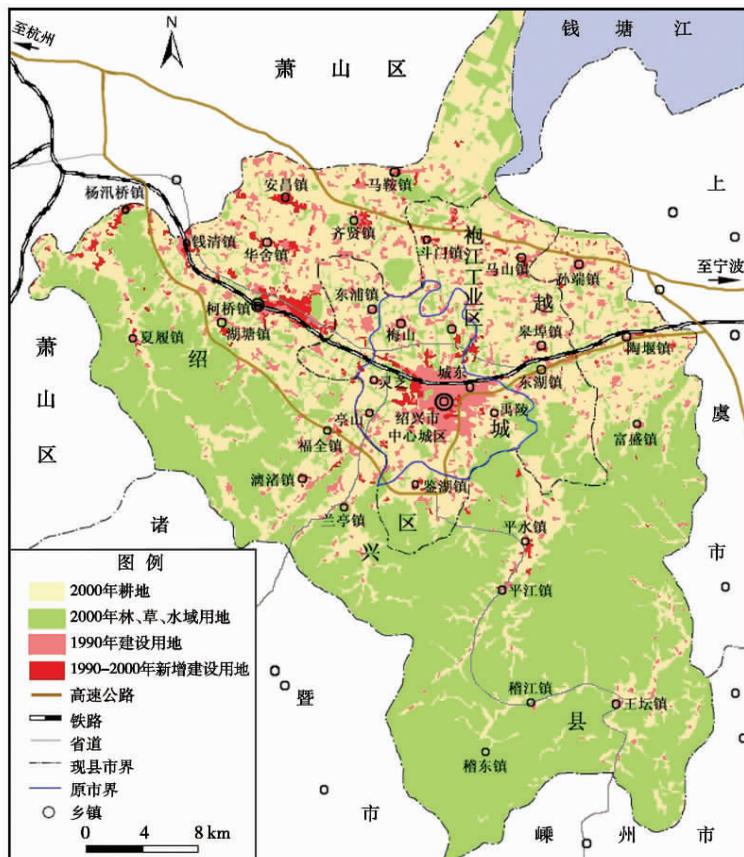


图2 绍兴市土地利用综合图 Fig.2 Synthetic map showing land use in Shaoxing City