

# 近30年黄河源头土地覆被变化特征分析

邴龙飞<sup>1,2</sup>, 邵全琴<sup>1\*</sup>, 刘纪远<sup>1</sup>

(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 100049)

**摘要:** 本研究对以 DEM 生成的黄河源头范围内的土地覆被变化进行了分析, 得到 20 世纪 70 年代中后期至 80 年代末、80 年代末至 2004 年和 2004 - 2008 年土地覆被变化数据。同时利用转移矩阵的方法, 定量研究了近 30 年黄河源头土地覆被类型转移的途径和幅度; 分析了 3 个时段内的土地覆被状况指数和土地覆被转类指数, 藉此探讨黄河源头不同土地覆被类型的生态系统功能的变化; 黄河源头土地覆被类型以草地为主, 草地覆被状况明显优于同时期三江源的总体状况。1970 - 2004 年, 黄河源头土地覆被状况呈持续退化的趋势, 而且不同时段内土地覆被状况变动较大; 2004 - 2008 年草地退化的趋势得到明显的遏制。从 70 年代到 2008 年, 黄河源头流域尺度宏观生态状况经历了变差—缓慢恢复的趋势, 2004 年开始实施生态保护工程以后, 黄河源头草地覆被状况出现了好转的趋势。

**关键词:** 黄河源头; 土地覆被; 指数; 生态系统

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2011.00289

## 1 引言

青藏高原是我国气候变化的“启动区”(又称之为气候变化的“起搏器”)<sup>[1]</sup>; 三江源位于青藏高原腹地, 青海省南部, 是长江、黄河和澜沧江的发源地, 素有“中华水塔”之称, 草地是其主要生态系统类型。受气候变化以及人类活动的干扰, 近 30 年来三江源草地持续退化<sup>[2-3]</sup>, 而且主要发生在中部和东部地区<sup>[4]</sup>。草地退化不仅严重威胁着当地人们的生活和福祉, 而且对三江源地区生态系统的水源涵养、气候调节、水土保持等功能产生了重大影响, 进而可能造成区域水循环和生态环境方面等一系列问题。植被退化使地表反照率、粗糙度、植被叶面积指数和地表植被覆盖度等发生了明显的改变, 影响潜热和显热通量的交换, 热变化伴随着区域内水热梯度的变化, 影响区域季风运动, 以及水分和湿气的平流, 进而影响区域水循环和水平衡<sup>[5]</sup>。地表覆被特征的变化还会对降水的截留、下渗等过程产生影响, 进而改变地表的产汇流过程, 水平衡的破坏又会驱动区域生态系统发生各种各样的演化。

对三江源草地退化的时间和空间格局<sup>[2,4,6-9]</sup>的研究, 旨在加深认识三江源生态环境问题。其在涉及黄河源的研究中, 都将唐乃亥水文站以上划定为研究范围。实际上, 目前对黄河源并没有统一的界定, 争论颇多。丁永建等以达日县水文站为流域出水口, 结合 DEM 生成黄河源头流域边界, 认为对应流域内地貌特征, 以及生态环境成分相对均匀, 而且对黄河源出水量有显著的控制作用<sup>[10-11]</sup>, 基于此黄河源头划分方法, 张懿铨等讨论了 1985 和 2000 年黄河源头草地退化的空间特征, 认为草地退化是黄河源头土地覆被变化的主要途径, 黄河源头草地退化的根本原因是人为活动的干扰<sup>[12]</sup>。草地生态系统的持续退化引发了一系列的环境问题, 如水土流失、土地沙化和荒漠化、冰川退缩、湖泊萎缩、地下水位下降、湿地退化、草场退化、毒杂草等有毒有害植物入侵等<sup>[13]</sup>, 因此, 分析土地覆被变化下生态环境的整治和保护具有重要的意义。

土地利用变化是人类有目的地开发利用土地资源的一切活动, 如农业用地、工业用地、交通用地、居住用地等都是土地利用。而土地覆盖变化则是指地表自然形成的或者人为引起的覆盖状况的

收稿日期: 2010 - 09 - 19; 修回日期: 2010 - 10 - 08.

基金项目: 国家科技支撑计划(2006BAC08B00); 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB2-06-03); 国家科技支撑(攻关)(2009BAC61B01)资助。

作者简介: 邴龙飞(1979 -), 男, 山东青岛人, 博士研究生, 研究方向为区域水热平衡。E-mail: binglf@lreis. ac. cn

\* 通讯作者: 邵全琴, 女, 研究员, 研究方向为 GIS 应用与生态信息。E-mail: shaoqq@lreis. ac. cn

变化<sup>[14]</sup>,土地利用和土地覆被变化与人类的生存与发展密切相关,已成为科学界研究的热点<sup>[14-17]</sup>。我国对土地利用动态变化的模拟主要借鉴国外模型方法,目前主要的方法有土地利用动态度模型、土地利用程度动态变化模型、重要度模型、邻接度模型等指数形式的模型<sup>[18]</sup>。出现了很多类似的应用,例如张懿锂等利用景观指数(如斑块面积、分维数等)分析景观格局的动态变化,利用动态度指数和土地利用程度综合指数描述土地利用的变化<sup>[19]</sup>,包玉海等则对土地利用面积的变化研究的模型方法进行了总结<sup>[20]</sup>。上述模型或者方法都不能体现生态系统功能变化的方向,即不能回答不同类型之间的转化,究竟导致生态系统服务功能变好还是变坏。为最大限度剔除环境条件变异的影响,本文以达日县吉迈水文站作为流域出口点,研究其上范围内(下称黄河源头)土地覆被变化情况,采用数学指数方法定量研究黄河源头生态系统不同退化程度之间的差异,为生态系统功能的恢复和重建提供参考。

2 数据与方法

2.1 数据源分析

利用 1:10 万 DEM 生成黄河源吉迈水文站所

控流域,叠加青海省县域图,生成黄河源头分县流域范围。

本研究主要采用美国陆地卫星(Landsat)20 世纪 70 年代中后期 MSS 以及 80 年代末、2004 年以及 2008 年三期 TM 影像,根据刘纪远等提出的中国土地利用分类系统<sup>[15,21-22]</sup>,结合野外调查,首先,对影像进行几何精校正(平均位置误差不超过约两个像元),然后,利用遥感图像进行人机交互分析生成黄河源头 70 年代中后期、80 年代末、2004 年和 2008 年 4 期 1:10 万土地覆被矢量数据<sup>[2]</sup>,形成 6 个一级类型和 25 个二级类型,根据与野外实地调查的统计结果,80 年代末所生成的土地利用结果精度达到了 92.9%<sup>[21]</sup>。

利用 ArcInfo 将黄河源头 4 期土地覆被矢量数据转化为 100×100m 栅格数据,进一步得到 70 年代中后期至 80 年代末(7090 时段)、80 年代末至 2004 年(9004 时段)和 2004—2008 年(0408 时段)土地覆被类型变化数据,编写 MATLAB 程序计算转类的途径和幅度,并且计算土地覆被状况指数和土地覆被转类指数。而后与上述分县流域图叠加,根据土地覆被类型反映的生态系统功能,对刘纪远等提出的土地覆被类型进行合并调整为 10 类(表 1),对合并后的土地覆被数据进行统计分析。

表 1 青海三江源地区土地覆被类型对照表

Tab. 1 Lookup table of land cover types in the “Three-River Headwaters Region” in Qinghai Province

编码	名称	文献 <sup>[15,21-22]</sup> 中编号	编码	名称	文献 <sup>[15,21-22]</sup> 中编号
10	耕地	12 旱地	33	低覆盖草地	33 低覆盖草地
20	林地	21 有林地、23 疏林地、24 其他林地	40	水体与沼泽	41 河渠、42 湖泊、43 水库坑塘、44 永久冰川雪地、46 滩地、64 沼泽地
22	灌丛	22 灌木林	50	居民地	51 城镇用地、52 农村居民点、53 其他建设用地
31	高覆盖草地	31 高覆盖度草地	60	沙地、戈壁与裸地	61 沙地、62 戈壁、63 盐碱地、65 裸土地、66 裸岩石质地
32	中覆盖草地	32 中覆盖度草地	67	荒漠	67 其他未利用土地,包括高寒荒漠、苔原等

2.2 研究方法

首先,利用转移矩阵的方法<sup>[9]</sup>,定量描述近 30 年黄河源头不同土地覆被类型的转移途径和幅度,然后,利用土地覆被状况指数和土地覆被转类指数描述生态系统功能的演化方向和程度。

本研究认为,林地、灌丛、高覆盖草地、水体与沼泽(含永久冰川积雪和湿地)4 种生态系统类型具有较好的生态系统服务功能,定义此 4 种土地覆被类型的面积之和与研究区域面积的比例为土地覆被状况指数,以此指数评估生态系统综合功能的优

劣,反映生态系统的演化状况,其计算公式为:

$$Z = (\sum_i^4 C_i / A) \times 100\%$$

上式中,Z 为土地覆被状况指数; $C_i$ 为第  $i$  种土地覆被类型的面积,此处  $i$  分别代表林地、灌丛、高覆盖草地、水体与沼泽(含永久冰川积雪和湿地); $A$  为研究区域的面积。

在获取各分析单元的土地覆被状况指数之后,求取各指数的变化率,并设定不同变化率区间对应的土地覆被状况指数等级,具体方法如下:

土地覆被状况指数变化率:

$$Z_{ratio} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1} \cdot 100\%$$

上式中, $Z_{ratio}$ 为土地覆被状况指数变化率; $Z_2$ 表示后期土地覆被状况指数, $Z_1$ 表示前期土地覆被状况指数;应用此方法的关键是土地覆被状况指数定级方法的划分,结合前人对土地利用综合指数研究方法中对土地利用程度的分级方法<sup>[18,23]</sup>,本文将土地覆被状况指数等级区间分为:1—20 归为 5 级,21—40 归为 4 级,41—60 归为 3 级,61—80 归为 2 级,81—100 归为 1 级,等级区间描述了土地覆被状况的变化,隐含了生态系统功能的好坏,1 级表示生态系统综合功能最好,级别愈接近于 1,生态系统功能愈好,反之愈差。

在合并不同土地覆被类型的基础上,对表 1 中

10 种土地覆被类型按生态意义定级(表 2),剔除受人类活动强烈影响且面积很小的耕地和居民地。本研究认为,土地覆被类型越接近 1 级,该覆被类型的生态综合功能越高。

对土地覆被对应的级别前后相减,如果差值为正,说明土地覆被状况趋好,反之趋差。本研究以土地覆被级别变化的面积百分比作为土地覆被转类指数(Land Cover Chang Index, LCCI),并以此描述土地覆被类型的转化方向:

$$LCCI = \frac{\sum_k^n [A_k \times (D_a - D_b)]}{A} \times 100\%$$

上式中, $LCCI$ 表示土地覆被转类指数, $A_k$ 为对应转类的面积, $A$ 为总面积, $D_a$ 和  $D_b$ 对应转类前后土地覆被类型的生态级别。

表 2 不同土地覆被类型的生态级别  
Tab. 2 Ecological level of different land cover types

土地覆盖类型	水体与沼泽	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	荒漠	沙地、戈壁与裸地
生态级别 D	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级	7 级	8 级

3 黄河源头土地覆被变化特征分析

3.1 土地覆被现状

2008 年黄河源头土地覆被类型以草地为主(图 1),草地覆盖占了源区的 79.0%,总面积为 34 710.39km<sup>2</sup>,其中,低覆盖草地占草地总面积的 34.6%,高覆盖和中覆盖草地分别占草地总面积的 27.4%和 17.0%,三者面积分别为 12 013.03km<sup>2</sup>、7 483.02km<sup>2</sup>和 15 214.34km<sup>2</sup>;除各种类型的草地外,沙地、戈壁与裸地占了源区的 10.2%,面积为 4 479.18km<sup>2</sup>;水体与沼泽占源区的 9.1%,面积为 4 000.70km<sup>2</sup>。相对而言,黄河源头草地状况明显优于三江源的总体状况(草地面积占三江源总面积的 65.44%,其中低覆盖草地面积最大,占 26.58%,其次为高覆盖草地占 24.86%,中覆盖草地面积最小,占 14.00%)。林地、灌丛、居民地分布非常少,分别占总面积的 0.078%、1.735%和 0.025%。

3.2 土地覆被转类途径和幅度

由表 3 和表 4 可以看出,从 1970 到 2008 年

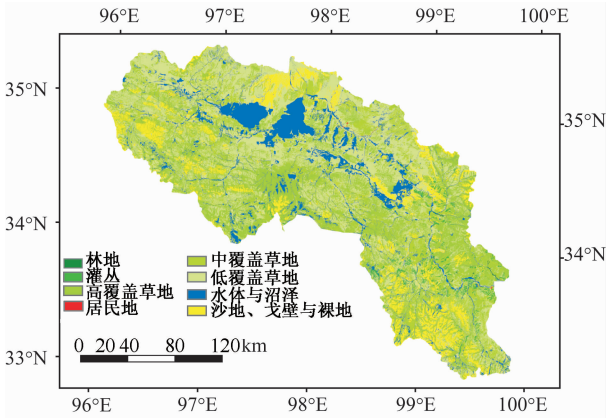


图 1 2008 年黄河源头土地覆被类型  
Fig. 1 Land cover types in the Yellow River headwaters region in 2008

(7008 时段)近 30 年中,4.45%的高覆盖草地转化为中覆盖草地,面积为 508.30km<sup>2</sup>。6.79%的中覆盖草地转化为低覆盖草地,其面积为 450.22km<sup>2</sup>。4.58%的低覆盖草地转化为沙地戈壁与裸地,面积为 619.94km<sup>2</sup>。2.44%的沙地戈壁与裸地转化为低覆盖草地,其面积为 84.48km<sup>2</sup>。可以看出,各类型间转化的面积和比例都不大,除小部分沙地戈壁与裸地转化为低覆盖草地(84.48km<sup>2</sup>),生态系统状况变好外,大多数草地呈退化的趋势。

表 3 1970-2008 年(7008 时段)黄河源头土地覆被转类的途径和幅度

Tab. 3 Direction and extent of land cover changes from 1970 to 2008 in the Yellow River headwaters region							
7008 时段转类比例(%)	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水体与沼泽	沙地戈壁与裸地
林地	99.97	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
灌丛	0.00	99.18	0.32	0.39	0.07	0.04	0.00
高覆盖草地	0.00	0.00	94.03	4.45	1.40	0.08	0.03
中覆盖草地	0.00	0.00	0.04	93.01	6.79	0.04	0.12
低覆盖草地	0.00	0.00	0.00	0.03	95.22	0.17	4.58
水体与沼泽	0.00	0.00	0.33	0.41	0.92	98.32	0.03
沙地戈壁与裸地	0.00	0.00	0.00	0.02	2.44	0.14	97.40

表 4 1970-2008 年(7008 时段)黄河源头土地覆被转类面积(km<sup>2</sup>)

Tab. 4 Changes in land cover areas from 1970 to 2008 in the Yellow River headwaters region							
7008 时段转类面积	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水体与沼泽	沙地戈壁与裸地
林地	27.47	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
灌丛	0.00	615.39	1.99	2.42	0.44	0.22	0.00
高覆盖草地	0.00	0.07	10735.10	508.30	159.97	9.59	3.53
中覆盖草地	0.00	0.00	2.41	6167.51	450.22	2.70	8.17
低覆盖草地	0.00	0.02	0.64	3.61	12892.15	22.43	619.94
水体与沼泽	0.00	0.00	11.76	14.57	33.06	3541.82	1.24
沙地戈壁与裸地	0.00	0.00	0.00	0.62	84.48	4.98	3374.76

70 年代到 90 年代(7090 时段)(表 5 和表 6),黄河源头生态系统功能总体呈退化的趋势。土地覆被的主要转类途径为灌丛到草地,以及草地覆盖程度的降低,亦有水体与沼泽转换为低覆盖草地(0.17%,相应的面积为 6.17km<sup>2</sup>)。本时段内,高覆盖草地转换为中覆盖的比例为 3.27%,中覆盖草地转换为低覆盖草地的比例为 4.01%,面积分

别为 373.65km<sup>2</sup>和 265.80km<sup>2</sup>;灌丛转换为高覆盖、中覆盖的比例分别为 0.22%、0.41%,其面积分别为 1.37km<sup>2</sup>和 2.57km<sup>2</sup>;另有 0.57%的沙地戈壁与裸地转换为低覆盖草地,其面积为 19.67km<sup>2</sup>。其他转换类型的所占比例都较低,均低于 0.1%。总体上该时段内黄河源头土地覆被转换以退化为主。

表 5 70 年代到 90 年代(7090 时段)黄河源头土地覆被转类的途径和幅度

Tab. 5 Direction and extent of land cover changes from 1970s to 1990s in the Yellow River headwaters region							
7090 时段转类比例(%)	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水体与沼泽	沙地戈壁与裸地
林地	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
灌丛	0.00	99.29	0.22	0.41	0.04	0.03	0.00
高覆盖草地	0.00	0.00	96.43	3.27	0.21	0.09	0.00
中覆盖草地	0.00	0.00	0.06	95.89	4.01	0.00	0.00
低覆盖草地	0.00	0.00	0.00	0.05	99.27	0.06	0.62
水体与沼泽	0.00	0.00	0.02	0.00	0.17	99.81	0.00
沙地戈壁与裸地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	99.43

20 世纪 90 年代至 2004 年(9004 时段)(表 7 和表 8),黄河源头土地覆被退化趋势并未得到遏制,而且开始出现极少量由林地到低覆盖草地退化的情况(0.03%,相应的面积为 0.01km<sup>2</sup>),水体与沼泽转换为低覆盖草地的比例加大(7090 时段为

0.17%,本时段为 1.22%),应当注意的是,本时段水体与沼泽转换为中覆盖草地的比例甚至高于 7090 时段水体与沼泽转换为低覆盖草地的比例,水体和沼泽总体呈萎缩的状态(表 5 和表 7)。灌丛转换为高覆盖、中覆盖,以及低覆盖草地的比例降低,

分别为 0.10%,0 和 0;没有灌丛地转换为水体与沼泽的情况。草地退化的趋势依然较大,高覆盖草地转化为中覆盖草地的面积为 204.44km<sup>2</sup>;中覆盖草地转为低覆盖草地的面积为 264.62km<sup>2</sup>;低覆盖草地转为沙地戈壁与裸地的面积为 690.03km<sup>2</sup>,所占的比例分别为 1.86%、3.93%和 5.02%。

表 6 70 年代到 90 年代(7090 时段)黄河源头土地覆被转类面积(km<sup>2</sup>)  
Tab.6 Changes in land cover areas from 1970s to 1990s in the Yellow River headwaters region

7090 时段转类面积	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水体与沼泽	沙地戈壁与裸地
林地	27.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
灌丛	0.00	616.02	1.37	2.57	0.28	0.21	0.00
高覆盖草地	0.00	0.04	11008.88	373.65	23.54	10.44	0.10
中覆盖草地	0.00	0.00	4.05	6358.36	265.80	0.19	2.62
低覆盖草地	0.00	0.02	0.26	7.11	13440.03	8.31	83.36
水体与沼泽	0.00	0.00	0.62	0.10	6.17	3595.56	0.00
沙地戈壁与裸地	0.00	0.00	0.01	0.02	19.67	0.00	3445.15

表 7 20 世纪 90 年代至 2004 年(9004 时段)黄河源头土地覆被转类的途径和幅度  
Tab.7 Direction and extent of land cover changes from 1990s to 2004 in the Yellow River headwaters region

9004 时段转类比例(%)	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水体与沼泽	沙地戈壁与裸地
林地	99.97	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
灌丛	0.00	99.90	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
高覆盖草地	0.00	0.00	97.48	1.86	0.62	0.04	0.00
中覆盖草地	0.00	0.00	0.00	96.00	3.93	0.01	0.06
低覆盖草地	0.00	0.00	0.00	0.01	94.94	0.03	5.02
水体与沼泽	0.00	0.00	0.52	0.46	1.22	97.77	0.03
沙地戈壁与裸地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	99.19

表 8 20 世纪 90 年代至 2004 年(9004 时段)黄河源头土地覆被转类面积(km<sup>2</sup>)  
Tab.8 Changes in land cover areas from 1990s to 2004 in the Yellow River headwaters region

9004 时段转类面积	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水体与沼泽	沙地戈壁与裸地
林地	27.47	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
灌丛	0.00	615.44	0.62	0.00	0.02	0.00	0.00
高覆盖草地	0.00	0.03	10737.83	204.44	67.99	4.60	0.21
中覆盖草地	0.00	0.02	0.16	6472.36	264.62	0.60	4.05
低覆盖草地	0.00	0.00	0.65	1.97	13058.75	3.79	690.03
水体与沼泽	0.00	0.00	18.69	16.71	44.06	3534.01	1.25
沙地戈壁与裸地	0.00	0.00	0.00	0.03	28.61	0.00	3502.59

2004-2008 年时段内,林地、灌丛和草地类型变化不大,由于各项生态系统保护工程的实施,沙地戈壁与裸地植被出现了恢复的趋势,由沙地戈壁与裸地转换为中覆盖草地、低覆盖草地和水体与沼泽类型的比例分别为 0.01%、4.40%和 0.13%(表 9)。同期仍有部分水体与沼泽转换为中覆盖和低覆盖草地,但是总体呈增加的趋势(表 9 和表 10)。其中转类面积比较大的是沙地戈壁与裸地到低覆盖草地的好转的趋势,其所占的比例为 4.40%,对

应的面积为 184.57km<sup>2</sup>。

### 3.3 土地覆被状况指数分析

土地覆被状况指数主要考虑对表征生态系统功能具有明显控制作用的因素,如林地、灌丛、高覆盖草地以及水体和沼泽。本文藉土地覆被状况指数描述区域生态系统功能的高低,黄河源头流域各县土地覆被状况指数由低到高依次为甘德(60.57)、玛沁(52.36)、称多(50.56)、班玛

(44.86)、玛多(39.55)、达日(31.60)和曲麻莱(29.33)(表 11)。黄河源头土地覆被状况指数平均为 44.12。平均土地覆被状况指数等级为 3,其中,玛多、达日和曲麻莱土地覆被状况指数等级为 4,甘

德土地覆被状况指数等级为 2。可见,土地覆被状况相对较佳的区域主要分布在东部,西部只有称多县土地覆被状况指数达到了 3 级,流域内尤以曲麻莱县域内土地覆被状况最差(表 11)。

表 9 2004 - 2008 年(0408 时段)黄河源头土地覆被转类的途径和幅度

0408 时段转类比例(%)	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水体与沼泽	沙地戈壁与裸地
林地	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
灌丛	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
高覆盖草地	0.00	0.00	99.94	0.03	0.02	0.02	0.00
中覆盖草地	0.00	0.00	0.00	99.94	0.01	0.05	0.00
低覆盖草地	0.00	0.00	0.00	0.02	99.72	0.26	0.00
水体与沼泽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	99.81	0.00
沙地戈壁与裸地	0.00	0.00	0.00	0.01	4.40	0.13	95.46

表 10 2004 - 2008 年(0408 时段)黄河源头土地覆被转类面积(km<sup>2</sup>)

0408 时段转类面积	林地	灌丛	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水体与沼泽	沙地戈壁与裸地
林地	27.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
灌丛	0.00	615.48	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
高覆盖草地	0.00	0.00	10751.79	2.81	1.71	1.65	0.00
中覆盖草地	0.00	0.00	0.12	6691.30	0.66	3.44	0.00
低覆盖草地	0.00	0.00	0.00	2.28	13426.82	34.97	0.00
水体与沼泽	0.00	0.00	0.00	0.06	6.58	3536.35	0.00
沙地戈壁与裸地	0.00	0.00	0.00	0.57	184.57	5.33	4007.65

表 11 近 30 年黄河源头分县土地覆被状况指数

县名	曲麻莱	玛多	班玛	甘德	达日	玛沁	称多	平均
土地覆被状况指数	29.33	39.55	44.86	60.57	31.60	52.36	50.56	44.12
土地覆被状况指数等级	4	4	3	2	4	3	3	3

7090 时段内,黄河源头各县域内土地覆被状况变化相对较大,该时段内甘德县土地覆被变化最强,其次为达日、玛沁、玛多等,且呈下降趋势,而曲麻莱变化相对不明显。9004 时段内甘德县土地覆被较为稳定,变化较强的县为称多、达日和玛多,仍然呈下降的趋势,班玛县变化不大。0408 时段,各县土地覆被稳定少动,玛多县土地覆被指数的变化率首次为正,说明生态保护工程实施后,黄河源头土地覆被状况出现了转好的趋势。

3.4 土地覆被转类指数的变化

本文以土地覆被转类指数(LCCI)描述流域尺

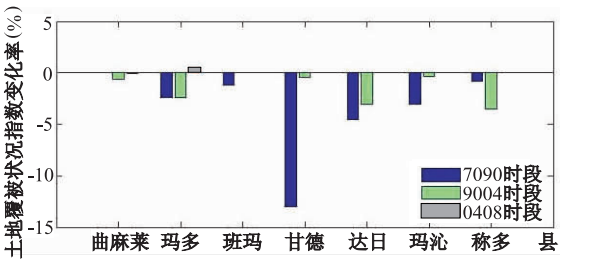


图 2 近 30 年黄河源头各县分时段土地覆被状况指数变化率

Fig. 2 The variance ratio about land cover condition index of each period/county in the Yellow River headwaters region over the past 30 years



度宏观生态状况的变化情况,LCCI 为正说明宏观生态状况趋好,反之趋差。

7090 时段,黄河源头甘德县、达日、玛沁、玛多、班玛和称多县 LCCI 为负值,其中甘德县值最小,说明本时段黄河源头流域尺度宏观生态状况变差,甘德县变差趋势最为明显。9004 时段内,称多、玛多、曲麻莱、玛沁和甘德县 LCCI 值为负,说明本时段内上述 5 县范围内流域尺度宏观生态状况变差,相对于 7090 时段,称多、玛多和曲麻莱三县 LCCI 变化更大(负值),说明上述三县流域尺度宏观生态状况变差更为剧烈。0408 时段,除达日县外,LCCI 皆非负值,玛多、称多甚至出现了正的 LCCI 值,但是多数变化不大,说明生态保护工程实施以来,短时间内黄河源头宏观生态状况即出现了一定的恢复的趋势,这也从另一个方面印证了人类干扰对黄河源头生态系统功能的重要影响。

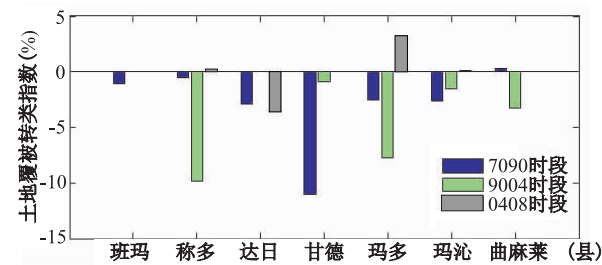


图 3 近 30 年黄河源头各县分时段土地覆被转类指数  
Fig. 3 The variance ratio about land cover type change index of each period/county in the Yellow River headwaters region over the past 30 years

### 4 结语

本研究将吉迈站以上流域作为黄河源头,讨论此范围内最基本生态要素土地覆被的变化,设计土地覆被状况指数和土地覆被转类指数,描述黄河源头生态系统服务功能的变化。

1970 - 2008 年,近 30 年来黄河源头土地覆被类型以草地为主,总面积为 34 710. 39km<sup>2</sup>。2008 年高、中、低覆盖草地占源头流域面积 79. 0%,面积分别为 12 013. 03km<sup>2</sup>、7 483. 02km<sup>2</sup> 和 15 214. 34km<sup>2</sup>。草地覆被状况明显优于同时期三江源的总体状况。但是多数草地呈不断退化的趋势。不同时段又有不同表现。

7090 时段和 9004 时段内,黄河源头土地覆被状况呈持续退化的趋势,2004 年开始实施生态保护后,土地覆被退化的趋势得到了明显的遏制。

从 70 年代到 2008 年三个时段,黄河源头各县域内土地覆被状况依次呈剧烈变动、变动减缓和稳定少动的趋势。7090 时段内,黄河源头各县内土地覆被状况变化相对较大,9004 时段黄河源头各县内土地覆被状况变动减缓,0408 时段各县土地覆被稳定少动,个别县土地覆被状况出现了好转的趋势。

从 70 年代到 2008 年,黄河源头流域尺度宏观生态状况经历了变差—缓慢恢复的趋势。9004 时段流域尺度宏观生态状况变差的程度比 7090 时段剧烈,但是,自 2004 年开始实施生态系统保护工程后,黄河源头流域尺度宏观生态状况开始趋好。

近年来,尽管三江源生态系统的退化主要受气候变化的影响,但是生态保育措施仍然在一定程度上促进了生态系统的逆向演化,对生态系统功能的恢复起到了积极的作用。

### 参考文献:

[1] 冯松,汤懋苍,王冬梅. 青藏高原是我国气候变化启动区的新证据[J]. 科学通报,1998,43(6):633 - 636.

[2] 刘纪远,徐新良,邵全琴. 近 30 年来青海三江源地区草地退化的时空特征[J]. 地理学报,2008,63(4): 364 - 376.

[3] 陈浩,赵志平. 近 30 年来三江源自然保护区土地覆被变化分析[J]. 地球信息科学学报,2009,11(3): 390 - 399.

[4] 徐新良,刘纪远,邵全琴,等. 30 年来青海三江源生态系统格局和空间结构动态变化[J]. 地理研究,2008,27(4): 829 - 839.

[5] Paeth H. Understanding the Mechanism of Land-cover Related Climate Change in the Low Latitudes[J]. Quarterly Journal of Meteorology, Hydrology & Geophysics, 2008,59(3): 297 - 312.

[6] 董锁成,周长进,王海英. “三江源”地区主要生态环境问题与对策[J]. 自然资源学报,2002,17(6): 713 - 720.

[7] 陈桂琛,卢学峰,彭敏,等. 青海省三江源区生态系统基本特征及其保护[J]. 青海科技,2003,10(4): 14 - 17.

[8] 邵景安,芦清水,张小咏. 近 30 年青海三江源西部干旱区草地退化特征的遥感分析[J]. 自然资源学报,2008,23(4): 643 - 656.

[9] 王根绪,丁永建,王建,等. 近 15 年来长江黄河源区的土地覆被变化[J]. 地理学报,2004,59(2): 163 - 173.

[10] 丁永建,杨建平,刘时银,等. 长江黄河源区生态环境范围的探讨[J]. 地理学报,2003,58(4): 519 - 526.

[11] Yongjian D, Jianping Y, Shiyin L, et al. Eco-environment Range in the Source Regions of the Yangtze and Yellow Rivers[J]. Journal of Geographical Sciences, 2003,13(2): 172 - 180.

- [12] 张懿铨,刘林山,摆万奇,等. 黄河源地区草地退化空间特征[J]. 地理学报,2006,61(1): 3-14.
- [13] 王根绪,沈永平,程国栋. 黄河源区生态环境变化与成因分析[J]. 冰川冻土,2000,22(3): 200-205.
- [14] 陈佑启,杨鹏. 国际上土地利用/土地覆盖变化研究的新进展[J]. 经济地理,2001,21(1): 95-100.
- [15] 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[J]. 第四纪研究,2000,20(3): 229-239.
- [16] 王光谦,王思远,陈志祥. 黄河流域的土地利用和土地覆盖变化[J]. 清华大学学报(自然科学版),2004,44(9): 1218-1222.
- [17] 陈利群,刘昌明. 黄河源区气候和土地覆被变化对径流的影响[J]. 中国环境科学,2007,27(4): 559-565.
- [18] 朱会义,李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报,2003,58(5): 643-650.
- [19] 张懿铨,刘林山,摆万奇,等. 青藏公路对区域土地利用和景观格局的影响——以格尔木至唐古拉山段为例[J]. 地理学报,2002,57(3): 253-266.
- [20] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1): 81-87.
- [21] 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[J]. 中国科学(D辑:地球科学),2002,32(12): 1031-1043.
- [22] 刘纪远,张增祥,庄大方. 中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社,2005,54-268.
- [23] 王思远,刘纪远,张增祥,等. 中国土地利用时空特征分析[J]. 地理学报,2001,56(6): 631-639.

## Characteristic of Land Cover Changes in the Yellow River Headwaters Region over the Past 30 Years

BING Longfei<sup>1,2</sup>, SHAO Quanqin<sup>1</sup>, LIU Jiyuan<sup>1</sup>

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

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Research on land cover change with different definition of the Yellow River headwaters region is of great significance. But there was no unified definition of the Yellow River headwaters region. Different definition made different result. The land cover condition in the Yellow River headwaters region derived from Digital Elevation Model (DEM) was adopted to explore its changes during three periods, i. e. 1970s to late 1980s, late 1980s to 2004 and 2004 to 2008. The outlet of watershed used in this paper was Jimai hydrologic station in order to minimize climate effect. The mathematical index was used to study the ecological effect of grassland degradation quantificationally. In this paper we discussed the direction and extent of land cover changes over the past 30 years with the method of transfer matrix; then it analyzed the land cover condition index and land cover change index, to detect the ecosystem function variance owing to land cover change in the Yellow River headwaters region. The land cover condition index considered only the main factors which were of great importance on ecosystem functions, such as forestry shrub, high coverage of grassland, water body and swamp. It assumed that these four land cover types were of better ecosystem services. The present state of land cover was listed at the very beginning of the result. The dominant land cover type was grass, which was better than that in the Three-River Headwaters Region during all the four periods. The land cover condition was degrading from 1970 to 2004, and fluctuating greatly in different periods, and restoring ever since 2004. The macro ecosystem condition, which was described by land cover change index, experienced a course of melioration, i. e. slow restoration in the Yellow River headwaters region from 1970s to 2008. The grass land condition has been becoming better ever since the ecological conservancy project was executed from 2004. Climate change influenced the degradation of grassland greatly, but the ecological restoration made some positive effects on ecological evolution.

**Key words:** the Yellow River headwaters region; land cover; index; ecosystem