

疏勒河上游山区不同海拔梯度的景观格局变化^{*}

谢霞 杨国靖^{**} 王增如 王杰

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所寒旱区水文与土地资源实验室,兰州 730000)

摘要 基于1986年7月的Landsat TM和2001年7月的Landsat ETM遥感影像及1:50000 DEM数据,利用ArcView GIS 3.3和Fragstats 3.3软件对祁连山西端疏勒河上游山区不同海拔高程带的景观变化进行了分析。结果表明:整体景观上,疏勒河上游山区以草地为基质,灌丛与其他景观类型作为斑块镶嵌其中,结构组成单一,形状规则,斑块分布集中;在景观要素水平上,低覆盖度草地所占面积最大,其次是裸岩石砾地,所有植被约占52%,高覆盖度草地仅占5%,居民点少且分散;15年里,草地退化严重,灌丛、高覆盖度草地、低覆盖度草地和沼泽地面积减少,裸地、河滩地、中覆盖度草地和农田面积增加;草地在3800~4000 m的海拔高程带内退化最为严重,而这一高程带正是该区多年冻土分布的下限,因气候变暖而导致的冻土活动层增厚与土壤含水量的降低是草地退化的主要原因。

关键词 景观变化;草地;高程带;山区;冻土

中图分类号 Q149 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)7-1420-07

Landscape pattern change in mountainous areas along an altitude gradient in the upper reaches of Shule River. XIE Xia, YANG Guo-jing, WANG Zeng-ru, WANG Jie (*Division of Hydrology and Water-Land Resources in Cold and Arid Regions, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(7): 1420-1426.

Abstract: Based on the Landsat TM images in July 1986, Landsat ETM images in July 2001, and 1:50000 DEM data, the landscape pattern change in the mountainous areas along an altitude gradient in the upper reaches of Shule River from 1986 to 2001 was studied by using software ArcView GIS 3.3 and Fragstats 3.3. In the study areas, grassland was the matrix, while shrubs and other landscape types were the mosaic patches. The landscape had simple structure, single composition, regular shape, centralized patch distribution, and a few dispersed residential points. Among the landscape types, sparse grassland had the largest area, followed by naked gravel land. The vegetation coverage was about 52%, and dense grassland only accounted for 5%. In the 15 years, the areas of shrubs, dense grassland, sparse grassland, and swamp meadow decreased due to degradation, while those of mid-density grassland, barren land, bottom land, and cropland increased. The grassland at the altitude 3800-4000 m, the lower limit of permafrost distribution, was undergone most serious degradation. The thickening of active permafrost layer and the decrease of soil moisture content due to climate warming could be the main reasons of grassland degradation.

Key words: landscape change; grassland; elevation zone; mountainous area; permafrost.

景观生态学是一门多学科交叉的综合性学科,它不仅研究景观生态系统自身发生、发展和演化的

规律特征,也为人类合理开发利用自然资源、保护和建设生态环境提供理论方法和科学依据(傅伯杰等,2004)。因此,对景观生态系统的研究是解决发展与保护、经济与生态之间的矛盾,促进生态经济可持续发展的途径和措施之一(肖笃宁,1991)。而要揭示景观生态系统的演替机制和趋势、探索人类活动

^{*} 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-QN310)和国家重点基础研究发展计划资助项目(2007CB411502)。

^{**} 通讯作者 E-mail: ygj7518@163.com

收稿日期:2010-01-05 接受日期:2010-04-19

和景观变化间的相互关系,景观动态分析是一个很好的方法 (Olsson *et al.*, 2000; Reid *et al.*, 2000)。景观动态分析包括对景观结构单元的组成成分、多样性、形状和空间格局的变化分析,以及由此导致的能量、物质和生物在分布与运动方面的差异分析 (邬建国, 2000; 李小玉和肖笃宁, 2004)。水是一切生态过程的驱动力,也是环境体系中最为活跃的因素。在干旱区内陆河流域,水的空间分布极不均衡,降水多集中于上游山区,上游山区即是整个流域水资源的“源”区 (肖笃宁等, 2003)。山区景观格局的变化会改变整个流域的水文过程,引起不同的生态效应。因此,山区景观动态变化分析是明晰内陆河流域生态功能变化趋势、管理和经营流域水资源的前提。

疏勒河流域位于河西走廊的最西端,是河西走廊 3 大内陆河流域最干旱的区域,景观结构简单,对自然或人为干扰极为敏感 (肖笃宁等, 2003),已有一些学者开展了对其中下游景观格局动态的研究工作 (张幸福等, 2004; 靳盛海等, 2007; 张韬等, 2007),但对整个流域水资源有控制作用的上游山区的景观格局动态研究目前还是空白。研究表明,多年冻土退化是导致寒区生态系统退化的主要原因 (张森琦等, 2004; 钟欣, 2005)。气温升高致使山区多年冻土下限上升、上限下降、季节性融化层增厚以及表层土壤含水量降低,从而使生态系统与地表景观发生一系列的变化 (汪青春等, 2005; 赵云云和赵其华, 2009)。因此,本文对疏勒河上游山区不同海拔梯度的景观格局变化进行了研究,以期为研究区开展干旱山区景观与生态水文研究提供参考依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

疏勒河是我国河西 3 大内陆河流之一,发端于疏勒南山沙果林那木吉木岭古夏日岗山北麓,西北流经昌马、玉门镇、饮马场后,西流接纳党河继而注入哈拉湖,最后消没于新疆维吾尔自治区东部边境的盐沼之中,河流大致呈北西—南东走向,地势由东往西倾斜,全长 670 km,流域面积 $4.13 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中出山口昌马堡以上的上游山区 (简称疏勒河上游山区 (38.2°N — 40.0°N , 96.6°E — 99.0°E)) 是本文的具体研究区域 (图 1)。该区行政上地跨青海省海西蒙古族自治州的天峻县和甘肃省酒泉市的肃北蒙古族自治县,地形上主要由疏勒南山、托来南山和疏勒河谷地组成,山区地势高峻、地形陡峭,谷地地形相对低缓。面积约 $1.14 \times 10^4 \text{ km}^2$,海拔 2100 ~ 5750 m,年均气温 -3.5°C ,年降水量 100 ~ 600 mm,年均蒸发量 1203.5 mm,气候干冷、多风 (天峻县县志编纂委员会, 1995; 盛煜等, 2010)。植被类型按海拔高度从高到低分为 5 个垂直带:高寒荒漠草甸、高山草甸、高山灌丛草甸、山地草原和山地荒漠草原,因干旱少雨而缺失森林带。区内地广人稀,居民点少且分散,主要产业为牧业。

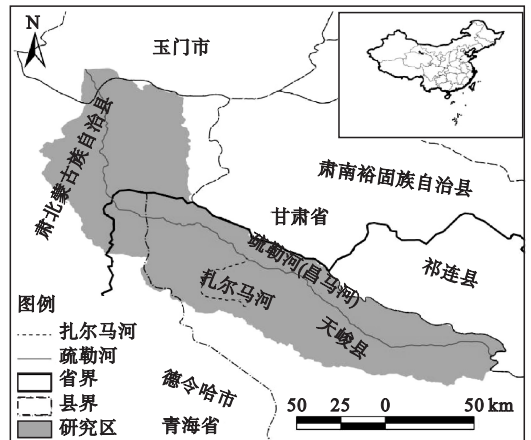


图 1 研究区位置示意图

Fig. 1 Location of study area

1.2 数据来源与处理

1986 年 7 月 Landsat TM 和 2001 年 7 月 Landsat ETM 遥感影像数据及 1 : 50000 DEM 数据均来自中国西部环境与生态科学数据中心。1986 年的 Landsat TM 数据空间分辨率为 30 m, 2001 年的 Landsat ETM 数据空间分辨率为 15 m。将 2 期的 Landsat TM/ETM 影像根据 1 : 50000 地形图 (横轴墨卡托投影) 进行校正, 2001 年影像的横轴墨卡托投影均方根误差为 0.45 像素, 1986—2001 年影像校正误差为 0.5 像素。研究区以昌马堡水文站为水文控制点, 通过 DEM 数据利用 ArcView GIS 3.3 的水文分析模块获得流域边界信息。

1.3 景观要素分类与景观格局指数的选取

根据疏勒河上游山区景观特征, 划分了 13 种景观要素: 灌丛、高覆盖度草地 (盖度 $\geq 50\%$)、中覆盖度草地 ($20\% \leq \text{盖度} \leq 50\%$)、低覆盖度草地 ($5\% \leq \text{盖度} \leq 20\%$)、裸地 (盖度 $\leq 5\%$)、沼泽地、湖泊、农田、居民点、冰川和永久积雪地、裸岩石砾地、河滩地和其他用地。利用 ArcView GIS 3.3 软件, 将目视解

译得到的 1986 和 2001 年景观矢量图转为栅格图, 为避免小面积斑块的丢失, 栅格大小定为 30 m×30 m, 计算并统计 2 期不同景观要素的面积, 根据式 (1) 得到研究区各景观要素的年变化率。通过空间分析模块将 2 期的景观栅格图进行空间叠加分析, 得到研究区景观变化图与景观要素转移矩阵。

$$A_1 \times (1 \pm s)^{15} = A_2 \tag{1}$$
式中: A_1 为 1986 年各景观要素的面积; A_2 为 2001 年各景观要素的面积; s 为年变化率; 15 为经过的年数。

将景观栅格图导入 Fragstats 3.3 软件, 分别计算研究区 2 期的景观指数。根据研究区特点, 参照国内一些学者的相关研究 (卢玲等, 2001; 李小玉等, 2004; 庄长伟等, 2009), 本文选取了景观总面积、景观要素面积百分比、斑块数量、斑块密度、最大斑块指数、周长-面积分形维数、蔓延度指数、聚合度指数、Shannon 多样性指数和均匀度指数等景观指数, 在景观水平上进行了景观破碎化和多样性分析。

1.4 研究区海拔梯度带的划分

在山区, 海拔高度决定了降水量和气温, 是影响景观格局最主要的因素。本研究区海拔高程处于 2100 ~ 5750 m, 空间分异大, 垂直带谱明显, 因此对不同高程带的景观格局变化进行分析, 能更明确地了解研究区景观变化动向, 也更有利于分析景观格局变化的驱动因素。在 ArcView GIS 3.3 软件中, 基于该区的 DEM 和植被分布, 将研究区从低到高依次划分为 2100 ~ 2500 m、2500 ~ 3000 m、3000 ~ 3500 m、3500 ~ 3800 m、3800 ~ 4000 m、4000 ~ 4200 m、4200 ~ 4500 m、4500 ~ 5750 m 共 8 个高程带, 各高程带分别占景观总面积的 1.73%、5.11%、11.55%、13.11%、19.78%、17.12%、17.49% 和 14.10%。然后将景观变化图与各高程带进行空间叠加分析, 得到不同高程带景观格局变化的空间分布特征信息。

2 结果与分析

2.1 景观变化的定量分析

2 期景观总体特征基本相似, 无论是从面积还是从斑块数量来说, 低覆盖度草地和裸岩石砾地在整个景观中均占主要部分, 分别占整个景观的 25% 和 23%, 其次为中覆盖度草地占 20%, 包括冻融碎屑岩在内的其他用地占 19%, 高覆盖度草地占 5%, 裸地占 4%, 灌丛、沼泽地、冰川和永久积雪地各占

1%, 湖泊、河滩地、居民点用地和农田极少。显然, 整个景观中草地面积最大, 为 50%, 控制着景观格局、物质流动和能量流动等生态过程。所以疏勒河上游山区景观以草地为基质, 灌丛及其他景观类型镶嵌分布其中, 景观结构组成单一, 植被低矮, 层次分化不明显。

由表 1 可见, 从 1986—2001 年, 灌丛、高覆盖度草地、低覆盖度草地、湖泊和沼泽地面积减少, 其中低覆盖度草地面积减少最多, 但年递减率较小, 湖泊和沼泽地面积减少不多, 年递减率却较高。这主要是由于研究区近期气温升高幅度较大而引起蒸发量增加, 致使土壤含水量降低而导致的。据 1961—2002 年的气象资料分析, 西北干旱区气温倾向率为 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{ a}^{-1}$, 明显高于全国平均气温倾向率 $0.11\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{ a}^{-1}$, 疏勒河流域近 25 年的气温倾向率竟高达 $0.54\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{ a}^{-1}$, 而全区降水量总体变化趋势不明显 (李栋梁等, 2004; 陈宜瑜等, 2005)。显然, 气候变暖对占景观较小比例的湖泊和沼泽地影响较大。相反, 中覆盖度草地、河滩地和裸地面积增加, 其中中覆盖度草地面积增加最多。为追求经济的发展, 人类开垦的速度在加快, 因而农田面积在增加, 且年递增率较高。其他斑块类型变化极少或没有变化。景观中草地的基质优势短时间内不会受到威胁, 虽然有所退化, 但退化的速率不高; 然而景观的总体植被类型退化却较明显, 尤其是沼泽地。所占景观百分比极少的农田增加速率最高, 说明人类活

表 1 1986—2001 年景观要素的面积变化 (km²)
Tab.1 Change area of patch classes in landscape from 1986 to 2001

景观要素	1986 年	2001 年	变化面积	年变化率 (%)
灌丛	103.45	101.94	-1.51	0.10
高覆盖度草地	612.23	607.47	-4.76	0.05
中覆盖度草地	2236.22	2266.30	30.08	0.09
低覆盖度草地	2862.86	2840.29	-22.57	0.05
湖泊	1.59	1.52	-0.07	0.29
冰川和永久积雪地	101.89	101.89	0.00	0.00
河滩地	27.77	28.70	0.93	0.22
居民点	0.56	0.56	0.00	0.00
沼泽地	85.54	80.49	-5.35	0.43
裸地	469.72	472.58	2.86	0.04
裸岩石砾地	2673.98	2673.98	0.00	0.00
其他用地	2212.86	2212.86	0.00	0.00
农田	2.29	2.68	0.39	1.05

变化面积中, 正值表示增加, 负值表示减少。

表 2 1986 和 2001 年疏勒河上游景观水平的景观格局指数
Tab.2 Indices on landscape level of the upper reaches of Shule River in 1986 and 2001

年份	斑块数	斑块密度 (个·100 hm ⁻²)	最大斑块指数 (%)	周长-面积 分形维数	蔓延度 (%)	聚合度 (%)	Shannon 多样性	Shannon 均匀度
1986	4211	0.37	5.99	1.47	61.21	95.79	1.7536	0.6837
2001	4110	0.36	5.99	1.48	61.24	95.80	1.7525	0.6832

动的干扰在不断增强,自然生态系统在不断遭到破坏。

疏勒河上游山区以牧业为主要产业,而受牧业活动影响最大的景观要素是草地,草地的退化状态说明放牧活动对植被景观的破坏程度(汤萃文等,2009)。畜牧业的发展,草地牲畜的超载,乱砍滥伐天然灌木林,加之公路等的建设,成为本区草地退化的人为因素。同时,郭小芹等(2009)研究表明,疏勒河出山口温度持续显著上升,降水波动性变化,主干河流径流量明显减少,这势必会影响植被的生长。此外,鼠害造成的水土流失也是本区草地退化原因之一(天峻县县志编纂委员会,1995)。

景观指数可以用来定量地描述和监测景观结构特征随时间的变化。1986—2001 年,研究区斑块数目减少,斑块密度降低,蔓延度和聚合度指数增加,反映了该景观的破碎化程度和生境斑块相互之间的隔离程度降低,连通性增强。最大斑块指数没有变化,在一定程度上表明景观优势度没有发生变化。以景观的结构复杂性来看,周长-面积分形维数变化很小,均约为 1.5,说明景观形状较规则,复杂化趋势不明显。同时,Shannon 多样性指数和均匀度指数较小,变化不大,反映出景观的异质性和多样性较低,15 年来没有显著变化(表 2)。

表 3 1986—2001 年景观要素面积转移矩阵
Tab.3 Transposed matrix of the whole landscape level from 1986 to 2001

2001 年	1986 年												
	灌丛	高覆盖度 草地	中覆盖度 草地	低覆盖度 草地	湖泊	冰川和永 久积雪地	河滩地	居民点	沼泽地	裸地	裸岩石 砾地	其他	农田
灌丛	101.94 (98.54)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
高覆盖度 草地	0.00 (0.00)	605.45 (98.89)	1.86 (0.08)	0.00 (0.00)	0.02 (1.27)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.14 (0.17)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
中覆盖度 草地	1.32 (1.28)	2.80 (0.46)	2204.16 (98.57)	56.68 (1.98)	0.08 (4.82)	0.00 (0.00)	0.04 (0.13)	0.00 (0.00)	1.02 (1.19)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.19 (8.49)
低覆盖度 草地	0.00 (0.00)	3.95 (0.65)	28.83 (1.29)	2805.12 (97.98)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	2.36 (2.75)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.02 (0.00)	0.00 (0.00)
湖泊	0.00 (0.00)	0.03 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	1.49 (93.91)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
冰川和永久 积雪地	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	101.89 (100.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
河滩地	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.96 (0.04)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	27.74 (99.87)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
居民点	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.56 (100.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
沼泽地	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	80.49 (93.77)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
裸地	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	1.04 (0.04)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	1.83 (2.13)	469.72 (100.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
裸岩石砾地	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	2673.97 (100.00)	0.01 (0.00)	0.00 (0.00)
其他	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.01 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	2212.84 (100.00)	0.00 (0.00)
农田	0.19 (0.18)	0.00 (0.00)	0.39 (0.02)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	2.10 (91.51)

括号内数字代表转换率(%),其他的则代表从 1986—2001 年不同景观要素之间的转换面积(km²)。

表 4 1986 年各景观要素沿海拔梯度分布的面积 (km²)
Tab. 4 Areas of patch classes in different altitude zones in 1986

海拔高度 (m)	灌丛	高覆盖度 草地	中覆盖度 草地	低覆盖度 草地	湖泊	冰川和永 久积雪地	河滩地	居民点	沼泽地	裸地	裸岩石 砾地	其他	农田
2100 ~ 2500	0.45	0.00	11.44	48.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.75	37.70	0.00	0.00
2500 ~ 3000	3.03	0.00	138.43	118.66	0.00	0.00	14.84	0.40	0.00	77.51	224.55	3.01	2.29
3000 ~ 3500	30.03	17.95	311.63	369.75	0.00	0.00	7.06	0.11	0.00	55.43	498.79	25.29	0.00
3500 ~ 3800	40.55	79.52	398.14	369.22	0.00	0.00	2.63	0.04	0.81	57.58	454.82	90.77	0.00
3800 ~ 4000	18.88	183.13	709.90	614.47	0.69	0.00	2.94	0.00	27.76	146.27	403.64	144.99	0.00
4000 ~ 4200	7.42	2324.45	404.67	516.01	0.67	0.00	0.30	0.00	41.96	23.53	444.78	278.40	0.00
4200 ~ 4500	2.06	93.66	232.20	545.04	0.23	3.70	0.00	0.00	15.31	10.56	424.60	664.33	0.00
4500 ~ 5750	1.03	5.52	29.58	280.36	0.00	98.06	0.00	0.00	0.00	0.00	184.84	1004.97	0.00

2.2 景观要素间的转换

景观变化的数量和方向是景观演替的重要因素 (Antrop, 2000)。因此,本文通过景观要素间的转换分析探究景观演替的方向和景观变化的趋势。从表 3 可见,15 年来疏勒河上游山区变化最明显的景观要素是沼泽地,其中有 3.52 km² 由于土壤含水量减少而退化为草地,有 1.83 km² 萎缩后形成土地“黑土滩”型次生裸地,各占同期总面积的 4.11% 和 2.13%。同时,人们乱砍滥伐天然灌木林,毁林垦种造成灌丛向草地和农田的转变,即农田的增加是以牺牲灌丛和草地为代价的。不同覆盖度草地之间的转化与逆转并存是研究区景观格局变化的另一大特点,由覆盖度较高的草地(沼泽地和高覆盖度草地)向覆盖度较低的草地(中覆盖度草地和低覆盖度草地)转化了 10.13 km²,而逆转的面积仅为 1.86 km²,说明草地的稳定性较差,易受气候变化及人为活动的影响。可见,疏勒河上游山区景观格局变化的总体趋势是灌丛、沼泽地等覆盖度较高的植被类型在减少,向覆盖度较低的植被类型或裸地转变。

2.3 不同海拔梯度带的景观格局变化特征

从表 4 可以看出,各景观要素随着海拔高度的变化呈现出明显的垂直分异性。2100 ~ 2500 m 分布最多的是裸地和低覆盖度草地,随着海拔的升高,中覆盖度草地、高覆盖度草地和灌丛组分逐渐增加,在 3800 ~ 4000 m 灌丛和中覆盖度草地达到最大值,随后逐渐减少,高覆盖度草地则在 4000 ~ 4200 m 达到最大值;低覆盖度草地面积分布规律与不同海拔高程带的面积分布规律相吻合,反映出草地作为整个研究区基质的特征。农田、居民点和河滩地主要分布在 2500 ~ 3000 m,湖泊和沼泽地主要分布在 3800 ~ 4500 m,4200 m 以上才有冰川和永久积雪地分布。裸岩石砾地是在各海拔高程带分布最为均衡

的一个类型,其他用地除 2500 m 以下没有分布外,其余高程带均有分布,主要分布在 3800 m 以上,这和将冻融碎屑岩等其他未利用地归于这一类有关。总的来看,2500 m 以下和 4500 m 以上的高程带景观要素分布较少,面积差异很大,分布不均;3800 ~ 4500 m 的高程带景观要素分布最多,分布较均匀。

随着海拔高度的增加,裸地、河滩地、农田、居民点和湖泊呈现出海拔越高分布越少的趋势;相反,冰川和永久积雪地以及包括冻融碎屑岩在内的其他用地呈现出海拔越高分布越多的趋势。

研究区主要植被类型是草地,沼泽地相应的植被类型是沼泽草甸,草地的变化反映了该区生态环境的变化。从 1986—2001 年主要植被类型转换为其他景观要素的面积在空间分布上有一个明显的特征(表 5),即 4 种植被类型向其他景观要素转换的区域主要分布在 3800 ~ 4000 m (例如,从 1986—2001 年,沼泽草甸转换为其他景观要素的面积中有 99.62% 位于该高程带),这个高程带植被动态最为活跃,是草地退化最明显、裸地增加最多的区域,而且这个高程带与本区多年冻土分布下界的海拔高度大体相近(吴吉春, 2009; 盛煜等, 2010)。许多研究表明,气温升高致使山区多年冻土下界分布海拔高度上升和季节融化深度加深,导致多年冻土上限逐渐下降及表层土壤的含水量明显降低,从而使冻土圈生态系统发生一系列变化,地表景观的变化则表现为草甸、草原退化以及土地荒漠化 (Jorgenson *et al.*, 2001; 钟欣, 2005; Wang *et al.*, 2006), 形成土地“黑土滩”型次生裸地和高寒草原沙化等危害(张森琦等, 2004; 汪青春等, 2005; 赵云云和赵其华, 2009)。在研究区内,多年冻土分布面积达 83%, 且因植被覆盖度低,多年冻土的形成和保存主要受气候驱动的影响,而生态过程对其几乎没有影响

表 5 1986—2001 年主要植被类型转换为其他景观要素的面积在不同高程带的比例(%)

Tab.5 Percent of vegetation transforming to other patch classes in different altitude zones from 1986 to 2001

海拔高度 (m)	沼泽草甸	高覆盖度 草地	中覆盖度 草地	低覆盖度 草地
2500 ~ 3000	0. 00	0. 00	2. 97	0. 00
3500 ~ 3800	0. 00	10. 15	15. 99	13. 72
3800 ~ 4000	99. 62	44. 02	36. 64	32. 77
4000 ~ 4200	0. 38	16. 48	10. 71	26. 3
4200 ~ 4500	0. 00	29. 35	29. 65	23. 85
4500 ~ 5750	0. 00	0. 00	4. 04	3. 36

(吴吉春,2009;盛煜等,2010)。因此,这一高度带植被的退化主要是因气候变暖导致冻土退化引起的。

3 讨 论

Mertens 和 Lambin(2000)建议,在研究土地覆盖变化时要从时间和空间同时入手,仅仅做集合的测量是不够的。本文利用 Landsat TM/ETM 遥感影像和 DEM 数据从时间和空间上分析了 1986—2001 年疏勒河上游山区的景观变化。结果显示,疏勒河上游山区以草地为主要景观类型,1986 和 2001 年均以草地面积比例最大,超过了 50%,其次是裸岩石砾地、河滩地、沼泽地等,总体上景观组成比较单一,形状相对规则,斑块分布集中,生态环境较为稳定。15 年里,由于过度放牧、砍林垦种等人为因素和气候变暖、冻土退化以及鼠害等自然因素,导致了植被和湖泊面积减少而裸地、河滩地和农田面积增加。研究区景观格局变化的大致趋势为灌丛、沼泽地等覆盖度较高的植被类型减少,向覆盖度较低的植被类型或裸地转变,总体上相对稳定,在 3800 ~ 4000 m 高程带即多年冻土分布下限,这一景观变化特征表现得最为突出。

张幸福等(2004)和靳盛海等(2007)对疏勒河中下游的景观动态研究表明,20 世纪 80—90 年代,由于过度放牧、乱砍滥伐、人口增加以及与水有关的人类活动的增强,导致疏勒河中下游地区湿地萎缩、灌丛和草地衰退,土地沙化和荒漠化严重,结合本文的研究结论,疏勒河流域生态环境恶化的趋势已成为不争的事实。上游山区和中下游绿洲地区由于地理环境的差异,人类活动的范围和强度不同,因而景观变化的主导驱动因素不同。上游山区高寒险峻,人类活动很少,影响景观格局变化的主要驱动力是

气候、水文、冻土等自然因子,而中下游地区属绿洲盆地,人类活动较强,人为因素就会成为景观格局变化的主要驱动力。

正确掌握景观变化的趋势有利于景观资源的可持续管理,尽管本文讨论的是干旱山区过去 15 年的变化结果,但本文所展示的疏勒河上游山区的景观变化特征及趋势,仍可以为今后的资源管理和生态建设工作提供参考和依据。研究中最大的障碍是本区域气象观测站很少,人类活动也很少,资料的收集比较困难。疏勒河上游有 83% 的多年冻土分布,在过去 20 年,气温上升了 0.6℃·10 a⁻¹,这将使得冻土退化,进而影响植被生长。因此,景观动态和景观规划与管理将在未来气候变暖的环境下越来越受到人们的关注。

参考文献

陈宜瑜,丁永建,余之祥,等. 2005. 中国气候与环境演变(下卷). 北京:科学出版社.

傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 2004. 景观生态学原理及应用. 北京:科学出版社.

郭小芹,李岩瑛,曹 玲. 2009. 气候变化对疏勒河流域径流量影响研究. 安徽农业科学, **37**(35): 17595–17598, 17608.

靳盛海,殷密英,刘少玉,等. 2007. 基于遥感的疏勒河流域生态景观变化分析. 南水北调与水利科技, **5**(5): 68–71.

李栋梁,吕世化,邓振镛. 2004. 疏勒河绿洲系统气候变化的特征分析. 高原气象, **23**(2): 431–732.

李小明,武开拓,肖笃宁. 2004. 石羊河流域及其典型绿洲景观动态变化研究. 冰川冻土, **26**(6): 747–754.

李小明,肖笃宁. 2004. 空间和平衡理论在景观生态学中的发展和应用. 生态学杂志, **23**(2): 60–65.

卢 玲,李 新,程国栋,等. 2001. 黑河流域景观结构分析. 生态学报, **21**(8): 1217–1224.

盛 煜,李 静,吴吉春,等. 2010. 基于 GIS 的疏勒河流域上游多年冻土分布特征. 中国矿业大学学报, **39**(1): 32–39.

汤萃文,张海风,陈银萍,等. 2009. 祁连山南坡植被景观格局及其破碎化. 生态学杂志, **28**(11): 2305–2310.

天峻县县志编纂委员会. 1995. 天峻县志. 兰州:甘肃文化出版社.

汪青春,李 林,秦宁生,等. 2005. 青海高原多年冻土对气候变化的响应. 青海气象, (1): 20–25.

邬建国. 2000. 景观生态学:概念与理论. 生态学杂志, **19**(1): 42–52.

吴吉春,盛 煜,李 静,等. 2009. 疏勒河源区的多年冻

- 土. 地理学报, **64**(5): 571–580.
- 肖笃宁, 王根绪, 王让会. 2003. 中国干旱区景观生态学研究进展. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社.
- 肖笃宁. 1991. 景观生态学——理论、方法与应用. 北京: 中国林业出版社.
- 张 韬, 徐当会, 王 辉, 等. 2007. 疏勒河流域中下游景观格局特征与景观生态建设. 草业科学, **24**(4): 19–22.
- 张森琦, 王永贵, 赵永真, 等. 2004. 黄河源区多年冻土退化及其环境反映. 冰川冻土, **26**(1): 1–6.
- 张幸福, 徐当会, 王 辉, 等. 2004. 疏勒河流域中下游景观格局动态变化分析研究. 兰州大学学报(自然科学版), **40**(4): 81–85.
- 赵云云, 赵其华. 2009. 黄河源头多年冻土退化原因及变化趋势. 人民黄河, **31**(6): 10–13.
- 钟 欣. 2005. 冻土退化是青藏高原生态系统退化主因. 中国减灾, (6): 43.
- 庄长伟, 欧阳志云, 徐卫华, 等. 2009. 基于 MODIS 的海河流域生态系统空间格局. 生态学杂志, **28**(6): 1149–1154.
- Antrop M. 2000. Background concepts for integrated landscape analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **77**: 17–28.
- Jorgenson MT, Racine CH, Walters JC. 2001. Permafrost degradation and ecological changes associated with a warming in central Alaska. *Climatic Change*, **48**: 551–579.
- Mertens B, Lambin EF. 2000. Land-cover change trajectories in Southern Cameroon. *Annals of the Association of American Geographers*, **90**: 467–494.
- Olsson EGA, Austrheim G, Grenne SN. 2000. Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960–1993. *Landscape Ecology*, **15**: 155–170.
- Reid RS, Kruska RL, Muthui N, *et al.* 2000. Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: The case of southwestern Ethiopia. *Landscape Ecology*, **15**: 339–355.
- Wang GX, Li YS, Wu QB, *et al.* 2006. Impacts of permafrost changes on alpine ecosystem in Qinghai-Tibet Plateau. *Science in China Series D (Earth Sciences)*, **49**: 1156–1169.
-
- 作者简介 谢 霞, 女, 1983 年生, 硕士研究生. 主要从事景观生态学研究. E-mail: xiexia2003@163.com
- 责任编辑 刘丽娟
-