



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdkq.2016.01.005

刘晓林, 杨胜天, 周旭等. 1980年以来黄河内蒙古段十大孔兑流域土地利用变化时空特征[J]. 2016, 14(1): 30-36. LIU Xiaolin, YANG Shengtian, ZHOU Xu, et al. Spatial-temporal characteristics of land use changes in the ten tributaries of Yellow River in Inner Mongolia since 1980[J]. 2016, 14(1): 30-36. (in Chinese)

1980年以来黄河内蒙古段十大孔兑流域 土地利用变化时空特征

刘晓林¹, 杨胜天¹, 周旭^{1,2}, 管亚兵¹, 王志伟¹, 陈珂¹

(1. 北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 遥感科学国家重点实验室, 环境遥感与数字城市北京市重点实验室, 北京 100875;
2. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

摘要: 研究黄河内蒙古段十大孔兑(以下简称十大孔兑)流域土地利用变化, 对于区域生态环境建设和水土保持效果评价有重要意义。根据1980年、1998年、2010年3期遥感影像解译的土地利用数据, 采用土地利用动态变化和土地利用转移矩阵, 系统分析了十大孔兑流域1980年以来的土地利用变化时空特征。结果表明: 研究区以耕地、草地和未利用地为主要土地利用类型, 1980年以来草地面积逐渐增加, 未利用地面积逐渐减少, 1998年-2010年较1980年-1998年的土地利用变化幅度和变化速度提高。1980年-1998年和1998年-2010年, 土地利用转移方向主要是未利用地向低、中覆盖草地转化, 低覆盖草地向中、高覆盖草地转化, 中覆盖草地向高覆盖草地转化, 该转化主要分布在流域的上中游, 以流域东部和西部最明显。1980年-1998年间低覆盖草地向中、高覆盖草地转化比例较高, 1998年-2010年间未利用地向低、中覆盖草地转化比例较高。分析认为, 1980年以来十大孔兑流域城镇化水平提高, 林草水保措施力度增强、成效显著, 区域生态环境改善, 特别是国家实施“退耕还林(草)”生态修复政策后, 生态环境改善效果更为突出。

关键词: 土地利用; 时空特征; 林草水保措施; 遥感解译; 十大孔兑

中图分类号: F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2016)01-0030-07

Spatial-temporal characteristics of land use changes in the ten tributaries of Yellow River in Inner Mongolia since 1980

LIU Xiaolin¹, YANG Shengtian¹, ZHOU Xu^{1,2}, GUAN Yabing¹, WANG Zhiwei¹, CHEN Ke¹

(1. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, School of Geography, Beijing Normal University, Beijing Key Laboratory for Remote Sensing of Environment and Digital Cities, Beijing 100875, China;
2. School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: The study of the land use changes in the ten tributaries of Yellow River in Inner Mongolia is of great significance for not only the construction of regional ecological environment, but also the evaluation of water and soil conservation effects. Based on the land use data interpreted from remote sensing images in 1980, 1998 and 2010, the spatial and temporal variation of land use in the ten tributaries since 1980 was analyzed from the land use dynamic change and the direction of land use transformation. Some conclusions can be drawn as follows: First, Arable land, grassland and unused land were the major land use types in

收稿日期: 2015-03-27 修回日期: 2015-12-21 网络出版时间: 2016-02-27

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20160227.1620.001.html>

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAB02B00); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201101037); 中央高校基本科研业务费专项

Fund: National Science & Technology Key Program during the 12th Five year Plan Period(2012BAB02B00); Public Welfare Foundation of the Ministry of Water Resources of China(201101037); Fundamental Research Funds for the Central Universities

作者简介: 刘晓林(1991-), 男, 甘肃白银人, 主要从事水文水资源遥感研究。E-mail: liuxiaolin25@163.com

通讯作者: 杨胜天(1965-), 男(彝族), 贵州贵阳人, 教授, 博士, 主要从事水资源与水环境遥感研究。E-mail: yangshengtian@bnu.edu.cn

the ten tributaries. The area of grassland gradually increased, while unused land decreased since 1980. The rate and speed of variation were higher during 1998-2010 than 1980-1998. Second, during 1980-1998 and 1998-2010, the directions of land use change were mainly as follows: unused land was converted to low and middle coverage grassland, low coverage grassland to middle and high coverage grassland, middle coverage grassland to high coverage grassland. The area of conversion were mainly distributed in the upper and middle basin of the ten tributaries. The largest area of conversion of low coverage grassland to middle and high coverage grassland was obtained during 1980-1998. While the largest unused land to low and middle coverage grassland was observed during 1998-2010. The urbanization level had grown, water and soil conservation of forest and grass had been enhanced, regional ecological environment had been improved in the ten tributaries since 1980, and more outstanding improvement effects were found after the launch of bioenvironmental recovering policy of Grain to Green Program (GTGP) in 1999.

Key words: land use change; spatial-temporal characteristics; water and soil conservation of forest and grass; remote sensing interpretation; the ten tributaries

土地利用/土地覆盖变化(LUCC)是陆地表层环境对人类活动和气候变化的具体反映^[1],是全球气候变化和全球环境变化研究关注的主要内容^[2],已成为当前各国学术界的研究热点。其研究内容主要关注土地利用变化的过程与趋势、驱动机制及生态环境效应等^[3],研究区域主要集中于人口与城市化快速发展、人地关系矛盾尖锐、生态环境脆弱的地区^[4]。

十大孔兑(孔兑为蒙语“山洪沟”的音译)是黄河内蒙古河段由南向北平行汇流的十条相邻的一级支流,地处黄土高原北部丘陵沟壑区和库布齐沙漠腹地。由于自然地理条件的特殊性,生态环境脆弱,水土流失严重^[5],暴雨发生时,易形成洪峰流量大、含沙量极高的洪水,对其下游和黄河干流产生极大的危害^[6]。吴保生^[7]研究指出十大孔兑来沙致使三湖河口-头道拐河(黄河干流)的水沙条件进一步恶化,淤积增多,而且随着黄河上游来水量的不断减少,其影响越来越显著。刘晓燕等^[8]研究发现黄河内蒙古河段淤积主要来自其支流十大孔兑洪水的影响,要改变河道主槽萎缩趋势,需要维持河道内一定量级的洪水及加强产沙区水土流失治理。张建等^[9]研究指出十大孔兑的泥沙主要来自上游水土流失严重的丘陵沟壑区和中部受季风影响的库不齐沙漠。实现黄河内蒙古河道减淤的根本措施之一是减少孔兑来沙量。针对十大孔兑水土流失现象,已经制定并实施了相应的治理对策,其中包括在孔兑上中游实施的退耕还林还草及林草植被建设,特别是1999年底国家在长江黄河上中游实施的“退耕还林(草)”生态修复政策^[10],促使十大孔兑土地利用和生态景观格局发生了重大变化。目前对于十大孔兑土地利用的研究多基于行政区划(达拉特旗或鄂尔多斯市)进行^[11-16],而未以流域单元从水土保持实施效果的角度进行分析,同时未见1980年以来十大孔兑流域长时间序列高精度、针对1999年国家“退耕还林

(草)”政策实施前后的土地利用变化研究。

本文以十大孔兑流域为研究单元,选取1980年、1998年、2010年遥感影像数据,采用人机交互图像处理方法获得对应3个时期的土地利用数据,分析1980年以来十大孔兑流域土地利用变化规律和空间分布格局,为有效保护流域生态环境,评价“退耕还林(草)”政策在十大孔兑流域的实施效果提供参考。

1 研究区概况

十大孔兑发源于鄂尔多斯台地,流经库布齐沙漠,通过冲积平原汇入黄河,由西向东依次为毛布拉克兑、布尔斯太沟、黑赖沟、西柳沟、罕台川、壕庆河、哈拉拉川、木哈尔日河、东柳沟、呼斯太河^[17](图1),流域面积10 628 km²。

流域范围内地势南高北低,西高东低,上游为丘陵沟壑区,中游为库布齐沙漠,下游为冲、洪积平原,区内海拔在1 000~1 500 m之间。研究区属于典型温带大陆性季风气候,年平均气温6℃左右,年均降水量200~400 mm,年际变率大,由东向西逐渐减少,年平均蒸发量(水面蒸发)2 200 mm。流域土壤类型主要有栗钙土、风沙土、灌淤土、盐土、碱土、草甸土。植被主要分为半干旱草原、草甸草原、干草原沙生植被三大类型。

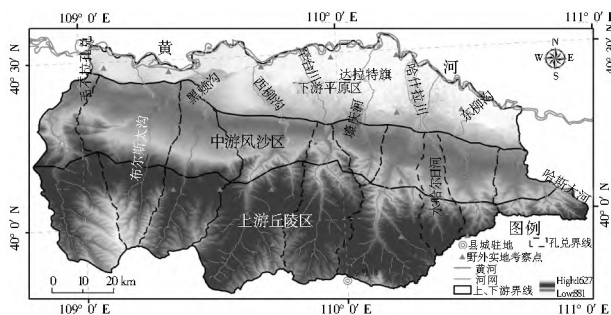


图1 十大孔兑位置、水系及解译验证点分布

Fig.1 Locations and rivers of the ten tributaries and the distribution of verification point stations

2 数据与方法

2.1 数据获取与处理

选取 1980 年、1998 年、2010 年 3 个时期对应的多光谱影像, 1980 年为覆盖研究区的 3 景 Landsat/MSS 影像数据, 分辨率为 60 m; 1998 年、2010 年分别为覆盖研究区的 2 景 Landsat/TM 影像数据, 分辨率为 30 m。影像数据均来源于美国地质调查局网站(<http://glovis.usgs.gov/>)。

采用 ENVI 软件对研究区影像进行几何校正、辐射定标、大气纠正等预处理。参照《土地利用现状分类(GB/T 201010-2007)》标准, 根据研究需要, 将研究区的土地分为 8 类: 耕地、林地、高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地、水域、建设用地及未利用地。利用 ArcGIS 软件, 结合 Google Earth 工具, 进行人机交互式解译^[18], 得到研究区 1980 年、1998 年、2010 年 3 期土地利用分布图。1980 年的解译结果用 1978 年的锁眼卫星侦察照片(空间分辨率 2.7 m)验证, 1998 年的解译结果用同期 SPOT 影像(空间分辨率 10 m)验证, 2010 年的解译结果用 Google Earth 高空间分辨率真彩色遥感影像和野外实地考察点(图 1)验证。在 1980 年和 1998 年在影像中分别随机选取 50 个验证点, 2010 年随机选取的验证点和考察点共计 50 个验证点, 三期总体解译精度达到 86.89%, 解译结果能够满足研究需求。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用动态变化

土地利用变化量是指某种土地利用类型在前后两个时期内的面积数量之差, 表示土地利用类型面积变化的数量大小。土地利用变化幅度是某种土地利用类型变化量占其在研究初期面积的比率, 表示土地利用变化的剧烈程度^[19]。具体的数学表达式如下:

$$\Delta S = S_b - S_a \quad (1)$$

$$K = (S_b - S_a) / S_a \times 100\% \quad (2)$$

式中: S_a 、 S_b 分别表示研究初期与末期某种土地利用类型的面积; ΔS 、 K 分别为研究时段内某种土地利用类型的变化量和变化幅度。

2.2.2 土地利用转移矩阵

土地利用状态转移矩阵不仅可以刻画土地利用变化的结构特征, 而且能够反映各类型之间的转移方向, 是定量研究土地利用类型间相互转化的数量和方向特征的主要方法^[20]。转移矩阵的数学表达式为

$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & S_{n3} & \dots & S_{nn} \end{vmatrix} \quad (3)$$

式中: S_{ij} 表示研究期初期第 i 类土地转化为研究末期第 j 类土地的面积; n 为土地利用类型的数量。

3 结果分析

3.1 土地利用结构及其变化

根据 1980 年、1998 年、2010 年 3 期土地利用图的统计结果(表 1), 研究区主要土地利用类型为耕地、草地和未利用地, 3 种土地类型面积之和占流域土地面积的比例在 3 个时期分别为 89.94%、90.17% 和 89.39%, 变化不大。然而三个时段草地(高、中、低覆盖之和)面积比例依次为 48.25%、49.65%、53.57%, 建设用地面积比例依次为 3.03%、3.04%、3.53%, 均呈持续增加趋势, 未利用地面积比例则依次为 25.25%、24.11%、19.66%, 依次下降。此外, 耕地所占比例有所下降, 林地所占比例有所上升, 水域则表现为先下降后上升。上述变化趋势与达拉特旗的土地利用变化结果大致相同, 但变化大小有所差异^[16], 可能与研究时段和区域不同有关。

表 1 1980 年以来十大孔兑土地利用结构及其变化趋势

Tab. 1 Land use structure and its changes in the ten tributaries since 1980

土地利用类型	1980 年		1998 年		2010 年		1980 年-2010 年	
	面积/ km ²	比例(%)	面积/ km ²	比例(%)	面积/ km ²	比例(%)	变化量/ km ²	变化率(%)
耕地	1 747.14	16.44	1 744.66	16.42	1 717.69	16.16	- 29.45	- 1.69
林地	204.58	1.92	220.73	2.08	231.72	2.18	27.14	13.27
高覆盖草地	571.53	5.38	700.84	6.59	748.25	7.04	176.72	30.92
中覆盖草地	2 157.62	20.30	2 270.27	21.36	2 402.18	22.60	244.56	11.33
低覆盖草地	2 399.13	22.57	2 305.06	21.69	2 542.66	23.93	143.53	5.98
水域	542.66	5.11	500.96	4.71	520.92	4.90	- 21.74	- 4.01
建设用地	321.90	3.03	322.63	3.04	374.83	3.53	52.93	16.44
未利用土地	2 682.97	25.25	2 562.38	24.11	2 089.08	19.66	- 593.89	- 22.14
流域合计	10 627.54	100	10 627.54	100	10 627.54	100	/	/

3.2 土地利用变化量和变化率

从图2中可以看出,研究区土地利用变化的主要特征如下。

(1)从变化量上看,草地和未利用地的变化量相对较大。1980年-1998年、1998年-2010年两个时间段,高覆盖草地分别增加129.32 km², 47.41 km²;中覆盖草地分别增加112.65 km², 131.91 km²;未利用地分别减少120.60 km², 473.30 km²;低覆盖草地先减少94.07 km²,后增加237.60 km²,总体增加了143.53 km²。耕地、林地、建设用地的变化量相对较小。1980年-1998年、1998年-2010年两个时间段,林地分别增加16.15 km², 10.99 km²;建设用地分别增加0.74 km², 52.20 km²;耕地分别减少2.48 km², 26.97 km²。水域的变化较为特殊,1980年-1998年间减少41.70 km²,1998年-2010年间增加19.96 km²,总体上减少了21.74 km²。

(2)从变化率上看,耕地的变化率最小,1980年-1998年、1998年-2010年两个时间段,分别减小0.14%,1.55%,总的减少率为1.69%。变化率超过15%的有高覆盖草地、建设用地、未利用地。高覆盖草地在1980年-1998年间的增加率为

22.63%,1998年-2010年继续增加,总的增加率为30.92%,在所有土地利用类型中变化率最大。建设用地在1980年-2010年间总的增加率为16.44%,其中1980年-1998年间增加0.74%,1998年-2010年间增加16.18%,后一时间段是前一时间段的22倍。未利用地在1980年-1998年、1998年-2010年两个时间段减小率分别为4.49%,18.47%,总的减小率为22.14%。其他土地利用类型的变化率都在15%以下。

综上所述,1980年-1998年、1998年-2010年两个时间段,研究区草地面积逐渐增大,未利用地面积逐渐减小,生态环境逐渐改善。据相关文献[9,21],十大孔兑流域水土流失面积8362 km²,占整个流域面积的79%,19世纪50年代就开始实施了相应的林草水土保持措施,并且后续的力度逐渐增强。前文分析结果说明,该区域林草生态修复治理措施成效显著。

此外,1980年-1998年、1998年-2010年两个时间段,建设用地的面积逐渐增加,且1998年-2010年间增加率迅速提高,说明十大孔兑在政策、人口、经济因素的影响下,人口增多、城镇化水平提高^[12]。

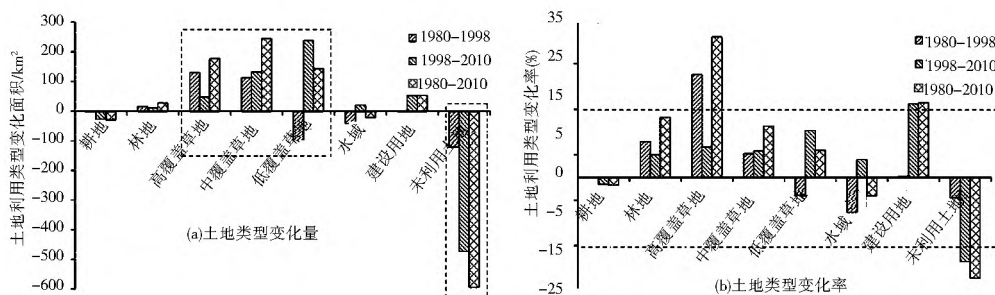


图2 不同时期十大孔兑土地利用类型变化量和变化率

Fig. 2 Land use changes and change rates in the ten tributaries at various stages

3.3 土地利用转移特征

运用GIS空间分析与制图方法,计算出土地利用转移矩阵见表2和表3,得到1980年-1998年、1998年-2010年土地利用变化空间分布结果(图3)。分析可得如下结果。

(1)1980年-1998年(表2、图3)。耕地主要向草地和水域转化,其中耕地向低覆盖草地转化最多,面积为13.02 km²,耕地变化主要分布在流域上中游,转化区域以毛不拉孔兑、布尔斯太沟、黑赖沟、哈什拉川的上中游相对较多。中覆盖草地主要向低、高覆盖草地转化,其中向高覆盖草地转化面积达91.84 km²,中覆盖草地变化区域主要分布在毛不

拉孔兑上游、布尔斯太沟中游、西柳沟上游及东柳沟上游。低覆盖草地主要向中、高覆盖草地和林地转化,其中向中、高覆盖草地转化的面积之和达207.29 km²,低覆盖草地变化区域主要分布在流域的上中游各个孔兑。水域主要向耕地转化,面积为32.17 km²,水域变化主要分布在流域下游靠近黄河干流的位置。未利用地主要向低、中覆盖草地转化,面积分别为33.01 km²、94.89 km²,变化区域主要分布在毛不拉孔兑、布尔斯太沟的上中游。林地、高覆盖草地、建设用地转化不明显。

(2)1998年-2010年(表3、图3)。耕地主要向建设用地和水域转化,中覆盖草地主要向高覆盖草地和建设用地转化。低覆盖草地主要向中、高覆

表 2 1980 年- 1998 年十大孔兑土地利用转移矩阵

Tab. 2 Transition matrix of the land use types in the ten tributaries from 1980 to 1998

土地利用类型	耕地	林地	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水域	建设用地	未利用土地	合计
耕地	1709.89	0.85	7.30	9.25	13.02	5.98	0.01	0.09	1746.39
林地	0.00	204.30	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	204.34
高覆盖草地	0.04	1.05	566.92	0.04	0.93	0.21	0.00	2.47	571.65
中覆盖草地	0.14	3.72	91.84	2047.20	11.88	0.66	0.37	2.58	2158.40
低覆盖草地	1.32	8.59	27.24	180.05	2181.97	0.04	0.05	0.44	2399.71
水域	32.17	0.53	3.12	1.43	3.13	492.58	0.37	9.60	542.93
建设用地	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	320.72	0.01	320.80
未利用土地	0.24	1.40	4.39	33.01	94.89	1.82	0.01	2547.14	2682.91
合计	1743.81	220.44	700.84	2271.02	2305.86	501.28	321.54	2562.33	10627.13

表 3 1998 年- 2010 年十大孔兑土地利用转移矩阵

Tab. 3 Transition matrix of the land use types in the ten tributaries from 1998 to 2010

土地利用类型	耕地	林地	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水域	建设用地	未利用土地	合计
耕地	1712.56	0.39	1.08	3.03	4.11	14.90	7.66	0.08	1743.81
林地	0.02	215.08	0.00	0.01	0.13	0.00	5.01	0.19	220.44
高覆盖草地	0.03	3.65	690.63	0.14	0.23	1.19	4.20	0.77	700.84
中覆盖草地	1.55	1.02	40.16	2209.27	0.67	0.21	18.00	0.14	2271.01
低覆盖草地	0.18	0.06	7.09	120.43	2171.52	0.02	6.32	0.23	2305.85
水域	1.82	0.00	0.74	0.04	0.04	498.52	0.00	0.11	501.27
建设用地	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05	0.16	321.22	0.05	321.53
未利用土地	0.74	11.13	8.48	70.12	366.78	6.19	11.33	2087.42	2562.19
合计	1716.92	231.35	748.19	2403.04	2543.51	521.19	373.75	2088.99	10626.94

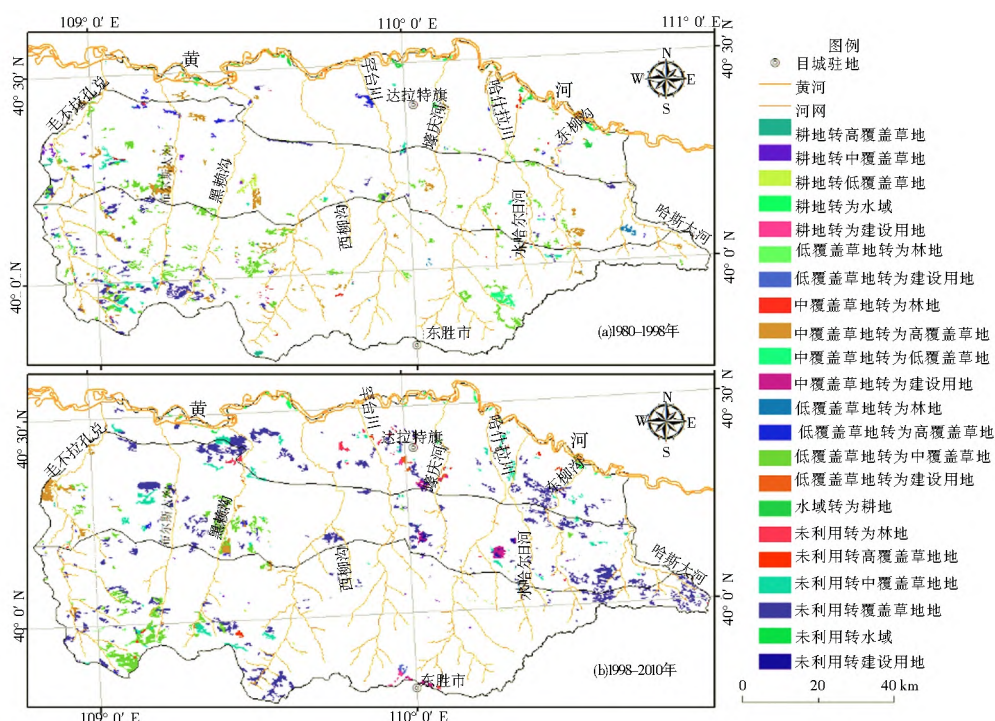


图 3 1980 年- 1998 年和 1998 年- 2010 年十大孔兑土地利用变化空间分布

Fig. 3 The distribution of land use changes from 1980 to 1998 and 1998 to 2010 in the ten tributaries

盖草地和建设用地转化,其中向中覆盖草地转化的面积达到 120.43 km²,主要分布在毛不拉孔兑、布尔斯太沟、黑赖沟的上中游。未利用地向林地、草地(高、中、低覆盖)、水域、建设用地均有转化,但向低覆盖草地转化的面积最大,达到 366.78 km²,且转化区域主要分布在毛不拉孔兑、布尔斯太沟、黑赖沟、东柳沟、呼斯太河的上中游。林地、高覆盖草地、水域、建设用地转化不明显。

综上所述,1980年-1998年、1998年-2010年,研究区未利用地向低、中覆盖草地转化,低覆盖草地向中、高覆盖草地转化,中覆盖草地向高覆盖草地转化,这些转化区域主要分布在流域的上中游地区,其中流域西部的毛不拉孔兑、布尔斯太沟、黑赖沟,东部的东柳沟、呼斯太河最为明显。前一个时期,低覆盖草地向中、高覆盖草地转化的面积(207.29 km²)大于未利用地向低覆盖草地转化的面积(94.89 km²),导致低覆盖草地面积呈现减小的特征。后一个时期未利用地向草地转化面积是前一个时期的3.4倍,强度明显增加。表明1999年底开始实施的“退耕还林(草)”生态修复工程^[16],以及颁布禁牧、休牧和轮牧的政策,使得1998年-2010年间该区域生态环境改善速度明显加快。土地利用转化方式与闫丽等对达拉特旗2000年-2005年土地沙漠化动态研究中沙漠向草地转化特征相同,转化分布也与其研究结果基本相同^[22]。

4 结论

以1980年、1998年、2010年3期遥感影像解译的土地利用数据为基础,分析了十大孔兑流域1980年以来的土地利用变化特征,并以十个孔兑及上、中、下游为单元进行了空间异质性对比,结论如下:

(1)十大孔兑土地利用以耕地、草地、未利用地为主,3个时期三种土地利用类型面积之和占全区域的比例在89%~91%之间,基本保持不变。

(2)1980年-1998年、1998年-2010年,十大孔兑草地面积逐渐增加,沙漠(未利用地)面积逐渐减少,林草水保措施力度增强、成效显著,区域生态环境逐渐改善。1998年-2010年较1980年-1998年的变化幅度和变化速度提高,说明1999年底实施的“退耕还林(草)”生态修复政策使得生态环境改善速度明显加快。

(3)1980年-2010年,十大孔兑流域土地利用类型转化方式主要是未利用地向低、中覆盖草地转化,低覆盖草地向中、高覆盖草地转化,中覆盖草地向高覆盖草地转化。这些转化主要发生在流域的上

中游,且流域东部和西部变化最明显。

参考文献(References):

- [1] 吴琳娜,杨胜天,刘晓燕,等.1976年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J].地理学报,2014,69(1):54-63. (WU Lin na, YANG Sheng tian, LIU Xiao yan, et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in beiluo river basin since 1976[J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 54-63. (in Chinese))
- [2] 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 Ji yuan, KUANG Wen hui, ZHANG Zeng xiang, 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. (in Chinese))
- [3] 李扬.国内外土地利用变化研究概述[J].安徽农学通报,2010,16(9):12-16. (LI Yang. Research summary of land use changes at home and abroad[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2010, 16(9): 12-16. (in Chinese))
- [4] 罗娅,杨胜天,刘晓燕,等.黄河河口镇一潼关区间1998-2010年土地利用变化特征[J].地理学报,2014,69(1):42-53. (LU O Ya, YANG Sheng tian, LIU Xiao yan, et al. Land use change in the reach from Hekouzhen to Tongguan of the Yellow River during 1998-2010[J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 42-53. (in Chinese))
- [5] 赵昕,汪岗,韩学士.内蒙古十大孔兑水土流失危害及治理对策[J].中国水土保持,2001,1(3):4-6. (ZHAO Xin, WANG Gang, HAN Xue shi. Harmfulness of Ten Big Gullies in Inner Mongolia and corresponding treatments[J]. Soil and Water Conservation in China, 2001, 1(3): 4-6. (in Chinese))
- [6] 王平,田勇,侯素珍,等.黄河内蒙古段孔兑水沙特点分析[J].人民黄河,2012,34(11):39-42. (WANG Ping, TIAN Yong, HOU Si zhen, et al. Analysis on characteristics of flow and sediment of the hyperconcentration tributaries of Inner Mongolia[J]. Yellow River, 2012, 34(11): 39-42. (in Chinese))
- [7] 吴保生.内蒙古十大孔兑对黄河干流水沙及冲淤的影响[J].人民黄河,2014(10):5-8. (WU Bao sheng. Effect of ten major tributaries in the inner mongolia on runoff and sediment load as well as sedimentation in the Main Stream of the Yellow River[J]. Yellow River, 2014(10): 5-8. (in Chinese))
- [8] 刘晓燕,侯素珍,常温花.黄河内蒙古河段主槽萎缩原因和对策[J].水利学报,2009,40(9):1048-1054. (LIU Xiao yan, HOU Si zhen, CHANG Wen hua. Cause of main channel shrinkage occurred to the Inner Mongolia Reaches of Yellow River[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 40(9): 1048-1054. (in Chinese))
- [9] 张建,马翠丽,雷鸣,等.内蒙古十大孔兑水沙特性及治理措施研究[J].人民黄河,2013,35(10):72-74. (ZHANG Jian, MA Cui li, LEI Ming, et al. Study on water and sediment characteristics and treatment measures of Ten Hyper Concentration Tributaries in Inner Mongolia[J]. Yellow River, 2013, 35(10): 72-74. (in Chinese))
- [10] 裴新富,甘枝茂,刘啸.黄河流域退耕还林有关技术问题研究[J].干旱区资源与环境,2003,17(3):98-102. (PEI Xin fu, GAN Zhi mao, LIU Xiao. A study on the problem of returning farmland to forests in Yellow River Basin[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2003, 17(3): 98-102. (in Chinese))

- [11] 李磊. 达拉特旗土地利用动态变化及驱动机制研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2013. (LI Lei. The study on the land use change and driving force in Dalate Banner[D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2013. (in Chinese))
- [12] 冯异星. 遥感与 GIS 支持下的土地利用动态变化研究—以鄂尔多斯市为例[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2008. (FENG Yixing. Research on the dynamic change of land use using remote sensing and GIS[D]. Huhhot: Inner Mongolia Normal University, 2008. (in Chinese))
- [13] 康文慧, 徐进才, 张武文, 等. 内蒙古达拉特旗土地利用方式对土壤养分的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(8): 161-166. (KANG Wenhui, XU Jincan, ZHANG Wuwen, et al. Effects of land use on soil nutrient in Dalad Banner Inner Mongolia[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(8): 161-166. (in Chinese))
- [14] 陈燕, 齐清文. 达拉特旗土地利用及水土保持措施现状遥感调查与制图[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 137-139. (CHEN Yan, QI Qingwen. Investigation on land use and water and soil conservation measures by remote sensing—Taking Dalate County, Inner Mongolia autonomous region for example[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(6): 137-139. (in Chinese))
- [15] 钟莉娜, 郭旭东, 赵文武, 等. 内蒙古鄂尔多斯市达拉特旗土地利用结构变化对生态系统服务价值的影响[J]. 中国土地科学, 2014(10): 25-32. (ZHONG Lina, GUO Xudong, ZHAO Wewu, et al. Effects of land use structure changes on ecosystem service value: A case study of Dalateqi, Erdos[J]. China Land Sciences, 2014(10): 25-32. (in Chinese))
- [16] 赵峰, 鞠洪波, 刘华, 等. 基于生态工程区的土地利用变化和景观格局分析——以内蒙古达拉特旗为例[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(1): 216-220. (ZHAO Feng, JU Hongbo, LIU Hua, et al. Land use changes and landscape analysis in the of ecological project region—A case study in dalate country[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(1): 216-220. (in Chinese))
- [17] 姬宝霖, 吕忠义, 申向东, 等. 内蒙古达拉特旗十大孔兑综合治理方案研究[J]. 人民黄河, 2004, 26(1): 31-32. (JI Baolin, LYU Zhongyi, SHEN Xiangdong, et al. Study on an integrated management and control plan of the Hyperconcentration Tributaries in Dalad Banner Inner Mongolia[J]. Yellow River, 2004, 26(1): 31-32. (in Chinese))
- [18] 杨胜天, 朱启疆. 人机交互式解译在大尺度土壤侵蚀遥感调查中的作用[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 88-91. (YANG Shengtian, ZHU Qijiang. Affect of man-computer interactive interpretation method in soil erosion survey of large scale by remote sensing[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, 14(3): 88-91. (in Chinese))
- [19] 娄和震, 杨胜天, 周秋文, 等. 延河流域 2000-2010 年土地利用/覆盖变化及驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(4): 15-21. (LOU Hezhen, YANG Shengtian, ZHOU Qiwen, et al. Analysis of land use/cover change and driving forces in Yan River Basin from 2000 to 2010[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(4): 15-21. (in Chinese))
- [20] 任斐鹏, 江源, 熊兴, 等. 东江流域近 20 年土地利用变化的时空差异特征分析[J]. 资源科学, 2011, 33(1): 143-152. (REN Feipeng, JIANG Yuan, XIONG Xin, et al. Characteristics of the spatial-temporal differences of land use changes in the Dongjiang River Basin from 1990 to 2009[J]. Resources Science, 2011, 33(1): 143-152. (in Chinese))
- [21] 许炯心. 黄河内蒙古段支流“十大孔兑”侵蚀产沙的时空变化及其成因[J]. 中国沙漠, 2014, 34(6): 1641-1649. (XU Jiongxin. Temporal and spatial variations in erosion and sediment yield and the cause in the ten small tributaries to the Inner Mongolia Reach of the Yellow River[J]. Journal of Desert Research, 2014, 34(6): 1641-1649. (in Chinese))
- [22] 闫丽, 包慧娟, 郭佳. 内蒙古达拉特旗土地沙漠化动态研究[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2009, 38(3): 315-319. (YAN Li, BAO Huijuan, GUO Jia. The dynamic changes of land desertification of dalate county in Inner Mongolia[J]. Journal of Inner Mongolia Normal University (Natural Science Edition), 2009, 38(3): 315-319. (in Chinese))

(上接第 29 页)

- [9] 巫俊丽. 感潮江段事故溢油二维数值模拟[D]. 南京: 河海大学, 2006. (WU Junli. The two-dimensional simulation on the diffusion of emulsified oil in the tide sect of the Yangtze River[D]. Nanjing: Hhai University, 2006. (in Chinese))
- [10] 赵炎鑫, 王永桂, 张万顺, 等. 河道溢油污染事故二维数值模型研究[J]. 人民长江, 2012, 43(15): 81-84. (ZHAO Yanxin, WANG Yonggui, ZHANG Wanshun, et al. Two-dimensional numerical simulation model for oil spill in river[J]. Yangtze River, 2012, 43(15): 81-84. (in Chinese))
- [11] 张艳军, 雒文生, 雷阿林, 等. 河道溢油模型在三峡水质预警系统中的研究与应用[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(1): 128-131. (ZHANG Yanjun, LUO Wensheng, LEI Alin, et al. Research and application of river oil spill model in advanced warning system of water quality of Three Gorges[J]. Environmental Science & Technology, 2010, 33(1): 128-131. (in Chinese))
- [12] 刘栋, 林卫青, 钟宝昌, 等. 感潮河道溢油扩展、漂移特性实验[J]. 水动力学研究与进展, A 辑, 2006, 21(6): 744-751. (LIU Dong, LIN Weiqing, ZHONG Baichang, et al. Characteristic experiment of spread and transport of oil spill in tidal river[J]. Chinese Journal of Hydrodynamics, A, 2006, 21(6): 744-751. (in Chinese))
- [13] 郭运武, 刘栋, 钟宝昌, 等. 风对河道溢油扩展、漂移影响的实验研究[J]. 水动力学研究与进展, A 辑, 2008, 23(4): 446-452. (GUO Yunwu, LIU Dong, ZHONG Baichang et al. Experimental investigations of wind effect on the oil spill spread and drift[J]. Chinese Journal of Hydrodynamics, A, 2008, 23(4): 446-452. (in Chinese))
- [14] Peishi QI, Zhiguo SHAO, Yunzhi LIU, Zheng QI, Lijun LI. Transportation of the Oil Slick in the Low-temperature River. ICBBE, 2010.
- [15] 胡云进, 邵会彩, 耿洛桑, 等. 梯形断面明渠流速分布的研究[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2009, 43(6): 1102-1106. (HU Yunjin, GAO Huicai, GENG Luosang, et al. Laws of velocity distribution in trapezoidal open channels[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2009, 43(6): 1102-1106. (in Chinese))