

引用格式:刘芳,张红旗. 塔里木盆地生态用地分类及其时空变化研究[J]. 资源科学, 2016, 38(5): 825-836. [Liu F, Zhang H Q. Ecological land use mapping and spatio-temporal dynamics in the Tarim Basin[J]. *Resources Science*, 2016, 38(5): 825-836]. DOI: 10.18402/resci.2016.05.03

# 塔里木盆地生态用地分类及其时空变化研究

刘 芳,张红旗

(中国科学院地理科学与资源研究所陆地表层格局与模拟院重点实验室,北京 100101)

**摘 要:**西北干旱区生态用地能有效防治和减缓土地荒漠化的发生、发展,对维护绿洲稳定和生态安全具有重要作用。本研究以塔里木盆地为例,构建西北干旱区生态用地分类系统,研发基于多源数据、适合大尺度的生态用地提取技术,获得1980s末、2000年和2010年三期生态用地空间分布图,分析了不同类型生态用地的规模、空间分布及时空动态特征。研究表明:①2010年塔里木盆地生态用地面积为10.77万km<sup>2</sup>,其中人工绿洲型、荒漠植被型、天然绿洲型、盐碱型和湿地型生态用地面积分别占到生态用地总面积的11.23%、59.61%、14.67%、9.66%和4.92%,且具有明显的流域分布特征;塔里木河干流、克里雅河诸小河、车尔臣河诸小河、和田河流域和开都-孔雀河流域(开-孔河流域)的荒漠植被型生态用地和天然绿洲型生态用地占主体,其余流域的人工绿洲型生态用地和盐碱型生态用地面积比例较高;②1980s末-2010年期间生态用地净减少9769.05km<sup>2</sup>,荒漠植被型生态用地和天然绿洲型生态用地分别减少1.19万km<sup>2</sup>和1612.65km<sup>2</sup>,其它类型生态用地增加;③生态环境相对脆弱的流域以生态用地转为荒漠为主,占转移面积的55%以上,而绿洲农业发达的流域以人工绿洲型生态用地转为耕地为主,占转移面积的50%以上;④1980s末-2000年和2000-2010年两个时段变化特征因生态用地类型和流域而异。人类活动是区域生态用地变化的主要驱动力,人工绿洲的扩张和生态用地的荒漠化是生态用地面积减少的主要原因。

**关键词:**生态用地;分类系统;时空变化;塔里木盆地

DOI: 10.18402/resci.2016.05.03

## 1 引言

西北干旱区主要由山地、荒漠和绿洲三大生态系统构成。近几十年来,人类针对水土资源进行大强度的开发,形成了“两个扩大、一个缩小”的局面,即人工绿洲面积不断扩大,沙漠和沙漠化面积扩大,而天然植被面积大幅缩小<sup>[1]</sup>。在绿洲化和荒漠化长期对立的生态环境演化过程中,生态用地作为保护生态环境特殊用途的土地,主要包括天然植被、湿地、农田防护林以及干排盐地等类型,其除了具有保持自身系统正常循环的生态功能,还履行对外界生态服务的功能,是干旱区防治和减缓土地荒漠化加速扩展的“缓冲剂”<sup>[2]</sup>,具有维护区域生态系统稳定的重要作用。

生态用地的研究起步较晚,国外土地分类研究中并未将生态用地作为一项独立和专门的类型<sup>[3,4]</sup>,而中国国内关于生态用地的分类尚缺乏统一的标准<sup>[5]</sup>。目前生态用地类型主要从三种角度进行划分:①基于现行土地利用分类系统<sup>[6-9]</sup>。该方法充分考虑了土地利用属性,具有一定的研究基础如土地利用数据产品,且便于与土地利用分类体系进行衔接,但是会遗漏掉很多具有重要生态功能的土地类型;②生态服务功能角度。根据生态服务功能的重要性进行生态用地分类体系的构建和空间识别,便于合理规划和管理<sup>[10-13]</sup>;③土地管理角度。将景观安全格局和生态服务功能结合,识别不同区域发展需求水平下生态用地分类及空间分布<sup>[14-16]</sup>。生态用

收稿日期:2015-12-10;修订日期:2016-01-15

基金项目:国家科技支撑项目(2014BAC15B03)。

作者简介:刘芳,女,河北石家庄市人,博士,主要从事土地利用变化及其生态环境效应研究。E-mail: liuf.08s@igsnrr.ac.cn

通讯作者:张红旗,E-mail: zhanghq@igsnrr.ac.cn

地的提取方法包括小尺度上的遥感解译分类<sup>[17]</sup>,大尺度上土地利用数据产品进行重新组合分类<sup>[9]</sup>以及生态服务功能评价和景观安全格局分析<sup>[12,15]</sup>。生态用地是从生态功能角度提出的概念,综合了土地利用、植被类型、地形地貌和特殊的空间位置等诸多要素,但当前综合多源数据集进行大尺度生态用地空间识别的方法体系有待进一步探索和完善。

从研究区域上来看,城市系统的生态用地研究相对成熟,包括生态用地的变化、需求量及空间优化等<sup>[18-20]</sup>,但针对干旱区生态用地的研究较少。干旱区的特殊地理位置、自然人文环境决定了其生态用地分类系统的特殊性,如荒漠河岸林、干排盐地、绿洲与荒漠交错带等土地类型。因此建立针对干旱区、可操作性强的生态用地分类系统显得尤为重要。当前研究主要局限于生态用地概念的界定、分类和生态用地面积的粗略匡算<sup>[12,21]</sup>,缺乏生态用地提取方法的探讨,未涉及生态用地的空间分布。相关研究主要关注干旱区特定典型生态用地覆被类型,如荒漠河岸林<sup>[22-25]</sup>,或某些热点区域,如绿洲荒漠过渡带<sup>[26-28]</sup>和塔里木河下游<sup>[29-32]</sup>,但干旱区生态用地的范围远不止这些。因此目前针对干旱区生态用地的整体规模、类型和时空动态特征缺乏系统的认识。

为此,本研究拟以塔里木盆地为例,将现行土地利用分类系统和生态服务功能相结合,构建适合西北干旱区生态用地的分类体系;研发针对干旱区、基于多源数据、适合大尺度的生态用地空间信息提取方法与技术,获取1980s末、2000年和2010年三期生态用地空间分布图,摸清区域不同类型生态用地的规模、空间分布及时空动态特征,揭示水土资源开发过程中存在的问题,以期为干旱区生态用地的定量研究提供方法与技术,同时也为区域水土资源合理配置以及绿洲的可持续发展提供科学参考。

## 2 研究区概况与数据来源

### 2.1 研究区概况

作为中国最大的内陆盆地,塔里木盆地地处新疆南部,由天山、昆仑山、阿尔金山环绕形成的相对稳定的菱形低地,是封闭型内陆盆地。盆地东西长1500km,南北宽600km,总面积达53万km<sup>2</sup>。自然

景观由高山雪峰、河谷草原、戈壁沙漠与低地绿洲构成。盆地为暖温带大陆性极端干旱气候,降水稀少,蒸发剧烈,温差大,多风沙和浮尘天气,日照时间长。土壤类型主要有风沙土、棕漠土、盐土、草甸土、潮土和灌淤土。

本文的研究区范围为塔里木盆地的平原区,即海拔高度低于1500m,东至库姆塔克沙漠,南北西三面均至山前,中部为著名的塔克拉玛干沙漠,面积共计49万km<sup>2</sup>。根据全国水资源三级流域分区图,研究区包括阿克苏河流域、喀什噶尔河流域、叶尔羌河流域、和田河流域、渭干河流域、塔里木河干流、开-孔河流域、克里雅河诸小河、车尔臣河诸小河和塔克拉玛干沙漠等(图1,见第828页)。因塔克拉玛干沙漠中生态用地面积较少,在本研究的分流域分析中不做讨论。

### 2.2 数据来源

土地利用数据是生态用地提取的重要基础数据,本研究采用中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)的1980s末、2000年和2010年三期塔里木盆地土地利用数据<sup>[33]</sup>。AVHRR GIMMS NDVI 3g数据集是NASA GIMMS研究组生产GIMMS NDVI数据的最新版本<sup>[34]</sup>,时间跨度为1981年7月到2011年12月,数据时间分辨率为15天,空间分辨率为8km,在本文中用于植被覆盖度的计算。90m分辨率的SRTM DEM用于区分塔里木盆地的平原和山地,来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)。其它数据资料包括1:100万中国植被图、1:100万草地资源图和1:100万地貌图,来源于国家地球系统科学数据共享平台(<http://www.geodata.cn/>)。

## 3 生态用地概念及分类

国内外对生态用地的概念尚未统一,本研究针对研究区域的特点,从土地生态功能的角度出发,参照石玉林等<sup>[2]</sup>和张红旗等<sup>[20]</sup>对生态用地的定义和阐述,将干旱区生态用地定义为:通过维持或改善自身生态环境质量,能对主体生态系统(人工绿洲)的可持续性起到支撑和保育作用,最终增加整个区域生态系统生产力的土地。土地是一个综合的功能整体,包括了生产功能、生态功能和生活功能。考虑到干旱区的特殊性,根据土地的主体功能来界

2016年5月

定生态用地更为恰当。耕地作为重要的土地类型,其主体功能是供给服务,在干旱区背景下,其自身条件较为脆弱,不及自然生态系统的适应能力,因此通常成为被保护的對象,故将耕地作为非生态用地考虑。

生态用地在西北干旱区分布广泛且类型多样,各种生态用地自身固有特性、与人工绿洲距离的远近以及人类对其影响程度的不同,导致其生态功能的多样性。在干旱区生态用地概念界定的基础上,本研究依据土地的主体功能,以及空间信息的可提取性,构建了生态用地的三级分类体系,一级类2个,二级类5个,三级类12个。其中一级类型是按照人类活动的影响程度,将生态用地分为人工型生态用地和自然型生态用地。人工型生态用地是指人类为保护人工绿洲防止外界恶劣环境的侵害及改善绿洲内部生态环境质量,通过人力投入维持其植被群落正常生长的土地,一般分布在人工绿洲内部及边缘地带。自然型生态用地是指完全凭借天然降水维持其生物群落正常生长的土地,包括天然

绿洲型生态用地、湿地型生态用地、荒漠植被型生态用地、盐碱型生态用地。各种类型生态用地的构成要素及功能详见表1。

#### 4 生态用地空间信息提取

基于干旱区生态用地分类系统,设计了生态用地提取的技术流程(图2)。与以往提取技术不同的是,该方法除了考虑土地利用类型外,综合了植被类型、盖度、地形特征等数据源信息,强调了土地的生态功能的多元性。此外,将景观空间距离的度量方法和盆地圈层结构的特点融合到生态用地空间信息提取技术中。

参考王浩等<sup>[35]</sup>对圈层结构的定义,本研究将塔里木盆地划分为以下四个圈层:①人工绿洲包括平原灌溉区(农林草体系)、库塘水面、人类居住用地、交通建设和工矿用地等;②天然绿洲是指人工绿洲外部,高中覆盖度(植被盖度大于30%)的草地和林地、湖泊河流水面;③绿洲荒漠过渡带(绿洲生态系统和荒漠生态系统之间的过渡带)是指植被覆盖度5%~30%的生态区;④荒漠是指植被盖度小于5%

表1 生态用地分类体系与功能

Table 1 Classification and functions of ecological land use

一级分类	二级分类	三级分类	构成要素	功能
人工型生态用地	人工绿洲型生态用地	人工林地	人工绿洲内部和边缘的林地,包括农田防护林、护路林和绿洲外围的防护林地	防风治沙,改善绿洲内部生态环境质量
		人工草地	人工绿洲内的草地,包括公共草地、防护绿地和庭院绿地	改善绿洲内部生态环境质量
		蓄水区	人工修建的水库坑塘	生物多样性保护,防风抗洪,净化水质,调节局地小气候
自然型生态用地	天然绿洲型生态用地	荒漠河岸林	疏林地和有林地:以胡杨、柽柳、灰杨和沙拐枣为主	生物多样性保护;防止沙丘活化;水源涵养
		河谷林	分布在河流两岸,平原河谷内郁闭度大于30%的有林地,以阔叶落叶乔木为主	
		平原低地草甸	平原低地盐化草甸、低地沼泽化草甸、低地湿地草甸和沼泽类草地	
		其它林草地	天然绿洲的其它林草地	防风固沙
	湿地型生态用地	河流湖泊	河流、湖泊天然水体	生物多样性,防止湖底河底盐尘的裸露,提供绿洲农业所需要的水源
		滩地沼泽	滩地和沼泽	生物多样性保护
	荒漠植被型生态用地	过渡带林草地	过渡带的林草地	防风固沙,削弱风力
		荒漠林草地	荒漠中的植被	固定沙丘,避免成为沙尘暴的策源地
	盐碱型生态用地	干排盐地	农田排出的盐分聚集地;绿洲外围低洼处的盐碱地	农田生态系统排除盐碱的汇合地,解决绿洲盐渍化的重要途径



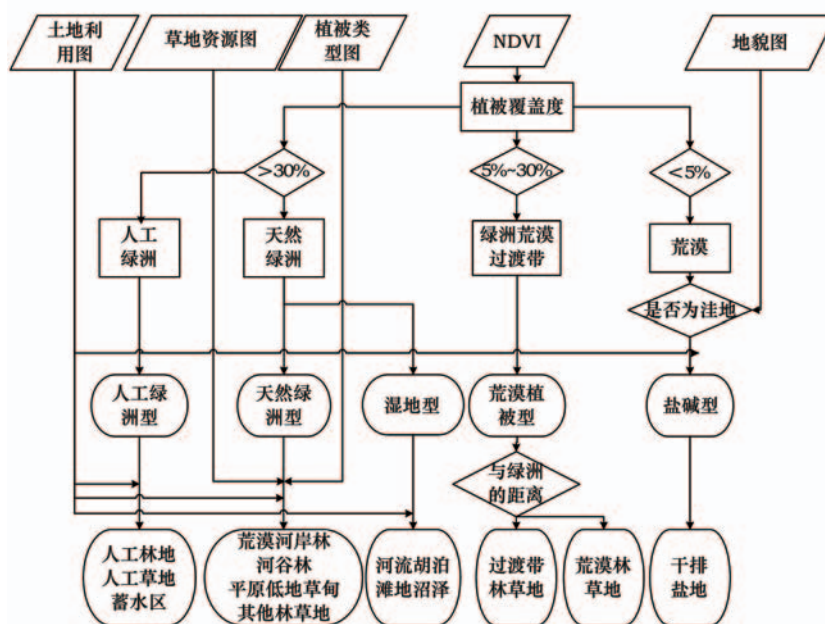


图2 生态用地提取技术路线

Figure 2 Flow diagram of ecological land use extraction process

的沙漠、盐碱化土地、裸土地、戈壁和裸岩石砾地。

在盆地圈层结构空间划分的基础上,结合土地利用图、植被类型图、草地资源图、地貌图、景观空间距离等信息,进行三级生态用地类型的划分,并依据生态用地分类系统,进而得到一级、二级生态用地类型的空间分布图。

## 5 结果分析

### 5.1 塔里木盆地生态用地空间分布特征

2010年塔里木盆地生态用地面积共计10.77万 $\text{km}^2$ ,占盆地总面积的22.12%。其中人工型生态用地和自然型生态用地面积分别为1.21万 $\text{km}^2$ 和9.56万 $\text{km}^2$ ,分别占生态用地总面积的11.23%和88.77%。非生态用地中荒漠的比例最大,面积为34.71万 $\text{km}^2$ ,其次是耕地,面积为3.20万 $\text{km}^2$ ,分别占盆地总面积的70.84%和6.53%,建设用地等其他用地类型面积总和仅为0.32万 $\text{km}^2$ ,占盆地总面积的0.65%。就二级生态用地类型而言,荒漠植被型生态用地的面积最大,为6.42万 $\text{km}^2$ ,占生态用地总面积的59.61%;其次是天然绿洲型生态用地,为1.58万 $\text{km}^2$ ,占生态用地总面积的14.67%;人工绿洲型生态用地面积为1.21万 $\text{km}^2$ ,占生态用地总面积的11.23%;盐碱型生态用地面积与人工绿洲型生态

用地面积相当,为1.04万 $\text{km}^2$ ,占生态用地总面积的9.66%;湿地型生态用地面积最小,为0.53万 $\text{km}^2$ ,占生态用地总面积的4.92%。

为了揭示生态用地的空间分布差异(图3),本研究从流域尺度进行了对比分析。塔里木河干流的生态用地面积最大,共计2.42万 $\text{km}^2$ ,占其流域总面积的55.73%,其次是克里雅河诸小河,生态用地面积为1.33万 $\text{km}^2$ ,占其流域面积的62.72%,两个流域均以荒漠植被型生态用地和天然绿洲型生态用地为主,两种生态用地的合计面积分别占各流域生态用地面积的85%以上,但塔里木河干流的人工绿洲型生态用地和盐碱型生态用地均高于后者,原因在于人类对塔里木河干流的开发程度不断增强,干扰强度不断增大。开-孔河流域和车尔臣河诸小河的生态用地面积较大,且亦是以荒漠型生态用地和天然绿洲型生态用地为主,但由于区域内荒漠面积较大,导致生态用地占各流域的面积比例相对较小,分别为20.51%和24.75%。二者的显著差别在于开-孔河流域的湿地型生态用地面积比例高于车尔臣河诸小河,且78.28%的湿地生态用地为河流湖泊,中国最大的内陆淡水湖博斯腾湖位于该流域。叶尔羌河流域为南疆最大的绿洲,生态用地面积达

2016年5月



图1 研究区流域分布

Figure 1 The basin distribution of study area



图3 2010年塔里木盆地生态用地空间分布

Figure 3 Spatial distribution of ecological land use in Tarim Basin in 2010

到1.05万 $\text{km}^2$ ,占该流域面积的41.75%,阿克苏河流域和喀什噶尔河流域的生态用地规模相当,分别为8126.63 $\text{km}^2$ 和7932.97 $\text{km}^2$ ,占流域比例达到35.28%和37.36%。以上三个流域是塔里木盆地传统绿洲区,绿洲水土开发程度高,人口规模和耕地规模在盆地内均居前列,人工绿洲型生态用地和盐碱型生态用地比例较高,两种生态用地的合计面积分别占各流域总面积的41.06%、38.54%和46.52%。渭干河流域的生态用地面积最小,为6811.81 $\text{km}^2$ ,占其流域面积的36.77%,该流域是封闭型绿洲系统和典型

绿洲农业区,农田排盐量需求较高,盐碱型生态用地的比例高于其它生态用地类型,达到33.13%。和田河流域生态用地面积为8358.32 $\text{km}^2$ ,占流域面积的31.06%,作为盆地南缘最大的绿洲,虽然荒漠植被型生态用地是其最大生态用地类型,比例为66.66%,但人类干扰强度较大,人工绿洲型生态用地比例达到10.19%。

## 5.2 塔里木盆地生态用地时空变化特征

1980s末-2010年塔里木盆地生态用地面积净减少9769.05 $\text{km}^2$ ,其中人工型生态用地净增加

1925.20km<sup>2</sup>,自然型生态用地大幅减少1.17万km<sup>2</sup>(图4)。自然型生态用地中荒漠植被型生态用地面积减少最多,达到1.19万km<sup>2</sup>,占生态用地面积减少量的88.10%,其次是天然绿洲型生态用地,减少1612.65km<sup>2</sup>。湿地型生态用地有所增加,净增面积为61.11km<sup>2</sup>。1980s末-2000年和2000-2010年两个阶段的变化特征存在差异。1980s末-2000年人工型生态用地和自然型生态用地面积分别减少59.59km<sup>2</sup>和4021.06km<sup>2</sup>。2000-2010年人工型生态用地面积增加1984.78km<sup>2</sup>,自然型生态用地面积净减少6879.23km<sup>2</sup>,其中天然绿洲型生态用地的减少量是第一个时段的4.71倍,表明2000-2010年人类活动对绿洲环境的改造更为剧烈,人工绿洲扩张幅度增大。

近20年间,除渭干河流域外,其它流域生态用地面积均减少。

(1)开-孔河流域和塔里木河干流的生态用地减少面积居首,分别为2357.62km<sup>2</sup>和2351.05km<sup>2</sup>,第一个时段(1980s末-2000年)的减少量均大于第二个时段(2000-2010年)。荒漠植被型生态用地和天然绿洲型生态用地均减少,且荒漠植被型生态用地

为减量主体,两个流域分别减少2817.40km<sup>2</sup>和3654.95km<sup>2</sup>,占生态用地减少量的89.14%和94.65%。人工绿洲型生态用地和盐碱型生态用地面积均增加,可能原因是耕地大面积扩张导致绿洲规模扩大,排盐量增加,尤其是在2000-2010年间。

(2)叶尔羌河流域和阿克苏河流域的生态用地面积减少相当,分别为1569.95km<sup>2</sup>和1348.29km<sup>2</sup>,且均以荒漠植被型生态用地减少为主。两流域生态用地减少主要集中在2000-2010年,分别占减少量的65.21%和70.86%。原因在于2000年以后两大流域的人工绿洲扩张规模远高于第一个时段,致使大面积生态用地转化为耕地为主的人工绿洲,生态用地面积骤减。叶尔羌河流域在两个时段的减量主体存在差异,分别是天然绿洲型生态用地和荒漠植被型生态用地。

(3)和田河流域生态用地面积减少1251.13km<sup>2</sup>,且77.92%的减少量发生在1980s末-2000年。荒漠植被型生态用地、天然绿洲型生态用地和湿地型生态用地分别减少1077.81km<sup>2</sup>、534.83km<sup>2</sup>和494.20km<sup>2</sup>,分别占生态用地减少量的51.16%、25.39%和23.46%。荒漠植被型生态用地以过渡带林草地减

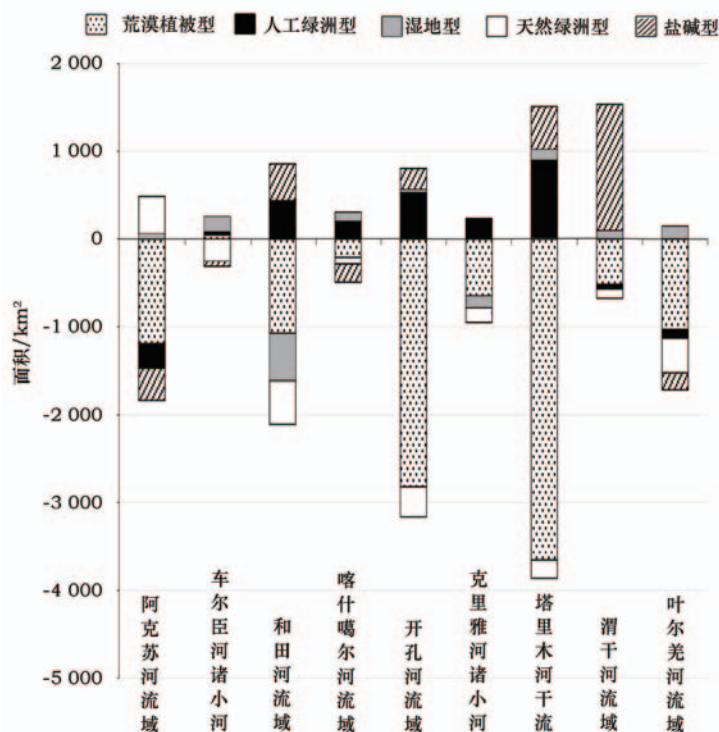


图4 1980s末-2010年不同类型生态用地面积变化情况

Figure 4 Change in area per ecological land use type from late 1980s to 2010



2016年5月

少为主,净减少476.93km<sup>2</sup>,因为和田河流域位于塔克拉玛干沙漠的下风向,流动沙丘受西北风和东北风的影响,向南推移,造成该类型生态用地的荒漠化。

(4)喀什噶尔河流域生态用地面积减少191.53km<sup>2</sup>,荒漠植被型生态用地、天然植被型生态用地和盐碱型生态用地分别减少212.89km<sup>2</sup>,72.80km<sup>2</sup>和209.58km<sup>2</sup>。两个时段变化特征存在差异,1980s末-2000年荒漠植被型生态用地面积增加,其中过渡型生态用地增加466.28km<sup>2</sup>,主要是由于与荒漠邻接的耕地或其它生态用地因风沙侵袭导致植被退化的缘故,而2000-2010年荒漠植被型生态用地退化为荒漠,导致其面积显著减少。

(5)克里雅河诸小河和车尔臣河诸小河生态用地净减少718.21km<sup>2</sup>和44.90km<sup>2</sup>。1980s末-2000年克里雅河诸小河生态用地减少幅度较第二个时段更大,81.56%的天然绿洲型生态用地退化为荒漠植被型生态用地,但荒漠植被型生态用地净减少仍达到362.27km<sup>2</sup>,以退化为荒漠为主。1980s末-2000年车尔臣河诸小河的天然绿洲型生态用地面积减少最多,为324.72km<sup>2</sup>,67.84%的植被覆盖度降低退化为荒漠植被型生态用地,导致该类型面积略有增加,而在2000-2010年荒漠植被型生态用地进一步退化为荒漠导致其面积减少,与喀什噶尔河情况相似。

(6)渭干河流域的生态用地面积净增加857.57km<sup>2</sup>,主要源于盐碱型生态用地的增加。分阶段来看,1980s末-2000年生态用地面积净增加1318.05km<sup>2</sup>,盐碱型生态用地为增加主体,可能由耕地扩张导致排盐量增加导致;2000-2010年生态用地面积净减少460.48km<sup>2</sup>,天然绿洲型生态用地减少面积最多,为人工绿洲扩张的主要供体,两个阶段的变化主体虽然存在差异,但均体现了人类活动的主导影响。

### 5.3 塔里木盆地生态用地转移分析

为了揭示塔里木盆地及九大流域生态用地变化的原因,本研究分别分析了生态用地与非生态用地之间,以及不同类型生态用地之间的转化关系,用于解释生态用地的面积和质量变化。

#### 5.3.1 生态用地与非生态用地的转移

将塔里木盆地的土地类型分为生态用地和非生态用地。非生态用地包括人工绿洲和荒漠,其中荒漠包括沙地、戈壁、盐碱地、裸土地和裸岩石砾地;人工绿洲包括耕地、建设用地、园地和人工绿洲型生态用地。为了强调生态用地与非生态用地的转移规律,将非生态用地中的人工绿洲型生态用地,从人工绿洲范围中去除,纳入生态用地的范围,作为独立的生态用地类型。本文分别从盆地和流域尺度分析生态用地与非生态用地的转移特征及其区域差异性。

1980s末-2010年塔里木盆地人工绿洲面积增加9274.07km<sup>2</sup>,荒漠面积扩张978.82km<sup>2</sup>,生态用地面积缩减9769.05km<sup>2</sup>,体现了盆地内人工绿洲和荒漠的“双扩张”和生态用地的“一缩小”的局面。在生态用地和非生态用地的转移关系中,生态用地转为荒漠的面积和转为人工绿洲的面积相当,分别为8322.42km<sup>2</sup>和8383.74km<sup>2</sup>,其中生态用地转为耕地的面积达到8194.56km<sup>2</sup>。耕地对生态用地的大面积占用是为了满足不断增加的人口对粮食等农作物的需求,同时也表明人类活动是其转移的主要驱动因素。转为荒漠的生态用地中,以荒漠植被型生态用地向荒漠的转移为主,占转移面积的76.06%,主要表现为中低覆被草地转变为荒漠,占到87.06%,其中直接转为沙地和戈壁的面积较多,占到66.70%,表明绿洲荒漠过渡带的萎缩,荒漠向绿洲方向的扩展。生态用地向人工绿洲的转移中,以人工绿洲型生态用地的转出为主,占42.70%,其次是荒漠植被型生态用地和天然绿洲型生态用地,分别占27.04%和20.95%。生态用地转为耕地的类型转换中,以草地转为耕地为主,占71.19%。可见耕地的扩张优先占用周边的优质草地,其次是绿洲外围开荒。生态用地的增加是以荒漠的转入为主,面积为7229.95km<sup>2</sup>,其中以荒漠转为荒漠植被型生态用地为主,占45.31%,其次是荒漠转为盐碱型生态用地,占37.05%。荒漠主要向低覆被草地转移为主,为4353.94km<sup>2</sup>。人工绿洲向生态用地转移面积2048.95km<sup>2</sup>,其中转为人工绿洲型生态用地为主,达到1534.09km<sup>2</sup>。

九大流域生态用地与非生态用地的转移情况规律明显(图5)。就绿洲农业发达的叶尔羌河流



图5 1980s末-2010年生态用地与非生态用地转移空间分布

Figure 5 Spatial distribution of ecological land use transformation from late 1980s to 2010

域、渭干河流域、喀什噶尔河流域和阿克苏河流域而言,生态用地转为人工绿洲的面积高于转为荒漠的面积,其中转为人工绿洲的比例分别达到96.77%、95.91%、60.88%和54.17%,而且以人工绿洲型生态用地转为耕地为主,主要是因为这些流域生态环境整体较优,农业活动是其重要的经济活动,人类活动驱动了以耕地扩张为主导的农业景观变化,而且耕地扩展以占用周边优质草地为主。

相对应地,其它5个流域包括塔里木河干流、开-孔河流域、和田河流域、克里雅河诸小河和车尔臣河诸小河的生态用地转为荒漠的比例高于人工绿洲,转为荒漠的比例均在55%以上,且均以荒漠植被型生态用地向荒漠转移为主,这些流域生态环境整体较差,尤其是塔里木河干流和开-孔河流域下游的土地荒漠化形势严峻,其它三个流域均位于盆地南缘,环境恶劣,且农业经济不发达。五个流域转为耕地的生态用地类型以天然绿洲型生态用地、荒漠植被型生态用地为主,主要是因为流域人工绿洲范围整体不大,耕地的扩展主要发生在绿洲的外围。

### 5.3.2 生态用地内部的转移

不同类型生态用地的植被覆盖度存在差异,生态用地类型间的转移也体现了生态用地质量的变化。因此除了从面积角度分析生态用地与非生态用地的转移外,还分析了生态用地类型间的转移规律,以表征生态用地质量的变化。本文分别从盆地

和流域尺度对生态用地类型转移关系进行统计和分析。

1980s末-2010年塔里木盆地生态用地类型内部转移主要呈现如下特点(图6):①荒漠植被型生态用地转为其它生态用地,面积为9889.12km<sup>2</sup>,以人工绿洲型生态用地和天然绿洲型生态用地为主,面积分别为4296.06km<sup>2</sup>和3520.20km<sup>2</sup>,主要以过渡带林草地的转移为主,表明人工绿洲扩展是造成绿洲荒漠过渡带的萎缩的原因之一;②天然绿洲型生态用地转出面积达到5703.44km<sup>2</sup>,主要转为人工绿洲型生态用地和荒漠植被型生态用地,表明人工绿洲的扩张导致其面积减少,而环境退化导致其植被覆盖度降低,生态用地质量下降;③盐碱型生态用地转出面积为1357.98km<sup>2</sup>,其中43.60%转为荒漠植被型生态用地,30.52%和20.94%分别转为人工绿洲型生态用地和天然绿洲型生态用地;④湿地型生态用地转出面积较少,为1102.12km<sup>2</sup>,其中553.67km<sup>2</sup>转为盐碱型生态用地,占总面积的50.24%,以自然水体为主,主要是因为中上游农田排水导致水资源矿化度提高,下游盐碱化严重;⑤人工绿洲型生态用地位于人工绿洲内部及边缘,水土资源较好,主要参与人类活动主导的景观变化,因此与其它生态用地类型的转移面积最少,为1030.07km<sup>2</sup>,其中人工绿洲型草地的转出较为明显,转向荒漠植被型生态用地的面积为211.51km<sup>2</sup>,转为湿地型生态用地和盐碱型生态用地面积相当,为356.73km<sup>2</sup>和303.65km<sup>2</sup>。



2016年5月

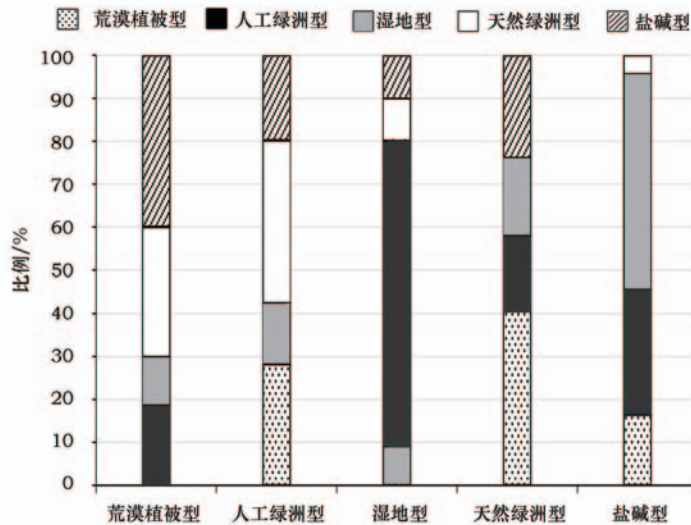


图6 1980s末-2010年生态用地内部转移特征

Figure 6 Transformation characteristic among ecological land use type from late 1980s to 2010

流域尺度上分析生态用地类型的转移可知,九大流域的共同点在于荒漠植被型生态用地和天然绿洲型生态用地的互相转移是生态用地内部转移主要形式。从生态用地类型净转移来看:①叶尔羌河流域和开-孔河流域的荒漠植被型和天然绿洲型生态用地面积减少归因于向人工绿洲型生态用地的转移,其中荒漠植被型生态用地转为人工绿洲型生态用地的比例分别为60.66%和76.97%,表明这些区域人类对绿洲的改造能力进一步增强;②喀什噶尔河流域的荒漠植被型生态用地净增加,主要来源是人工绿洲型生态用地和天然绿洲型生态用地的转移,表明这些区域植被覆盖度的降低,生态用地质量有所下降,这与该地区近10年盲目开荒,不合理开发利用地下水资源,造成天然植被质量退化有关;③阿克苏河流域、渭干河流域和塔里木河干流的荒漠植被型生态用地均向天然绿洲型生态用地转移为主,表明植被覆盖度有所提高;④车尔臣河诸小河、和田河流域、克里雅河诸小河天然绿洲型生态用地向荒漠植被型生态用地转移为主,植被覆盖度降低,土地荒漠化抑制能力下降。

## 6 结论

本文以塔里木盆地为例,构建西北干旱区生态用地分类系统,基于土地利用图、植被图、地貌图及遥感数据等一系列基础数据,研发了适合大尺度的

生态用地提取技术,获得1980s末、2000年和2010年三期塔里木盆地的生态用地空间分布图,分析了该区的生态用地的时空动态特征。

2010年塔里木盆地生态用地面积为10.77万 $\text{km}^2$ ,其中人工绿洲型、荒漠植被型、天然绿洲型、盐碱型和湿地型生态用地面积分别占到生态用地总面积的11.23%、59.61%、14.67%、9.66%和4.92%,且具有明显的流域分布特征:塔里木河干流生态用地面积最大,共计2.42万 $\text{km}^2$ ,渭干河生态用地面积最小,为6811.81 $\text{km}^2$ 。塔里木河干流、克里雅河诸小河、车尔臣河诸小河、开-孔河流域和和田河流域,荒漠植被型生态用地和天然绿洲型生态用地占主体,其余流域水土资源开发程度高,人工绿洲型生态用地和盐碱型生态用地比例较高。

1980s末-2010年塔里木盆地生态用地净减少9769.05 $\text{km}^2$ ,其中荒漠植被型生态用地和天然绿洲型生态用地分别减少1.19万 $\text{km}^2$ 和1612.65 $\text{km}^2$ 减少为主,其它类型生态用地增加。其中2000-2010年人工型生态用地面积增加,天然绿洲型生态用地减少幅度远大于第一时段,表明人类活动对绿洲环境的改造更为剧烈,人工绿洲扩张幅度增大。九大流域中,开-孔河流域和塔里木河干流的生态用地减少较多,分别为2357.62 $\text{km}^2$ 和2351.05 $\text{km}^2$ 。1980s末-2000年和2000-2010年两个时段变化特征因生

态用地类型和流域而异。和田河流域、开-孔河流域、塔里木河干流和克里雅河诸小河的第二个时段生态用地面积减少量高于第一个时段,其它流域情况相反。喀什噶尔河流域和车尔臣河诸小河的荒漠植被型生态用地先增加后减少的现象体现了荒漠化不断深化的过程。

非生态用地的转移体现了生态用地面积的变化。1980s末-2010年塔里木盆地人工绿洲和荒漠面积的“双扩张”和生态用地面积的“一缩小”。其中生态环境相对脆弱的流域塔里木河干流、开-孔河流域、和田河流域、克里雅河诸小河和车尔臣河诸小河的生态用地的减少以转为荒漠为主。而绿洲农业发达的流域叶尔羌河流域、渭干河流域、喀什噶尔河流域和阿克苏河流域,人工绿洲型生态用地转为耕地是最主要形式。生态用地类型间的转移体现了生态用地质量的变化。绿洲荒漠过渡带和天然绿洲的萎缩的重要原因来自人工绿洲的扩张和自身退化。

## 参考文献 (References):

- [1] 石玉林. 关于新疆绿洲农业发展战略的思考[C]. 石河子:2012 绿洲现代农业发展战略高峰论坛, 2012. [Shi Y L. Discussion on the Oasis Agricultural Development in Xinjiang[C]. Shihezi: Oasis Modern Agricultural Development Strategy Forum, 2012.]
- [2] 石玉林, 任振海, 雷志栋, 等. 西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究(土地荒漠化卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2004. [Shi Y L, Ren Z H, Lei Z D, et al. Strategic Research on the Construction of Water Resources Allocation and Sustainable Development of Ecological Environment in Northwest China(Land Desertification)[M]. Beijing: Science Press, 2004.]
- [3] 岳健, 张雪梅. 关于我国土地利用分类问题的讨论[J]. 干旱区地理, 2003, 26(1): 78-88. [Yue J, Zhang X M. A discussion on the classification of land use in China[J]. *Arid Land Geography*, 2003, 26(1): 78-88.]
- [4] 邓红兵, 陈春娣, 刘昕, 等. 区域生态用地的概念及分类[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1519-1524. [Deng H B, Chen C D, Liu X, et al. Conception and function classification of regional ecological land[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1519-1524.]
- [5] 龙花楼, 刘永强, 李婷婷, 等. 生态用地分类初步研究[J]. 生态环境学报, 2015, 24(1): 1-7. [Long H L, Liu Y Q, Li T T, et al. A primary study on ecological land use classification [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2015, 24(1): 1-7.]
- [6] 苏伟忠, 杨桂山, 甄峰. 长江三角洲生态用地破碎度及其城市化关联[J]. 地理学报, 2007, 62(12): 1309-1317. [Su W Z, Yang G S, Zhen F. Ecological land fragmentation and its connectivity with urbanization in the Yangtze River Delta[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(12): 1309-1317.]
- [7] 关小克, 张凤荣, 王秀丽, 等. 北京市生态用地空间演变与布局优化研究[J]. 地域研究与开发, 2013, 23(3): 119-124. [Guan X K, Zhang F R, Wang X L, et al. Spatial evolution of urban ecological land and its distribution optimization in Beijing[J]. *Areal Research and Development*, 2013, 23(3): 119-124.]
- [8] 张艳娇, 贾宝全, 马明媚, 等. 山东省安丘市生态用地动态变化[J]. 生态学报, 2014, 33(7): 1874-1881. [Zhang Y J, Jia B Q, Ma M J, et al. Spatiotemporal variations of ecologically used land in Anqiu City, Shandong Province, China[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(7): 1874-1881.]
- [9] 喻锋, 李晓波, 张丽君, 等. 中国生态用地研究: 内涵、分类与时空格局[J]. 生态学报, 2015, 35(14): 1-15. [Yu F, Li X B, Zhang L J, et al. Study of ecological land in China: Conception, classification, and spatial-temporal pattern[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(14): 1-15.]
- [10] 谢花林, 李秀彬. 基于GIS的区域关键性生态用地空间结构识别方法探讨[J]. 资源科学, 2011, 33(1): 112-119. [Xie H L, Li X B. A method for identifying spatial structure of regional critical ecological land based on GIS[J]. *Resources Science*, 2011, 33(1): 112-119.]
- [11] 王世东, 慎利, 王新闯. 基于RS与GIS的生态用地评价-以辽宁省大洼县为例[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 628-637. [Wang S D, Shen L, Wang X C. Evaluation of ecological land based on RS and GIS: A case study of Dawa County, Liaoning Province[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2013, 21(5): 628-637.]
- [12] 欧阳志云, 李小马, 徐卫华, 等. 北京市生态用地规划与管理对策研究[J]. 生态学报, 2015, 35(11): 1-14. [Ouyang Z Y, Li X M, Xu W H, et al. Ecological land use planning and management in Beijing[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(11): 1-14.]
- [13] 周锐, 王新军, 苏海龙, 等. 平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建[J]. 生态学报, 2015, 35(6): 2003-2012. [Zhou R, Wang X J, Su H L, et al. Identification and security pattern of ecological land in Pingdingshan newly developed area[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(6): 2003-2012.]
- [14] 张林波, 李伟涛, 王维, 等. 基于GIS的城市最小生态用地空间分析模型研究-以深圳市为例[J]. 自然资源学报, 2008, 23(1): 69-78. [Zhang L B, Li W T, Wang W, et al. Research on space modeling for minimum Urban ecological land based on GIS: A case in Shenzhen[J]. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(1): 69-78.]
- [15] 俞孔坚, 乔青, 李迪华, 等. 基于景观安全格局分析的生态用地

2016年5月

- 研究-以北京市东三乡为例[J]. 应用生态学报, 2009, 20(8): 1932-1939. [Yu K J, Qiao Q, Li D H, et al. Ecological land use in three towns of eastern Beijing: A case study based on landscape security pattern analysis[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(8): 1932-1939.]
- [16] 李晖, 易娜, 姚文璟, 等. 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划[J]. 生态学报, 2011, 31(20): 5928-5936. [Li H, Yi N, Yao W J, et al. Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(20): 5928-5936.]
- [17] 李洪远. 基于遥感和GIS的天津滨海新区30年间生态用地变化分析[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(1): 75-80. [Li H Y. Analysis of 30-Year ecological land use variation in the Binhai New District of Tianjin based on remote sensing and GIS[J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2013, 11(1): 75-80.]
- [18] 易军. 基于景观生态学的柳州市生态用地规划布局研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010. [Yi J. Study on Planning Layout of the Ecological Land in Liuzhou City Based on Landscape Ecology[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010.]
- [19] 李晓丽, 曾光明, 石林, 等. 长沙市城市生态用地的定量分析及优化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2): 415-421. [Li X L, Zeng G M, Shi L, et al. Urban ecological land in Changsha City: Its quantitative analysis and optimization[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(2): 415-421.]
- [20] 张磊, 万荣荣, 胡海波, 等. 生态用地的环境功能及空间整合-以南京市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(10): 1221-1227. [Zhang L, Wang R R, Hu H B, et al. Environmental function and spatial integration of ecological land[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2011, 20(10): 1221-1227.]
- [21] 张红旗, 王立新, 贾宝全. 西北干旱区生态用地概念及其功能分类研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 5-8. [Zhang H Q, Wang L X, Jia B Q. A conception of ecological land use and its function classification in arid area in Northwest China[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2004, 12(2): 5-8.]
- [22] 杨丽雯, 何秉宇, 黄培佑. 和田河流域天然胡杨林的生态服务价值评估[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 681-689. [Yang L W, He B Y, Huang P Y. Assessment of ecological service values for native *Populus euphratica* forest in Khotan watershed[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 681-689.]
- [23] 白元, 徐海量, 刘新华, 等. 塔里木河干流荒漠河岸林的空间分布与生态保护[J]. 自然资源学报, 2013, 28(5): 776-785. [Bai Y, Xu H L, Liu X H, et al. Spatial distribution characteristics and ecological protection of the desert riparian forest in the mainstream of the Tarim River[J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(5): 776-785.]
- [24] Hao X M, Li W H. Assessment of the groundwater threshold of desert riparian forest vegetation along the middle and lower reaches of the Tarim River, China[J]. *Hydrological Process*, 2010, 24(2): 178-186.
- [25] Yu P J, Xu H L, Ye M, et al. Effects of ecological water conveyance on the ring increments of *Populus euphratica* in the lower reaches of Tarim River[J]. *Journal of Forest Research*, 2012, 17(5): 413-420.
- [26] 王振锡. 塔里木河下游荒漠-绿洲过渡带退化生态系统解析与重构[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2009. [Wang X Z. Analysis and Reconfiguration of Degraded Desert-Oasis Ecotone in the Lower Reaches of Tarim River[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2009.]
- [27] 杨兴华, 何清, 霍文, 等. 策勒绿洲-荒漠过渡带风沙前沿近地面不同方向的输沙特征[J]. 干旱区研究, 2012, 29(6): 1100-1104. [Yang X H, He Q, Huo W, et al. Study on wind-blown sand characteristics at different directions near the surface in the frontier of an oasis-desert ecotone in Qira County, Xinjiang[J]. *Arid Zone Research*, 2012, 29(6): 1100-1104.]
- [28] 孙秋梅, 李志忠, 武胜利, 等. 和田河流域绿洲荒漠过渡带土地荒漠化过程研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(6): 136-141. [Sun Q M, Li Z Z, Wu S L, et al. The process of land desertification in the desert and oasis transition belt of Hetian River Basin[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21(6): 136-141.]
- [29] Yang Y H, Chen Y N, Li W H. Relationship between soil properties and plant diversity in a desert riparian forest in the lower reaches of the Tarim River, Xinjiang, China[J]. *Arid Land Research and Management*, 2009, 23(4): 283-296.
- [30] Hou P, Beeton R J S, Carter R W, et al. Response to environmental flows in the lower Tarim River, Xinjiang, China: An ecological interpretation of water-table dynamics[J]. *Journal of Environmental Management*, 2007, 83(4): 383-391.
- [31] Chen Y N, Chen Y P, Xu C C, et al. Effects of ecological water conveyance on groundwater dynamics and riparian vegetation in the lower reaches of Tarim River, China[J]. *Hydrological Process*, 2010, 24(2): 170-177.
- [32] 黄粤, 包安明, 王士飞, 等. 间歇性输水影响下的2001-2011年塔里木河下游生态环境变化[J]. 地理学报, 2013, 68(9): 1251-1262. [Huang Y, Bao A M, Wang S F, et al. Eco-environmental change in the lower Tarim River under the influence of intermittent water transport[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(9): 1251-1262.]
- [33] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14. [Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(1): 3-



- 14.]
- [34] Fensholt R, Proud S R. Evaluation of Earth Observation based global long term vegetation trends- Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2012, 119(16): 131-147.
- [35] 王浩, 秦大庸, 王研, 等. 西北内陆干旱区生态环境及其演变趋势[J]. 水利学报, 2004, 35(8): 8-14. [Wang H, Qin D Y, Wang Y, et al. Ecological status and its evolution trend in arid region of northwest China[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2004, 35(8): 8-14.]

## Ecological land use mapping and spatio-temporal dynamics in the Tarim Basin

LIU Fang, ZHANG Hongqi

(Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Ecological land use can provide effective control and alleviation of desertification, which is important for oasis stability and ecological security in arid Northwestern China. Taking Tarim Basin as a case study, we established a classification system of ecological land use for arid Northwestern China and developed an algorithm to map ecological land use classification using multi-source datasets at large scales. Spatial distribution maps of ecological land use were obtained for the late 1980s, 2000 and 2010. The area, spatial pattern, and spatio-temporal dynamic characteristic of different ecological land use types were analyzed. Ecological land use in the Tarim Basin was  $10.77 \times 10^4 \text{ km}^2$  in 2010, with the proportions of artificial-oasis, desert-vegetation, native-oasis, saline, and wetland types of ecological land use at 11.23%, 59.61%, 14.67%, 9.66%, and 4.92%, respectively. The spatial distribution of different ecological land use types showed obvious differences among nine watersheds. For the main streams of the Tarim River, Keriya River Basin, Qarqan River Basin, Hotan River Basin, and Kaidu-Kongque River Basin, desert-vegetation and native-oasis types were the major ecological land uses. Whereas, for the Aksu River Basin, Weigan River Basin, Kashgar River Basin, and Yarkand River Basin (all with advanced irrigation agriculture), large areas of artificial-oasis type and saline type of ecological land use were present. Ecological land use decreased  $9769.05 \text{ km}^2$  from the late 1980s to 2010, with a decrease in desert-vegetation type and native-vegetation type of ecological land use and increase in other types of ecological land use. For watersheds dominated by fragile ecosystem conditions, ecological land use was mainly converted to desert, accounting for over 55% of the total area of ecological land use transformation, while for the watersheds dominated by advanced oasis agriculture, artificial-oasis ecological land use converted to arable land was the major type, accounting for over 50% of the total area of ecological land use transformation. For the two periods (late 1980s-2000 and 2000-2010), spatial dynamics varied with watersheds and ecological land use types. Ecological land use changes were driven by human activities. The decrease in ecological land use was due to the expansion of artificial oases and its degradation.

**Key words:** ecological land use; classification system; spatio-temporal dynamics; Tarim Basin