

近30年来长江源区土地覆被变化特征分析

吴丹^{1,2}, 邵全琴^{1*}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 长江源区是我国重要的水源涵养地。本文利用20世纪70年代中后期、90年代初期、2004年和2008年共4期土地覆被数据,通过土地覆被转类途径与幅度、土地覆被状况指数和土地覆被转类指数,分析评价了长江源区近30年来土地覆被与生态状况的时空变化特征。结果表明:草地是长江源区主要的土地覆被类型,2008年草地面积占该区总面积的66.93%。在70年代中后期-90年代初期、90年代初期-2004年和2004-2008年的3个时段内,土地覆被状况指数变化率分别为-0.15、-0.24和0.01;土地覆被转类指数分别为-0.20、-0.66和0.08。近30年来,长江源区土地覆被和生态状况总体经历了变差-显著变差-略有好转的过程。2004-2008年,长江源区年平均温度比前期(70年代中后期-2004年)升高了0.57℃,年平均降水量比前期增加了17.63mm。区域气候变化有助于自然生态系统的恢复。后期生态保护与建设工程的实施,对植被恢复产生了一定的积极作用。

关键词: 土地覆被; 状况指数; 转类指数; 长江源区

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2014.00061

1 引言

土地利用/土地覆被变化是目前全球变化研究的前沿和热点主题之一^[1-4]。对于土地利用/土地覆被的研究,主要集中在类型分析、过程研究、影响机制、未来情景等方面^[5]。位于世界屋脊青藏高原腹地的长江源区水系发达,河溪湖泊众多,是我国重要的水源涵养地。目前,对于长江源头的界定争论颇多,并没有形成统一的认识。一般认为,长江源分为正源、南源和北源^[6-7]。正源以沱沱河水系为主,发源于唐古拉山脉主峰格拉丹冬西南侧的姜古迪如冰川^[8]。北源以楚玛尔河水系为主,发源于昆仑山南支的可可西里山黑脊山南麓。南源以当曲水系为主,发源于唐古拉山脉东段山麓的沼泽地^[9]。

近年来,长江源区因受全球气候变暖和人类活动加剧的双重作用,生态环境问题已引起社会各界的广泛关注。该区自然条件恶劣,生态系统群落结构简单,生态环境较为敏感和脆弱,生态系统结构、功能与服务极易受到自然和人为因素的影响。罗小勇等指出,超载过牧和畜群结构的不合理已使长

江源区草地生态系统功能失调,草地退化和沙化现象十分普遍。高寒草甸高山地由于过度放牧表现为土壤板结,牧草稀疏矮化,加上水蚀、风蚀作用,最终形成“黑土滩”^[10]。吴豪等将长江源区的生态环境问题归结为冰川退缩、冻土退化、草场退化、土地沙化、湖泊萎缩、生物多样性遭受破坏等^[6]。胡光印等通过遥感解译发现长江源区70年代中后期-2005年沙化土地面积增加,自然因素中的气温上升是导致该区域沙漠化发展的主要因素^[11]。气候变暖^[12-13]、草地退化^[14]、沼泽湿地退化、冰川退缩、雪线上升,对整个长江流域的生态环境产生了极为不利的影响,直接威胁长江中下游,乃至亚洲东部地区的生态安全。为此,2000年8月国家在青海省成立了三江源自然保护区,长江源是其中的重要组成部分,主要包括格拉丹冬雪山冰川保护区、当曲沼泽湿地保护区、索加-曲麻河高寒植被和野生动物保护区等。为探究气候变化和人类活动的影响下,长江源区土地覆被变化的时空变化规律及生态工程实施成效,本文以通天河中段称多县境内的直门达水文站作为流域出口点^[15-16],研究长江流域在该

收稿日期: 2013-05-20; 修回日期: 2013-08-19.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划“973”项目(2009CB421100); 国家重点基础研究发展计划“973”项目(2010CB950900); 全国生态环境十年(2000-2010年)变化遥感调查与评估项目(STSN-14-00)。

作者简介: 吴丹(1988-),女,江苏常州人,博士生,研究方向为生态系统水源涵养服务功能。E-mail: wudan@lreis.ac.cn

*通讯作者: 邵全琴(1962-),女,研究员,研究方向为GIS应用与生态信息。E-mail: shaoqq@lreis.ac.cn

水文站以上范围内的土地覆被变化状况。根据70年代中后期、90年代初期、2004年和2008年共4期土地覆被数据,通过土地覆被转类途径和幅度、土地覆被转类指数和土地覆被状况指数,分析长江源区近30年来土地覆被时空变化特征及其生态状况变化。

2 研究区地理特征与数据源

2.1 研究区地理特征

长江源区流域面积约为 $14.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区地势高亢,北面为昆仑山脉,南至唐古拉山脉,相对高差较大,平均海拔约4700m;气候干燥寒冷,年均气温低于 0°C ,具有典型的内陆高原气候特征。长江源素有“人类生活禁区”之称^[10],自然条件严酷,人口密度较小。正源沱沱河发源于唐古拉山乡,与南源当曲河汇合后成通天河,继而与北源楚玛尔河相汇(图1)。长江源区包括沱沱河源头、当曲源头、楚玛尔河源头和通天河流域。本文通天河流域是指长江源区除了上述3个源头之外的其他部分。长江源区分布高大山脉、湖泊和沼泽湿地,其中,沱沱河源头是我国现代冰川较为集中的区域,冰雪山体巨大,源流主要来源于冰川融水;当曲源头沼泽发育,支流众多、水量丰富;楚玛尔河流域呈狭长形,地势高亢,气候寒冷,植被稀少。长江源区行政区划上分属青海省玉树藏族自治州的称多县、玉树县、杂多县、治多县、曲麻莱县和海西蒙古族藏族自治州

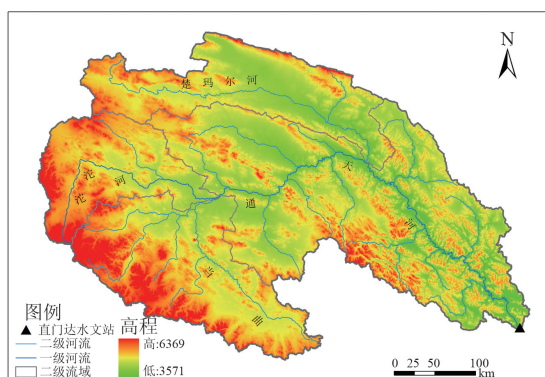


图1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

2.2 数据基础

本研究采用20世纪70年代中后期的MSS图像、90年代初期TM图像、2004年和2008年TM/ETM图像,遥感影像成像时间主要选取7、8月份。

在对遥感影像进行单波段提取、假彩色合成、几何精校正等处理基础上,采用刘纪远等提出的遥感监测的中国土地利用/土地覆被分类体系^[17],辅以地形图、植被图、野外调查景观照片等信息,通过人机交互解译方式生成长江源区70年代中后期、90年代初期、2004年和2008年共4期1:10万土地覆被矢量数据^[20]。利用ArcGIS软件将其转化为栅格,进一步得到70年代中后期至90年代初、90年代初至2004年和2004-2008年的土地覆被类型变化数据。根据土地覆被类型所反映的生态功能状况,结合长江源区的土地覆被现状,对参考文献[18-20]中所示的土地覆被类型进行归并以便于统计分析(表1)。

表1 长江源区土地覆被类型对照表

Tab.1 Comparison of land cover types in headwaters of the Yangtze River

编码	类型	参考文献[18-20]中分类体系
20	林地	21有林地、23疏林地、24其他林地
22	灌丛	22灌木林
31	高覆盖草地	31高覆盖度草地
32	中覆盖草地	32中覆盖度草地
33	低覆盖草地	33低覆盖度草地
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
50	居民地	51城镇用地、52农村居民点、53其他建设用地
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
67	荒漠	67其他未利用土地,包括高寒荒漠,苔原等

3 长江源区土地覆被变化特征分析

3.1 土地覆被变化分析方法

(1)土地覆被状况指数:其为林地、灌丛、高覆盖草地、水体与沼泽4种生态系统服务功能较好的土地覆被类型面积之和占研究区总面积的百分比,以此来衡量研究区土地覆被状况及其所反映的生态系统综合功能^[21-24]。土地覆被状况指数越高,表示生态系统服务功能越强。不同时期土地覆被状况指数的变化可反映生态系统状况变化,土地覆被状况指数可表示为公式(1):

$$Z = \left(\sum_{i=1}^4 C_i / A \right) \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, Z 为土地覆被状况指数; C_i 为林地、灌丛、高覆盖草地、水域与沼泽面积, $i=1, \dots, 4$,表示4种土地覆被类型; A 为研究区面积。

定义土地覆被状况指数等级:指数1-20为5级,21-40为4级,41-60为3级,61-80为2级,81-100为1级。等级越接近1级,反映土地覆被状况越好,生态系统服务功能越高。

土地覆被状况指数变化率可表示为:

$$Z_c = \frac{(Z_2 - Z_1)}{Z_1} \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中, Z_1 为前期土地覆被状况指数; Z_2 为后期土地覆被状况指数; Z_c 为土地覆被状况指数变化

率,正值表示土地覆被状况变好,负值表示土地覆被状况变差。

(2)土地覆被转类指数:按照各种土地覆被类型的自然禀赋和转类后生态综合功能的升降,对表1中土地覆被类型按照一定的生态意义定级,并去除受人类活动影响变化较为剧烈且面积较小的居民地,得到8种土地覆被类型的生态级别(表2)。土地覆被类型越接近1级,表示该覆被类型的生态综合功能越高。

表2 土地覆被类型生态级别

Tab.2 Ecological levels of land cover types

土地覆被类型	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

对土地覆被类型定级后,将土地覆被类型变化前后的生态级别相减,结果为正值表示土地覆被类型转好,反之,则表示土地覆被类型转差。并进一步定义土地覆被转类指数^[21-24](Land Cover Change Index)为:

$$LCCI = \frac{\sum_k [A_k \times (D_a - D_b)]}{A} \times 100\% \quad (3)$$

式(3)中, $LCCI$ 为土地覆被转类指数, $k=1, \dots, n$,表示土地覆被类型; A_k 为土地覆被转类的面积; A 为研究区面积; D_a 为土地覆被转类之前的生态级别; D_b 为土地覆被转类之后的生态级别。 $LCCI$ 值为正,表示区域土地覆被状况及宏观生态状况转好;值为负,表示区域土地覆被状况及宏观生态状况转差。

3.2 土地覆被评价结果分析

3.2.1 土地覆被现状

长江源区2008年土地覆被类型以草地为主(图2),草地面积占该区总面积的66.93%,其中,高覆盖草地面积占19.41%,中覆盖草地面积占15.83%,低覆盖草地面积占31.69%。沱沱河和当曲源头冰川分布较多,面积分别占2.04%和2.41%。当曲源头沼泽面积较大,比例为8.72%;草地面积占比为68.52%,类型主要为高寒草甸。沱沱河源头草地面积占比为61.87%,类型主要为高寒草甸。楚玛尔河源头水体分布较多,面积占比为10.36%;沙地、戈壁与裸地面积比例较大,为22.37%;草地面积占比为57.48%,类型主要为高寒草原。通天河流域分布有少量面积的林地和灌丛;草地面积占比为71.40%,

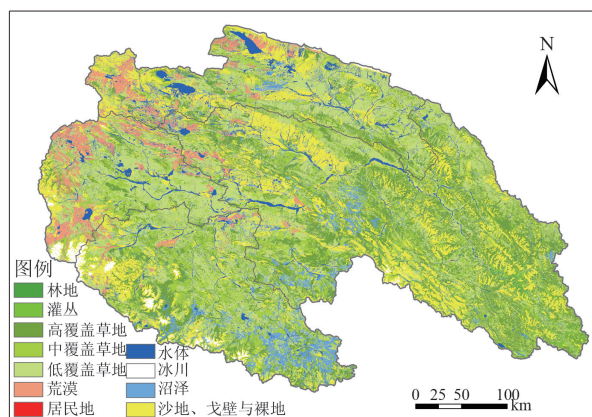


图2 长江源区2008年土地覆被类型图

Fig.2 Land cover types in headwaters of the Yangtze River in 2008

类型主要为高寒草甸(表3)。

表3 长江源区2008年土地覆被类型面积占比

Tab.3 Area ratio of land cover types in sub-watersheds of the Yangtze River in 2008

	当曲源头	沱沱河源头	楚玛尔河源头	通天河流域
林地	0.00	0.00	0.00	0.12
灌丛	0.00	0.00	0.03	1.00
高覆盖草地	16.82	7.19	9.83	28.03
中覆盖草地	20.98	12.58	10.38	16.46
低覆盖草地	30.71	42.10	37.26	26.91
水体	4.11	7.11	10.36	4.20
冰川	2.41	2.04	0.56	0.12
居民地	0.00	0.00	0.00	0.01
沙地、戈壁与裸地	14.31	12.05	22.37	19.53
沼泽	8.72	0.32	1.51	2.51
荒漠	1.92	16.60	7.69	1.10

3.2.2 长江源区土地覆被转类途径与幅度

(1) 沱沱河源头: 70 年代中后期至 90 年代初(简称 70-90 时段)土地覆被以高生态级别向低生态级别转换为主,变化幅度较小。该时段内有 0.04% 的草地向水体与沼泽转换;有 0.36% 的水体与沼泽向荒漠转换,同时有 0.08% 的荒漠向水体与沼泽转换(表 4)。该时段内草地面积减少了 0.79km²,水体与沼泽面积减少了 4.65km²,沙地、戈壁与裸地面积增加了 1.11 km²,荒漠面积增加了 4.33km²。90 年代

初至 2004 年(简称 90-04 时段)土地覆被以其他类型向水体与沼泽转换为主。该时段内草地面积减少了 2.08km²,水体与沼泽面积增加了 10.94km²,沙地、戈壁与裸地面积减少了 1.34km²,荒漠面积减少了 7.52km²(表 5)。2004-2008 年(简称 04-08 时段)土地覆被以低生态级别向高生态级别转换为主,主要表现为水体与沼泽面积的增加,面积为 1.73km²(表 6)。由于时间段较短,沱沱河源头土地覆被转类幅度较小。

表 4 沱沱河源头 70-90 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.4 Direction and extent of land cover changes in 1970s to 1990s period in Tuotuohe headwater region

70-90 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	100	0	0	0	0	0
中覆盖草地	0	99.98	0	0.02	0	0
低覆盖草地	0	0	99.98	0.02	0	0
水体与沼泽	0	0	0.09	99.49	0.06	0.36
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0	100	0
荒漠	0	0	0	0.08	0	99.92

表 5 沱沱河源头 90-04 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.5 Direction and extent of land cover changes in 1990s to 2004 period in Tuotuohe headwater region

90-04 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	100	0	0	0	0	0
中覆盖草地	0	99.99	0	0.01	0	0
低覆盖草地	0	0	99.97	0.03	0	0
水体与沼泽	0	0	0	100	0	0
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0.06	99.94	0
荒漠	0	0	0.01	0.22	0	99.77

表 6 沱沱河源头 04-08 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.6 Direction and extent of land cover changes in 2004 to 2008 period in Tuotuohe headwater region

04-08 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	99.99	0	0	0.01	0	0
中覆盖草地	0	100	0	0	0	0
低覆盖草地	0	0	100	0	0	0
水体与沼泽	0	0	0	100	0	0
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0.01	99.99	0
荒漠	0	0	0	0.04	0	99.96

(2) 当曲源头: 70-90 时段土地覆被以高中低覆盖草地向水体与沼泽转换为主。该时段内高覆盖草地面积减少了 1.59 km²,中覆盖草地面积减少了 6.30 km²,低覆盖草地面积减少了 11.12 km²,水体与沼泽面积增加了 26.56 km²,沙地、戈壁与裸地面积减少了 7.55 km²(表 7)。90-04 时段土地覆被以水

体与沼泽向高中低覆盖草地转换为主。该时段内高、中、低覆盖草地面积分别增加了 3.72 km²、10.01 km²和 11.77 km²,水体与沼泽面积减少了 26.39 km²(表 8)。04-08 时段土地覆被表现为稳定少动,仅有 0.10% 的低覆盖草地向中覆盖草地转换(表 9)。

表 7 当曲源头 70-90 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.7 Direction and extent of land cover changes in 1970s to 1990s period in Dangqu headwater region

70-90 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	99.93	0	0	0.07	0	0
中覆盖草地	0.03	99.86	0.01	0.10	0	0
低覆盖草地	0	0.02	99.83	0.15	0	0
水体与沼泽	0	0	0.04	99.96	0	0
沙地、戈壁与裸地	0	0.03	0.07	0.07	99.83	0
荒漠	0	0	0	0	0	100

表 8 当曲源头 90-04 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.8 Direction and extent of land cover changes in 1990s to 2004 period in Dangqu headwater region

90-04 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	99.99	0.01	0	0	0	0
中覆盖草地	0	99.96	0.02	0	0.02	0
低覆盖草地	0	0.03	99.97	0	0	0
水体与沼泽	0.09	0.18	0.28	99.45	0	0
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0	99.99	0
荒漠	0	0	0	0	0	100

表 9 当曲源头 04-08 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.9 Direction and extent of land cover changes in 2004 to 2008 period in Dangqu headwater region

04-08 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	100	0	0	0	0	0
中覆盖草地	0	100	0	0	0	0
低覆盖草地	0	0.10	99.90	0	0	0
水体与沼泽	0	0	0	100	0	0
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0	100	0
荒漠	0	0	0	0	0	100

(3)楚玛尔河源头:70-90 时段土地覆被主要表现为水体与沼泽向荒漠类型转换,幅度为 0.33%,其他类型之间的转换幅度较小(表 10)。90-04 时段土地覆被以沙地、戈壁与裸地向荒漠类型转换为主,幅度为 1.37%,面积为 82.09km²。水体与沼泽向低覆盖草地转换的幅度次之,为 0.65%(21.46 km²);另有 0.57%(11.21 km²)的荒漠向水体与沼泽转换。该

时段内水体与沼泽面积减少了 10.44km²(表 11)。04-08 时段土地覆被表现为其他类型向水体与沼泽转换,水体与沼泽面积增加了 6.86km²(表 12)。

(4)通天河流域:70-90 时段土地覆被以高生态级别向低生态级别转换为主(表 13)。该时段内水体与沼泽转换为高、中、低覆盖草地的面积分别为:21.99 km²、16.52km²和 6.06km²。有 12.36%(11.25km²)的

表 10 楚玛尔河源头 70-90 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.10 Direction and extent of land cover changes in 1970s to 1990s period in Chumaerhe headwater region

70-90 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	100	0	0	0	0	0
中覆盖草地	0	100	0	0	0	0
低覆盖草地	0	0	99.96	0.04	0	0
水体与沼泽	0.03	0	0	99.62	0.01	0.33
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0	100	0
荒漠	0	0	0	0	0	100

表 11 楚玛尔河源头 90-04 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.11 Direction and extent of land cover changes in 1990 to 2004 period in Chumaerhe headwater region						
90-04 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	99.96	0	0	0.03	0	0
中覆盖草地	0	100	0	0	0	0
低覆盖草地	0	0	99.93	0.01	0.05	0.02
水体与沼泽	0	0.04	0.65	99.29	0.02	0
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0.01	98.63	1.37
荒漠	0	0	0	0.57	0	99.43

表 12 楚玛尔河源头 04-08 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.12 Direction and extent of land cover changes in 2004s to 2008s period in Chumaerhe headwater region						
04-08 时段转类比例(%)	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	荒漠
高覆盖草地	99.99	0	0	0.01	0	0
中覆盖草地	0	99.92	0	0.08	0	0
低覆盖草地	0	0	99.99	0.01	0	0
水体与沼泽	0	0	0	100	0	0
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0.06	99.94	0
荒漠	0	0	0	0.01	0	99.99

林地面积转换为草地,有 0.21%(1.44km²)的灌丛向高中低覆盖草地转换,有 0.40%(73.84km²)的高覆盖草地向中低覆盖草地转换,有 0.57%(63.04km²)的中覆盖草地向低覆盖草地转换。90-04 时段林地转换为草地的幅度降为 2.12%(表 14),与 70-90 时段相比减轻了 10.24%。转类幅度次之的为水体与沼泽转草地,幅度为 1.96%。该时段内高覆盖草地面积有所增加,面积为 6.54km²;中、低覆盖草地面积分

别减少了 56.83km²和 37.18km²;水体与沼泽面积减少了 84.38km²;沙地、戈壁与裸地面积增加了 179.35km²。04-08 时段土地覆被变化幅度较小,主要表现为中覆盖草地面积的增加,面积为 21.65km²。其余覆被类型面积均有所减少,其中,灌丛面积减少了 0.33km²,水体与沼泽面积减少了 1.29km²,低覆盖草地面积减少了 4.84km²,沙地、戈壁与裸地面积减少了 10.42km²(表 15)。

表 13 通天河流域 70-90 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.13 Direction and extent of land cover changes in 1970s to 1990s period in Tongtianhe watershed								
70-90 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	荒漠
林地	87.62	0	6.42	0.38	5.56	0.02	0	0
灌丛	0	99.78	0.14	0.02	0.06	0.01	0	0
高覆盖草地	0.01	0	99.59	0.34	0.06	0	0	0
中覆盖草地	0	0	0.12	99.29	0.57	0	0.01	0
低覆盖草地	0	0	0.08	0.12	99.63	0.01	0.16	0
水体与沼泽	0.01	0	0.47	0.35	0.13	98.77	0.15	0.12
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0	0.22	0	99.78	0
荒漠	0	0	0	0	0	0.67	0	99.33

表 14 通天河流域 90-04 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.14 Direction and extent of land cover changes in 1990s to 2004s period in Tongtianhe watershed								
90-04 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	荒漠
林地	97.88	0	0.71	0.11	1.30	0	0	0
灌丛	0	99.87	0.02	0	0.10	0	0	0
高覆盖草地	0	0	99.43	0.37	0.20	0	0	0
中覆盖草地	0	0	0.26	98.78	0.94	0	0.01	0
低覆盖草地	0	0	0.05	0.01	98.93	0	1.00	0
水体与沼泽	0	0	1.56	0.13	0.27	98.02	0.02	0
沙地、戈壁与裸地	0	0.01	0.01	0	0	0	99.98	0
荒漠	0	0	0	0	0	0.89	0	99.11

表 15 通天河流域 04-08 时段土地覆被转类途径和幅度

Tab.15 Direction and extent of land cover changes in 2004 to 2008 period in Tongtianhe watershed									
04-08 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	荒漠	
林地	100	0	0	0	0	0	0	0	
灌丛	0	99.94	0.01	0	0.04	0	0	0	
高覆盖草地	0	0	99.95	0.01	0.03	0	0	0	
中覆盖草地	0	0	0	99.97	0.02	0	0	0	
低覆盖草地	0	0	0.01	0.12	99.86	0	0	0	
水体与沼泽	0	0	0.02	0.01	0	99.97	0	0	
沙地、戈壁与裸地	0	0	0	0	0.08	0	99.92	0	
荒漠	0	0	0	0	0	0.01	0	99.99	

3.3 土地覆被状况指数分析

土地覆被状况指数可以定量表征区域内林地、灌丛、高覆盖草地、水体与沼泽 4 种土地覆被类型的面积占比,从而间接反映生态系统服务功能的高低;其变化率可以直观反映区域生态系统状况转好与转差的程度。近 30 年来,长江源区平均土地覆被状况指数为 30.06,等级为 4 级(表 16)。沱沱河源头土地覆被状况指数最低,仅 16.63,等级为 5 级。其余 3 个区域土地覆被状况指数等级均为 4 级,楚玛尔河源头土地覆被状况指数低于长江源区平均值。通天河流域由于高覆盖草地面积比例较高、当曲源头由于水体与沼泽面积比例较高,其土地覆被状况指数均高于长江源区平均值。

表 16 长江源区分区土地覆被状况指数
Tab.16 The average land cover condition index in sub-watersheds of the Yangtze River

	沱沱河 源头	当曲 源头	楚玛尔河 源头	通天河 流域	长江 源区
土地覆被状况 指数	16.63	32.08	22.28	36.09	30.06
等级	5	4	4	4	4

近 30 年来,长江源区土地覆被状况指数总体经历了一个下降(70-90 时段)、持续下降(90-04 时段)至略有上升(04-08 时段)的变化过程,3 个时段土地覆被状况指数变化率分别为-0.15、-0.24 和 0.01。从 2 级流域上看(图 3),70-90 时段除当曲源头土地覆被状况指数变化率为正值外,其他 3 个区均为负值,呈转差趋势。90-04 时段除沱沱河源头土地覆被状况指数上升外,其他 3 个区的土地覆被状况指数均下降,且变化幅度较 70-90 时段剧烈。04-08 时段与前两时段相比,土地覆被状况转差的趋势得到了明显遏制,流域土地覆被表现为稳定少动。其

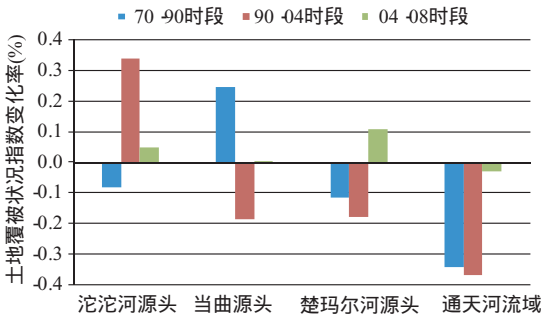


图 3 长江源区分区土地覆被状况指数变化率(%)
Fig.3 The variance ratio of land cover condition index in headwaters of the Yangtze River

中,楚玛尔河源头土地覆被状况转好程度最高,变化率为 0.11。通天河流域土地覆被状况略微转差,但幅度较前两个时段大为下降。

3.4 土地覆被转类指数分析

土地覆被转类指数可以定量表征区域土地覆被状况及宏观生态状况转好与转差的程度。近 30 年来,长江源区土地覆被转类指数总体经历了下降(70-90 时段)、持续下降(90-04 时段)至略有上升(04-08 时段)的变化过程,3 个时段土地覆被转类指数分别为-0.20、-0.66 和 0.08。从 2 级流域上看(图 4),70-90 时段,除当曲源头外,沱沱河源头、楚玛尔河源头和通天河流域土地覆被状况转差,程度最大的为通天河流域(-0.56)。90-04 时段,沱沱河源头和楚玛尔河源头土地覆被状况转好,当曲源头和通天河流域的土地覆被转类指数均为负值,分别为-0.34 和-1.42。04-08 时段,4 个区域的土地覆被状况均转好,楚玛尔河源头转好程度最高。短时间内,长江源区宏观生态状况得到了一定程度的恢复和好转。

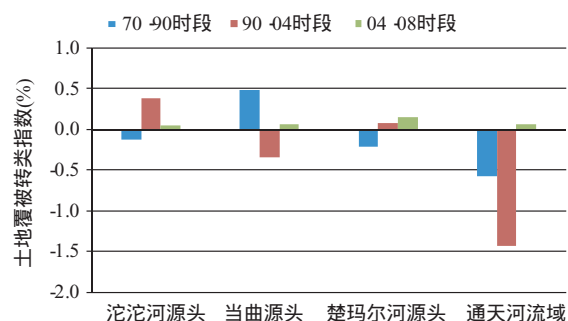


图4 长江源区分区土地覆被转类指数

Fig.4 The variance ratio of land cover change index in headwaters of the Yangtze River

4 讨论与结论

本研究以直门达水文站以上流域作为长江源区,通过土地覆被转类途径与幅度、土地覆被状况指数和土地覆被转类指数分析评价了长江源区近30年来土地覆被与生态状况的变化特征。在70-90、90-04、04-08时段内,土地覆被状况指数变化率分别为-0.15、-0.24和0.01;土地覆被转类指数分别为-0.20、-0.66和0.08。近30年来,长江源区土地覆被和生态状况总体经历了变差-显著变差-略有好转的变化过程。自2004年三江源区开始实施生态保护与恢复治理工作后,长江源区土地覆被状况呈现了转好的态势。这一规律与徐新良等^[20]的研究结果(三江源区长江流域草地生态系统变化动态度70-90时段为0.02%,90-04时段为0.04%;70-90时段高覆盖草地面积减少,中、低覆盖草地面积增加,90-04时段高、中、低覆盖草地面积均在减少),以及邵全琴等^[23]的研究结果(三江源区长江流域三个时段土地覆被状况指数和土地覆被转类指数均表现为转差、更差、转好)较为一致。

本研究以气温和降水2个要素探讨气候变化对长江源区土地覆被变化的影响。并用国家气象台站观测数据分析研究区1975-2008年气温、降水变化,以五道梁站代表楚玛尔河源头、沱沱河站代表沱沱河源头、玉树站和曲麻莱站代表通天河流域,当曲源头无国家气象台站。2004-2008年间,五道梁站、沱沱河站、玉树站和曲麻莱站年平均温度为-4.58℃、-2.82℃、4.66℃、-1.06℃,分别比前期(1975-2004年)增加了0.73℃、1.25℃、1.29℃和1.06℃。该时段内除玉树站年平均降水量比前期减少外,五道梁站、沱沱河站和曲麻莱站年平均降水量分别比前期增加了42.44、41.25和69.97mm。分

析结果表明(为消除气候波动的影响,本文采用5年滑动平均值),1975-2004年间长江源区年均温度呈上升趋势,倾斜率为0.23℃/10a;年降水量呈下降趋势,倾斜率为-4.5mm/10a。2004-2008年间,长江源区温度与降水均呈增加趋势,年平均温度比前期(1975-2004年)升高了0.57℃,年平均降水量比前期增加了17.63mm。在2004年进入生态建设工程期后,本区气候变化有利于生态系统的恢复。退牧还草、鼠害防治、沙化草原治理、减畜、生态移民等工程措施亦对区域植被恢复产生了一定的积极影响。近30年来,长江源区土地覆被和宏观生态状况变化,主要受到气候变化驱动的影响,后期则受到了生态建设工程的正向作用。

致谢:中国科学院地理科学与资源研究所三江源课题组提供了长江源区土地覆被数据,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1] Meyer W B, Turner B L. Changes in land use and land cover: a global perspective[M]. London: Cambridge University Press,1994.
- [2] Lambin E F, Turner B L, Geist H J, *et al.* The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths [J]. *Global environmental change*, 2001,11(4):261-269.
- [3] 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.
- [4] Foley J A, DeFries R, Asner G P, *et al.* Global consequences of land use[J]. *Science*,2005,309(5734):570-574.
- [5] Nunes C, Auge J. Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation strategy[R]. Stockholm: IGBP Secretariat, 1999.
- [6] 吴豪,虞孝感.长江源自然保护区生态环境状况及功能区划分[J].*长江流域资源与环境*,2001(3):252-257.
- [7] 成海宁,张忠孝.长江、黄河、澜沧江正源探讨[J].*青海国土经略*,2009(2):31-33.
- [8] 石铭鼎.关于长江正源的确定问题[J].*地理研究*,1983(1):23-34.
- [9] 税晓洁.长江源何处,究竟长几何?[J].*生命世界*,2007(3):74-75.
- [10] 罗小勇,唐文坚.长江源生态环境问题及其防治对策[J].*长江科学院院报*,2003(1):47-49,59.
- [11] 胡光印,董治宝,逯军峰,等.近30a来长江源区沙漠化时空演变过程及成因分析[J].*干旱区地理*,2011(2):300-308.
- [12] Yi X S, Li G S, Yin Y Y. Temperature variation and abrupt change analysis in the Three-River Headwaters Region during 1961-2010[J]. *Journal of Geographical Sci-*

- ences, 2012,22(3):451-469.
- [13] Huang L, Liu J Y, Shao Q Q, *et al.* Changing inland lakes responding to climate warming in Northeastern Tibetan Plateau[J]. *Climatic change*, 2011,109(3):479-502.
- [14] 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(4):364-376.
- [15] 谢昌卫,齐三红.长江-黄河源寒区径流量波动变化的气候因素分析[J].*长江流域资源与环境*,2007(2):251-255.
- [16] 肖桐,齐永青,王军邦.基于降水和径流的长江源头氮素收支研究[J].*生态学报*,2010(19):5404-5412.
- [17] 刘纪远.中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M].北京:中国科学技术出版社,1996.
- [18] 刘纪远,张增祥,徐新良,等.21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J].2009,64(12):1411-1420.
- [19] 刘纪远,张增祥,庄大方,等.20 世纪 90 年代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.
- [20] 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(4):829-838,974.
- [21] 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.
- [22] 邴龙飞,邵全琴,刘纪远.近 30 年黄河源头土地覆被变化特征分析[J].*地球信息科学学报*,2011, 13(3):289-296.
- [23] 邵全琴,赵志平,刘纪远,等.近 30 年来三江源地区土地覆被与宏观生态变化特征[J].*地理研究*,2010(8):1439-1451.
- [24] 邵全琴,樊江文.三江源区生态系统综合监测与评估[M].北京:科学出版社,2012.

Characteristics of Land Cover Change in Headwaters of the Yangtze River over the Past 30 Years

WU Dan^{1,2} and SHAO Quanqin^{1*}

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

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

Abstract: The water conservation service of headwaters of the Yangtze River is very important for ecological security in China. It is generally acknowledged that the source of the Yangtze River includes the Tuotuohe headwater, Dangqu headwater and Chumaerhe headwater. Based on the land cover dataset of middle and late 1970s, early 1990s, 2004 and 2008, this paper analyzed temporal and spatial change characteristics of land cover and ecological condition in headwaters of the Yangtze River over the past 30 years, using the method of direction and extent of land cover change, land cover condition index and land cover change index. The results showed that grassland was the main land cover type in this region in 2008, with a ratio of 66.93% in area. The glaciers were mainly distributed in Tuotuohe headwater, while the marshland was mainly distributed in Dangqu headwater. The change rate of land cover condition index during 1970s–1990s, 1990s–2004 and 2004–2008 was –0.15, –0.24 and 0.01, respectively; while the land cover change index of three periods was –0.20, –0.66 and 0.08, respectively. The land cover and ecological condition of the study area had overall experienced a process of degenerated—obviously degenerated—slightly meliorated since 1970s. The mean annual temperature and precipitation from 2004 to 2008 was 0.57°C and 17.63mm higher than that from 1970s to 2004. Regional climate change over recent years was helpful for natural ecosystem recovery. In addition, implementation of the ecological protection and construction project since 2004 also had certain positive effects on vegetation restoration.

Key words: land cover; condition index; change index; headwaters of the Yangtze River

*Corresponding author: SHAO Quanqin, E-mail:shaoqq@lreis.ac.cn