

疏勒河中下游近 35 年土地利用与景观格局动态^①

潘竟虎, 胡艳兴

(西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘要:以疏勒河流域中下游为研究区域, 利用 1975 年 Landsat MSS、2000 年和 2010 年的 Landsat TM 3 期遥感影像, 运用土地利用变化幅度、动态度、转移矩阵等方法, 并结合景观指数, 采用主成分分析方法, 分析了流域 1975—2010 年间的土地利用/覆被和景观格局的变化及其驱动力。结果表明: 近 35 年, 研究区耕地和城乡建设用地所占比例持续上升, 建设用地的动态度最高, 达 2.11%, 耕地次之。土地利用类型间主要转移方向为: 戈壁石砾地和草地转化为耕地, 戈壁石砾地转为建设用地和草地。整个景观的斑块密度增大, 最大斑块指数减小, 景观趋于破碎化, 景观的多样性增加。人口增长和经济发展因素是研究区土地利用/覆被变化的最直接驱动力。

关键词:土地利用; 景观格局; 动态变化; 驱动力; 疏勒河流域

中图分类号: F301.24

20 世纪 80 年代以来, 作为全球环境变化的重要组成部分的土地利用/覆被变化(land use and cover change, LUCC)成为全球关注的热点问题^[1-2]。地球表层系统最突出的景观标志就是土地利用和土地覆盖, 以景观几何特征为基础的景观格局分析可以有效地反映 LUCC 的空间格局变化及其定量化状态^[3], 应用 GIS 技术, 探讨流域土地利用与景观要素之间的关系, 是区域土地利用变化过程、格局、机理研究的有效选择。目前, LUCC 研究多集中在两类地区, 一是生态敏感、脆弱的地区, 如农牧交错带、高寒山区等^[4-5], 另一类是人类扰动密集的地区, 如城市化快速推进区、黄土丘陵沟壑区等^[6-7]。干旱内陆河流域对于维系绿洲稳定性和流域社会经济的可持续发展具有重大作用, 但因其生态环境兼具脆弱性和敏感性, 随着水土资源的大规模开发, 各流域普遍出现来水量减少、地下水位下降、植被退化、灾害加剧等生态问题, 在流域中下游尤为突出。解决上述问题的一个重要途径是从 LUCC 入手, 揭示其时空过程、驱动机制以及水土资源的可持续利用模式, 因此, 干旱内陆河流域已成为 LUCC 研究的热点和重点地区。目前针对干旱内陆河流域 LUCC 的研究从研究对象来看, 多集中在塔里木河、黑河、石羊河等流域^[8-10]; 从研究手段来看, 对 LUCC 与景观格局相互影响的研究较少。

本文将遥感、GIS 和景观空间格局定量指标相结合, 以河西走廊三大内陆河之一的疏勒河中下游地区为研究对象, 分析研究区 LUCC 过程与景观格局动态, 并探讨土地利用变化对景观格局影响的一般规律, 以期为流域土地利用规划、管理和生态恢复, 为保障研究区景观结构、功能稳定和实现该区域土地资源可持续利用提供依据。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

疏勒河发源于祁连山脉的疏勒南山和托勒南山之间的沙果林娜穆吉木岭, 介于 92°11'~98°30'E, 38°00'~42°48'N(图 1)。干流全长 670 km, 流域面积 4.13 万 km², 出山口多年平均径流量 10.83 × 10⁸ m³。出昌马峡以前为上游, 至瓜州双塔堡水库以下为下游。流域中下游在行政上含敦煌市和瓜州县, 总面积 50 300.28 km², 2011 年总人口 33.61 万, 城镇化率 24.87%。属温带、暖温带干旱大陆性气候, 年平均气温 6.9~9.3℃, 年降水量 38.1~64 mm, 年蒸发量 2 490~3 140 mm, 年日照时数 3 033~3 246 h。土壤类型以沼泽土、草甸土和棕漠土为主。疏勒河中下游是流域人口和产业最为密集的地区, 也是自然生态受人类扰动最为频繁的区域。人工绿洲是河西走廊重要的商品粮生产基地, 灌溉农业发达, 土地利用问题突

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目(1208RJZA159)和西北师范大学青年教师科研能力提升计划项目(SKQNYB12021)资助。

作者简介: 潘竟虎(1974—), 男, 甘肃嘉峪关人, 博士, 副教授, 主要从事土地利用与生态遥感研究。E-mail: panjh-nwnu@163.com

出,主要表现为人工绿洲扩张和下游天然绿洲减小以及撂荒,引起水资源分配不均,地下水位上升,产生区域沙漠化或次生盐碱化^[11-12]。自 1996 年开始,流域中下游地区实施了农业灌溉和移民安置开发工程,通过建设一系列水利工程,加大了对地表水资源和地下水资源的利用力度,开发了更多的人工种植地以实现移民安置。

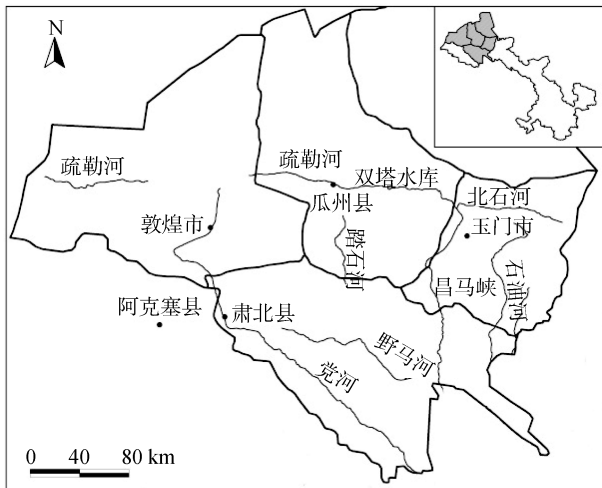


图 1 疏勒河流域位置示意图
Fig. 1 Location map of Shule River

1.2 数据源及处理

为保证数据的连续性与可比性,遥感影像选用同源的 Landsat 卫片,分别为 1975 年的 MSS 影像 6 景,2000 年和 2010 年的 TM 影像每期 7 景,成像时间均为 7—10 月。在 1:1 000 000 地形图上采集控制点,将 2010 年 TM 数据进行几何校准,其余影像分别用校正后的 2010 年影像进行纠正,位置误差控制在一个像元内。在综合考虑遥感影像数据光谱信息和纹理特征的基础上,为了突出流域主要生态环境问题的时空演化情况,本文未采用传统的土地利用多级分类法,而是把未利用土地细分。在 ArcGIS 支持下,进行遥感影像计算机辅助解译,建立拓扑关系,生成 3 期土地利用图。1975 年解译结果以 20 世纪 70 年代 1:5 万黑白航片评价,总精度为 82.4%,Kappa 系数为 0.791;2000 年解译结果以同年 1:5 万彩色航片进行评价,总精度为 86.8%,Kappa 系数为 0.836;2010 年解译结果采用 Google Earth 上的高分辨率影像图和 2010 年野外考察结果进行精度评价,总精度为 92.5%,Kappa 系数分别为 0.883,能够满足大区域宏观土地利用及景观格局分析的需要。对解译得到的 3 期土地利用数据进行空间叠加分析和统计,获得土地利用类型转移矩阵。

驱动力分析所需的气象数据和社会经济统计数据分别取自中国气象数据共享网和 1990—2011 年的《甘肃年鉴》。

1.3 土地利用变化表征指标

土地利用变化过程和趋势可通过定量化的要素或数值如动态度、变化率、状态、方向和趋势等来表征,指数的数学表达式如下^[13-14]:

$$D = (L_a - L_c) + (L_b - L_c) L_a^{-1} T^{-1} \times 100\% \quad (1)$$

$$LC = \left(\frac{\sum_{i,j=1}^k \Delta LU_{i-j}}{\sum_{i=1}^k \Delta LU_i} \right) T^{-1} \times 100\% \quad (2)$$

$$S_j = 2 \times \min(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \quad (3)$$

$$Q_j = \max(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) - \min(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \quad (4)$$

$$C_j = S_j + Q_j \quad (5)$$

上述各式中: D 为 T 时段某种土地覆盖类型的动态度; L_b 和 L_a 分别为研究期末和期初某种土地覆盖类型的数量; L_c 为没有发生变化的某种土地利用类型的数量; T 为研究时段; k 为土地类型个数; LU_i 为起始时刻第 i 类土地利用类型的面积; ΔLU_i 为监测时段第 i 类土地利用类型转为第 j 类土地利用类型的面积; S_j 为地类 j 发生空间位置转换的面积; P_{j+} 和 P_{+j} 分别为研究期初和期末地类 j 的面积; P_{jj} 为没有发生变化的面积; Q_j 为地类 j 面积的数量变化; C_j 为地类 j 的总变化量。

1.4 景观格局变化表征指数

在景观类型水平上分析景观指标时,选取斑块数目(NP),斑块比例(PLAND),分离度(SPLIT),散布与并列指数(IJI),结合度指数(COHESION)5个指标。在景观水平上分析景观指标时,选取在景观水平上选取斑块密度(PD)、最大斑块所占景观面积的比例(LPI)、面积加权平均形状因子(SHAPE_AM)、蔓延度(CONTAG)、香农多样性指数(SHDI)以及 IJI、COHESION、SPLIT 等 8 个指标。指数中各参数的意义及其详细说明可参阅文献[15-16]及 Fragstats 用户指南。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化过程

2.1.1 土地利用/覆被总体变化特征 图 2 为各年份疏勒河流域中下游土地利用空间格局图。利用马尔科夫模型对流域土地利用变化过程进行空间统计分析,得出 1975—2010 年间土地利用变化的转移概率矩阵(表 1)。

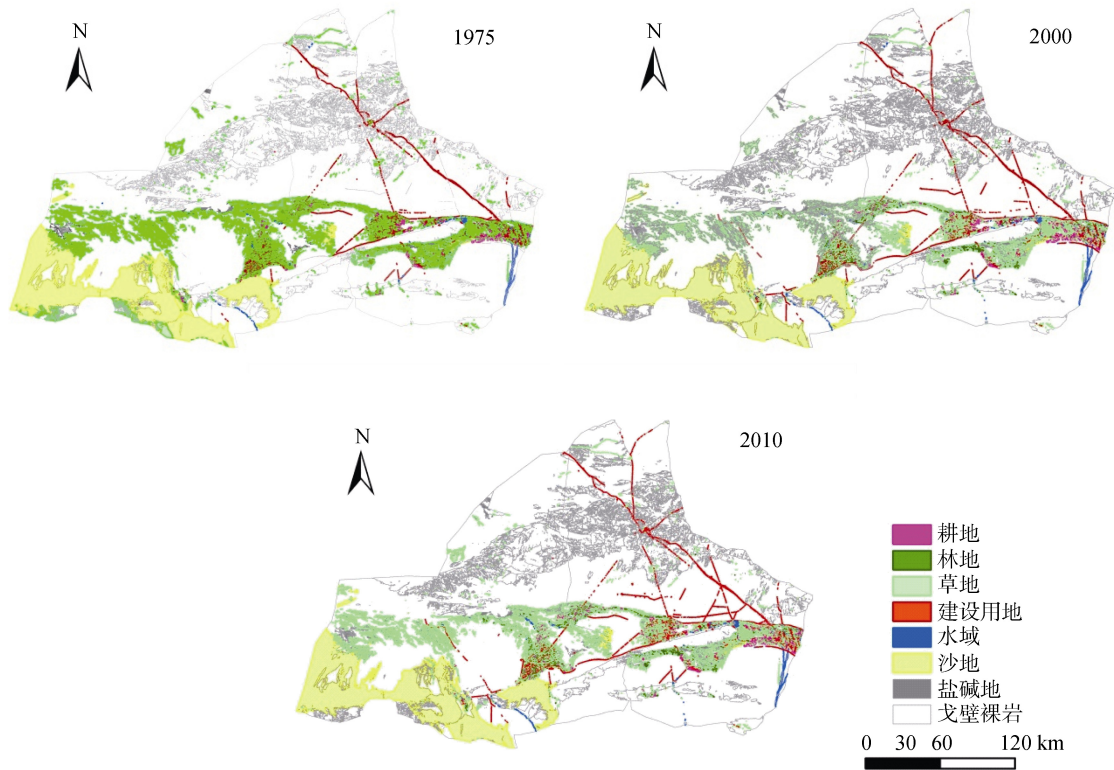


图 2 疏勒河流域中下游 1975—2010 年土地利用空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of land use in middle and lower reaches of Shule River basin during 1975—2010

表 1 疏勒河流域中下游 1975—2010 年土地利用类型转换矩阵(km²)

Table 1 Transition matrix of land use types in middle and lower reaches of Shule River basin during 1975—2010

| 时段 | 类型 | 耕地 | 林地 | 草地 | 建设用地 | 水域 | 沙地 | 盐碱地 | 戈壁裸岩 | 合计 |
|-----------|------|--------|-------|----------|--------|-------|----------|--------|-----------|-----------|
| 1975—2000 | 耕地 | 773.2 | 0.48 | 2.43 | 2.61 | 0.14 | 0.04 | 0 | 0.03 | 778.93 |
| | 林地 | 3.56 | 68.36 | 2.56 | 0.23 | 0.13 | 0 | 0 | 0.01 | 74.85 |
| | 草地 | 22.33 | 4.3 | 2 596.8 | 6.24 | 1.89 | 0.08 | 0 | 0.58 | 2 632.25 |
| | 建设用地 | 0.05 | 0.07 | 0.01 | 83.68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83.81 |
| | 水域 | 0.17 | 0 | 0.47 | 0.31 | 51.32 | 0.34 | 0.18 | 0.5 | 53.29 |
| | 沙地 | 0.19 | 0 | 0.12 | 0 | 0 | 4 291.19 | 0 | 0.13 | 4 291.62 |
| | 盐碱地 | 0 | 0.14 | 0.62 | 0.12 | 0.17 | 0 | 278.36 | 2 | 281.41 |
| | 戈壁裸岩 | 7.15 | 1.11 | 2.31 | 24.88 | 1.92 | 0.27 | 22.35 | 42 044.13 | 42 104.12 |
| | 合计 | 806.65 | 74.46 | 2 605.36 | 118.07 | 55.57 | 4 291.92 | 300.89 | 42 047.38 | 50 300.28 |
| 2000—2010 | 耕地 | 804.98 | 0.09 | 0.82 | 0.68 | 0.06 | 0.02 | 0 | 0 | 806.65 |
| | 林地 | 0.01 | 74.75 | 0.02 | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 74.79 |
| | 草地 | 61.6 | 0.51 | 2 535.8 | 3.95 | 2.42 | 0 | 0.08 | 1.04 | 2 605.36 |
| | 建设用地 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 118 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 118.07 |
| | 水域 | 0.16 | 0.22 | 1.74 | 0 | 49.78 | 0 | 0.45 | 3.22 | 55.57 |
| | 沙地 | 0 | 0 | 0.02 | 0 | 0 | 4 291.53 | 0 | 0.03 | 4 291.58 |
| | 盐碱地 | 0.01 | 0.37 | 0.25 | 0 | 0.2 | 0 | 298.12 | 1.95 | 300.9 |
| | 戈壁裸岩 | 64.98 | 0.92 | 33.44 | 22.63 | 3.72 | 0.04 | 0.56 | 41 921.08 | 42 047.36 |
| | 合计 | 931.78 | 76.86 | 2 572.1 | 145.26 | 56.19 | 4 291.59 | 299.21 | 41 927.33 | 50 300.28 |
| 1975—2010 | 耕地 | 771.7 | 0.57 | 3.06 | 3.29 | 0.2 | 0.06 | 0 | 0.03 | 778.94 |
| | 林地 | 3.57 | 68.32 | 2.64 | 0.23 | 0.07 | 0 | 0 | 2.64 | 74.84 |
| | 草地 | 88.93 | 4.81 | 2 527.42 | 10.19 | 4.16 | 0.08 | 0.08 | 1.59 | 2 632.26 |
| | 建设用地 | 0.09 | 0.07 | 0.03 | 88.62 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 83.82 |
| | 水域 | 0.26 | 0.55 | 2.02 | 0.333 | 47.29 | 0 | 0.63 | 2.19 | 53.27 |
| | 沙地 | 0.19 | 0 | 0.13 | 0 | 0 | 4 291.14 | 0 | 0.16 | 4 291.62 |
| | 盐碱地 | 0.03 | 0.51 | 0.87 | 0.12 | 0.28 | 0 | 275.59 | 4.02 | 281.42 |
| | 戈壁裸岩 | 71.98 | 2.04 | 35.88 | 47.48 | 4.2 | 0.3 | 22.91 | 41 919.32 | 42 104.11 |
| | 合计 | 931.8 | 76.87 | 2 572.05 | 145.26 | 56.2 | 4 291.58 | 299.21 | 41 927.33 | 50 300.28 |

(1) 土地利用结构变化。疏勒河流域中下游 1975—2010 年间土地利用结构总体上无明显变化(表 1)。土地利用变化的主要特征是建设用地和耕地等代表人类对土地利用深度和广度的类型面积快速增长,而对干旱生态系统起重要调节作用的草地、林地、水域等面积则变化不大甚至有所减少。面积增加最多的土地利用类型是耕地,35 年间增加了 152.86km²;戈壁裸岩面积减少最为剧烈,减少了 176.78 km²。就变化幅度而言,35 年间建设用地面积增长高达 73.3%,而草

地面积减少了 2.29%。

(2) 土地利用的空间位置转换和数量变化。1975—2010 年,各土地利用类型总变化的面积大小依次是戈壁裸岩 > 耕地 > 草地 > 建设用地 > 盐碱地 > 林地 > 水域 > 沙地(表 2);变化形式上,耕地、建设用地、盐碱地和戈壁裸岩发生空间位置转换的面积小于其数量增加的面积,其余各地类的数量变化皆不同程度地小于其空间位置转换的面积。综合来看,整个流域土地利用的空间位置转换面积小于其数量变化。

表 2 1975—2010 年土地利用类型动态变化
Table 2 Dynamic change indexes of various land use types during 1975—2010

| 类型 | 转出 (km ²) | 转入 (km ²) | 总变化 (km ²) | 空间位置转换 (km ²) | 数量变化 (km ²) | 转出率 (%) | 转入率 (%) | 年变化率 (%) | 动态度 (%) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------|------------|-------------|------------|
| 耕地 | 7.21 | 165.05 | 172.26 | 14.42 | 157.84 | 0.03 | 0.61 | 0.51 | 0.63 |
| 林地 | 6.52 | 8.55 | 15.07 | 13.04 | 2.03 | 0.25 | 0.33 | 0.08 | 0.58 |
| 草地 | 109.84 | 44.63 | 154.47 | 89.26 | 65.21 | 0.12 | 0.05 | -0.07 | 0.17 |
| 建设用地 | 0.20 | 61.64 | 61.84 | 0.40 | 61.44 | 0.01 | 2.10 | 1.58 | 2.11 |
| 水域 | 5.98 | 8.91 | 14.89 | 11.97 | 2.93 | 0.32 | 0.48 | 0.15 | 0.80 |
| 沙地 | 0.48 | 0.44 | 0.92 | 0.88 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 盐碱地 | 5.83 | 23.62 | 29.45 | 11.66 | 17.79 | 0.06 | 0.24 | 0.18 | 0.30 |
| 戈壁裸岩 | 184.79 | 8.01 | 192.80 | 16.02 | 176.78 | 0.01 | 0.00 | -0.01 | 0.01 |
| 总计 | 320.85 | 320.85 | 641.71 | 157.65 | 484.06 | 0.02 | 0.02 | 0 | 0.04 |

(3) 土地利用动态度。水域、林地和草地等生态用地的转出率较高,建设用地和耕地的转入率较高。建设用地和耕地的平均年递增率分别高达 1.58%和 0.51%,而草地则平均年递减 0.07%。研究区综合土地利用动态度为 0.04%,其中建设用地动态度最大,沙地动态度最小。

2.1.2 土地利用/覆被变化过程分析 1975—2000 年,研究区 LUCC 以单向转换为主,整体演变趋势是草地和戈壁石砾地开垦为耕地和建设用地以及土地的盐碱化。从变化数量来看,戈壁裸岩面积减少最大,建设用地面积增加最大;从变化幅度来看,建设用地面积增幅最大。2000—2010 年,研究区 LUCC 整体特点是耕地增幅更为明显,生态用地面积有所增加。戈壁裸岩仍是面积减少最大的地类,但与前一阶段不同,减少去向主要是转为耕地;耕地增加最多。从变化幅度来看,建设用地增幅仍达 23.03%;其次是耕地。这一阶段林地和水域有所增加,盐碱地面积有所减少。2 个时期综合土地利用动态度分别为 0.013%和 0.024%,反映出近 10 年来研究区 LUCC 速度是前 25 年变化速度的近 1 倍。

2.2 景观空间格局特征

2.2.1 类型水平上的景观格局指数 (1)景观比例和斑块数量。3 个年份占主导地位的斑块类型都是戈

壁裸岩石砾地,其他景观类型合计在总面积中所占的比例均不超过 20%。3 个年份斑块数最多的景观类型均为草地,其次为建设用地。35 年来,林地、草地、建设用地和戈壁裸岩的斑块数目持续增长,而耕地、水域和盐碱地的斑块数目先增加后减少。

(2) 分离度。在所有地类中,林地的 SPLIT 指数在 3 个年份都最大,其次是建设用地和水域,表明这 3 类土地在空间分布上较为分散。但其中建设用地的 SPLIT 指数下降幅度较大,说明有趋于集中分布的态势。作为景观基质的戈壁裸岩石砾地在所有年份的 IJI 指数均很大,表明其景观内部斑块间的比邻概率更为均等^[14]。建设用地的 IJI 指数始终在减少,其他景观类型的 IJI 指数变化不明显。

(3) 连接性。1975—2010 年,戈壁裸岩石砾地和沙地的 COHESION 均接近 100,说明这两类景观的自然连通性最好。而各年份建设用地和林地的 COHESION 均最低,说明其分布相对分散,空间连接性较低^[15]。

2.2.2 景观水平上的景观格局指数 表 3 为 Landscape 水平上的景观格局指数变化。可以看出,近 35 年整个景观的斑块密度持续增加,最大斑块指数则持续减少,景观总体破碎程度加剧;这也可以从 CONTAG 指数来印证,CONTAG 指数的减小反映出

表 3 景观水平上的景观格局指数
Table 3 Landscape indexes of landscape level

| 年份 | PD (10 ⁻² hm ²) | LPI (%) | SHAPE_AM | COHESION | IJI (%) | CONTAG (%) | SPLIT (%) | SHDI |
|------|---|------------|----------|----------|------------|---------------|--------------|-------|
| 1975 | 147 | 81.67 | 7.54 | 99.32 | 53.55 | 77.84 | 1.48 | 0.632 |
| 2000 | 155 | 81.55 | 7.69 | 99.31 | 55.27 | 77.47 | 1.49 | 0.639 |
| 2010 | 160 | 81.30 | 7.80 | 99.29 | 56.71 | 76.98 | 1.50 | 0.652 |

优势斑块类型的连接性降低，景观趋于多要素密集，破碎加剧。SHAPE_AM 指数增加，景观形状趋于复杂化；斑块间的结合度减小，IJI 指数增加，景观中不同斑块类型的团聚度减小，延伸程度增加，表明 1975 年时景观中的优势斑块类型(主要是戈壁)的连接性较 2010 年差，景观更加破碎。景观的多样性指数呈现持续增加的态势，也说明研究区的景观异质性在增大。

2.3 土地覆被变化的驱动力

2.3.1 自然因素 研究区主体为冲积平原，地势比较平坦，坡度和海拔起伏不大，地形、地貌和土壤条件在短时间内变化不明显，本研究中自然因素只考虑气候变化。气候变化在一定程度上会改变区域水系统

和水环境，最终影响区域土地利用/覆被的空间分布格局^[17]。选择敦煌气象站 1975—2010 年的气温和降水数据，用 5 年移动平均法做趋势分析，结果表明(图 3)：1975—1990 年，敦煌站年均气温 9.28℃；1990—2000 年，年均气温 9.89℃；2000 年以后达到 10.57℃，气温总体上在波动中呈持续增加的趋势。降水量在 1990 年前持续减少，1990 年以后波动较大，无明显规律。由于研究区生态体系的脆弱性及干旱环境对气候增温的异常敏感性，使得气候的任何小幅变化都将对该区域生态环境产生深刻的影响。研究区不明显的气候暖干化或暖湿化趋势虽可能在一定程度上影响 LUCC，但与研究时段 LUCC 的实际对比来看，显然不是主要因素。

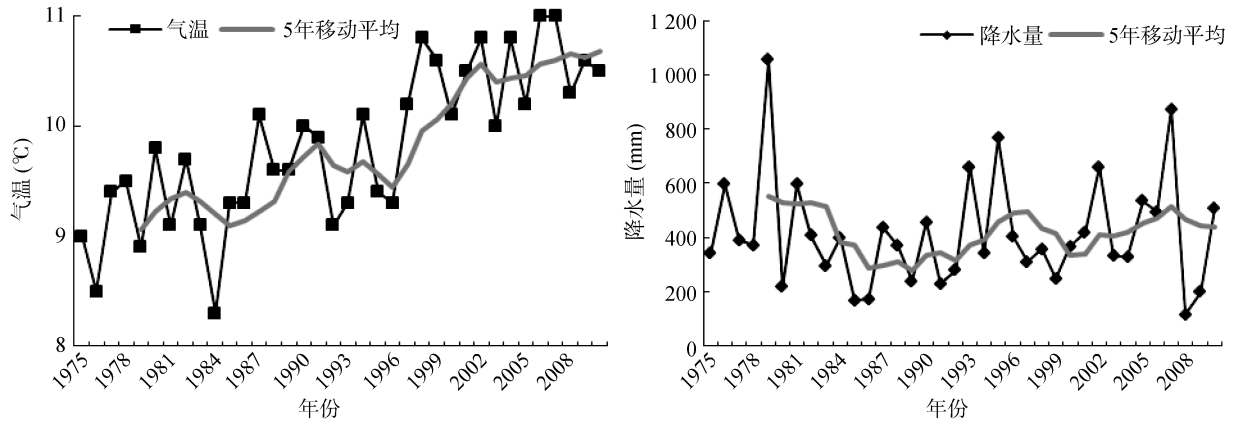


图 3 平均气温和平均降水曲线及其变化趋势
Fig. 3 Change trends of average precipitation and temperature

2.3.2 社会经济因素 土地利用与景观格局变化是各种驱动因素的综合作用结果，在几十年甚至百年尺度上，自然驱动力相对稳定，具有累积效应，而人类活动产生的环境变化成为主要因素^[18]。本文选取影响 LUCC 的 9 个指标进行主成分分析。平均值标准化处理后，运用 SPSS 软件进行因子分析初始解，利用主成分分析法构造因子变量，得到各因子方差贡献及累计贡献率，经 Bartlett 球体检验，显著性概率为 0.000，检验样本 KMO 系数为 0.759，效果较好。按照特征值大于 1 以及累积贡献率大于 85%的原则提取主成分因子，前 2 个主成分方差贡献率分别为 67.95%和 26.72%，累计贡献率已达 94.67%，其特征

值分别为 6.8 和 2.67。方差极大化(varimax)旋转后前 2 个主成分在各变量上的载荷见表 4。

表 4 旋转因子载荷矩阵
Table 4 Rotated component matrix

| 指标 | 因子 1 | 因子 2 |
|-----------|-------|--------|
| 总人口 | 0.928 | -0.544 |
| 生产总值 | 0.789 | 0.427 |
| 一产产值 | 0.749 | -0.849 |
| 二产产值 | 0.923 | -0.054 |
| 三产产值 | 0.908 | -0.218 |
| 农民人均纯收入 | 0.932 | -0.060 |
| 粮食产量 | 0.667 | 0.745 |
| 农作物播种面积 | 0.391 | 0.879 |
| 社会消费品零售总额 | 0.858 | -0.500 |

由表 4 可看出,第一主成分在总人口、二产产值、三产产值、农民人均纯收入、社会消费品零售总额等指标上载荷较大,可概括为人口与经济因子;第二主成分在一产产值、农作物播种面积和粮食产量上载荷大,概括为农业发展因子。这表明,农业生产、人口和经济发展是研究区 LUCC 的最主要驱动力。依据流域各县区历年统计年鉴,研究区 1989 年的总人口为 18.26 万,到 2010 年人口增加到 33.48 万,城镇化率也由 1989 年的 21.6% 提高到 2010 年的 47.1%,这直接导致了建设用地快速增长。农业经济一直是疏勒河流域中下游重要的经济来源,疏勒河综合开发项目自 1996 年启动以来,安置甘肃省中东部 11 个县贫困农民 15 万人,仅 2005 年和 2008 年就安置 6.2 万人。这些移民属于生存移民,为解决温饱,必然要大规模开荒,致使流域耕地面积急剧扩张,尤其是 2000 年以来的 10 年。此外,在棉花价格不断上涨的利益驱使下,棉花种植面积逐年递增也是导致 2000 年后耕地面积加速增长的另一原因。20 世纪 70 年代以后,流域大力实施了“三北”防护林体系工程、平原绿化工程、防沙治沙工程等生态工程建设,人工造林面积不断扩大,在一定程度上遏制了生态环境恶化。同时,旅游、采矿放牧等活动也在一定程度上影响着土地利用的演化。

3 讨论

35 年来疏勒河流域中下游的土地利用格局未发生质的变化,但土地利用类型的转换较为频繁,水域、林地和草地等生态用地的转出率高,建设用地和耕地的转入率高,最主要的转移方式是草地、戈壁石砾地开垦为耕地和建设用地,且在最近 10 年发生较为频繁。土地利用的变化导致研究区景观总体破碎程度加剧,景观形状趋于复杂化,斑块间的结合度减小,不同斑块类型的团聚度减小,延伸程度增加,景观总体异质性增强。河西走廊 3 大内陆河中,疏勒河的开发历史并不晚于石羊河与黑河,但因为疏勒河流域人口数量特别是农业人口大大少于其他两个流域,人类活动对土地、水资源和生态环境的干扰相对较低,地类转换较之塔里木河等其他内陆河也并不频繁^[8-10]。

人口增长和社会经济发展一直是驱动疏勒河流域中下游 LUCC 的根本因子,人口增加必然会导致城乡建设用地扩张,并驱动耕地、未利用土地向城乡工矿居民用地转换,社会经济发展促使人们不断开垦草地、林地、未利用土地以扩大耕地面积。这与马中华等^[12]、孙力炜等^[19]和张韬等^[20]在疏勒河不同时间

段的研究结论一致。近 35 年,流域进行了大规模水土开发,尤其是地下水埋藏浅、交通便利的冲洪积平原区大量未利用地被开垦为农田,导致耕地和建设用地迅速增加,土地利用程度不断提高,自然绿洲被大规模人工绿洲所取代。土地利用变化深刻影响流域景观格局,而社会经济快速发展与人类对土地利用程度不断提高导致的景观破碎度增强同样证实了人类活动对景观格局的强烈干扰。流域景观格局稳定依赖于流域土地与水资源可持续利用的协调发展以及人类活动的有序化,因此,发展大规模集约化农业,维持耕地面积稳定并提高质量,降低土地利用变化引起景观格局动态的负面影响是实现流域土地资源可持续利用的关键。水资源是决定整个流域生态系统发育与演化趋势最重要的因素,景观生态建设的关键也是水资源的合理分配与利用,只有将河流廊道的建设、绿洲景观建设与荒漠植被景观生态建设三者有机结合,共同协调发展,才能建立稳定的景观生态体系。目前,瓜州是建设中的酒泉国家千万千瓦级风电基地核心区,敦煌正在建设甘肃最大的光伏发电基地,且正在打造国家级文化产业示范区,未来以新能源、文化、旅游产业为支柱的经济转型成为必然趋势,如何寻找疏勒河流域经济发展和生态保护的平衡点,是流域必须解决的首要课题。

参考文献:

- [1] 崔佳, 臧淑英. 哈大齐工业走廊土地利用变化的生态环境效应[J]. 地理研究, 2013, 32(5): 848-856
- [2] Turner II BL, Lambin EF, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability[J]. PNAS, 2007, 104(52): 20 666-20 671
- [3] 赵阳, 余新晓, 贾剑波, 刘旭辉. 红门川流域土地利用景观动态演变及驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(9): 239-248
- [4] 马利邦, 牛叔文, 杨丽娜. 基于 Markov 和 CLUE-S 模型的敦煌市土地利用/覆盖格局情景模拟[J]. 生态学杂志, 2012, 31(7): 1 823-1 831
- [5] 严应存, 校瑞香, 肖建设, 刘宝康, 李甫, 伏洋, 郭广. 青海省巴音河流域 LUCC 遥感调查及驱动分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(1): 276-283
- [6] 史利江, 王圣云, 姚晓军, 牛俊杰, 俞立中. 1994—2006 年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1 468-1 478
- [7] 张文帅, 王飞, 穆兴民, 李锐, 何毅. 近 25 年延河流域土地利用/覆盖变化的时空特征[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 148-152
- [8] 孙美琴, 赵成义, 施枫芝, 彭冬梅, 吴世新. 近 20 a 塔里木河干流区土地利用变化特征[J]. 干旱区研究, 2013, 30(1): 16-21

- [9] 姜朋辉, 赵锐锋, 赵海莉, 樊洁平, 汪建珍, 刘超. 1975 年以来黑河中游地区土地利用/覆被变化时空演变[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(5): 473-479
- [10] 唐嘉琪, 石培基. 民勤土地利用格局时空变化研究[J]. 中国沙漠, 2013, 33(3): 928-935
- [11] 叶红梅, 陈少辉, 盛丰, 谌宏伟. 疏勒河流域中下游土地覆盖动态变化及其与地下水的相关性[J]. 水利学报, 2013, 44(1): 83-90
- [12] 马中华, 张勃, 张建香, 靳生理, 孙力炜. 疏勒河中下游土地利用动态变化分析[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(8): 97-101
- [13] 宋开山, 刘殿伟, 王宗明, 张柏, 金翠, 李方, 刘焕军. 1954 年以来三江平原土地利用变化及驱动力[J]. 地理学报, 2008, 63(1): 93-104
- [14] 闫俊杰, 乔木, 田长彦, 周生斌, 卢磊, 宋鹏. 新疆典型绿洲阜康地区土地利用/覆被及景观格局变化分析[J]. 水土保持通报, 2013, 33(1): 139-145
- [15] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007: 90-101
- [16] 陆晴, 刘丽娟, 王玉刚, 李彦. 新疆三工河流域农业绿洲近 30 年景观格局变化及其驱动力[J]. 生态学杂志, 2013, 32(3): 748-754
- [17] 王生霞, 丁永建, 叶柏生, 廖杰, 谢遵义. 基于气候变化和人类活动影响的土地利用分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(4): 828-834
- [18] 臧淑英, 王凌云, 那晓东. 基于经济驱动因子的土地利用结构变化区域差异分析[J]. 地理研究, 2011, 30(2): 224-231
- [19] 孙力炜, 张勃, 张建香, 靳生理, 马中华. 内陆河流域土地利用/覆盖变化的生态效益评价[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(3): 80-85
- [20] 张韬, 徐当会, 王辉, 王刚. 疏勒河流域中下游景观格局特征与景观生态建设[J]. 草业科学, 2007, 24(4): 19-22

Dynamic Change of Land Use & Landscape Pattern in Middle and Lower Reaches of Shule River During Recent 35 Years

PAN Jing-hu, HU Yan-xing

(College of Geographic and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The middle and lower reaches of Shule River was chosen as the study area. Remote sensing images in 1975, 2000 and 2010 were used to extract land use/cover information. Then the landscape change tendency, change area, change rate and specific conversion type were studied quantitatively through the transfer matrix calculation. Through extracting characteristics of landscape pattern indexes, the regional pattern of landscape ecology and landscape heterogeneity was analyzed. Finally, the driving factors for landscape pattern change were investigated. Results indicated that the proportions of cultivated land and construction land expanded sharply by 19.6% and 73.3%, respectively over the past 35 years. Construction land was the highest in dynamic degree, reaching 2.11% and was followed by cultivated land. The conversions of gobi and grassland into cultivated land, and the conversion of gobi into grassland and construction land were the main trends of the land use variation. Totally, landscape density increased, the largest path index decreased, the weight area index increased and the shape of landscape became irregularity. The degree of diversity landscape and fragmentation increasing also showed that the land uses became more complex. Driving force analysis showed that the population growth and economic development were the most direct driving forces for land use/cover changes in study area.

Key words: Land use, Landscape pattern, Dynamic change, Driving force, Shule River Basin